المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

الاتصالات والإلكترونيات

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الثاني

الصف الحادي عشر

الفرع الصناعي

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال ملحوظاتكم وآرائكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:
هاتف: 8-5/4117304، فاكس:4637569، ص.ب: 1930، الرمز البريدي: 11118،
أو على البريد الإلكتروني: VocSubject.Division@ moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2021/74)، تاريخ 2021/5/27م، بدءًا من العام الدراسي 2022/2021م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمّان– الأردن/ ص.ب: 1930

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

(2021/7/4064)

ISBN: 978-9957-84-995-5

لجنة التوجيه والإشراف على هذا الكتاب

أ. د. ممدوح عبدالعزيز البصول — د. عبدالله ارشيد الزيود

د. زبيدة حسن أبو شويمة — م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة

م. حمد عزات أحمرو — م. باسل محمود غضية

لجنة تأليف هذا الكتاب:

م. منير عبد الرحيم يعقوب حجه — م. علي حسين ذيب العابد

التحرير العلمي: م. محمد عبداللطيف أبو رحمة — التحرير اللغوي: نضال أحمد موسى

التصميم: يوسف قاسم موسى — الرسم: إبراهيم محمد شاكر

التحرير الفني: أنس خليل الجرابعة — الإنتاج: د. عبدالرحمن سليمان أبو صعيليك

دقق الطباعة وراجعها: م. محمد عبد اللطيف أبو رحمة

الطبعة الأولى (التجريبية) 1442هـ/ 2021م

قائمة المحتويات

إرشادات تطبيقية			7
الوحدة		**الموضوع**	**الصفحة**
الرابعة: **الإلكترونيات الضوئية والإلكترونيات الحرارية**	**أولاً**	**الإلكترونيات الضوئية**	14
	التمرين الأول	العناصر الضوئية وطرائق فحصها	35
	التمرين الثاني	المقاومة الضوئية (LDR)	39
	التمرين الثالث	الثنائي الضوئي	41
	التمرين الرابع	الترانزستور الضوئي	43
	التمرين الخامس	وحدة الإظهار (Seven Segment)	45
	ثانيًا	**الإلكترونيات الحرارية**	47
	التمرين الأول	بناء دارة تحكم في الحرارة باستخدام الثيرمستور (NTC)	60
	التمرين الثاني	بناء دارة حساس للحرارة باستخدام المجس (LM35)	62
	أسئلة الوحدة		65
الخامسة: **الدارات الإلكترونية**	**أولاً**	**المضخمات**	73
	التمرين الأول	بناء دارة مضخم إشارة من الصنف (A) (Class A Amplifier)	88
	التمرين الثاني	بناء دارة مضخم إشارة من الصنف (B) (Class B Amplifier)	90
	التمرين الثالث	بناء دارة مضخم إشارة من الصنف (AB) (Class AB Amplifier)	93
	التمرين الرابع	بناء دارة مضخم إشارة من الصنف (C) (Class C Amplifier)	95
	ثانيًا	**مضخمات العمليات**	97
	التمرين الأول	بناء دارة مضخم العمليات التابع للفولتية	111
	التمرين الثاني	بناء دارة مضخم العمليات العاكس	113
	التمرين الثالث	بناء دارة مضخم العمليات غير العاكس	116

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الوحدة		الموضوع	الصفحة
	التمرين الرابع	بناء دارة الجامع باستخدام مضخم العمليات	118
	التمرين الخامس	بناء دارة الطارح باستخدام مضخم العمليات	120
	التمرين السادس	بناء دارة المفاضل باستخدام مضخم العمليات	122
	التمرين السابع	بناء دارة المكامل باستخدام مضخم العمليات	125
	ثالثًا	**المذبذبات والمازج**	**129**
	التمرين الأول	بناء دارة مذبذب فرق الطور باستخدام مضخم العمليات	148
	التمرين الثاني	بناء دارة مذبذب هارتلي باستخدام مضخم العمليات	150
	التمرين الثالث	بناء دارة مذبذب كولبتس باستخدام مضخم العمليات	152
	التمرين الرابع	بناء دارة المذبذب البلوري	154
	التمرين الخامس	بناء دارة مذبذب الموجة المربعة والموجة المثلثة	156
	التمرين السادس	بناء دارة مذبذب متعدد الاهتزاز غير المستقر	158
	التمرين السابع	المازج	162
	رابعًا	**المرشحات**	**164**
	التمرين الأول	المرشحات غير الفعالة (مرشح تمرير الترددات المنخفضة)	171
	التمرين الثاني	المرشحات غير الفعالة (مرشح تمرير الترددات العالية)	173
	التمرين الثالث	المرشحات غير الفعالة (مرشح تمرير النطاق)	175
	التمرين الرابع	المرشحات غير الفعالة (مرشح إيقاف النطاق)	177
	التمرين الخامس	المرشحات الفعالة (مرشح تمرير الترددات المنخفضة)	179
	التمرين السادس	المرشحات الفعالة (مرشح تمرير الترددات العالية)	181
	خامسًا	**دارات التحديد ودارات التثبيت**	**183**
	التمرين الأول	دارة التحديد	190

الوحدة		الموضوع	الصفحة
	التمرين الثاني	دارة التثبيت	192
	سادسًا	**الموهنات والمسويات**	**194**
	التمرين الأول	الموهنات	200
	التمرين الثاني	المسويات	202
	أسئلة الوحدة		207
السادسة: أنظمة المراقبة	**أولاً**	**مكونات نظام المراقبة**	**215**
	التمرين الأول	التمييز بين الأنواع المختلفة من وحدات أنظمة المراقبة	230
	التمرين الثاني	تركيب نظام مراقبة	232
	التمرين الثالث	تحديد أعطال نظام مراقبة وإصلاحها	237
	أسئلة الوحدة		242
السابعة: الإلكترونيات الرقمية	**أولاً**	**أنظمة العد والبوابات المنطقية**	246
	التمرين الأول	بناء بوابة (و) (AND) باستخدام المفاتيح	262
	التمرين الثاني	بناء بوابة (أو) (OR) باستخدام المفاتيح	264
	التمرين الثالث	بناء بوابة (لا) (NOT) باستخدام المفاتيح	266
	التمرين الرابع	بناء بوابة (لا/ و) (NAND) باستخدام المفاتيح	268
	التمرين الخامس	بناء بوابة (لا/ أو) (NOR) باستخدام المفاتيح	270
	التمرين السادس	بناء بوابة (استثناء/أو) (XOR) باستخدام المفاتيح	272
	التمرين السابع	بناء بوابة (استثناء-لا/أو) (XNOR) باستخدام المفاتيح	274
	التمرين الثامن	تعرف البوابات المنطقية المتكاملة	276
	التمرين التاسع	بناء بوابة (و) (AND) باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة	277
	ثانيًا	**الدارات المنطقية التجميعية والدارات المنطقية التتابعية**	279
	التمرين الأول	بناء دارة نطاط (S -R) باستخدام البوابات المنطقية	292
	التمرين الثاني	بناء دارة نطاط (J-K) باستخدام الدارات المتكاملة	294
	التمرين الثالث	بناء مسجل إزاحة توالي الدخل – توازي الخرج	296
	التمرين الرابع	بناء عداد ثنائي	298

الوحدة		الموضوع	الصفحة
	ثالثًا	الذاكرة والمعالجات الميكروية	300
	التمرين الأول	تحديد أطراف دارات الذاكرة والمعالجات الميكروية	306
	التمرين الثاني	بناء دارة ذاكرة باستخدام البوابات المنطقية والدارات المتكاملة	308
	أسئلة الوحدة		311
	مسرد المصطلحات		312
	قائمة المراجع		317

إرشادات تطبيقية

الإرشادات الخاصة بالسلامة والصحة المهنية:

1 - ارتداء زي العمل المهني ووسائل السلامة المناسبة قبل بدء العمل.

2 - تعرف مكان خزانة الإسعافات الأولية في المشغل.

3 - الاهتمام باللوحات الإرشادية الموجودة قي المشغل.

4 - تطبيق الإرشادات الخاصة بتشغيل الآلات والمعدات بحسب تعليمات الشركة الصانعة، أو بحسب ما تُظهِره لوحة الإرشاد على الآلة.

الإرشادات الخاصة بالوقاية من مخاطر الكهرباء:

1 - توخي الحذرعند استعمال الكهرباء، وعدم الاعتماد فقط على أجهزة الأمان للوقاية منها؛ إذ إنها لا تقي من الصدمات الكهربائية دائمًا.

2 -التأكد من تأريض الأجهزة لتجنب الصعقة كهربائية.

3 - العمل على طاولة عمل مناسبة.

4 - العمل على أرضية معزولة أو جافة.

5 - تنفيذ العمل بيد واحدة في أثناء توصيل التيار الكهربائي (إن أمكن).

6 - تجنب الأحاديث الشخصية في أثناء العمل، واختيار الوقت المناسب للتحدث في ما يخص العمل.

7 - التحرك بهدوء في أثناء العمل، ولا سيما حول الدارات الكهربائية المغذاة بالتيار الكهربائي.

8 - التأكد من صلاحية الأجهزة والمعدات قبل استعمالها، وتعرف مصادر الخطر المحتملة.

الإرشادات الخاصة باستخدام الاجهزة والمعدات:

1 - ضبط مؤشر جهاز الأوموميتر على الصفر قبل استخدامه لقياس المقاومة، وإعادة عملية الضبط عند تغيير مدى القياس.

2 - اختيار نوع القياس ومداه قبل البدء بعملية القياس، والتأكد أن مدى القياس المختار أكبر من القيمة المراد قياسها.

3 - اختيار الوضع الصحيح لجهاز القياس (أفقي، عمودي، مائل بزاوية) قبل استخدامه.

4 - وصل جهاز الأفوميتر على التوازي بالحمل المراد قياس الفولتية بين طرفيه، وفصل جهاز الأميتر على التوالي في حالة قياس التيار المار بالمقاومة مثلاً.

5 - التحقق من قيمة فولتية مصدر الفولتية قبل وصله بالدارة.

6 - تنظيف رأس الكاوي قبل بدء عملية اللحام.

7 - قياس قيم المقاومات الداخلة في الدارة، والتحقق من مطابقتها القيم المطلوبة قبل وصلها بالدارة.

8 - فحص صلاحية العناصر الكهربائية والإلكترونية باستخدام جهاز الأوميتر قبل وصلها بالدارة.

9 - التحقق دائمًا من كفاية فولتية بطارية جهاز القياس قبل استخدامه.

10 - الحرص عند تجميع الدارات الإلكترونية باستخدام اللحام بالقصدير أن يكون اللحام دقيقًا ونظيفًا، وأن تتم عملية اللحام بسرعة؛ لأن إطالة وضع كاوي اللحام على أطراف العناصر الإلكترونية قد يتلف هذه العناصر.

11 - استخدام كاوي لحام ذي قدرة منخفضة؛ لئلا تؤدي الحرارة الزائدة إلى تلف العناصر الملحومة.

12 - نزع البطاريات من أجهزة القياس عند عدم استخدامها مدة طويلة.

13 - تجنب لمس أجزاء الدارات الكهربائية والإلكترونية باليد في أثناء تنفيذ التمرينات، وبخاصة عند استعمال فولتيات عالية؛ لحماية هذه الدارات من العطب، وتجنب خطر التعرض لصدمة كهربائية.

14 - فصل مصدر الفولتية عند فك الدارة أو تعديلها.

15 - عدم إغلاق فتحات التهوية الخاصة بالأجهزة.

16 - إغلاق الأجهزة أو كاوي اللحام بعد الانتهاء من استخدامها، أو عند مغادرة المكان، أو الخروج للاستراحة.

17 - إبعاد الأشياء غير الضرورية عن طاولة العمل.

إرشادات مهنية

1 - اتباع الطريقة الأدائية في تنفيذ التمرينات العملية في المشغل؛ فهي تساعد على اكتساب المهارة بيسر وفاعلية، وتتلخص في الخطوات الآتية:

2 - تقديم المشاهدة العملية أمام الطلبة وفق الشروط التي يضعها المعلم.

3 - محاكاة الطلبة أداة المعلم، ومشاركته في تقويم الأداء وتصويبه.

4 - تنفيذ الطلبة التمرينات بإشراف المعلم، وتكرار الممارسة النهائية لاكتساب المهارة والسرعة في العمل

5 - تقويم الأداء النهائي للتمارين عن طريق الإجراءات التي تراعي أسلوب الأداء الذي يشمل اختيار أدوات العمل واستخدامها بصورة سليمة، ومراعاة تعليمات السلامة والصحة المهنية، ومنهجية خطوات الأداء وتسلسلها. وكذلك تقويم عمل الدارة (المنتج النهائي)، والزمن المستغرق في الأداء.

6 - تنفيذ التمارين العملية، ثم كتابة تقرير خاص بكل منها بعد إجرائه، ثم عرضه على المعلم لتقويمه.

إرشادات مهمة في أثناء تنفيذ التمارين العملية

1 - التركيز في أثناء تنفيذ التمارين العملية.

2 - الاستماع الجيد لتعليمات المعلم.

3 - توصيل الأدوات بحسب المخطط المرفق بالدارة في كل تمرين.

4 - اختيار الأجهزة والمعدات اللازمة لتنفيذ التمرين.

5 - تعاون الطلبة بعضهم مع بعض.

6 - العمل بروح الفريق مع الزملاء.

7 - عدم العبث بالأجهزة والمعدات.

8 - إتقان العمل في أثناء تنفيذ التمارين العملية.

9 - إعادة ترتيب مكان العمل بعد الانتهاء من تنفيذ التمارين.

10 - عدم المزاح في أثناء تنفيذ التمارين العملية.

الوحدة الرابعة

الإلكترونيات الضوئية والإلكترونيات الحرارية

(OPTICAL &THERMAL ELECTRONICS)

- ما أهم العناصر الكهرضوئية المستخدمة في الحياة العملية؟
- ما دور العناصر الإلكترونية الحرارية بالتحكم في عمل الأجهزة الكهربائية والإلكترونية؟

شهد علم الإلكترونيات الضوئية في العقدين الأخيرين من القرن العشرين تطورًا كبيرًا؛ فقد أصبح الضوء أحد العناصر الرئيسة الفعالة المحركة لكثير من التطبيقات العملية، وأفضى هذا التطور إلى تصنيع عدد من العناصر الإلكترونية من المواد شبه الموصلة التي تعمل بالضوء، وكذلك أسهم استعمال الضوء وأثره العكسي في إنتاج أصناف عِدةً من العناصر الحساسة للضوء بتكلفة منخفضة، واستُفيد في علم الإلكترونيات الضوئية من خصيصة تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية، وتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية في عديد من التطبيقات.

من أبرز العناصر التي تعمل بالضوء باستخدام المواد شبه الموصلة: المقاومة الضوئية، والثنائي الضوئي، والترانزستور الضوئي؛ إذ تستخدم هذه العناصر لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية في كثير من التطبيقات العملية.

تسهم الإلكترونيات الحرارية بفاعلية في الحياة العملية؛ إذ يعد قياس درجات الحرارة أحد المتطلبات الرئيسة في عمليات الإنتاج، وصولًا إلى تصنيع منتج ذي جودة كبيرة، والتحكم في العمليات الصناعية المختلفة، وكذلك استخدمت العناصر الحرارية في الأجهزة المنزلية (مثل: الأفران، وسخانات المياه) للتحكم في درجة الحرارة.

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

1 - يتعرف طبيعة الضوء.

2 - يفسر الأثر الضوئي في أشباه الموصلات.

3 - يتعرف العناصر الضوئية، وتركيبها.

4 - يتعرف مبدأ عمل العناصر الضوئية.

5 - يتعرف أهم التطبيقات العملية لعناصر الإلكترونيات الضوئية.

6 - يتعرف الأنواع المختلفة من العناصر الحرارية.

7 - يفسر كيفية تحويل الحرارة إلى فولتية أو تيار كهربائي.

8 - يتعرف الاستخدامات الأساسية للثيرمستور.

9 - يتعرف التطبيقات الأساسية للازدواجات الحرارية.

10 - يميز العناصر الضوئية، ويفحصها.

11 - يبني دارة تحكم باستخدام المقاومة الضوئية.

12 - يبني دارة تحكم باستخدام الثنائي الضوئي.

13 - يبني دارة تحكم باستخدام الترانزستور الضوئي.

14 - يبني دارة تحكم باستخدام الدارة المتكاملة (BCD-TO Seven Segment: mc1411B).

أولًا: الإلكترونيات الضوئية
(Optical Electronics)

نتاجات الدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف طبيعة الضوء.
- يفسر الأثر الضوئي في أشباه الموصلات.
- يتعرف العناصر الضوئية، وتركيبها.
- يتعرف مبدأ عمل العناصر الضوئية.
- يتعرف أهم التطبيقات العملية لعناصر الإلكترونيات الضوئية.

انظر وتساءل

الشكل (4-1) : الأبواب الأتوماتيكية.

- هل استخدمت يومًا الأبواب الأتوماتيكية؟
- هل يجب أن تضغط على أزرار التشغيل والإيقاف لفتح هذه الأبواب وإغلاقها؟

تستخدم الأبواب الأتوماتيكية في مداخل البنايات الحكومية، والمستشفيات، والمطارات، والمعارض التجارية، انظر الشكل (4-1)، وهي تحوي أجهزة استشعار بصرية، أو أشعة تحت الحمراء تعمل على فتحها وإغلاقها أتوماتيكيًّا، فما العناصر الضوئية التي تستخدم في عمل هذه الأبواب؟

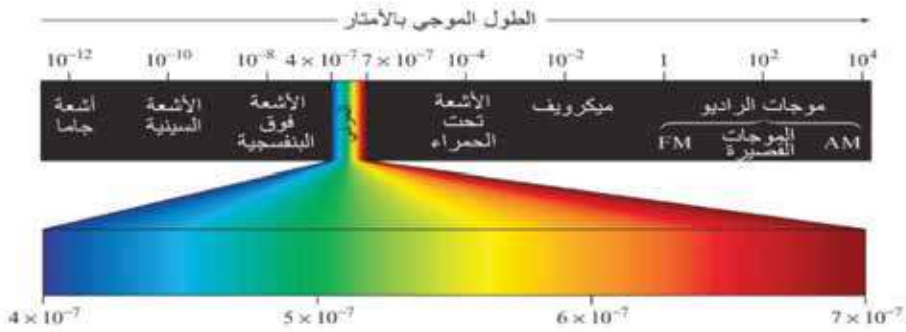
استكشف

- كيف يمكن التحكم في عمل الأجهزة والمعدات عن طريق الضوء؟

اقرأ وتعلَّم

تستخدم المواد شبه الموصلة في تصنيع عديد من العناصر الإلكترونية التي تعمل بالضوء، مثل: المقاومة الضوئية، والثنائي الضوئي، والترانزستور الضوئي، والخلايا الضوئية، وتستخدم هذه العناصر في تطبيقات عملية عِدَّة، أهمها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية، أو بالعكس.

1- الطيف الكهرمغناطيسي: يتكون الطيف الكهرمغناطيسي من مجموعات من الموجات المتماثلة من حيث الخصائص، لكنها تختلف في أطوالها الموجية، وفي ترددتها. ويبين الشكل (4-2) الطيف الكهرمغناطيسي، ومجال كل عنصر من عناصره المختلفة.



الشكل (4-2): الطيف الكهرمغناطيسي.

يرتبط طول الموجات مع ترددها بالعلاقة الاتية: $\lambda = \frac{c}{f}$ ،

حيث:

C: سرعة الضوء ($3x10^8$ m/sec).

f : تردد الموجة بالهيرتز (Hz).

λ: طول الموجة بالمتر.

من أهم الموجات الضوئية التي تحكم عمل العناصر الإلكترونية الضوئية:

أ - **الضوء المرئي**: يمثل الضوء المرئي جزءًا صغيرًا من الطيف الكهرمغناطيسي، وهو الذي تراه العين البشرية، ويمثل ألوان الضوء المختلفة، ويتكون من سبعة ألوان، انظر الشكل (2-1)، وهو مجموعة من الإشعاعات تتراوح أطوالها الموجية بين (380) نانومتر و(750) نانومتر.

ب- **الأشعة تحت الحمراء :** أشعة كهرمغناطيسية تقع في الجزء غير المرئي من الطيف الكهرمغناطيسي، غير أن العين البشرية لا تستطيع رؤيتها، وتقع بعد الضوء المرئي مباشرة.

جـ- **الأشعة فوق البنفسجية**: أشعة كهرمغناطيسية تقع في الجزء غير المرئي من الطيف الكهرمغناطيسي، وتقع قبل الضوء المرئي مباشرة.

على الرغم من قدرة العين البشرية على الاستجابة للطيف الترددي المرئي وتمييز ألوانه المختلفة، فإنها تبدي استجابة مختلفة لكل لون من ألوان الطيف الترددي المرئي.

في ما يأتي بعض أهم المصطلحات الضوئية:

- **اللومن (Lumen: Lm):** كمية الضوء الساقط على وحدة المساحة الواقعة على بُعْد وحدة المسافة من مصدر ضوئي منتظم، شدة إضاءته شمعة واحدة.
- **اللوكس (Lux: Lu):** وحدة قياس الإضاءة، وهي تساوي (لومن/ متر مربع)، وتمثل كمية الضوء الساقط على وحدة المساحة مقيسة باللومن.

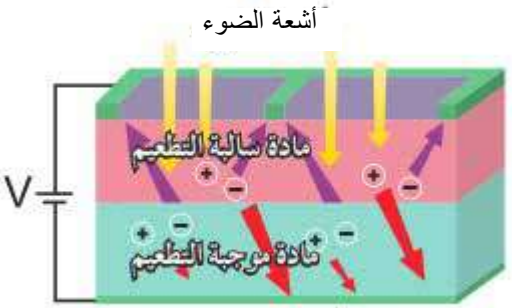
2 - الظاهرة الكهرضوئية (Photoelectric Effect):

ظاهرة تحدث نتيجة إطلاق الأجسام الصلبة والسائلة والغازية إلكترونات عند بدء امتصاصها الطاقة المستمدة من الضوء. تُعرَّف الظاهرة الكهرضوئية بأنها ظاهرة إطلاق المواد الفلزية لإلكترونات عند تعرضها لموجات كهرمغناطيسية أو أشعة ضوئية، مثل: الانبعاث الحراري، والانبعاث الثانوي.

عند سقوط الضوء على المادة شبه الموصلة تعمل طاقة الضوء على توليد أزواج إضافية من الإلكترونات والفجوات؛ إذ تعتمد موصلية أشباه الموصلات على كثافة الإشعاع الضوئي الساقط على سطح المادة شبه الموصلة. ولمّا كانت حاملات الشحنة تزداد مع كثافة الضوء الساقط، فإن موصلية المادة شبه الموصلة تزداد، في ما يُعرَف بالظاهرة الكهرضوئية.

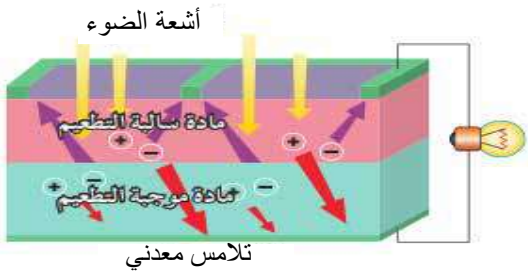
3 - ظاهرة التأثير الكهرضوئي (Photo-Voltaic Effect)

عند تعرض وصلة شبة موصلة (p–n) منحازة انحيازًا عكسيًّا للضوء كما في الشكل(4–3)، فإن فوتونات الضوء تصطدم بالوصلة، فتعمل الطاقة الممتصة من هذه الفوتونات على انفلات بعض إلكترونات مدار التكافؤ، مولدة أزواجًا من الإلكترونات والفجوات في كل من جزأي الوصلة، فيزداد عدد حاملات الشحنة الأكثرية والأقلية، وتكون نسبة الزيادة في الشحنات الأقلية عالية. ولأن الوصلة تكون في حالة انحياز عكسي؛ فإن عرض منطقة الاستنزاف يزيد، ولا تعبر حاملات الشحنة الأقلية الوصلة نتيجة درجة الحرارة، فيزداد التيار العكسي.



الشكل (4-3): وصلة (p-n) في حالة انحياز عكسي.

إذا كانت الوصلة في دارة كهربائية مفتوحة، فإن قوة دافعة كهربائية تتولد بين طرفي الوصلة، في ما يُعرَف بالظاهرة الفطائية الضوئية (Photo–Voltaic –Effect). أمّا إذا وُصِل حمل كهربائي بين أطراف هذه الوصلة، فإن تيارًا كهربائيًّا يسري فيها، انظر الشكل (4–4).



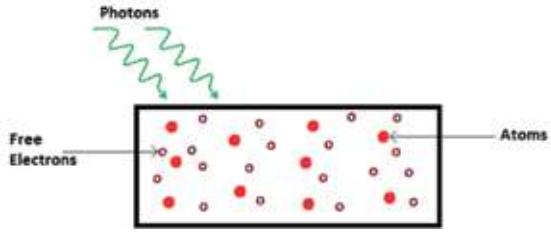
الشكل (4-4): أثر سقوط الضوء في وصلة (p-n).

اعتمادًا على الظاهرتين السابقتين، يمكن بناء عديد من العناصر الإلكترونية الضوئية، وهذه بعضها:

1 - المقاومة الضوئية (Photo Resistor): يُطلَق على المقاومة الضوئية في التطبيقات العملية اسم المقاومة المعتمدة على الضوء (LDR)، وتُحدَّد قيمة المقاومة الضوئية تبعًا لشدة الإضاءة الساقطة على سطحها، وتتناسب قيمتها تناسبًا عكسيًّا مع شدة الإضاءة؛ إذ تتناقص قيمتها عند تعرضها للضوء. تُصنَع المقاومة الضوئية من شريحة واحدة من مادة شبه موصلة حساسة للضوء من نوع (p) أو نوع (n)، وتُثبَّت على شريحة من السيراميك تمثل القاعدة مع أقطاب معدنية مُثبتة في علبة، مع نافذة. تعتمد استجابة المقاومة الضوئية للموجات الضوئية ذوات الأطوال المختلفة على نوع المادة التي تُصنَع منها المقاومة، ومن الأمثلة على ذلك:

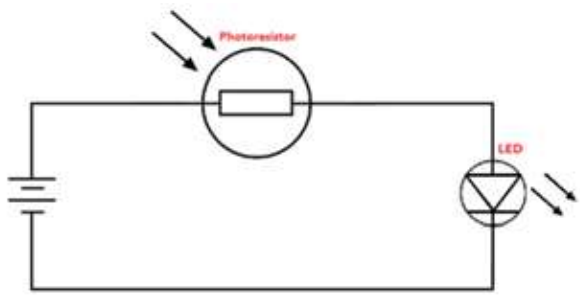
- استخدام مادة كبريتيد الكاديوم أو بلورات الرصاص في المدى المرئي للطيف الضوئي.
- استخدام بلورات سيلينايد الكاديوم في مدى الأشعة الحمراء، والأشعة تحت الحمراء.
- استخدام كبريتيد الرصاص أو أنتيمونيد الأنديوم في مدى الأشعة تحت الحمراء.

أ - مبـدأ عمـل المقاومة الضوئية: في حال عدم وجود ضوء ساقط على المقاومة الضوئية (عدم وجود طاقة لامتصاصها)، لا يمكن توليد إلكترونات حرة، وهذا يعني عدم وجود إلكترونات حرة تتحرك حتى عند خضوع المقاومة لفولتية كهربائية، فتكون مقاومة مرور التيار الكهربائي عالية؛ أي تكون قيمة المقاومة الضوئية مرتفعة جدًّا. أمّا في حال وجود ضوء ساقط على المقاومة الضوئية كما في الشكل (4-5) فتسقط فوتونات على المقاومة الضوئية، ويحدث امتصاص للطاقة الضوئية الساقطة، وتتولد إلكترونات حرة.



الشكل (4-5): مبدأ عمل المقاومة الضوئية.

عند توصيل المقاومة الضوئية بمنبع الفولتية المباشرة (البطارية) كما في الشكل (4-6)، تتحرك الإلكترونات الحرة بتأثير الفولتية الكهربائية، ويبدأ التيار الكهربائي بالتدفق خلال الدارة، فتنخفض قيمة المقاومة الضوئية بصورة ملحوظة؛ ما يؤدي إلى سريان التيار بالتدفق خلال الدارة، فيضيء المصباح الموجود في الدارة. ويبين الشكل (4-7) رمز المقاومة الضوئية وشكلها العملي.



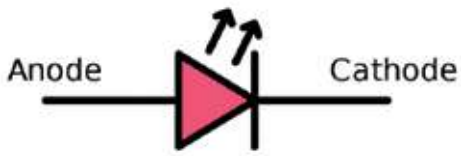
الشكل (4-6): دارة بسيطة تستخدم فيها مقاومة ضوئية.

الشكل (4–7): المقاومة الضوئية (الرمز، والشكل العملي).

ب ـ استخدامات المقاومة الضوئية وتطبيقاتها:

تستخدم المقاومة الضوئية في إنارة الطرقات بصورة تلقائية، ويعد هذا التطبيق أحد أكثر تطبيقات المقاومة الضوئية في الحياة اليومية؛ إذ تستخدم المقاومة الضوئية في إنارة الشوارع عند حلول الظلام، ثم تنطفئ صباحًا، وكذلك تستخدم بعض أنواع المقاومات الضوئية في بعض الأجهزة الإلكترونية، مثل مقياس شدة الإضاءة في الكاميرا، والحساسات الضوئية كما في مشروعات الروبوتات، وتستخدم أيضًا في العمليات الصناعية.

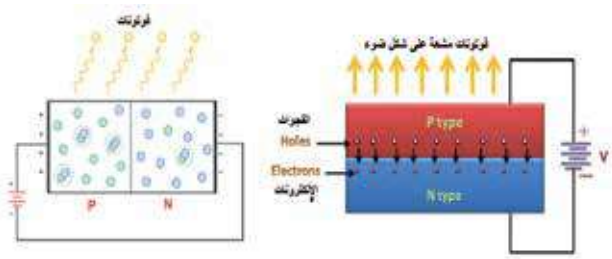
2 ـ الثنائي المشع للضوء (Light Emitting Diode: LED): هو نوع خاص من الثنائيات يُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية، ويمتاز بخصائص كهربائية مشابهة جدًّا للثنائي ذي الوصلة (p–n) العادي، ورمزه يشبه رمز الثنائي (pn)، غير أنه يحتوي على أسهم تشير بعيدًا عن الثنائي، وتدل على أن الضوء ينبعث من الثنائي. تمتاز الثنائيات المشعة للضوء بانخفاض استهلاك الطاقة، وصغر حجمها، والتبديل السريع، وعمرها الطويل؛ ما يجعلها مثالية للأجهزة المحمولة وغيرها من التطبيقات المنخفضة الطاقة، انظر الشكل (4–8).



الشكل (4–8): رمز الثنائي المشع للضوء.

أ ـ مبدأ عمل الثنائي المشع للضوء (LED): يتكون الثنائي المشع للضوء (LED) من وصلة (p–n) مصنوعة من فوسفيد الغاليوم، ومن زرنيخيد فوسفيد الغاليوم، انظر الشكل (4–9). يعمل هذا الثنائي مثل الثنائي العادي فقط في حالة الانحياز الأمامي؛ فعندما يكون الثنائي منحازًا انحيازًا أماميًّا، فإن الإلكترونات الحرة تعبر تقاطع الوصلة (p–n)، ثم تتحد مع الثقوب.

ونظرًا إلى انتقال الإلكترونات من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل؛ فإنها تشع الطاقة في صورة فوتونات (الضوء). أمّا في الثنائيات العادية، فإنها تشع الطاقة في صورة حرارة.



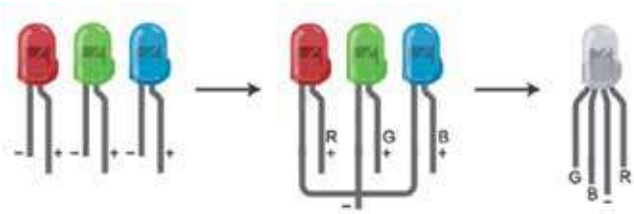
الشكل (4–9): تركيب الثنائي المشع للضوء.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تتوافر الثنائيات المشعة للضوء في مجموعة واسعة من أكثر الألوان شيوعًا، وهي: الضوء الأحمر، والأخضر، والأصفر، والأزرق، والبرتقالي، والأبيض، والأشعة تحت الحمراء (غير المرئية)، انظر الشكل (4–10). وخلافًا للثنائيات العادية المصنوعة من الجرمانيوم أو السيليكون، فإن الثنائيات المشعة للضوء، والمصنوعة من عناصر مثل الغاليوم والزرنيخ والفوسفور تشع بألوان مختلفة بعد مزج هذه العناصر معًا بنسب مختلفة.

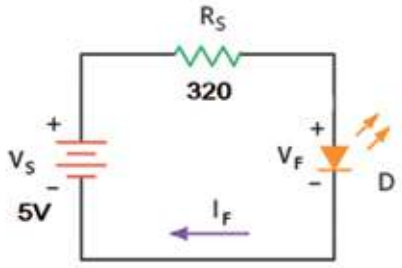
الشكل (4–10): أنواع مختلفة من الثنائيات.

يعتمد لون الضوء الذي ينتجه الثنائي المشع للضوء على نوع المادة المصنوعة منها، ووصلة الثنائي، لا لون الغلاف الخارجي للثنائي. يحتوي الثنائي المشع للضوء على ألوان عِدَّة، منها: البرتقالي، والأصفر، والأحمر، والأخضر. وتتوافر ثنائيات مشعة للضوء غير المرئي، مثل: الثنائيات التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء (Infra–Red)، والأشعة فوق البنفسجية (UV). تنتج معظم ثنائيات (LED) ناتجًا واحدًا فقط من الضوء الملون، وتتوافر اليوم ثنائيات متعددة الألوان يمكنها إنتاج مجموعة من الألوان المختلفة، وهي تتكون من ثلاثة ثنائيات (RGB LED) (الأحمر، والأخضر، والأزرق)، وتكون مغلفة داخل غلاف واحد، انظر الشكل (4–11). فعن طريق التحكم في إضاءة كل من الثنائيات الفردية، يمكن تحديد اللون المطلوب.



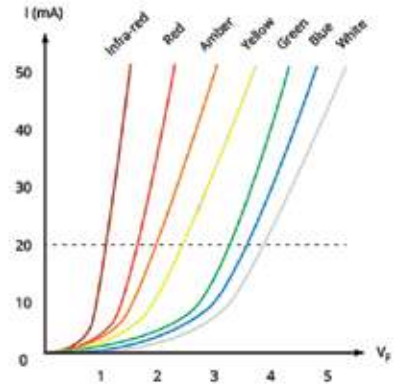
الشكل (4–11): ثنائيات متعددة الألوان.

يوصَل الثنائي بالدارة الكهربائية في حالة الانحياز الأمامي، وفيه تعمل الطاقة الكهربائية المغذية له على تحريك حاملات الشحنة التي تُولِّد فوتونات حرة تنبعث في كل الاتجاهات مُسبِّبة إشعاعًا ضوئيًّا، انظر الشكل (4–12).



الشكل (4–12): توصيل الثنائي في حالة الانحياز الأمامي.

يبين الشكل (4–13) العلاقة بين التيار والفولتية لمجموعة من الثنائيات المشعة للضوء المختلفة الألوان.



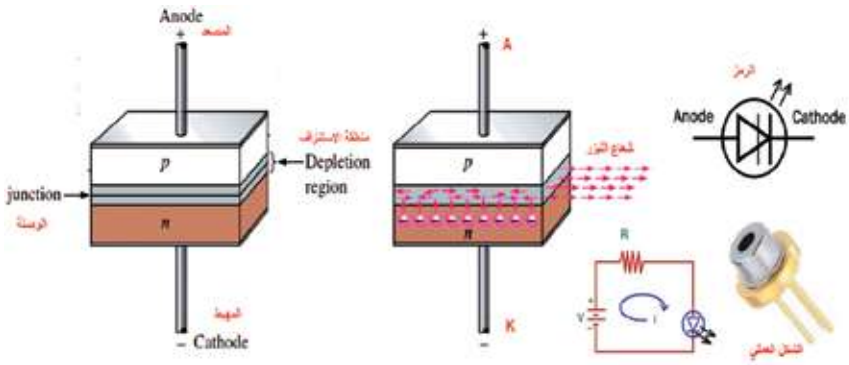
الشكل (4–13): العلاقة بين التيار والفولتية للثنائي المشع للضوء.

ب ـ استخدامات الثنائيات المشعة للضوء: تستخدم الثنائيات المشعة للضوء في تطبيقات عِدَّة، أهمها:

لوحات الإظهار الرقمية المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية، وأجهزة القياس الرقمية، وشاشات (LED)، ووحدات التحكم، والمصابيح المنزلية.

3 ـ ثنائي الليزر (Laser Diode):

أ ـ التركيب: لا يختلف ثنائي الليزر عن الثنائيات المشعة للضوء من حيث التركيب، وهو يتكون من وصلة (p–n) من المواد شبه الموصلة، انظر الشكل (4–14).



الشكل (4–14): تركيب ثنائي الليزر، ورمزه.

يوصَل هذا الثنائي توصيلًا أماميًّا بالدارة الكهربائية، ولكن الوصلة توضع داخل فجوة رنين (resonant cavity) لإنتاج ما يسمى الانبعاث المستثار (stimulated emission) بدلًا من الانبعاث التلقائي (spontaneous emission) كما في حالة الثنائي الباعث للضوء. يمتاز الضوء المنبعث من ثنائي الليزر عن الضوء المنبعث من الثنائي الباعث للضوء بأن له شعاعًا ذا توجيه عالٍ، وهو ضيِّق جدًّا على مقطع شعاعه، وينتشر مسافات طويلة من دون أن يتشتت، وكذلك يمتاز بضوء عالي النقاء؛ ما يعني أن نطاق الترددات التي يشعها أضيق كثيرًا من تلك التي يشعها الثنائي الباعث للضوء.

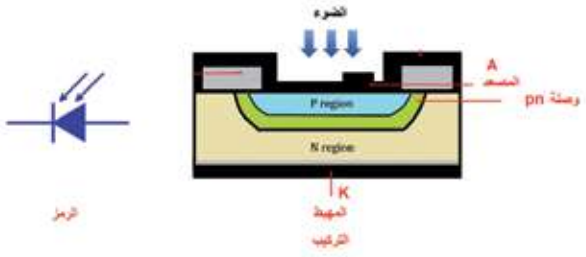
ب ـ مواصفات شعاع الليزر: يتصف شعاع الليزر بمزايا فريدة، منها: الاتجاهية، والشدة، وأحادية اللون، والترابط الزماني والمكاني. تستخدم في صناعة ثنائي الليزر المواد الآتية: الياقوت، وأشباه الموصلات، والنيون.

جـ ـ استخدامات ثنائي الليزر: يستخدم ثنائي الليزر في التطبيقات التي لا يمكن للثنائي المشع

للضوء أن يعمل فيها، مثل: الأقراص المدمجة المستخدمة في أجهزة الحاسوب، والطابعات، وأنظمة الاتصالات (اتصالات الألياف البصرية)، والأجهزة الطبية، وأجهزة الإنذار.

4 - الثنائي الضوئي (Photo Diode):

أ - تركيب الثنائي الضوئي: الثنائي للضوئي أو الثنائي الحساس للضوء هو ثنائي يعمل على تمرير التيار الكهربائي عندما يتعرض للضوء، ويوصل في الدارات الإلكترونية بحيث يكون في حالة انحياز عكسي. يتكون هذا الثنائي من وصلة (p–n) من المواد شبه الموصلة، ويستخدم في تصنيعه السيليكون، والجرمانيوم، وزرنيخيد الغاليوم وله طرفان، هما: المهبط (K) الذي يشير إلى القطب السالب، والمصعد (A) الذي يشير إلى القطب الموجب، وهو يغلف بأسطوانة تسمح بمرور الضوء إليه من نافذة زجاجية شفافة، ويشبه رمزه رمز الثنائي العادي، انظر الشكل (4–15).



الشكل (4–15): تركيب الثنائي الضوئي، ورمزه.

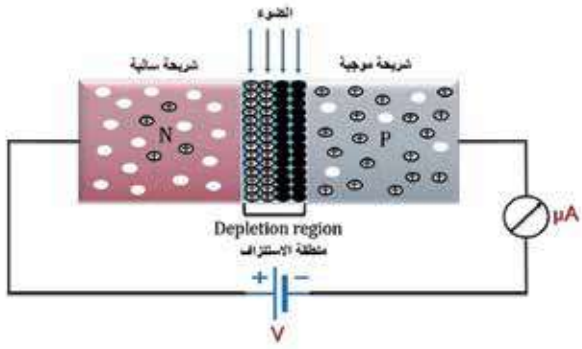
تعتمد استجابة الثنائي الضوئي للأشعة الضوئية على نوع المادة المُصنَّع منها، وشكل الثنائي، ونسبة تركيز الشوائب.

فمثلًا، الثنائي المُصنَّع من السيليكون يبدي استجابة جيدة للضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء، انظر الشكل (4–16).

الشكل(4–16): بعض أنواع الثنائيات الحساسة للضوء.

ب- مبدأ عمل الثنائي الضوئي:

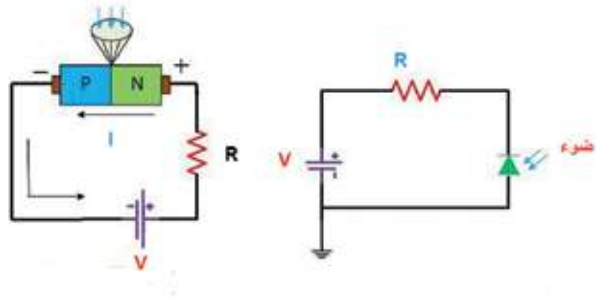
يبين الشكل (4–17) وصلة (p– n) التي يتكون منها الثنائي الضوئي، وهي منحازة انحيازًا عكسيًّا، لذا يكون تيار التسرب العكسي ثابت القيمة تقريبًا، ولا يعتمد على فولتية الانحياز العكسي، ويَنتج أساسًا من تفكك الروابط التساهمية للذرات بتأثير الحرارة، ويُطلَق أحيانًا على هذا التيار اسم تيار الظلام. وعند سقوط الأشعة الضوئية على هذه الوصلة، فإن أزواجًا إضافية تتكون من الإلكترونات–الفجوات. ولمّا كان تركيز حاملات الشحنة



الشكل (4–17): وصلة (p –n) منحازة انحيازًا عكسيًّا.

الأغلبية (Majority Carriers) أكثر من تركيز حاملات الشحنة الأقلية (Minority Carriers)، فإن النسبة المئوية لزيادة حاملات الشحنة الأغلبية تكون أقل كثيرًا من النسبة المئوية لزيادة حاملات الشحنة الأقلية. وبإهمال الزيادة في حاملات الشحنة الأغلبية، وعَدِّ الإشعاع الضوئي الساقط على سطح الوصلة (n–p) حاقنًا لحاملات الشحنة الأقلية، وعبور هذه النواقل منطقة الوصلة (منطقة الاستنزاف)؛ فإن قيمة تيار التسرب العكسي تزداد في الدارة على نحوٍ ملحوظ، فيتغير هذا التيار بشكل خطي مع شدة الإضاءة، ويُعرَف العنصر الذي يعمل وفق هذا المبدأ بالثنائي الضوئي.

جـ- توصيل الثنائي الحساس للضوء في الدارات الإلكترونية: يبين الشكل (4–18) كيفية توصيل الثنائي الحساس للضوء في الدارات الإلكترونية؛ إذ يوصَل في حالة انحياز عكسي، وتوصَل المقاومة بالثنائي على التوالي لحمايته.



الشكل (4–18): توصيل الثنائي الضوئي.

د- الأنواع الأساسية للثنائي الضوئي:

توجد أنواع أساسية للثنائي الضوئي، منها:

- الثنائي الحساس للضوء المرئي (Visible Light Photo Diode): يستشعر هذا النوع من الثنائيات الضوء الساقط عليه، وتستطيع العين البشرية تمييزه، ويوجد في كثير من التطبيقات العملية.

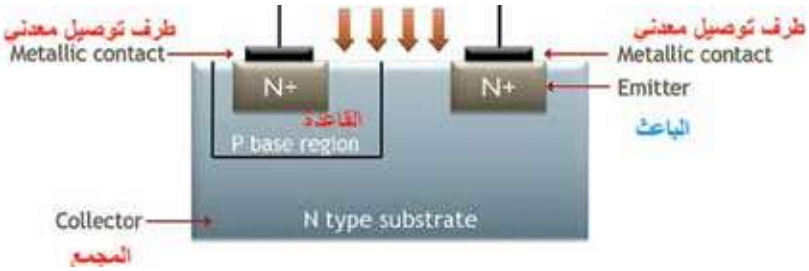
- الثنائي الحساس للأشعة تحت الحمراء (IR Photo Diode): يستشعر هذا النوع من الثنائيات الأشعة تحت الحمراء الساقطة عليه، ومن أمثلته: الثنائي المستخدم في الأبواب التي تفتح وتغلق إلكترونيًّا، وآلات تصوير الوثائق، والتلفاز، وأنظمة الاتصالات.

- الثنائي الحساس للأشعة فوق البنفسجية (UV Photo Diode): يستشعر هذا النوع من الثنائيات الأشعة فوق البنفسجية الساقطة عليه، ومن أمثلته: الثنائي المستخدم في عمليات معالجة المياه، وتصفيتها، والتحقق من عدم تلوثها.

هـ- استخدامات الثنائي الحساس للضوء: يستخدم الثنائي الحساس للضوء في تطبيقات عِدَّة، أهمها: أنظمة الاتصالات، والأجهزة المكتبية، وأنظمة معالجة المياه، وأنظمة التحكم الكهربائية والصناعية.

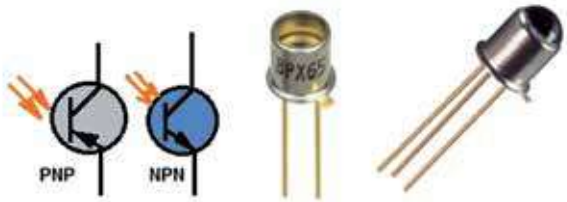
5 - الترانزستور الضوئي (Photo Transistor):

يبين الشكل(4–19) تركيب الترانزستور الضوئي من نوع (npn)، وهو يشبه الترانزستور ثنائي القطبية العادي. والنوع الشائع من هذا الترانزستور يوجد من دون طرف للقاعدة، وفيه نافذة زجاجية صغيرة تسمح للضوء بالوصول إلى منطقة اتصال القاعدة.



الشكل (4–19): تركيب الترانزستور الضوئي.

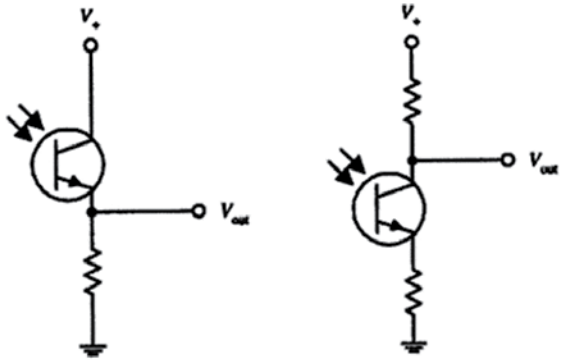
يشبه عمل الترانزستور الضوئي عمل الترانزستور العادي، غير أنه يعتمد على الظاهرة الفولتية الضوئية؛ فطبقة قاعدة الترانزستور حساسة للضوء، وحجمها كبير. يتولد تيار القاعدة بتأثير الضوء، ويتناسب مع شدة الإضاءة على السطح الحساس للضوء، ومن ميزاته أنه سريع الاستجابة.تُصنَع الترانزستورات الضوئية من مواد شبه موصلة حساسة للضوء، انظر الشكل (4–20).



الشكل (4–20): رمز الترانزستور الضوئي، وبعض أشكاله الشائعة.

أ - طرائق توصيل الترانزستور الضوئي في الدارات الكهربائية:

توجد طريقتان لتوصيل الترانزستور الضوئي في الدارات الكهربائية، هما: توصيلة الباعث المشترك (تمنح التيار كسبًا خلافًا للفولتية)، وتوصيلة المجمع المشترك (تمنح الفولتية كسبًا)، انظر الشكل (4–21).

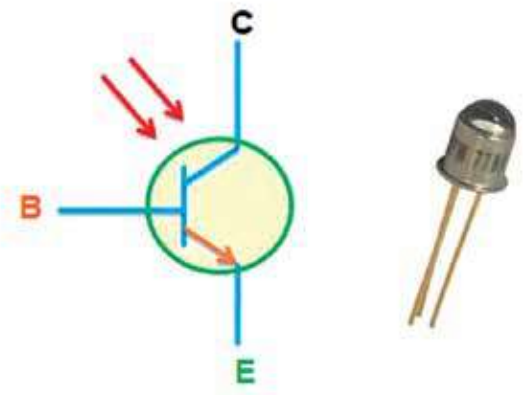


الشكل (4–21): طريقتا توصيل الترانزستور الضوئي.

ب- أنواع الترانزستورات الضوئية: توجد أنواع مختلفة من الترانزستورات الضوئية، أبرزها:

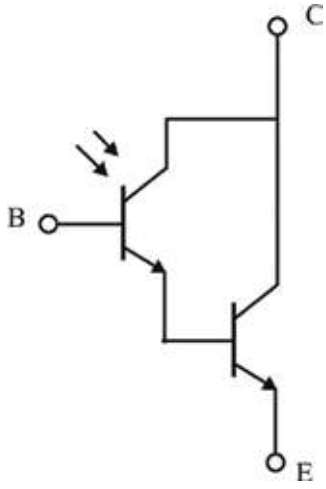
1. **الترانزستورات الضوئية ذوات الطرفين.**

2. **الترانزستورات الضوئية ذوات الأطراف الثلاثة:** قد يتعذَّر على الترانزستورات الضوئية ذوات الطرفين حقن تيار القاعدة الكافي للحصول على تيار مجمع باعث مناسب؛ لذا تستخدم ترانزستورات ضوئية ذوات اطراف ثلاثة، هي: الباعث، والمجمع، والقاعدة. يستخدم طرف القاعدة لحقن تيار إضافي يزيد محصلة تيار القاعدة الكلي، ويكون تيار القاعدة في هذه الحالة متعلقًا بشدة الإضاءة، وبالتيار الكهربائي الذي يحقن في القاعدة (بتأثير دارة انحياز القاعدة كما في الترانزستورات ذوات الثنائية القطبية العادية). قد تستخدم الترانزستورات الضوئية ذوات الأطراف الثلاثة في التطبيقات بدلًا من الترانزستورات الضوئية ذوات الطرفين؛ شرط أن يترك طرف القاعدة من دون وصل، انظر الشكل (4-22).



الشكل (4-22): الترانزستور الضوئي ذو الأطراف الثلاثة.

- **زوج ترانزستورات دارلنغتون الضوئي:** يشبه هذا الترانزستور زوج ترانزستورات دارلنغتون ثنائي القطبية العادي، لكنه حساس للضوء؛ إذ يعد أكثر حساسية للضوء من الترانزستورات الضوئية العادية، غير أن زمن استجابته بطيء. تتوافر هذه الترانزستورات من دون طرف للقاعدة، أو بطرف القاعدة، انظر الشكل (4-23).



الشكل (4-23): رمز ترانزستور دارلنغتون الضوئي.

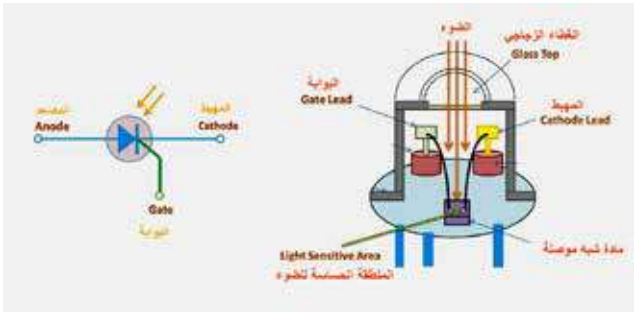
جـ- استخدامات الترانزستور الضوئي:

يستخدم الثنائي الضوئي في تطبيقات عِدَّة، أهمها: أنظمة الاتصالات، وأنظمة الإنذار، وأنظمة التحكم الكهربائية والصناعية، والإشارات الثنائية المرمزة.

6 - الثايرستور الضوئي (Photo Thyristor):

يعد الثايرستور الضوئي أحد عناصر الإلكترونيات الضوئية الأساسية، وهو عنصر يشبه الثايرستور العادي من حيث التركيب، مع إضافة عدسة خاصة لتركيز الضوء على دارة البوابة؛ إذ يُقدَح الثايرستور عن طريق الضوء بدلًا من نبضة التيار التي تمر ببوابة الثايرستور. والثايرستورات الضوئية

الشائعة الاستخدام هي الثايرستورات المفعلة ضوئيًّا (LASCR: Light Activated SCR).



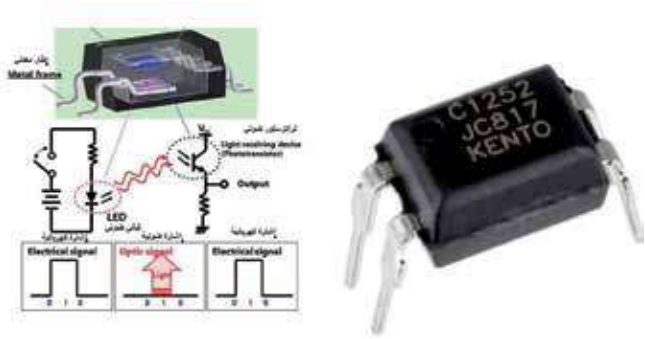
الشكل (4–24): التركيب الداخلي للثايرستور الضوئي، ورمزه.

يبين الشكل (4–24) التركيب الداخلي للثايرستور الضوئي ورمزه، وهو يمتاز عن غيره من العناصر الضوئية بتحمله التيارات العالية.

يستخدم الثايرستور الضوئي في التطبيقات الآتية: دارات القدرة المنخفضة، والتحكم في المحركات الكهربائية، وتطبيقات الحاسوب، ودارات التحكم الضوئي، ودارات التحكم الضوئي الرقمية، والمرحلات الإلكترونية (Solid State Relay)، ودارات العوازل الضوئية.

7 - وحدات الربط الضوئي (Opto –Couplers):

تستخدم العناصر الإلكترونية الضوئية في أغراض العزل الكهربائي؛ إذ تستخدم لعزل دارة كهربائية ذات دخل منخفض الفولتية عن دارة ذات خرج فولتية عالية نسبيًّا. تتكون وحدات العزل الضوئية من ثنائي مشع للضوء يرتبط بعنصر إلكتروني (ترانزستور ضوئي، ثايرستور ضوئي)، انظر الشكل (4–25).



الشكل (4–25): وحدة عزل ضوئية باستخدام ثنائي مشع للضوء، وترانزستور ضوئي.

يتمثل مبدأ وحدة العزل في ما يأتي:

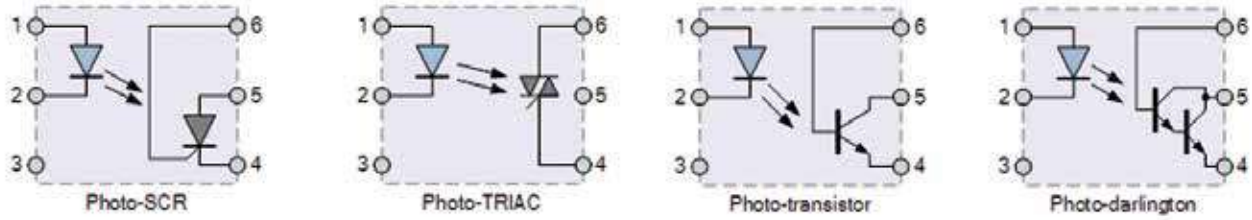
عند الضغط على مفتاح التشغيل يسري تيار خلال المقاومة، ثم الثنائي المشع للضوء، فيصدر عن الثنائي شعاع ضوئي.

يسقط الشعاع الضوئي على قاعدة الترانزستور، فيعمل، ثم يمر تيار من المجمع إلى الباعث.

تعمل هذه الوحدات على توفير عزل كهربائي كامل بين الدارات الكهربائية، وتهدف عملية العزل إلى الحماية من الفولتيات العابرة، وتخفيض مستوى الضجيج وعزله بين الدارات الكهربائية، والربط بين الدارات ذوات النقاط الأرضية المختلفة.

توجد أنواع مختلفة من وحدات العزل الضوئية، منها: وحدات العزل الضوئية التي تستخدم الترانزستور الضوئي (Photo Transistor)، ووحدات العزل الضوئية التي تستخدم ترانزستورات دارلنغتون الضوئية (Photo Darlington Transistor)، ووحدات العزل الضوئية التي تستخدم الترياك

الضوئي (Photo TRIAC)، ووحدات العزل التي تستخدم الثايرستور الضوئي (Photo SCR)، انظر الشكل (4–26).



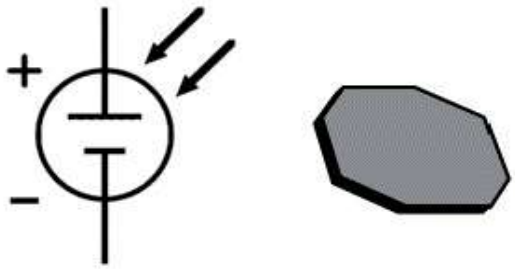
الشكل (4–26): الأنواع المختلفة من وحدات العزل الضوئية.

8 - الخلايا الكهرضوئية (Photo Electric Cells):

أ - **الخلية الفلطائية الضوئية (Photo Voltaic Cell):** تستخدم هذه الخلية لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية؛ إذ تُحوِّل الضوء إلى طاقة كهربائية عن طريق عملية تسمى التأثير الكهرضوئي.

توجد أنواع مختلفة من الخلايا الفلطائية الضوئية تستخدم جميعها أشباه الموصلات، وأبرزها: خلية السيلينيوم الفلطائية، وخلية السيليكون الفلطائية.

يبين الشكل (4–27) شكل الخلية الفلطائية ورمزها، ويشير السهمان إلى رمز البطارية المحاطة بدائرة، لكن الطاقة الضوئية الخارجية هي التي تُولِّد هذه القوة. تستخدم الخلايا الفلطائية الضوئية في كثير من التطبيقات العملية، مثل استخدامها للإحساس بوجود الضوء أو عدم وجوده؛ لتشغيل دارات التحكم.



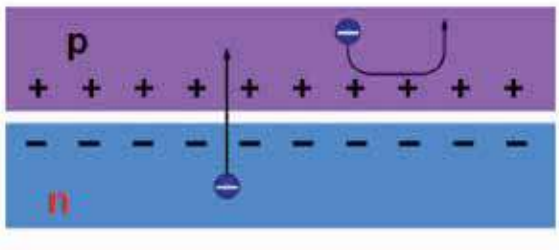
الشكل (4–27): شكل الخلية الفلطائية الضوئية، ورمزها.

ب- **الخلايا الشمسية (Solar Cells):** قد تستخدم الخلية الفلطائية الضوئية لتحويل الطاقة الضوئية الساقطة على سطحها من الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية، في ما يُعرَف بالخلية الشمسية.

تتكون الخلية الشمسية أساسًا من طبقتين مختلفتين من المواد شبه الموصلة، تُجمَّعان معًا لإنشاء وصلة (p–n)، وهما:

- طبقة السيليكون من نوع (n): طبقة من السيليكون تضاف إليها نسبة من الفسفور.

- طبقة السيليكون من نوع (p): طبقة من السيليكون تضاف إليها نسبة من البورون، انظر الشكل (4-28).



الشكل (4-28): تركيب الخلية الشمسية.

نتيجة لتشكل وصلة (p-n)؛ فإن الإلكترونات الحرة تنتقل إلى الفجوات، وتتحد معها، ولكن عملية الانتقال هذه لا تستمر حتى تتحد جميع الإلكترونات مع كل الفجوات، وتتوقف العملية؛ فبعد أن تنتقل المجموعة الأولى من الإلكترونات الحرة، وتتحد مع الفجوات، يتكون حاجز عند المنطقة التي تفصل النوع الموجب عن النوع السالب، يمنع مزيدًا من الإلكترونات الحرة الأخرى في النوع السالب الاتحاد مع فجوات في النوع الموجب، ويتكون عند المنطقة بين النوعين مجال كهربائي، يعمل عمل الثنائي (Diode)؛ إذ يسمح بمرور الإلكترونات من الجزء الموجب إلى الجزء السالب، وليس العكس، فيتولد في الخلية مجال كهربائي يحدد اتجاه حركة الإلكترونات.

جـ- الألواح الشمسية: تعد الألواح الشمسية أحد مكونات النظام الكهرضوئي، وهي تتألف من سلسلة من الخلايا الشمسية المتصلة على التوالي لتوليد فولتية عالية في لوحة، وتأتي في مجموعة متنوعة من الأشكال المستطيلة التي تُركَّب معًا لتوليد الكهرباء.

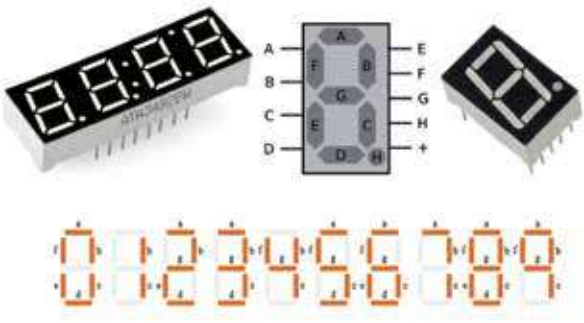
تجمع الألواح الشمسية الطاقة من الشمس، وتعمل على تحويلها إلى طاقة كهربائية، وتستخدم لتزويد المنازل أو الشركات بالطاقة، ويمكن استخدام هذه الألواح لتوفير الطاقة في المواقع البعيدة. وإلى جانب الاستخدام السكني والتجاري، توجد استخدامات صناعية على نطاق واسع للطاقة الشمسية، وفيها تُرتَّب الآلاف من الألواح الشمسية في مجموعة كبيرة على شكل مزرعة شمسية لتوفير الكهرباء للتجمعات السكانية.

تُصنَع معظم الألواح الشمسية من خلايا شمسية من النوع السيليكوني البلوري، وتتكون هذه الخلايا من طبقات من السيليكون والفوسفور والبورون (على الرغم من وجود عِدَّة أنواع مختلفة من الخلايا الكهرضوئية)، وتجمع هذه الخلايا في نمط شبكي، ويعتمد عدد الخلايا المستخدمة أساسًا على حجم الألواح المستخدمة، ويوجد العديد من خيارات التجميع لذلك.

9 - وحدات الإظهار الرقمية (Digital System Display):

تستخدم وحدات الإظهار الرقمية لإظهار المعلومات على شكل أرقام وحروف في الدارات الرقمية، ومن أهمها:

أ - وحدة عرض الشرائح السبع (7Segment Display): تستخدم هذه الوحدة الثنائيات المشعة للضوء، حيث تجمع الثنائيات، ثم تُركَّب على قاعدة من مادة عازلة عاكسة للضوء، مُكوِّنة الرقم (8)، وتغلف المجموعة بغلاف شفاف ليسمح بمرور الضوء، ويضاف ثنائي خاص ليسمح بعرض نقطة الفاصلة العشرية عند إضاءته، انظر الشكل (4-29).

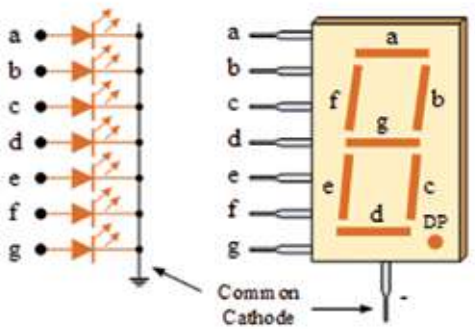


الشكل (4-29): وحدة عرض الشرائح السبع.

توصَل الثنائيات المشعة للضوء بطريقتين، هما:

1.المهبط المشترك (Common Cathode):

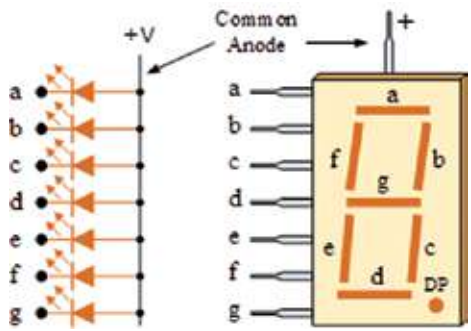
توصَل مهابط الثنائيات بعضها ببعض كما في الشكل (4-30).



الشكل (4-30): المهبط المشترك.

2.**المصعد المشترك (Common Anode):**

توصَل مصاعد الثنائيات بعضها ببعض كما في الشكل (4-31).



الشكل (4-31): المصعد المشترك.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ب- مبين السائل البلوري (Liquid Crystal Display: LCD): يمكن الحصول على الضوء من مبين السائل البلوري اعتمادًا على طاقة كهربائية ذات فولتية تغذية تسري على قضبان مفردة من بلورة السيليكون المفسفر، فتتحول البلورة المفسفرة من حالة الشفافية إلى حالة الإعتام (عدم الشفافية)؛ إذ تعمل هذه البلورة على عكس الضوء الخارجي في حال سقوطه على سطحها.

تتشابه عناصر الإظهار الرقمية المصنعة من مادة السائل البلوري مع وحدات عرض الشرائح المصنعة من الثنائيات المشعة للضوء، وتوصَل هذه العناصر بدارات مشابهة لتلك المستخدمة في وحدات عرض الشرائح السبع، وتتشابه استجابة قضبان السيليكون المفسفر والثنائيات المشعة للضوء عند تغذيتها بالتيار الكهربائي، انظر الشكل (4-32).

يستخدم مبين السائل البلوري في تطبيقات عملية كثيرة، منها:

أ – الساعات الإلكترونية.

ب- شاشات العرض المستخدمة مع أجهزة الحاسوب.

جـ- شاشات العرض المستخدمة مع لوحات الدعاية والإعلان.

الشكل (4-32): وحدة عرض مبين السائل البلوري.

أولًا: معلومات إثرائية

- تستجيب العين البشرية للموجات ذوات الطول الموجي الذي يتراوح بين (0.38µm) و(0.75µm).
- أكثر استجابة للعين البشرية تكون للضوء ذي اللون الأخضر.
- الظاهرة الكهرضوئية هي زيادة موصلية المواد شبه الموصلة نتيجة تعرضها للضوء.
- تتراوح قيمة المقاومة الضوئية عمليًّا بين قيم بالميغا أوم في حالة الظلام و(50–60) أوم عند سقوط الضوء.
- عند استخدام المقاومة الضوئية في دارات التيار المتناوب، فإن تردد المصدر يجب ألاّ يتجاوز (1KHz).
- يوصَل الثنائي الضوئي بالدارة الكهربائية توصيلًا عكسيًّا.
- مقدار هبوط الفولتية على طرفي الثنائي المشع للضوء عند عمله يتراوح بين (1.2) فولت و(3.2) فولت بحسب نوعه ولونه.
- في حال استخدم الترانزستور الضوئي من دون توصيل قاعدته، فإن حساسيته تكون أعلى ما يمكن.
- يستخدم الترانزستور الضوئي على شكل توصيلة دارلنغتون لتحقيق كسب عالٍ للتيار.
- لبعض الثايرستورات الضوئية طرفان، ولكن معظمها يحتوي على طرف ثالث للبوابة؛ لقدح الثايرستور عن طريق البوابة كما في الثايرستورات العادية.
- استجابة الخلية الفلطائية تتناسب مع الضوء بشكل لوغاريتمي.
- توصَل الخلايا الشمسية على التوازي؛ لزيادة التيار الذي يمكن الحصول عليه من الخلايا.
- العوازل الضوئية يشبه عملها المحولات الكهربائية والمرحلات الكهرمغناطيسية.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

- ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:
- مفهوم كل من المزايا الآتية التي يتصف بها الشعاع الليزري: الاتجاهية، الشدة، وحيد اللون، الترابط الزماني والمكاني.
- إحدى الدارات التي يستخدم فيها الثنائي الضوئي.
- إحدى دارات التحكم في تشغيل حمل باستخدم الخلية الفلطائية الضوئية.

ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:
- الموجات الكهرمغناطيسية، وتصنيفها بحسب الاستخدام في مجال الاتصالات، والطب، والصناعة، والطاقة.
- شاشات العرض المستخدمة مع أجهزة الحاسوب والأجهزة الخلوية من نوع (LCD)، ونوع (LED).
- الأنواع المختلفة من الأشعة الليزرية، وتصنيفها بحسب الاستخدام في مجال الاتصالات، والطب، والصناعة.
- الأنواع المختلفة من الخلايا الشمسية من حيث المواد الداخلة في تركيبها، وكفاءتها، ومزاياها.

القياس والتقويم

1 – قارن بين الترانزستور الضوئي والثايرستور الضوئي من حيث: التركيب، ومبدأ العمل، والاستخدام.

2 – هل يمكن استخدام الثنائي المشع للضوء عوضًا عن الثنائي الضوئي؟

3 – ما المقصود بتيار العتمة (Dark Current)؟

4 – لماذا يوصَل الثنائي الضوئي في الدارات الإلكترونية بوضع الانحياز العكسي؟

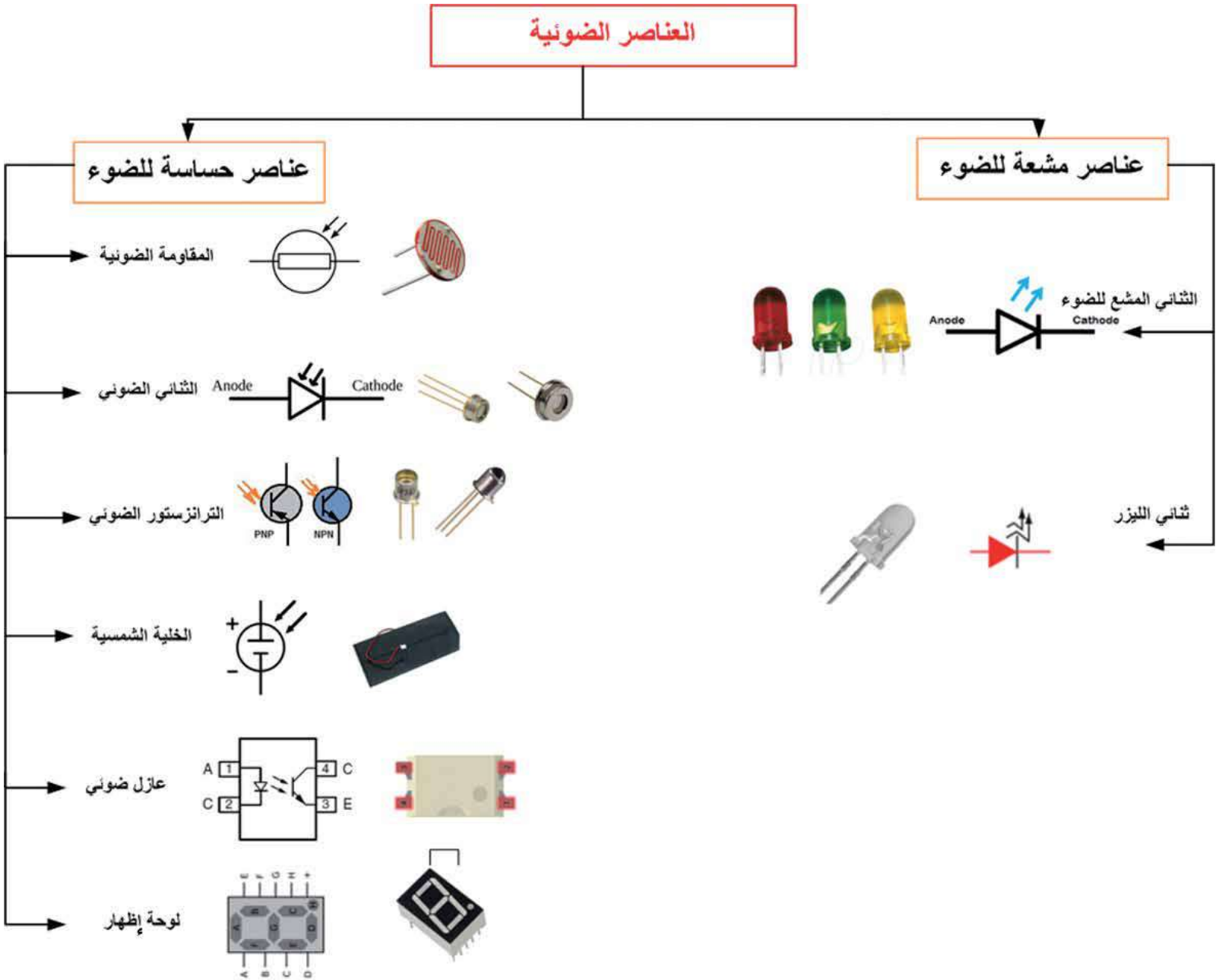
5 – ما عيوب الثنائي الضوئي؟

6 – ما الفرق بين المقاومة الضوئية والثنائي الضوئي؟

7 – ارسم منحنى الخصائص الذي يبين العلاقة بين الفولتية والتيار للثنائي الضوئي.

8 – لماذا توصَل مقاومة بين المهبط والبوابة للثايرستور الضوئي؟

9 – قارن بين الخلية الفلطائية الضوئية والمقاومة الضوئية.


العناصر الضوئية
عناصر حساسة للضوء
عناصر مشعة للضوء
المقاومة الضوئية
الثنائي الضوئي
Anode
Cathode
الترانزستور الضوئي
PNP
NPN
الخلية الشمسية
عازل ضوئي
A
C
C
E
لوحة إظهار
الثنائي المشع للضوء
Anode
Cathode
ثنائي الليزر

التمرين الأول: العناصر الضوئية وطرائق فحصها

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يميز العناصر الضوئية.

2 - يفحص العناصر الضوئية.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	ثنائيات مشعة للضوء (حمراء، وخضراء) متنوعة.	جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
2	مقاومات ضوئية متنوعة.	
3	ترانزستورات ضوئية.	
4	ثنائيات ضوئية متنوعة.	
5	ثايرستورات ضوئية متنوعة.	
6	خلايا كهروضوئية.	
7	وحدات إظهار رقمية.	
8	مصدر ضوء.	
9	لوحة توصيل.	
10	أسلاك توصيل.	

خطوات العمل

أولًا: تصنيف العناصر الضوئية.

1 - صنِّف العناصر الضوئية المبينة في الشكل (1).

2 - دوِّن النتائج في الجدول الآتي:

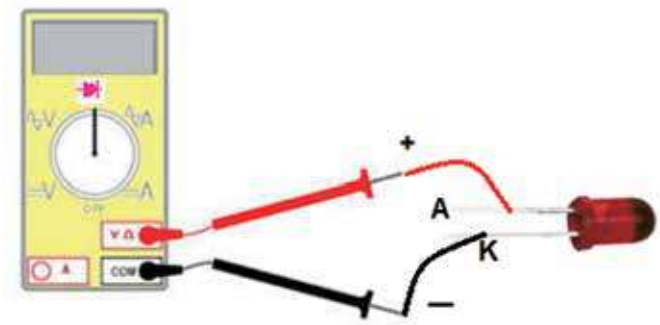
الرقم	اسم العنصر	الرمز	المواصفات الفنية	مرسل، مستقبل	الاستخدام

الرسوم التوضيحية

الشكل (1).

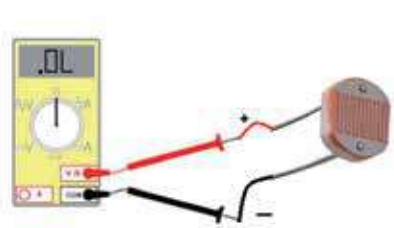
ثانيًا: فحص العناصر الضوئية.

1 - **فحص الثنائي المشع للضوء**: اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع اختبار الثنائي، ثم صل السلك الأحمر بالمصعد (A)، والسلك الأسود بالمهبط (K)، ملاحظًا إضاءة الثنائي، انظر الشكل (2).



الشكل (2).

2 - فحص المقاومة الضوئية: اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع اختبار المقاومة ، ثم صل السلك الأحمر بأحد طرفي المقاومة، والسلك الأسود بالطرف الآخر كما في الشكل (3/أ)، ثم دوِّن قيمة المقاومة من دون تعريضها للضوء، ثم عرِّض المقاومة للضوء كما في الشكل (3/ب)، مُدوِّنًا قيمتها، ماذا تلاحظ؟

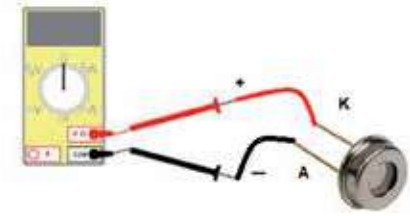


الشكل (3/ أ).

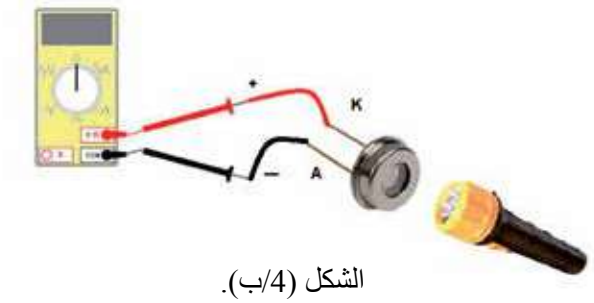
الشكل (3/ ب).

الرسوم التوضيحية

3 - فحص الثنائي الضوئي: اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على وضع اختبار المقاومة، ثم صل السلك الأحمر بالمهبط (K)، والسلك الأسود بالمصعد (A) بحيث يكون التوصيل في حالة انحياز عكسي، ولاحظ قيمة المقاومة من دون تعريض الثنائي للضوء كما في الشكل(4/أ)، ثم دوِّن قيمتها، ثم عرِّض الثنائي للضوء كما في الشكل (4/ب)، مُدوِّنًا قيمة المقاومة، ماذا تلاحظ؟



الشكل (4/أ).



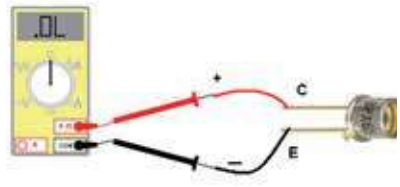
الشكل (4/ب).

4 - فحص الخلية الشمسية: اضبط جهاز المتعدد القياس الرقمي على وضع اختبار الفولتية المباشرة، ثم قس الفولتية، ثم دوِّن قيم الفولتية من دون تعريض الخلية الشمسية للضوء كما في الشكل(5/ أ)، ثم عرِّض الخلية الشمسية للضوءالشكل(5/ب)، مُدوِّنًا قيمة الفولتية، ماذا تلاحظ؟

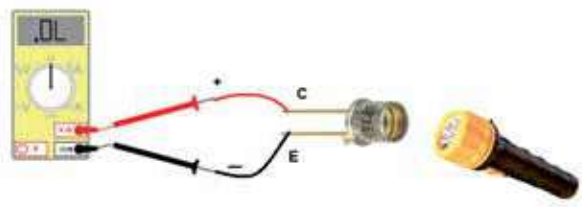
الشكل (5/أ).

الشكل (5/ب).

5 - فحص الترانزستور الضوئي: طريقة فحص الترانزستور (NPN) الضوئي: اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي على قياس المقاومة، ثم صل السلك الأحمر بالمجمع (C)، والسلك الأسود بالباعث (E)، ملاحظًا قيمة المقاومة من دون تعريض الترانزستور للضوء كما في الشكل (6/أ)، ثم عرِّض الترانزستور للضوء كما في الشكل (5/ب)، مُدوِّنًا قيمة المقاومة، ماذا تلاحظ؟

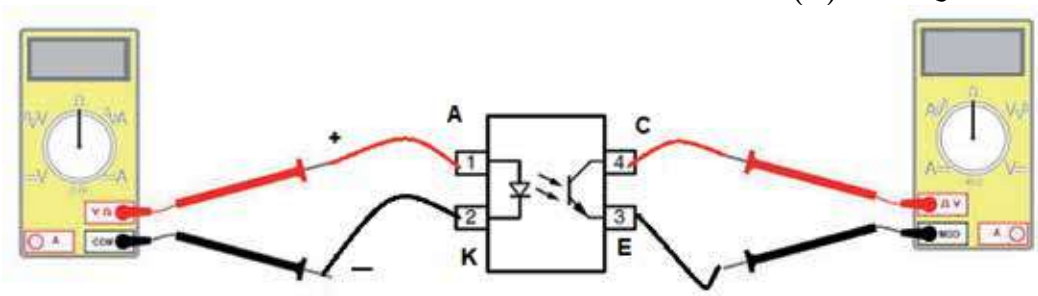


الشكل (6/أ).



الشكل (6/ب).

6 - فحص شريحة العزل الضوئي: اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي الثاني على قياس المقاومة، ثم صل السلك الأحمر بالمجمع (C)، والسلك الأسود بالباعث (E)، مُدوِّنًا قيمة المقاومة بين المجمع والباعث، ثم اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي الأول على قياس المقاومة، ثم صل السلك الأحمر بالمصعد (A)، والسلك الأسود بالمهبط (K)، ثم اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي الثاني على قياس المقاومة، ثم صل السلك الأحمر بالمجمع (C)، والسلك الأسود بالباعث (E)، ملاحظًا قيمة المقاومة، ماذا تلاحظ؟ انظر الشكل (7).



الشكل (7).

فكّر

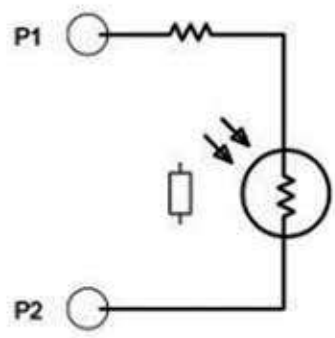
1 - ما أهم المعلومات المُدوَّنة على العناصر الإلكترونية الضوئية؟

2 - هل تختلف طريقة فحص العناصر الإلكترونية الضوئية عنها في العناصر غير الضوئية من النوع نفسه؟

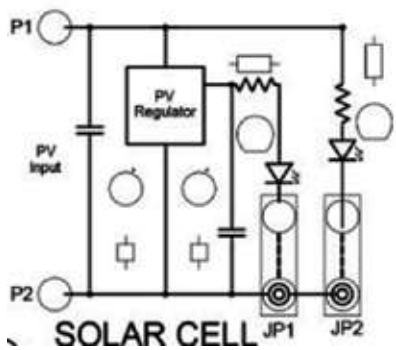
3 - ما شروط تبديل العناصر الإلكترونية الضوئية التالفة بعناصر جديدة؟

تمارين للممارسة العملية

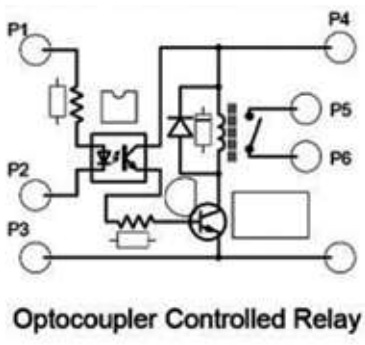
نفِّذ التمارين العملية الآتية على لوحة التجارب المتوافرة في مشغلك (Trainer Model AH-91) فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، مستخدمًا الدليل الخاص بلوحة التجارب، أو بحسب توجيهات المعلم، ثم دوِّن النتائج التي تتوصل إليها.



الشكل (8).



الشكل (9).



الشكل (10).

التمرين الثاني: المقاومة الضوئية (LDR)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 – يفحص المقاومة الضوئية.

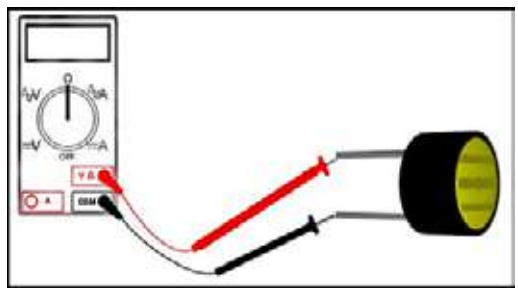
2 – يبني دارة تحكم باستخدام المقاومة الضوئية.

متطلبات تنفيذ التمرين

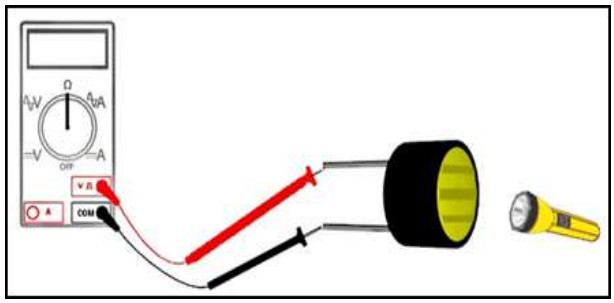
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة ضوئية (OPR12).	1 - مولد إشارة (أشكال إشارات مختلفة).
2	مقاومة كربونية (470Ω /0.5w).	2 - مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
3	مقاومة متغيرة (10kΩ /1w).	3 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
4	ترانزستور (BC108).	4 - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	ثنائي مشع للضوء (LED).	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	لوحة توصيل.	
7	أسلاك توصيل.	
8	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 - اضبط جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM) على وضع قياس المقاومة، ثم صل الطرف الأحمر بأحد طرفي المقاومة، والطرف الأسود بالطرف الآخر، كما في الشكل (1)، ثم دوّن قيمة المقاومة في دفترك.



الشكل (1).



الشكل (2).

2 - سلِّط مصدر الضوء على المقاومة الضوئية، ثم قس قيمة المقاومة، كما في الشكل (2)، ثم دوِّن قيمة المقاومة في دفترك، ماذا تلاحظ؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات العمل

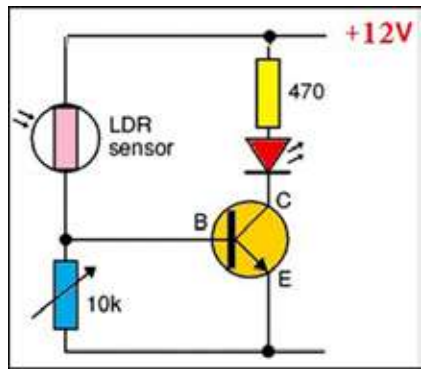
3 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (3).

4 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة.

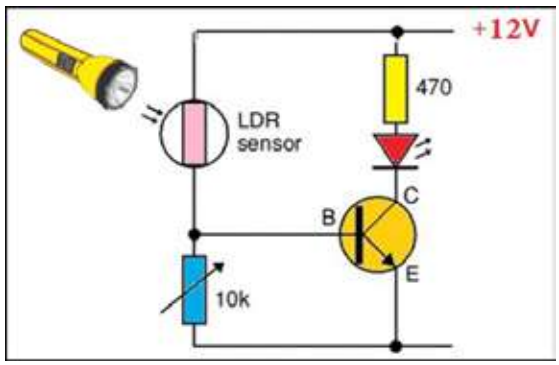
5 - هل يضيء الثنائي أم لا؟

6 - قس الفولتية (V_{EB})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

7 - قس الفولتية (V_{CE})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.



الشكل (3).



الشكل (4).

8 - سلِّط مصدر الضوء على المقاومة الضوئية، كما في الشكل (4)، ملاحظًا إضاءة الثنائي.

9 - قس الفولتية (V_{EB})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

10 - قس الفولتية (V_{CE})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

11 - قارن بين القياسات التي حصلت عليها قبل تسليط الضوء وبعده، ماذا تلاحظ؟

12 -غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، ماذا تلاحظ؟

13 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين خطوات تنفيذ التمرين.

فكِّر

1 - هل تعمل الدارة في حالة الظلام أم الإضاءة؟

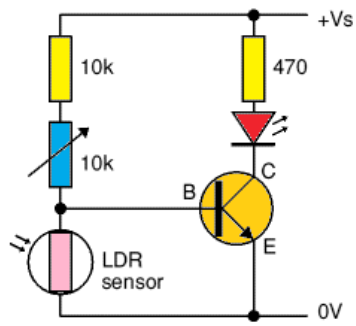
2 - ما تأثير تغيير المقاومة المتغيرة (10K) في إضاءة الثنائي؟

تمرين للممارسة العملية

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (5)، ثم كرِّر الخطوات السابقة.

ما الفرق بين الدارة في الشكل (4) وهذه الدارة؟



الشكل (5).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يبني دارة تحكم باستخدام الثنائي الضوئي.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	**المواد**	**الأدوات والتجهيزات**
1	ثنائي ضوئي (BPX25).	1 - مولد إشارة (أشكال إشارات مختلفة).
2	مقاومة كربونية (470Ω/0.5w).	2 - مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/1 أمبير.
3	مقاومة متغيرة (10kΩ/1w).	3 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
4	ترانزستور (BC108).	4 - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	ثنائي مشع للضوء.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	مصدر ضوئي.	
7	لوحة توصيل.	
8	أسلاك توصيل.	
9	لحام قصدير.	

خطوات العمل

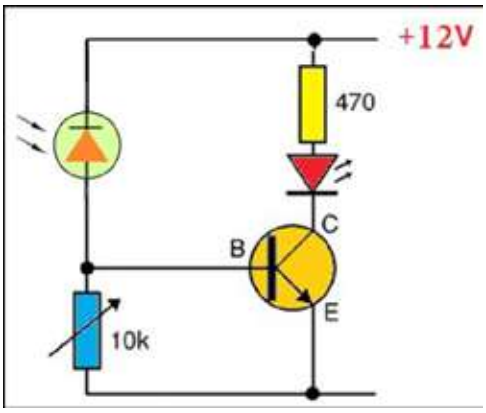
1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة.

3 - هل يضيء الثنائي أم لا؟

4 - قس الفولتية (V_{EB})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

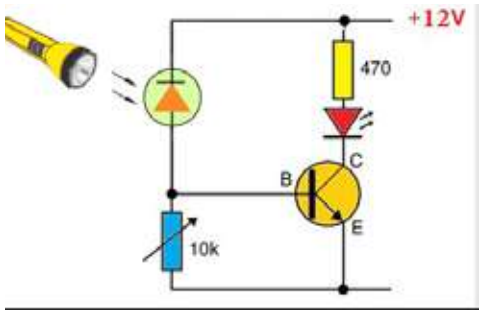
5 - قس الفولتية (V_{CE})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.



الشكل (1).

خطوات العمل

6 - سلِّط مصدر الضوء على الثنائي الضوئي، كما في الشكل (2) ملاحظًا إضاءة الثنائي.



الشكل (2).

7 - قس الفولتية (V_{EB})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

8 - قس الفولتية (V_{CE})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

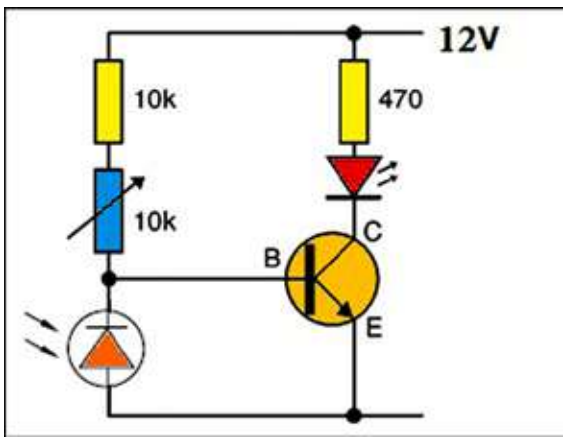
9 - قارن بين القياسات التي حصلت عليها قبل تسليط الضوء وبعده، ماذا تلاحظ؟

10 - غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، ماذا تلاحظ؟

11 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين خطوات تنفيذ التمرين.

تمارين للممارسة العملية

- نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:
- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (3)، ثم كرِّر الخطوات السابقة.
- ما الفرق بين الدارة في الشكل (2) وهذه الدارة؟



الشكل (3).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

يبني دارة تحكم باستخدام الترانزستور الضوئي.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	**المواد**	**الأدوات والتجهيزات**
1	ترانزستور ضوئي (TIL81).	1 - مولد إشارة أشكال إشارات مختلفة.
2	مقاومة كربونية (470Ω/0.5w).	2 - مصدر فولتية مباشرة (30-0) فولت / 1 أمبير.
3	مقاومة متغيرة (10kΩ/1w).	3 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغا هيرتز).
4	ترانزستور (BC108).	4 - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	ثنائي مشع للضوء.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	مصدر ضوئي.	
7	لوحة توصيل.	
8	أسلاك توصيل.	
9	لحام قصدير.	

خطوات العمل

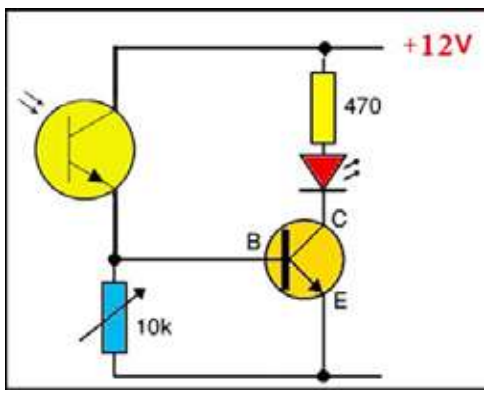
1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة.

3 - هل يضيء الثنائي أم لا؟

4 - قس الفولتية (V_{EB})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

5 - قس الفولتية (V_{CE})، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.



الشكل (1).

خطوات العمل

6 - سلِّط مصدر الضوء على الترانزستور الضوئي، كما في الشكل (2)، ملاحظًا إضاءة الثنائي.

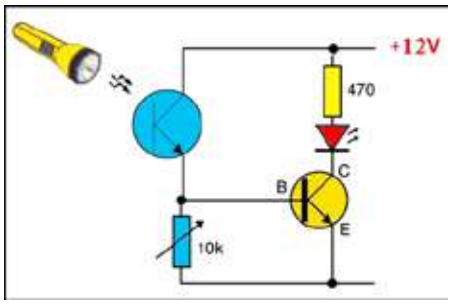
7 - قس الفولتية (VEB)، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

8 - قس الفولتية (VCE)، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

9 - قارن بين القياسات التي حصلت عليها قبل تسليط الضوء وبعده، ماذا تلاحظ؟

10 - غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، ماذا تلاحظ؟

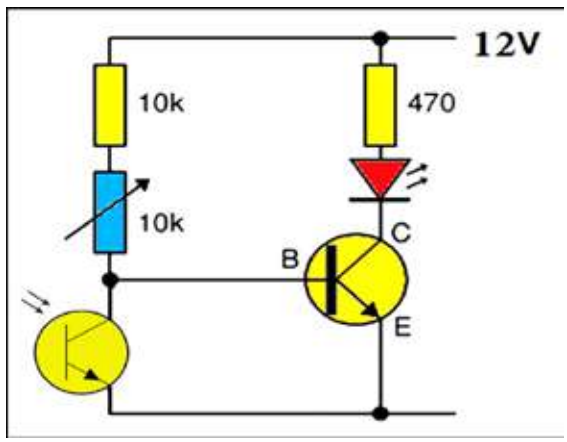
11 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين خطوات تنفيذ التمرين.



الشكل (2).

تمارين للممارسة العملية

- نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:
- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (3)، ثم كرِّر الخطوات السابقة.
- ما الفرق بين الدارة في الشكل (1) وهذه الدارة؟



الشكل (3).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يبني دارة تحكم باستخدام الدارة المتكاملة (BCD-TO Seven Segment) (MC1411B).

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	دارة متكاملة (MC1411B): BCD-TO Seven Segment.	1 - مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/1 أمبير. 2 - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). 3 - كاوي لحام (30-40) واط.
2	(4) مقاومات كربونية (10kΩ /0.5w).	
3	(7) مقاومات كربونية (390Ω /0.5w).	
4	وحدة إظهار (Common Cathode Seven Segment).	
5	(4) مفاتيح ثنائية.	
6	لوحة توصيل.	
7	أسلاك توصيل.	
8	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 – نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 – اضبط مصدر الفولتية المباشرة على (9) فولت، ثم صله بالدارة.

3 – طبِّق الحالات المنطقية المبينة في الجدول (1)، ملاحظًا النتائج على لوحة الاظهار.

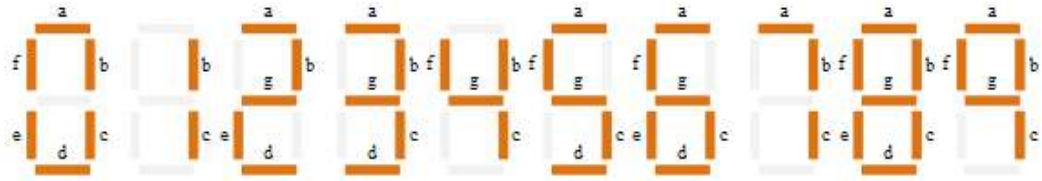
4 – دوِّن النتائج التي تتوصل إليها.

5 – اكتب تقريرًا مفصلًا يبين خطوات تنفيذ التمرين.

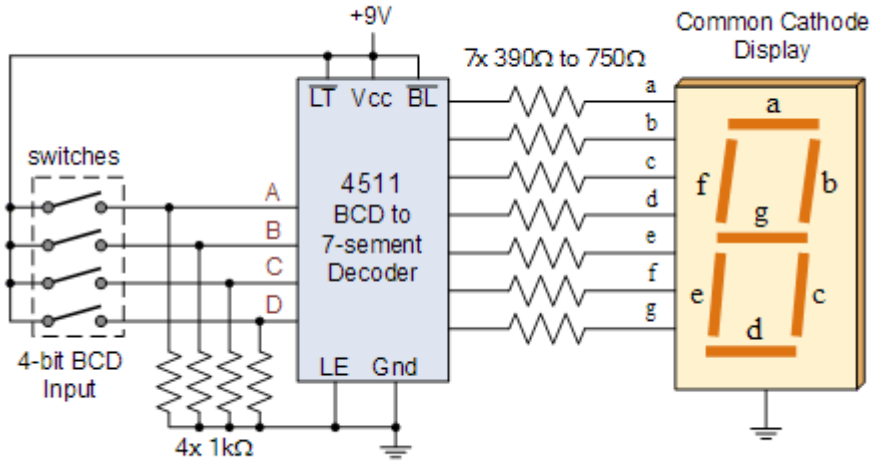
خطوات العمل

الجدول (1).

Segments Inputs							7 Segment Display Output
a	b	c	d	e	f	g	
1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	1	0	1	2
1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	0	1	1	4
1	0	1	1	0	1	1	5
1	0	1	1	1	1	1	6
1	1	1	0	0	0	0	7
1	1	1	1	1	1	1	8
1	1	1	1	0	0	1	9



الرسوم التوضيحية



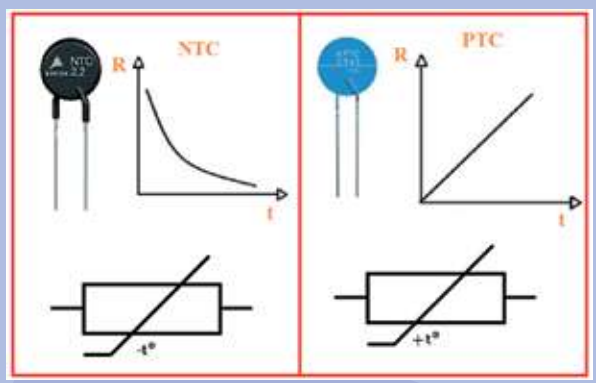
الشكل (1).

ثانيًا: الإلكترونيات الحرارية
(THERMAL ELECTRONICS)

نتاجات الدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف الأنواع المختلفة من العناصر الحرارية.
- يفسر كيفية تحويل الحرارة إلى فولتية أو تيار كهربائي.
- يتعرف الاستخدامات الأساسية للكواشف الحرارية والثيرمستور.



انظر وتساءل

- هل استخدمت يومًا غلاية الماء الكهربائية؟
- هل يجب أن نضغط على مفتاح الإيقاف عند غليان الماء ووصوله إلى درجة الحرارة المطلوبة؟

عند غلي الماء باستخدام غلاية الماء الكهربائية المبينة في الشكل (4-34)، يُضغَط على مفتاح التشغيل، وعند غليان الماء يتوقف مفتاح التشغيل أتوماتيكيًّا، فما العناصر التي تتحكم في درجة الحرارة؟

الشكل (4-34) : غلاية ماء.

استكشف

- ما أهمية قياس درجات الحرارة؟ ما التقنيات المستخدمة في قياس درجات الحرارة والتحكم فيها؟

اقرأ وتعلَّم

يعد قياس درجات الحرارة من المتطلبات الرئيسة في عمليات الإنتاج، ويهدف إلى تحقيق جودة عالية للمنتج، أو التحكم في العمليات الصناعية المختلفة.

1 - تصنيف أجهزة قياس الحرارة: تصنف الأجهزة المستخدمة لقياس درجة الحرارة إلى ما يأتي:

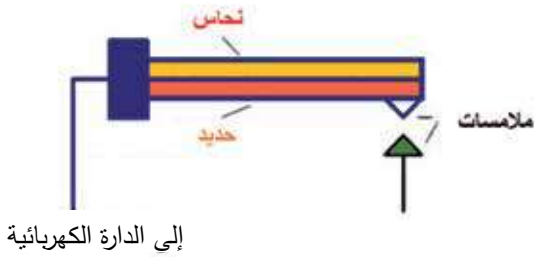
أ - أجهزة قياس الحرارة غير الكهربائية: تعتمد هذه الأجهزة في عملها على خصيصة تمدد المواد بسبب ارتفاع درجة حرارتها، وتستخدم هذه الأجهزة السوائل والغازات وأبخرة المواد الحساسة لتغيرات درجة الحرارة. فمثلًا، عند تغير درجة حرارة المادة المراد قياس درجة حرارتها بارتفاع منسوب المائع، تنتج حركة فيزيائية لمؤشر موجود على تدريج خاص مدرج بشكل مناسب ليعطي قياسًا مباشرًا لدرجة الحرارة. تمتاز أجهزة قياس الحرارة غير الكهربائية ببساطة التركيب، وسهولة الصيانة والعمل، وإمكانية القياس المباشر لدرجة الحرارة.

ب- أجهزة قياس الحرارة الكهربائية: تعتمد الإلكترونيات الحرارية في عملها على خصيصة تحويل التغير في درجات الحرارة إلى تغير في خصائص المواد الكهربائية، مثل : التغير في قيمة المقاومة الكهربائية لهذه المواد، أو توليد فولتية أو تيار. تمتاز الأجهزة الكهربائية الخاصة بقياس درجة الحرارة عن الأجهزة غير الكهربائية بما يأتي:

خفة الوزن، وإمكانية قياس درجة الحرارة عن بُعْد، والاستخدام المباشر للمعدات في عمليات التحكم والمراقبة، والاعتمادية العالية، ومحدودية أعمال الصيانة، وسهولة المعايرة والفحص.

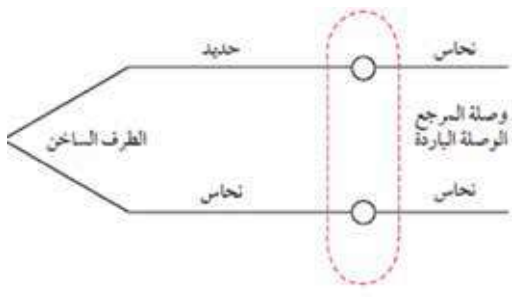
2 ـ حساسات (مستشعرات) درجة الحرارة:

أ ـ **الشـريحة ثنائية المعدن (Bimetallic Strip):** أبسـط شـكل أو تركيب لحسـاس درجة الحرارة، الذي يمكن اسـتخدامه للحصول على إشـارة توصيل وفصل (on–off) عنـد الوصول إلى درجة حـرارة معينة. تتكون الشـريحة ثنائية المعدن من شـريحتين من معدنين مختلفيـن (مثل: النحاس، والحديد) موصولتين معًا كما في الشـكل (4-35). والمعدنان لهما معامل تمدد مختلف، ولذلك عند زيـادة درجة حرارة الشـريحة ثنائية المعدن يزداد انحناؤها، حتـى إن أحد المعدنين يتمدد أكثر من الآخر، ويكون المعدن الأكثر تمددًا في الجانب الخارجـي للانحنـاء، وعندمـا تبرد الشـريحة يحدث العكـس، وهذه الحركة للشـريحة يمكن استخدامها في عمل وصل تلامسات كهربائية، فعنـد درجـة حرارة معينـة، يوصَـل التيار أو يفصل (on–off).



الشكل (4–35): الشريحة ثنائية المعدن.

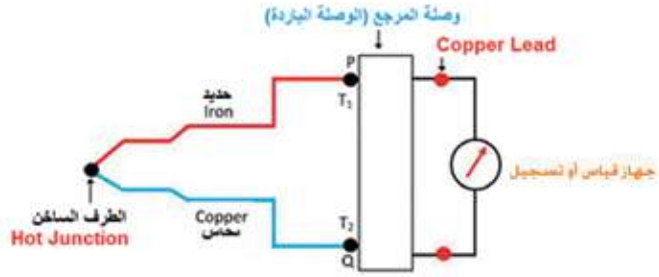
ب- **الازدواج الحراري (Thermocouple):** من أبسط أنواع المجسات المستخدمة في قياس درجات الحرارة وأكثرها انتشارًا، وبخاصة في درجات الحرارة المرتفعة. يتكون هذا المجس من سلكين معدنين مختلفين في النوع، ومعزولـين عن بعضهما، ومتصلين في نهايتهما بنقطة كما في الشكل (4-36). أمّا الطرفان الآخران فيوصلان بجهاز قياس أو تسجيل. عند ارتفاع درجة الحرارة تتولد فولتية قليلة بين طرفي الأسلاك، وتتناسب الفولتية مع فرق درجات الحرارة، وتعتمد أيضًا على المادة المصنوع منها. ويبين الشكل (4-36) الشكل العملي للازدواج الحراري.



الشكل (4–35): الازدواج الحراري.

الشكل (4–36): الشكل العملي للازدواج الحراري.

1 . تركيب مجس الازدواج الحراري ومبدأ عمله: يتكون هذا المجس من سلكين من معدنين مختلفين في النوع، ومعزولين عن بعضهما، ومتصلين في نهايتهما بنقطة عند أحد الأطراف، انظر الشكل (4-37)، ويُطلَق على هذا الطرف اسم الطرف الساخن (Hot Junction)، أو وصلة الجس (Junction)، وهو الذي يوضَع في المكان المراد قياس درجة حرارته، في حين يتصل الطرفان الآخران بجهاز قياس أو تسجيل عن طريق وصلة المرجع (Reference Junction) أو الطرف البارد (Cold Junction)، ويُطلَق على الطرف الساخن اسم الطرف الموجب، ويُطلَق على الطرف البارد اسم الطرف السالب، ويتصل الطرف البارد بجهاز قياس أو تسجيل.



الشكل (4-37): تركيب الازدواج الحراري.

يعتمد مبدأ عمل المجس على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية؛ فإذا سخنت نقطة اتصال المعدنين (النقطة الساخنة) في درجة حرارة مقدارها (T_1)، فإن درجة حرارة نهاية الطرفين الآخرين للسلكين تكون (T_2). ولهذا، فإن مقدار الفرق بين (T_1) و(T_2) يتناسب مع مقدار القوة الدافعة الكهربائية التي ستتولد من هذا المجس. ولقياس القوة الدافعة الكهربائية، يوصَل جهاز قياس أو جهاز تسجيل بهذا المجس باستعمال سلكين معدنين، وعندما تكون النقطة الساخنة ملامسة لجسم ساخن تتولد قوة دافعة كهربائية في الدارة، وينحرف مؤشر جهاز القياس أو التسجيل بمقدار يتناسب مع حرارة الوسط الذي وُضِع فيه الطرف الساخن.

2 . المعادن والسبائك المستخدمة في صناعة الازدواجات الحرارية: سبيكة الكونستانتان (Constantan) التي تتكوَّن من نحاس ونيكل، وسبيكة الكروميل (Chromel) التي تتكوَّن من نيكل وكروم، وسبيكة الألوميل (Alumel) التي تتكوَّن من نيكل ومنغنيز وألمنيوم وحديد، وسبيكة البلاتين التي تتكوَّن من بلاتين وروديوم، وسبيكة البلاتينيوم والراديوم. أمّا أهم المعادن المستخدمة فهي: النحاس، والحديد، والبلاتين.

3 . مواصفات الازدواج الحراري: يستخدم الازدواج الحراري كثيرًا في التحكم الصناعي؛ نظرًا إلى قدرته الكبيرة على قياس درجات الحرارة، وتحمُّله ظروفًا تشغيلية استثنائية. يُختار الازدواج الحراري بناء على المدى الحراري، والظروف الكيميائية المحيطة، ومقاومة الاهتزاز والتآكل، والمواءمة مع الدارات الإلكترونية.

4 . أنواع الازدواجات الحرارية وتصنيفاتها:

يبين الجدول الآتي تصنيف الازدواجات الحرارية ومواصفاتها الأساسية.

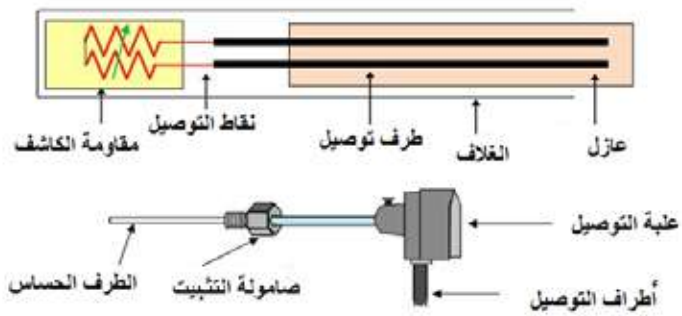
نوع الازدواج الحراري	التركيب		مجال القياس °C	الفولتية المتولدة mV	الحساسية µV/C°	الأوساط المناسبة للاستخدام
	الطرف الموجب	الطرف السالب				
E	الكروميل النيكل (90%)، الكروم (10%)	الكونستانتان النحاس (55%)، النيكل (45%)	من 200- إلى 900	من 8- إلى 68	67.9	الاستخدام في الوسط المؤكسد أو الخامل. الاستخدام المحدود في الوسط الفراغي أو الوسط الاختزالي.
J	الحديد	الكونستانتان النحاس (55%)، النيكل (45%)	من 0 إلى 750	من 0 إلى 24.3	25.6	الاستخدام في الأوساط الخاملة والاختزالية والفراغية. عدم الاستخدام في الأوساط المرتفعة الحرارة والمنخفضة الحرارة. عدم الاستخدام في الوسط المؤكسد.
K	الكروميل النيكل (90%)، الكروم (10%)	الألوميل النيكل (95%)، المنغنيز (2.5%)، الألمنيوم (2%)، الحديد (0.5%)	من 200- إلى 1250	من 5.9- إلى 50.6	38.8	الاستخدام في الأوساط النظيفة المؤكسدة والخاملة. الاستخدام المحدود في الوسط الفراغي والوسط الاختزالي.
T	النحاس الروديوم، البلاتين	الكونستانتان النحاس (55%)، النيكل (45%)	من 200- إلى 350	من 5.9- إلى 17.8	40.5	الاستخدام في الأوساط المعتدلة المؤكسدة والاختزالية والفراغية. إمكانية الاستخدام في الأجواء الرطبة.
R	الروديوم (13%)، البلاتين (87%)	البلاتين	من 0 إلى 1450	من 0 إلى 16.7	12	إمكانية الاستخدام في الأوساط المؤكسدة والأوساط الخاملة.
S	الروديوم (10%)، البلاتين (90%)	البلاتين	من 0 إلى 1450	من 0 إلى 14.9	10.6	
B	الروديوم (30%)، البلاتين (70%)	الروديوم (6%)، البلاتين (94%)	من 0 إلى 1700	من 0 إلى 12.4	7.6	

5 . مزايا الازدواجات الحرارية وعيوبها:

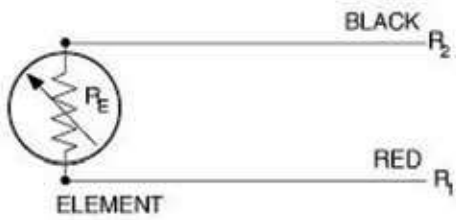
المزايا: طول العمر التشغيلي، مقاومة الصدمات والاهتزاز والتآكل، سعة مدى درجات حرارة، سهولة التصنيع، عدم الحاجة إلى طاقة، عدم استهلاك طاقة حرارية (حفظ الطاقة الحرارية)، صغر الحجم.

العيوب: القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في دارة الازدواج الحراري قليلة، وغير خطية.

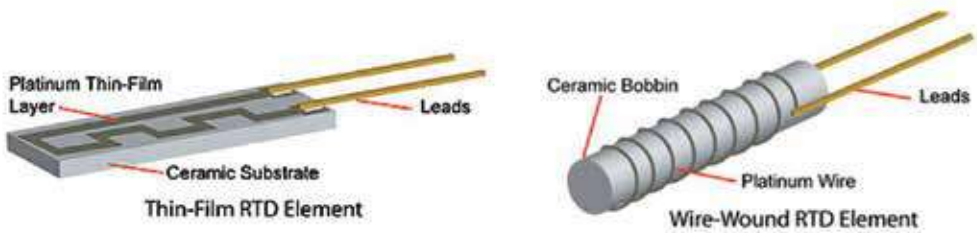
جـ - الكواشف الحرارية ذوات المقاومة (Resistance Temperature Detector: RTD): بدأ استخدام المقاومة الكهربائية بوصفها كاشفًا حراريًّا لقياس درجة الحرارة منذ القرن التاسع عشر الميلادي، ويعتمد مبدأ عمل هذه الكواشف على العلاقة بين المقاومة الكهربائية ودرجة الحرارة لبعض أنواع المعادن العالية التحسس لتغيرات درجة الحرارة، وتختلف العلاقة بين المقاومة الكهربائية للمادة ودرجة حرارتها تبعًا لتركيب المادة. ويبين الشكل (4-38) مقطعًا عرضيًّا في كاشف حراري، في حين يبين الشكل (4-39) رمز المقاومة (RTD). تُصنَّف الكواشف الحرارية ذوات المقاومة (RTD) بحسب طريقة الصنع إلى نوعين؛ الأول: الكاشف الملفوف بالأسلاك، وفيه يستخدم سلك من البلاتين، أو النحاس، أو النيكل، ملفوف حول بكرة (قلب) من السيراميك أو الزجاج. والثاني: الكاشف الذي تستخدم فيه طبقة رقيقة من البلاتين، أو النحاس، أو النيكل، مُثبَّتة (مطلية) بقاعدة من السيراميك. ولكلا النوعين مزايا وعيوب، انظر الشكل (4-40) الذي يبين كواشف الحرارة التي يستخدم فيها البلاتين.



الشكل (4-38): مقطع عرضي لكاشف حراري.



الشكل (4-39): رمز المقاومة (RTD).



الشكل (4-40): الكواشف الحرارية ذوات المقاومة (RTD).

الموصلات المعدنية التي تستخدم في صناعة الكواشف الحرارية هي ذوات معاملات حرارية موجبة؛ إذ تزيد مقاومتها بزيادة درجة الحرارة، ويفضل استخدام موصلات ذوات معاملات حرارية كبيرة القيمة ليكون مقدار التغير في مقاومة الكاشف كبيرًا عندما يكون التغير في درجة الحرارة قليلًا؛ ما يعني أن حساسيتها عالية. يقاس التغير في درجة الحرارة باستخدام الكواشف في دارات جسرية (قنطرة) مزودة بتداريج تشير مباشرة إلى درجة الحرارة.

1 - **أنواع الكواشف الحرارية ذوات المقاومة (RTD):** أكثر الكواشف الحرارية شيوعًا هي الكواشف المكونة من أسلاك البلاتين، أو النحاس، أو النيكل.

تُصنَّف الكواشف بحسب نوع الأسلاك المستخدمة إلى ثلاثة أنواع، هي:

أ . **كواشف الحرارة البلاتينية**: يتكون هذا الكاشف من سلك رفيع من البلاتين ملفوف على عازل من السيراميك. وتكون مقاومة سلك البلاتين عند درجة الصفر سيلسيوس (100) أوم.

تستخدم الكواشف الحرارية من هذا النوع لقياس درجات الحرارة المتوسطة حتى درجة حرارة (600º) سيلسيوس أو أكثر، وتمتاز بدقة قياس عالية.

ب. **كواشف الحرارة النيكلية:** يتكون هذا الكاشف من سلك من النيكل ملفوف على عازل من السيراميك. يستخدم هذا النوع لقياس درجات الحرارة (150º-70º) سيلسيوس. وليس من الشائع استخدام هذا النوع من الكواشف مقارنةً بالكواشف البلاتينية التي تمتاز برخص ثمنها، وكفاءتها العالية، ومن عيوبها عدم تحملها درجات الحرارة العالية.

جـ. **كواشف الحرارة النحاسية:** يستخدم هذا النوع من الكواشف لقياس درجات الحرارة (200º-150-º) سيلسيوس، ويمتاز باستقراريته، وخطيته، ودقته العالية، وبخاصة في درجة حرارة الجو المحيط.

2 - **خصائص الكواشف الحرارية:** من أهم خصائص الكواشف الحرارية ما يأتي:

أ . الدقة: تتراوح نسبة الخطأ في القياس للكواشف بين (1 - 0.5) درجة فهرنهايت.

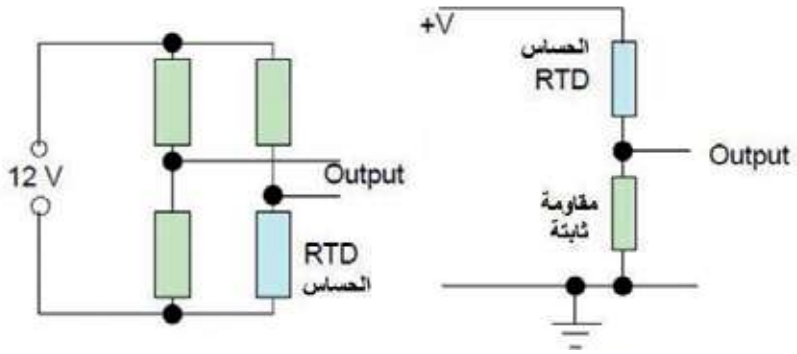
ب . الاستقرارية: قدرة الكاشف على الاحتفاظ بالعلاقة نفسها بين المقاومة الكهربائية والتغير في درجة الحرارة بعد الاستخدام مدة طويلة.

جـ . الاستجابة: سرعة تغير مقاومة الكاشف عند تغير درجة الحرارة فجأة.

د . التسخين الذاتي: خصيصة التسخين بسبب سريان تيار كهربائي في الكاشف؛ ما يزيد نسبة الخطأ في القياس.

3 - توصيل الكواشف الحرارية

فـي دارات القيـاس: يبيـن الشكل (4-41) كيفية توصيل الكاشـف الحراري (RTD) بالـدارة الكهربائيـة؛ لتوليـد إشـارة كهربائية تتناسـب مع درجة الحرارة.



الشكل (4-41): توصيل الكاشف الحراري (RTD).

د - الثيرمستور (Thermistor): يُصنَع الثيرمستور من أشباه الموصلات، وتستخدم في صناعته أكاسيد بعض المعادن مثل: الكروم، والكوبالت، والحديد، والمنغنيز، والنيكل. تتغير مقاومة الثيرمستور بشكل ملحوظ عند تغير درجة الحرارة، وتصل حساسيته لدرجات الحرارة إلى (0.06) أوم لكل درجة حرارة سيلسيوس واحدة؛ ما يجعلها مناسبة للاستخدام في عديد من التطبيقات العملية، مثل: دارات التحكم، والتعويض عن التغير في درجات الحرارة، والقياس الدقيق لدرجات الحرارة ضمن المجال (100 -) درجة سيلسيوس، والمجال (400) درجة سيلسيوس، وقياس معدل جريان الموائع، وقياس الضغط، وقياس مستوى السوائل، وتقدير محتوى الغازات. يمتاز الثيرمستور برخص ثمنه نسبيًّا مقارنةً بالأنواع الأخرى من عناصر القياس الحرارية، ووجود ثابت زمني صغير له نسبيًّا. ونظرًا إلى صغر حجم الثيرمستور؛ فإن قدرته على التبديد الحراري صغيرة نسبيًّا؛ ما يعني اقتصار استعماله على الدارات ذوات التيارات المنخفضة نسبيًّا.

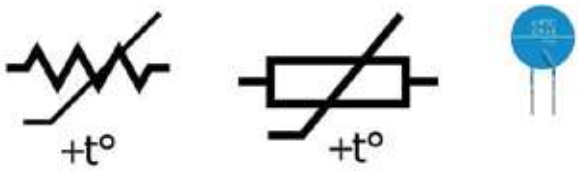
1. تصنيف الثيرمستورات: تُصنَّف الثيرمستورات إلى نوعين أساسيين، هما:

أ . **الثيرمستورات ذوات المعامل الحراري السالب (NTC)**: تنخفض المقاومة الكهربائية لهذا النوع من الثيرمستورات عند ارتفاع درجة الحرارة. فمثلًا، قد تنخفض المقاومة الكهربائية لبعض هذه العناصر من (10) ميغا أوم إلى (1) أوم عند تغير درجة الحرارة من (-100) درجة سيلسيوس إلى (400) درجة سيلسيوس. تعد الثيرمستورات ذوات المعامل الحراري السالب من أكثر أنواع الثيرمستورات شيوعًا في التطبيقات العملية، انظر الشكل (4-42).

الشكل (4-42): ثيرمستور من نوع (NTC)، ورمزه.

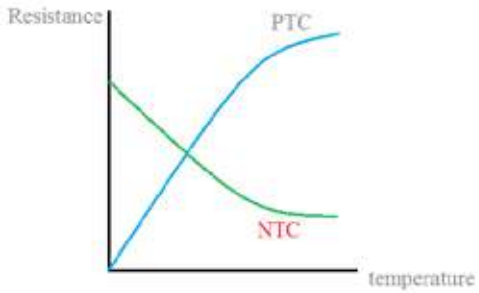
ب . **الثيرمستورات ذوات المعامل الحراري الموجب (PTC):** تزداد مقاومة هذا النوع من الثيرمستورات عند ارتفاع درجة الحرارة. فمثلًا، قد تزداد قيمة المقاومة الكهربائية عشرة أضعاف تقريبًا عندما تتغير درجة الحرارة

من (100-) درجة سيلسيوس إلى (400) درجة سيلسيوس. يُذكَر أن الثيرمستورات ذوات المعامل الحراري الموجب محدودة الاستخدام، وحساسيتها قليلة مقارنة بالثيرمستورات ذوات المعامل الحراري السالب، انظر الشكل (4-43).



الشكل (4-43): ثيرمستور من نوع (PTC)، ورمزه.

2 . **منحنيات الثيرمستور:** يبين الشكل (4-44) العلاقة بين تغير درجة الحرارة وقيمة المقاومة لكل من (NTC) و (PTC)؛ فالعلاقة بين المقاومة ذات المعامل الحراري السالب ودرجة الحرارة غير خطية، وهي تتناقص مع زيادة درجة الحرارة. أمّا العلاقة بين المقاومة ذات المعامل الحراري الموجب ودرجة الحرارة فغير خطية، وهي تتزايد مع زيادة درجة الحرارة.

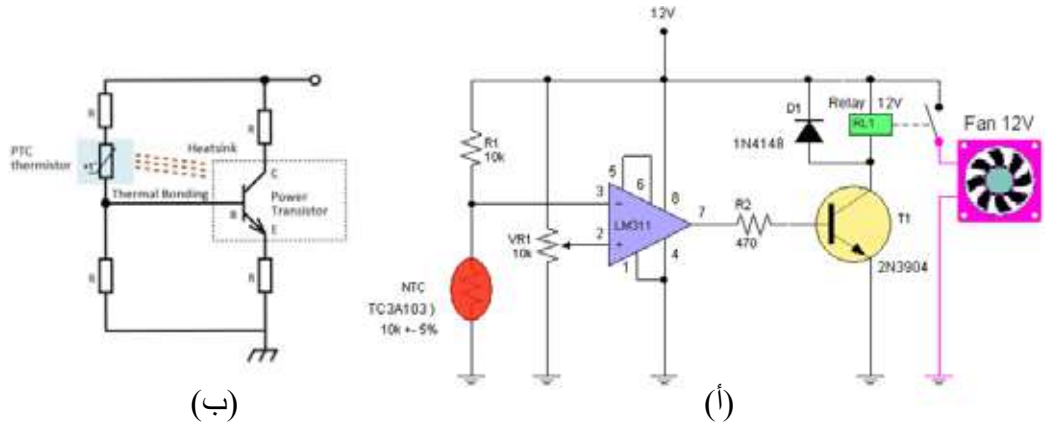


الشكل (4-44): العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة للثيرمستور.

3 . **أشكال الثيرمستور:** درست سابقًا أن الثيرمستور يتكون من أشباه الموصلات التي يدخل في تركيبها أكاسيد الكوبالت، والحديد، والنحاس، والمغنيسيوم، والمنغنيز، والتيتانيوم، واليورانيوم، والزنك. بعد تشكيل مكونات الثيرمستور على النحو المطلوب، فإنها تعامل حراريًّا؛ لإعادة بلورتها قبل أن تغطى بالسيراميك، وتوصَل بالأسلاك، ثم توضَع في كبسولات خاصة لتأخذ الشكل النهائي للثيرمستور. توجد أشكال عِدَّة للثيرمستور، منها: الشكل الخرزي، والشكل القرصي، والشكل الحلقي، والشكل الأسطواني، انظر الشكل (4-45).

الشكل (4-45): بعض أشكال الثيرمستور.

4 . توصيل الثيرمستور بالدارة الكهربائية: يبين الشكل (4-46/أ) كيفية توصيل مقاومة (NTC) بالدارة الكهربائية للتحكم في عمل مروحة، في حين يبين الشكل (4-46/ب) كيفية توصيل مقاومة (PTC) بالدارة الكهربائية للتحكم في درجة حرارة الترانزستور.



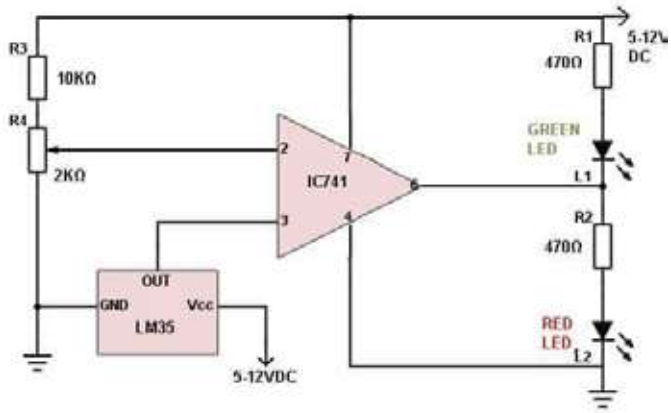
(ب) (أ)

الشكل (4-46): توصيل المقاومة الحرارية بالدارة الكهربائية.

هـ- مجس درجة الحرارة الحساس (LM35): يُشبِه هذا الحساس في شكله الخارجي الترانزستور، ويتكون من ثلاثة أطراف، ويستشعر درجة الحرارة بالسيلسيوس؛ إذ تتناسب الفولتية الخارجة منه تناسبًا طرديًّا مع درجة الحرارة التي يكتسبها، انظر الشكل (4-47) الذي يبين الحساس (LM35). توجد تسميات عديدة للحساس (LM35)، منها: الدارة المتكاملة (LM35)، والترانزستور(LM35). يعمل المجس الحراري (LM35) على تحويل درجة الحرارة المحيطة به إلى فولتية تماثلية، علمًا بأن العلاقة بين ارتفاع درجة حرارة الترانزستور (LM35) والفولتية الناشئة منه هي علاقة طردية تتناسب بشكل خطي معًا؛ فكلما زادت درجة الحرارة زادت الفولتية الخارجة منه التي تمر بالترانزستور بمعدل (10) ملي فولت/ درجة سيلسيوس، فلو زدنا درجة الحرارة إلى (45) سيلسيوس لزادت الفولتية إلى (450) ملي فولت.

الشكل (4-47): الحساس (PTC).

يعتمد توصيل الحساس (LM35) في الدارات الكهربائية على تحديد وظيفة كل من أطرافه الثلاثة: الطرف السالب، والخرج (V_{out})، والدخل (V_{in})، أو (V_{cc}) الذي يغذي الحساس بالكهرباء، ويجب أن يكون - على الأقل - بمقدار (2.7) فولت لكي يبدأ الحساس الترانزستوري (LM35) بالعمل بصورة كاملة، انظر الشكل (4-48).



الشكل (4-48): توصيل الحساس (LM35) بالدارة الكهربائية.

أولًا: معلومات إثرائية

- بدأ الاهتمام باستخدام الازدواج الحراري في بداية القرن التاسع عشر الميلادي.
- يستخدم جهاز قياس الفولتية أو المسجل ذو المقاومة العالية الموصولة بالمزدوج الحراري باستعمال سلكين طويلين.
- يغلف الازدواج الحراري بمواد مقاومة للصدأ، والتآكل وتغيرات درجات الحرارة، وهي تحميه من الصدمات، وتكون ذات معامل توصيل حراري عالٍ.
- يُصنَع الثيرمستور من أشباه الموصلات.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

- ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:
- أهم استخدامات الثيرمستورات (PTC، NTC).
- أهم استخدامات المجس (LM35).

ثالثًا: البحث في شبكة الانترنت

- ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:
- الدارات الكهربائية والإلكترونية التي تستخدم فيها كواشف الحرارة (RTD)، وتصنيفها بحسب الاستخدام في مجال الاتصالات، والصناعة، والطاقة.

القياس والتقويم

1 - وضِّح تركيب مجس الازدواج الحراري، ومبدأ عمله.

2 - ما أهم مزايا الازدواجات الحرارية وعيوبها؟

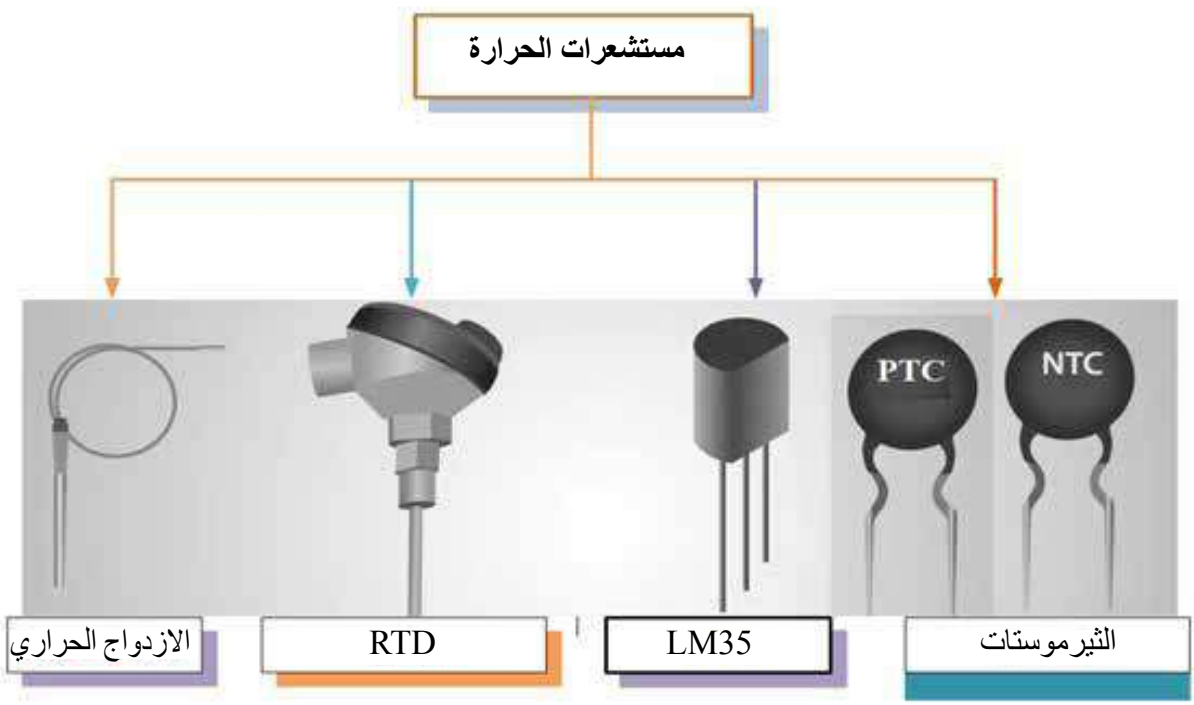
3 - ما أهم خصائص الكواشف الحرارية؟

4 - بيِّن بالرسم كيفية توصيل الكاشف الحراري (RTD) بالدارة الكهربائية.

5 - تُصنَّف الثيرمستورات إلى نوعين أساسين، اذكرهما.

6 - ارسم دارة توصيل الحساس (LM35) بالدارة الكهربائية.

الخريطة المفاهيمية



الشكل (1).

التمرين الأول

بناء دارة تحكم في الحرارة باستخدام الثيرمستور (NTC)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يبني دارة تحكم باستخدام الثيرمستور (NTC).

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية (10kΩ/0.5w).	1. مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مقاومة متغيرة (470kΩ/0.5w).	2. جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ترانزستور (2N3094).	3. كاوي لحام (30-40) واط.
4	ثنائي (1N4148).	
5	مضخم عمليات (LM311).	
6	مرحل (12 فولت).	
7	لوحة توصيل.	
8	أسلاك توصيل.	
9	مروحة 12فولط..	

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (12) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط قيمة المقاومة المتغيرة (10K) بحيث لا تعمل المروحة.

4 - قس الفولتية على الطرف (3) والطرف (2) لمضخم العمليات، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

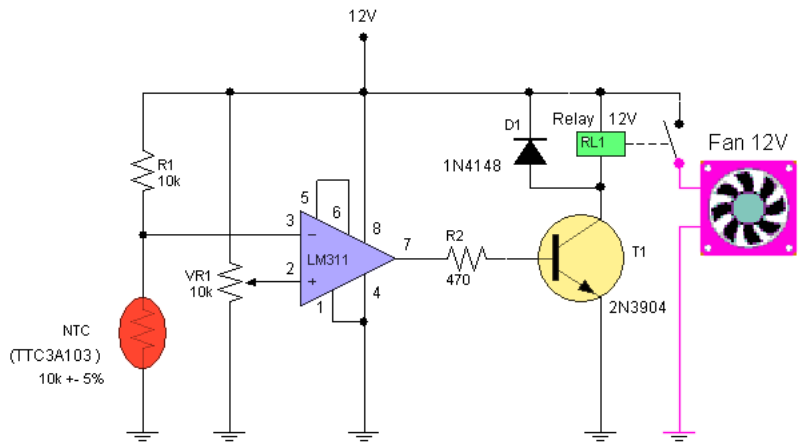
5 - قرِّب مصدر حرارة من الثيرمستور (كاوي اللحام مثلاً)، ما تلاحظ؟ هل تعمل المروحة؟

6 - قس الفولتية على الطرف (3) والطرف (2) لمضخم العمليات، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

7 - غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، ماذا تلاحظ؟

8 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين خطوات تنفيذ التمرين.

خطوات العمل



الشكل (1).

فكّر

1 - ما وظيفة مضخم العمليات في الدارة؟

2 - ما تأثير تغيير قيمة المقاومة المتغيرة (10K) في عمل الدارة؟

التمرين الثاني

بناء دارة حساس للحرارة باستخدام المجس (LM35)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يبني دارة حساس للحرارة باستخدام حساس الحرارة (LM35).

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية 1/2w (10kΩ ,470kΩ X2)	1. مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مقاومة متغيرة (2kΩ/1w).	2. جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	حساس للحرارة (LM35).	3. كاوي لحام (30-40) واط.
4	ثنائي باعث للضوء أحمر اللون، وأخضر اللون.	
5	مضخم عمليات (741).	
6	لوحة توصيل.	
7	أسلاك توصيل.	

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (10) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط قيمة المقاومة المتغيرة (2KΩ) بحيث يضيء الثنائي الأخضر.

4 - قس الفولتية على الطرف (3) والطرف (2) لمضخم العمليات، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

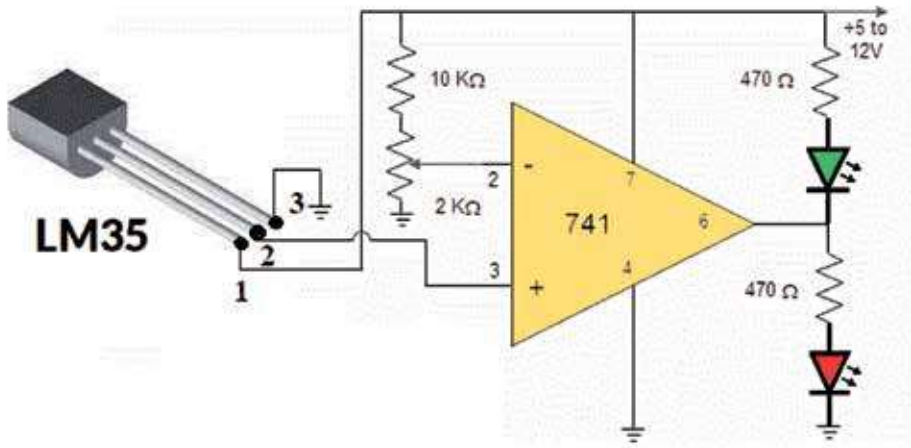
5 - قرِّب مصدر حرارة من الحساس (كاوي اللحام مثلًا)، ماذا تلاحظ؟ هل تحوَّلت إضاءة الثنائيات من اللون الأخضر إلى اللون الأحمر؟ علامَ يدل ذلك؟

6 - قس الفولتية على الطرف (3) والطرف (2) لمضخم العمليات، ثم دوِّن قيمتها في دفترك.

7 - غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، ماذا تلاحظ؟

8 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين خطوات تنفيذ التمرين.

خطوات العمل



الشكل (1).

التقويم الذاتي

يمكنني بعد دراسة هذه الوحدة أن:

الرقم	مؤشر الأداء	التقدير		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أفسر الأثر الضوئي في أشباه الموصلات.			
2	أتعرف مبدأ عمل العناصر الضوئية.			
3	أميز عمليًّا العناصر الضوئية.			
4	أفحص العناصر الضوئية.			
5	أتعرف أهم التطبيقات العملية لعناصر الإلكترونيات الضوئية.			
6	أبني دارة تحكم باستخدام المقاومة الضوئية.			
7	أبني دارة تحكم باستخدام الثنائي الضوئي.			
8	أبني دارة تحكم باستخدام الترانزستور الضوئي.			
9	أتعرف الأنواع المختلفة من العناصر الحرارية.			
10	أفسر كيفية تحويل الحرارة إلى فولتية أو تيار كهربائي.			
11	أميز الأنواع المختلفة من العناصر الحرارية.			
12	أتعرف التطبيقات الأساسية للعناصر الحرارية.			
13	أبني دارة تحكم باستخدام الثيرمستور (NTC).			
14	أبني دارة حساس للحرارة باستخدام حساس الحرارة (LM35).			

أسئلة الوحدة

1 - ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) تستجيب العين البشرية للموجات ذوات الطول الموجي الذي يتراوح بين:

أ - (35.0-75.0)µm. ب- (0.35-2.1)µm.

جـ -(35.0 -0.01)µm . د - (0.75-1.2)µm.

(2) أكثر استجابة للعين البشرية تكون للضوء ذي اللون:

أ - الأحمر. ب- الأخضر. جـ- الأزرق. د- البنفسجي.

(3) عند سقوط الضوء على مادة شبه موصلة:

أ- تزداد مقاومة المادة. ب- تنخفض مقاومة المادة.

جـ- تنخفض موصلية المادة. د- لا تتأثر مقاومة المادة.

(4) الفلطائية الضوئية هي ظاهرة تحدث:

أ - عند تعرض وصلة (pn) للضوء.

ب - عند تعرض مادة شبه موصلة للضوء.

جـ - لأي وصلة (pn)؛ سواء تعرضت للضوء، أو لم تتعرض.

د - جميع ما ذكر.

(5) المقاومة الضوئية هي:

أ - مقاومة تُصنَع من أشباه الموصلات، وتقل مقاومتها مع زيادة الضوء.

ب- مقاومة تُصنَع من أشباه الموصلات، وتزداد مقاومتها مع زيادة الضوء.

جـ- مقاومة تُصنَع من أشباه الموصلات، وتقل مقاومتها مع نقصان الضوء.

د - مقاومة تُصنَع من أشباه الموصلات، وتبقى مقاومتها ثابتة مع نقصان الضوء.

(6) تُصنَع المقاومة الضوئية التي تستجيب للضوء المرئي من مادة:

أ - كبريتات الكاديوم ب- كبريتيد الكاديوم. جـ - أكسيد الكاديوم. د- أنتيمونيد الأنديوم.

(7) أكثر استجابة للترانزستور الضوئي تتوافق مع الموجة:

أ - تحت الحمراء. ب- البنفسجية.

جـ - فوق البنفسجية. د - الخضراء.

(8) العلاقة بين التيار العكسي للثنائي الضوئي عند قيمة معينة لفولتية الانحياز العكسي تتناسب تناسبًا:

أ- طرديًّا. ب- عكسيًّا. جـ - لوغاريتميًّا. د- ثابتًّا.

(9) استجابة الثنائي الضوئي تعتمد على:

أ - نوع المادة التي يُصنَع منها الثنائي. ب - شكل الثنائي.

جـ - نسبة تركيز الشوائب. د - جميع ما ذُكِر.

(10) استجابة الخلية الفلطائية الضوئية تتناسب مع الضوء بشكل:

أ - طردي لوغاريتمي. ب - طردي خطي.

جـ - عكسي. د - طردي عكسي.

(11) تُصنَع الخلايا الشمسية من السيليكون بدلًا من السيلينيوم؛ لأن:

أ - كفاءة تحويل الطاقة لخلية السيليكون منخفضة.

ب- كفاءة تحويل الطاقة لخلية السيليكون عالية.

جـ - خلية السيليكون تعمل في الظلام تمامًا كثنائي عادي.

د - كفاءة تحويل الطاقة لخلية السيلينيوم أعلى منها للسيليكون.

(12) يستخدم الترانزستور الضوئي مع توصيل دارة القاعدة؛ بُغْيَةَ:

أ - زيادة حساسية الترانزستور.

ب - خفض حساسية الترانزستور للضوء.

جـ - السماح للترانزستور للعمل مضخمًا.

د - عمل الترانزستور بوصفه ثنائيًّا ضوئيًّا.

2 - بناءً على دراستك موضوع المقاومة الضوئية، أجب عمّا يأتي:

أ - ما أثر الضوء في المقاومة الضوئية؟

ب - ما المواد المستخدمة في صناعة المقاومة الضوئية؟

جـ - عدِّد بعض تطبيقات المقاومة الضوئية.

3 - بناءً على دراستك موضوع الثنائي الضوئي، أجب عمّا يأتي:

أ - ما أثر الضوء في الثنائي الضوئي؟

ب- مثِّل بالرسم كيفية توصيل الثنائي في الدارة الكهربائية.

جـ - عدِّد الأنواع الأساسية للثنائيات الضوئية.

د - اذكر بعض تطبيقات الثنائي الضوئي.

4 - بناءً على دراستك موضوع الثنائي المشع للضوء، أجب عمّا يأتي:

أ - اشرح كيف يعمل الثنائي المشع للضوء؟

ب- مثِّل بالرسم كيفية توصيل الثنائي المشع للضوء في الدارة الكهربائية.

5 - بناءً على دراستك موضوع الترانزستور الضوئي، أجب عمّا يأتي:

أ - ما أثر الضوء في الترانزستور الضوئي؟

ب - مثِّل بالرسم كيفية توصيل الترانزستور الضوئي في الدارة الكهربائية.

جـ - عدِّد الأنواع الأساسية للترانزستورات الضوئية.

د - اذكر بعض تطبيقات الترانزستور الضوئي.

6 - أ - قارن بين الثنائي الضوئي والترانزستور الضوئي من حيث التركيب، ومبدأ العمل.

ب- وضِّح تركيب الخلية الشمسية.

جـ - قارن بين الترانزستور العادي والترانزستور الضوئي من حيث التركيب، ومبدأ العمل، والاستخدام.

7 - أ - بيِّن أهمية استخدام العزل الكهربائي في الدارات الكهربائية.

ب- وضِّح تركيب وحدات عرض الشرائح السبع.

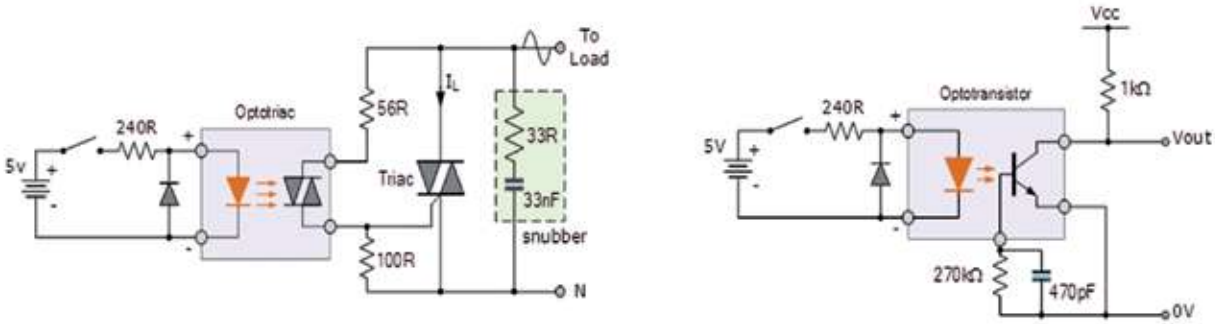
جـ- قارن بين تركيب كل من وحدة عرض الشرائح السبع، ومبين السائل البلوري.

8 - أ - ما المواد التي تُصنَع منها ثنائيات الليزر؟

ب - وضِّح تركيب الثايرستور الضوئي، ومبدأ عمله.

جـ - عدِّد الأنواع المختلفة من وحدات العزل الكهربائي.

9 - بيِّن مبدأ كل دارة في الشكل (4-49).



الشكل (4-49).

10 - بناءً على دراستك موضوع الازدواجات الحرارية، أجب عمّا يأتي:

أ - ما مزايا كل من الازدواجات الحرارية من النوع (R)، والنوع (E)، والنوع (K)؟

ب - بيِّن بالرسم تركيب الازدواج الحراري، ومبدأ عمله.

جـ - ارسم منحنى الفولتية – درجة الحرارة للازدواجات الحرارية الشائعة.

11 - ضع إشارة (√) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (X) إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

أ - معدات قياس الحرارة غير الكهربائية تعتمد في مبدأ عملها على خصيصة تمدد المواد بسبب ارتفاع درجة حرارتها.

ب- معدات قياس الحرارة الكهربائية تعتمد في مبدأ عملها على خصيصة التغير في قيمة المقاومة الكهربائية بسبب ارتفاع درجة حرارتها.

جـ - الازدواج الحراري يعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

د - تعد الازدواجات الحرارية من أكثر أنواع المجسات المستخدمة لقياس درجة الحرارة.

هـ - يُطلَق على الطرف الساخن في الازدواج الحراري اسم الطرف السالب.

و - عندما يسخن الطرف البارد في الازدواج الحراري تتولد فولتية على الطرف الساخن.

ز - الموصلات المعدنية التي تستخدم في صناعة الكواشف الحرارية (RTD) ذوات معاملات حرارية موجبة.

ح - يُصنَع الثيرمستور من أشباه الموصلات.

ط - الثيرمستورات ذوات المعامل الحراري السالب تنخفض مقاومتها عند ارتفاع درجة الحرارة.

ي - الثيرمستورات ذوات المعامل الحراري الموجب محدودة الاستخدام.

12 - بناءً على دراستك موضوع الثيرمستورات، أجب عمّا يأتي:

أ - عرِّف الثيرمستور، مُبيِّنًا أهم استخداماته.

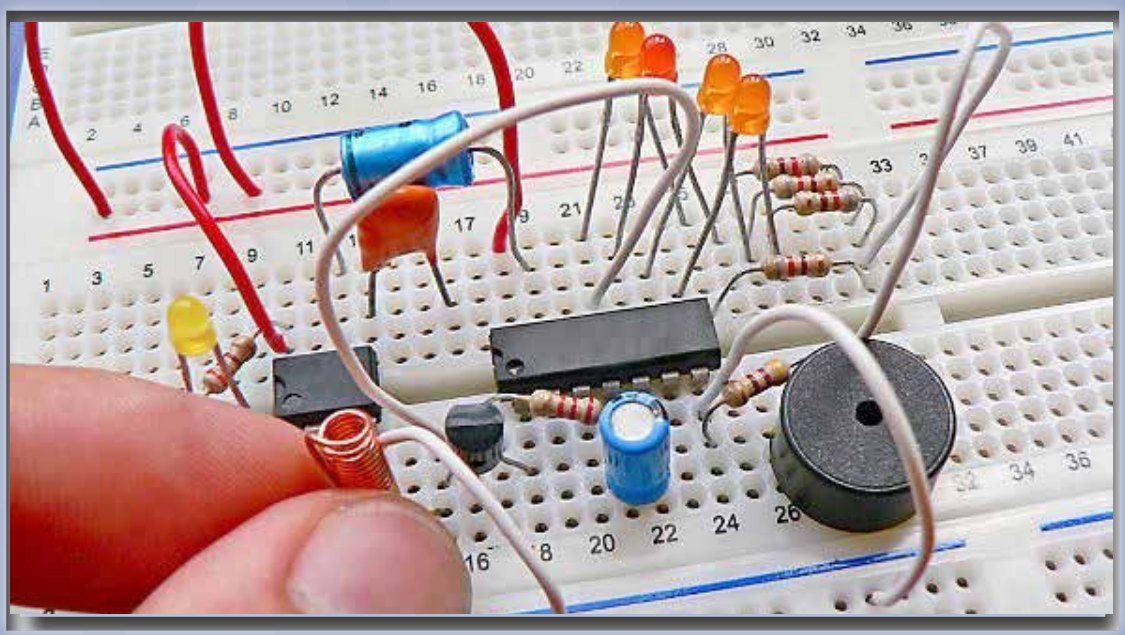
ب - ما العلاقة بين مقاومة الثيرمستور ودرجة الحرارة؟

جـ - اذكر أنواع الثيرمستورات.

د - ما الفرق بين الكاشف الحراري (RTD) والثيرمستور من حيث مبدأ العمل؟

الوحدة الخامسة

الدارات الإلكترونية



- فيمَ يستفاد من الدارة الإلكترونية؟
- ما أهمية المضخمات ومولدات الإشارة في مجال أنظمة الاتصالات؟

تعد الدارات الإلكترونية (Electronic Circuits) المكون الأساسي لكل الأجهزة الإلكترونية، وهي أساس النظم الإلكترونية التي تستخدم في مجال الهندسة الكهربائية، وهندسة الاتصالات، والإلكترونيات، مثل: دارات تضخيم الإشارة ومعالجتها، ودارات التضمين والكشف، ودارات المذبذبات.

تتدرج الدارات الإلكترونية من دارة بسيطة تُمثَّل بمصدر فولتية ومقاومة إلى دارات معقدة. وتعد الدارات الإلكترونية البسيطة اللبنات الأساسية لصنع الأجهزة الإلكترونية المعقدة.

قد توجد المكونات الإلكترونية في الدارات الإلكترونية بصورة فردية بسيطة أو مُجمَّعة على نحوٍ أكثر تعقيدًا، كتلك التي في الدارات المتكاملة.

تتكون الدارات الإلكترونية أساسًا من مقاومات، ومواسعات، وترانزستورات، وهي تستخدم في صنع الأجهزة الإلكترونية؛ إذ توصَل فيها العناصر بعضها ببعض عن طريق لحام الأجزاء معًا؛ بُغْيَةَ إنشاء دارة إلكترونية لها وظيفة معينة، مثل: دارات المضخمات، ومولدات الإشارة، ودارات تشكيل الإشارة، ودارات تحديد الإشارة.

إن دراسة المفاهيم الأساسية المشتركة التي تقوم عليها كل مجموعة من الدارات، وتحليلها، وتعرُّف خصائصها؛ كل ذلك يساعد على تعرُّف كثير من الخصائص العملية لهذه الدارات وتطبيقاتها، وبخاصة في مجال الاتصالات والإلكترونيات.

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

يتعرف الدارات الإلكترونية الآتية من حيث أنواعها، ومبدأ عملها، وخصائصها، واستخداماتها، وبناؤها:

1 - المضخمات.

2 - مضخمات العمليات.

3 - المذبذبات والدارات المتعددة الاهتزازات والمازج.

4 - المرشحات.

5 - دارات تحديد الإشارة وتثبيت الإشارة.

6 - المسويات والموهنات.

أولًا: المضخمات

(Amplifiers)

نتاجات الدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف مبدأ عمل مضخمات الإشارة.
- يتعرف أنواع مضخمات الإشارة.
- يصنف مضخمات الإشارة.
- يحدد المواصفات الفنية لمضخمات الإشارة.
- يتعرف طرائق الربط بين مراحل التضخيم.

انظر وتساءل

- هل شاركت يومًا في تقديم كلمة صباحية في الإذاعة المدرسية؟
- لماذا تُضخَّم الإشارة الصوتية؟

لكي يتمكن جميع الطلبة من سماع الفقرات الصباحية للإذاعة المدرسية؛ تستخدم مجموعة من الأجهزة والمعدات كالمبينة في الشكل (5-1)، التي تُضخِّم الإشارة الصوتية.

الشكل (5-1): مضخم الصوت وملحقاته.

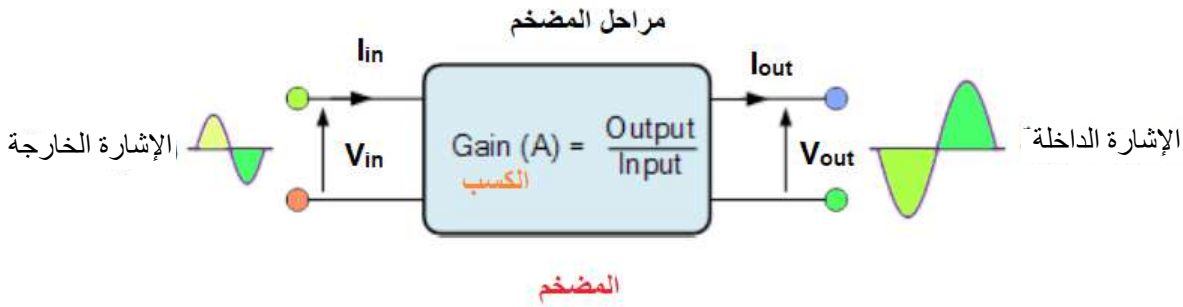
استكشف

كيف يمكن تضخيم إشارة ما باستخدام العناصر الإلكترونية؟

اقرأ وتعلَّم

درست في الفصل الأول دارات ترانزستورات الوصلة ثنائية القطبية، وترانزستورات تأثير المجال المختلفة التي تستخدم دارات لتضخيم الإشارات الكهربائية؛ إذ يعد الترانزستور العنصر الأساسي في دارة المضخم الذي يمكن التحكم في خرجه عن طريق الإشارة المطبقة على مدخله.

1 - المضخم (Amplifier): دارة إلكترونية تعمل على تضخيم إشارات الدخل، فتنتج في مخرج المضخم إشارة مضخمة شبيهة بالإشارة الداخلة من حيث الشكل والتردد، ولكن بأضعاف قيمتها من حيث الفولتية، أو التيار، أو القدرة؛ إذ تدخل إشارة كهربائية تحوي المعلومات أو البيانات المراد تضخيمها تسمى إشارة الدخل، ويمكن الحصول عليها مضخمة القيمة في خرج تلك الدارة، من دون المساس بقيمة التردد لتلك الإشارة. يعد الترانزستور العنصر الأساسي في دارة المضخم، وفي وقتنا الحاضر أصبحت الدارات المتكاملة هي التي تستخدم في عمليات التضخيم، ومن الأمثلة عليها مضخمات العمليات. ومن الأمثلة العملية على المضخمات دارات تضخيم الإشارات الصوتية. توجد مضخمات للفولتية المباشرة ومضخمات للفولتية المتناوبة. ومن أهم خصائص المضخم الخطية التي يعمل بها الترانزستور في المنطقة النشطة؛ أي أن يكون مقدار الإشارة الخارجة متناسبًا مع مقدار الإشارة الداخلة تناسبًا طرديًّا، انظر الشكل (5-2) الذي يبين مبدأ عمل المضخم.



الشكل (5-2): مبدأ عمل المضخم.

في معظم أنواع مضخمات الإشارة الصوتية تستخدم مرحلة وسطية بين دارة الدخل ودارة الخرج، في ما يعرف بمرحلة ما قبل التضخيم (pre-amplifier). وفيها تُضخَّم الإشارة الصوتية الصغيرة لتصبح مناسبة لدارة الخرج، انظر الشكل (5-3).

الشكل (5-3): مراحل تضخيم الإشارة.

تستخدم أكثر من مرحلة للتضخيم بهدف التضخيم التدريجي للإشارة الصوتية الكهربائية قبل وصولها إلى السماعة.

2 ـ التصنيف العام للمضخمات:

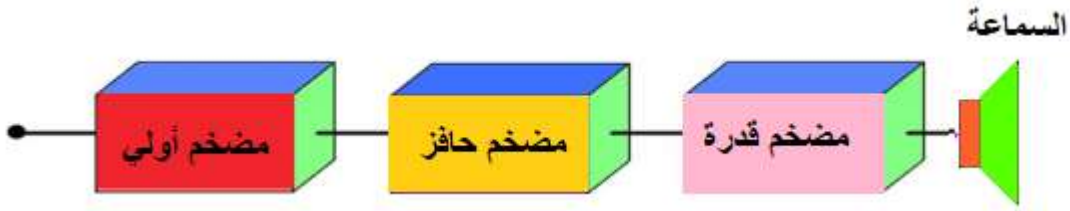
أ ـ تصنيف المضخمات تبعًا للنطاق الترددي:

1 . مضخمات الترددات السمعية (المنخفضة) (Audio Frequency Amplifiers: AF): تعمل هذه المضخمات على تضخيم الإشارات التي يقع ترددها في نطاق التردد السمعي الذي يبدأ بـ (10) هيرتز، وينتهي بـ (20) كيلوهيرتز.

2 . مضخمات الترددات العالية (الترددات الراديوية) (Radio Frequency Amplifiers: RF): تعمل هذه المضخمات على تضخيم الإشارات التي يكون ترددها أكثر من (30) كيلو هيرتز، وتشمل الترددات البينية (Intermediate Frequency Amplifiers:IF)، وتكون هذه المضخمات غالبًا منغمة (مولفة) عند ترددات محددة.

3 . مضخمات ذوات نطاق ترددي عريض (مكبرات مرئية) (Video Amplifiers: VF):
تعمل هذه المضخمات على تضخيم الإشارات ذوات النطاق الترددي الواسع، بدءًا بالترددات السمعية، وانتهاءً بقيمة عالية من الترددات، مثل مضخمات الإشارة المرئية.

ب- تصنيف المضخمات تبعًا لمستوى الإشارة المضخمة: تُصنَّف المضخمات بحسب نوع القيمة المضخمة إلى ثلاثة أنواع، هي: المضخم الأولي، والمضخم الحافز، ومضخم القدرة، وهي تكون متتابعة كما في الشكل (5-4).



الشكل (5-4): مراحل المضخم.

1 - المضخم الأولي (Pre Amplifier): يعد أول مرحلة من مراحل المضخم، وفيه تُضخَّم الفولتية أو تيار الإشارات الضعيفة تبعًا لطريقة توصيل الترانزستورات بدارة المضخم.

2 - المضخم الحافز (Driver): في هذا النوع من المضخمات تُضخَّم الفولتية أو تيار الإشارة، تبعًا لطريقة توصيل الترانزستورات بدارة المضخم.

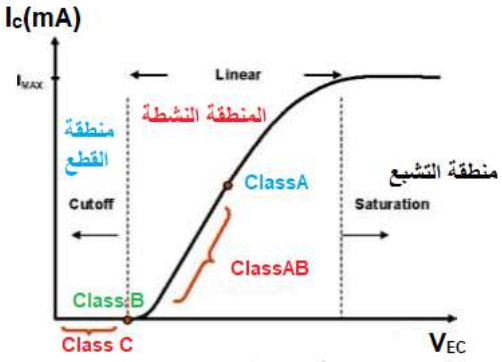
3 - مضخم القدرة (Power Amplifier): يعد المرحلة النهائية من مراحل المضخم التي تغذى من خرج مرحلة المضخم الحافز. يُربَط خرج هذه المرحلة بالحمل الذي يكون غالبًا السماعة إذا كان المضخم مضخمًا للترددات الصوتية، ويعمل هذا المضخم على زيادة قدرة الإشارة.

جـ - تصنيف المضخمات تبعًا لموقع نقطة تشغيل الترانزستور: سُمِّيت هذه التصنيفات بالأحرف الأبجدية الإنجليزية الآتية: (A, B, AB, C,D). والاختلاف الرئيس بين هذه الأنواع هو في طريقة اختيار موقع نقطة تشغيل الترانزستور المستخدم في دارة المضخم. قبل البدء بتصنيف المضخمات تبعًا لموقع نقطة تشغيل الترانزستور، لا بد من التذكير بمناطق عمل المضخم؛ إذ يعمل المضخم في ثلاث مناطق، هي:

1 - منطقة القطع (Cut-off): المنطقة التي يكون فيها المضخم في حالة عدم تشغيل؛ أي قبل وصول فولتية التشغيل إلى (0.7) فولت.

2 - المنطقة الفعالة (Active region):
المنطقة التي تكون فيها العلاقة خطية بين إشارة الدخل وإشارة الخرج.

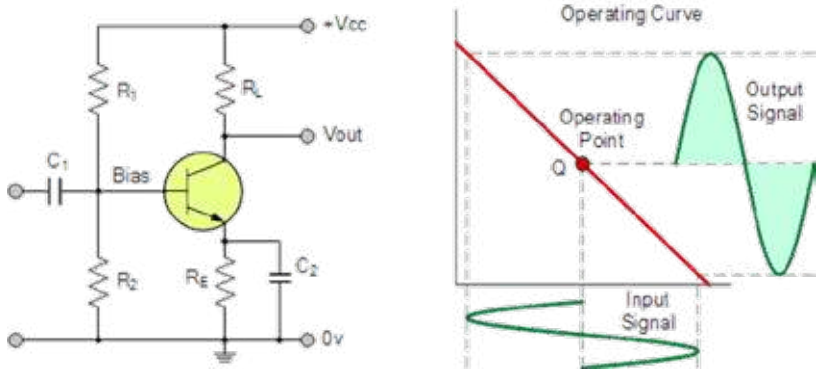
3 - منطقة التشبع (Saturation): المنطقة التي يظل فيها خرج المضخم ثابتًا بصرف النظر عن زيادة دخله، انظر الشكل (5-5).



الشكل (5-5): مناطق عمل الترانزستور.

تُصنَّف المضخمات تبعًا لموقع نقطة تشغيل الترانزستور إلى الأصناف الآتية:

1 - مضخم الصنف (أ)، (Class A Amplifier): يبين الشكل (5-6) دارة مضخم الصنف (A)، ومنحنيات خصائص الخرج، وخط الحمل.



الشكل (5-6): دارة مضخم الصنف (A)، ومنحنيات الخصائص.

من خصائص هذا المضخم:

أ - اختيار نقطة عمل الترانزستور (Operating Point) في منتصف منحنيات خصائص الخرج وخط الحمل (Load Line) عند النقطة (Q).

ب- تضخيم الإشارة من غير تشويه (Distortion) بسبب الخصائص الخطية للترانزستور (Linearity) في هذه المنطقة.

جـ - السماح بمرور تيار الخرج خلال دورة كاملة (360°) لإشارة الدخل من دون قطع أي جزء من الإشارة في الخرج.

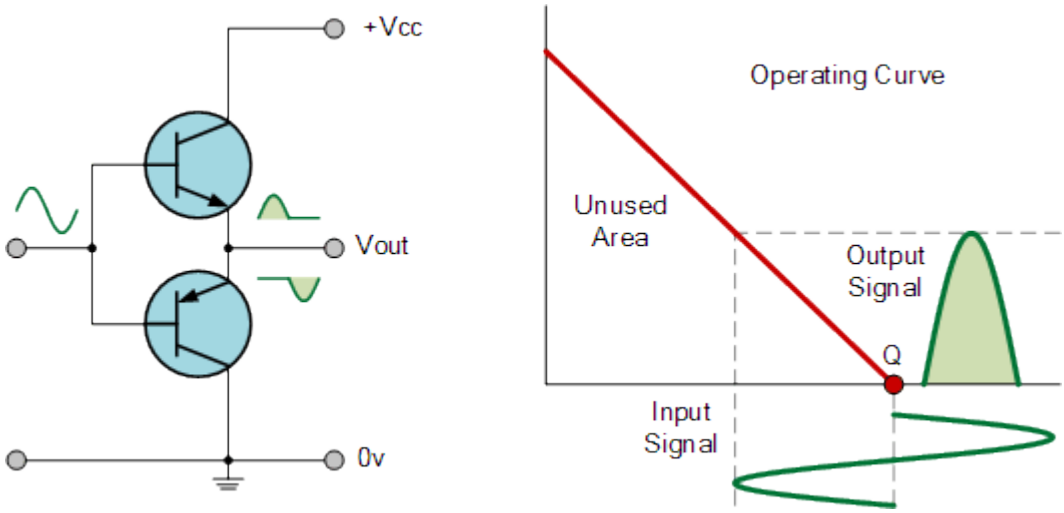
د - الفولتية بين المجمع والباعث (V_{CE}) تساوي نصف فولتية مصدر التغذية (V_{CC}).

هـ - الاستهلاك الدائم للتيار.

و- انخفاض الكفاءة؛ لأن المضخم يستهلك تيارًا حتى في حال عدم وجود إشارة على مدخل المضخم.

أي إن دارة الترانزستور فيه تعمل دائمًا؛ ما يعني استنزافه طاقة كبيرة من مصدر الفولتية المباشرة للحصول على طاقة منخفضة في مخرجه. وبهذا فهو يعطي حرارة أعلى؛ لذا يلزم وجود مبردات حرارة كبيرة للترانزستورات المستخدمة للتضخيم. ولأن كفاءة (Efficiency) هذا المضخم منخفضة (تتراوح بين (25-30%))؛ فلا ينصح باستخدامه لتضخيم الإشارات ذوات القدرات العالية، وإنما يستخدم أساسًا مضخم إشارة صغيرة في أجهزة الراديو. أمّا دارة التغذية الخاصة به فيجب أن تُصمَّم على نحوٍ جيد؛ لمنع التشويش في المخرج، علمًا بأن هذا المضخم يستخدم توصيلة الباعث المشترك.

2 - مضخم الصنف (ب) (Class B Amplifier): يبين الشكل (5-7) دارة مضخم الصنف (B)، ومنحنيات خصائص الخرج، وخط الحمل.



الشكل (5-7): دارة مضخم الصنف (B)، ومنحنيات الخصائص.

من خصائص هذا المضخم:

أ - اختيار نقطة عمل الترانزستور بحيث تكون عند نقطة القطع (Cut off) النقطة (Q) في منحنيات خصائص الخرج وخط الحمل.

ب- السماح بمرور تيار الخرج خلال نصف دورة (180°) لإشارة الدخل.

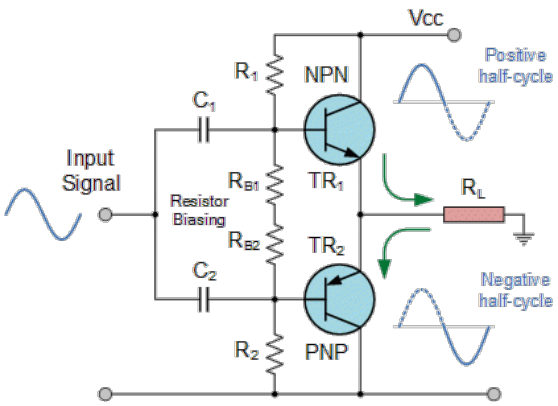
جـ - تيار القاعدة وتيار المجمع يساويان صفرًا تقريبًا، والفولتية (V_{CC}) تساوي الفولتية (V_{CE}) تقريبًا.

د - استهلاكه التيار فقط عند وجود إشارة على مدخل المضخم.

هـ- الكفاءة جيدة جدًّا؛ لأن المضخم لا يستهلك أي تيار في حالة عدم وجود إشارة على مدخل المضخم؛ إذ تتراوح بين (75-78.5%) تقريبًا.

و - تضخيم الإشارة بتشويه (Distortion) كبير.

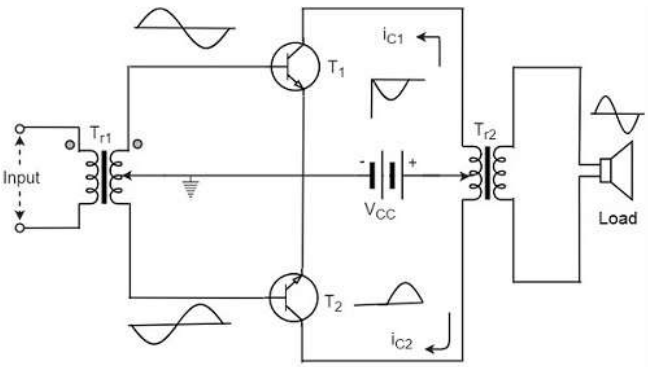
في هذا النوع من المضخمات، يُضخَّم الجزء الموجب من الإشارة في دارة تضخيم ترانزستور، والجزء السالب من الإشارة في دارة ترانزستور آخر، وتجمع الإشارتان في المخرج، وتسمى الدارة المستخدمة دارة تضخيم (دفع – جذب) (push – pull). تستخدم هذه الدارة في المضخمات الحديثة؛ لأن القدرة الناتجة من الترانزستورين الموصولين في دارة الدفع والجذب تكون أكثر من القدرة الناتجة من ترانزستور واحد. تتكوَّن دارة الجذب والدفع من الترانزستور (pnp) والترانزستور (npn) اللذين يوصلان على التوازي بتوصيلة الباعث التابع، كما في الشكل (5-8)، وقد تتكون دارة الجذب والدفع من ترانزستورين (pnp)، و(npn)، ومحولات ربط (محول ربط، ومحول إخراج)، مثل الدارة المبينة في الشكل (5-9). يستخدم هذا النوع من المضخمات في مضخمات القدرة.



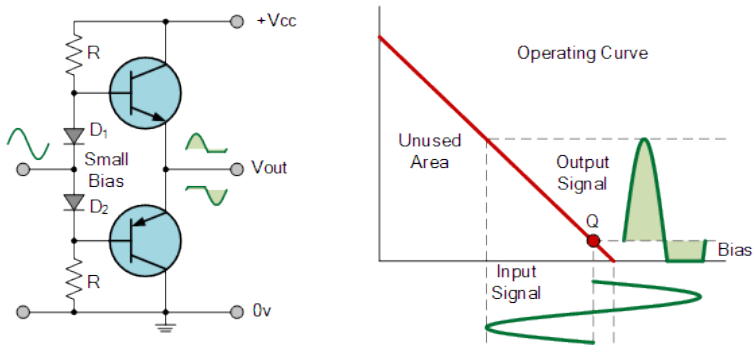
الشكل (5-8): مضخم الصنف (B).

3 - مضخم الصنف (أب) (Class AB Amplifier):

يبين الشكل (5-10) دارة مضخم الصنف (AB)، ومنحنيات خصائص الخرج، وخط الحمل.



الشكل (5-9): دارة مضخم (دفع – جذب).



الشكل (5-10): دارة مضخم الصنف (AB)، ومنحنيات خصائص الخرج، وخط الحمل.

من خصائص هذا المضخم:

أ - اختيار نقطة عمل الترانزستور بحيث تكون أعلى قليلًا من نقطة القطع (Cut off) عند النقطة (Q) في منحنيات خصائص الخرج.

ب- السماح بمرور تيار الخرج خلال أكثر من نصف دورة (أكبر من°180) لإشارة الدخل.

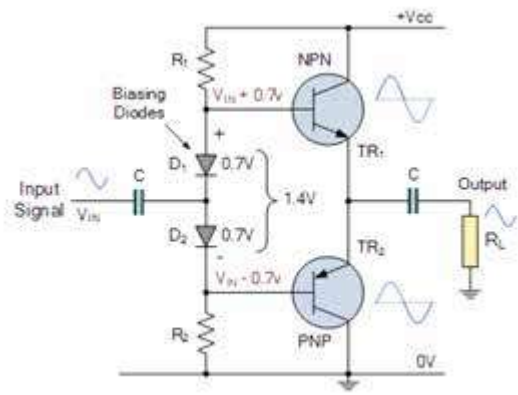
جـ - استهلاك تيار عند وجود إشارة على مدخل المضخم، واستهلاك تيار صغير لانحياز الترانزستور.

د- الكفاءة جيدة جدًّا؛ لأن المضخم لا يستهلك أي تيار عند عدم وجود إشارة على مدخل المضخم، (تتراوح بين (50-60%)).

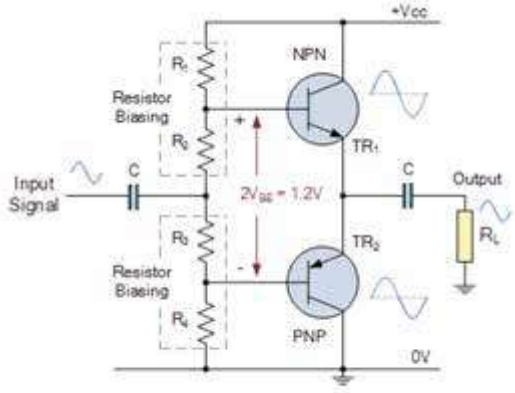
هـ- تيار القاعدة وتيار المجمع أكبر قليلًا من الصفر.

و- تضخيم الإشارة بتشويه (Distortion) كبير جدًّا.

لمعالجة التشويه في الإشارة المضخمة؛ يجب التحكم في انحياز المضخم، بإضافة ثنائيات كما في الشكل (5-11)، أو مجزئات فولتية للتحكم في انحياز الترانزستورات المستخدمة في المضخم كما في الشكل (5-12). يستخدم هذا المضخم في مضخمات القدرة بنظام الجذب والدفع.



الشكل (5-11): إضافة ثنائيات للتحكم في الانحياز.

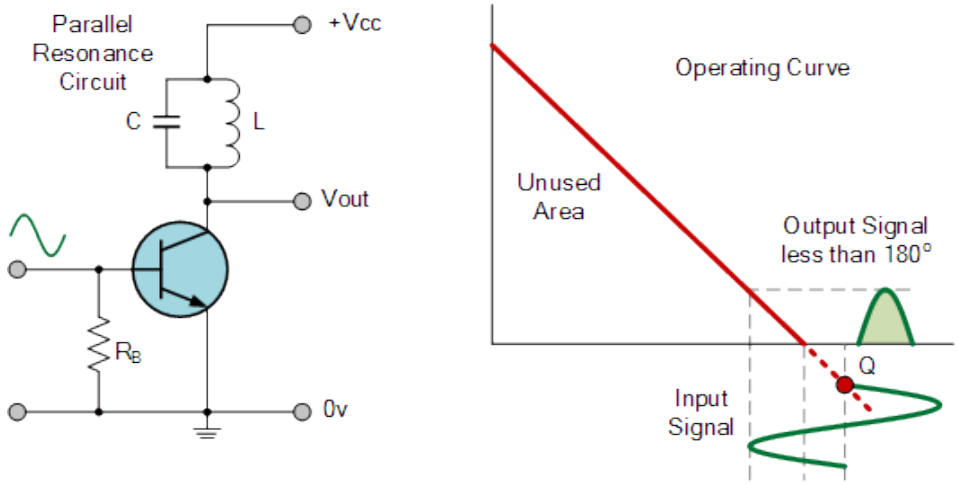


الشكل (5-12): إضافة مجزئات فولتية للتحكم في الانحياز.

4 - مضخم الصنف (جـ) (Class C Amplifier): يبين الشكل (5-13) دارة مضخم الصنف (C).

من خصائص هذا المضخم:

أ - اختيار نقطة التشغيل للترانزستور بحيث تكون أسفل نقطة القطع (Cut off) (خارج منطقة القطع) عند النقطة (Q) في منحنيات خصائص الخرج.



الشكل (5-13): دارة مضخم الصنف (C)، ومنحنيات خصائص الخرج وخط الحمل.

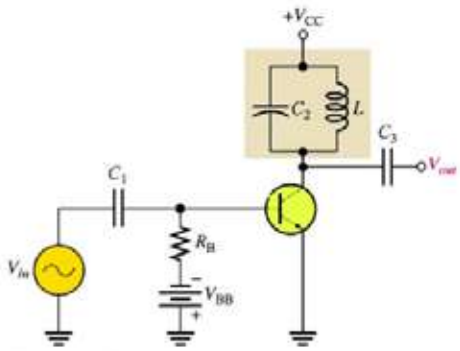
ب - السماح بمرور تيار الخرج خلال أقل من نصف دورة (120°-150°) لإشارة الدخل.

جـ- الكفاءة جيدة جدًّا؛ لأن المضخم لا يستهلك أي تيار عند عدم وجود إشارة على مدخل المضخم (تتراوح بين (80-90%)).

د - استهلاك تيار عند وجود إشارة على مدخل المضخم.

هـ - تضخيم الإشارة بتشويه (Distortion) كبير جدًّا.

يمتاز هذا النوع من المضخمات بأنه أكثر فعالية من الأنواع الأخرى، غير أنه يفضي إلى تشويه كبير في الإشارات الصوتية؛ لذا فهو لا يُستخدَم في تضخيم الإشارة الصوتية. ولحل مشكلة التشويه، يوضَع على مخرج هذا المضخم دارات رنين بدل مقاومة الحمل؛ إذ تعمل دارة الرنين على انتقاء تردد إشارة الدخل، فتكون على الإشارة الأصلية نفسها كاملة. يستخدم هذا النوع بصورة رئيسة في المراحل النهائية من أجهزة الإرسال الراديوية بوصفه مضخم قدرة، انظر الشكل (14-5).

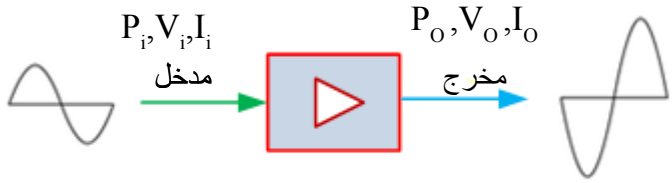


الشكل (5-14):دارة مضخم الصنف (C).

3 - المواصفات الفنية للمضخمات:

أ - **كسب المضخمات:** يُعرَّف كسب المضخم أو ربحه (Amplifiers Gain) بأنه نسبة خرج الإشارة المضخمة إلى دخل تلك الإشارة قبل التضخيم، وكلما زادت نسبة تضخيم المضخم زادت جودة المضخم.

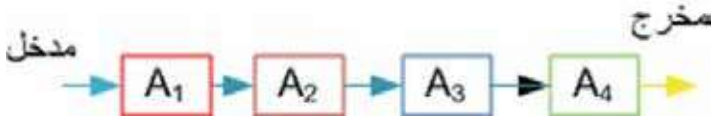
يرمز إلى كسب المضخم بالرمز (A)، ويبين الشكل (5-15) المخطط الصندوقي لدارة مضخم، وشكل إشارات الدخل والخرج، وتعني الرموز الآتية بالترتيب (P_i,V_i,I_i) القدرة، وتيار الدخل، وفولتية الدخل. وتمثل الرموز الآتية بالترتيب (P_O,V_O,I_O) القدرة، والفولتية، وتيار الخرج.



الشكل (5-15): المخطط الصندوقي لدارة المضخم .

يمكن إيجاد كسب القدرة باستعمال العلاقة الآتية: $A_P = \frac{P_O}{P_i}$

في معظم التطبيقات العملية يلزم توصيل عِدَّة مراحل من المضخمات للحصول على الكسب المطلوب، انظر الشكل (5-16)، الذي يبين مخططًا صندوقيًّا لمضخم تتابعي من أربع مراحل.



الشكل (5-16): مخطط صندوقي لمضخم تتابعي من أربع مراحل.

حيث الكسب الكلي (A_T):

$$A_T = A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4$$

كلما زادت قدرة الإشارة من (1) واط إلى (10) واط تضاعفت شدة الصوت، وكلما زادت قدرة الإشارة من (10) واط إلى (100) واط تضاعفت شدة الصوت أيضًا.

يتبين ممّا سبق أن العلاقة بين قدرة الإشارة وشدة الصوت هي علاقة غير خطية، وأنها أقرب إلى العلاقة اللوغاريتمية؛ أي إن الأذن تستجيب للأصوات بطريقة لوغاريتمية. وبناء على هذه الظاهرة، يمكن تعريف الديسبل (Decibel) بأنه وحدة قياس مستوى القدرة أو الفولتية أو التيار بالنسبة إلى قيم مرجعية محددة، ويرمز إليه بالحرفين (dB):

- كسب القدرة: $A_P\,(dB) = 10 \log \left(\frac{P_O}{P_i}\right)$

- كسب الفولتية: $A_V\,(dB) = 20 \log \left(\frac{V_O}{V_i}\right)$

- كسب التيار: $A_I\,(dB) = 20\log I_O \left(\frac{I_O}{I_i}\right)$

ب-عرض النطاق الترددي: نطاق التردد الذي يستطيع المضخم أن يعمل داخله، معطيًا بذلك التضخيم المطلوب، ويختلف النطاق الترددي لكل مضخم تبعًا لنوع الاستخدام.

جـ - الحساسية: تُقدَّر الحساسية بقيمة فولتية الإشارة الداخلة (μV أو mV) التي تناظر قدرة خرج معينة (قياسية).

د - معامل التشويه (نسبة الإشارة للشوشرة): النسبة بين القيمة الفعالة للفولتية أو تيار التوافقيات (الإشارة غير المرغوب فيها)، والقيمة الفعالة للفولتية أو تيار الإشارة الكلي، وكلما قل معامل التشويه زادت جودة المضخم.

هـ - ممانعة كل من الدخل والخرج: تُحدَّد تلك الممانعات لعمل توافق للمضخم؛ لما لها من تأثير في نسبة التضخيم واستقرار المضخم.

د - كفاءة المضخم: النسبة بين القدرة المضخمة (P_o) والقدرة المسحوبة من المصدر (P_i).

4 - طرائق الربط بين مراحل التضخيم: في بعض التطبيقات قد يكون معامل تضخيم الفولتية لمضخم من مرحلة واحدة غير كافٍ لتضخيم الإشارة، والوصول بها إلى القيمة المطلوبة، عندئذٍ يجب ربط عِدَّة مضخمات على شكل مراحل متعاقبة للحصول على كسب عالٍ، وتكون فلطية المخرج لمرحلة ما هي فولتية المدخل للمرحلة التالية. من أهم الطرائق المستخدمة للربط بين مراحل التضخيم:

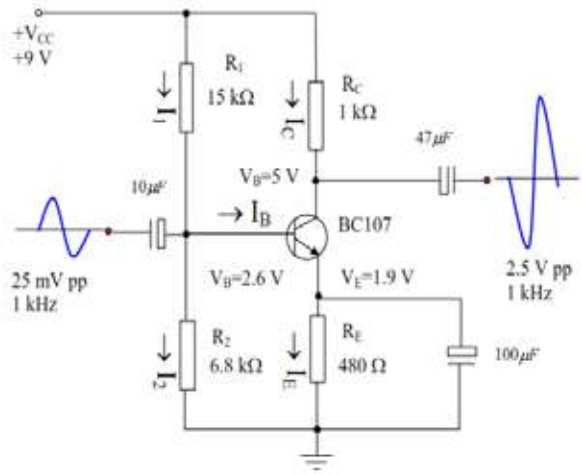
أ - الربط باستخدام مواسع ومقاومة.

ب - الربط باستخدام مُحوِّل.

جـ - الربط المباشر.

5 - تطبيقات على دارات المضخمات

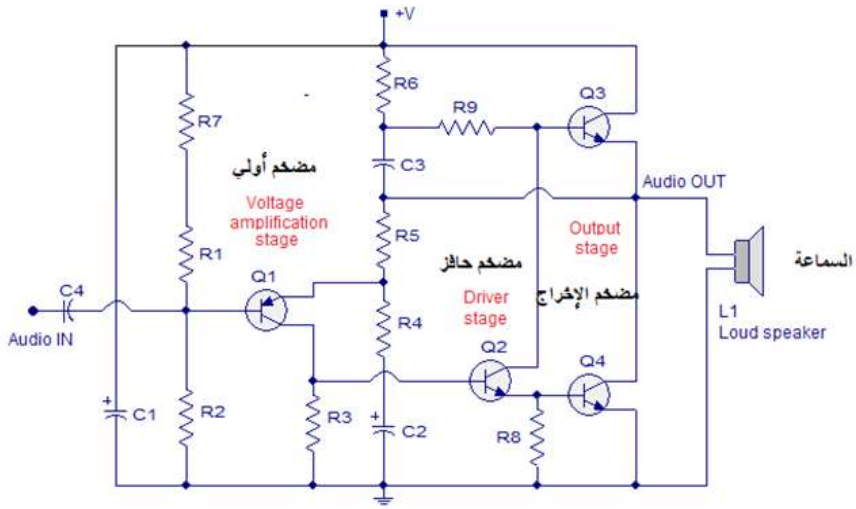
أ - مضخمات الإشارة المصغرة: يبين الشكل (5-17) دارة مضخم سمعي من مرحلة واحدة موصولة بطريقة الباعث المشترك. تعد هذه الطريقة من أشهر الطرائق المستخدمة في المضخمات عامة.



الشكل (5-17): دارة مضخم موصولة بطريقة الباعث المشترك.

ب - مضخمات القدرة: يبين الشكل (5-18) دارة مضخم قدرة صوتية، وهي مُكوَّنة من ثلاث مراحل:

1. مرحلة المضخم الأولي: يمثل الترانزستور (Q_1) والمكونات المرتبطة به مرحلة تضخيم الفولتية والمقاومتان (R_2) و(R_1) هما من مقاومات الانحياز للترانزستور (Q_1)، والمواسع (C_4) هو مواسع ربط يعمل على منع مكونات التيار المباشر المصاحبة للإشارة من دخول المضخم. تعمل المقاومة (R_7) على تحديد التيار عن طريق عناصر الانحياز. أمّا المواسع (C_1) فهو مواسع مرشح للإشارة، ويمكن الحصول على الإشارة المضخمة من مجمع الترانزستور (Q_1).

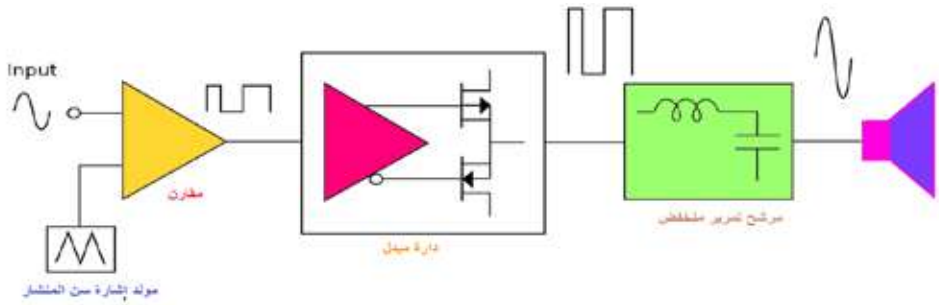


الشكل (5-18): دارة مضخم قدرة صوتية من ثلاث مراحل.

2. **مرحلة المضخم الحافز:** يمثل الترانزستور (Q_2) ذو القدرة المتوسطة مرحلة المضخم الحافز، وفيها يغذى خرج مرحلة تضخيم الفولتية من مجمع الترانزستور (Q_1) مباشرة إلى قاعدة الترانزستور (Q_2).
3. **مرحلة مضخم القدرة (الإخراج):** يمثل الترانزستوران (Q_3) و (Q_4) مرحلة الإخراج، وهما في حالة توصيل الدفع والجذب، وفيها يغذى خرج مرحلة المضخم الحافز من مجمع الترانزستور (Q_2) إلى قاعدة الترانزستور(Q_3)، ويغذى خرج مرحلة المضخم الحافز من باعث الترانزستور (Q_2) إلى قاعدة الترانزستور(Q_4). ويمكن الحصول على الإشارة المضخمة من تقاطع الباعث والمجمع لترانزستورات الإخراج.

أولًا: معلومات إثرائية

1 - مضخم الصنف (د) (Class D Amplifier): هو من مضخمات الصوت، وفيه تستخدم ترانزستورات (MOSFETS) لمعالجة تضخيم القدرة؛ إذ تعمل بوصفها مفاتيح ثنائية مثالية. تعد مضخمات القدرة من الصنف (D) موفرة جدًّا للطاقة، مقارنةً بمثيلاتها من الصنف (A)، والصنف (B)، والصنف (AB). تبلغ الكفاءة النظرية لمضخم الصوت من هذا الصنف 100٪، ويتكوَّن مضخم القدرة النموذجي فيه من مولد على شكل موجة سن المنشار، ومقارن (OPAMP)، ودارة تبديل، ومرشح تمرير منخفض، انظر الشكل (5-19).



الشكل (5-19): المخطط الصندوقي التخطيطي لمضخم الصوت من الصنف (D).

2 - أصناف أخرى من المضخمات: خلافًا لمضخمات الصوت التقليدية، يوجد عدد قليل من الأصناف، هي: الصنف (E)، والصنف (F)، والصنف (G) والصنف (H).

- مضخم الصنف (E): مضخم طاقة عالي الكفاءة، ومخصص للترددات الراديوية.
- مضخم الصنف (F): مضخم عالي المقاومة.
- مضخم الصنف (G): مضخم يُستخدَم لتقليل استهلاك الطاقة، وتحسين أداء الكفاءة.
- مضخم الصنف (H): الإصدار المحسن للمضخم من الصنف (G).

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

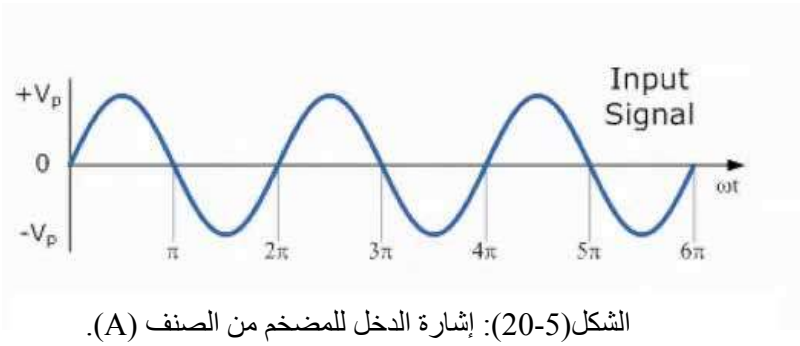
ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عن جميع أصناف المضخمات، ثم أنشئ جدولًا يحوي جميع خصائصها، ثم اعرضه على معلمك.

ثالثًا : البحث في شبكة الإنترنت

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على معلمك:

- أهم الدارات الإلكترونية التي يُستخدَم فيها مضخم الصنف (A).
- أسباب استخدام طريقة الباعث المشترك في المضخمات.

1 - الإشارة المبينة في الشكل (5-20) تمثل إشارة الدخل للمضخم من الصنف (A). ارسم إشارة الخرج لهذا المضخم.

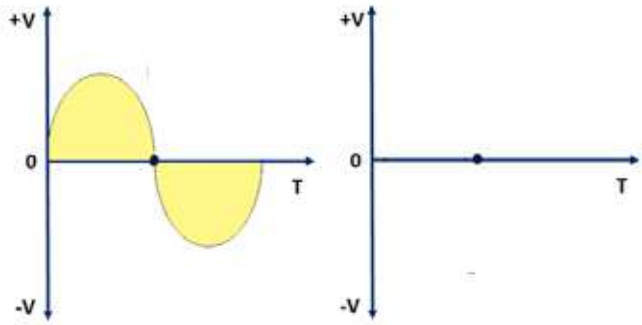


الشكل(5-20): إشارة الدخل للمضخم من الصنف (A).

2 - لماذا يوجد في مضخم الصنف (ب) (CLASS B) قطع في إشارة تيار الخرج (I_C)، حيث تظهر الإشارة على شكل نصف موجة فقط في أثناء الدورة الكاملة لإشارة الدخل؟

3 - هل تجمع فعالية المضخم (AB) بين صنفي المضخمات (A) و(B)؟

4 - الإشارة المبينة في الشكل (5-21) تمثل إشارة الدخل للمضخم من الصنف (AB). ارسم إشارة الخرج لهذا المضخم.



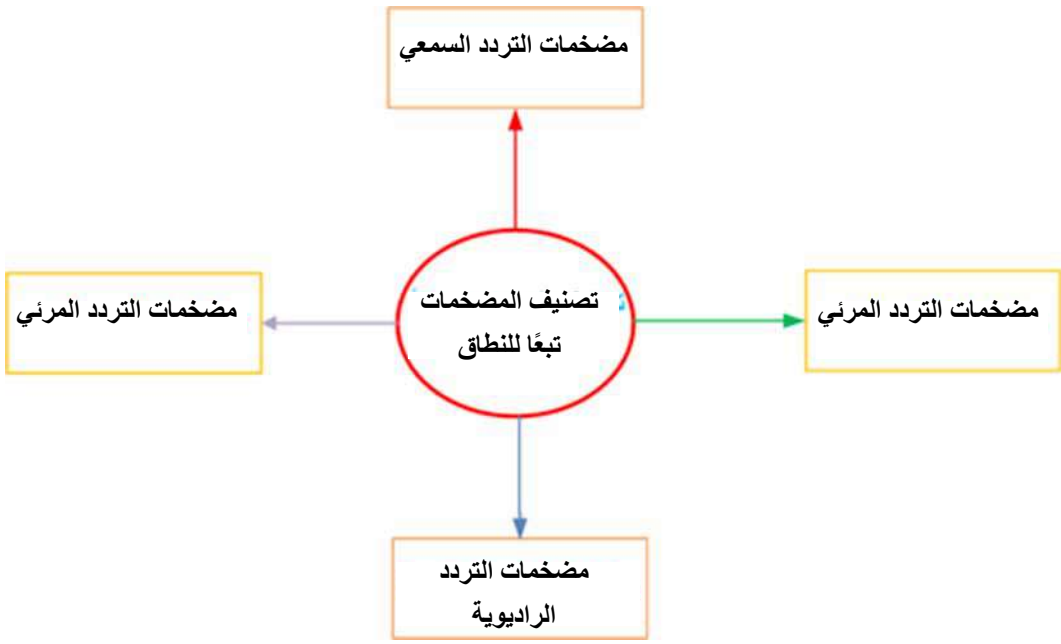
الشكل (5-21).

5 - اكتب معادلة كسب الفولتية، ومعادلة كسب التيار.

6 - إذا كانت قدرة دخل المضخم (P_i) هي $(0.5x10^{-6})w$، وقدرة خرجه (P_O) هي $(5x10^{-3})w$، فما قدرته بالديسبل؟

7 - إذا كانت مقاومة مدخل دارة المضخم (R_i) تساوي مقاومة الحمل (R_L) على مخرجه، فاكتب معادلة $A_P(dB)$ بدلالة التيارات (I_i, I_O) للمضخم.

الخريطة المفاهيمية



التمرين الأول

بناء دارة مضخم إشارة من الصنف (A) (Class A Amplifier)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1. يبني دارة مضخم إشارة من الصنف (A).
2. يتحقق من الخصائص العملية للمضخم.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	ترانزستور (2N3565).	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت / 1 أمبير
2	مقاومات كربونية قدرة كل منها (0.5w 470Ω/2.2KΩ/22KΩ/100KΩ).	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مواسعان (100µF)، و(50V).	3 - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	مواسعان (10µF)، و(50V).	4 - جهاز مولد إشارة (جيبية، مربعة، مثلثة).
5	لوح توصيل.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	أسلاك توصيل.	
7	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط جهاز مصدر الفولتية المباشرة على (12) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية (50mV,1KHz)، ثم صله بالدارة.

4 - باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، قس فولتيات الانحياز على الترانزستور، ثم دوِّن النتائج في الجدول (1).

الجدول (1).

V_C	V_E	V_B	V_{CE}	V_{BE}

خطوات العمل

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

7 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

8 - جد كسب الفولتية (Voltage Gain: AV) = اتساع فولتية الخرج / اتساع فولتية الدخل.

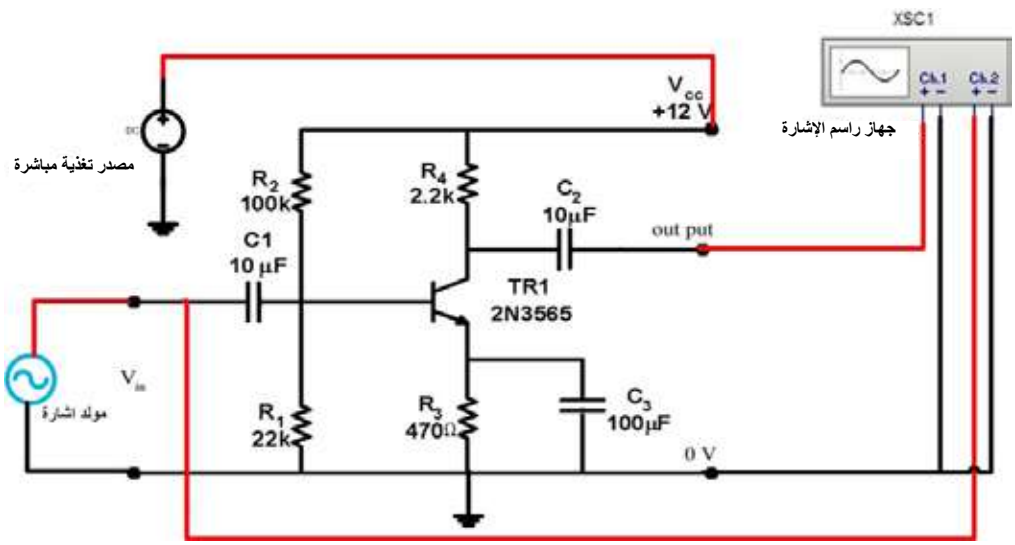
9 - غيِّر اتساع فولتية جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها (1KHz) كما في الجدول (2).

الجدول (2).

V_{in}	50mvz	100mv	150mv	200mv	250mv	300mv	350mv
V_{out}							
AV							

10 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

11 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.



الشكل (1).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة مضخم إشارة من الصنف (B).

2 - يتحقق من الخصائص العملية للمضخم.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	ترانزستور (BC547B) و(BC557A).	1 - مصدرا فولتية مباشرة مزدوجان (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مقاومات كربونية (1kΩ/0.5w).	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مواسعان (100µF)، و(50V).	3 - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	لوح توصيل.	4 - جهاز مولد إشارة (جيبية، مربعة، مثلثة).
5	أسلاك توصيل.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

أولًا: تضخيم النصف الموجب من الإشارة.

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط جهاز مصدر الفولتية المباشرة على (9) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية (2V,1KHz)، ثم صله بالدارة.

4 - باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، قس الفولتيات على الترانزستور، ثم دوِّن النتائج في الجدول (1).

الجدول (1).

V_C	V_E	V_B	V_{CE}	V_{BE}

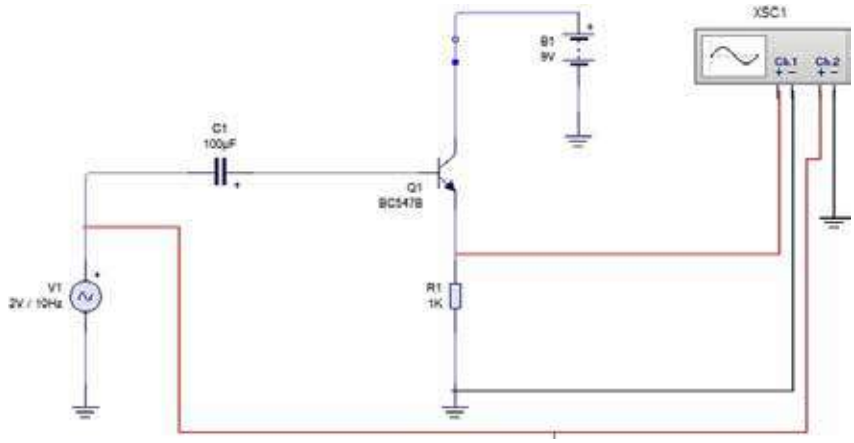
خطوات العمل

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

7 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

8 - جد كسب الفولتية (Voltage Gain: A_V) = اتساع فولية الخرج / اتساع فولتية الدخل.



الشكل (1).

ثانيًا: تضخيم الجزء الموجب والسالب من الإشارة.

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (2).

2 - اضبط جهازي مصدر الفولتية المباشرة للحصول على (4.5) فولت لكل منهما، ثم صلهما بالدارة.

3 - اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية (2V,1KHz)، ثم صله بالدارة.

4 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

6 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

7 - احسب كسب الفولتية (Voltage Gain: AV) = اتساع فولتية الخرج/ اتساع فولتية الدخل.

8 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة الإشارة على قاعدة الترانزستور(Q1)، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

خطوات العمل

9 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة الإشارة على قاعدة الترانزستور(Q2)، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

10 - غيِّر اتساع فولتية جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية ترددها KHz (1) كما في الجدول (2).

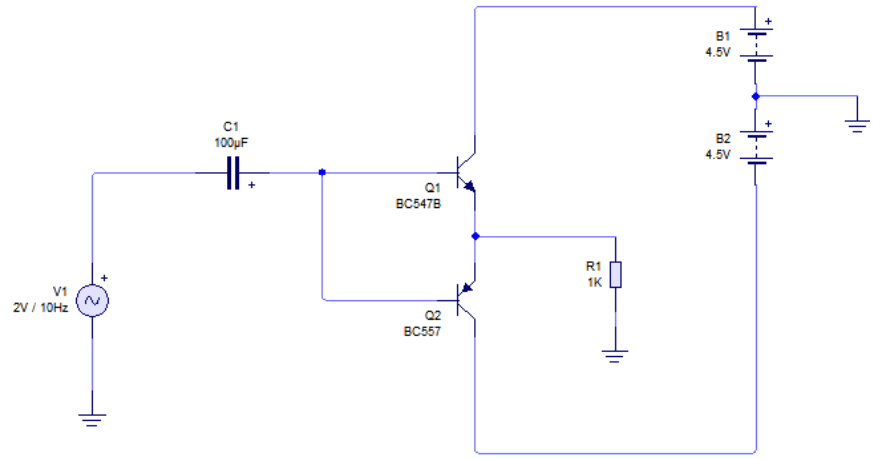
الجدول (2).

V_{in}	500mV	1V	1.5V	2V	2.5V	3V	3.5V
V_{out}							
A_V							

11 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

12 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

13 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.



الشكل (2).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1. يبني دارة إشارة قدرة من الصنف (AB).
2. يتحقق من الخصائص العملية للمضخم.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	ترانزستور(TIP31A,TIP32A,2N3904).	1. مصدرًا فولتية مباشرة مزدوجان (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مقاومات كربونية (15Ω,100Ω,1Ω,16KΩ)، قدرة كل منها (0.5w).	2. راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مواسعان (50µF) (50V).	3. جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	ثنائيان (1N4148).	4. جهاز مولد إشارة (جيبية، مربعة، مثلثة).
5	لوح توصيل.	5. كاوي لحام (30-40) واط.
6	أسلاك توصيل.	
7	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط جهاز مصدر الفولتية المباشرة على (12) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية (200mV,1KHz)، ثم صله بالدارة.

4 - باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، قس فولتيات الانحياز على الترانزستورات (T_{r1},T_{r2},T_{r3})، ثم دوِّن النتائج في الجدول (1).

الجدول (1).

B_1	C_1	B_2	E_2	B_3	C_3

خطوات العمل

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

7 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

8 - جد كسب الفولتية (Voltage Gain: A_V) = اتساع فولتية الخرج/ اتساع فولتية الدخل.

9 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الاولى؛ لمشاهدة الإشارة على قاعدة الترانزستور(Tr1)، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

10 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة الإشارة على قاعدة الترانزستور(Tr2)، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

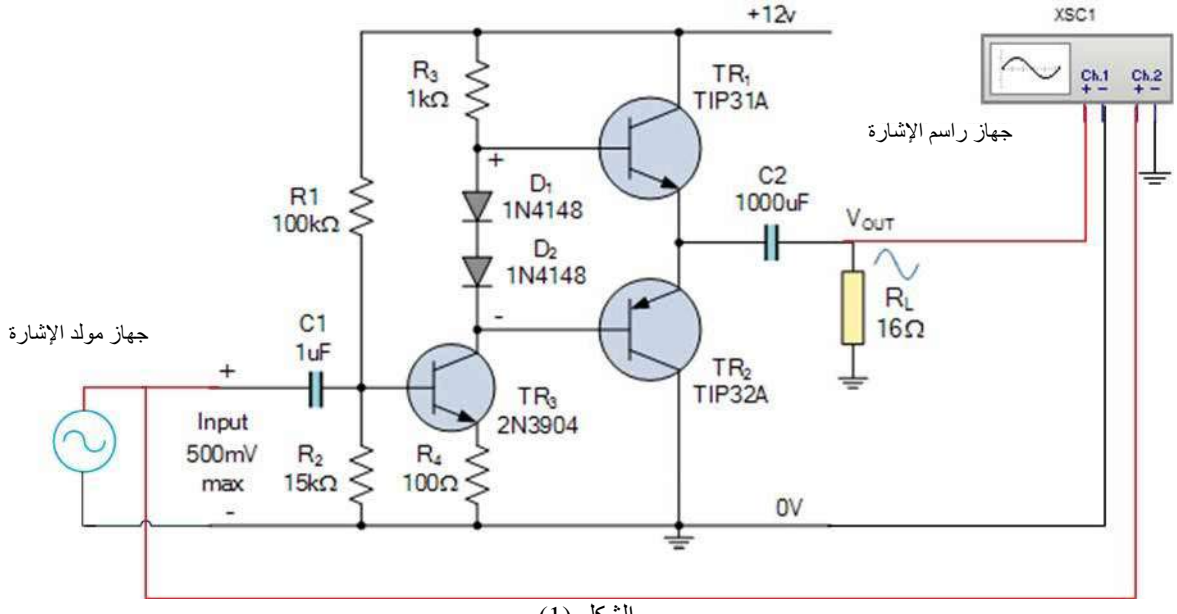
11 - غيِّر اتساع فولتية جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية (1KHz) والفولتية كما في الجدول (2).

الجدول (2).

V_{in}	50mv	100mv	200mv	250mv	300mv	400mv	500mv
V_{out}							
A_V							

12 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

13 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.



الشكل (1).

التمرين الرابع

بناء دارة مضخم إشارة من الصنف (C) (Class C Amplifier)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة إشارة قدرة من الصنف (C).

2 - يتحقق من الخصائص العملية للمضخم.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	ترانزستور (2N2222).	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مقاومتان كربونيتان (100KΩ), و(2KΩ)، قدرة كل منهما (0.5w).	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مواسعان (10nF) (50V) .	3 - جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	مواسعان (68pF) (50V) .	4 - جهاز مولد إشارة (جيبية، مربعة، مثلثة).
5	ملف (220µH).	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	لوح توصيل.	
7	أسلاك توصيل.	
	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 - نفّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط جهاز مصدر الفولتية المباشرة على (15) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية (1V,1KHz)، ثم صله بالدارة.

4 - باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي، قس فولتيات الانحياز على الترانزستور، ثم دوِّن النتائج في الجدول (1).

الجدول (1).

V_{BE}	V_{BC}	V_S	V_C	V_E

خطوات العمل

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

7 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

8 - جد كسب الفولتية (Voltage Gain: A_V) = اتساع فولية الخرج/ اتساع فولتية الدخل.

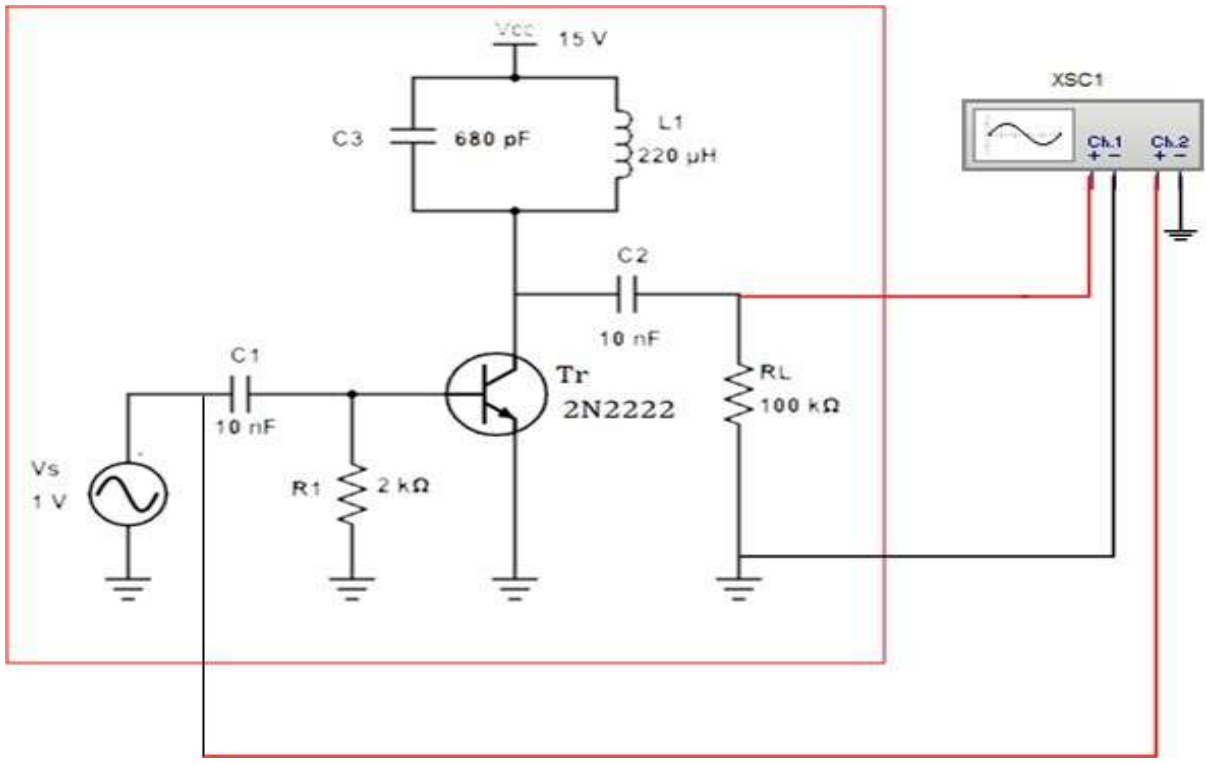
9 - غيِّر اتساع فولتية جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية (1KHz) والفولتية كما في الجدول (2).

الجدول (2).

V_{in}	1V	1.5V	2V	2.5V	3V	3.5V	4V
V_{out}							
A_V							

10 - ارسم شكل كل من إشارة الدخل وإشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

11 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.



الشكل (1).

ثانيًا: مضخمات العمليات
(OPERATIONAL AMPLIFIERS)

نتاجات الدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الدرس أن:

- يتعرف تركيب مضخمات العمليات، ومبدأ عملها.
- يحدد المواصفات الأساسية لمضخمات العمليات.
- يتعرف أنواع مضخمات العمليات.
- يتعرف المحددات الأساسية لمضخمات العمليات.
- يميز الأشكال الأساسية لمضخمات العمليات.
- يتعرف تطبيقات مضخم العمليات.

انظر وتساءل

هل استخدمت آلة حاسبة علمية كالمبينة في الشكل (5-22)؟

تستخدم الآلة الحاسبة العلمية في تنفيذ العمليات الحسابية المختلفة، هل فكرت يومًا كيف تُنفِّذ الالة الحاسبة هذه العمليات؟ تحتوي هذه الآلة على دارات إلكترونية تُنفِّذ عمليات الجمع والطرح والقسمة وغيرها من العمليات، فما هذه الدارات؟

الشكل (5-22): آلة حاسبة علمية.

استكشف

1 - ما المزايا الأساسية لمضخمات العمليات؟

2 - ما العمليات الرياضية التي تستخدم مضخمات العمليات في تنفيذها؟

اقرأ وتعلَّم

تعرَّفت سابقًا المضخمات، وأنواعها، واستخداماتها، ومزايا كل منها، وستتعرَّف في هذه الوحدة مضخمات العمليات التي تعد من أنواع مضخمات الفولتية المسؤولة عن تنفيذ عمليات إضافية متنوعة مهمة جدًّا في التطبيقات العملية، وكان الاستخدام الأولي لهذه المضخمات في تنفيذ عمليات الرياضية المعروفة.

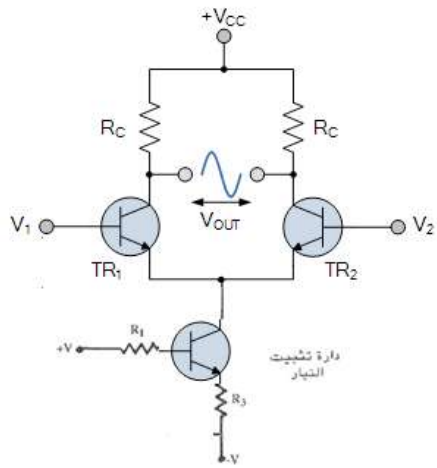
تختلف أنواع مضخمات العمليات باختلاف تركيب داراتها؛ إذ تضاف عناصر كهربائية (مثل: المقاومات، والمواسعات) للحصول على الشكل المطلوب. وقد تطور تصميم مضخمات العمليات وتركيبها في ظل تطور علم الإلكترونيات، واستخدام الدارات المتكاملة. وفي ما يأتي مزايا مضخمات العمليات:

رخص الثمن، وصغر الحجم، واستقرار الأداء، وكبر معاملات التضخيم.

تستخدم مضخمات العمليات على نطاق واسع في ما يأتي:

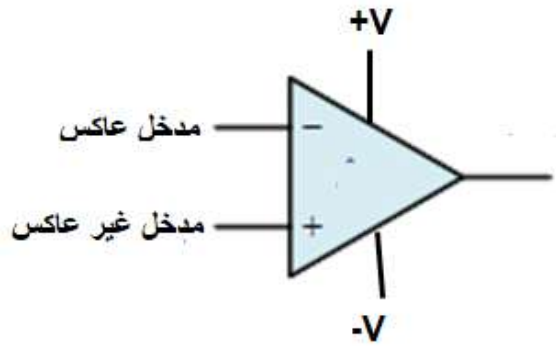
- التطبيقات العملية: عمليات القياس، وأنظمة التحكم في العمليات الصناعية.
- تنفيذ العمليات الرياضية المعروفة: الجمع، والطرح، والتكامل، والتفاضل.
- الحاسوب التمثيلي.

1 - تركيب مضخم العمليات: يتكون مضخم العمليات من مرحلتين أو أكثر من المضخمات التفاضلية. ويبين الشكل (5-23) دارة مضخم تفاضلي باستخدام دارات الترانزستور. وكما يتضح من الشكل، فإن للمضخم التفاضلي مدخلين، تُطبَّق على كل منهما إشارة فولتية معينة، ومخرجًا واحدًا، ويغذى المضخم من مصدر تغذية ذي فولتية مباشرة (±). وقد سمي المضخم التفاضلي بهذا الاسم؛ لأنه يُضخِّم إشارة الفرق بين فولتيتي المدخلين، ويُطلَق عليه أحيانًا اسم المضخم الفرقي للسبب نفسه.



الشكل (5-23): المضخم التفاضلي.

ويبين الشكل (5-24/أ) رمز مضخم العمليات؛ إذ إن له مدخلين؛ الأول: المدخل العاكس، ويرمز إليه بالإشارة (-). والثاني: المدخل غير العاكس، ويرمز إليه بالإشارة (+). يغذى المضخم بمصدري تغذية (+V)، و(-V)، ويبين الشكل (5-24/ب) الشكل العملي للمضخم.



الشكل (5-24/أ): رمز مضخم العمليات.

2 - تصنيفات مضخمات العمليات: تُصنَّف مضخمات العمليات وفقًا لاستخداماتها إلى ما يأتي:

أ - مضخمات للأغراض العامة.

ب - مضخمات الترددات العالية: تعمل هذه المضخمات وفق نطاق ترددي عالٍ، وتستخدم في محولات الإشارات الرقمية إلى تمثيلية، وبالعكس.

جـ - مضخمات ذوات فولتية خرج وتيار عاليين.

د - مضخمات العمليات المبرمجة.

3 - تطبيقات مضخم العمليات: تستخدم مضخمات العمليات في تطبيقات عِدَّة، وتُصنَّف إلى نوعين، هما:

الشكل (5-24/ب): الشكل العملي لمضخم العمليات.

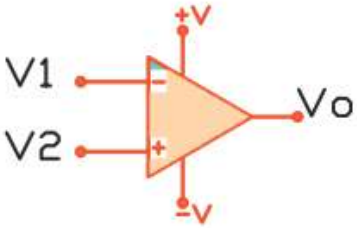
أ ـ التطبيقات الخطية: في هذه التطبيقات يُستخدَم المضخم العناصر غير الفعالة في التغذية العكسية (مقاومات، ملفات، مواسعات)، وفيها يكون خرج المضخم بشكل خطي مع دخله.

ب- التطبيقات غير الخطية: في هذه التطبيقات يُستخدَم المضخم العناصر الفعالة في التغذية العكسية (ثنائيات، ترانزستورات)، وفيها يتغير خرج المضخم بشكل غير خطي مع دخله.

4 ـ التغذية العكسية في مضخمات العمليات.

تُصنَّف تطبيقات مضخم العمليات بحسب طريقة المضخم إلى ما يأتي:

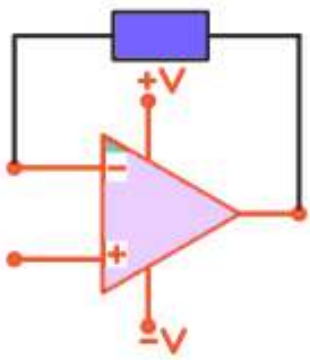
أ ـ **الدارة المفتوحة:** وفيها يوصَل المضخم من دون وجود تغذية راجعة من المخرج إلى المدخل كما في الشكل (5-25/أ). وفي هذه الحالة، يكون معامل التضخيم للمضخم عالي القيمة، وأي تغير طفيف في فولتية الدخل ينقل المضخم إلى حالة التشبع (السالبة، أو الموجبة). في هذه الدارات، لا يمكن التحكم في معامل التضخيم، ولا يمكن أيضًا التحكم في ممانعة الدخل والخرج.



دارة مفتوحة

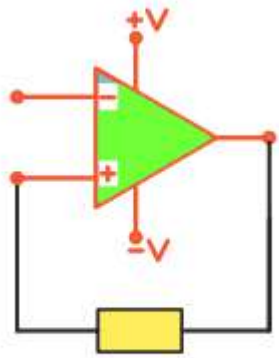
الشكل: (5-25 /أ) .

ب- **الدارة المغلقة:** وفيها يوصَل مضخم العمليات بتغذية راجعة، ويُقصَد بالتغذية الراجعة إعادة جزء من إشارة الخرج إلى دخل المضخم، وتحدث التغذية الراجعة باستعمال عنصر، أو مجموعة من العناصر (مقاومات، مواسعات). يوجد نوعان من التغذية، هما:



الشكل: (5-25 / ب).

- التغذية الراجعة السالبة: في هذا النوع يعاد جزء من إشارة الخرج إلى المدخل العاكس للمضخم كما في الشكل (5-25/ب).
- التغذية الراجعة الموجبة: في هذا النوع يعاد جزء من إشارة الخرج إلى المدخل غير العاكس للمضخم كما في الشكل (5-25/جـ).



تغذية راجعة موجبة

الشكل: (5-25 / جـ).

5 - مضخم العمليات (741): يعد مضخم العمليات الذي يحمل الرقم (741) الأوسع انتشارًا في التطبيقات العملية. ويبين الشكل (5-26) الدارة المتكاملة لهذا المضخم، ويلاحظ أن لهذه الدارة ثمانية أطراف، هي:

الطرف (1): أحد أطراف معادلة الإزاحة (Offset Null).

الطرف (2): مدخل عاكس.

الطرف (3): مدخل غير عاكس.

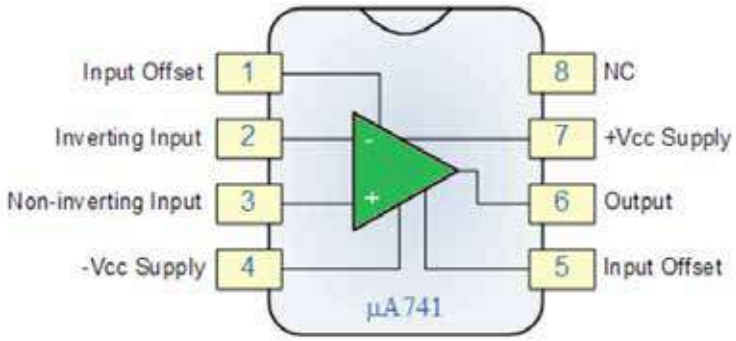
الطرف (4): مصدر الفولتية السالبة.

الطرف (5): طرف معادلة الإزاحة الثاني.

الطرف (6): طرف المخرج.

الطرف (7): طرف مصدر الفولتية الموجبة.

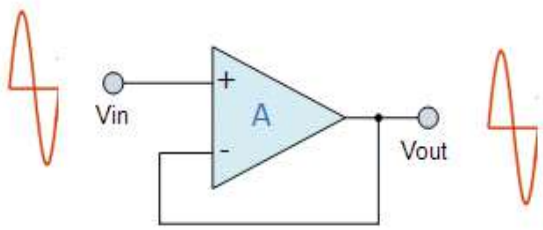
الطرف (8): طرف غير موصول (غير مستخدم).



الشكل (5-26): الدارة المتكاملة لمضخم العمليات (741).

6 - التطبيقات الخطية لمضخم العمليات: يستخدم مضخم العمليات في تطبيقات عملية عِدَّة، أهمها:

أ- مضخم العمليات التابع للفولتية (Voltage Follower): يُصنَع هذا المضخم عن طريق ربط مخرج مضخم العمليات بمدخلة العاكس بتغذية راجعة سالبة مباشرة، ووصل المدخل غير العاكس بمصدر الفولتية (V_{in}) كما في الشكل (5-27).



الشكل (5-27): مضخم العمليات التابع للفولتية.

عند تطبيق الفولتية (V_{in}) على مدخل المضخم غير العاكس، يجب أن تكون فولتية المدخل العاكس مساوية لفولتية المدخل غير العاكس (V_{in}) حتى يصبح المضخم في حالة اتزان (لا يتجه المضخم إلى حالة التشبع). ولمّا كان مخرج المضخم متصلًا بالمدخل العاكس بتغذية راجعة، فإن فولتية الخرج (V_{out}) يجب أن تساوي فولتية الدخل (V_{in})، وينطبق ذلك على جميع قيم فولتية الدخل (V_{in})، ويعني ذلك أن قيمة فولتية الخرج (V_{out}) تساوي قيمة فولتية الدخل(V_{in}) ولهذا سُمِّي هذا المضخم تابع الفولتية؛ إذ تتبع فولتية الخرج فولتية الدخل.

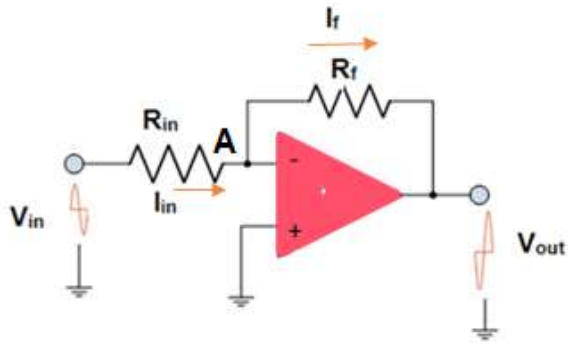
معامل تضخيم تابع الفولتية (Voltage Gain): يعطى معامل التضخيم لمضخم العمليات بالعلاقة الآتية:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

ولأن $(V_{out}) = (V_{in})$؛ فإن معامل التضخيم لمضخم تابع الفولتية هو(1)؛ ما يعني عدم حصول أي تضخيم لفولتية الدخل. يمتاز تابع الفولتية بممانعة دخل كبيرة جدًّا، وممانعة خرج صغيرة جدًّا، ولهذا يُستخدَم بوصفه دارة مواءمة بين دارة الحمل والمصدر؛ أي إنه يفصل مصدر الفولتية عن دارة الحمل. وهذه الخصيصة تجعل منه عنصرًا مثاليًّا للاستخدام بوصفه دارة مواءمة بين مصادر ذوات ممانعة دخل كبيرة وأحمال ذوات ممانعات صغيرة؛ أي إنه يعمل بوصفه مصدًّا (Buffer) .

ب ـ مضخم العمليات العاكس (Inverting Amplifier): يبين الشكل (5-28) دارة مضخم العمليات العاكس التي تتكون من العناصر الآتية:

- تأريض المدخل غير العاكس.
- إضافة مقاومة (R_f) إلى دارة التغذية الراجعة.
- إضافة مقاومة (R_{in}) على التوالي إلى المدخل العاكس.
- ربط مصدر فولتية (V_{in}) بالمدخل العاكس.



الشكل (5-28): مضخم العمليات العاكس.

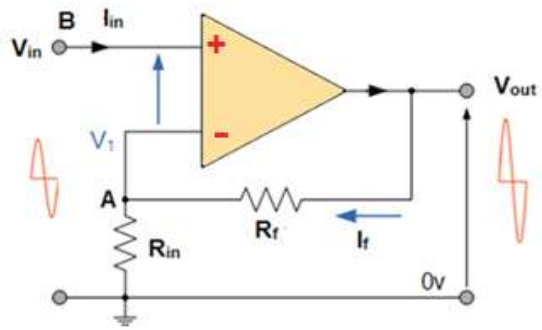
ولأن الفولتية مطبقة على المدخل العاكس؛ فإن إشارة فولتية الخرج تعاكس إشارة فولتية الدخل. ولكي يكون المضخم في حالة اتزان؛ يجب أن تكون فولتية النقطة (A) مساوية لفولتية المدخل غير العاكس المؤرض؛ أي إن فولتية النقطة (A) يجب أن تساوي صفرًا (كأن النقطة A مُؤرِّض).

معامل تضخيم المضخم العاكس (Voltage Gain): يعطى معامل التضخيم لمضخم العمليات بالعلاقة الآتية:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

جـ مضخم العمليات غير العاكس (Non -Inverting Amplifier): يبين الشكل (5-29) مضخم العمليات غير العاكس الذي يتكون من العناصر الآتية:

- إضافة مقاومة مادية (R_{in}) إلى الدخل العاكس مع تأريض الطرف الآخر لهذه المقاومة.
- إضافة مقاومة مادية (R_f) إلى دارة التغذية الراجعة السالبة.
- ربط مصدر فولتية (V_{in}) بالمدخل غير العاكس.



الشكل (5-29): مضخم العمليات غير العاكس.

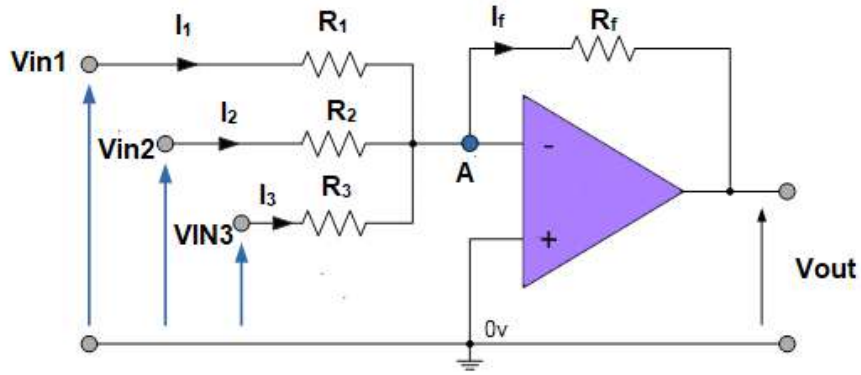
- في هذا المضخم تشبه إشارة الخرج إشارة الدخل. ولكي يصبح المضخم في حالة اتزان؛ يجب أن تكون قيمة النقطة (A) مساوية لقيمة النقطة (B).

معامل تضخيم المضخم غير العاكس (Voltage Gain): يعطى هذا المعامل بالعلاقة الآتية:

$$V_{out}=(1+\frac{R_f}{R_{in}})V_{in}$$

$$V_{out} = V_{out} . A_{in.}$$

دـ مضخم العمليات الجامع (Summing Amplifier): مضخم عمليات عاكس ذو مدخلين أو أكثر، وتتصل مداخله بالطرف العاكس، ويتصل المخرج بالمدخل العاكس عن طريق مقاومة التغذية الراجعة، ويكون المدخل غير العاكس مُؤرِّضًا. يمثل الشكل (5-30) مضخم عمليات جامعًا ذا ثلاثة مداخل، ويلاحظ أن كلًّا من هذه المداخل يتصل بمصدر فولتية مستقل، وأن له مقاومة ثابتة، ونتيجة لذلك يسري في كل مدخل تياره الخاص. ولأن فولتية النقطة (A) تساوي فولتية المدخل غير العاكس المُؤرِّض؛ فإن فولتية النقطة (A) تساوي صفرًا.



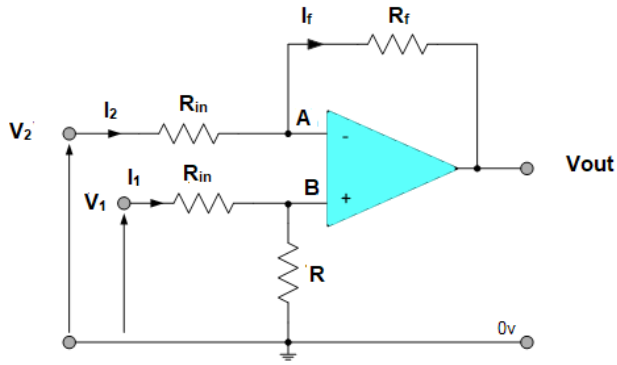
الشكل (5-30): مضخم العمليات الجامع.

فولتية الخرج (V_{out}) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_{out} = -\left(V_1 + \frac{R_f}{R_1} + V_2 \frac{R_f}{R_2} + V_3 \frac{R_f}{R_3}\right)$$

هـ - مضخم العمليات الطارح (Subtracting Amplifier):

مضخم عمليات له خصائص نوعين من مضخمات العمليات، هما: المضخم العاكس، والمضخم غير العاكس. ويبين الشكل (5-31) مضخم عمليات طارحًا.



الشكل (5-31): مضخم العمليات الطارح.

في هذا المضخم تكون فولتية الخرج (V_{out}) محصلة الفرق بين فولتيتي مدخلي المضخم. وتُختار مقاومة المدخل العاكس بحيث تساوي مقاومة المدخل غير العاكس، وتُختار مقاومة دارة التغذية الراجعة بحيث تساوي مجزئ الفولتية. في هذا المضخم تكون فولتية الخرج (V_{out}) مساوية للمجموع الجبري للفولتيتين، وتتناسب إحداهما مع فولتية المدخل غير العاكس (V_1)، وتتناسب الأخرى مع فولتية المدخل العاكس (V_2). أمّا العلاقة بين فولتية الخرج وفولتيتي المدخلين فتعطى بالعلاقة الآتية:

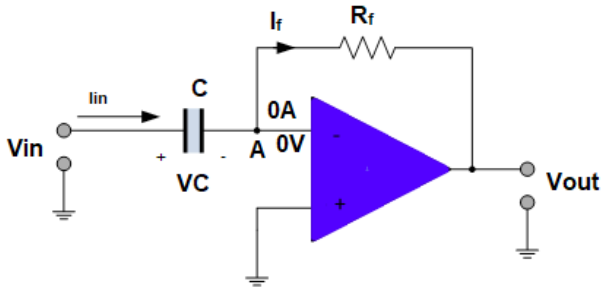
$$V_{out} = \frac{R_f}{R_{in}}(V_1 - V_2)$$

و- مضخم العمليات المفاضل (Differentiator): يمكن تكوين المفاضل، كما في الشكل (5-32)، باستخدام مضخم عمليات عادي، مع إضافة ما يأتي:

1 . تأريض المدخل غير العاكس.

2 . إضافة مقاومة (R_f) في دارة التغذية الراجعة.

3 . إضافة مواسع (C) على التوالي إلى المدخل العاكس، وربط هذا المواسع بمصدر (V_{in}) .



الشكل (5-32): مضخم العمليات المفاضل.

ولأن النقطة (A) تساوي صفرًا، فيجب أن تساوي المدخل غير العاكس المؤرض للمضخم المثالي.

تعطى فولتية الخرج بالعلاقة الآتية:

$$V_{out} = - R_f - C \frac{dV_{in}}{dt}$$

تعتمد فولتية خرج المفاضل على نوعية مصدر فولتية الدخل:

أ- **عند تطبيق فولتية دخل تيار مباشر (DC):** عندما تكون إشارة دخل المفاضل إشارة تيار مباشر تكون فولتية الخرج صفرًا.

ب- **عند تطبيق فولتية دخل متناوبة على مدخل المفاضل:** إذا طبقت فولتية دخل متناوبة على شكل موجة جيبية:

$$V_{in}(t) = V_{in} Sin\ \omega t$$

فإن فولتية الخرج تعطى بالعلاقة الآتية:

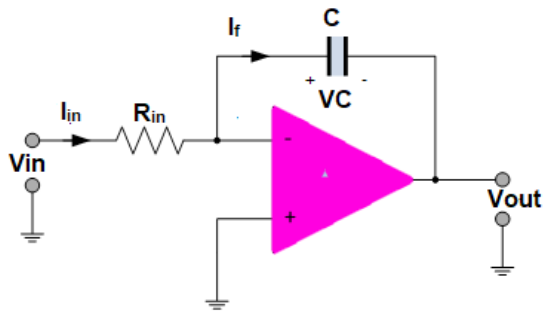
$$V_{out} = - \omega . R_f . C\ V_{in} Cos\ (\omega t)$$

7 - مضخم العمليات المكامل (Integrator): يمكن تكوين المكامل، كما في الشكل (5-33)، باستخدام مضخم عمليات عادي، مع إضافة ما يأتي:

أ - تأريض المدخل غير العاكس.

ب - إضافة مواسع (C) في دارة التغذية الراجعة.

جـ - إضافة مقاومة (R_{in}) على التوالي إلى المدخل العاكس، وربط هذا المواسع بمصدر فولتية (V_{in}). تعطى العلاقة بين فولتية الدخل وفولتية الخرج بالعلاقة الآتية:



الشكل (5-33): مضخم العمليات المكامل.

$$V_{outc} = \frac{1}{R_{in}.C} \int_0^1 V_{in}(t).\,dt$$

تعتمد فولتية خرج المكامل على نوعية مصدر فولتية الدخل:

أ - عندما تكون فولتية الدخل إشارة تيار مباشر (DC)،

$$V_{in}(t) = Const$$

فإن فولتية الخرج تعطى بالعلاقة الآتية:

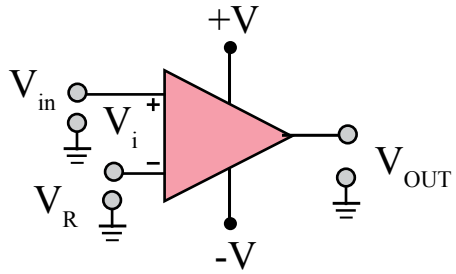
$$V_{in}(t) = V_{in}\,Sin\,(\omega t)$$

ب - عندما تكون فولتية الدخل إشارة متناوبة (جيبية الشكل)،

فإن فولتية الخرج تعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_{outc} = -\frac{V_{in}}{R_{in}.C}\ .\ t$$

8 - المقارن (Comparator): يبين الشكل (5-34) دارة مضخم العمليات المقارن، ويلاحظ أن دارة المقارن بسيطة التركيب، غير أنها تختلف من حيث مبدأ العمل عن أنواع مضخمات العمليات الأخرى؛ إذ تتناسب فيها فولتية الخرج مع فولتية الدخل بشكل أو بآخر،

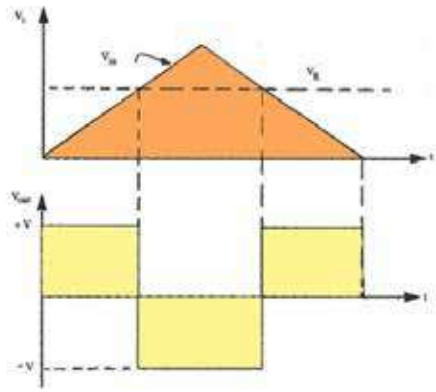


الشكل (5-34): مضخم العمليات المقارن.

وهو ما لا يتحقق في دارة المقارن. يتكوَّن المقارن من مضخم عمليات تُطبَّق على مدخله غير العاكس إشـارة فولتية مرجعية (V_R)، في حين تُطبَّق إشـارة المدخل (V_{in}) علـى مدخل المضخم العاكس. لا تحتـوي دارة المقـارن علـى أي تغذية راجعة؛ لذا فهـو ذو معامل تضخيم عـالٍ. يعمل المقارن على مقارنة فولتية الدخل (V_{in}) بالفولتية المرجعية (V_R)، وبذلك تكون محصلة الفولتية (Vi) على مدخل المضخم كما يأتي:

$$Vi=V_{in}-V_R$$

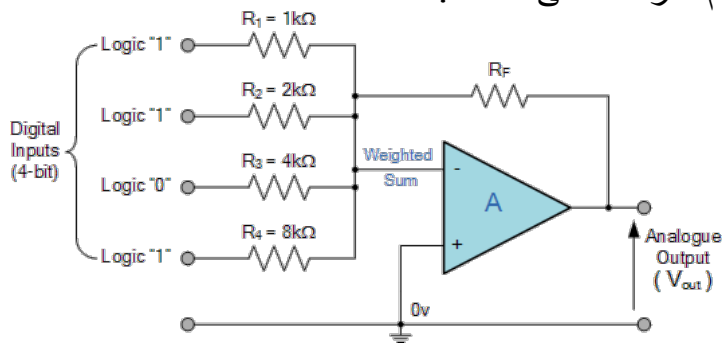
عند تطبيق الفولتية (V_R) على المدخل غير العاكس، فإن فولتية الخرج تصل إلى القيمة (+V)، أو (-V) بحسب قطبية الفولتية (V). وبغض النظر عن قيمة هذه الفولتية، فإن المضخم يصل إلى حالة التشبع؛ نظرًا إلى كبر قيمة معامل التضخيم. إذا افترضنا أن فولتية المدخل غير العاكس (فولتية مرجعية) ذات قيمة ثابتة ($+V_R$)، وأن فولتية المدخل العاكس موجبة، ولكنها متغيرة مع الزمن ($+V_{in}$) كما هو مبين في الشكل (5-35)، فإن فولتية الخرج تتغير من (+V) إلى (-V) بحسب قيمة فولتية الدخل (V_{in}) بالنسبة إلى الفولتية المرجعية (V_R). وعندما تكون قيمة (V_{in}) أقل من(V_R)، فإن فولتية الخرج تساوي (+V). وعندما تكون قيمة (V_{in}) أكبر من (V_R)، فإن فولتية الخرج تساوي (-V).



الشكل (5-35): فولتيات الدخل والخرج.

أولًا: البحث في المراجع العلمية

ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العملية المناسبة عن وظيفة الدارة المبينة في الشكل (5-36) التي تستخدم مضخم العمليات، موضِّحًا مبدأ عملها، واستخداماتها في مجال الاتصالات، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على معلمك.

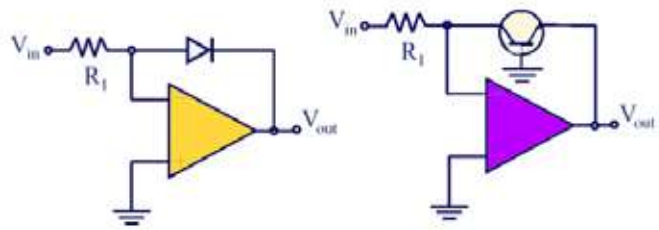


الشكل (5-36): تحويل إشارة رقمية إلى إشارة تماثلية.

ثانيًا: البحث في شبكة الإنترنت

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على معلمك.

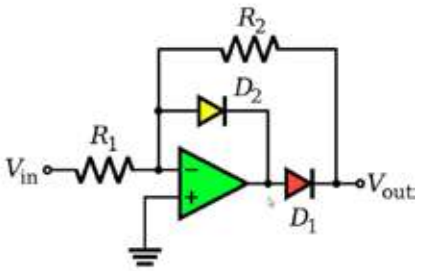
- وظائف الدارات الإلكترونية المبينة في الشكل (5-37) التي يستخدم فيها مضخم العمليات.



الشكل (5-37): استخدام مضخم العمليات في الدارات الإلكترونية.

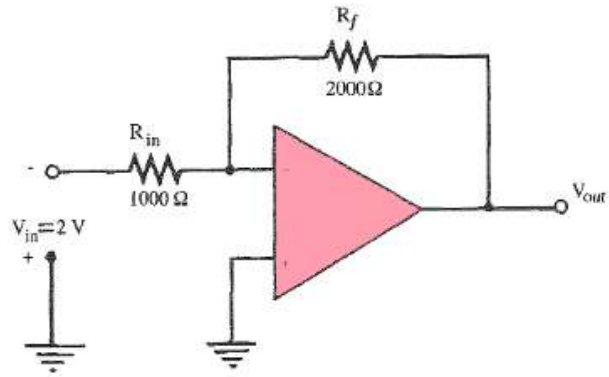
- وظيفة الدارة الإلكترونية المبينة في الشكل (5-38)

التي يستخدم فيها مضخم العمليات.



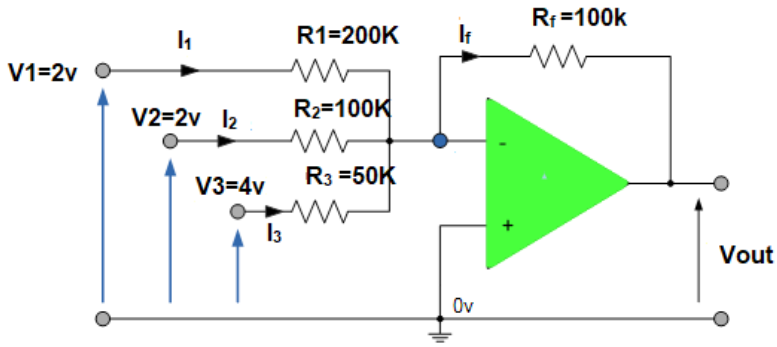
الشكل (5-38): دارة مضخم عمليات.

1 - جد معامل التضخيم وفولتية الخرج لمضخم العمليات العاكس في الشكل (5-39).



الشكل (5-39): مضخم العمليات العاكس.

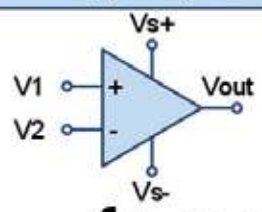
2 - جد فولتية الخرج للمضخم في الشكل (5-40).



الشكل (5-40): مضخم العمليات الجامع.

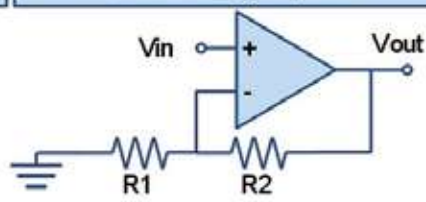
Basic Operational Amplifier Configurations

Voltage Comparator



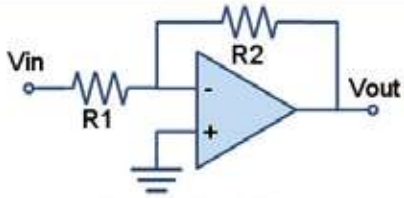
$$V_{out} = \begin{cases} V_{s+} & V1 > V2 \\ V_{s-} & V1 < V2 \end{cases}$$

Non-Inverting Amplifier



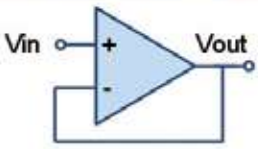
$$V_{out} = V_{in} * \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

Inverting Amplifier



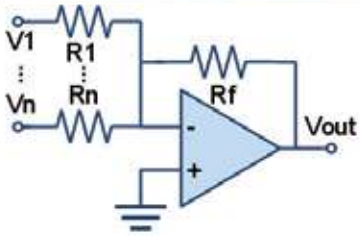
$$V_{out} = -V_{in} * \frac{(R2)}{R1}$$

Voltage Follower



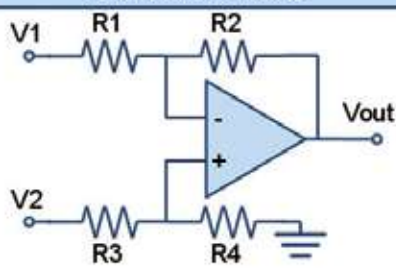
$$V_{out} = V_{in}$$

Inverting Summing Amplifier



$$V_{out} = -Rf * \left(\frac{V1}{R1} + \ldots + \frac{Vn}{Rn}\right)$$

Differential Amplifier

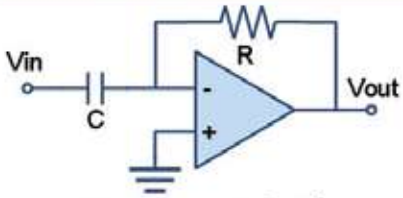


$$V_{out} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)\left(\frac{R4}{R3 + R4}\right) * V2 - \left(\frac{R2}{R1}\right) * V1$$

If R1 = R3 and R2 = R4 Then

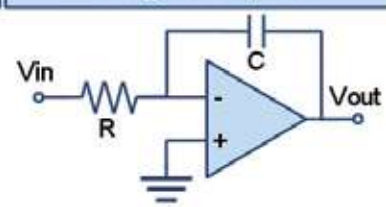
$$V_{out} = \left(\frac{R2}{R1}\right)(V2 - V1)$$

Differentiator Amplifier



$$V_{out} = -R * C * \left(\frac{dVin}{dt}\right)$$

Integrator Amplifier



$$V_{out} = -\left(\frac{1}{R * C}\right) \int V_{in}\, dt$$

التمرين الأول

بناء دارة مضخم العمليات التابع للفولتية

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة مضخم العمليات التابع للفولتية.

2 - يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مضخم عمليات (741).	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	لوح توصيل.	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	أسلاك توصيل.	3 - جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	لحام قصدير.	4 - جهاز مولد إشارة (فولتية مباشرة، جيبية، مربعة، مثلثة).
		5 - كاوي لحام (30-40) واط.

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (10±) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها (1) فولت، وترددها (2) كيلوهيرتز، ثم صل المولد بالمدخل غير العاكس كما في الشكل (1).

4 - صل جهازي الآفوميتر لقياس فولتية الدخل(V_{in})، وفولتية الخرج(V_{out}).

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{in})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك، ثم جد مقدار الكسب، علمًا بأن الكسب يساوي:

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

خطوات العمل

7 - غيِّر في قيمة خرج جهاز مولد الإشارة كما في الجدول (1).

V_{in}	0.1KHz	0.2KHz	0.3KHz	0.4KHz	0.6KHz	0.8KHz	1KHz	KHz 1.5	KHz 2
VO									

الجدول (1).

8 - اضبط مولد الإشارة للحصول على فولتية مباشرة (CD)(1) فولت، ثم صل المولد بالمدخل غير العاكس كما في الشكل (1).

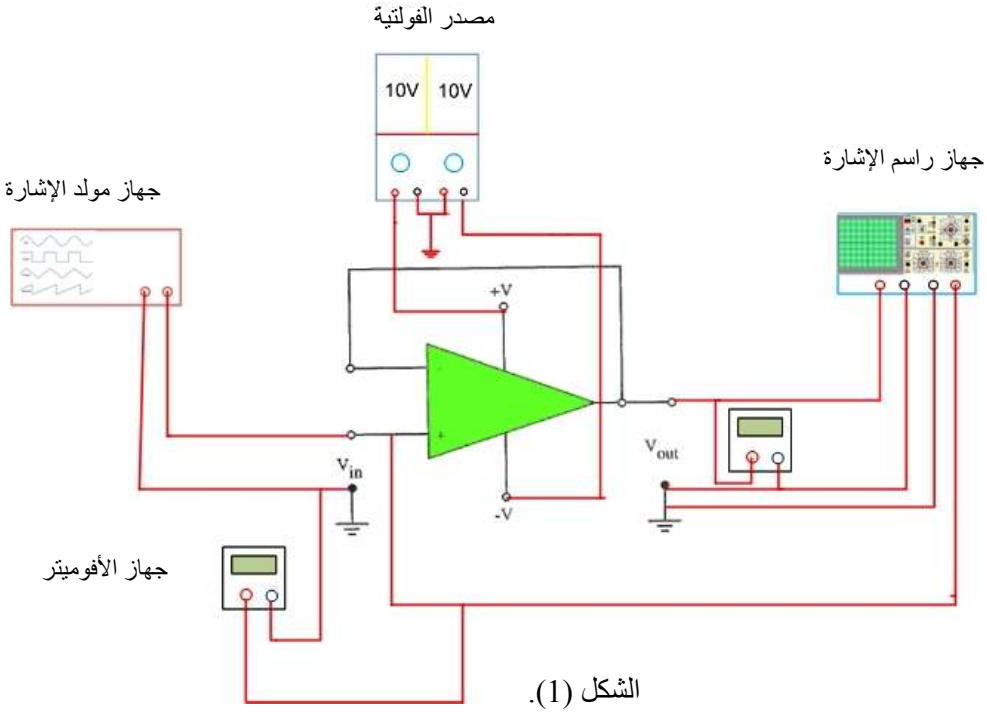
9 - غيِّر قيمة خرج فولتية جهاز مولد الإشارة كما في الجدول (2)، وكرِّر الخطوات السابقة.

V_{in}	0.1V	0.2V	0.3V	0.4V	0.5V	0.6V	0.7V	0.8V	1V
V_{out}									
شكل إشارة الدخل									
شكل إشارة الخرج									
V_{out}/V_{in}									

الجدول (2).

10 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الثاني

بناء دارة مضخم العمليات العاكس

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة مضخم العمليات العاكس للطور باستخدام مضخم العمليات.

2 - يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	صندوق مقاومات (100KΩ ,1KΩ,10KΩ).	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مضخم عمليات (741) .	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل.	3 - جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	أسلاك توصيل.	4 - جهاز مولد إشارة (فولتية مباشرة، جيبية، مربعة، مثلثة).
5	لحام قصدير.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط مولد الإشارة للحصول على فولتية مباشرة (DC)، ثم صله بمدخل الدارة العاكس كما في الشكل (1).

4 - صل جهازي الأفوميتر لقياس فولتية الدخل(V_{in})، وفولتية الخرج(V_{out}).

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{in})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

خطوات العمل

7 - جد مقدار الكسب، علمًا بأن الكسب يساوي:

$$AV = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_f}{R_{in}}$$

$$V_{out} = A_V . V_{in}$$

8 - غيِّر في قيمة خرج فولتية جهاز مولد الإشارة كما في الجدول (1).

الجدول (1).

V_{in}	0.5V	1V	1.5V	2V	2.5V	3V	3.5V	4V
R_f	1	1	1	1	1	1	1	1
R_{in}	2	2	2	2	2	2	2	2
V_{OUT}								
$A_V = -R_f/R_{in}$								
$V_{OUT} = A_V . V_{in}$ (بالحساب)								

خطوات العمل

9 - اضبط مولد الإشارة للحصول على فولتية مباشرة (1VDC)، ثم غيِّر في قيم المقاومات كما في الجدول (2)، وكرِّر الخطوات السابقة.

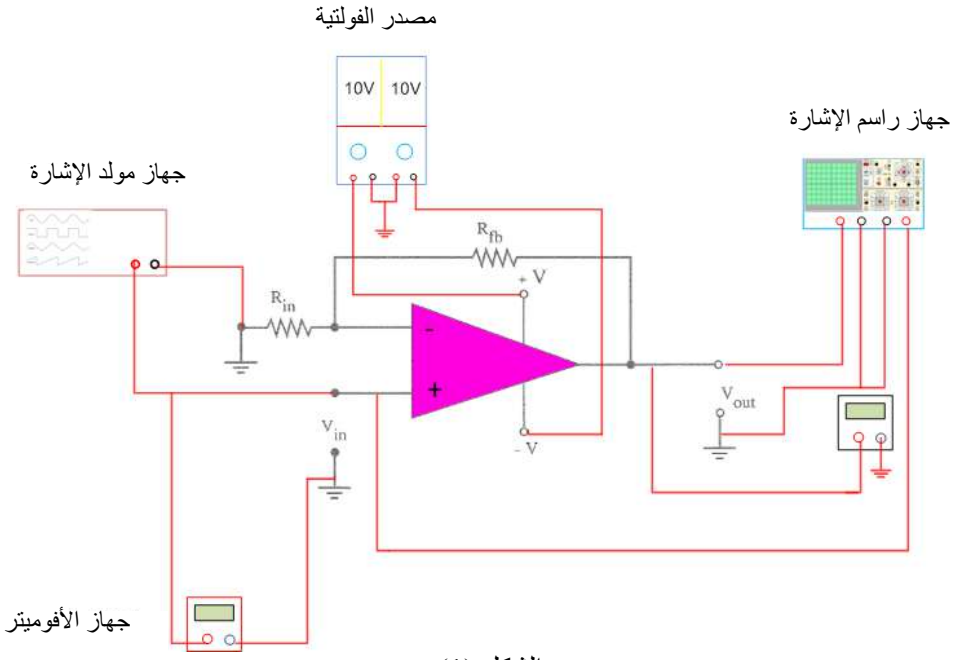
الجدول (2).

V_{in}	1V	1V	1V	1V	1V	1V	1V	1V
$R_{in}(k\Omega)$	1	2	1	2	4	1	2	4
$R_f(k\Omega)$	1	1	2	2	1	4	4	2
V_{out}								
بالحساب V_{out}								
$AV=-R_f/R_{in}$								
(بالحساب)$V_{out}=A_V.V_{in}$								

10 - ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

11 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الثالث

بناء دارة مضخم العمليات غير العاكس

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة المضخم غير العاكس للطور باستخدام مضخم العمليات.

2 - يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	صندوق مقاومات (1KΩ,10KΩ).	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مضخم عمليات (741).	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل.	3 - جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	أسلاك توصيل.	4 - جهاز مولد إشارة (فولتية مباشرة، جيبية، مربعة، مثلثة).
5	لحام قصدير.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية (10±) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط مولد الإشارة للحصول على فولتية مباشرة (DC)، ثم صل المولد بالمدخل غير العاكس كما في الشكل (1).

4 - صل جهازي الأفوميتر لقياس فولتية الدخل (V_{in})، وفولتية الخرج (V_{out}).

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{in})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج (VOUT)، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

7 - جد مقدار الكسب، علمًا بأن الكسب يساوي:

$$AV = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \left(\frac{R_f}{R_{in}} \right)$$

$$V_{out} = A_V . V_{in}$$

خطوات العمل

8 - غيِّر قيمة خرج فولتية جهاز مولد الإشارة كما في الجدول (1).

الجدول (1).

V_{in}	0.5V	1V	1.5V	2V	2.5V	3V	3.5V	4V
V_O								

الجدول (2).

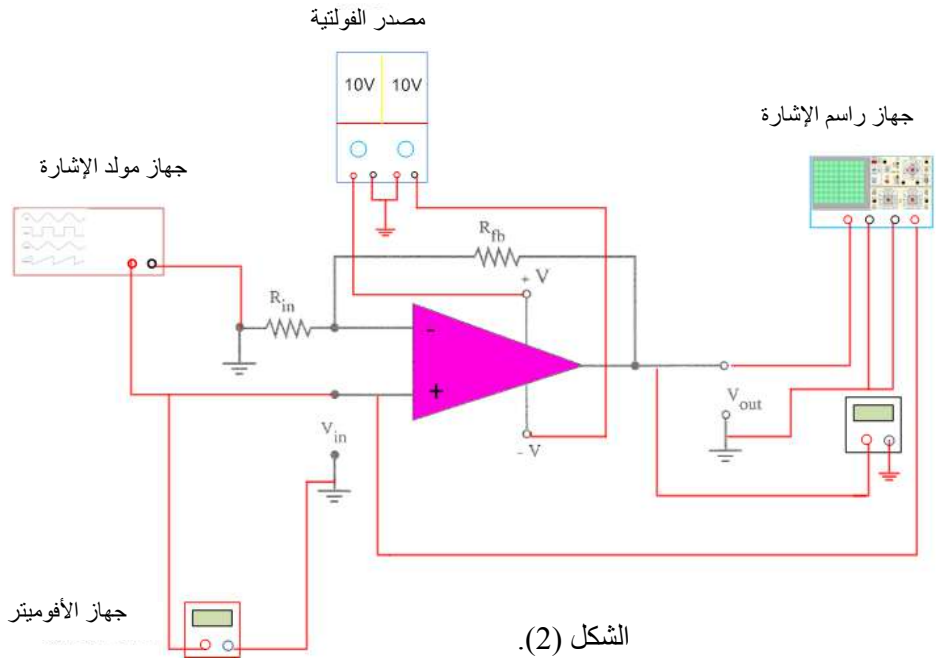
V_{in}	1V	1V	1V	1V	1V	1V	1V	1V
$R_{in}(k\Omega)$	1	2	1	2	4	1	2	4
$R_f(k\Omega)$	1	1	2	2	1	4	4	2
V_{out} بالقياس								
V_{out} بالحساب								
$A_V = 1 + (R_f / R_{in})$								
$A_V = V_{out} / V_{in}$								

9 - اضبط مولد الإشارة للحصول على فولتية مباشرة (CD) (1) فولت، ثم غيِّر قيم المقاومات كما في الجدول (2)، وكرِّر الخطوات السابقة.

10 - ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

11 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (2).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة الجامع باستخدام مضخم العمليات.

2 - يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
-1	صندوق مقاومات. (2X1KΩ,10KΩ,100KΩ).	1- مصدر فولتية مباشرة مزدوج (30-0) فولت/ 1 أمبير. 2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز). 3- جهازا متعدد القياس الرقمي (MMD). 4- (3) أجهزة مولد إشارة (فولتية مباشرة، جيبية، مربعة، مثلثة). 5- كاوي لحام (30-40) واط.
-2	مضخم عمليات (741).	
-3	لوح توصيل.	
-4	أسلاك توصيل.	
-5	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط أجهزة مولد الإشارة الثلاثة بحيث تكون فولتية الخرج لكل منها فولتية مباشرة (DC)، ثم صل مولدات الإشارة الثلاث كما في الشكل (1).

4 - صل أحد جهازي الأفوميتر لقياس فولتية الخرج (V_{out})، والجهاز الآخر لقياس فولتيات الدخل (V_1, V_2, V_3) الثلاث الواحدة تلو الأخرى.

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة فولتيات الدخل (V_1, V_2, V_3) الثلاث، الواحدة تلو الأخرى، ثم ارسم شكل الموجة لكل حالة في دفترك.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

خطوات العمل

7 - جد فولتية الخرج لكل وضع من الأوضاع الواردة في الجدول (1).

$$V_{out} = -\left(V_1 + \frac{R_f}{R_1} + V_2 \frac{R_f}{R_2} + V_3 \frac{R_f}{R_3}\right)$$

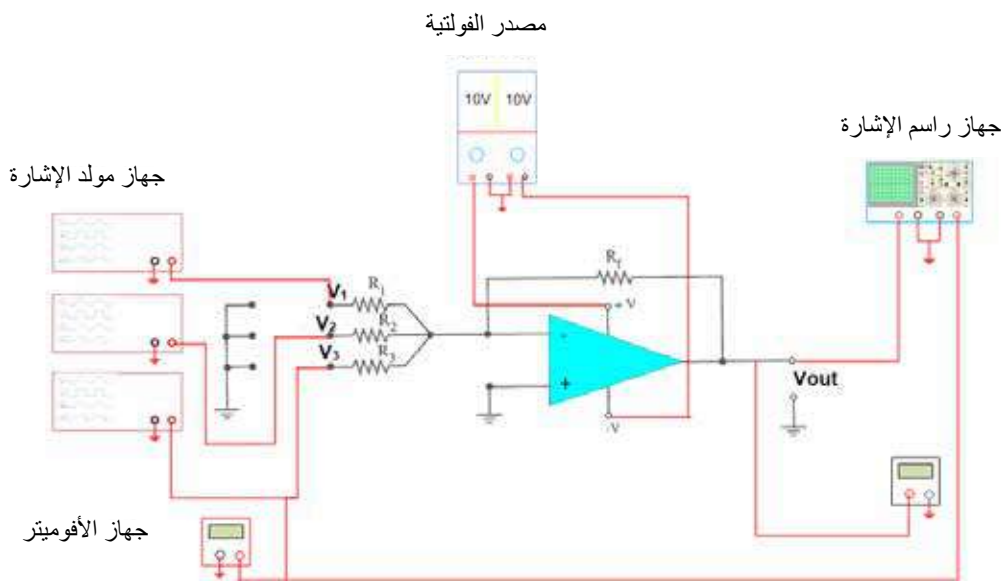
الجدول (1).

V_1 فولت	V_2 فولت	V_3 فولت	R_1 KΩ	R_2 KΩ	R_3 KΩ	R KΩ	V_{out} بالقياس	V_{out} بالحساب	شكل الإشارة على المخرج
1	1	1	1	1	1	1			
1	2	1	1	1	1	1			
1	2	3	1	1	1	1			
1	1.5	1	2	2	1	2			
1	1	1	2	2	1	2			
0.5	1	2	2	1	1	2			

8 - ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الخامس

بناء دارة الطارح باستخدام مضخم العمليات

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة الطارح باستخدام مضخم العمليات.

2 - يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومات كربونية (1KΩ/0.5w)X4.	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مضخم عمليات (741) .	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل.	3 - جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	أسلاك توصيل.	4 - جهازا مولد إشارة (فولتية مباشرة، جيبية، مربعة، مثلثة).
5	لحام قصدير.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط مولدي الإشارة بحيث تكون فولتية الخرج لكل منهما فولتية مستمرة، ثم صلهما بالدارة كما في الشكل (1).

4 - صل أحد جهازي الأفوميتر لقياس فولتية الخرج (V_{out})، والجهاز الآخر لقياس فولتيات الدخل (V_1,V_2)، الواحدة تلو الأخرى.

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_1) و(V_2) الواحدة تلو الأخرى، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

خطوات العمل

7 - جد فولتية الخرج لكل وضع من الأوضاع الواردة في الجدول (1).

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_{in}}(V_1 - V_2)$$

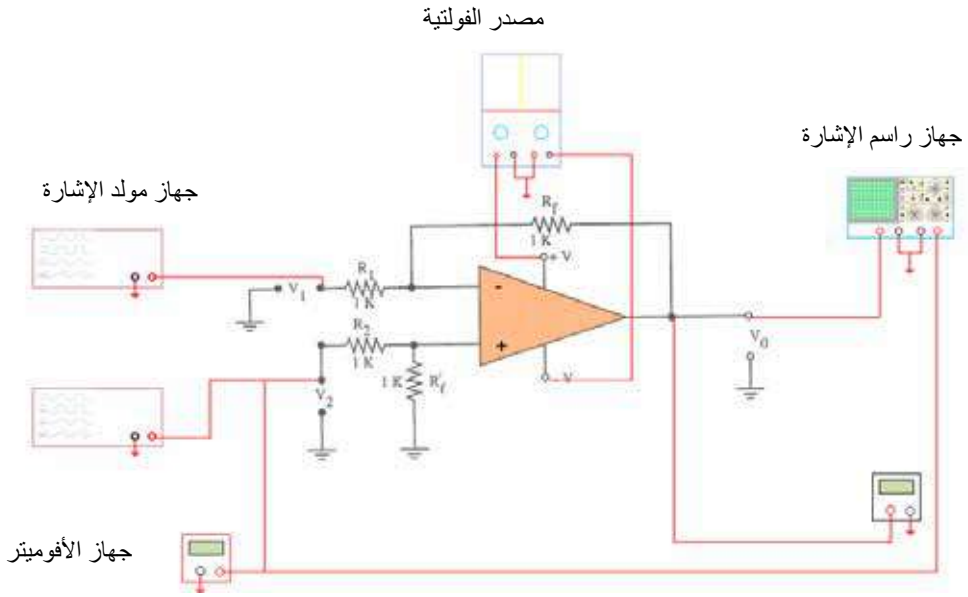
الجدول (1).

V_1 فولت	V_2 فولت	$R_1=R_2$ KΩ	$R_f=R_f$ KΩ	V_{out} بالقياس	V_{out} بالحساب	شكل الإشارة على المخرج
1	1	1	1			
2	1	1	1			
2	2	1	1			
4	3	1	1			
1	2	1	1			

8 - ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين السادس

بناء دارة المفاضل باستخدام مضخم العمليات

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة المفاضل باستخدام مضخم العمليات.

2 - يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (100kΩ ,10kΩ) 0.5w .	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مواسع كيميائي (0.1µF) فولت.	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مضخم عمليات (741).	3 - جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	لوح توصيل.	4 - جهاز مولد إشارة (فولتية مباشرة، جيبية، مربعة، مثلثة).
5	أسلاك توصيل.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط مولد الإشارة للحصول على إشارة مربعة ترددها (ا) كيلو هيرتز، وفولتيتها (1) فولت، ثم صله بمدخل الدارة العاكس.

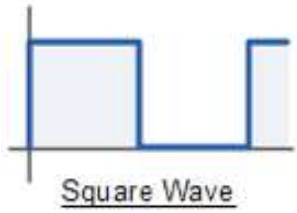
4 - صل أحد جهازي الأفوميتر لقياس فولتية الدخل (V_{in})، وصل الجهاز الآخر لقياس فولتية الخرج (V_{out}).

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{in})، ثم ارسم شكل الموجة في الجدول (1).

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في الجدول (1).

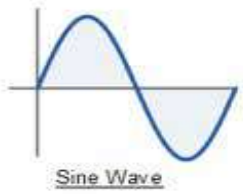
خطوات العمل

الجدول (1).

شكل الإشارة على المخرج (V_{out})	(V_{in}) 1V.1KHz
	

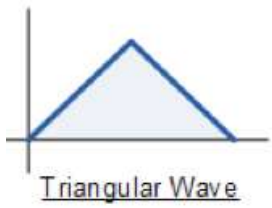
7 - اضبط مولد الإشارة للحصول على إشارة جيبية ترددها (ا) كيلو هيرتز، وفولتيتها (1) فولت، ثم صله بمدخل الدارة، ثم أعد الخطوات السابقة، مُدوِّنًا النتائج في الجدول (2).

الجدول (2).

شكل الإشارة على المخرج (V_{out})	(V_{in}) 1V.1KHz
	

8 - اضبط مولد الإشارة للحصول على إشارة مثلثة ترددها (ا) كيلو هيرتز، وفولتيتها (1) فولت، ثم صله بمدخل الدارة، ثم أعد الخطوات السابقة، مُدوِّنًا النتائج في الجدول (3).

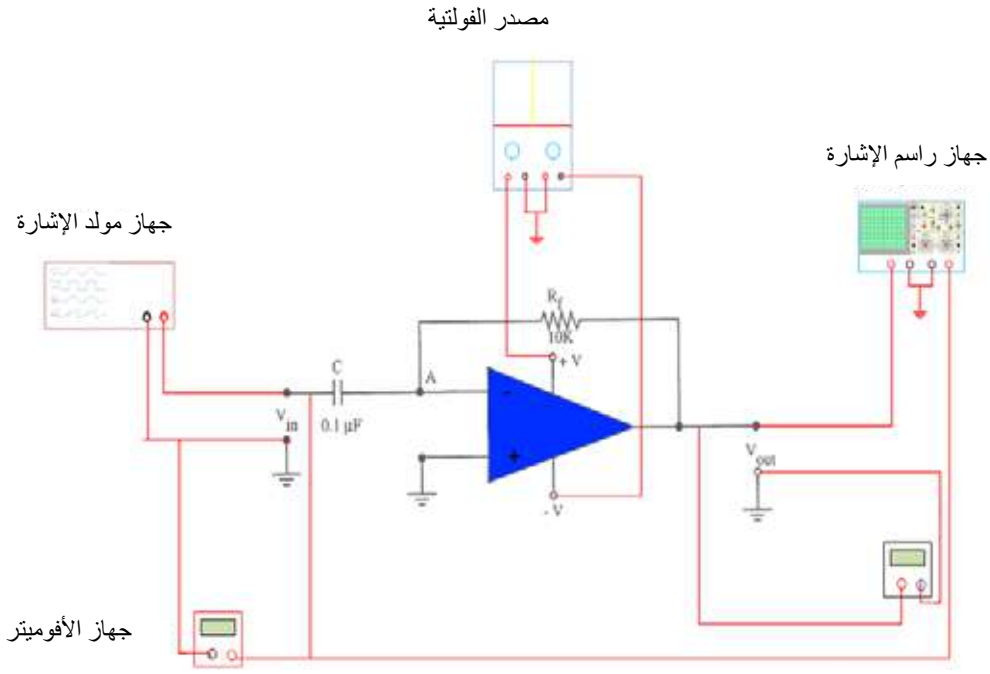
الجدول (3).

شكل الإشارة على المخرج (Vout)	(V_{in}) 1V.1KHz
	

9 - ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

10 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

فكِّر

1 - لماذا سُمِّي المفاضل بهذا الاسم؟

2 - ما أثر زيادة التردد في فولتية الخرج؟

3 - جد الثابت الزمني للمفاضل في الشكل (1).

التمرين السابع

بناء دارة المكامل باستخدام مضخم العمليات

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1 - يبني دارة المكامل باستخدام مضخم العمليات.

2 - يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (100kΩ ,10kΩ) 0.5w .	1 - مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت / 1 أمبير.
2	مواسع كيميائي (0.1µF) فولت.	2 - راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مضخم عمليات (741).	3 - جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	لوح توصيل.	4 - جهاز مولد إشارة (فولتية مباشرة، جيبية، مربعة، مثلثة، سن منشار).
5	أسلاك توصيل.	5 - كاوي لحام (30-40) واط.
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1 - نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2 - اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3 - اضبط مولد الإشارة للحصول على إشارة مربعة ترددها (1) كيلوهيرتز، وفولتيتها (1) فولت، ثم صله بمدخل الدارة العاكس كما في الشكل (1).

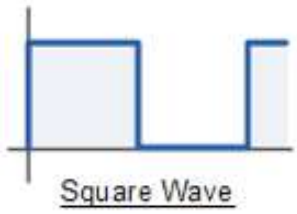
4 - صل أحد جهازي الأفوميتر لقياس فولتية الدخل (V_{in})، وصل الجهاز الآخر لقياس فولتية الخرج (V_{out}).

5 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الدخل (V_{in})، ثم ارسم شكل الموجة في الجدول (1).

6 - استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في الجدول (1).

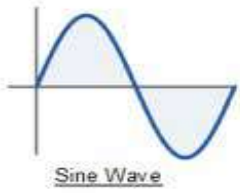
خطوات العمل

الجدول (1).

شكل الإشارة على المخرج (V_{out})	(Vin) 1V.1KHz
	

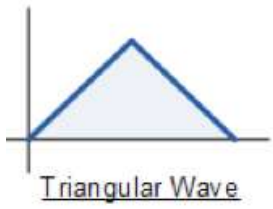
7 - اضبط مولد الإشارة للحصول على إشارة جيبية ترددها (1) كيلوهيرتز، وفولتيتها (1) فولت، ثم صله بمدخل الدارة، ثم اعد الخطوات السابقة، مُدوِّنًا النتائج في الجدول (2).

الجدول (2).

شكل الإشارة على المخرج (V_{out})	(V_{in}) 1V.1KHz
	

8 - اضبط مولد الإشارة للحصول على إشارة مثلثة ترددها (1) كيلوهيرتز، وفولتيتها (1) فولت، ثم صله بمدخل الدارة، ثم أعد الخطوات السابقة، مُدوِّنًا النتائج في الجدول (3).

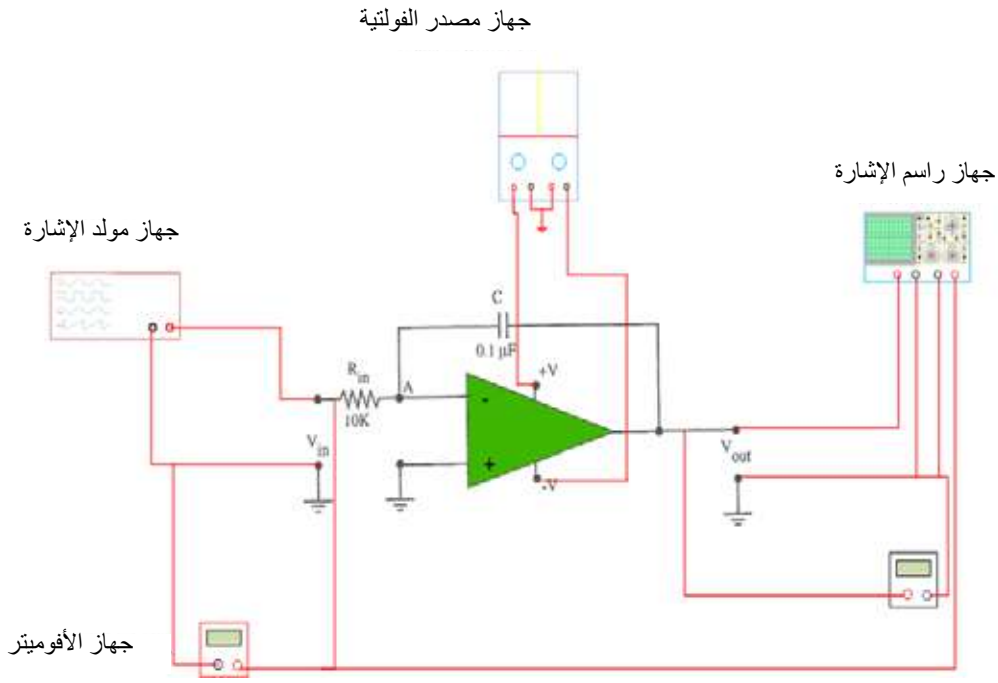
الجدول (3).

شكل الإشارة على المخرج (V_{out})	(V_{in}) 1V.1KHz
	

9 - ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

10 - اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

فكّر

1 - لماذا سُمّي المكامل بهذا الاسم؟

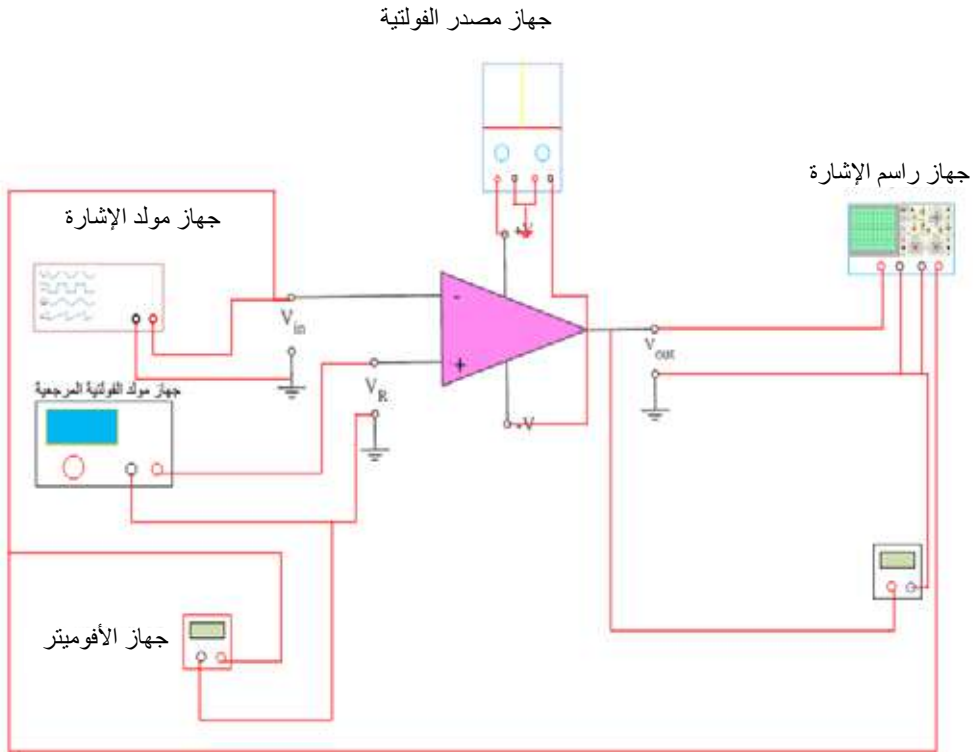
2 - ما أثر زيادة التردد في فولتية خرج المكامل؟

3 - جد الثابت الزمني للمكامل في الشكل (1).

4 - ما أثر زيادة كل من قيمة المقاومة وسعة المواسع في فولتية الخرج؟

تمرين للممارسة العملية

بإشراف معلمك، نفِّذ دارة المقارن المبينة في الشكل (2) باستخدام مضخم العمليات، ثم اضبط جهاز مولد الإشارة على إشارات (V_{in}) مختلفة التردد (جيبية، ومثلثة)، ثم شاهد إشارة الخرج (V_{out}) على جهاز راسم الإشارة.



الشكل (2) دارة المقارن.

ثالثًا: المذبذبات والمازج
(Oscillators and Mixer)

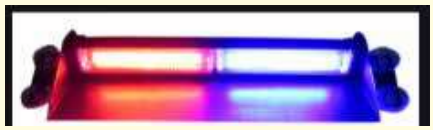
النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف التغذية الراجعة الموجبة والسالبة.
- يتعرف مبدأ عمل دارات المذبذبات، وتركيبها.
- يتعرف أنواع المذبذبات.
- يتعرف استخدام المذبذبات وتطبيقاتها.
- يتعرف مبدأ عمل دارة المازج.

انظر... وتساءل

هل شاهدت وحدة الضوء الومّاض (الفلاشر) الموضح في الشكل (5-41) الذي تستخدمه سيارات الإسعاف والإطفاء وسيارات الشرطة؟ هل فكرت يومًا كيف تعمل هذه الوحدة؟



الشكل (5-41): وحدة الضوء الومّاض.

استكشف

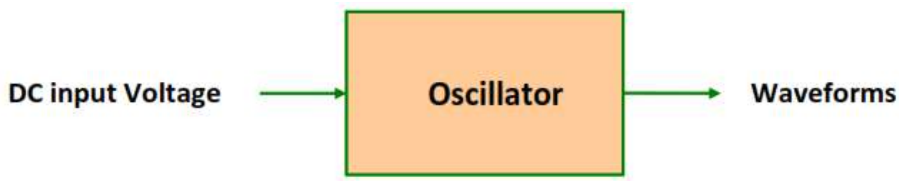
- ما المكونات الرئيسة للمذبذبات؟ ما الدارات الإلكترونية التي تستخدم فيها المذبذبات؟

اقرأ وتعلَّم

درست في الفصل الأول الترانزستور، وداراته، وتوصيلاته، وتطبيقاته العملية المختلفة، فهل فكرت كيف يمكن الاستفادة من ذلك في التطبيقات العملية؟ إن من أهم تطبيقات الدارات العملية للترانزستور دارات المذبذبات، فما المقصود بدارات المذبذبات؟ ما أنواعها؟

1- تركيب المذبذب:

المذبذب هو دارة إلكترونية تُولِّد إشارات كهربائية على مخرجها، وتعيد نفسها بشكل دوري، من دون اشتراط وجود إشارات على مدخلها، ويتم ذلك من دون تطبيق إشارة دخل؛ أي إنها تُحوِّل فولتية التغذية المباشرة (DC) إلى إشارة كهربائية متغيرة، انظر الشكل (5-42).

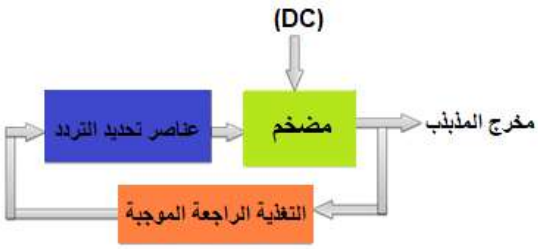


الشكل (5-42): مبدأ عمل المذبذب.

ولكن، من أين يحصل المذبذب على إشارة الدخل؟

يحصل المذبذب على إشارة الدخل عن طريق تضخيم الفولتيات الكهربائية الصغيرة جدًا الناتجة من حركة الإلكترونات العشوائية داخل العناصر غير الفعالة، مثل المواسعات والمقاومات في دارة المذبذب، ومن دون مصدر دخل متناوب، ويمكن زيادة هذه الفولتية بإعادة جزء من إشارة الخرج إلى المدخل (تغذية عكسية)، علمًا بأن دارة المذبذب هي دارة مضخم يعتمد على التغذية العكسية الموجبة. من متطلبات الحصول على المذبذب:

- التغذية الراجعة (تغذية عكسية موجبة).
- مضخم (ترانزستور، أو مضخم عمليات).
- دارة رنين لضبط التردد.
- مصدر فولتية مباشرة (DC)، انظر الشكل (43-5).

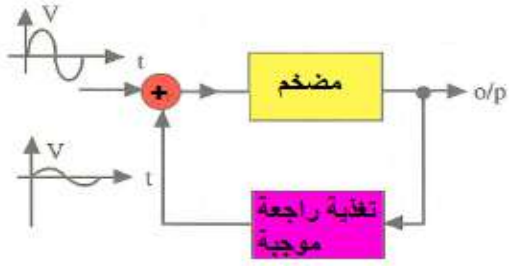


الشكل (5-43): المخطط الصندوقي لدارة المذبذب.

2- مبدأ عمل المذبذب:

يتكون المذبذب من مضخم (ترانزستور، أو مضخم عمليات) للحصول على التضخيم المطلوب، ويعتمد عمل المذبذب بشكل رئيس على التغذية الراجعة (التغذية العكسية الموجبة) للحصول على فرق زاوية الطور المطلوبة وتوهين الإشارة. تُعرَّف التغذية الراجعة بأنها عملية انتقال جزء من إشارة خرج الدارة إلى مدخلها على نحوٍ يجعل المذبذب يغذي نفسه بنفسه، وتتم هذه العملية بوضع دارات خاصة لهذه الغاية.

تعد التغذية الراجعة موجبة إذا كان طور الإشارة الراجعة من خرج الدارة إلى مدخلها يوافق طور الإشارة الأصلية كما في الشكل (5-44).



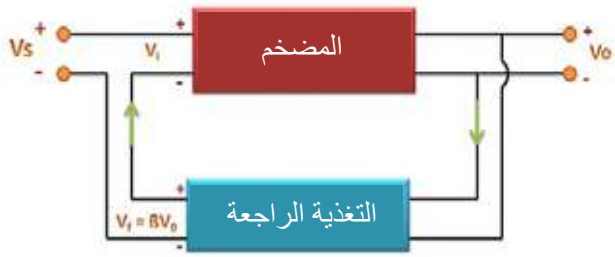
الشكل (5-44): التغذية الراجعة في المذبذب.

ونتيجة لتوافق الطور بين الإشارة الأصلية والإشارة الراجعة؛ تصبح محصلة الإشارة على مدخل المضخم أكبر من الإشارة الاصلية فتزيد بذلك إشارة التغذية الراجعة التي تعمل على زيادة محصلة الإشارة على مدخل المضخم، فتزداد إشارة الخرج مرة أخرى، وهكذا يوجد شرطان لعمل المذبذب، هما:

أ - وجوب أن يكون الفرق في زاوية الطور بين الدخل والخرج صفرًا.

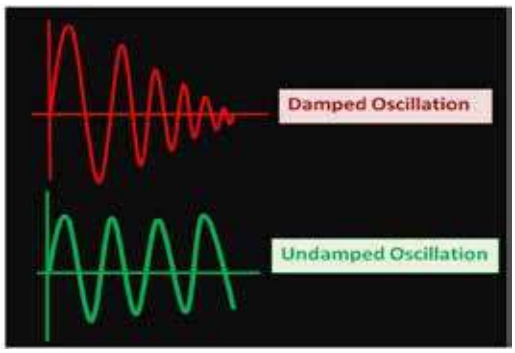
ب- وجوب أن يكون التضخيم الكلي للفولتية ضمن المسار المغلق مساويًا للواحد.

عند توصيل التغذية الكهربائية للمذبذب يبدأ المذبذب بالعمل، ونتيجة للحركة العشوائية للإلكترونات؛ تمر مجموعة قليلة تمثل تيارًا ضئيلًا جدًا داخل المضخم، فتزداد قيمة هذه الإشارة، وتدخل في التغذية الراجعة الموجبة إلى المضخم بوصفها إشارة دخل، وتكون هي الدخل الفعلي، ثم تُضخَّم مرة أخرى لتزداد قيمتها، وتعود دخلًا، وتتكرَّر هذه العملية حتى تصبح إشارة الدخل كبيرة نسبيًا، فتجعل المضخم في وضع تشبع، فلا يمكنه تضخيم الإشارات أكثر من ذلك، انظر الشكل (5-45).



الشكل (5-45): مبدأ عمل المذبذب.

يكون خرج المذبذب تكرارًا لشكل النبضة الفجائية التي بدأ العمل بها كما في الشكل (5-46)، وهي نبضة مشوهة الشكل (مخمدة)؛ نظرًا إلى عمل المذبذب دائمًا في حالة التشبع، ويحدث هذا التشوه بسبب فقد (تلف) بعض المقاومات والملفات.



الشكل (5-46): إشارة المذبذب.

يُحدَّد تردد الإشارة التي يولدها المذبذب باستخدام طرائق عِدَّة، أهمها دارات الرنين العادية (resonant circuits) التي تتكون من الملفات والمواسعات، حيث تساوي قيمة التردد المتولد قيمة تردد الرنين إذا تحققت شروط التذبذب. من عيوب هذه الطريقة أن الترددات المتولدة غير دقيقة بسبب عدم دقة قيم المواسعات والملفات المستخدمة فيها، وكذلك تأثر قيمها بتغير درجة الحرارة، وتغير مواصفات المواد التي تدخل في تركيبها بمرور الزمن. ولحل هذه المشكلة، تستخدم البلورات (crystals) بوصفها دارات رنين في هذه المذبذبات بدلًا من دارات الرنين العادية؛ فإن تردد المذبذب يتحدد من تردد البلورة الذي قيمته دقيقة جدًا، ويُطلَق على هذا النوع اسم المذبذبات البلورية (crystal oscillators).

لمّا كانت ترددات أنظمة الاتصالات تغطي جميع أجزاء الطيف الراديوي الذي يمتد من صفر إلى نحو مئة ألف مليون هيرتز (مئة جيجا هيرتز)، فإن ذلك يتطلب تصميم مذبذبات تفي بحاجات مختلف أنواع أنظمة الاتصالات، وهذا يتطلب توافر ترانزستورات قادرة على العمل في جميع أجزاء الطيف الراديوي.

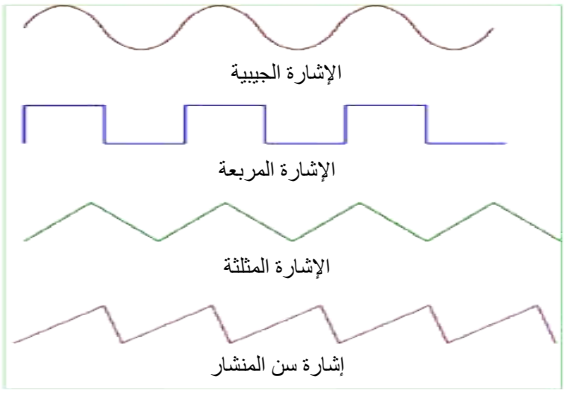
3- استخدامات المذبذبات:

تستخدم مختلف أنواع المذبذبات بمختلف في تطبيقات لا حصر لها، ولكن استخدامها الأكثر في مجال أنظمة الاتصالات المختلفة؛ إذ تستخدم في أجهزة الإرسال بوصفها حاملات (carriers) لإشارات المعلومات، وفي أجهزة الاستقبال بوصفها مذبذبات محلية (local oscillators)، وتعمل على اختيار القنوات المراد استقبالها.

4- الإشارات الكهربائية المتولدة من المذبذبات:

توجد دارات مختلفة من المذبذبات تُولِّد أشكالًا مختلفة من الإشارات، ومن أهم الإشارات في أنظمة الاتصالات:

الإشارة الجيبية (Sine Wave)، والإشارة المربعة (Square Wave)، والإشارة المثلثة (Triangular Wav)، وإشارة سن المنشار (Sawtooth Wave)، انظر الشكل (5-47).



الشكل (5-47): أشكال الإشارات الكهربائية.

5- أنواع المذبذبات:

تُصنَّف المذبذبات من حيث تردد الإشارة المتولدة (المنتجة) إلى نوعين رئيسين، هما:

أ - مذبذبات الترددات السمعية.

ب- مذبذبات الترددات الراديوية.

وتُصنَّف من حيث شكل إشارة الخرج إلى نوعين، هما:

أ - مذبذبات الإشارات الجيبية.

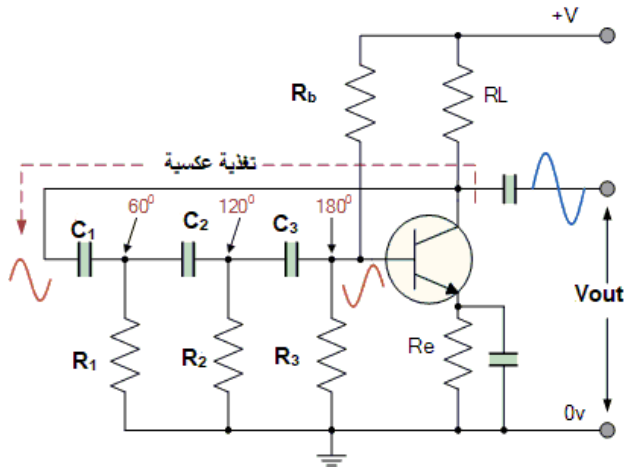
ب- مذبذبات الإشارات غير الجيبية.

أ - مذبذبات الإشارات الجيبية:

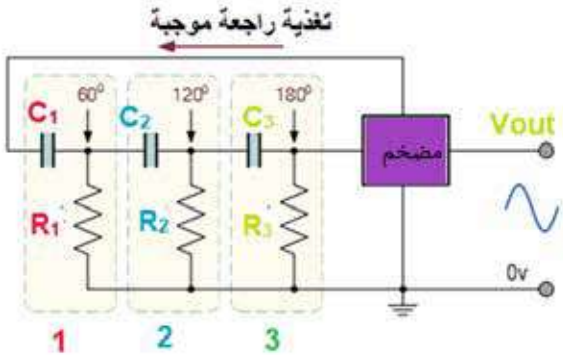
توجد أنواع مختلفة من المذبذبات تعتمد على مكونات دارة التغذية الراجعة، وكيفية ترتيبها، ومن هذه المذبذبات:

1. مذبذب فرق الطور (Phase Shift Oscillator): يستخدم هذا المذبذب لتوليد إشارات في نطاق الترددات السمعية، ويمكن الإفادة منه في المختبرات والمشاغل لفحص دارات المضخمات السمعية في مختلف الأجهزة الإلكترونية، انظر الشكل (5-48) الذي يبين المخطط التمثيلي لمذبذب فرق الطور. تتكون دارة التغذية الراجعة الموجودة في دارة مذبذب فرق الطور، كما في الشكل (5-49)، من ثلاثة أجزاء، يتكون كل منها من مقاومة ومواسع كما يأتي:

(R_1C_1)، (R_2C_2)، (R_3C_3).



الشكل (5-48): المخطط التمثيلي لمذبذب فرق الطور.



الشكل (5-49): عناصر التغذية الراجعة.

يقوم كل جزء بعمل فرق طور من (0) حتى أقل من (90°). وباختيار القيم المناسبة لكل من (R)، و(C)، تنتج إزاحة في طور الإشارة الراجعة مقدارها (60°).

وبأخذ قيم $(R_1 = R_2 = R_3)$، وكذلك $(C_1 = C_2 = C_3)$، فإن محصلة الإزاحة في الطور تكون (180°)، إضافة إلى إزاحة قيمتها (180°) ناتجة من استخدام دارة الباعث المشترك، وبذلك تكون التغذية الراجعة موجبة. يعتمد تردد الإشارة الناتجة على قيم كل من (R)، و(C)، ويمكن إيجاد التردد في حالة استخدام ثلاثة أجزاء (RC) من المعادلة الآتية:

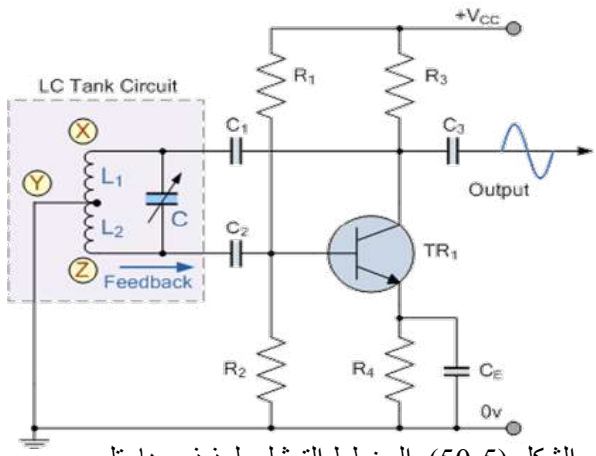
$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2N}}$$

حيث: (f_o) بالهيرتز، و(R) بالأوم، و(C) بالفاراد، و(N) عدد مراحل (RC) التي تشكلها المقاومات والمواسعات.

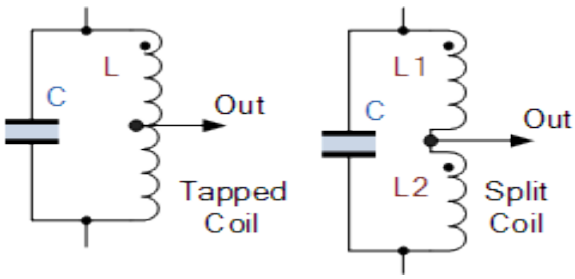
2. مذبذب هارتلي (Hartley Oscillator): يستخدم هذا النوع من المذبذبات لتوليد ترددات ذوات قيم مختلفة، بدءًا بالترددات العالية، وانتهاءً بالترددات فوق العالية.

يبين الشكل (5-50) المخطط التمثيلي لمذبذب هارتلي، وهو أحد أنوع المذبذبات التوافقية، وهي من مذبذبات الدارات المضبوطة التي تستخدم لإنتاج الموجات في نطاق الترددات الراديوية، ويشار إليها أيضًا بمذبذبات التردد الراديوي.

يُحدَّد تردد المذبذب عن طريق دارة رنين التوازي المُكوَّنة من المواسع (C) الموصول على التوازي بالملفين (L_1,L_2) المتصلين ببعضهما كما في الشكل (5-51).



الشكل (5-50): المخطط التمثيلي لمذبذب هارتلي.



الشكل (5-51): دارة الرنين في مذبذب هارتلي.

تقوم دارة رنين التوازي بعمل التغذية الراجعة الموجبة؛ لأن الملفين (L_1,L_2) يعملان بوصفهما مُحوِّلًا له نقطة وسط، فتكون الإشارة على (L_1) عند النقطة (X) معاكسة في الطور للإشارة على الملف (L_2) عند النقطة (Z). تعمل دارة الرنين على تحديد تردد إشارة الخرج التي يمكن إيجاد ترددها بالمعادلة الآتية:

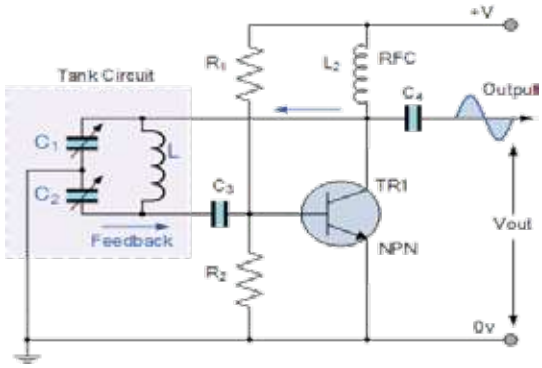
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

حيث: ($L = L_1 + L_2 + 2M$)، وتُعرَف (M) بالحثية المتبادلة بين (L_1)، و(L_2).

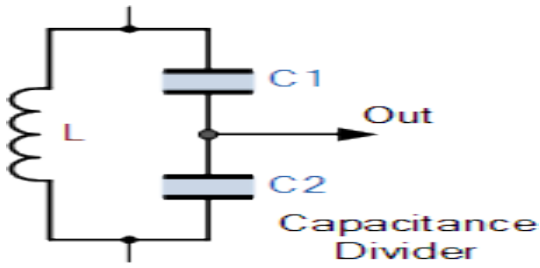
يمكن تغيير قيمة تردد إشارة الخرج عن طريق المواسع المتغير (C)؛ لذا يناسب هذا النوع من المذبذبات أجهزة الاستقبال الراديوية.

3. مذبذب كولبتس (Colpitts Oscillator): يعد هذا المذبذب من أنواع مذبذب (LC) التي تُصنَّف ضمن فئة المذبذبات التوافقية، وتشبه دارة مذبذب كولبتس دارة مذبذب هارتلي، انظر الشكل (5-52).

ولكن دارة الرنين في هذا المذبذب تتكون من مواسعين (C_1،C_2)، وملف (L). وفيها يوصَل الملف على التوازي بالمواسعين (C_1,C_2) الموصولين على التوالي ببعضهما كما في الشكل (5-53).



الشكل (5-52): المخطط التمثيلي لمذبذب كولبتس.



الشكل (5-53): دارة الرنين في مذبذب كولبتس.

عند توصيل التغذية الكهربائية (DC) لدارة المذبذب يبدأ الترانزستور بالعمل؛ ما يزيد من تيار المجمع، ويُشحَن المواسعان (C_1)، و(C_2). وبعد الحصول على أقصى شحنة ممكنة، فإنها تبدأ في التفريغ عن طريق الملف (L). في أثناء هذه العملية، تُحوَّل الطاقة الكهروستاتيكية المُخزَّنة في المواسع إلى تدفق مغناطيسي يُخزَّن داخل دارة الرنين على شكل طاقة كهرمغناطيسية، بعد ذلك يبدأ الملف التفريغ، فيُشحَن المواسعان مرة أخرى، وهكذا تستمر الدورة؛ ما يؤدي إلى تذبذبات في دارة الرنين. ويوضح الشكل السابق أن خرج المضخم يظهر عبر المواسع (C_1). من ناحية أخرى، فإن التغذية الراجعة إلى الترانزستور تنتج عن طريق المكثف (C_2)؛ ما يعني أن إشارة التغذية الراجعة تكون مختلفة الطور مع فولتية الإشارة في الترانزستور بمقدار (180°)، تُحدَّد قيمة تردد الخرج من المعادلة الآتية:

$$f_o = \frac{1}{2p\sqrt{\frac{LC_1.LC_2}{C_1 + C_2}}}$$

اعتمادًا على هذه المعادلة، يمكن تغيير قيمة تردد إشارة الخرج عن طريق تغيير قيم المواسعين (C_1)، و(C_2).

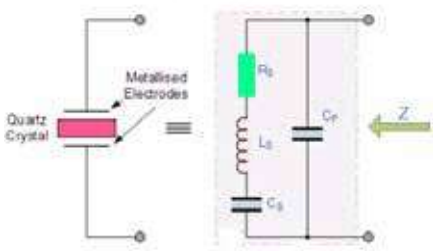
4. **المذبذب البلوري (الكريستالي) (Crystal Oscillator):** تعد المذبذبات التي تستخدم الكريستال في دارة التغذية الراجعة للتحكم في قيمة التردد المطلوب توليده من أكثر المذبذبات دقة وثباتًا في الأداء.

الكريستال مادة طبيعية تُولِّد ترددات دقيقة جدًا، وتعتمد قيمة التردد المتولد على حجم قطعة الكريستال، انظر الشكل (5-54)، والشكل (5-55).

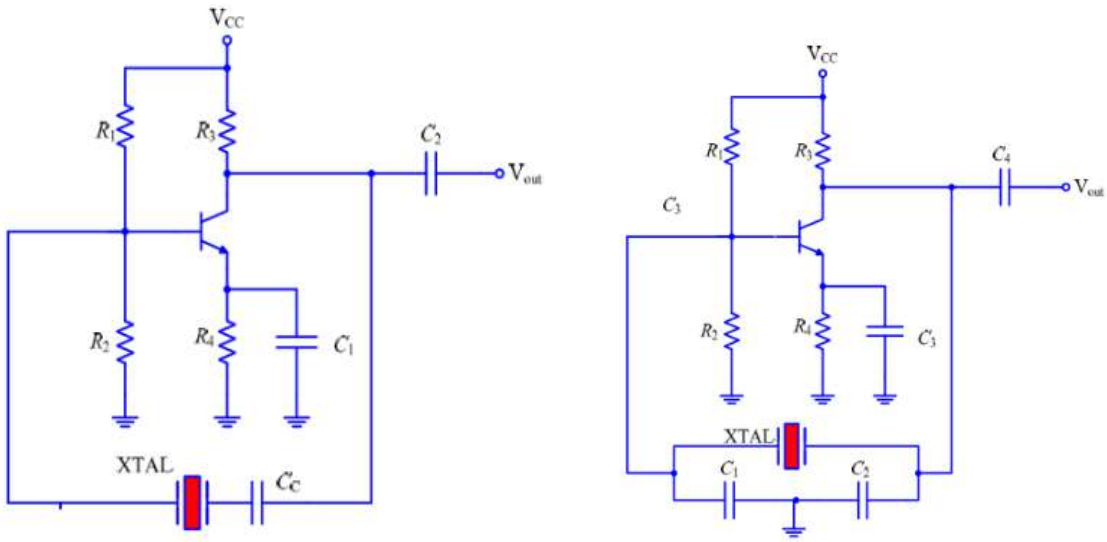
تتكون الدارة الكهربائية المكافئة للبلورة من توصيلة مقاومة، ومواسع، وملف، ويمكنها العمل في رنين التوالي أو التوازي، انظر الشكل (5-56). يتكون الكريستال المستخدم في التطبيقات الإلكترونية من رقاقة كريستال مُثبَّتة بين قطبين، ومُغلَّفة بغلاف خارجي للحماية.

الشكل (5-54): الشكل العملي

مبدأ عمل الكريستال: يمتاز الكريستال الطبيعي بخصيصة تُسمَّى ظاهرة الكهربائية الإجهادية (Piezoelectric Effect)، وتعني أنه عندما تتعرض قطعة كريستال من حجم معين لحركة ميكانيكية خارجية فإنها تقوم بالتذبذب، وتتكون فولتية على نفس تردد الذبذبة المتكونة، والعكس صحيح؛ أي إنه عند تطبيق فولتية متناوبة على قطعة الكريستال فإنها تتذبذب على نفس تردد الفولتية المُطبَّقة عليها.

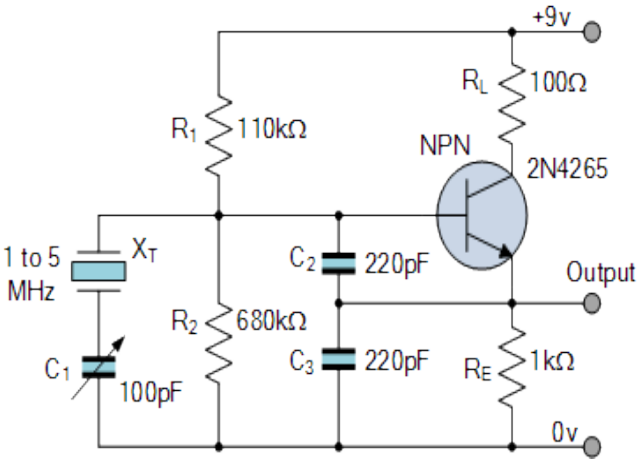


الشكل (5-55): رمز المذبذب البلوري، والدارة الكهربائية المكافئة له.



الشكل (5-56): الدارة الكهربائية للمذبذب.

يبين الشكل (5-57) مذبذب كولبتس الكريستالي (Colpitts Crystal Oscillator)، والترانزستور المستخدم في الدارة هو ترانزستور (NPN)، وهو موصول بطريقة المجمع المشترك.



الشكل (5-57): مذبذب كولبتس الكريستالي.

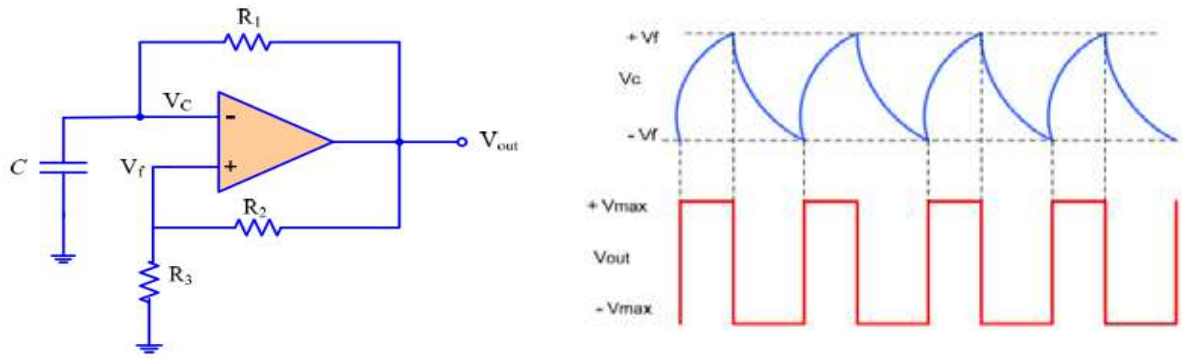
تعمل المقاومة (R_1)، والمقاومة (R_2) على تأمين انحياز الفولتية المباشرة (DC) لقاعدة الترانزستور، في حين تعمل المقاومة (R_E) المتصلة بباعث الترانزستور على تعيين مستوى فولتية الخرج.

تُضبَط المقاومة (R_2) على أكبر قيمة ممكنة لمنع التحميل إلى البلورة المتصلة على التوازي، ويوضح مخطط الدارة أعلاه المواسع (C_1) والمواسع (C_2) اللذين ينتجان إشارة التغذية من خرج الترانزستور؛ ما يُقلِّل من التغذية المرتدة، ويحد من كسب الترانزستور عن طريق القيمة القصوى (C_1) والقيمة القصوى (C_2)؛ لذا يجب الحفاظ على سعة الخرج منخفضة لتجنب تبديد الطاقة المفرط في البلورة.

ب- مذبذبات الإشارات غير الجيبية:

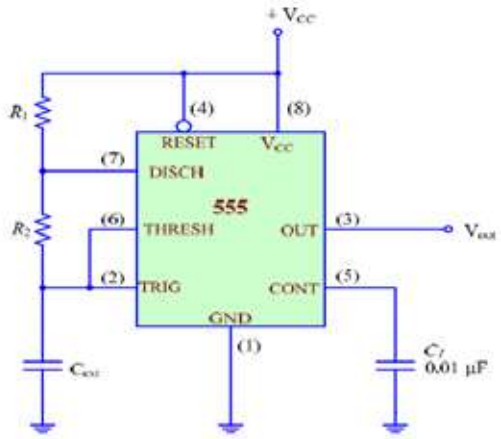
توجد أنواع مختلفة من المذبذبات تعمل على توليد ذبذبات غير جيبية (مربعة، مثلثة، سن المنشار،...)، ومن أهم هذه المذبذبات:

1. مذبذب الموجة المربعة: يبين الشكل (5-58) أحد أنواع مذبذبات الموجة المربعة، ويستخدم هذا المذبذب مضخم العمليات؛ إذ يستعمل المواسع (C) لعمليات الشحن والتفريغ.



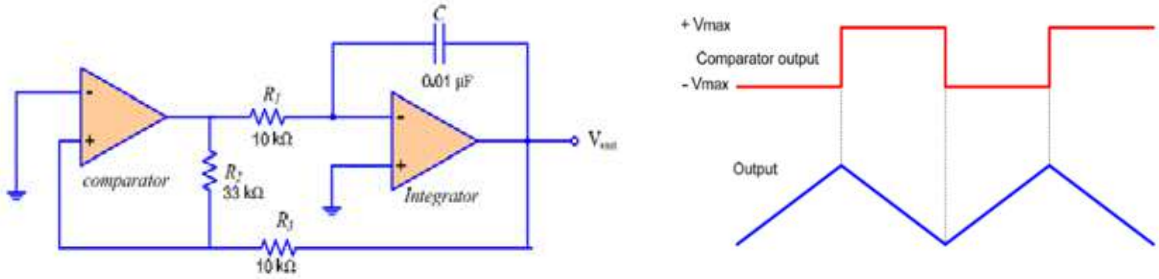
الشكل (5-58): مولد الموجة المربعة.

أمّا الشكل (5-59) فيبين دارة مذبذب تستخدم الدارة المتكاملة (555) لتوليد الموجة المربعة.



الشكل (5-59): الدارة المتكاملة (555) التي تستخدم لتوليد الموجة المربعة.

2. مذبذب الموجة المثلثة: يبين الشكل (5-60) أحد أنواع مذبذبات الموجة المثلثة، ويستخدم هذا المذبذب مضخمي عمليات، يستخدم الأول بوصفه مقارنًا، ويشبه في عمله عمل المفتاح ثنائي القطبية، ويستخدم المضخم الثاني بوصفه مكاملًا للحصول على الموجة المثلثة.



الشكل (5-60): مذبذب الموجة المثلثة.

جـ - الدارات المتعددة الاهتزاز (Multivibrator):

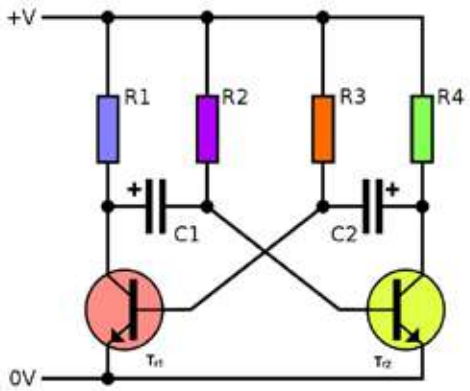
تتكون الدارة المتعددة الاهتزاز من دارة مضخم تتابعي مُكوَّن من مرحلتين، بحيث يتصل مخرج المضخم الثاني بمدخل المضخم الأول لتوفير تغذية راجعة موجبة؛ ما يجعل أحد المضخمات في حالة تشغيل، والآخر في حالة قطع.

تُصنّف الدارات المتعددة الاهتزاز إلى ثلاثة أنواع، هي:

1. دارات مذبذب الاهتزاز غير المستقرة.
2. دارات مذبذب الاهتزاز ثنائية الاستقرار.
3. دارات مذبذب الاهتزاز أحادية الاستقرار.

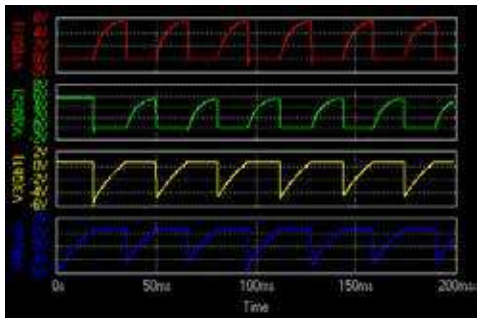
1. دارات مذبذب الاهتزاز غير المستقرة (Astable Multivibrator): يُطلَق على دارة مذبذب الاهتزاز التي تُولِّد الموجات المربعة ذاتيًا من غير حاجة إلى نبضة قدح خارجية اسم دارة مذبذب الاهتزاز غير المستقرة.

يلاحظ من الشكل (5-61) أن هذه الدارة تتكون أساسًا من دارتي مضخم باعث مشترك، يغذي كل منهما الآخر بالتغذية الراجعة الموجبة المطلوبة عن طريق دارة تغذية راجعة مُكوَّنة من المواسعين (C_1) و(C_2)، حيث يوصَل مجمع الترانزستور لكل منهما بقاعدة الترانزستور الآخر. يشير تركيب (غير المستقر) إلى أن هذا النوع من الدارات غير مستقر، وأن حالة كل من الترانزستور (T_{r1}) والترانزستور (T_{r2}) تتغير باستمرار. إن اختيار القيم المناسبة للمقاومات والمواسعين يجعل أحد الترانزستورين في حالة وصل، في حين يكون الآخر في حالة فصل بسبب الفولتية السالبة على قاعدته.



الشكل (5-61): دارة مذبذب الاهتزاز غير مستقر.

عند تطبيق الفولتية (V_{cc}) في الدارة، فإن كلا الترانزستورين يبدآن بالتوصيل، فإذا كان الترانزستور (T_{r1}) في حالة وصل فإن المواسع (C_1) يبدأ الشحن عبر (R_2,T_{r1})، فتأخذ فولتية قاعدة الترانزستور (T_{r2}) بالازدياد حتى يصبح (T_{r2}) في حالة وصل، و(T_{r1}) في حالة قطع؛ أي تصبح فولتية قاعدته سالبة بسبب المواسع (C_2)، ثم يبدأ المواسع (C_2) بالشحن عبر (R_3,T_{r2}) فتأخذ فولتية قاعدة (T_{r1}) بالازدياد حتى يصبح (T_{r1}) في حالة وصل، و(T_{r2}) في حالة قطع مرة أخرى، وهكذا تستمر العملية.

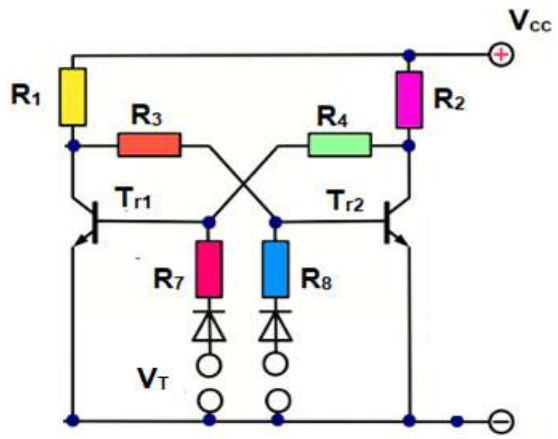


الشكل (5-62): الفولتية على المجمع والقاعدة لكل من الترانزستور (T_{r1}) و(T_{r2}).

يبين الشكل (5-62) الفولتية على المجمع والقاعدة لكل من الترانزستور (T_{r1}) و(T_{r2})، وتستخدم هذه الدارات بوصفها مذبذبات لإنتاج إشارات مربعة تستخدم في الدارات الرقمية.

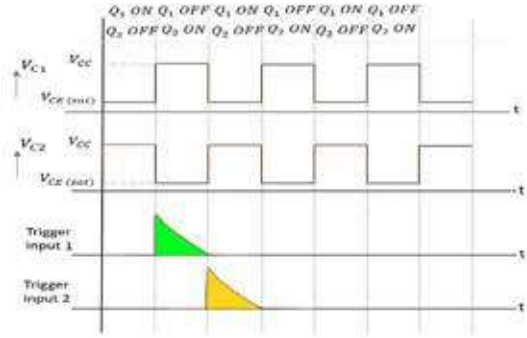
2. دارة مذبذب الاهتزاز ثنائية الاستقرار (Bistable Multivibrator):

تختلف دارة مذبذب الاهتزاز ثنائية الاستقرار المبينة في الشكل (5-63) عن دارة مذبذب الاهتزاز غير المستقرة في الربط بين مرحلتي التضخيم؛ إذ يتم ذلك باستعمال المقاومة (R_3) والمقاومة (R_4) بدلًا من المواسعات، وبذلك تكون حالة الوصل لأي من الترانزستورين مستقرة. إن اختيار القيمة المناسبة للمقاومات يجعل أحد الترانزستورين في حالة وصل دائم، والآخر في حالة قطع دائم. فإذا كان الترانزستور (T_{r1}) في حالة وصل والترانزستور (T_{r2}) في حالة قطع عند وصل الدارة بمصدر الفولتية، كانت فولتية مجمع الترانزستور (T_{r1}) أقل من فولتية مجمع الترانزستور (T_{r2})؛ أي إن ($V_{C1} < V_{C2}$). ويصل أثر نقصان الفولتية (V_{C1}) إلى قاعدة الترانزستور (T_{r2}) عن طريق المقاومة (R_3)، فتقل فولتية قاعدة الترانزستور (T_{r2})، ويقل تبعًا لذلك التيار (I_{C2})، وتزداد الفولتية (V_{C2})، ويصل أثر هذه الفولتية إلى مجمعه (V_{C1})، وتستمر هذه التغذية الراجعة، فيصل الترانزستور (T_{r1}) إلى حالة الإشباع ($V_{C1}=0$)، ويصل الترانزستور (T_{r2}) إلى حالة القطع.



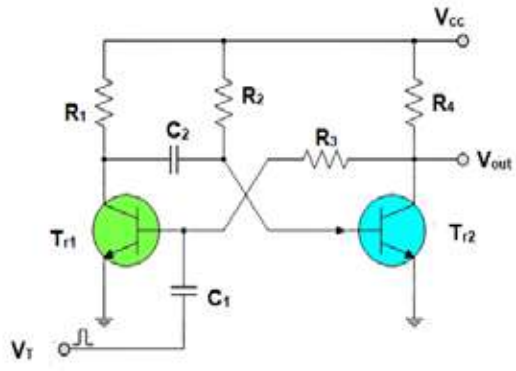
الشكل (5-63): دارة مذبذب الاهتزاز ثنائية الاستقرار.

يمكن عكس حالة الدارة، بتطبيق نبضة موجبة (V_T) ذات اتساع كافٍ على قاعدة الترانزستور الذي يكون في حالة قطع (T_{r2})، فيؤدي ذلك إلى مرور تيار بمجمع هذا الترانزستور، فتنقص فولتية مجمعه؛ ما يؤدي إلى نقصان فولتية قاعدة الترانزستور (T_{r1})، فيقل تيار مجمعه، وتزداد فولتية مجمعه، وتُؤثِّر هذه الزيادة في قاعدة الترانزستور (T_{r2})، فيزداد تيار مجمعه، وتقل فولتيته حتى يصبح الترانزستور (T_{r2}) في حالة إشباع، والترانزستور (T_{r1}) في حالة قطع، وهكذا، انظر الشكل (5-64).



الشكل (5-64): أشكال الإشارات.

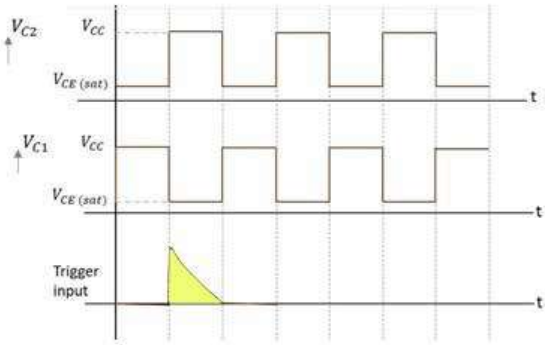
3. دارة مذبذب الاهتزاز أحادية الاستقرار (Monostable Multivibrator): يبين الشكل (5-65) دارة مذبذب الاهتزاز أحادي الاستقرار، وقد سُمِّي هذا المذبذب بهذا الاسم لأن له حالة استقرار واحدة. يكون الترانزستور (T_{r1}) في حالة قطع، والترانزستور (T_{r2}) في حالة إشباع. فإذا طُبِّقت نبضة خارجية موجبة على قاعدة الترانزستور (T_{r1}) انعكست حالة كل من الترانزستورين، ولكن هذه الدارة ترجع إلى حالتها الأولى بعد مدة تحددها الثوابت الزمنية للدارة.



الشكل (5-65): دارة مذبذب الاهتزاز أحادي الاستقرار.

يتبين من الدارة وجود فولتية موجبة تظهر على قاعدة الترانزستور (T_{r2})؛ إذ يكون هذا الترانزستور في حالة الإشباع؛ أي إن فولتية مجمعه تكون أقرب إلى الصفر. ولمّا كانت هذه الفولتية تغذي قاعدة الترانزستور (T_{r1}) عن طريق المقاومة (R_3)، فإن هذا الترانزستور يكون في حالة قطع. إذن، فالحالة المستقرة للدارة هي عمل (T_{r1}) في منطقة القطع، وعمل الترانزستور (T_{r2}) في حالة الإشباع. وبتطبيق نبضة موجبة باتساع كافٍ على قاعدة الترانزستور (T_{r1})، تنقص فولتية مجمعه (V_{C1})، ويُؤثِّر ذلك في قاعدة الترانزستور (T_{r2}) عن طريق المواسع (C_2)، فيقل تيار مجمعه، وترتفع فولتية مجمعه (V_{C2})، ويؤدي ذلك إلى زيادة فولتية قاعدة الترانزستور (T_{r1})، ويزداد تيار مجمعه، وتنقص فولتية مجمعه (V_{C1})، ويستمر ذلك حتى يصل الترانزستور (T_{r1}) إلى حالة الإشباع، والترانزستور (T_{r2}) إلى حالة القطع. وبعد وقت قصير يعود الترانزستور (T_{r1}) إلى حالة القطع، ويعود الترانزستور (T_{r2}) إلى حالة الإشباع؛ أي إن الدارة تعود إلى حالة الاستقرار، وتظل في هذا الوضع حتى تأتي نبضة موجبة أخرى تقدح المذبذب، فتغير حالته، وهكذا.

تستخدم هذه الدارة للتحكم في تشغيل دارات إلكترونية مدة زمنية محددة، أو لتوليد إشارة نبضية بزمن (T_p)، انظر الشكل (5-66).



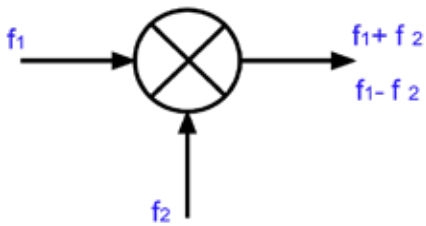
الشكل (5-66): أشكال إشارات المذبذب.

د - المازج:

دارة كهربائية غير خطية تنتج ترددات جديدة من ترددين مختلفين. ويبين الشكل (5-67) رمز المازج، ولكن، مِمَّ يتركب؟ ما أهميته؟ ما خصائصه؟ ما استخداماته؟

1. تركيب المازج: يبين الشكل (5-68) تركيب دارة المازج باستخدام الثنائي، ويُلاحَظ من الشكل تطبيق إشارات الترددين المختلفين (f_1,f_2)، والمراد مزجهما على مدخلي الدارة، فتتولد إشارات خرج المازج، وهي:

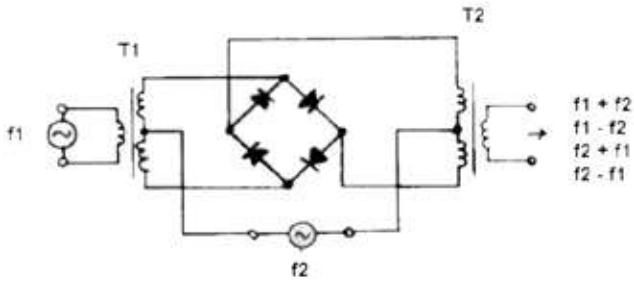
- حاصل جمع الإشارتين (f_1+f_2).
- حاصل طرح الإشارتين (f_1-f_2).
- مضاعفات الإشارتين (f_1)، (f_2).
- الإشارتان (f_1)، (f_2).



الشكل (5-67): رمز المازج.

2. استخدامات المازج: من أهم تطبيقات دارة المازج:

- تحويل الترددات إلى ترددات بينية كما في جهاز استقبال سوبرهيترودين.
- الحصول على ترددات لا يمكن توليدها مباشرة، وذلك باختيار التردد (f_1+f_2).
- تعديل الإشارة الحاملة في أجهزة إرسال تضمين الاتساع.



الشكل (5-68): دارة مازج باستخدام الثنائي.

المثال (1)

ترددان أحدهما (1.0 MHz)، والآخر (0.75 M Hz). ما الترددات الناتجة من مزجهما؟

الحل:

- حاصل جمع الترددين:

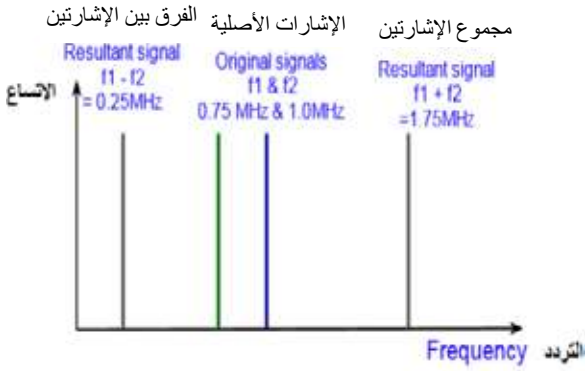
$$(f_1+f_2) = 0.75+1.0 = 1.75 \text{ MHz}$$

- حاصل طرح الترددين:

$$(f_1-f_2) = 1.0-0.75 = 0.25 \text{ MHz}$$

- الترددان الأصليان (f_1) و(f_2)، (1.0MHz) و(0.75MHz).

يبين الشكل (5-69) توضيحًا لمزج إشارتين مختلف ترددهما.



الشكل (5-69): مزج إشارتين مختلفي التردد.

أولًا: معلومات إثرائية

- المذبذب دارة إلكترونية تُولِّد إشارة خرج متناوبة من دون إشارة دخل.
- التغذية العكسية الموجبة هي إرجاع جزء من إشارة الخرج إلى الدخل بحيث تكون متفقة في الطور مع إشارة الدخل.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

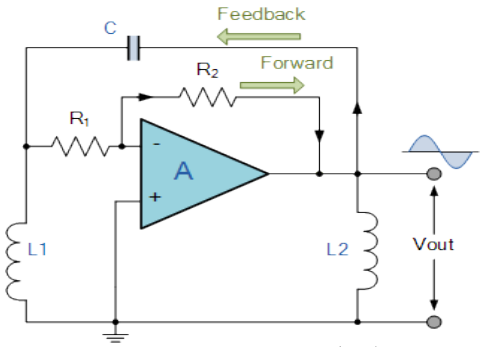
ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:

- دارة عملية يستخدم فيها مذبذب هارتلي، مُبيِّنًا مبدأ عملها، واستخداماتها في مجال الاتصالات.
- المذبذب المانع، مُبيِّنًا تركيبه، ومبدأ عمله، واستخداماته.
- الدارة المتكاملة (NE555) من حيث التركيب، ومبدأ العمل، والتطبيق.

ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

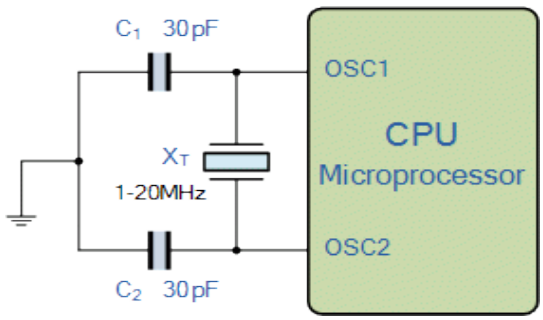
ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:

أ - وظيفة الدارة الإلكترونية في الشكل (5-70) التي يستخدم فيها مضخم العمليات، ومبدأ عملها.



الشكل (5-70): دارة مذبذب.

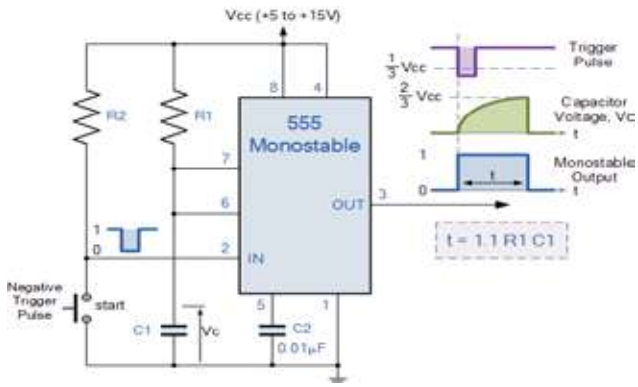
ب - مبدأ عمل الدارة في الشكل (5-71) التي يستخدم فيها مذبذب كريستالي في مجال الاتصالات.



الشكل (5-71): دارة يستخدم فيها المذبذب.

جـ - وظيفة عمل الدارة الإلكترونية في الشكل (5-72)، ومبدأ عملها.

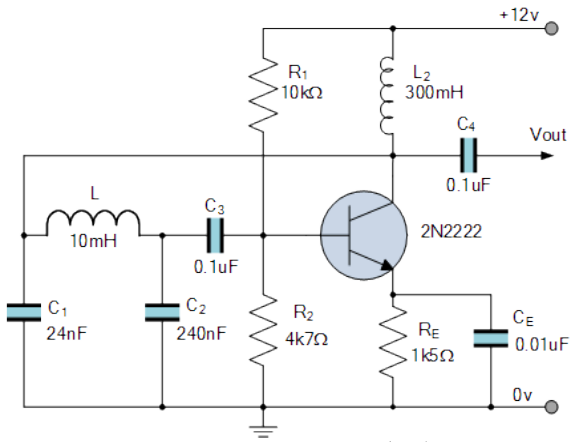
د - بعض تطبيقات المازج في تحويل الترددات، ومقارنة الطور.



الشكل (5-72): دارة مذبذب.

1- ما تردد إشارة الخرج للمذبذب في الدارة المبينة في الشكل (5-73)؟ ارسم شكلها.

2- ارسم المخطط التمثيلي لمذبذب هارتلي الذي يستخدم البلورة في دارة الرنين.



الشكل (5-73): دارة مذبذب.

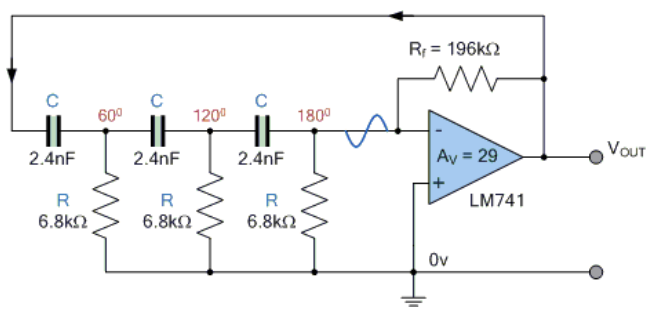
3- في أي الدارات تستخدم الموجات المثلثة، والموجات المربعة؟

4- ما الفرق بين عمل دارة مذبذب الاهتزاز ثنائي الاستقرار ودارة مذبذب الاهتزاز غير المستقر؟

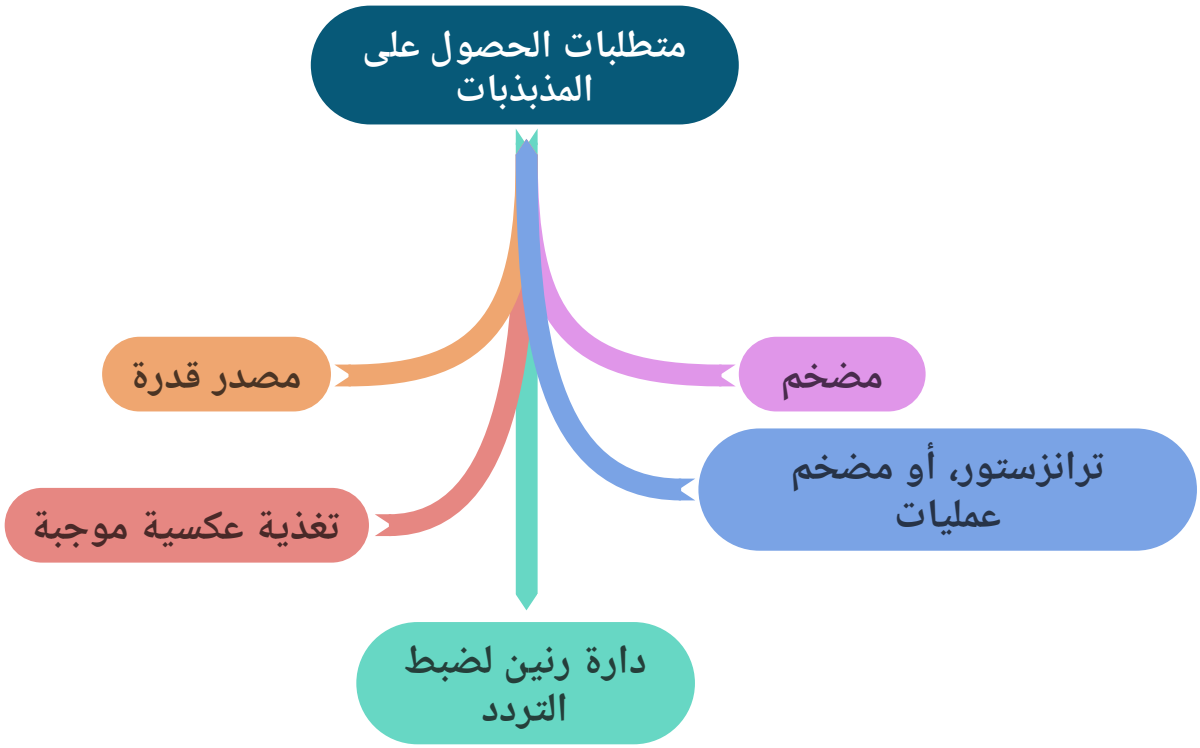
5- ما الفرق بين عمل دارات الاهتزاز ثنائية الاستقرار ودارات الاهتزاز أحادية الاستقرار؟

6- لماذا يحتوي خرج المازج على ترددات عِدَّة؟

7- ما تردد إشارة الخرج للمذبذب في الدارة المبينة في الشكل (5-74)؟ ارسم شكلها.



الشكل (5-74): دارة مذبذب.


متطلبات الحصول على المذبذبات
مصدر قدرة
مضخم
ترانزستور، أو مضخم عمليات
تغذية عكسية موجبة
دارة رنين لضبط التردد

التمرين الأول

بناء دارة مذبذب فرق الطور باستخدام مضخم العمليات

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1. يبني دارة مذبذب فرق الطور باستخدام مضخم العمليات.
2. يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (290kΩ، (3X 10KΩ قدرة كل منهما (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	(3) مواسعات (1nF) (25 فولت).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مضخم عمليات (741).	3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	لوح توصيل.	4- كاوي لحام (30-40) واط.
5	أسلاك توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

4- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة التغذية الراجعة عند النقاط (1,2,3) بالترتيب، ثم ارسم شكل الموجة في كل حالة.

5- ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

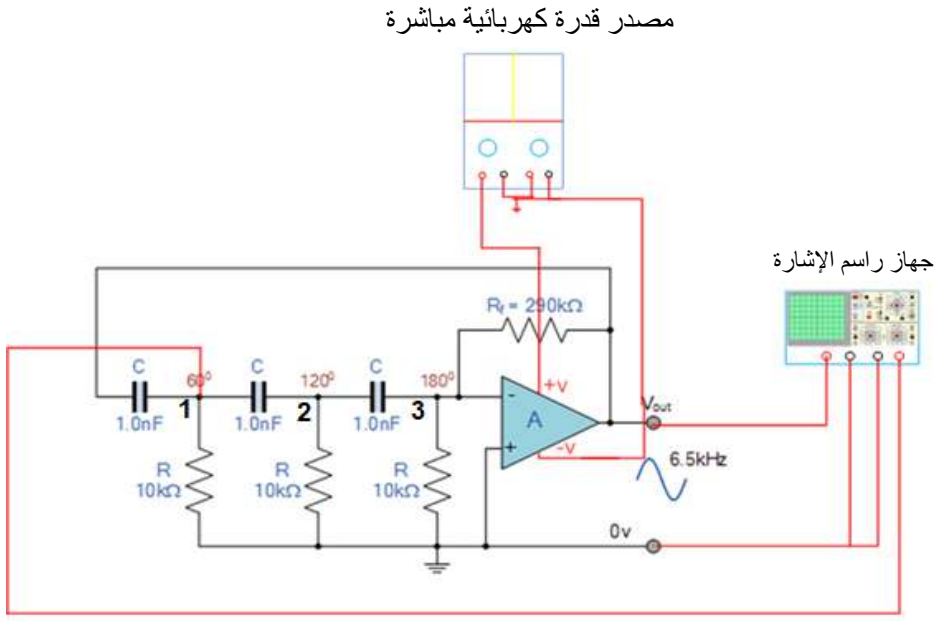
خطوات العمل

6- جد تردد الإشارة باستعمال العلاقة الآتية:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

فكّر

1- ما نوع الإشارة الناتجة من هذا المذبذب؟

2- ما أثر زيادة قيم المواسعات والمقاومات في إشارة الخرج؟

3- جد تردد الإشارة للدارة المبينة في الشكل (1)، ثم قارن بين القيمة المقيسة والقيمة المحتسبة.

التمرين الثاني

بناء دارة مذبذب هارتلي باستخدام مضخم العمليات

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مذبذب هارتلي باستخدام مضخم العمليات.

2- يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتـــان كربونيتـــان (10KΩ,1kΩ) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسع (1µF) (25V).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	ملفان (150µH).	3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	مضخم عمليات (LM324ANG).	4- كاوي لحام (30-40) واط.
5	لوح توصيل.	
6	أسلاك توصيل.	
7	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

4- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة التغذية الراجعة عند مدخل المقاومة (R_1)، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

5- ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

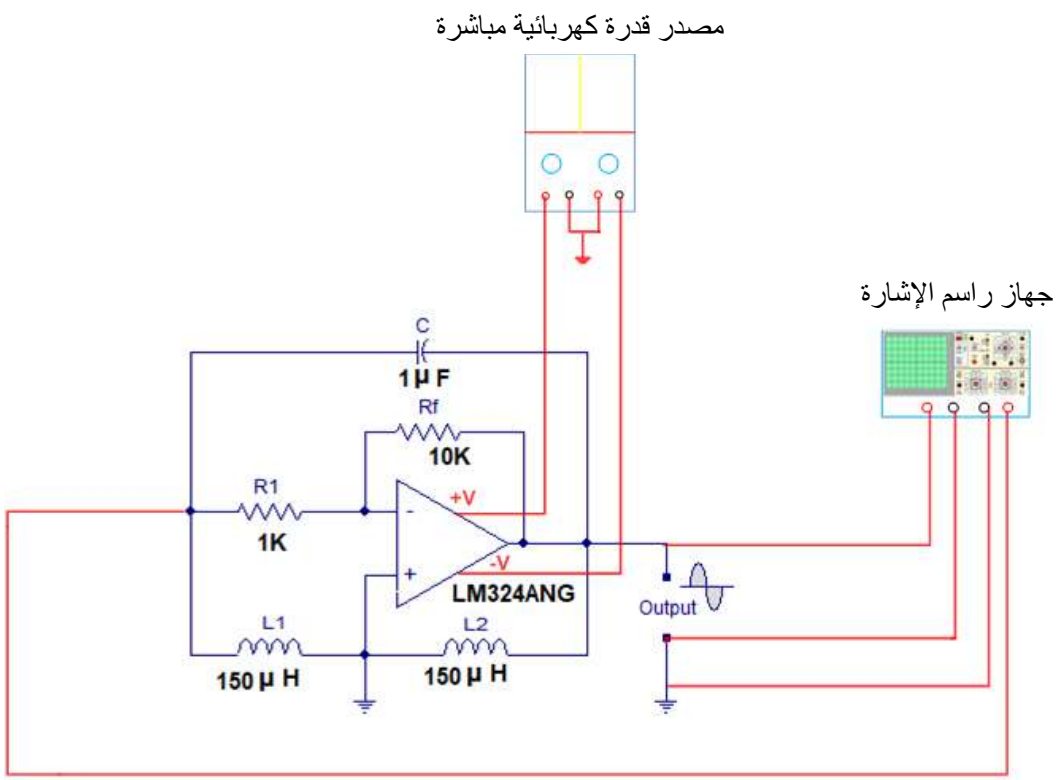
خطوات العمل

6- جد تردد الإشارة باستعمال العلاقة الآتية:

$$fo = \frac{1}{2p\sqrt{LC}}$$

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مذبذب كولبتس باستخدام مضخم العمليات.

2- يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومات كربونية (3KΩ,1KΩ,200Ω)، قدرة كل منها (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسعان (0.25µF) 25 فولت.	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	ملف (10mH).	3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	مضخم عمليات (741).	4- كاوي لحام (30-40) واط.
5	لوح توصيل.	
6	أسلاك توصيل.	
7	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

3- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

4- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة التغذية الراجعة عند مدخل النقطة (B)، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

خطوات العمل

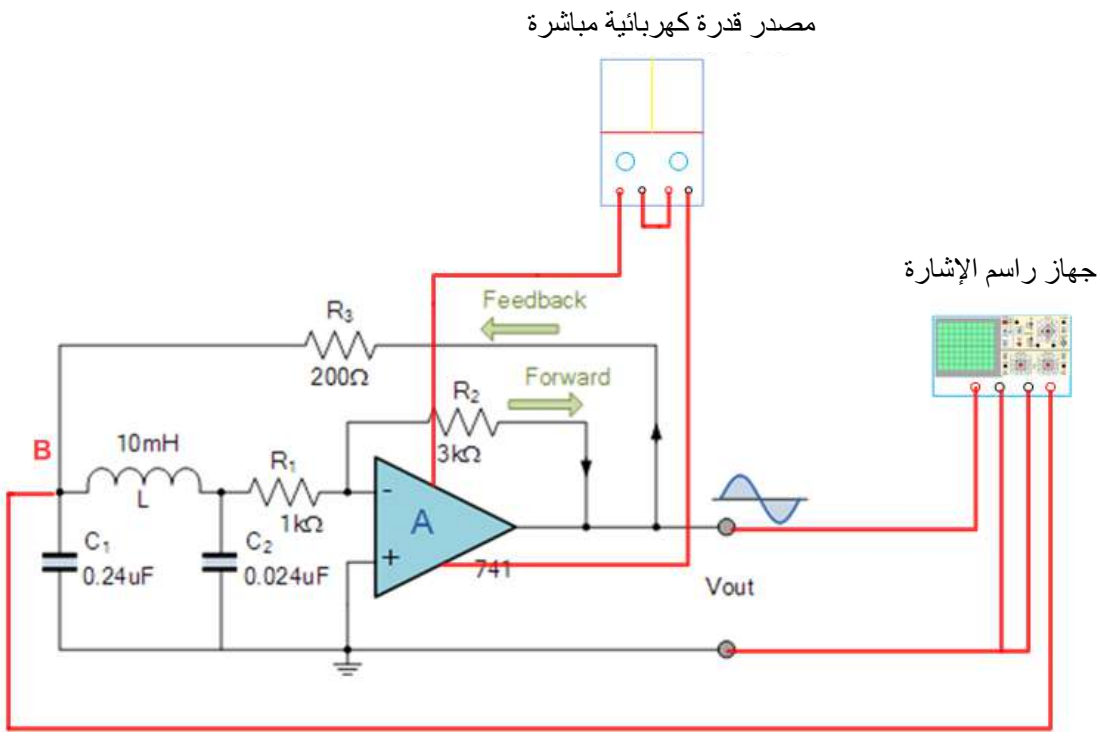
5- ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوّن النتائج في دفترك.

6- جد تردد الإشارة باستعمال العلاقة الآتية:

$$f_o = \frac{1}{2p\sqrt{\frac{LC_1.LC_2}{C_1 + C_2}}}$$

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الرابع: بناء دارة المذبذب البلوري

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مذبذب بلوري.

2- يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومات كربونية (110KΩ,1KΩ,680KΩ)، قدرة كل منها (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسعان (220/PF) 25 فولت.	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغا هيرتز).
3	مواسع متغير (100PF).	3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	ترانزستور (2N4265).	4- كاوي لحام (30-40) واط.
5	كريستالة (1-5 ميغا هيرتز).	
6	لوح توصيل.	
7	أسلاك توصيل.	
8	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (9) فولت، ثم صله بالدارة.

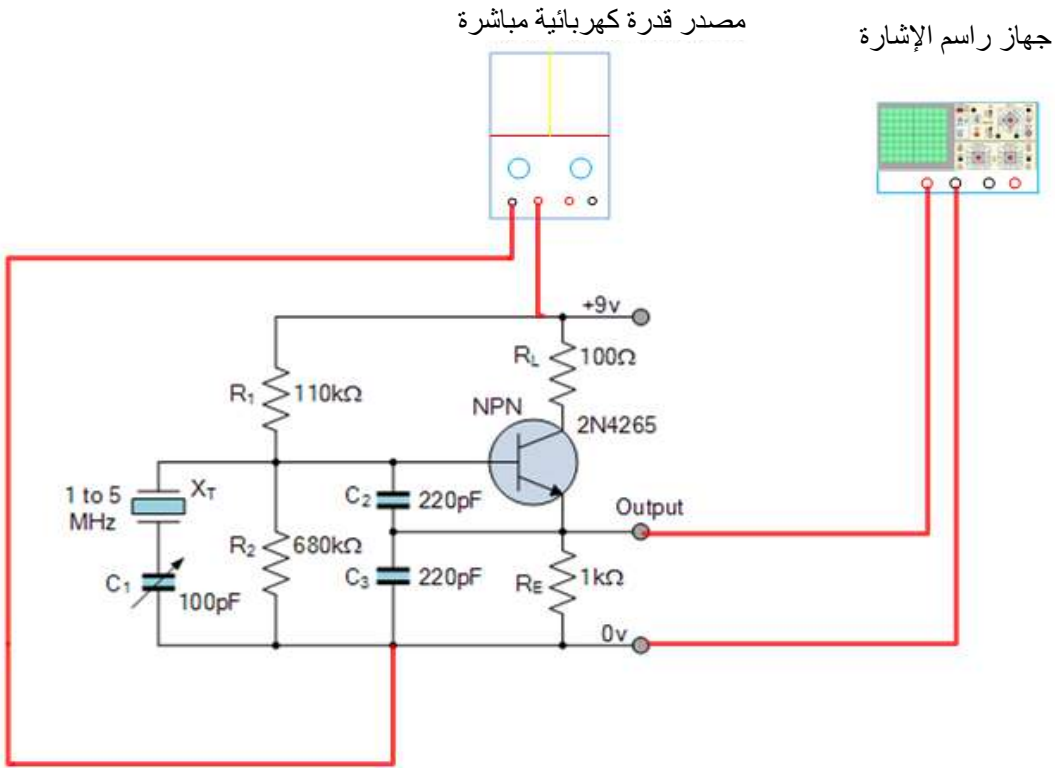
3- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

4- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة التغذية الراجعة عند مدخل النقطة (B)، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك.

5- ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الخامس: بناء دارة مذبذب الموجة المربعة والموجة المثلثة

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مذبذب الموجة المربعة والموجة المثلثة باستخدام مضخم العمليات.

2- يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (2X10KΩ,33kΩ)، قدرة كل منهما (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسعان (0.01µF) 25 فولت.	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مضخمان عمليات (A741).	3- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	لوح توصيل.	4- كاوي لحام (30-40) واط.
5	أسلاك توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (±10) فولت، ثم صله بالدارة.

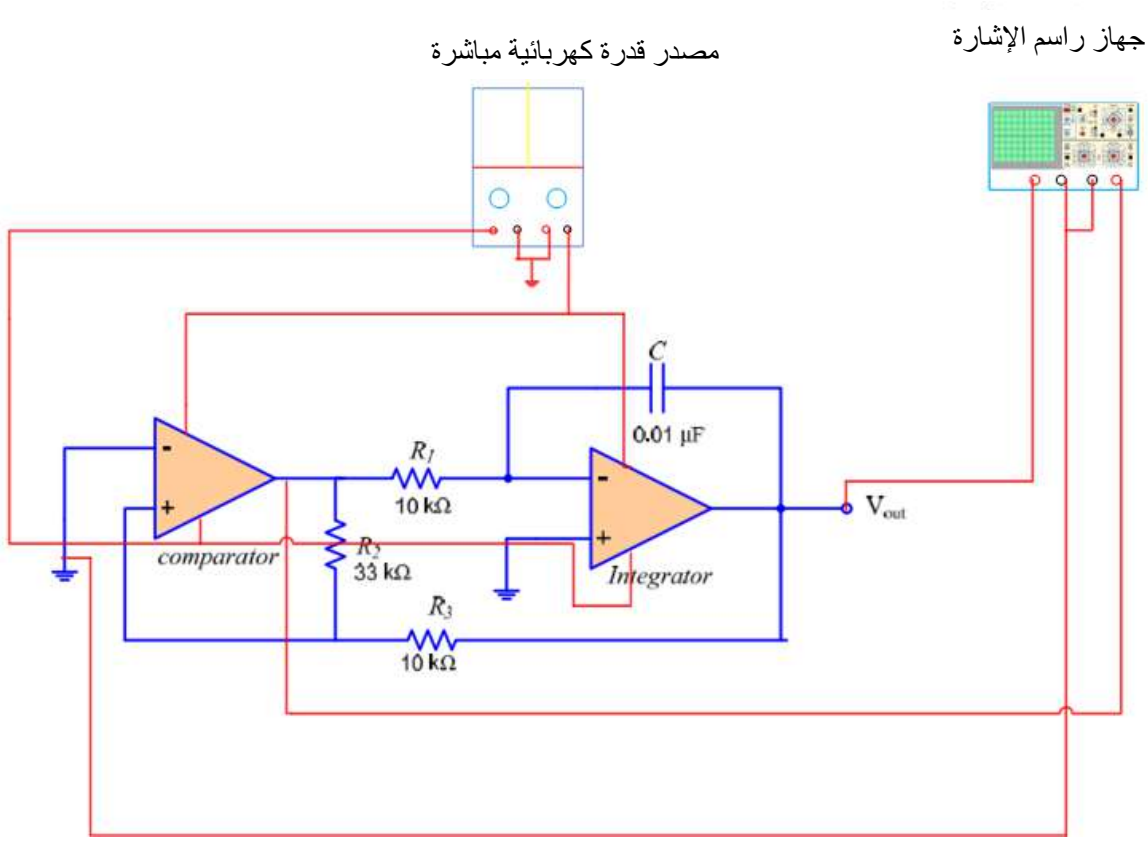
3- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الخرج (V_{out})، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

4- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية، على مخرج المقارن، ثم ارسم شكل الموجة، ثم جد التردد والفولتية للإشارة.

5- ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوِّن النتائج في دفترك.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين السادس: بناء دارة مذبذب متعدد الاهتزاز غير المستقر

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1. يبني دارة مذبذب متعدد الاهتزاز غير المستقر.
2. يتحقق من عمل الدارة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (1KΩX2,5KΩX2)، قدرة كل منهما (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة مزدوج (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسعان (220µF) 25 فولت.	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	ترانزستوران (2N3904).	3- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	ثنائي ضوئي أحمر وأخضر اللون.	4- كاوي لحام (30-40) واط.
5	لوح توصيل.	
6	أسلاك توصيل.	
7	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (9) فولت، ثم صله بالدارة.

3- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة شكل الإشارة على مجمع الترانزستور (T_{r2})، ومشاهدة شكل الإشارة على قاعدة الترانزستور (T_{r2}) بالترتيب، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك، ثم جد التردد والفولتية للإشارة، ثم دوّن النتائج في الجدول (1).

4- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة شكل الإشارة على مجمع الترانزستور (T_{r1})، ومشاهدة الإشارة على قاعدة الترانزستور (T_{r1}) بالترتيب، ثم ارسم شكل الموجة في دفترك، ثم جد التردد والفولتية للإشارة، ثم دوّن النتائج في الجدول (1).

خطوات العمل

5- صل أحد جهازي القياس الرقمي لقياس فولتية المجمع (V_{C2})، وفولتية القاعدة (V_{B2}) للترانزستور (T_{r2}) بالترتيب، ثم صل الجهاز الثاني لقياس فولتية المجمع (V_{C1})، وفولتية القاعدة (V_{B1}) للترانستور (T_{r1}) بالترتيب، ثم دوّن النتائج في الجدول (1).

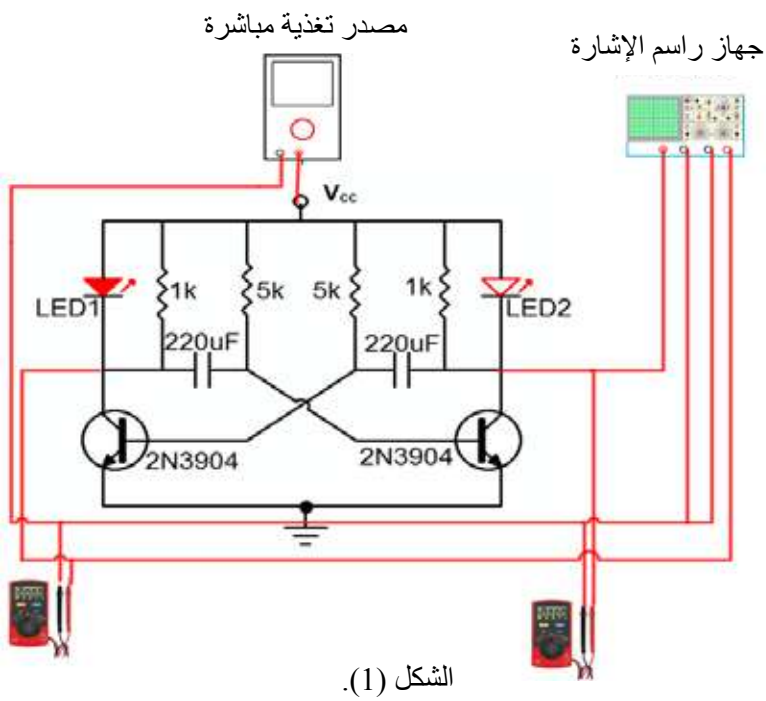
6- ارسم شكل إشارة الدخل وشكل إشارة الخرج لكل حالة، ثم قارن بينهما، ثم دوّن النتائج في الجدول (1).

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

T_{r2}	VC_2	VB_2	شكل الإشارة على القاعدة (B_2)	شكل الإشارة على المجمع (C_2)
T_{r1}	VC_2	VB_1	شكل الإشارة على القاعدة (B_1)	شكل الإشارة على المجمع (C_1)

الجدول (1).

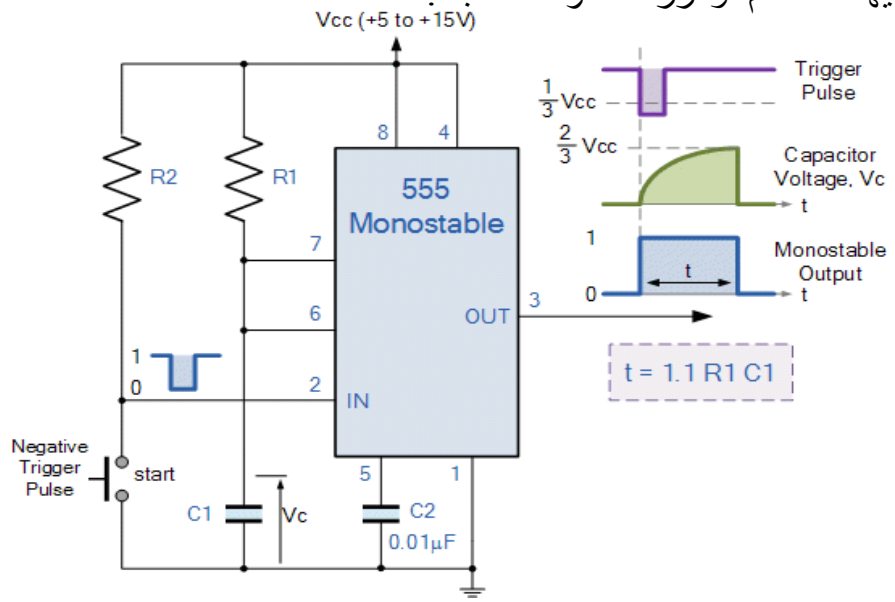
الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

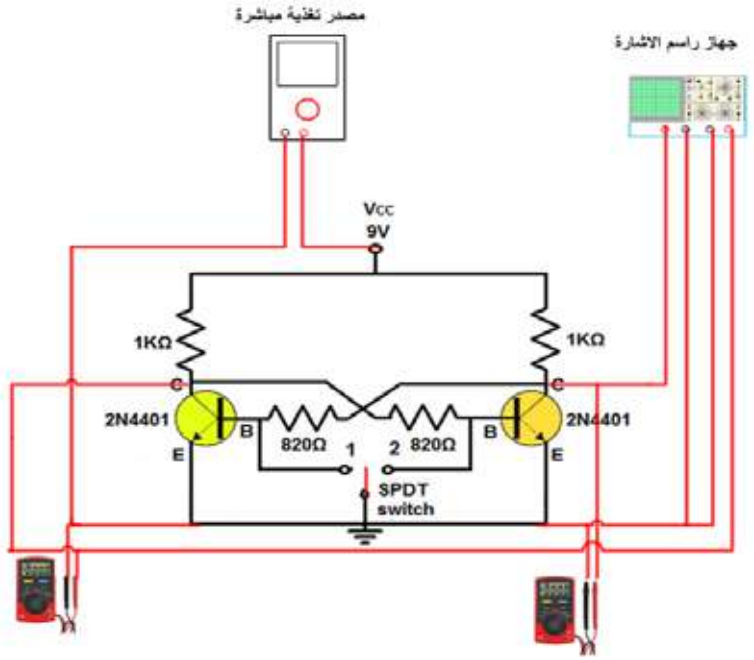
تمارين للممارسة العملية

أ– نفِّذ التمرين العملي الآتي المبين في الشكل (2) فرديًا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم، وكرِّر الخطوات السابقة.



الشكل (2).

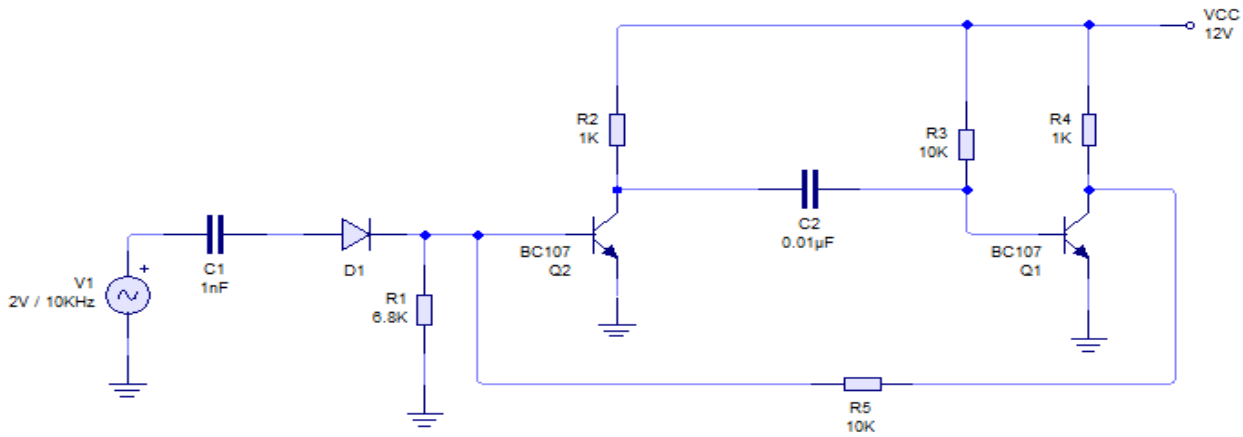
ب– نفِّذ تمرين بناء دارة مذبذب متعدد الاهتزاز ثنائي الاستقرار المبينة في الشكل (3).



الشكل (3).

جـ – أعد خطوات العمل بحسب توجيهات المعلم، ثم اكتبها في دفتر التدريب العملي.

د – نفِّذ تمرين بناء دارة مذبذب متعدد الاهتزاز أحادي الاستقرار المبينة في الشكل (4).



الشكل (4).

هـ – أعد خطوات العمل بحسب توجيهات المعلم، ثم اكتبها في دفتر التدريب العملي.

التمرين السابع: المازج

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مازج.

2- يدرس الخصائص العملية لدارة المازج.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (2.2KΩ، 120KΩ)، قدرة كل منهما (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	(4) مواسعات كيميائية: (0.047 µF، 470µ F، 2x1500p F).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	ترانزستور (SC167SM 2)، أو ما يكافئه.	3- جهازا مولد الإشارة (Function Generator).
4	مُحوِّل ترددات بينية تردده (455) كيلوهيرتز.	4- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	لوح توصيل (Breadboard).	5- كاوي لحام (30-40) واط.
6	أسلاك توصيل.	6- لوحة اختبار.
7	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط جهاز مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على (6) فولت، ثم صله بالدارة.

3- اضبط جهاز مولد الإشارة الأول على موجة جيبيه اتساعها ($3V_{p-p}$) فولت، وترددها (f_1=1155) كيلوهيرتز، ثم اضبط مولد الإشارة الثاني على موجة جيبية اتساعها ($0.5V_{P-P}$) فولت، وترددها (f_2=700) كيلوهيرتز، ثم صلهما بالدارة.

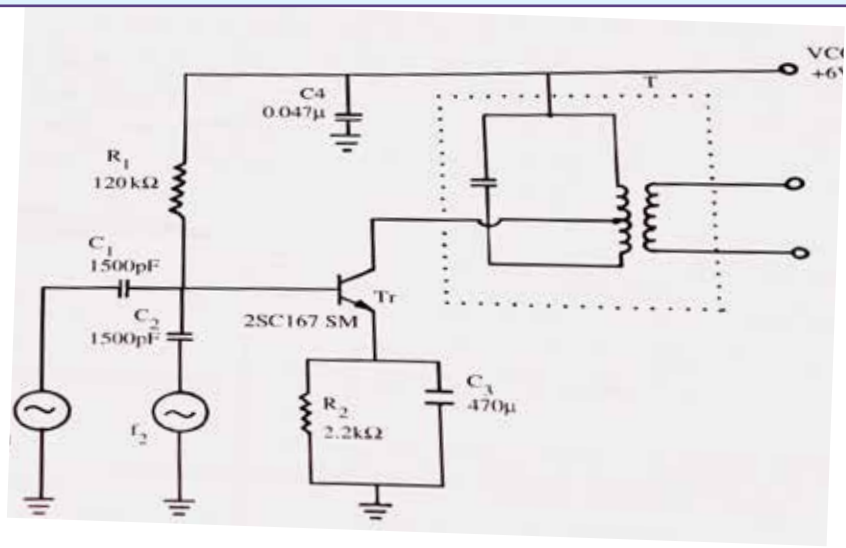
خطوات العمل

4- صل جهاز راسم الإشارة بخرج مُحوِّل الترددات البينية (T)، ثم ارسم شكل إشارة الخرج واتساعها، ثم دوِّن النتيجة في دفترك.

5- قد تحتاج إلى تغيير بسيط في تردد الإشارة (f_1) حتى تحصل على إشارة مناسبة في خرج مُحوِّل الترددات البينية.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

فكِّر

1- فيمَ يستفاد من المواسع (C4) في الدارة؟

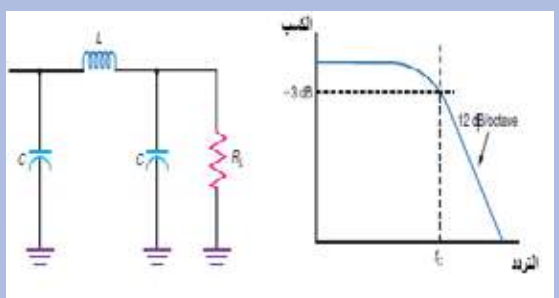
2- ما تردد (IF) في الدارة؟

رابعًا: المرشحات
(Filters)

النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف أنواع المرشحات، واستخداماتها.
- يبني دارة مرشح تمرير منخفض.
- يبني دارة مرشح تمرير عالٍ.
- يبني دارة مرشح إيقاف النطاق.
- يبني دارة مرشح تمرير النطاق.
- يبني دارة مرشح باستخدام مضخم العمليات.



انظر... وتساءل

انظر الشكل (5-74)، ثم بيِّن كيف يتسنّى لك الاستماع إلى محطة إذاعية واحدة على الرغم من وجود عديد من إشارات المحطات التي تُؤثِّر في هوائي المذياع في الوقت نفسه؟

يُستخدَم لذلك المرشحات التي تعد من الدارات الكهربائية المهمة. تعتمد المرشحات في عملها على المواسعات والملفات، وتختلف الاستجابة الترددية للمرشح باختلاف عدد العناصر المستخدمة، وطريقة ربط بعضها ببعض.

الشكل (5-74): المذياع (الراديو).

استكشف

- ما أهم دارات الاتصالات التي يستخدم فيها المرشح؟

اقرأ وتعلَّم

تعرَّفت سابقًا كيفية الحصول من المازج على ترددات متنوعة. ولكن، كيف يمكن الحصول على ترددات معينة وإزالة الترددات غير المرغوب فيها؟ تعرَّفت أيضًا دارات الرنين، وكيفية الحصول على التردد المطلوب، وستتعرَّف في هذا الدرس المقصود بالمرشح، ومكوناته، وأهميته، وأنواعه.

1- المرشح:

دارة كهربائية تتحكم في إشارة الخرج طبقًا لتردد إشارة الدخل عن طريق انتقاء النطاق الترددي المرغوب الإرسال والاستقبال فيه، وتوهين (أو التخلص من) الترددات غير المرغوب فيها. يمكن أيضًا استخدام المرشحات بوصفها دارات تعمل على منع التردد المنغمة عليها دارة المرشح، وتسمح بمرور الترددات الأخرى. ففي أنظمة الاتصالات تستخدم المرشحات لفصل الإشارة المطلوبة عن الإشارات الأخرى حتى تحد من تأثير التداخلات بين القنوات المتجاورة. أمّا في الأنظمة الرقمية فتستخدم المرشحات للتخلص من الترددات التي تحدث نتيجة أخذ العينات (sampling) والتقريب لقيم صحيحة في حال الإرسال. أمّا عند الاستقبال فإنه يتعيَّن ترشيح الإشارة الخارجة؛ لإزالة الترددات العادية الناتجة من إعادة تكوين الإشارة المرسلة.

2- أنواع المرشحات:

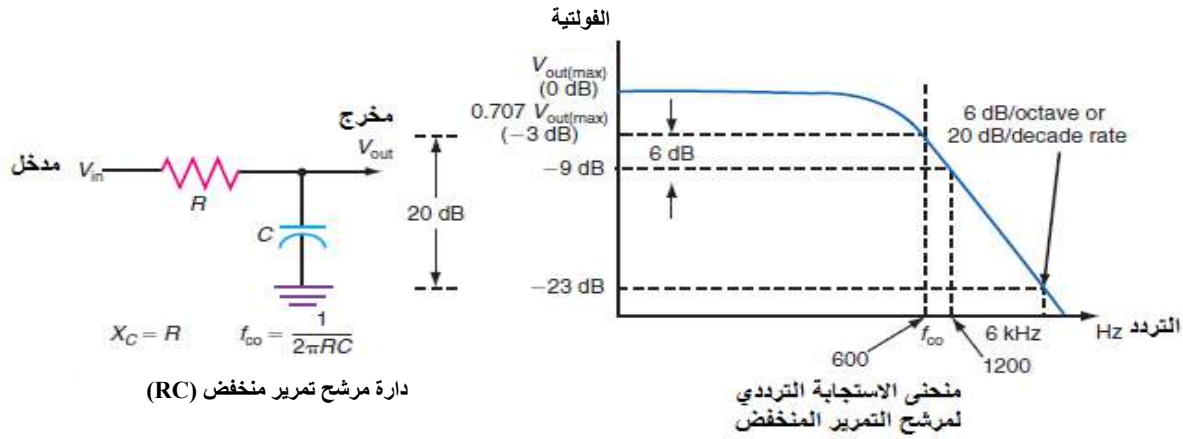
يمكن تصنيف المرشحات تبعًا للنطاق الذي يمرره المرشح إلى أربعة أنواع، هي:

أ – مرشحات تمرير الترددات المنخفضة (Low Pass Filter: LPF):

يُمرِّر مرشح تمرير التردد المنخفض الترددات المنخفضة من صفر حتى تردد يُطلَق عليه اسم تردد القطع (f_c)، ويمنع مرور الترددات فوق تردد القطع، ويعطى تردد القطع بالعلاقة الآتية:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

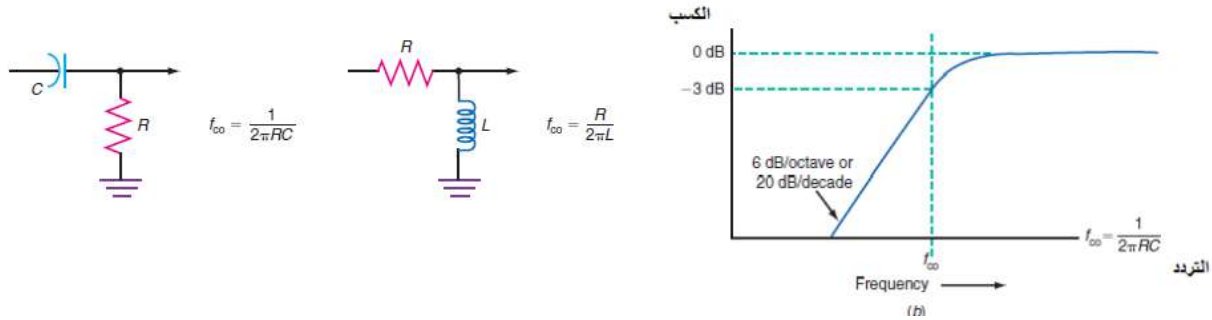
يوضح الشكل (5-75) دارة مرشح تمرير منخفض، ومنحنى الاستجابة الترددية له.



الشكل (5-75): دارة مرشح تمرير منخفض، ومنحنى الاستجابة الترددية له.

ب- مرشحات تمرير الترددات العالية (High Pass Filter: HPF):

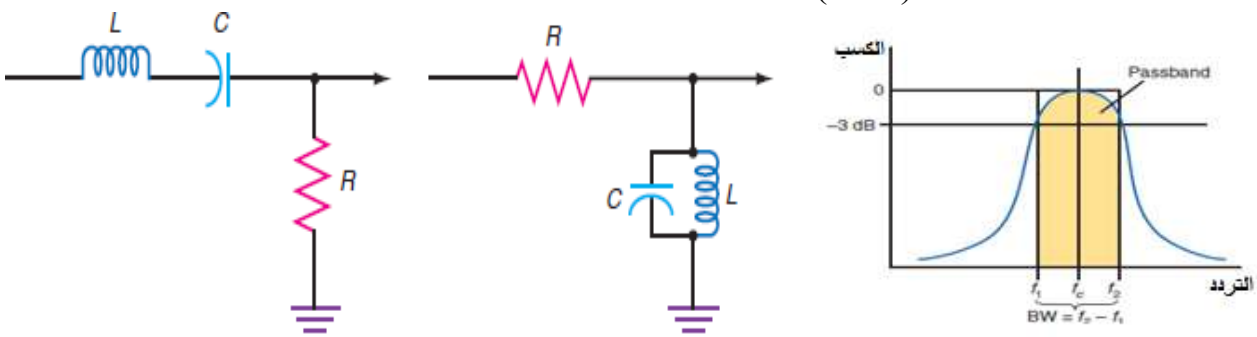
يُمرِّر هذا المرشح الترددات العالية فوق تردد القطع، ويمنع مرور الترددات المنخفضة من دون تردد القطع، انظر الشكل (5-76).



الشكل (5-76): دارة مرشح تمرير عالٍ، ومنحنى الاستجابة الترددية له.

جـ - مرشحات تمرير النطاق (Band Pass Filter: BPF):

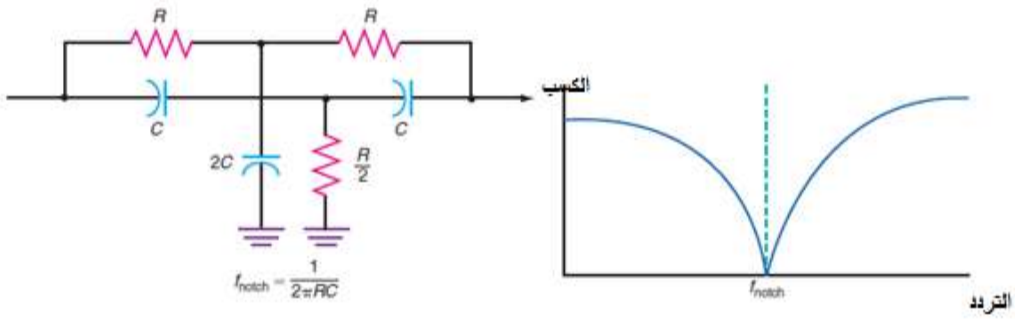
يُمرِّر مرشح تمرير النطاق ترددات في نطاق معين بين تردد القطع1 (f_{c1}) وتردد القطع 2 (f_{c2})، ويمنع مرور بقية الترددات، ومنه ما يكون عرض نطاقه ضيقًا، ومنه ما يكون عرض نطاقه عريضًا، انظر الشكل (5-77).



الشكل (5-77): دارة مرشح تمرير النطاق، ومنحنى الاستجابة الترددية له.

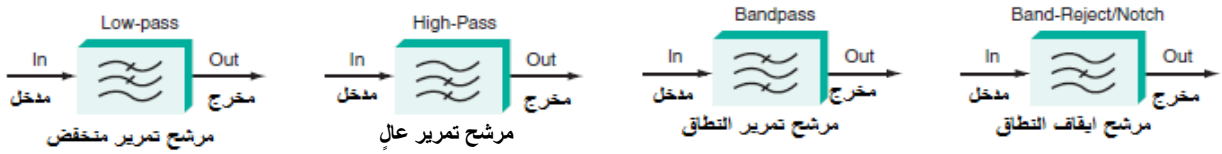
د- مرشحات إيقاف النطاق (Band Stop Filter: BSF):

يمنع هذا المرشح مرور ترددات محددة في نطاق معين محصور بين تردد القطع 1 (f_{c1}) وتردد القطع 2 (f_{c2})، ويُمرِّر بقية الترددات. يبين الشكل (5-78) دارة مرشح إيقاف النطاق، ومنحنى الاستجابة الترددية له.



الشكل (5-78): دارة مرشح إيقاف النطاق، ومنحنى الاستجابة الترددية له.

يبين الشكل (5-79) الرموز الكهربائية للمرشحات.



الشكل (5-79): الرموز الكهربائية للمرشحات.

تستخدم هذه المرشحات في مجالات عِدَّة، أهمها: أنظمة الاتصالات التماثلية والرقمية، والبث الإذاعي والتلفزيوني، والأنظمة الإلكترونية المختلفة.

يمكن أيضًا تصنيف المرشحات بناءً على تركيب الدارة الكهربائية والعناصر المستخدمة إلى عِدَّة أنواع، منها:

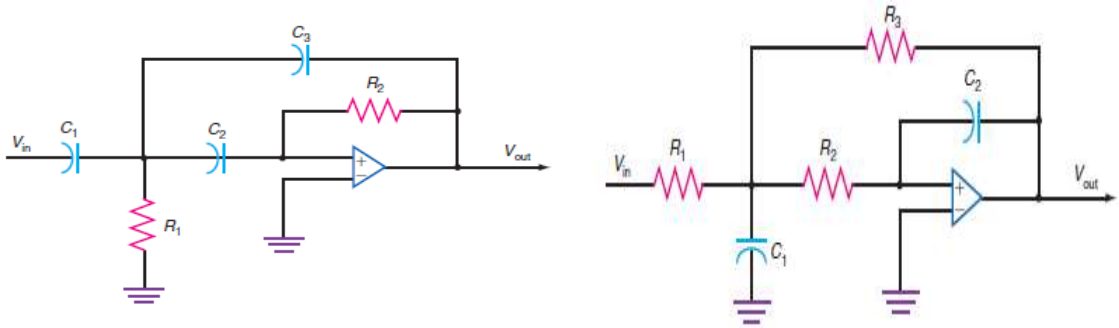
أ - المرشحات غير الفعالة (الخاملة) (Passive Filters):

تتكون هذه المرشحات من العناصر الإلكترونية غير الفعالة، مثل: الملفات، والمواسعات، والمقاومات المادية. ولبساطة مكونات هذه المرشحات؛ فإنه من السهل تنفيذ داراتها، ومن عيوبها أنها تسبب بعض الفقد في الإشارات المارة بها.

ب- المرشحات الفعالة (Active Filters):

يعتمد هذا النوع من المرشحات على وجود العناصر الإلكترونية الفعالة، مثل: الترانزستورات، والمضخمات (Operational Amplifier)، إضافة إلى المقاومات والمواسعات، ولا تستخدم الملفات؛ لأنها كبيرة الحجم ومكلفة، وهي تسبب مجالات مغناطيسية تُؤثِّر سلبًا في الخصائص الترددية للمرشح. من مزايا هذه المرشحات أن العناصر الفعالة تُعوِّض الفقد الناتج في الإشارة عن طريق إعطاء كسب للإشارات لتعويض الفقد. ومن مزاياها أيضًا إمكانية ضبط قدرة الإشارة الخارجة منها، والتغذية بتيار مباشر.

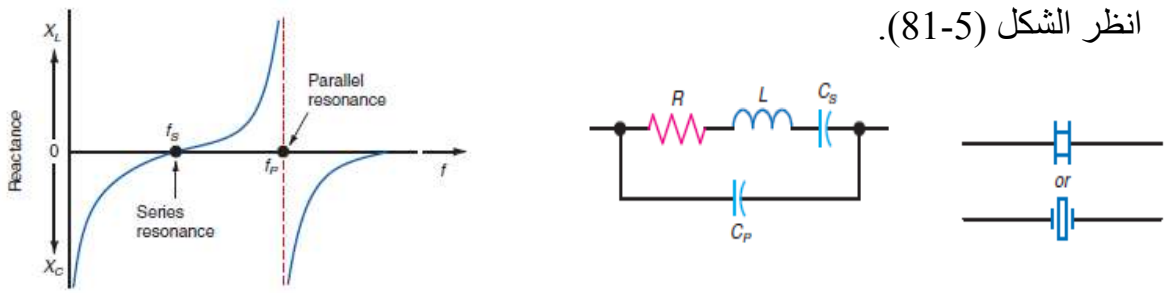
يبين الشكل (5-80) مرشح تمرير منخفض، ومرشح تمرير عالٍ باستخدام مضخم عمليات.



الشكل (5-80): مرشح تمرير منخفض، ومرشح تمرير عالٍ باستخدام مضخم عمليات.

جـ - المرشحات البلورية (Quartz Crystal):

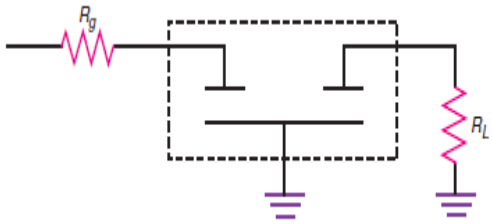
تتركب هذه المرشحات من بلورة من الكوارتز (الكريستال) لها خصيصة البيزوالكهربائية، وهي تكافئ دارة رنين على التوالي وعلى التوازي، ويتوقف تردد الرنين على سُمْك البلورة وحجمها، انظر الشكل (5-81).



الشكل (5-81): مرشح بلورة الكوارتز (الرمز الكهربائي، الدارة المكافئة، منحنى الاستجابة الترددية).

أولًا: معلومة إثرائية

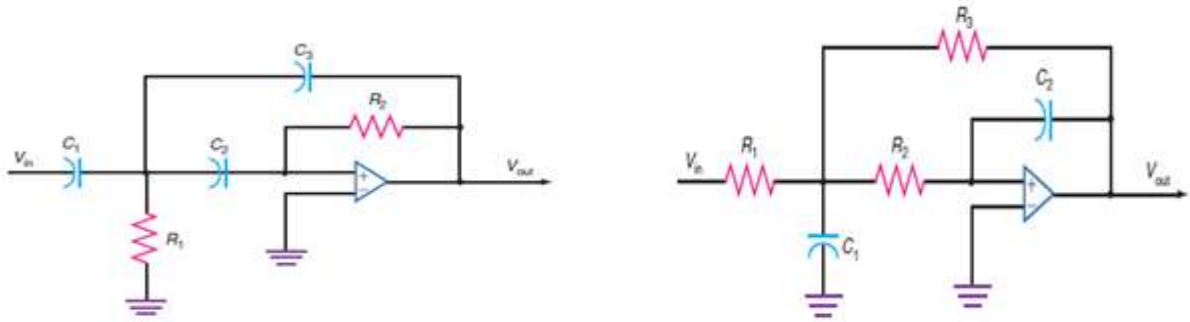
توجد مرشحات سيراميك صغيرة الحجم، ورخيصة الثمن، وهي تستخدم في أجهزة الإرسال والاستقبال، وتستخدم بوصفها مرشح تمرير النطاق لتردد (455 kHz)، وتردد (10.7 MHz)، انظر الشكل (5-82).



الشكل (5-82): مرشح سيراميك.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عن مبدأ عمل كل من الدارات المبينة في الشكل (5-83)، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقش زملاءَك فيه، ثم اعرضه على معلمك.



الشكل (5-83).

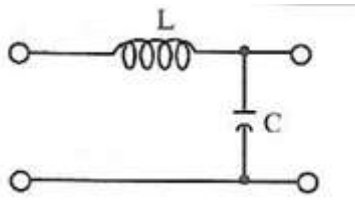
ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن خصيصة البيزوالكهربائية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقش زملاءَك فيه، ثم اعرضه على معلمك.

القياس والتقويم

1- هل تعد دارات الرنين دارات ترشيح؟

2- كيف يمكن الحصول على دارة مرشح تمرير التردد المنخفض في صورة (T) و(π) باستخدام دارة مرشح تمرير الترددات المنخفضة المبينة في الشكل (5-84)؟

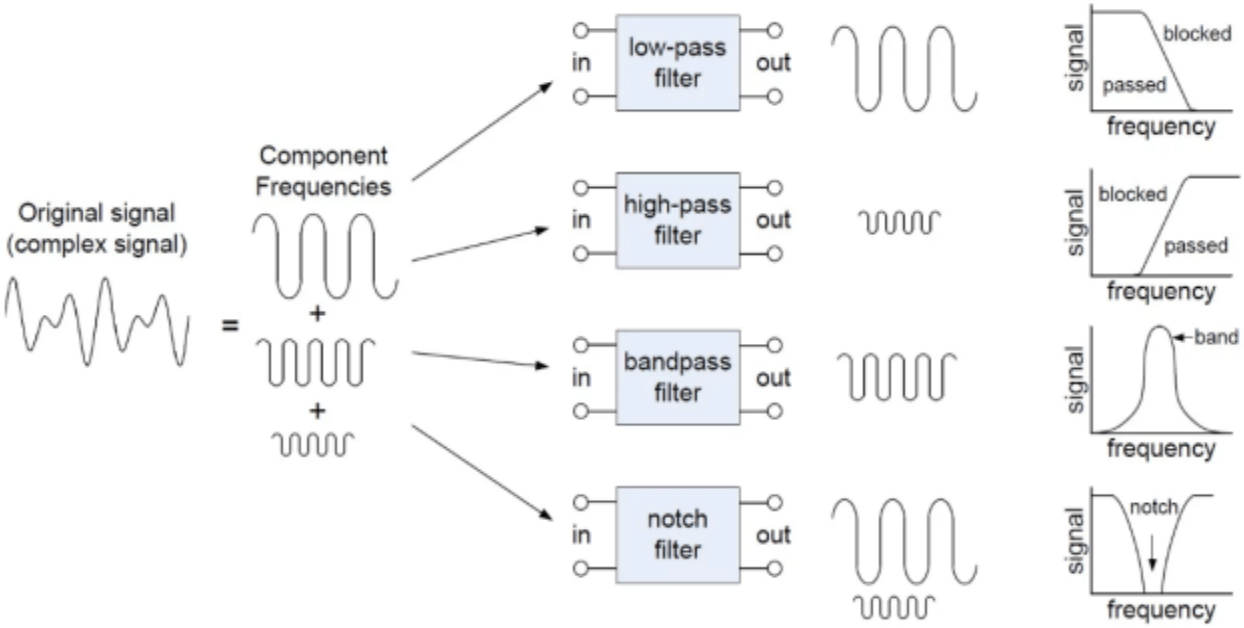


الشكل (5-84).

3- مستعينًا برسم منحنى الاستجابة الترددية، ما الفرق بين مرشح تمرير النطاق ومرشح إيقاف النطاق؟

4- ارسم دارة مرشح تمرير النطاق في صورة (T)، ورمزه الكهربائي.

الخريطة المفاهيمية



التمرين الأول

المرشحات غير الفعالة (مرشح تمرير الترددات المنخفضة)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مرشح تمرير الترددات المنخفضة باستخدام مقاومة ومواسع.

2- يدرس منحنى استجابة مرشح تمرير الترددات المنخفضة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية(10KΩ) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-60) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسع كيميائي (0.1 µF).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل (Breadboard).	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	أسلاك توصيل.	4- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	لحام قصدير.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
		6- لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها ($1V_{p-p}$) فولت، وترددها (f1=10) هيرتز، ثم صله بالدارة.

3- دوِّن اتساع إشارتي المدخل (Vi)، والمخرج (Vo).

4- كرِّر الخطوة الثانية المرفقة بالجدول (1).

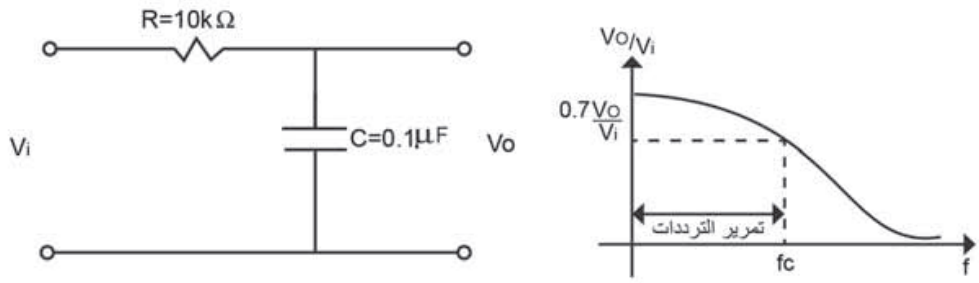
5- جد تردد القطع باستعمال العلاقة الآتية: $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

Frequency (Hz)	10	50	100	150	200	250	300
Vi (v)							
Vo (v)							
Gain							

الجدول (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1): دارة تمرير الترددات المنخفضة، ومنحنى الاستجابة الترددية.

التمرين الثاني
المرشحات غير الفعالة (مرشح تمرير الترددات العالية)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مرشح تمرير الترددات العالية باستخدام مقاومة ومواسع.

2- يدرس منحنى استجابة مرشح لتمرير الترددات العالية.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية (4.7KΩ) (0.5W).	1. مصدر فولتية مباشرة (0-60) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسع كيميائي (0.1 µF)	2. راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل (Breadboard).	3.جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	أسلاك توصيل	4. جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)
5	لحام قصدير.	5. كاوي لحام (30-40) واط.
		6. لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها ($1V_{p-p}$) فولت، وترددها (f_1=50) هيرتز، ثم صله بالدارة.

3- دوِّن اتساع إشارتي المدخل (V_i)، والمخرج (V_o).

4- كرِّر الخطوة الثانية للترددات المعطاة في الجدول (1).

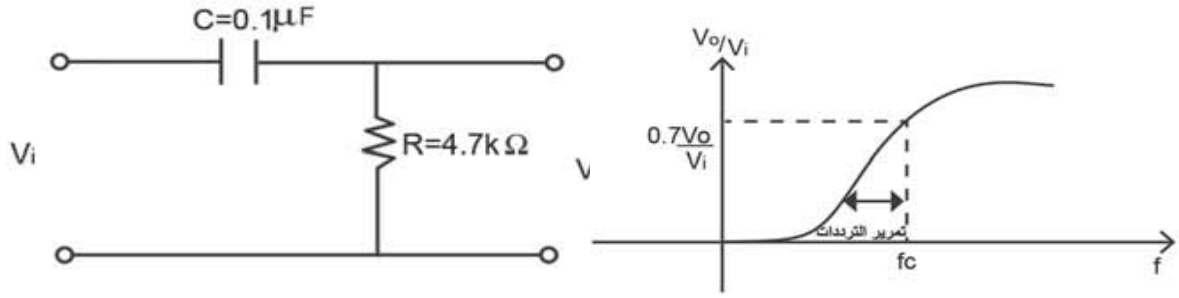
5- جد تردد القطع باستعمال العلاقة الآتية: $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

Frequency (Hz)	50	100	200	150	250	300	350	400	450
Vi (v)									
Vo (v)									
Gain									

الجدول (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الثالث: المرشحات غير الفعالة (مرشح تمرير النطاق)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مرشح تمرير النطاق باستخدام ملفات ومواسعات.

2- يدرس منحنى استجابة مرشح تمرير النطاق.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مواسعات كيميائية (10 µF,2x5µF).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	ملفات (10 mH,2x5mH).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل (Breadboard).	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	أسلاك توصيل.	4- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	لحام قصدير.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
		6- لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها ($10V_{p-p}$) فولت، وترددها (f_1=100) هيرتز، ثم صله بالدارة.

3- دوّن اتساع إشارتي المدخل (Vi)، والمخرج (Vo).

4- كرّر الخطوة الثانية للترددات المرفقة بالجدول (1).

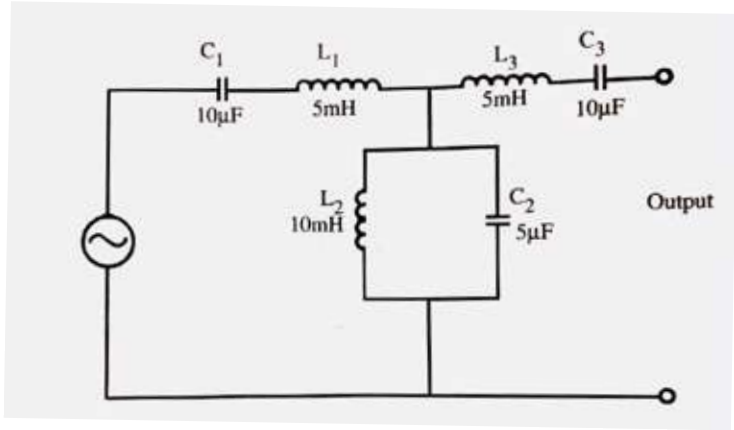
5- ارسم منحنى الاستجابة الترددية لهذا المرشح.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

التردد (هيرتز)	100	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	1000
الاتساع (فولت)									

الجدول (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الرابع: المرشحات غير الفعالة (مرشح إيقاف النطاق)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مرشح إيقاف النطاق، باستخدام ملفات ومواسعات.

2- يدرس منحنى استجابة مرشح إيقاف النطاق.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مواسعات كيميائية (5 µF,2x10µF).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	ملفات (10 mH,2x5mH).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل (Breadboard).	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	أسلاك توصيل.	4- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	لحام قصدير.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
		6- لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها ($10V_{p-p}$) فولت، وترددها (f_1=100) هيرتز، ثم صله بالدارة.

3- دوِّن اتساع إشارتي المدخل (V_i)، والمخرج (V_o).

4- كرِّر الخطوة الثانية للترددات المعطاة في الجدول (1).

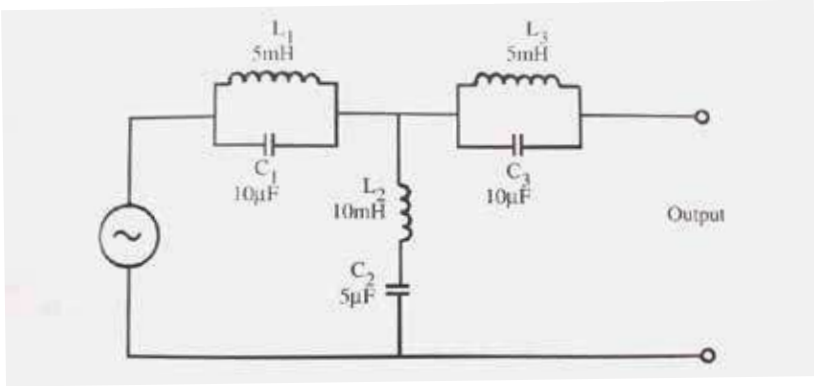
5- ارسم منحنى الاستجابة الترددية لهذا المرشح.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

التردد (هيرتز)	100	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	1000
الاتساع (فولت)									

الجدول (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1): دارة مرشح إيقاف النطاق.

التمرين الخامس

المرشحات الفعالة (مرشح تمرير الترددات المنخفضة)

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يبني دارة مرشح تمرير الترددات المنخفضة باستخدام مضخم العمليات (741).

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (2X1kΩ10kΩ)، قدرة كل منهما (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسع كيميائي (0.1 µF).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مضخم عمليات (741).	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	لوح توصيل (Breadboard).	4- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	أسلاك توصيل.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
6	لحام قصدير.	6- لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها ($1V_{p-p}$) فولت، وترددها (f_1=10) هيرتز، ثم صله بالدارة.

3- دوِّن اتساع إشارتي المدخل (Vi)، والمخرج (Vo)، ومقدار الكسب (Gain).

4- كرِّر الخطوة الثانية للترددات المعطاة في الجدول (1).

5- ارسم منحنى الاستجابة الترددية.

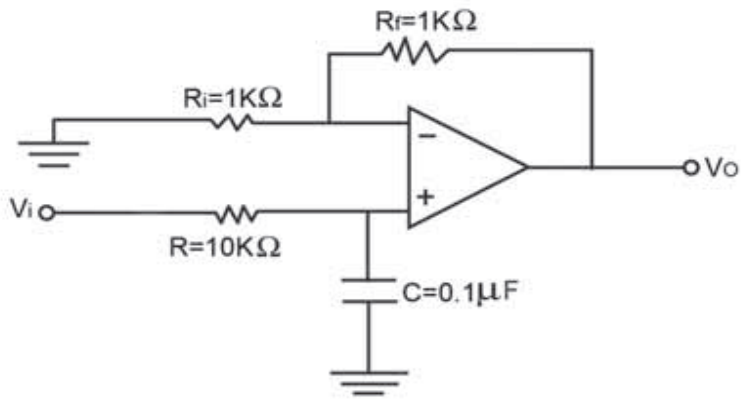
6- جد مقدار الكسب.

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

Frequency (Hz)	10	50	100	150	200	250	300
Vi (v)							
Vo (v)							
Gain							

الجدول (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- يبني دارة مرشح تمرير الترددات العالية باستخدام مضخم عمليات (741).

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (4.7KΩ، 1KΩ X2)، قدرة كل منهما (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مواسع كيميائي (0.1 µF).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مضخم عمليات (741).	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	لوح توصيل (Breadboard).	4- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	أسلاك توصيل.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
6	لحام قصدير.	6- لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها ($1V_{p-p}$) فولت، وترددها (f1=50) هيرتز، ثم صله بالدارة.

3- دوِّن اتساع إشارتي المدخل (Vi)، والمخرج (Vo)، ومقدار الكسب (Gain).

4- كرِّر الخطوة الثانية للترددات المعطاة في الجدول (1).

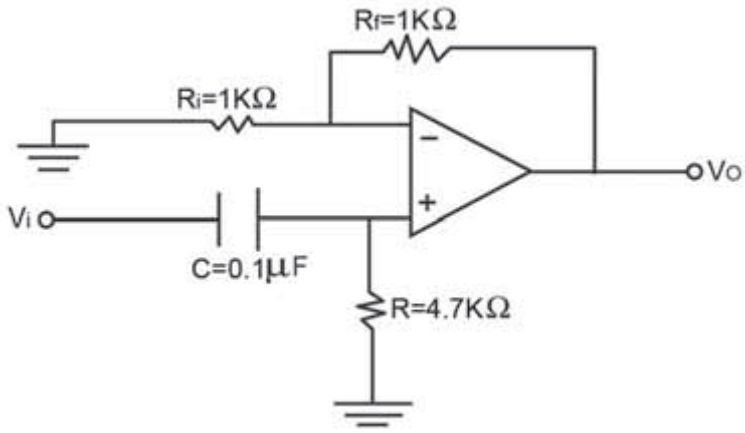
5- جد مقدار الكسب.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

Frequency (Hz)	50	100	200	150	250	300	350	400	450
Vi (v)									
Vo (v)									
Gain									

الجدول (1).

الرسوم التوضيحية



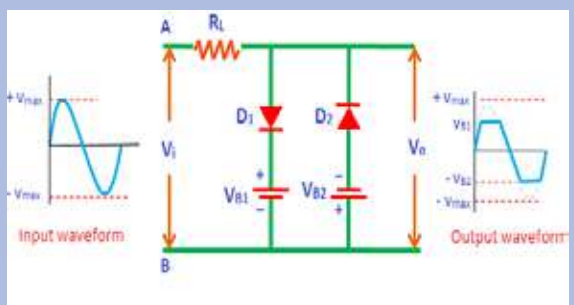
الشكل (1).

خامسًا: دارات التحديد ودارات التثبيت
(Clipper & Clamper Circuits)

النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف دارة التحديد.
- يبني دارة تحديد الفولتية.
- يتعرف إشارة خرج دارة التحديد.
- يتعرف دارة التثبيت.
- يتعرف أنواع دارات التثبيت.
- يتعرف استخدامات دارات التثبيت.
- يبني دارة التثبيت.



انظر... وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء.. والتوسع

القياس والتقويم

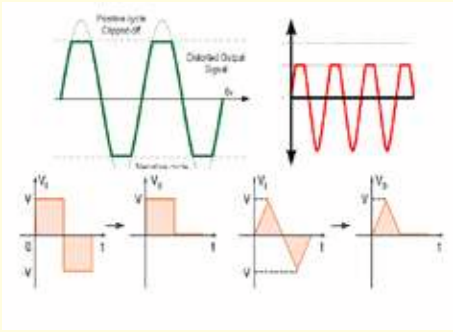
الخريطة المفاهيمية

انظر وتساءل

هل تعرف أشكالًا للإشارات غير الإشارات الجيبية؟

إذا كانت إجابتك بالإيجاب، فما مجالات استخدامها؟

يمكن تغيير شكل الإشارة الجيبية باستخدام دارات تشكيل النبضات، فتنتج إشارة متعددة الأشكال يستفاد منها في بعض التطبيقات العملية، انظر الشكل (5-85).



الشكل (5-85): بعض أشكال الإشارات الكهربائية.

استكشف

- ممَّ تتركب دارة التحديد؟ ما أهميتها؟ ما خصائصها؟
- ما الدارات الإلكترونية والكهربائية التي تستخدم فيها دارات التحديد؟

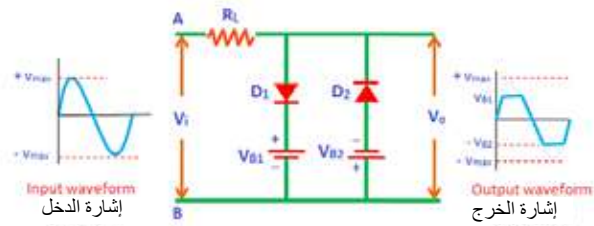
اقرأ وتعلَّم

نعلم جيدًا أن الأجهزة الإلكترونية حساسة للفولتية، وأن تعريضها لفولتية اتساعها كبير قد يتلفها؛ لذا صُمِّمت دارات التحديد لمنع الفولتية الداخلة في الدارة من اجتياز القيمة المحددة المطلوبة.

1- دارات تحديد الإشارة:

أ - مكونات دارة تحديد الإشارة:

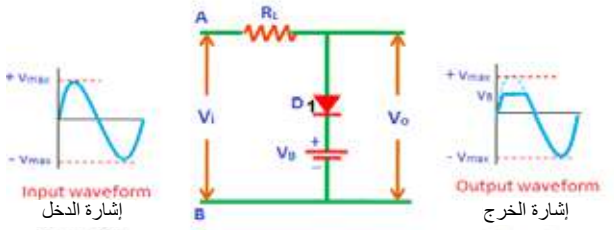
تتكون دارة التحديد من ثنائيين، ومقاومة، ومصدري فولتية مرجعية. تعمل هذه الدارة على حذف أجزاء من إشارة الدخل، ويظهر القطع في إشارة الخرج، انظر الشكل (5-86).



الشكل (5-86): دارة تحديد من ثنائيين ومصدرين للفولتية.

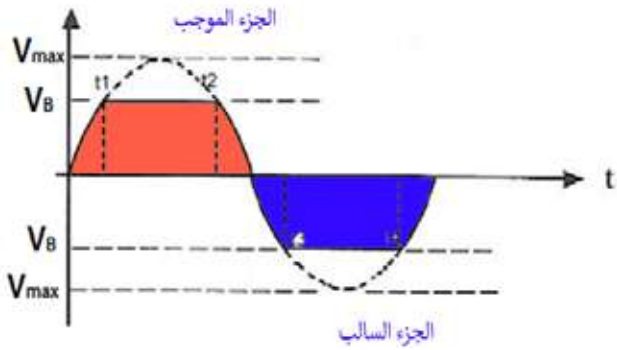
ب - مبدأ عمل دارة التحديد:

عند تطبيق إشارة جيبية على مدخل دارة التحديد المبينة في الشكل (5-87)، وفي النصف الموجب من إشارة الدخل،



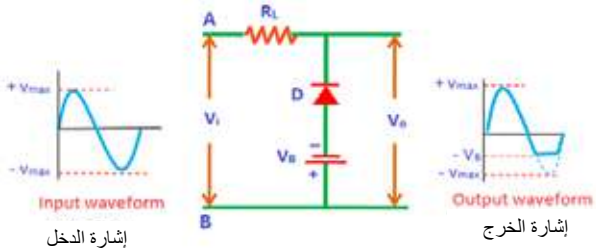
الشكل (5-87): دارة التحديد للجزء الموجب.

يكون الثنائي (D_1) منحازًا انحيازًا أماميًا بالنسبة إلى فولتية المصدر (V_i)، ومنحازًا انحيازًا عكسيًا بتأثير فولتية البطارية (V_B). بدايةً، تكون فولتية البطارية (V_B) أعلى من فولتية الإشارة (V_i) في المدة من ($t=0$) إلى ($t=t_1$)، انظر الشكل (5-88)، فيكون الثنائي (D_1) منحازًا انحيازًا عكسيًا، لذلك تظهر الإشارة (V_B) على مخرج الدارة، وعندما تصبح فولتية إشارة الدخل (V_i) أعلى من فولتية البطارية (V_B) يصبح الثنائي (D_1) منحازًا انحيازًا أماميًا، فلا تظهر أي إشارة على مخرج الدارة، ويستمر ذلك حتى ($t=t_2$)، ثم يعود (D_1) إلى وضع الانحياز العكسي.



الشكل (5-88): إشارة خرج دارة التحديد.

من المعلوم أن الثنائي يُمثِّل في حالة الانحياز العكسي دارة مفتوحة؛ لذا تكون إشارة الخرج هي إشارة الدخل نفسها. أمّا في حالة الانحياز الأمامي من موجة الإشارة فيُمثِّل الثنائي دارة قصر؛ لذا تكون إشارة الخرج هي فولتية المصدر (V_i)، فيُقطَع الجزء الواقع بين (t_2,t_1) من إشارة الدخل. يبين الشكل (5-89) عمل دارة التحديد في النصف السالب من موجة إشارة الدخل في حالة ($V_{B1}=V_{B2}$)، وتكون فيها إشارة الخرج مربعة تقريبًا.



الشكل (5-89): عمل دارة التحديد في النصف السالب.

جـ - استخدامات دارات التحديد:

في ما يأتي أهم استخدامات دارات التحديد:

مزودات الطاقة، الإرسال والاستقبال التلفازي، توليد الإشارات المربعة والمستطيلة وشبه المنحرف، تحديد الضجيج في إرسال التضمين الترددي، تحديد إشارات خرج المضخمات، حماية الدارات الإلكترونية من قيم الفولتية العالية.

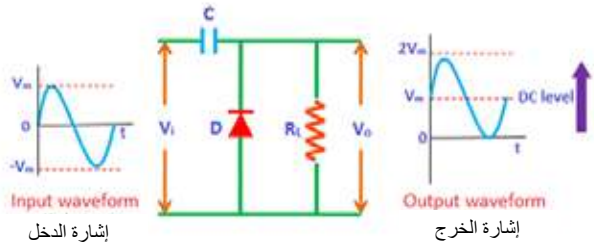
2- دارات تثبيت الإشارة:

يتعيَّن أحيانًا إبقاء الموجة كما هي، ولكن بإزاحة الإشارة بقيم موجبة أو سالبة محددة. ولعمل ذلك، تُستخدَم دارة التثبيت. فما الذي يميز دارة التثبيت؟ كيف تُستعمَل لإزاحة الإشارة إلى مستوى فولتية مباشرة (DC) معينة؟

دارات التثبيت هي دارات إلكترونية تعمل على إزاحة الإشارة بقيم موجبة أو سالبة محددة؛ بأن يضاف إلى هذه الإشارة فولتية مباشرة (DC) تساوي القيمة العظمى للموجة (V_{max})، وتكون هذه الإزاحة موجبة أو سالبة. ولكن، متى تكون موجبة؟ متى تكون سالبة؟ هل تكون هذه الإزاحة أكبر من (V_{max})؟ ما أهميتها؟ ما خصائصها واستخداماتها؟

أ - مكونات دارة التثبيت:

تتكون دارة التثبيت في أبسط أشكالها من ثنائي، ومقاومة، ومواسع، وتكون موصولة كما في الشكل (5-90)، حيث يُلاحَظ وجود إزاحة عمودية للإشارة الخارجة.



الشكل (5-90): دارة تثبيت موجبة.

ب- أنواع دارات التثبيت:

1. **دارة تثبيت موجبة:** عند تطبيق إشارة كهربائية متناوبة على مدخل الدارة المبينة في الشكل (5-90)، يُلاحَظ ما يأتي:

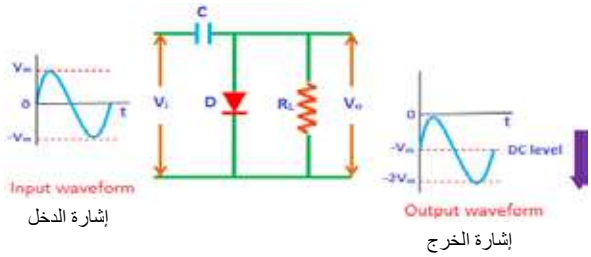
أ . **في نصف الدورة السالب لإشارة الدخل المتناوبة**، يكون الثنائي (D) منحازًا انحيازًا أماميًا، حيث يسمح الثنائي للتيار بالمرور خلاله، فيتدفق التيار إلى المواسع (C)، ويُشحَن المواسع إلى القيمة العظمى لفولتية الدخل (V_{max})، وتصبح الفولتية على المواسع (V_{max})، ويحتفظ المواسع بهذه الفولتية.

ب. **في نصف الدورة الموجب لإشارة الدخل المتناوبة**، يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي، ولا يسمح الثنائي للتيار الكهربائي بالمرور خلاله، فتظهر إشارة الدخل مباشرة على خرج الدارة (R_L). عندئذٍ تساوي الفولتية الخارجة:

$$V_o = V_{max} + V_{max} = 2V_{max}$$

من المُلاحَظ أن الفولتية الخارجة قد انزاحت بقيمة ثابتة مقدارها (V_{max}).

2. دارة تثبيت سالبة: عند تطبيق إشارة كهربائية متناوبة على مدخل الدارة المبينة في الشكل (5-91)، يُلاحَظ ما يأتي:



إشارة الدخل
إشارة الخرج

الشكل (5-91): دارة تثبيت سالبة.

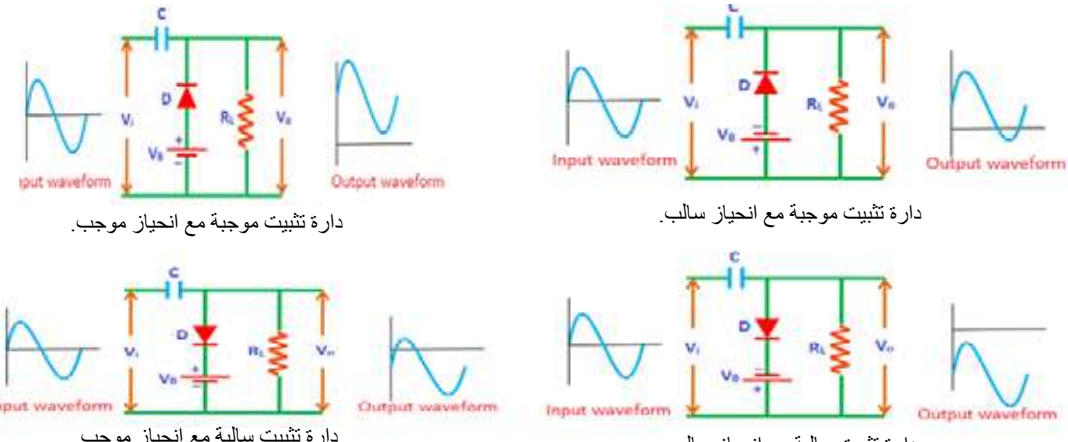
أ. في نصف الدورة الموجب لإشارة الدخل المتناوبة، يكون الثنائي (D) منحازًا انحيازًا أماميًا، حيث يسمح الثنائي للتيار بالمرور خلاله، فيتدفق التيار إلى المواسع (C)، ويُشحَن المواسع إلى القيمة العظمى لفولتية الدخل ($-V_{max}$)، وتصبح الفولتية على المواسع ($-V_{max}$)، ويحتفظ المواسع بهذه الفولتية.

ب. في نصف الدورة السالب لإشارة الدخل المتناوبة، يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي، ولا يسمح الثنائي للتيار الكهربائي بالمرور خلاله، فتظهر إشارة الدخل مباشرة على خرج الدارة (R_L). عندئذٍ تساوي الفولتية الخارجة:

$$V_o = -V_{max} + -V_{max} = -2V_{max}$$

من المُلاحَظ أن الفولتية الخارجة قد انزاحت بقيمة ثابتة مقدارها ($-V_{max}$).

3. دارة تثبيت مع انحياز: يمكن التحكم في قيمة إزاحة الموجة إلى الأعلى أو إلى الأسفل بقيمة أكبر أو أقل؛ سواء لدارة التثبيت الموجبة، أو دارة التثبيت السالبة، وذلك بإضافة مصدر فولتية مباشرة على التوالي إلى الثنائي، انظر الشكل (5-92).



دارة تثبيت موجبة مع انحياز سالب.
دارة تثبيت موجبة مع انحياز موجب.
دارة تثبيت سالبة مع انحياز سالب.
دارة تثبيت سالبة مع انحياز موجب.

الشكل (5-92): دارات التثبيت مع انحياز.

جـ - استخدامات دارات التثبيت:

في ما يأتي أهم استخدامات دارات التثبيت:

حماية المضخمات، إزالة تشوهات الإشارة، ترميم التيار المباشر، استخدامها مُثبِّتًا للخط الأساسي، استخدامها في معدات معالجة الفيديو مثل التلفاز، استخدامها بوصفها مضاعفة فولتية، استخدامها بوصفها أجهزة فحص كما في تطبيقات الرادار.

أولًا: معلومات إثرائية

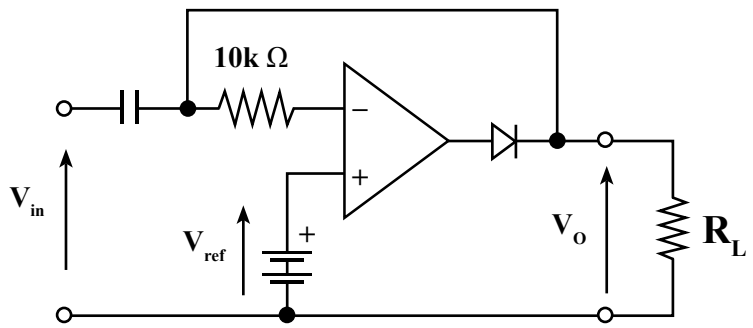
- تُسمَّى دارات التحديد أيضًا دارات القطع.
- تختار قيمة المقاومة والمواسع، بحيث يكون الثابت الزمني قليلًا؛ ما يؤدي إلى شحن المواسع وتفريغه سريعًا.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عن استخدام دارة محدد الاتساع في كاشف فوسترسيلي، وكيف أنها تمنع أي تغيرات في اتساع الإشارة البينية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن كيفية عمل دارة تثبيت باستخدام مضخم عمليات كما في الشكل (5-93)، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.



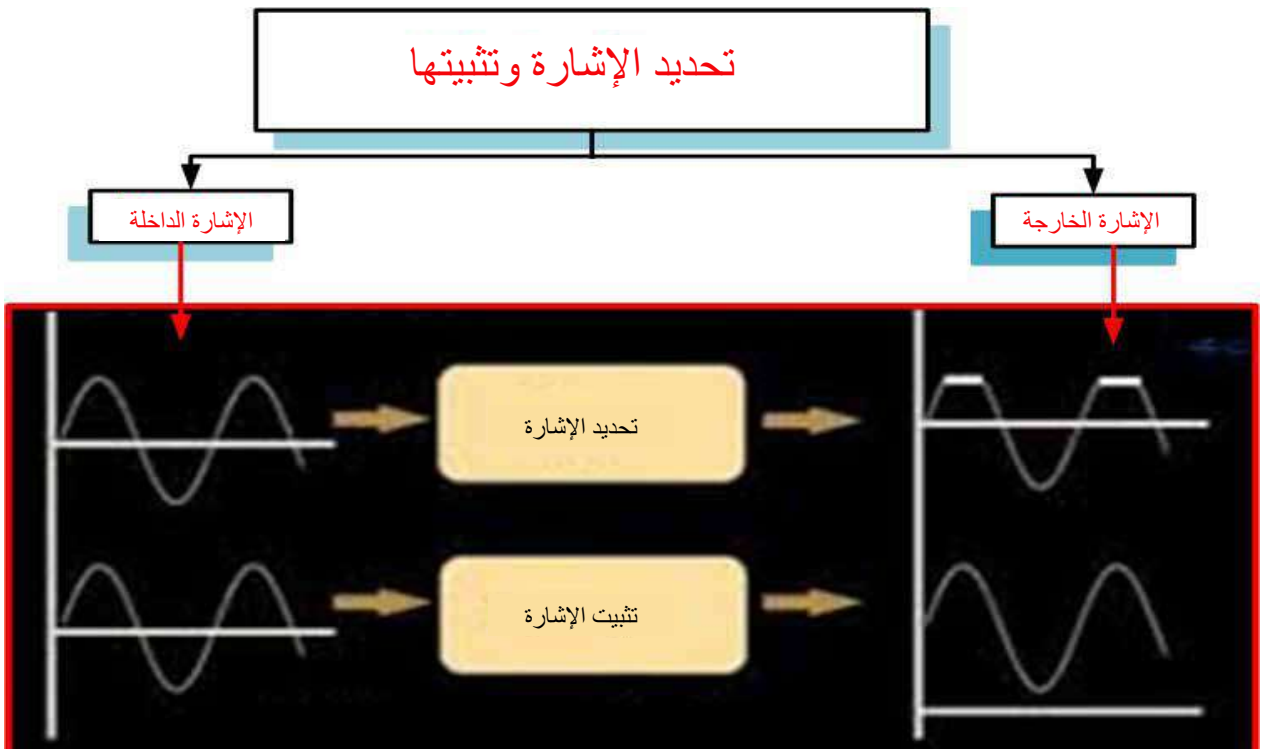
الشكل (5-93): دارة تثبيت باستخدام مضخم عمليات.

القياس والتقويم

1-اشـرح مبـدأ عمـل الـدارة المبينـة فـي الشـكل (5-89) التـي تمثـل عمـل دارة التحديـد فـي النصـف السـالب مـن موجـة الإشـارة.

2- عدِّد أنواع دارات التثبيت.

الخريطة المفاهيمية



التمرين الأول: دارة التحديد

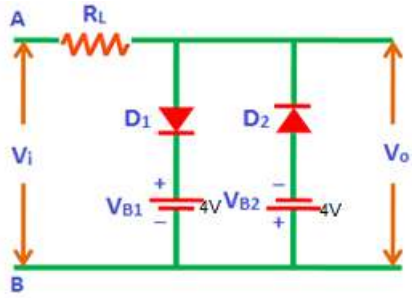
نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة تحديد.

2- يدرس إشارة خرج دارة التحديد.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية ثابتة (1KΩ) (0.5W).	1- مصدرا فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	ثنائي (1N4001)، أو ما يكافئه.	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	لوح توصيل (Breadboard).	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	أسلاك توصيل.	4- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	لحام قصدير.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
		6- لوحة اختبار.

خطوات العمل	الرسوم التوضيحية
1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1). 2- اضبط مصدري الفولتية الكهربائية المباشرة على (4) فولت، ثم صلهما بالدارة. 3- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية اتساعها ($10V_{P-P}$)، وترددها (1KHz)، ثم صله بالدارة.	 الشكل (1).

خطوات العمل
4- صل جهاز راسم الإشارة بخرج الدارة، ثم ارسم شكل إشارة الخرج، وجد اتساعها، ثم دوِّن النتيجة في دفترك. 5- افصل مصدري الفولتية الكهربائية المباشرة، ثم ارسم شكل إشارة الخرج وجد اتساعها، ثم دوِّن النتيجة في دفترك. 6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1. يبني دارة تثبيت.
2. يدرس الخصائص العملية لدارة التثبيت.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية (1MΩ) (0.5W).	1- مصدرا فولتية مباشرة (30-0) فولت/ 1 أمبير.
	ثنائي (1N4007) أو ما يكافئه.	2- راسم إشارة (قناتان/20 ميغاهيرتز).
2	مواسع كيميائي (4.7 µF).	3- جهاز مولد الإشارة (Generator Function).
3	لوح توصيل (Breadboard).	4- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
4	أسلاك توصيل.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
5	لحام قصدير.	6- لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1/أ).

2- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية اتساعها ($10V_{P-P}$)، وترددها (1KHz)، ثم صله بالدارة.

3- صل جهاز راسم الإشارة بخرج الدارة، ثم ارسم شكل إشارة الخرج، وجد اتساعها، ثم دوِّن النتيجة في دفترك.

4- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1/ب).

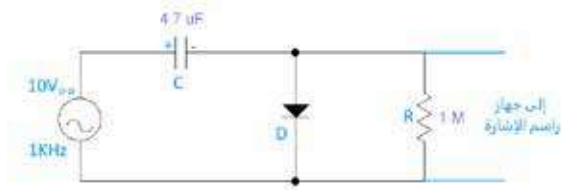
5- اضبط جهاز مولد الإشارة للحصول على موجة جيبية اتساعها ($10V_{P-P}$)، وترددها (1KHz)، ثم صله بالدارة.

خطوات العمل
6- صل جهاز راسم الإشارة بخرج الدارة، ثم ارسم شكل إشارة الخرج، وجد اتساعها، ثم دوِّن النتيجة في دفترك. 7- املأ الفراغ في الجدول (1). 8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

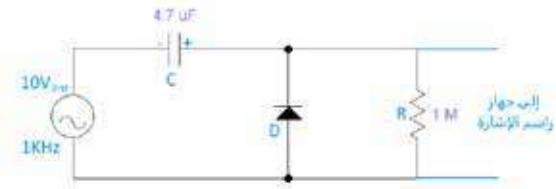
اسم التثبيت	تثبيت سالب		تثبيت موجب	
الإشارة (Wave Form)	I/P	O/P	I/P	O/P
الاتساع (Amplitude)				
زمن الإشارة (Time Period)				

الجدول (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1/أ).



الشكل (1/ ب).

الشكل (1): دارة تثبيت.

سادسًا: الموهنات والمسويات
(Attenuators &Equalizers)

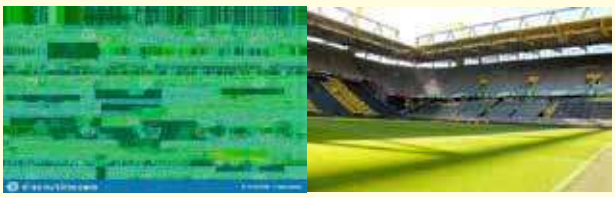
النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف مبدأ الموهن.
- يتعرف استخدام الموهن.
- يتعرف مبدأ عمل المسوي.
- يتعرف أنواع المسويات.
- يبني دارة موهن ثابت.
- يدرس الخصائص العملية لدارة الموهن.
- يحسب مستوى التوهين للموهن الثابت.
- يدرس الخصائص العملية لدارة المسوي.

انظر... وتساءل

عند توزيع قناة تلفازية على مجموعة غرف، نُلاحَظ قوة الإشارة في المناطق القريبة من المضخم، وضعفها في المناطق البعيدة عنه كما في الشكل (5-94) عند زيادة قوة المضخم الرئيس؛ ما يؤدي إلى زيادة قوة الإشارة لجميع المناطق؛ وهو ما يُؤثِّر سلبًا في المناطق التي تستقبل الإشارة القوية، فكيف يمكن توحيد قوة الإشارة لجميع المناطق؟



الشكل (5-94): إشارة تلفازية ضعيفة، وأخرى قوية.

يستخدم الموهن لتضعيف الإشارة في المناطق التي يراد تضعيف قوة الإشارة فيها دون غيرها.

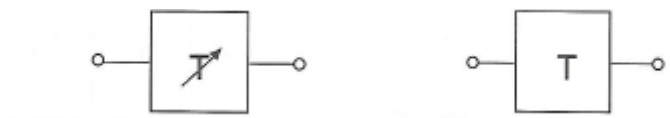
استكشف

- فيمَ يستفاد من توهين الإشارة؟ ما المقصود بالموهن؟ ما الذي يميزه؟
- كيف يُعادَل الخطأ في الإشارة المُستقبَلة؟
- كيف يوصَل المسوي في الدارات الإلكترونية؟

اقرأ وتعلَّم

1-الموهنات:

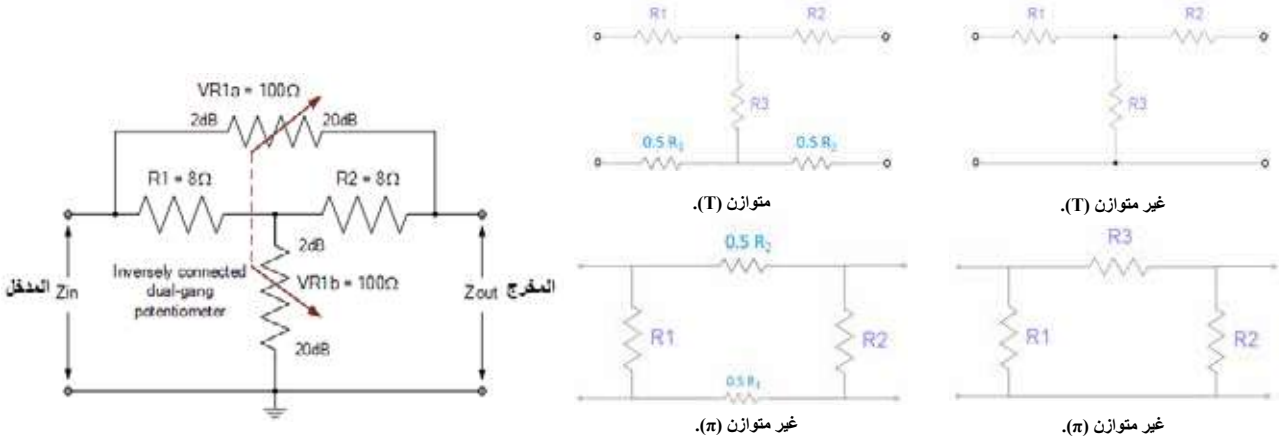
دارات إلكترونية تعمل على توهين مستوى الإشارة الكهربائية بقيمة ثابتة، فيُسمّى الموهن في هذه الحالة موهنًا ثابتًا، وقد تعمل دارة الموهن على توهين مستوى الإشارة الكهربائية بقيمة متغيرة، فيُسمّى الموهن في هذه الحالة موهنًا متغيرًا، انظر الشكل (5-95). ولكن، ممَّ يتركب الموهن؟



الشكل (5-95): الرمز الكهربائي للموهن الثابت، والموهن المتغير.

تُصنَّف الموهنات إلى متوازنة، وغير متوازنة، وتكون على شكل (T)، أو(π) باستخدام المقاومات الثابتة كما في الشكل (5-96)، ويُعبَّر عن مستوى التوهين بالديسبل (dB).

يوجد أيضًا الموهن المتغير على شكل (T)، أو شكل (π) باستخدام المقاومات المتغيرة، انظر الشكل (5-97).



الشكل (5-96): موهن ثابت متوازن، وآخر غير متوازن.

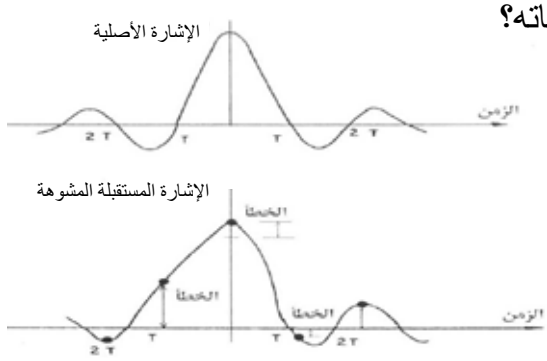
الشكل (5-97): دارة موهن متغير.

تستخدم الموهنات لتخفيض اتساع الإشارة المُستقبَلة؛ حفاظًا على أجهزة القياس من التلف، وكذلك تستخدم في مناطق الإشارة التي يراد التحكم في درجتها. توجد أيضًا بعض الموهنات المتغيرة التي يستخدم فيها الثنائي (PIN diode)، أو الترانزستور (FET)، ويستفاد منها في عمل تغيير مستمر لمستوى الإشارة، والوفاء بمتطلبات دارات (RF).

2- المسويات (Equalizers):

عند انتقال الإشارة الصوتية في خطوط النقل (خطوط غير مثالية)، يحدث تشويه للإشارة. ولكن، كيف يمكن التغلب على التشويه الناتج؟

المسوي: دارة إلكترونية تُصحِّح التشوهات الطارئة على الإشارات نتيجة مرورها في الدارات الإلكترونية أو خطوط النقل. تعمل المسويات على تصحيح الخطأ في الإشارة المُستقبَلة، وذلك بإضافة القيمة المكافئة للتشويه الحادث أو طرحها، عند نقطة أخذ العينات ...T,2T، انظر الشكل (5-98). ولكن، ما رمز المسوي؟ ما عمله؟ ما استخداماته؟

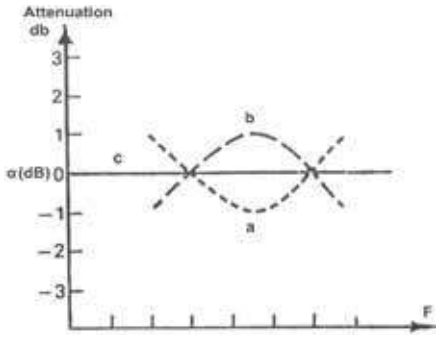


الشكل (5-98): طريقة معادلة الخطأ في الإشارة المستقبلة.

أ ـ عمل المسويات:

عند نقل الإشارة، ونتيجة لمرورها في الدارات الإلكترونية أو خطوط النقل؛ يحدث للإشارة نقص في مستوى معين، وعند تردد معين.

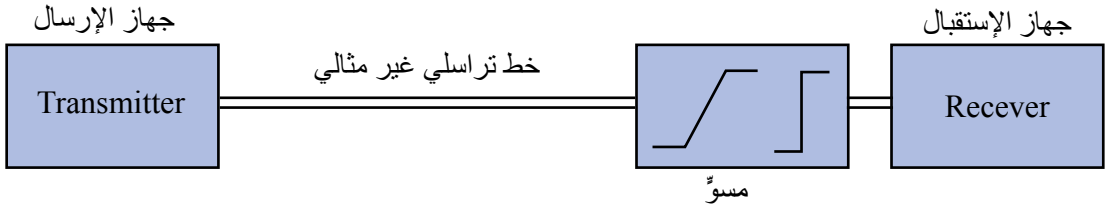
تعمل أجهزة المسويات على تضخيم الإشارة بقيمة الاضمحلال الذي حدث لها، انظر الشكل (5-99) الذي يبين منحنى الاستجابة الترددية لخط النقل. فعند وجود نقص في مستوى الإشارة كما في المنحنى (b)، فإن أجهزة المسويات تقوم بالتضخيم كما هو مبين في المنحنى (a)، فيظل مستوى الإشارة ثابتًا كما في المنحنى (c).



الشكل (5-99): منحنى الاستجابة الترددية لخط نقل.

ب- توصيل المسويات:

يوصَل المسوي عند نهاية خط النقل من جهة الاستقبال؛ ما يُمكِّن وحدة الاستقبال من ملاحظة إجمالي خط النقل، حيث يكون أقرب إلى الحالة المثالية كما في الشكل (5-100)، عندئذٍ، لا تَلحظ وحدة الاستقبال منحنى استجابة الخط، وإنما تلحظ محصلة منحنى الاستجابة للخط مع وحدة المسوي الممثل بالخط (c) كما في الشكل (5-99).



الشكل (5-100): توصيل المسويات على خط النقل.

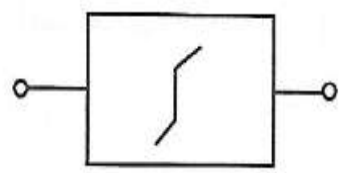
جـ - أنواع المسويات:

تُصنَّف المسويات من حيث الإعداد إلى نوعين، هما:

1. **المسويات الثابتة الإعداد (Preset Equalizers):** وفيها تكون معاملات المسويات ثابتة لا تتغير.
2. **المسويات المتكيفة (Adaptive Equalizers):** وفيها تتغير قيم معاملات المسويات تلقائيًا؛ لتوائم القياسات المأخوذة لخطوط النقل التي تتغير بمرور الزمن.

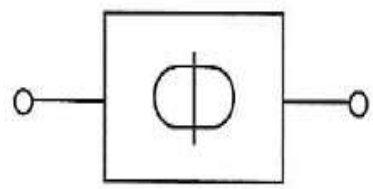
تُصنَّف المسوّيات بحسب نوع التضمين إلى نوعين، هما:

1. مسويات الاتساع (Amplitude Equalizers): تستخدم هذه المسويات لتصحيح تشوه اتساع الإشارة (Amplitude distortion) الناتج من اختلاف تضخيم مركباتها أو توهينها؛ لاختلاف الاستجابة الترددية للوسط الذي تمر فيه، انظر الشكل (5-101).



الشكل (5-101): الرمز الكهربائي لمسوي الاتساع.

2. مسويات الطور (Phase Equalizers): تستخدم هذه المسويات لتصحيح تشوه طور الإشارة (Phase Distortion) الناتج من اختلاف زمن انتقال مركباتها بحسب ترددها؛ إذ تصل الترددات العالية قبل الترددات المنخفضة، ويعمل المسوي على جعل زمن انتقال مختلف الترددات ذا قيمة ثابتة، انظر الشكل (5-102).



الشكل (5-102): الرمز الكهربائي لمسوي الطور.

أولًا: معلومات إثرائية

- يستخدم الموهن في أنظمة الميكروويف للتحكم في مستوى الإشارة.
- تستخدم المسويات لتصحيح التشوهات الطارئة على الإشارات في أثناء انتقالها خلال خطوط النقل، أو الدارات الإلكترونية.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

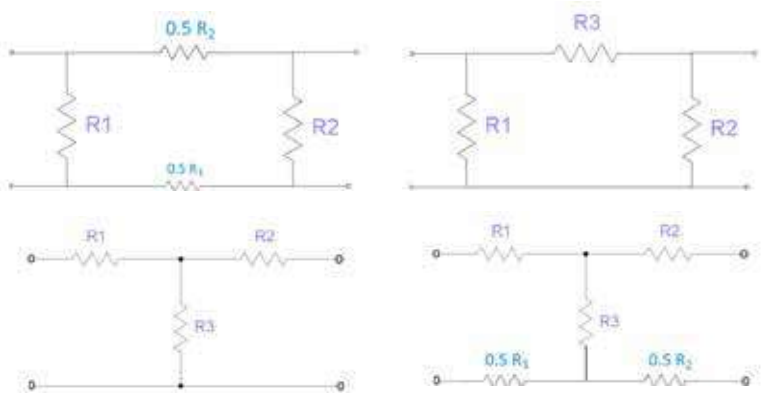
ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عن تطبيقات الموهن، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن مفهوم مواءمة الممانعات ودارة الهجين، ثم اكتب تقريرًا عنهما، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

القياس والتقويم

1- صنِّف الموهنات المبينة في الشكل (5-103)، مُوضِّحًا نوع كلٍّ منها.

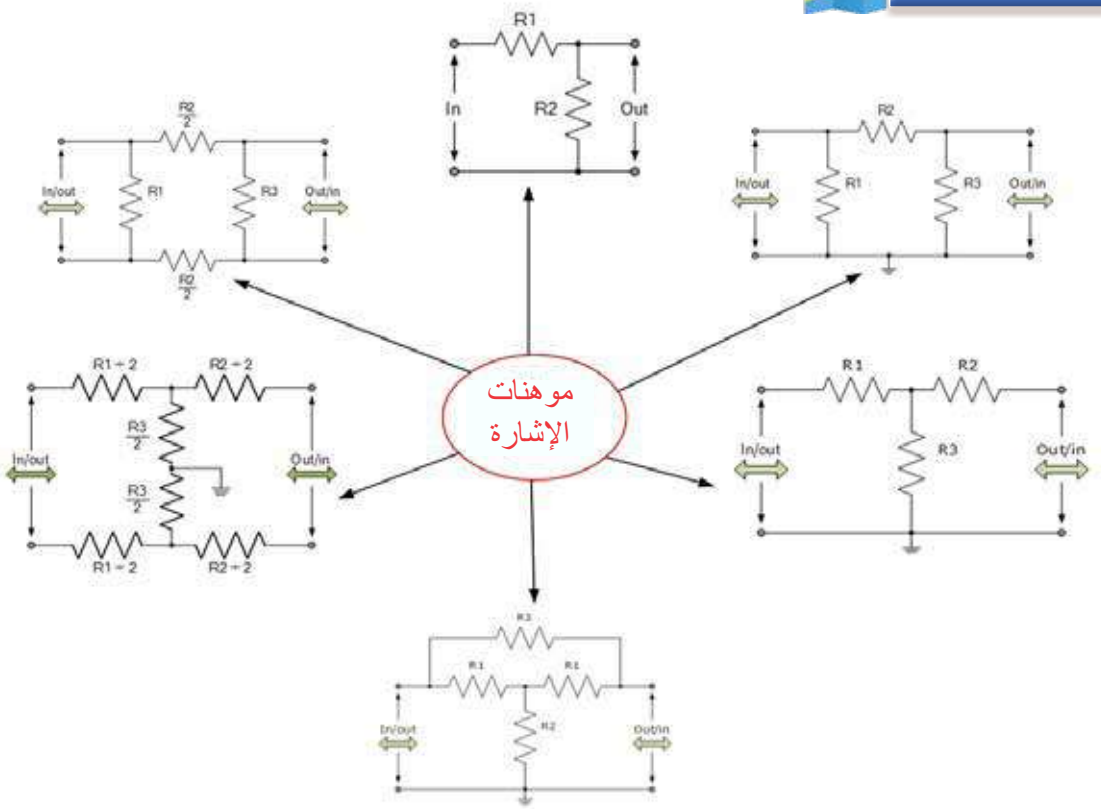


الشكل (5-103).

2- صنِّف المسويات إلى أنواعها من حيث الإعداد.

3- تُصنَّف المسويات بحسب نوع التضمين إلى نوعين، اذكرهما، مُبيِّنا استخدام كلٍّ منهما.

الخريطة المفاهيمية



التمرين الأول: الموهنات

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة موهن ثابت.

2- يحسب مستوى التوهين للموهن الثابت.

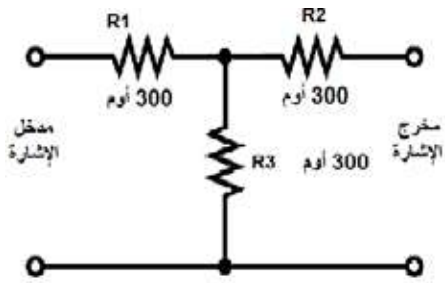
متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومتان كربونيتان (3x300Ω،4x150Ω) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	لوح توصيل (Breadboard).	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز)
3	أسلاك توصيل.	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	لحام قصدير.	4- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
		5- كاوي لحام (30-40) واط
		6- لوحة اختبار.
خطوات العمل		**الرسوم التوضيحية**

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية اتساعها ($10V_{p-p}$) فولت، وترددها (f_1=1000) هيرتز، ثم صله بالدارة كما في الشكل (1).

3- صل جهاز راسم الإشارة بمدخل الموهن ومخرجه.

4- جد اتساع إشارتي الدخل والخرج.



الشكل (1).

خطوات العمل
5- جد مستوى التوهين باستخدام العلاقة الآتية: $A_T = 20Log_{10}(\frac{V_o}{V_i})$ 6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة مسوي اتساع.

2- يدرس بعض خصائص المسويات.

3- يجد اتساع إشارة خرج المسوي.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومات كربونية، قدرة كل منها (0.5W). (2x1KΩ, 2KΩ,10KΩ 35KΩ).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مقاومة متغيرة 7W (10KΩ) .	2- راسم إشارة (قناتان/ 20 ميغاهيرتز).
3	مواسعات كيميائية: (2μF,10 μF ,0.25 μF, 50 nF).	3- جهاز مولد الإشارة (Function Generator).
4	ملف متغير (1-5 mH).	4- جهازا متعدد القياس الرقمي (DMM).
5	أسلاك توصيل.	5- كاوي لحام (30-40) واط.
6	لحام قصدير.	6- لوحة اختبار.

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مولد الإشارة للحصول على إشارة اتساعها ($2V_{P-P}$)، وترددها (2) كيلوهيرتز، ثم صله بالدارة.

3- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الأولى؛ لمشاهدة إشارة الدخل للموهن، ثم ارسم شكل الموجة مُدوِّنًا اتساع إشارة الدخل للموهن.

4- استخدم جهاز راسم الإشارة للقناة الثانية؛ لمشاهدة إشارة الخرج للموهن، ثم ارسم شكل الموجة، مُدوِّنًا اتساع إشارة الخرج للموهن.

خطوات العمل

5- غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة (R_3) للحصول على إشارة من دون تشويه على خرج الموهن.

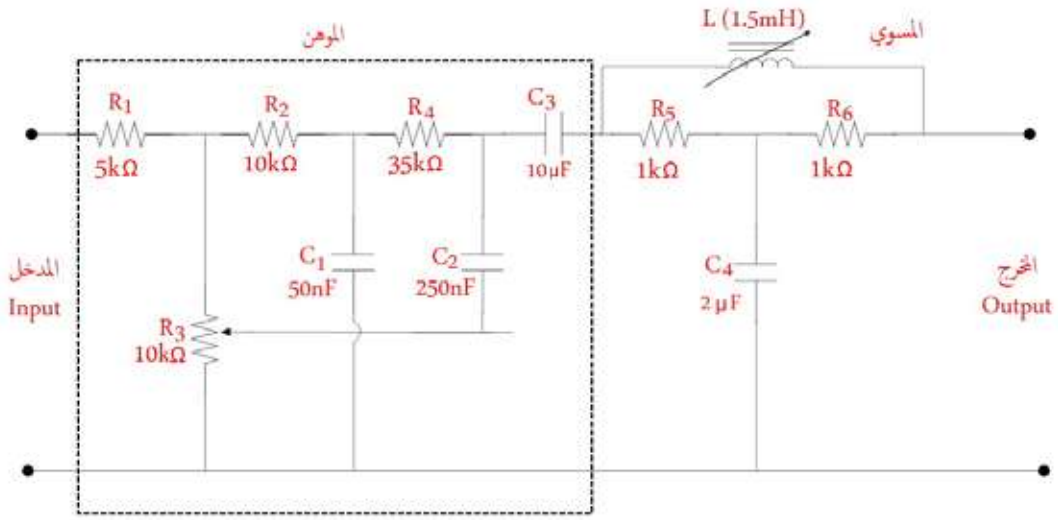
6- صل جهاز راسم الإشارة بخرج المسوي، ثم جد اتساع إشارة خرج المسوي.

7- غيِّر قيمة المقاومة المتغيرة (R_3)، ثم أعد تنفيذ الخطوات (3،4،5) للحصول على إشارة من دون تشويه على خرج المسوي.

8- إذا استمر وجود تشويه في الإشارة فغيِّر قيمة الملف المتغير (L) للحصول على إشارة من دون تشويه على خرج المسوي.

9- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسم التوضيحي



الشكل (1).

فكِّر

- ما مقدار التوهين عند خرج الموهن والمسوي باستخدام المعادلة الآتية:

$$A_T = 20\text{Log}_{10}\left(\frac{V_o}{V_i}\right)$$

التقويم الذاتي

يمكنني بعد دراسة هذه الوحدة أن:

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أبني دارة مضخم قدرة من الصنف (A).			
2	أبني دارة مضخم قدرة من الصنف (B).			
3	أبني دارة مضخم قدرة من الصنف (AB).			
4	أبني دارة مضخم قدرة من الصنف (C).			
5	أبني دارة مضخم العمليات التابع للفولتية.			
6	أبني دارة المضخم العاكس للطور باستخدام مضخم العمليات.			
7	أبني دارة المضخم غير العاكس للطور باستخدام مضخم العمليات.			
8	أتحقق من الخصائص العملية للمضخمات.			
9	أبني دارة الجامع باستخدام مضخم العمليات.			
10	أبني دارة الطارح باستخدام مضخم العمليات.			
11	أبني دارة المفاضل باستخدام مضخم العمليات.			
12	أبني دارة المكامل باستخدام مضخم العمليات.			
13	أبني دارة المقارن باستخدام مضخم العمليات.			
14	أبني دارة مذبذب فرق الطور باستخدام مضخم العمليات.			
15	أبني دارة مذبذب هارتلي باستخدام مضخم العمليات.			

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
16	أبني دارة مذبذب كولبتس باستخدام مضخم العمليات.			
17	أبني دارة مذبذب بلوري.			
18	أبني دارة مذبذب الموجة المربعة والموجة المثلثة باستخدام مضخم العمليات.			
19	أبني دارة مذبذب متعدد الاهتزاز غير مستقر.			
20	أبني دارة مذبذب متعدد الاهتزاز ثنائي الاستقرار.			
21	أبني دارة مذبذب متعدد الاهتزاز أحادي الاستقرار.			
22	أتحقق من عمل دارات المذبذبات.			
23	أبني دارة مازج.			
24	أدرس الخصائص العملية لدارة المازج.			
25	أبني دارة مرشح تمرير الترددات المنخفضة باستخدام مقاومة ومواسع.			
26	أدرس منحنى استجابة مرشح تمرير الترددات المنخفضة.			
27	أبني دارة مرشح تمرير الترددات العالية باستخدام مقاومة ومواسع.			
28	أدرس منحنى استجابة مرشح تمرير الترددات العالية.			
29	أبني دارة مرشح تمرير النطاق باستخدام ملفات ومواسعات.			
30	أدرس منحنى استجابة مرشح تمرير النطاق.			

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
31	أبني دارة مرشح إيقاف النطاق باستخدام ملفات ومواسعات.			
32	أدرس منحنى استجابة مرشح إيقاف النطاق.			
33	أبني دارة مرشح إيقاف النطاق باستخدام ملفات ومواسعات.			
34	أدرس منحنى استجابة مرشح إيقاف النطاق.			
35	أبني دارة مرشح تمرير الترددات المنخفضة باستخدام مضخم العمليات (741).			
36	أبني دارة مرشح تمرير الترددات العالية باستخدام مضخم العمليات (741).			
37	أبني دارة تحديد.			
38	أدرس إشارة خرج دارة التحديد.			
39	أبني دارة تثبيت.			
40	أدرس الخصائص العملية لدارة التثبيت.			
41	أبني دارة موهن ثابت.			
42	أجد مستوى التوهين للموهن الثابت.			
43	أرسم دارة موهن في صورة (π).			
44	أبني دارة مسوي اتساع.			
45	أجد اتساع إشارة خرج المسوي.			

أسئلة الوحدة

1- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) المضخم الذي يمتاز بأقل تشويه هو مضخم الصنف:

أ-(A). ب-(B). جـ –(C). د- (AB).

(2) مقدار زاوية فرق الطور بين إشارة الدخل وإشارة الخرج في مضخم الصنف (A) هو:

أ- (90) درجة. ب- (180) درجة. جـ - (270) درجة. د- (360) درجة.

(3) العلاقة ($A_V=V_{out}/_{Vin}$) تمثل:

أ-الاستجابة الترددية للمضخم. ب-مقدار كسب الفولتية للمضخم.

جـ -الاستقرار للمضخم. د-مقدار التشويه للمضخم.

(4) يُعبَّر عن كفاءة المضخم بالرمز:

أ-μ. ب-€. جـ -γ. د- η.

(5) المضخم الذي يسمح بمرور تيار الخرج في نصف دورة (180°) لإشارة الدخل هو:

أ-(A). ب-(B). جـ –(C). د- (AB).

(6) المضخم الذي تكون فيه الفولتية بين المجمع والباعث (V_{CE}) مساوية لنصف فولتية مصدر التغذية (V_{CC}) هو:

أ-(A). ب-(B). جـ –(C). د- (AB).

(7) المضخم الذي لديه استهلاك دائم للتيار هو:

أ-(A). ب-(B). جـ –(C). د- (AB).

(8) مضخم العمليات له:

أ-مدخلان ومخرجان. ب-مدخلان ومخرج واحد.

جـ -مدخل واحد ومخرج واحد. د-مدخل واحد ومخرجان.

(9) المضخم الذي تتراوح كفاءته بين (75% - 78.5%) تقريبًا هو:

أ-(A). ب-(B). جـ –(C). د- (AB).

(10) كسب القدرة بالديسبل يساوي:

أ- $AP\,(dB) = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$. ب - $A_P\,(dB) = 10 \log \frac{P_i}{P_o}$.

جـ - $A_P\,(dB) = 20 \log \frac{P_o}{P_i}$. د- $A_P\,(dB) = 20 \log \frac{P_i}{P_o}$.

(11) يتكون مضخم العمليات في تركيبه الأساسي من مرحلتين أو أكثر من:

أ-المضخمات التفاضلية. ب - المضخمات التشابهية.

جـ -المضخمات التكاملية. د-المضخمات الرقمية.

(12) في التغذية الراجعة الموجبة لمضخم العمليات، يعاد جزء من إشارة الخرج إلى:

أ- المدخل غير العاكس للمضخم. ب - المدخل العاكس والمدخل غير العاكس.

جـ - المدخل العاكس للمضخم. د- لا شيء ممّا ذُكِر.

(13) معامل التضخيم لمضخم تابع الفولتية هو:

أ- واحد. ب- أقل من واحد. جـ -أكبر من واحد. د-صفر.

(14) مضخم العمليات الذي يحوي خصائص المضخم العاكس، والمضخم غير العاكس هو:

أ- الجامع. ب- الطارح. جـ - المكامل. د- المفاضل.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

(15) عند تطبيق إشارة ذات فولتية مباشرة (DC) على مدخل المفاضل، فإن فولتية الخرج تكون:

أ-صفرًا. ب-واحدًا. جـ -غير معرفة. د-قيمة ثابتة.

(16) يتكون المقارن من مضخم عمليات تُطبَّق على مدخله:

أ-غير العاكس إشارة فولتية مرجعية (V_R). ب-غير العاكس إشارة فولتية (V_i).

جـ -العاكس إشارة فولتية مرجعية (V_R). د-العاكس إشارة فولتية مرجعية (V_i).

(17) دارة المذبذب أساسًا هي دارة مضخم يعتمد:

أ-على التغذية العكسية الموجبة. ب -التغذية العكسية الموجبة والسالبة.

جـ - التغذية العكسية السالبة. د- لا شيء ممّا ذُكِر.

(18) تتكون الدارة المتعددة الاهتزاز من دارة مضخم:

أ-تتابعي مُكوَّن من مرحلتين. ب-تتابعي مُكوَّن من ثلاث مراحل.

جـ -تفاضلي مُكوَّن من مرحلتين. د-تفاضلي مُكوَّن من ثلاث مراحل.

(19) دارات القطع هي دارات:

أ-المزج. ب-التحديد. جـ - التثبيت. د-المسويات.

(20) الدارة التي تعمل على إزاحة الإشارة بقيم موجبة أو سالبة محددة هي:

أ-الرنين. ب-التحديد. جـ - التثبيت. د-المذبذب المانع.

(21) وحدة قياس مستوى التوهين هي:

أ-الفولت. ب-الواط. جـ - الأوم. د-الديسبل.

(22) الدارة التي تستخدم لتصحيح التشوهات الطارئة على الإشارات في أثناء انتقالها خلال خطوط النقل أو الدارات الإلكترونية هي:

أ-المسوي. ب-التوهين. جـ -التثبيت. د-التحديد.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

(23) نسبة الكفاءة النظرية لمضخم الصوت من الصنف (D) هي تقريبًا:

أ-100٪.　　ب-80%.　　جـ -75%.　　د-30%.

(24) المذبذب الذي يمتاز بدقة وثبات في الأداء هو:

أ- البلوري.　　ب- كولبتس.　　جـ -هارتلي.　　د- المانع.

2– بناءً على دراستك موضوع مضخم العمليات، أجب عمّا يأتي:

أ - بيِّن أهمية المضخم التفاضلي في مضخم العمليات، مُوضِّحًا مبدأ عمله.

ب- ما أهمية التغذية الراجعة في مضخم العمليات؟

جـ - ارسم الدارة الكهربائية التي تمثل:

- مضخم العمليات الجامع.
- مضخم العمليات الطارح.
- مضخم العمليات التابع للفولتية.
- مضخم العمليات المكامل.

3– بناءً على دراستك موضوع المذبذبات، أجب عمّا يأتي:

أ - بيِّن بالرسم مبدأ عمل المذبذب.

ب- عدِّد أنواع المذبذبات من حيث التردد.

جـ - اشرح كيف يمكن تحقيق التغذية الراجعة الموجبة للمذبذبات الآتية:

- مذبذب فرق الطور.
- مذبذب هارتلي.
- مذبذب كولبتس.

1- ما أهم مزايا المذبذب البلوري؟

2- ما المقصود بالدارات المتعددة الاهتزازات؟

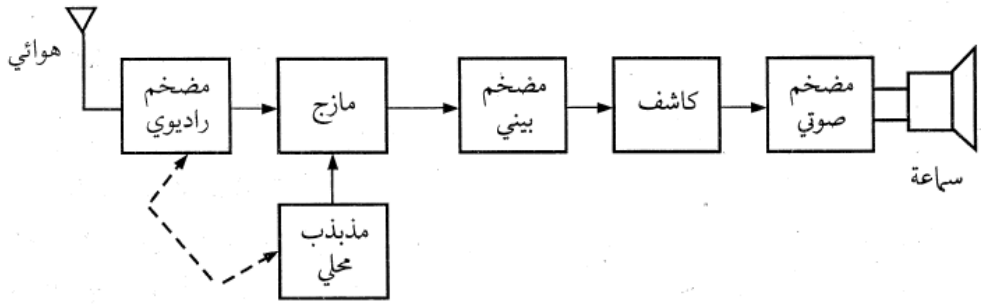
3- بيِّن بالرسم مبدأ عمل الدارة المتعددة الاهتزاز أحادية الاستقرار؟ ما أهم استخداماتها؟

4– بناءً على دراستك موضوع دارة المازج، أجب عمّا يأتي:

أ - بيِّن بالرسم مبدأ عمل المازج.

ب- عدِّد ثلاثة استخدامات للمازج.

5– اعتمادًا على المخطط الصندوقي في الشكل (5-104) الذي يُمثِّل جهاز استقبال سوبر هيتروداين، إذا كان تردد الإشارة المستقبلة على الهوائي (801) كيلوهيرتز، وتردد المذبذب المحلي (1256) كيلوهيرتز، فما الترددات على مخرج المازج؟



الشكل (5-104): المخطط الصندوقي لجهاز استقبال سوبر هيتروداين.

6– أ - عدِّد أنواع المرشحات، ثم ارسم رمز كلٍّ منها.

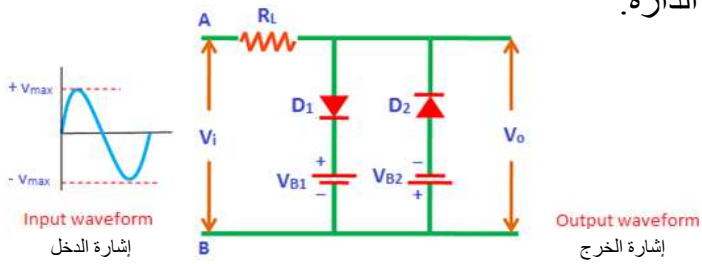
ب- مِمَّ تتركب المرشحات البلورية؟ ارسم رمزها الكهربائي والدارة المكافئة لها.

7– أ - يستخدم الموهن في أنظمة الميكروويف. فسِّر ذلك.

ب- عدِّد أنواع المسويات من حيث الإعداد.

8– أ - عدِّد أربعة استخدامات لدارات التحديد.

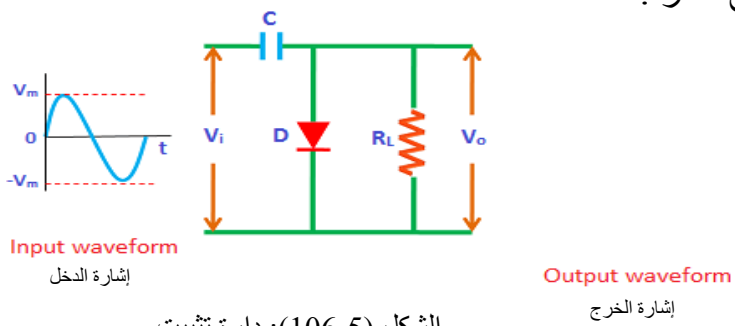
ب- وضِّح مبدأ عمل الدارة المبينة في الشكل (5-105) التي تمثل دارة تحديد، ثم ارسم شكل الإشارة على مخرج الدارة.



الشكل (5-105): دارة تحديد من ثنائيين ومصدرين للفولتية.

9– أ - عدِّد أربعة استخدامات لدارات التثبيت.

ب- اشرح مبدأ عمل الدارة المبينة في الشكل (5-106) التي تمثل دارة تثبيت، ثم ارسم شكل الإشارة على مخرج الدارة.



الشكل (5-106): دارة تثبيت.

10– أكمل الفراغ بما هو مناسب في الجمل الآتية:

أ - تعمل مضخمات الترددات السمعية على تضخيم الإشارات التي يقع ترددها في نطاق التردد السمعي الذي يبدأ من ..... .

ب- العلاقة بين قدرة الإشارة وشدة الصوت علاقة غير خطية، وهي أقرب إلى العلاقة..... .

جـ - المذبذب الذي يستخدم لتوليد ترددات ذوات قيم مختلفة، بدءًا بالترددات العالية، وانتهاءً بالترددات فوق العالية هو ..... .

د- من استخداماته الحصول على ترددات عالية لا يمكن توليدها مباشرة: ..... .

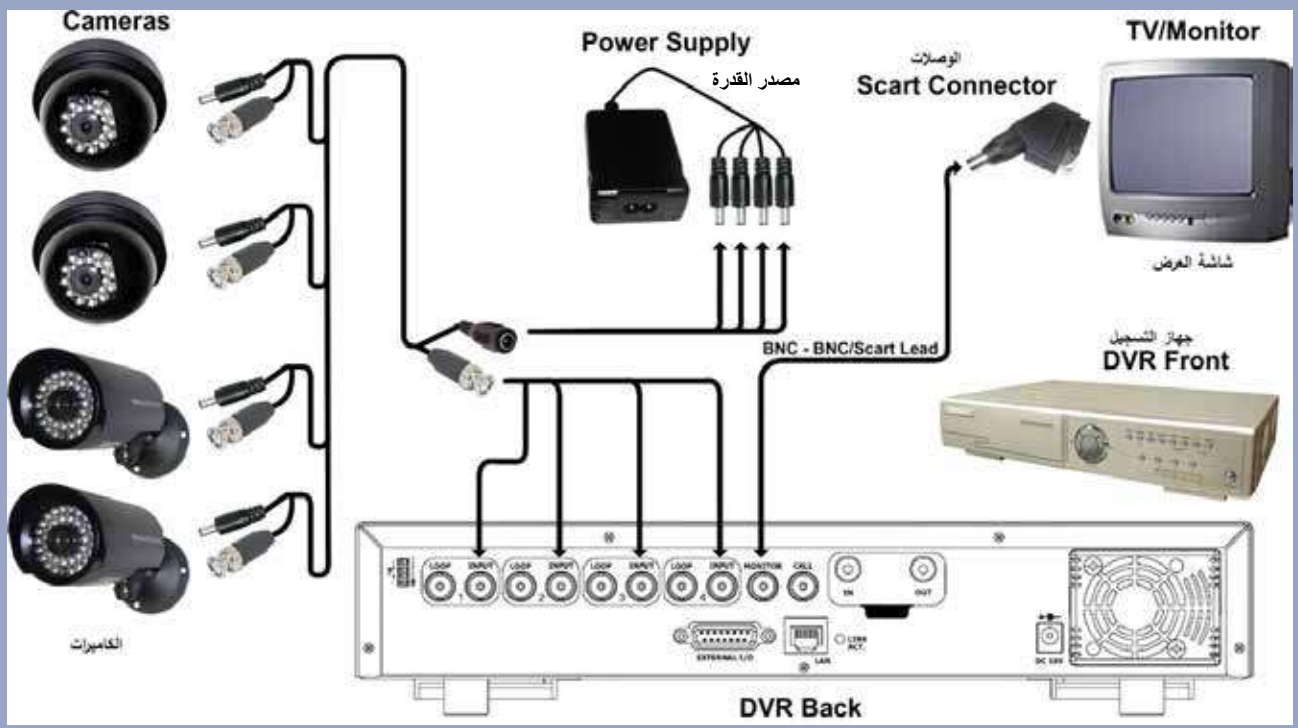
هـ - تتركب المرشحات البلورية من بلورة كوارتز لها خصيصة ..... .

و- من استخداماتها حماية الدارات الإلكترونية من قيم الفولتية العالية: ..... .

ز- يوصَل عند نهاية خط النقل من جهة الاستقبال، فيسمح لوحدة الاستقبال بملاحظة إجمالي خط النقل، حيث يكون أقرب إلى الحالة المثالية: ..... .

الوحدة السادسة

أنظمة المراقبة



إن الثورة الهائلة في مجال الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، والإستخدام الواسع للإنترنت، أسهمت إسهامًا فاعلًا في الانتشار الواسع لأنظمة الاتصالات في مختلف المجالات، ولم يقتصر ذلك فقط على نقل الصوت، وإنما شمل نقل البيانات والصور والفيديو، فتغيرت أوجه الحياة، وبخاصة الأمنية والطبية منها، وهو ما أدى إلى انتشار أجهزة المراقبة التي تحد من الأعمال غير المشروعة، وتتضمَّن استعمال كاميرات ثابتة وأخرى متحركة، فضلًا عن كاميرات صغيرة يمكن إخفاؤها، إلى جانب الكاميرات الطبية التي تستخدم للكشف عن الأعضاء الداخلية لجسم الإنسان، وتحديد مواضع الأمراض، فيها وطرائق العلاج.

فما أنظمة المراقبة؟ وما مكوناتها؟ ما استخداماتها وتطبيقاتها؟

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

1- يتعرف أهمية نظام المراقبة.

2- يتعرف أنواع الكاميرات المستخدمة في نظام المراقبة.

3- يتعرف أنواع أجهزة التسجيل (DVR)، (NVR).

4- يتعرف أنواع شاشات المراقبة، ومواصفاتها.

5- يتعرف وظائف الوحدات المختلفة في نظام المراقبة.

6- يمدد نظام مراقبة، ويفعل البرمجيات الخاصة بالنظام.

7- يتعرف الإعدادات الخاصة بنظام المراقبة في شبكة الاتصال.

8- يحدد أعطال نظام المراقبة.

9- يعالج أعطال نظام المراقبة.

أنظمة المراقبة

أولًا: مكونات نظام المراقبة

النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف أهمية نظام المراقبة.
- يتعرف أنواع الكاميرات المستخدمة في نظام المراقبة.
- يتعرف أنواع أجهزة التسجيل المختلفة.
- يتعرف أنواع شاشات المراقبة، ومواصفاتها.
- يتعرف طرائق تزويد الكاميرات بالتغذية.
- يتعرف وسائط نقل الإشارات.

انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسُّع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

انظر وتساءل

هل سألت يومًا: لماذا توضَع مجموعة من كاميرات المراقبة على بعض الأعمدة في الطرقات العامة؟

الشكل (6-1): كاميرات مراقبة.

يبين الشكل (6-1) مجموعة من كاميرات المراقبة مُثبَّتة على أعمدة خاصة في الشوارع الرئيسة؛ لمتابعة حركة السيارات على الطرق العامة، وتسهيل حركتها، وتسجيل حوادث السيارات، ومراقبتها عن بُعْد؛ لتعرُّف نوع هذه الحوادث.

استكشف

- ما العوامل التي تُؤثِّر في تصميم نظام المراقبة؟
- كيف تُختار مواقع تركيب الكاميرات؟ ما وسائط نقل الإشارات؟

اقرأ وتعلَّم

لم يعد استخدام أنظمة كاميرات المراقبة مقتصرًا على مراقبة حركة المرور ومتابعة حوادث السير، وإنما امتد ليشمل الدوائر الحكومية، والفلل، والقصور، والمدارس، والمنازل، والمنشآت، والمكاتب الصغيرة؛ لحماية الممتلكات، ومراقبتها عن بُعْد، فما مكونات نظام المراقبة؟ كيف يمكن تصنيف نظم كاميرات المراقبة المتداولة في الأسواق؟

1- أنواع أنظمة المراقبة (Closed Circuit Television: CCTV):

تستخدم أنظمة المراقبة المرئية والصوتية لتسجيل الأحداث المختلفة في المناطق المراد مراقبتها، وذلك بالتكامل مع الأنظمة الأخرى؛ ما يساعد على الإدارة الذكية للمنشآت المختلفة، والشعور بالطمأنينة؛ بالحد من أعمال السرقة، والأعمال غير المشروعة.

من أنواع أنظمة المراقبة:

أ- نظام المراقبة التشابهي (Analogue CCTV System):

يتألف هذا النظام من العناصر الآتية المبينة في الشكل (6-2):

- كاميرات المراقبة التشابهية.
- مجمع (Multiplexer)، أو مُقسِّم شاشة (Quad).
- جهاز تسجيل (Analogue VCR).
- أجهزة عرض.

الشكل (6-2): نظام المراقبة التشابهي.

ب- نظام المراقبة الرقمي (Digital CCTV System):

يتألف هذا النظام من العناصر الآتية المبينة في الشكل (6-3):

- كاميرات مراقبة تشابهية، أو رقمية.
- أجهزة تسجيل رقمية (DVR)، أو شبكية (NVR)، أو مختلطة (HVR).
- أجهزة عرض.
- ربط شبكي.

الشكل (6-3): نظام المراقبة الرقمي.

2- تصنيف أنظمة كاميرات المراقبة:

تُصنَّف أنظمة كاميرات المراقبة المتداولة في الأسواق إلى ثلاثة أنظمة أساسية، هي:

أ - نظام كاميرات المراقبة المستقل:

يتكون هذا النظام من العناصر الآتية المبينة في الشكل (6-4):

- جهاز توجيه (Router) لوصل النظام بشبكة إنترنت؛ ما يتيح المراقبة عن طريق أجهزة الحاسوب، أو الأجهزة اللوحية، أو الهواتف الذكية المتصلة بشبكة الإنترنت.
- كاميرات مراقبة متنوعة.
- جهاز تسجيل رقمي (DVR).

- وحدات تغذية.
- شاشة عرض.
- وسائط نقل (أكبال محورية، أكبال مجدولة، بث لاسلكي، ألياف ضوئية).
- لوحات تحكم يمكن إضافتها لتركيز الكاميرا المتحركة على الهدف المطلوب.
- منبهات إنذار مختلفة، وكواشف؛ لضمان اكتمال عناصر النظام.

الشكل (6-4): نظام كاميرات المراقبة المستقل.

ب- نظام كاميرات المراقبة الحاسوبي:

يتكون هذا النظام من العناصر الآتية المبينة في الشكل (6-5):

الشكل (6-5): نظام كاميرات المراقبة الحاسوبي.

- كاميرات مراقبة متنوعة.
- وسائط نقل (أكبال محورية، أكبال مجدولة، بث لاسلكي، ألياف ضوئية).
- وحدات تغذية.
- شاشة عرض.
- بطاقة تسجيل رقمية (Digital Video Recorder Card-DVR Card)، وبرمجيات مناسبة.
- جهاز توجيه (Router) لوصل النظام بشبكة إنترنت؛ ما يتيح المراقبة عن طريق أجهزة الحاسوب، أو الأجهزة اللوحية، أو الهواتف الذكية المتصلة بشبكة الإنترنت.

جـ - أنظمة كاميرات المراقبة المعتمدة على بروتوكول الإنترنت (IP Camera):

يتكون هذا النظام من العناصر المبينة في الشكل (6-6)، ويستخدم لإرسال الصور وبيانات الفيديو، واستقبال إرشادات التحكم عن طريق الإيثرنت (Ethernet) عالي السرعة، أو شبكات

الاتصال (Wi-Fi) اللاسلكية التي تعمل ضمن الشبكات المختلفة، وفيه يوصَل النظام بالشبكة؛ ما يتيح المراقبة عن طريق أجهزة الحاسوب، أو الهواتف الذكية المرتبطة بشبكة الإنترنت.

الشكل (6-6): نظام الكاميرات المعتمد على برتوكول الإنترنت.

3- كاميرات المراقبة:

توجد أنواع وحجوم عِدَّة لكاميرات المراقبة، وتتعدد استخدامات كلٍّ منها، ومزاياها. تُصنَّف هذه الكاميرات بحسب التقنية الإلكترونية المستخدمة فيها إلى تماثلية، ورقمية، وتُصنَّف بحسب المساحة المراد تغطيتها إلى ثابتة، ومتحركة، وتُصنَّف بحسب الإضاءة إلى نهارية، وليلية، وتُصنَّف بحسب أسلوب الإرسال إلى سلكية، ولاسلكية، وكاميرات بروتوكول الإنترنت، ومنها ما هو مطري، ومنها ما هو مقاوم للحرارة، ومنها ما هو مقاوم للرصاص، انظر الشكل (6-7).

الشكل (6-7): أنواع مختلفة من كاميرات المراقبة.

تُصنَّف كاميرات المراقبة من حيث الشكل إلى الأنواع الآتية:

- كاميرات القبة (Dome Cameras)، وهي ذوات غُلف على شكل قبة متعددة الحجوم، وتعد من أكثر الكاميرات استخدامًا، انظر الشكل (6-8).
- الكاميرات الأنبوبية (Bullet Cameras).
- الكاميرات الصندوقية (Box Cameras).
- الكاميرات البانورامية (Panoramic Video Cameras)، انظر الشكل (6-9).
- كاميرات الزوايا (Corner Mount Cameras).
- كاميرات الصحن الطائر (Flying Saucer Cameras).

الشكل (6-8): كاميرا على شكل قبة.

الشكل (6-9): الكاميرا البانورامية.

يُختار مواقع الكاميرات وفق أسس معينة، أهمها:

- تأمين مجال رؤية جيد حسب التصميم.
- مستوى الإضاءة (Illumination).
- سهولة الصيانة.
- سهولة تمديد الأكبال، والقرب من مصدر التغذية.
- التقليل من أثر العوامل الجوية، والبُعْد عن أشعة الشمس.
- الارتفاع المناسب لتأمين الحماية من التخريب.

توجد أسس عِدَّة يتعيَّن مراعاتها عند شراء الكاميرا المناسبة، أهمها:

- المبلغ المالي المخصص للكاميرا؛ فالتكلفة المادية لكاميرات الشبكة مرتفعة.
- النظام المستخدم؛ فالنظام التماثلي دقته محدودة، والنظام الرقمي دقته متناهية.

الشكل (6-10): كاميرا عين السمكة.

- زاوية الرؤية المطلوبة؛ فقد تكون هذه الزاوية ضيقة، أو محدودة، أو واسعة كما في الكاميرات العالية الدقة. فمثلًا، تمتاز كاميرات عين السمكة (Fisheye Lens Cameras) بدقتها العالية، وتبلغ زاوية الرؤية فيها (360°)، انظر الشكل (6-10).
- استخدام كاميرا ظاهرة، أو سرية.
- المنطقة المراد مراقبتها (داخلية، أو خارجية).
- مستوى الإضاءة المتوافرة في مكان التصوير.
- المكان المراد تصويره من حيث البُعْد، ونوع العمل، وخصوصيته.
- درجة وضوح الأجسام داخل منطقة المراقبة (مراقبة عامة، أو معالم دقيقة)، علمًا بأن دقة المشهد تعتمد على نوع الحساس؛ إذ توجد كاميرات مزودة بمصدر أشعة تحت الحمراء (IR) للعمل تحت الماء.
- استخدام كاميرا ثابتة، أو متحركة.
- استخدام كاميرا ملونة، أو غير ملونة.
- وجود ميكرفون في الكاميرا، أو عدم وجوده فيها.

4- أجهزة التسجيل:

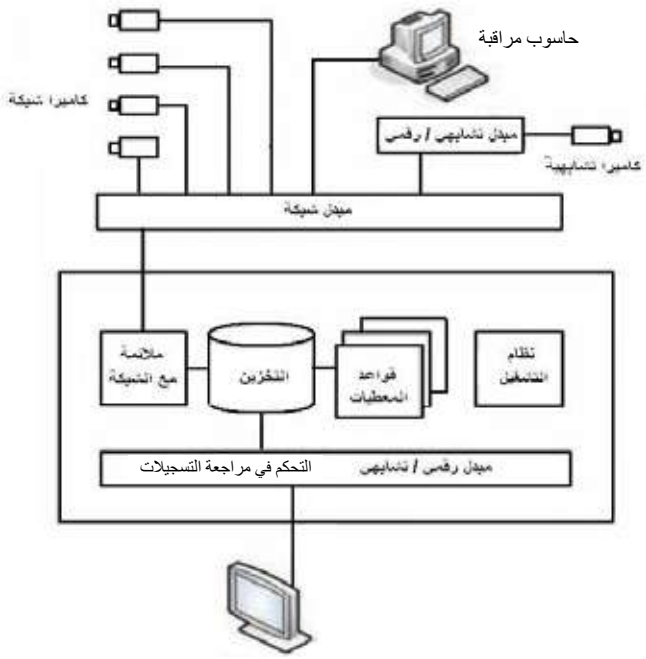
أ - أجهزة التسجيل المغناطيسية (VCRs):

من عيوب هذا النظام تعذُّر مراجعة التسجيلات، وتبديل الأشرطة، وانخفاض درجة الأمان، ومحدودية المراقبة.

ب- أجهزة التسجيل الرقمية (Digital Video Recorder: DVR):

تُصنَّف أجهزة التسجيل الرقمية إلى أنواع عِدَّة، أهمها:

1. **أجهزة التسجيل الرقمي المستقلة:** تعمل هذه الأجهزة على تحويل إشارات كاميرات المراقبة التماثلية (Analogue) إلى إشارات رقمية (Digital)، وضغطها، وتخزينها في أقراص صُلْبة داخل الجهاز، ويتراوح عدد مداخل الكاميرات بين (4CH) و(32CH)، وتبدأ سعة التخزين بـ (1TB)، وتُخزَّن على أقراص صُلْبة. تعد سرعة التسجيل من أهم المزايا التي يجب أن تتوافر في جهاز التسجيل الرقمي. وتحتوي غالبية أجهزة التسجيل الرقمية على مدخل واحد على الأقل لإشارة الصوت، ومخرج للصوت لتوصيله بسماعات خارجية، وعدد من مخارج إشارة الفيديو بأشكال مختلفة لوصلها بشاشات المراقبة، انظر الشكل (6-11).



الشكل (6-11): نظام المراقبة (CCTV).

من أهم العمليات الرئيسة في أجهزة التسجيل الرقمي:

- طرائق إظهار الصورة على الشاشة؛ إذ قد تظهر الصورة كاملة، أو مُقسَّمة، أو صورة داخل صورة.
- اختيار دقة التسجيل، وتحديد دقة العرض، ونوع تقنية التسجيل، وأنماط التسجيل في القرص الصُّلْب.
- التحكم في جهاز التسجيل الرقمي، وكلمة السر، وأنماط التسجيل الرقمي، وتقنية مراجعة التسجيلات.

2. بطاقـات التسـجيل الرقمـي الحاسـوبية (DVR PC Cards): تُثبَّت هذه البطاقات داخـل جهـاز الحاسـوب الشـخصي، ولهـا برامـج خاصـة، وتوصَـل باللوحـة الأم إلـى منفذ (PCI)، ويكـون التسـجيل فـي القـرص الصُّلْـب للحاسـب، ومزاياهـا تشـبه كثيـرًا مزايـا أجهـزة التسـجيل الرقمـي المسـتقلة، انظـر الشـكل (6-12).

الشكل (6-12): بطاقة التسجيل الرقمي الحاسوبية.

2- أجهزة التسجيل الشبكي (Network Video Recorders: NVR):

يشبه جهاز التسجيل الشبكي في عمله جهاز (DVR)؛ إلّا أنه يُسجِّل من الكاميرات الرقمية مباشرة، ولا يُسجِّل من الكاميرات التشابهية مباشرة، انظر الشكل (6-13).

الشكل (6-13): نظام التسجيل الشبكي.

نُصنَّف هذه الأجهزة إلى نوعين، هما:

أ- جهاز التسجيل الشبكي المستقل (NVR):

جهاز مشابه في الشكل وبعض الوظائف لجهاز (DVR).

ب- جهاز خادم التسجيل الشبكي (NVR Server):

حاسـوب متطـور، وهـو يمتـاز بسـعته التخزينيـة الكبيـرة التي يمكـن زيادتهـا، وفيه برنـامج شـامل للمراقبـة والتسـجيل والتحكـم الكامـل عـن طريـق الشـبكة. وتمتـاز بعض أجهزة التسـجيل الشـبكي

(NVR) بإمكانية وصل كاميرات الشبكة مباشرة، من دون حاجة إلى استخدام مبدل شبكة.

من أهم مزايا جهاز التسجيل الشبكي:

- ارتفاع مستوى الأمان والموثوقية.
- استخدام عدد قليل من الأكبال؛ نظرًا إلى استخدام كبل الشبكة.
- توفير الوقت.
- مرونة مراقبة النظام من أي حاسوب متصل بالشبكة، وإمكانية وضع الجهاز في أي نقطة من الشبكة.
- القدرة العالية على التعامل مع عدد كبير من الكاميرات المتصلة بالشبكة.

4- أجهزة التسجيل الهجينة (Hybrid Video Recorder):

أجهزة تسجيل رقمية يمكن وصلها بالكاميرات الرقمية والتشابهية في الوقت نفسه، انظر الشكل (6-14).

الشكل (6-14): جهاز التسجيل الهجين.

5- أجهزة التسجيل الرقمية المتنقلة (Mobile DVR):

أجهزة تسجيل رقمية تُركَّب في الحافلات المتحركة، انظر الشكل (6-15).

الشكل (6-15): جهاز التسجيل الرقمي المتنقل.

6- أجهزة التسجيل الحاسوبية الخارجية (USB DVR):

أجهزة توصَل بمدخل (USB) في الحاسوب المحمول، انظر الشكل (6-16).

الشكل (6-16): جهاز التسجيل الحاسوبي الخارجي.

7- كاميرا مراقبة وجهاز تسجيل (Camcorder):

مجموعة تحتوي على جهاز صغير جدًّا (MiniDVR)، وكاميرا مراقبة صغيرة جدًّا، وتمتاز بقدرتها على تخزين كمٍّ كبير من البيانات مدَّة طويلة؛ لاحتوائها على وحدات تخزين خارجية كبيرة.

8- أجهزة العرض (MONITORS):

أجهزة توفر للمراقب رؤية شاملة لكل المناطق التي يغطيها النظام؛ إذ يمكن للمراقب مشاهدة بث حي مباشر من كل كاميرات النظام.

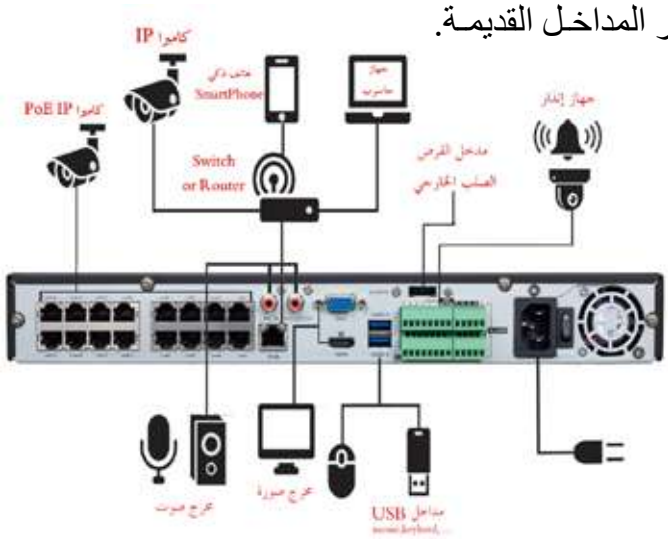
تُصَنَّف أجهزة العرض إلى الأنواع الآتية:

- أجهزة العرض غير الملونة: أجهزة قديمة قَلَّ استخدامها كثيرًا.
- أجهزة العرض الملونة: متوافرة بحجوم مختلفة.
- أجهزة العرض الملونة ذوات الصمامات المهبطية: متوافرة بحجوم مختلفة، ومصممة لأنظمة المراقبة بوجه خاص.
- أجهزة العرض الملونة ذوات الكريستال السائل (LCD): شاشات تشبه شاشات التلفاز أو الحاسوب، لكنها مخصصة لأنظمة المراقبة، ومتوافرة بحجوم مختلفة.
- شاشات مراقبة صغيرة من نوع (SPOT): تؤدي هذه الشاشات دورًا مساعدًا للشاشات الرئيسة.
- جهاز التلفاز الحديث (LED) المدعم بمنافذ مختلفة.
- شاشات اللمس (Color Touch screen): نسخة مُطوَّرة من شاشات الكريستال السائل (LCD)، وهي محدودة الاستخدام؛ لذا يقتصر استخدامها على الأنظمة الكبيرة جدًّا، انظر الشكل (6-17).

الشكل (6-17): أجهزة عرض مختلفة.

من المواصفات الفنية التي يجب مراعاتها عند اختيار شاشة المراقبة:

حجم الشاشة، ودقة التفاصيل (Resolution)، ونظام فك الترميز (PAL، NTSC)، ومنافذ الصورة والصوت التي تدعمها الشاشة (HDMI,DVI,BNC,VGA)، انظر الشكل (6-18) الذي يبين واجهة الخلفية لجهاز تسجيل، ومنافذ الصورة والصوت، ويوصَل هذا الجهاز بشاشة عرض مناسبة. أمّا الشكل (6-19) فيبين منفذ (HDMI) الذي يتيح عرض صورة أوضح من صور المداخل القديمة.



الشكل (6-18): منافذ الصورة والصوت لجهاز تسجيل.

الشكل (6-19): منفذ (HDMI).

9- وسائط نقل الإشارات:

تُنقَل الإشارة من الكاميرا إلى جهاز العرض عن طريق وسائط النقل الآتية:

أ - الأكبال المحورية (Coaxial Cables):

تستخدم الأكبال المحورية على نطاق واسع في أنظمة الكاميرات، وتمتاز بممانعتها الكبيرة، وتتوافر بالأنواع الآتية: (RG59)، و(RG6)، و(RG11). يبين الشكل (6-20) كبلًا محوريًّا وروابط وصلات (BNC)، وكبل تغذية.

الشكل (6-20): كبل محوري يحوي وصلات.

ب- أكبال الأزواج المجدولة (Twisted Pair Cables):

تستخدم الأسلاك المجدولة في أنظمة الكاميرات، وبعضها غير محمي (UTP)، وبعض آخر محمي (Shielded)، ويفضل استخدامها لنقل إشارة الصورة، وتكون أقل عرضة للتداخل الكهرومغناطيسي، وتدعم الإرسال إلى مسافات أبعد، انظر الشكل (6-21)، وهي تُعرَف بالأسلاك ذوات الأزواج المجدولة المحمية (Shielded-Twisted Pair). يتطلب استخدام الأسلاك المجدولة توافر أداة مواءمة (بالون)، أو(Balun)، وروابط (BNC) تستخدم في الكاميرات عند كل طرف من أطراف الكبل. يبين الشكل (6-22) الطريقة المثالية لتوصيل الأسلاك المجدولة، مع مُحوِّل المواءمة أحادي القناة.

الشكل (6-21): الأسلاك المجدولة المحمية.

الشكل (6-22): الأسلاك المجدولة مع مُحوِّل مواءمة.

جـ - أكبال الألياف الضوئية (Fiber Optic Cables):

تستخدم أكبال الألياف الضوئية لنقل الصورة من الكاميرا إلى جهاز العرض، ويستخدم فيها سلكان من الألياف الضوئية؛ أحدهما للإرسال، والآخر للاستقبال.

تمتاز الألياف الضوئية بمزايا عِدَّة، أبرزها:

1- سرعة إرسال البيانات مرتفعة جدًّا.

2- معدلات التوهين منخفضة جدًّا.

3- الحماية من التداخل الكهرومغناطيسي، والتداخل مع الأسلاك المجاورة. -

(6-23): كبل ألياف ضوئية.

أمّا أبرز عيوبها فهي ارتفاع ثمنها، ودقة عملية صيانتها، انظر الشكل (6-23).

د- البث اللاسلكي (Wireless Transmission):

يعد نظام الكاميرات اللاسلكية خيارًا جاذبًا؛ لما فيه من مزايا، مثل: سهولة التمديدات، وترتيبها، وسهولة تغيير الموقع. توجد كاميرات لاسلكية تماثلية، وأخرى رقمية، وتمتاز الرقمية منها عن التماثلية بما يأتي:

1. الإشارات الرقمية تُرسَل على شكل نبضات بسيطة، والتشوه فيها قليل، أمّا التماثلية فهي عرضة للتشويش من مصادر عِدَّة.
2. نظام الأمان في الإرسال للإشارات الرقمية عالٍ، أمّا في التماثلية فمنخفض.
3. يمكن استخدام التردد نفسه في الإرسال للنظام الرقمي، وبذلك يمكن تركيب عدد كبير من الكاميرات في الموقع نفسه. أمّا في النظام التماثلي فكل كاميرا يلزمها تردد خاص، وبذلك يكون عدد الكاميرات في المنطقة نفسها منخفض جدًّا، ويحصل تداخل للإشارات غالبًا، انظر الشكل (6-24).

الشكل (6-24): نظام كاميرات لاسلكية رقمية.

10- وحدات التغذية:

توجد طرائق عِدَّة لتزويد الكاميرا بالكهرباء، منها:

أ - مهيِّء **(Adapter):** يستخدم ضمن مسافات لا تزيد على (50) مترًا.

ب - مهيِّء متعدد المخارج (Multi Adaptor): يستخدم لتزويد عدد محدود من الكاميرات؛ إذ إن لديه مخارج عِدَّة.

جـ - مصدر قدرة (Power Supply): يعد من أفضل الطرائق استخدامًا، ويوصَل بمصدر الفولتية، ولديه مخارج متعددة للكهرباء.

د - كبل نقل مشترك (POE Switch: Power Over Ethernet): يستخدم هذا النوع إذا كانت الكاميرا من نوع (IP)، وتُزوَّد الكاميرا بمصدر تغذية ومعلومات في الوقت نفسه، انظر الشكل (6-25).

الشكل (6-25): بعض طرائق تزويد الكاميرات بالتغذية.

يُزوَّد نظام الكاميرات بوحدة عدم انقطاع التيار الكهربائي (Uniterruptible Power Supply: UPS) لتزويد النظام بالتيار الكهربائي في حال انقطاع التيار الكهربائي.

أولًا: معلومات إثرائية

أ - توجد عوامل مهمة تُؤثِّر في تصميم نظام المراقبة للمشروع، منها الميزانية المرصودة، والإضاءة، ومساحة المكان المطلوب مراقبته.

ب- يجب استخدام سلكين من الألياف الضوئية؛ فكل نواة (Core) لا تستطيع نقل الضوء أو الإشارة إلا في اتجاه واحد فقط؛ أحدهما للإرسال، والآخر للاستقبال.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:

أ - خصائص كاميرات المراقبة، وكيفية اختيارها.

ب- موضوع الحوادث (Events)، وكيفية تفعيل أحد مداخل الإنذار (Alarm In)، وكشف الحركة (Motion Detection)، وتحليل الصورة.

ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عمّا يأتي، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك:

أ - أنواع أنظمة المراقبة الشبكية من حيث حجمها: أنظمة صغيرة، أنظمة متوسطة، أنظمة مركزية كبيرة، أنظمة موزعة كبيرة.

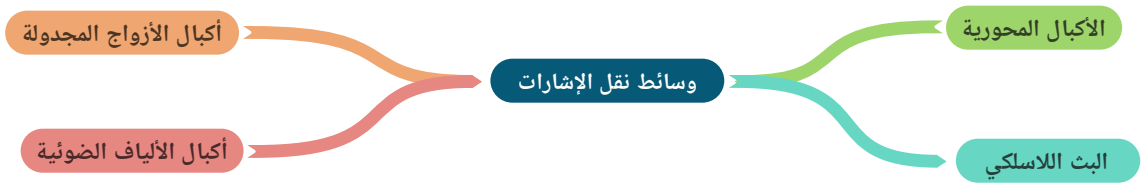
ب - أنواع أنظمة المراقبة الخاصة بوسائل النقل والمركبات، وغير ذلك من الأنظمة الحديثة.

1- ما أبعد مسافة للكبل المستخدم لتوصيل الكاميرا؟

2- كيف يُعالَج الاهتزاز في الصورة الملتقطة بالكاميرا؟

3- كيف تُعرَض الصورة الملتقطة من كاميرا واحدة على أكثر من شاشة في الوقت نفسه؟

4- فيمَ تستخدم الثنائيات الباعثة للأشعة تحت الحمراء في الكاميرا؟



التمرين الأول

التمييز بين الأنواع المختلفة من وحدات أنظمة المراقبة

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يتعرف الأشكال المختلفة للكاميرات (قبة، صندوقية، متحركة، ...).

2- يميز بين الكاميرا التماثلية، والكاميرا الرقمية، وكاميرا الشبكة.

3- يتعرف أجهزة التسجيل: التماثلية، والرقمية، والشبكة.

4- يتعرف أنواع الأكبال.

5- يتعرف أنواع شاشات المراقبة.

6- يتعرف وحدات التغذية المختلفة.

متطلبات تنفيذ التمرين	
الرقم	المواد
1	كاميرات تماثلية، ورقمية، وشبكة (داخلية، خارجية).
2	أجهزة تسجيل تماثلية، ورقمية، وشبكة.
3	أكبال مختلفة محورية، ومجدولة، وألياف ضوئية.
4	شاشات مراقبة مختلفة.
5	وحدات تغذية مختلفة.

خطوات العمل

1- افحص مجموعة الكاميرات التي أمامك، وميِّز بينها من حيث النوع، والشكل، والحجم، والرموز الموجودة عليها كما في الشكل (1).

2- افحص مجموعة أجهزة التسجيل التي أمامك، وميِّز بينها من حيث النوع، والشكل، والحجم، والرموز الموجودة عليها كما في الشكل (2).

خطوات العمل
3- املأ الفراغ في الجدول رقم (1) بالبيانات اللازمة لكل من الكاميرات، والأكبال، والشاشات، ووحدات التغذية المختلفة. 4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

رقم القطعة	اسم القطعة	نوع القطعة	المواصفات الفنية	ملاحظات

الرسوم التوضيحية

الشكل (1).

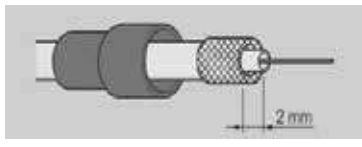
الشكل (2).

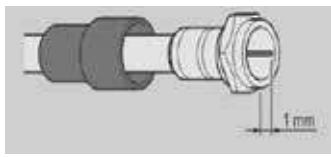
التمرين الثاني: تركيب نظام مراقبة

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1. يمدد نظام مراقبة.
2. يُحمِّل البرمجيات الخاصة بالنظام.
3. يتعرف الإعدادات الخاصة بنظام المراقبة في شبكة الاتصال.
4. يحدد أعطال نظام المراقبة.
5. يصلح أعطال نظام المراقبة.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1 2 3 4 5 6	كاميرات رقمية (داخلية، وخارجية، ومتحركة). جهاز تسجيل رقمي (DVR). أكبال محورية (Coaxial Cables). شاشة مراقبة وأكبالها (HDMI,AVG). وحدات تغذية (Adaptor ,Power Supply). روابط (BNC).	1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). 2- مكبس خاص لوصلات (BNC). 3- وصلات كهرباء. 4- قطاعة. 5- عراية أسلاك. 6- مفكات.
خطوات العمل		**الرسوم التوضيحية**
أولًا: تجهيز الأكبال المحورية بروابط (BNC). أ - جهِّز الأكبال المحورية؛ بتعرية الكبل المحوري (8) مم لكشف السلك الداخلي، ثم تعرية (10) مم من الغطاء الخارجي لكشف الغطاء الخارجي، ثم سحب الشبكة النحاسية إلى الخلف، ثم تعرية السلك		 الشكل (1).

خطوات العمل	الرسوم التوضيحية
الداخلي، وإبقاء العازل الداخلي بمقدار (2) مم، انظر الشكل (1). ب- ركِّب الرابط (BNC) ثم لفه في اتجاه اليمين حتى يبرز السلك الداخلي من الكبل المحوري بمقدار (1) مم، انظر الشكل (2)، ثم أدخل دبوس الرابط في رأس السلك الداخلي، انظر الشكل (3). جـ - اكبس الرابط بالمكبس الخاص لروابط (BNC)، ثم افحص الكبل الذي جهَّزته باستخدام جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM)، انظر الشكل (4).	 الشكل (2). الشكل (3). الشكل (4).
ثانيًا: تركيب مصدر التغذية المباشر الخاص بالنظام. أ - تأكد من المواصفات الفنية لمصدر التغذية، ثم جهِّز طرف الكبل من طرف التغذية، ووصلات التغذية المناسبة لنوع الكاميرا. ب - مدِّد الكبل من موقع الكاميرا إلى وحدة التغذية، ثم صل طرف التغذية الخاص بالكاميرا بطرف التغذية، انظر الشكل (5).	 الشكل (5).

خطوات العمل

ثالثًا: تركيب الكاميرات، وتوصيلها، وتوجيهها.

1- وصِّل الوحدات الخاصة بجهاز التسجيل (كاميرات، فأرة، شبكة إنترنت، شاشة، كهرباء، وغير ذلك) بحسب تعليمات الشركة الصانعة له، انظر الشكل (6) الذي يبين الواجهة الخلفية لجهاز (DVR).

2- ثبِّت الجهاز بمكان آمن، ثم صله بمصدر الكهرباء.

3- صل شاشة العرض بجهاز التسجيل عن طريق وصلة (HDMI) أو وصلة (AVG)، ثم صل شاشة العرض بالكهرباء، ثم شغِّلها.

4- ثبِّت الكاميرات، ثم وجِّهها بحسب الاتجاه والموقع المراد مراقبته، ثم صلها بأكبال الكهرباء والأكبال المحورية الموصولة بالجهاز، انظر الشكل (7).

الرسوم التوضيحية

الشكل (6).

الشكل (7).

خطوات العمل

رابعًا: برمجة نظام المراقبة وتشغيله.

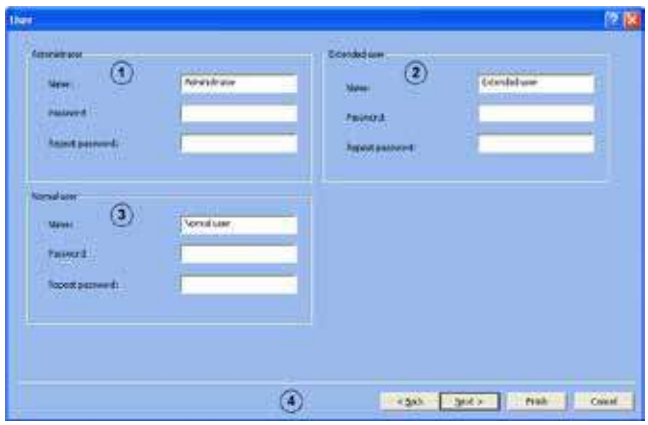
1- شغِّل جهاز التسجيل، ثم أدخل كلمة المرور وكلمة السر، انظر الشكل (8).

2- اضغط على إعدادات الجهاز، ثم اضبط إعدادات الجهاز الرئيسة (اللغة، التاريخ، الوقت)، ثم اضبط أسماء الكاميرات الموصولة بالجهاز، انظر الشكل (9).

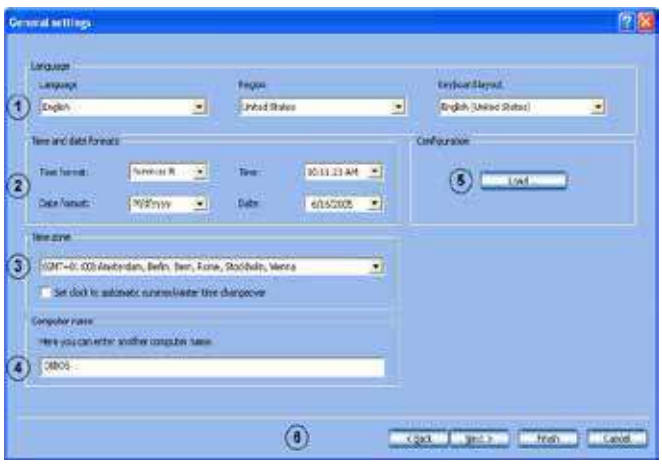
3- اضبط إعدادات التسجيل المتعلقة بالجهاز، وبالكاميرات، ثم اضبط أوقات التسجيل لكاميرات المراقبة، ثم اضبط إعدادات التسجيل بناءً على الحركة، انظر الشكل (10).

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين.

الرسوم التوضيحية

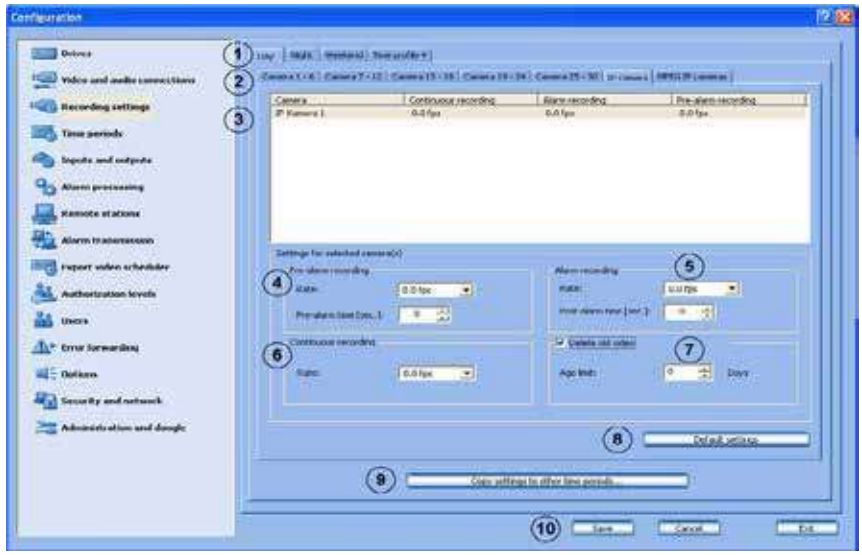


الشكل (8).



الشكل (9).

الرسوم التوضيحية



الشكل (10).

فكّر

1- ما الفرق بين جهاز (DVR) وجهاز (NVR)؟

2- ما المقصود بتغطية المكان؟ كيف يمكن تغطيته بأقل التكاليف؟

3- كيف تُعرَض الصورة على أكثر من شاشة عرض؟

تمرين للممارسة العملية

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

- أعد تنفيذ التمرين السابق باستخدام كاميرات (IP)، وصل النظام بشبكة.
- ابحث عن كيفية الدخول عن بُعْد عن طريق شبكة الإنترنت.

التمرين الثالث: تحديد أعطال نظام مراقبة وإصلاحها

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يحدد أعطال نظام المراقبة.

2- يصلح أعطال نظام المراقبة.

	متطلبات تنفيذ التمرين	
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1-	نظام مراقبة يتكون من العناصر الآتية: أ - كاميرات رقمية داخلية، وخارجية، ومتحركة. ب- جهاز تسجيل رقمي (DVR). جـ- أكبال محورية (Coaxial Cables). د- شاشة مراقبة وأكبالها (HDMI,AVG). هـ- وحدات تغذية (Adaptor ,Power Supply). و- روابط (BNC).	1- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). 2- مكبس خاص لوصلات (BNC). 3- وصلات كهرباء. 4- قطاعة. 5- عراية أسلاك. 6- مفكات.
2-	كتيب دليل التشغيل للكاميرات والشاشات.	
3-	مخطط الموقع، ومخطط التمديدات.	

خطوات العمل

أولًا: وجود خلل أو تشويش في احدى الكاميرات.

1- تأكد أن غطاء عدسة الكاميرا مفتوح.

2- افحص الكبل الواصل بين الكاميرا وجهاز التسجيل، وتأكد أنه سليم.

3- افحص الروابط على طرفي الكبل الواصل بين جهاز التسجيل والكاميرا، وتأكد من توصيلها.

4- افصل الكبل الموجود، وبدّل الكبل بآخر سليم للتأكد من صلاحية الكبل.

خطوات العمل	الرسوم التوضيحية
5- افحص مصدر القدرة للكاميرا، وتأكد أن العطل ليس منه؛ بوضع آخر سليم. 6- افحص الكاميرا، وحدِّد إذا كان العطل أو التشويش من الكاميرا (من عدسة الكاميرا، أو من اللوحة الإلكترونية)، وبدِّل الكاميرا إذا لزم الأمر، انظر الشكل (1) الذي يبين وجود عطل في كاميرا المراقبة.	 الشكل (1).
ثانيًا: عدم وضوح الصورة، أو عدم ظهورها على شاشة العرض. 1- افحص الوصلة بين الشاشة وجهاز التسجيل، واستبدلها احترازًا للتأكد أن العطل ليس منها. 2- افحص مداخل الشاشة، وتأكد أنها سليمة، ويمكن استعمال شاشة أخرى لتحديد إذا كان العطل من الشاشة بسبب المداخل، أو من خلل في اللوحة الداخلية يُحتّم تبديل الشاشة، انظر الشكل (2) الذي يبين وجود عطل في شاشة العرض.	 الشكل (2).
ثالثًا: وجود خلل في جهاز التسجيل. 1- افحص مصدر القدرة للجهاز، وتأكد أن الفولتية المباشرة تصل بصورة صحيحة. 2- افحص المصهر (Fuse) داخل جهاز التسجيل، وإذا كان معطوبًا فغيِّره بآخر له القيمة الأصلية نفسها.	

خطوات العمل	الرسوم التوضيحية
3- تأكد من التوصيلات بين الشاشة والجهاز. وفي حال وجود مشكلة تقطيع في الصورة الظاهرة، وخلل في الجهاز نفسه يصعب تحديده، فاستبدل الجهاز. 4- افحص القرص الصُّلْب (Hard Disk) إذا كان الجهاز لا يُسجِّل، وإذا كان الخلل منه، فاستبدله، انظر الشكل (3) الذي يبين جهاز تسجيل من الداخل.	 الشكل (3).
رابعًا: أعطال الأكبال. 1- افحص الكبل الواصل بين الكاميرا وجهاز التسجيل، وتأكد أنه سليم. 2- افحص الروابط على طرفي الكبل الواصل بين جهاز التسجيل والكاميرا، وتأكد من توصيلها. 3- افصل الكبل الموجود، وبدِّل الكبل بآخر سليم للتأكد من صلاحية الكبل، انظر الشكل (4) الذي يبين وجود كبل معطل يلزم تبديله.	 الشكل (4).
خامسًا: أعطال جهاز التغذية. 1- افحص مصدر القدرة للجهاز، وتأكد أن الفولتية المباشرة تصل بصورة صحيحة. 2- افحص المصهر (Fuse) داخل جهاز التغذية، وإذا كان معطوبًا فغيِّره بآخر له الحجم والقيمة الأصلية نفسيهما. 3- جد التيار اللازم لمجموعة الكاميرات الموصولة بالنظام، وتأكد أن جهاز التغذية مناسب؛ فقد لا يوفر تيارًا كافيًا لمجموعة الكاميرات، فيحدث	 الشكل (5).

خطوات العمل	الرسوم التوضيحية
فصل في التغذية، لذا يجب تغيير جهاز التغذية بآخر مناسب (قدرة الجهاز يجب أن تتناسب مع عدد الكاميرات). أمّا إذا كانت مصادر القدرة منفصلة، وحدثت مشكلة في أحدها، فيجب تغيير هذا المصدر، انظر الشكل (5) الذي يبين كيفية إصلاح جهاز تغذية الكاميرات.	
سادسًا: كتابة تقرير صيانة. 1- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع خطوات تنفيذ التمرين. 2- صمِّم بطاقة صيانة تحوي المعلومات الآتية: التاريخ، المشكلة، سبب المشكلة، الوضع الحالي، الإجراءات التي اتُّخِذت، النتائج، الإجراءات الوقائية المقترحة. 3- احتفظ بالبطاقة في ملف خاص بوصفها مرجعًا للنظام.	

فكِّر

1- قد لا تعمل شاشة العرض أحيانًا عند تشغيل اللمبة أو النيون، ما سبب ذلك؟

2- لماذا لا يُعرَض مقطع الفيديو أحيانًا على شاشة العرض؟

3- ماذا يحدث للكاميرا إذا لم يصلها تيار كافٍ؟ ما سبب ذلك؟ كيف تحل هذه المشكلة؟

التقويم الذاتي

يمكنني بعد دراسة هذه الوحدة أن:

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أُميِّز عمليًّا بين الأنواع المختلفة من الكاميرات.			
2	أفحص عمليًّا الأنواع المختلفة من الكاميرات.			
3	أُميِّز عمليًّا بين الأنواع المختلفة من أجهزة التسجيل.			
4	أفحص الأنواع المختلفة من أجهزة التسجيل.			
5	أُميِّز بين الأنواع المختلفة من الأكبال، وكيفية اختيار المناسب منها للنظام.			
6	أتعرَّف شاشات المراقبة المختلفة.			
7	أتعرَّف وحدات التغذية المختلفة، وكيفية اختيار المناسب منها للنظام.			
8	أُمدِّد الأكبال الخاصة بنظام مراقبة الكاميرات بعد تجهيزها.			
9	أُثبِّت الكاميرا، وأُوجِّهها بحسب الاتجاه والموقع المراد مراقبته.			
10	أصل الكاميرا بأكبال الكهرباء والأكبال المحورية، وأوصلها بالجهاز.			
11	أُحمِّل البرمجيات الخاصة بالنظام.			
12	أتعرَّف الإعدادات الخاصة بنظام المراقبة في شبكة الاتصال.			
13	أُشخِّص أعطال نظام المراقبة.			
14	أُصلِح أعطال نظام المراقبة.			
15	أُصمِّم بطاقة صيانة للنظام.			

أسئلة الوحدة

1- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) من مزايا الألياف الضوئية:

أ – إرسال البيانات بسرعة كبيرة.　　ب – التداخل مع الأسلاك المجاورة.

جـ – معدلات التوهين عالية جدًّا.　　د – انخفاض تكلفتها.

(2) من العوامل التي تُؤثِّر في تصميم نظام المراقبة بالكاميرات:

أ – الميزانية، ومساحة المكان، ونوع الكاميرات.

ب – مستوى الإضاءة، ونوع خطوط نقل إشارات الفيديو.

جـ – الميزانية المخصصة للمشروع.

د – الميزانية، ومساحة المكان، ومستوى الإضاءة.

(3) العناصر الأساسية لنظام المراقبة المتقدم هي:

أ – جهاز تسجيل، وكاميرا، وشاشة عرض، وأكبال محورية.

ب –جهاز حاسوب، وكاميرا، وأكبال.

جـ– كاميرا، وشاشة عرض، وأكبال.

د – جهاز تسجيل، وشاشة عرض، وأكبال محورية.

(4) الاختصار العلمي لجهاز التسجيل في نظام المراقبة المرئي هو:

أ – (DVR -Digital Voice Recorder).　　ب – (DVR -Data Voice Recorder).

جـ – (DVR -Digital Video Recorder).　　د – (DVR -Digital Video Replay).

(5) يعد منفذ (HDMI) من منافذ جهاز العرض، وهو يستخدم لنقل:

أ –بيانات الصوت والصورة التماثلية. ب – بيانات الصوت الرقمية.

جـ– بيانات الصورة الرقمية. د – بيانات الصوت والصورة الرقمية.

(6) تُختار مواقع الكاميرات وفق اعتبارات عِدَّة، أهمها:

أ – توفير مجال رؤية جيد بحسب التصميم. ب– سهولة الصيانة.

جـ– الارتفاع المناسب لتجنب التخريب والعبث. د – جميع ما ذُكِر.

2- وضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

أ - أجهزة التسجيل الرقمية المستقلة.

ب - شاشات اللمس.

جـ - البالون.

د - الثنائيات الباعثة للأشعة تحت الحمراء.

هـ - (STP).

3- عدِّد خمسة أنواع من أجهزة العرض المستخدمة في نظام المراقبة.

4- يبين الشكل (6-26) الواجهة الخلفية لجهاز تسجيل، ويظهر فيها منافذ الصوت والصورة. أنشئ جدولًا يبين أسماء الأجزاء المشار إليها بالأسهم.

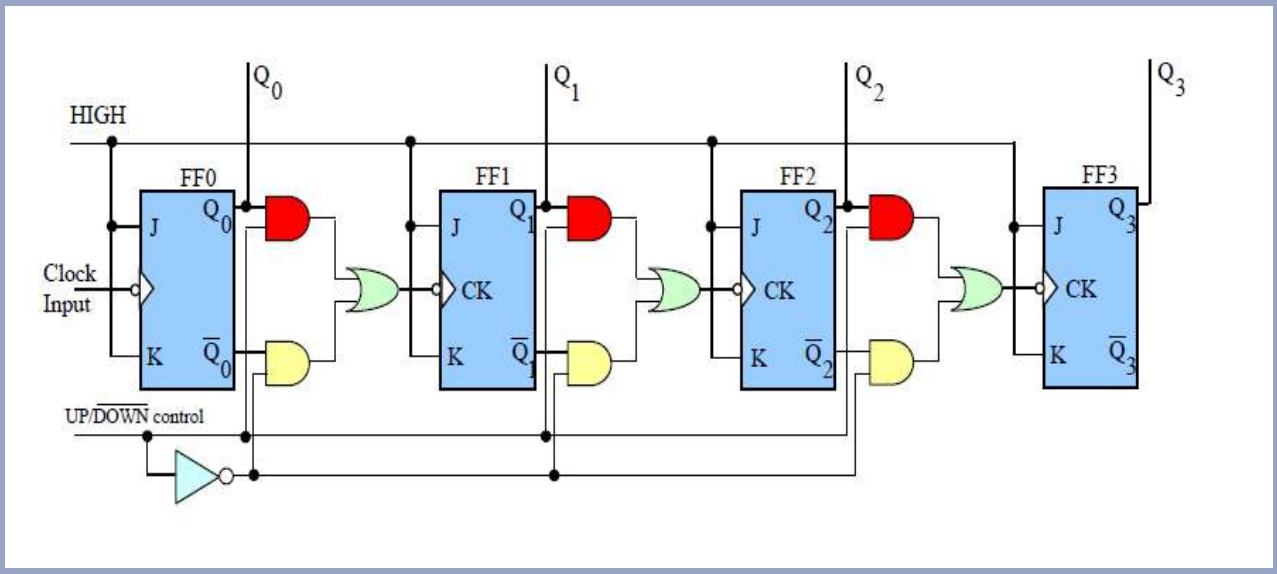
الشكل (6-26): الواجهة الخلفية لجهاز التسجيل المستقل.

5- كيف تُجهَّز الأكبال المحورية بروابط (BNC)؟

الوحدة السابعة

الإلكترونيات الرقمية

(Digital Electronics)



- لماذا يعد نظام العد الثنائي الأساس في عمل الأجهزة الرقمية؟
- كيف تُسهِم البوابات المنطقية في تطور الأجهزة الرقمية؟

تحتوي معظم أنظمة الاتصالات الحديثة والأنظمة الإلكترونية على مجموعة من الدارات المنطقية التي تؤدي بعض العمليات الأساسية التي يتكرر تنفيذها كثيرًا بسرعة عالية جدًّا.

تُمثِّل البوابات المنطقية حجر الأساس لبناء أي دارة منطقية، وفي هذه الوحدة سنتناول الأنواع المختلفة من البوابات المنطقية. وباستعمال التركيبات البسيطة لهذه البوابات، يمكن بناء الدارات المنطقية المختلفة.

تتناول هذه الوحدة أيضًا بناء الدارات المنطقية التتابعية (Sequential Logic Circuit) وتركيبها، مثل: النطاطات، ومسجلات الإزاحة، والعدادات.

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

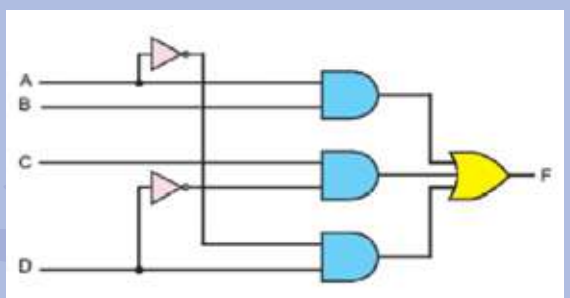
1- يتعرف نظام العد العشري، والثنائي، والسادس عشري.
2- يتعرف تركيب الدارات المنطقية الأساسية والمشتقة.
3- يتعرف أنواع الدارات الرقمية، واستخداماتها.
4- يتعرف دارات النطاط، وجدول الصواب لها.
5- يتعرف دارات مسجلات الإزاحة، وجدول الصواب لها.
6- يتعرف دارات العداد، وجدول الصواب لها.
7- يتعرف دارات وحدات الذاكرة، والمعالجات الميكروية، واستخداماتها.
8- يميز أطراف الدارات المتكاملة الرقمية، ويبين وظائفها باستخدام كتيب المكافئات.
9- يفحص الدارات المتكاملة الرقمية باستخدام أجهزة الفحص الخاصة.
10- يميز أطراف الدارات المنطقية، ويبين وظائفها باستخدام كتيب المكافئات.
11- يبني الدارات المنطقية الأساسية والمشتقة.
12- يبني دارة النطاط (S-R) باستخدام البوابات المنطقية.
13- يبني دارة النطاط (J-K) باستخدام البوابات المنطقية.
14- يبني دارة مسجل الإزاحة باستخدام البوابات المنطقية.
15- يبني دارة عداد باستخدام البوابات المنطقية.
16- يميز أطراف وحدات الذاكرة والمعالجات الميكروية.

أولًا: أنظمة العد والبوابات المنطقية
(Numbering Systems and Logic Gates)

النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

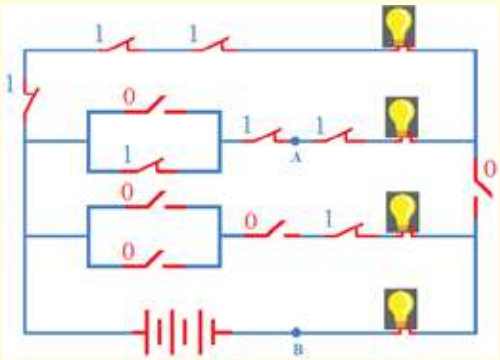
- يتعرف نظام العد: العشري، والثنائي، والسادس عشري.
- يتعرف تركيب الدارات المنطقية الأساسية والمشتقة.
- يتعرف أنواع الدارات الرقمية، واستخداماتها.
- يبني الدارات المنطقية الأساسية والمشتقة.



انظر... وتساءل
استكشف
اقرأ وتعلَّم
الإثراء والتوسع
القياس والتقويم
الخريطة المفاهيمية

انظر وتساءل

عند تأمُّلك الدارات الإلكترونية المختلفة، أو استخدامك بعض الحاسبات، ستلاحظ أن بعض الأرقام المكتوبة عليها فقط هي (0،1)، انظر الشكل (7-1)، ومنها ما كُتِب عليه الأحرف: (A), (B), (C), (D), (E), (F). فما المقصود بهذه الرموز؟



الشكل (7-1): دارة إلكترونية.

يوجد نوعان من الأنظمة المستخدمة في الحاسبات، هما: النظام الثنائي للأعداد (Binary Numbering System)، والنظام السادس عشري للأعداد (Hexadecimal Numbering System). يعد هذان النظامان من أهم الأنظمة المستخدمة في الدارات الإلكترونية الرقمية (Digital Electronics Circuits)، ولكل نظام عددي منهما أساس ورموز مستخدمة، ويمكن التحويل من أي نظام إلى بقية الأنظمة، وبخاصة التحويل من النظام العشري للأعداد وإليه (Decimal Numbering System)، وهو أكثر الأنظمة شيوعًا واستعمالًا.

استكشف

- لماذا يعد النظام الثنائي أحد أكثر الأنظمة ملاءمة للاستخدام في الأجهزة الرقمية؟

اقرأ وتعلَّم

1- أنظمة العد:

يعد استخدام الأرقام وسيلة للعد والحساب من الإنجازات المهمة التي حقَّقها الإنسان على مر التاريخ، وأسهمت في تسهيل مختلف العمليات الحسابية وتسريعها.

من أهم أنظمة العد:

أ - النظام العشري:

يعد النظام العشري (Decimal System) أحد أكثر أنظمة العد استعمالًا، وقد سُمِّي بالعشري لأنه يتكون من عشرة أرقام (0-9) تُمثِّل أساس هذا النظام. وفيه تعتمد قيمة الرقم على موقعه

في العدد العشري؛ أي إن قيمة الرقم الحقيقية تعتمد على قيمته المنزلية، وهذا يعني أن الرقم قد يأخذ أكثر من قيمة، وأن موضعه داخل العدد يُحدِّد قيمة ذلك الرقم. تزداد قيمة الرقم إذا حُرِّك نحو اليسار، وتقل قيمته إذا حُرِّك في اتجاه اليمين. وبناءً على ذلك، فإن الرقم الذي يقع أقصى يمين العدد هو الأصغر منزلة (Least Significant Bit: LSB)، والرقم الذي يقع أقصى يسار العدد هو الأكبر منزلة (Most Significant Bit: MSB). يعد النظام العشري من أنظمة العد الموضعية (Local Counting Systems)؛ إذ تعتمد فيه قيمة الرقم على موقعه في العدد العشري.

ب- النظام الثنائي:

توجد عديد من الأجهزة والمعدات الرقمية التي تستخدم النظام الثنائي (Binary System). يعد النظام الثنائي أحد أنظمة العد الموضعية، ويتكون من الرقمين (0) و(1)، وهو من أكثر الأنظمة ملاءمة للاستخدام في الأجهزة الرقمية؛ لأن لجميع البوابات والدارات المنطقية مخارج ثنائية الحالة. فالتيار الكهربائي؛ إمّا أن يمر بالدارة، وإمّا ألّا يمر، وكذلك الحال بالنسبة إلى المفاتيح الكهربائية؛ فإمّا أن يكون المفتاح مغلقًا (ON)، وإمّا أن يكون مفتوحًا (OFF). ويمكن استخدام الرقم (0) للتعبير عن حالة المفتاح المفتوح، والرقم (1)؛ للتعبير عن حالة المفتاح المغلق.

ولأن النظام الثنائي يحتوي فقط على رقمين (0) و(1)؛ فإن تمثيل الحالات الثنائية داخل الأجهزة الرقمية يكون أكثر سهولة باستخدام هذا النظام. يُسمَّى كلا الرقمين (0) و(1) رقمًا ثنائيًّا (Binary Digit)، واختصاره (bit). لتمثيل كل رقم ثنائي، يلزم توافر خانة واحدة فقط؛ لذا أصبح شائعًا إطلاق اسم (بت) على الخانة المخصصة للرقم في العدد الثنائي.

جـ - النظام السادس عشري:

أساس هذا النظام هو العدد (16). والأرقام في النظام السادس عشري تتكون من (16) رقمًا، وهي تشمل عشرة أرقام من النظام العشري (0-9)، والرموز: (A), (B), (C), (D), (E), (F).

2- الجبر البوولي (Boolean Algebra):

أحد أشكال المنطق الرمزي الذي يبين كيفية عمل البوابات المنطقية. والتعبير البولي هو وسيلة اختزال لتوضيح ما يجري في الدارة المنطقية. يُسمّى المتغير منطقيًّا إذا أخذ إحدى القيمتين: الصواب (True)، أو الخطأ (False)، وبهذا يمكن استخدام نظام العد الثنائي (1) أو(0) لتمثيل حالتي الصواب والخطأ بالترتيب.

3- البوابات المنطقية:

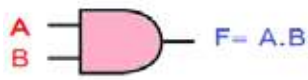
تعد البوابات المنطقية (Logic Gate) من وحدات البناء الرئيسة للأنظمة الرقمية، ولأنها تستخدم النظام الثنائي؛ فإنها تُسمّى البوابات المنطقية الثنائية. أمّا الفولتيات المستخدمة في البوابات المنطقية فقد تكون عالية (HIGH)، وتُمثَّل بالرقم الثنائي (1)، وقد تكون منخفضة (LOW)، وتُمثَّل بالرقم الثنائي (0). ولمّا كانت البوابات المنطقية تُمثِّل دارات إلكترونية، فإنها تستجيب فقط للفولتية العالية (1) والفولتية المنخفضة (0).

تُصنَّف البوابات المنطقية إلى الأنواع الآتية:

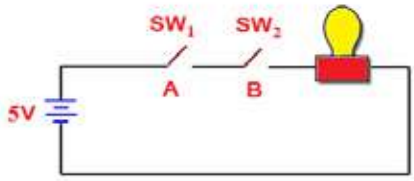
أ - البوابات المنطقية الأساسية:

تضم البوابات المنطقية الأساسية بوابة (و) (AND Gate)، وبوابة (أو) (OR Gate)، وبوابة (لا) (NOT Gate).

1. بوابة (و) (AND Gate): تُعرَّف هذه البوابة بأنها دارة منطقية يكون مخرجها في الحالة (1) إذا كانت جميع مداخلها في الحالة (1)، ويكون مخرجها في الحالة (0) إذا كان أحد مداخلها أو أكثر في الحالة (0). تُمثِّل هذه البوابة عملية الضرب المنطقي، انظر الشكل (7-2). يمكن التعبير عن عمل بوابة (و) باستخدام جدول الصواب، انظر الجدول (7-1). يمكن أيضًا توضيح مبدأ عمل بوابة (و) (AND Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية، انظر الشكل (7-3).



الشكل (7-2): الرمز المنطقي لبوابة (و) ذات المدخلين.



الشكل (7-3): مبدأ عمل بوابة (و) (AND Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية.

الجدول (1): جدول الصواب لبوابة (و).

A	B	F=A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

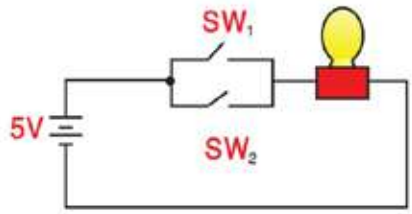
2. بوابة (أو) (OR Gate): تُعَّرف هذه البوابة بأنها دارة منطقية يكون مخرجها في الحالة (1) إذا كان أحد مداخلها على الأقل في الحالة (1)، ويكون مخرجها في الحالة (0) إذا كانت جميع مداخلها في الحالة (0). تُمثِّل هذه البوابة عملية الجمع المنطقي، انظر الشكل (7-4).

يمكن التعبير عن عمل بوابة (أو) باستخدام جدول الصواب، انظر الجدول (7-2).

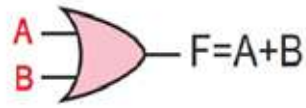
يمكن أيضًا توضيح مبدأ عمل بوابة (أو) (OR Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية، انظر الشكل (7-5).

الجدول (7-2): جدول الصواب لبوابة (أو).

A	B	F=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



الشكل (7-5): مبدأ عمل بوابة (أو) (OR Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية.



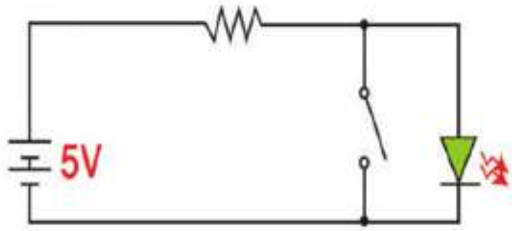
الشكل (7-4): الرمز المنطقي لبوابة (أو) ذات مدخلين.

3. بوابة (لا): (NOT Gate): يبين الشكل (7-6) الرمز المنطقي لبوابة (لا) التي تمتاز بوجود مدخل واحد ومخرج واحد لها، وفيها يكون الخرج عكس الدخل؛ فإذا كان الدخل في الحالة (1) كان الخرج في الحالة (0)، والعكس صحيح.

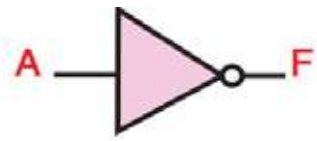
يمكن التعبير عن عمل بوابة (لا) باستخدام جدول الصواب، انظر الجدول (7-3).
يمكن أيضًا توضيح مبدأ عمل بوابة (لا) (NOT Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية، انظر الشكل (7-7).

الجدول (7-3): جدول الصواب لبوابة (لا).

A	F
0	1
1	0



الشكل (7-7): مبدأ عمل بوابة (NOT Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية.

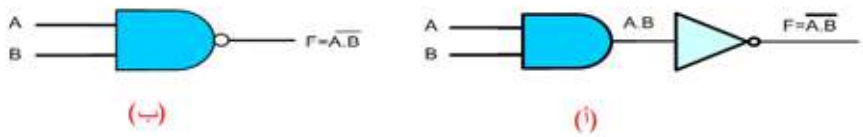


الشكل (7-6): الرمز المنطقي لبوابة (لا).

ب- البوابات المنطقية المشتقة:

سُمِّيت هذه البوابات بهذا الاسم لأنها اشتُقَّت من البوابات المنطقية الأساسية التي درستها سابقًا.
وفي ما يأتي أنواع البوابات المنطقية المشتقة:

1. بوابة (لا / أو) (NAND Gate): تُعرَف بوابة (لا / أو) بأنها البوابة التي يكون مخرجها في الحالة (0) إذا كانت جميع مداخلها في الحالة (1)، ويكون مخرجها في الحالة (1) إذا كان لجميع المداخل احتمالات أخرى، هي بوابة (و)، تليها بوابة (لا) كما في الشكل (7-8/أ). أمّا الشكل (7-8/ب) فيبين الرمز المنطقي.



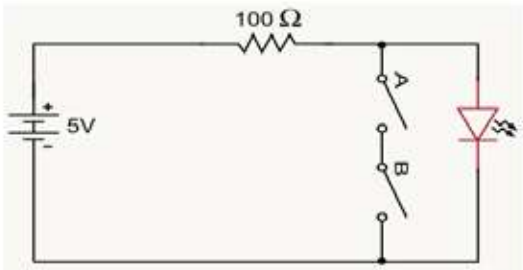
الشكل (7-8): بوابة (لا / أو).

يمكن التعبير عن عمل بوابة (لا / و) باستخدام جدول الصواب، انظر الجدول (7-4).

الجدول (7-4): جدول الصواب لبوابة (لا / و).

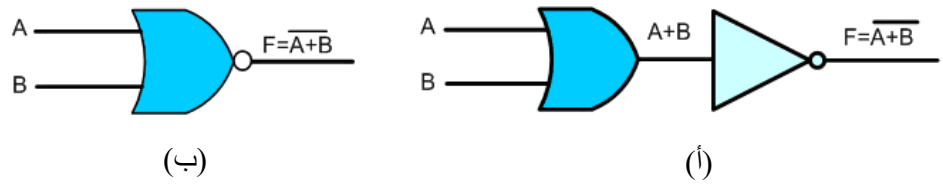
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

يمكن توضيح مبدأ عمل بوابة (لا / و) (NAND Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية، انظر الشكل (7-9).



الشكل (7-9): تمثيل بوابة (لا / و) باستخدام المفاتيح الكهربائية.

2. بوابة (لا / أو) (NOR Gate): تُعرَف بوابة (لا / أو) بأنها البوابة التي يكون مخرجها في الحالة (1) إذا كانت جميع مداخلها في الحالة (0)، ويكون مخرجها في الحالة (0) إذا كان لجميع المداخل احتمالات أخرى، هي بوابة (أو) تليها بوابة (لا) كما في الشكل (7-10/أ). أمّا الشكل (7-10/ب) فيبين الرمز المنطقي.



(أ) (ب)

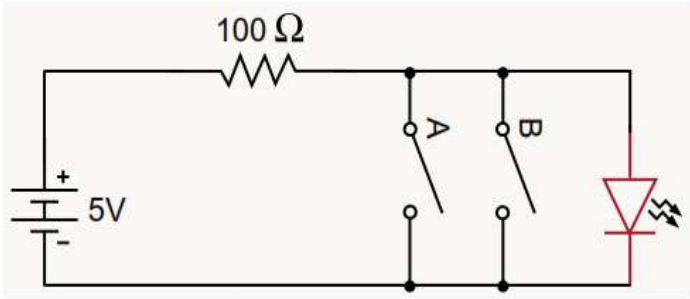
الشكل (7-10): بوابة (لا / أو).

يمكن التعبير عن عمل بوابة (لا / أو) باستخدام جدول الصواب، انظر الجدول (7-5).

الجدول (7-5): جدول الصواب لبوابة (لا / أو) ذات مدخلين.

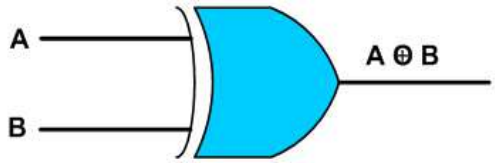
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

يمكن توضيح مبدأ عمل بوابة (لا / أو) (NOR Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية، انظر الشكل (7-11).



الشكل (7-11): تمثيل بوابة (لا / أو) باستخدام المفاتيح الكهربائية.

3. **بوابة (استثناء/ أو) (XOR Gate):** هي بوابة يكون مخرجها في الحالة (1) إذا كانت مداخلها مختلفة، ويكون مخرجها في الحالة (0) إذا كان مداخلها متشابهة، وتُسمّى هذه البوابة بالمقارن بمعنى أنها بوابة (أيهما، وليس كلاهما)، انظر الشكل (7-12) الذي يبين رمز هذه البوابة.



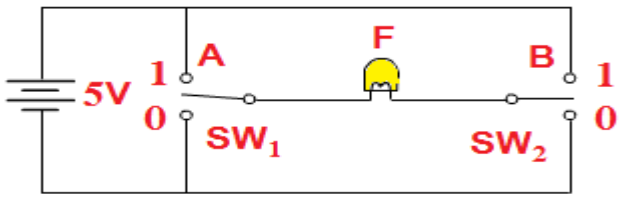
الشكل (7-12): بوابة (استثناء/ أو).

يمكن التعبير عن عمل بوابة (استثناء/ أو) باستخدام جدول الصواب، انظر الجدول (7-6).

الجدول (7-6): جدول الصواب لبوابة (استثناء/أو) ذات المدخلين.

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

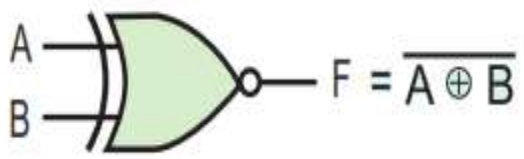
يمكن أيضًا توضيح مبدأ عمل بوابة (استثناء/ أو) (XOR Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية، انظر الشكل (7-13).



الشكل (7-13): تمثيل بوابة (استثناء/ أو) باستخدام المفاتيح الكهربائية.

4. **بوابة (استثناء – لا/ أو) (XNOR Gate):** هي بوابة يكون مخرجها في الحالة (1) إذا كانت مداخلها متشابهة، ويكون مخرجها في الحالة (0) إذا كانت مداخلها مختلفة، انظر الشكل (7-14) الذي يبين رمز هذه البوابة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف



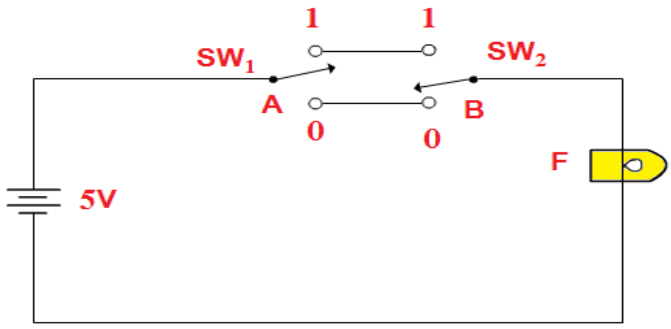
الشكل (7-14): الرمز المنطقي لبوابة (استثناء – لا/ أو).

يمكن التعبير عن عمل بوابة (استثناء – لا/ أو) باستخدام جدول الصواب كما في الجدول (7).

الجدول (7-7): جدول الصواب لبوابة (استثناء/لا/أو) ذات مدخلين.

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

يمكن أيضًا توضيح مبدأ عمل بوابة (استثناء – لا/ أو) (XNOR Gate) باستخدام المفاتيح الكهربائية كما في الشكل (7-15).



الشكل (7-15): تمثيل بوابة (استثناء – لا/ أو) باستخدام المفاتيح الكهربائية.

4- الدوال المنطقية

لاحظت عند دراستك للبوابات المنطقية أن قيم الخرج تعتمد على قيم الدخل؛ أي إن قيمة الخرج تُشكِّل دالة (اقترانًا) يعتمد على الداخل، بحيث تُشكِّل هذه الدالة تعبيرًا منطقيًّا يتكون من مجموعة من العلاقات المنطقية (أو)، (و)، (لا). لتمثيل الدوال المنطقية باستخدام البوابات المنطقية، ادرس المثال الآتي.

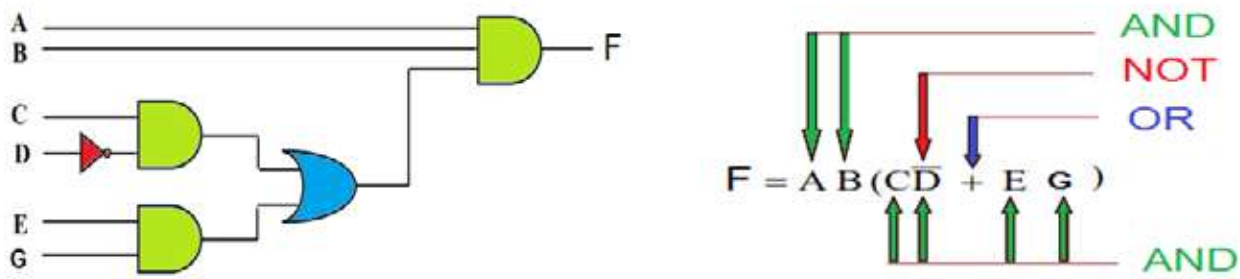
المثال (1)

أنشئ الدارة المنطقية التي تُمثِّل الدالة:

$F=AB\ (C\overline{D}+EG)$

الحل:

عند تقسيم هذا التعبير المنطقي، يَتبيَّن أن المتغيرات (A,B) ثم (EG), ($C\overline{D}$) تُمثِّل ثلاثة مدخلات لبوابة (AND)، وأن المتغير ($C\overline{D}$+EG) يمكن تشكيله بأخذ ($C,\overline{D}$) على دخلي بوابة (AND)، وأخذ (E,G) على دخلي بوابة (AND) أخرى، ثم أخذ كل من خرج البوابتين (AND) على دخلي بوابة (OR)، انظر الشكل (7-16).



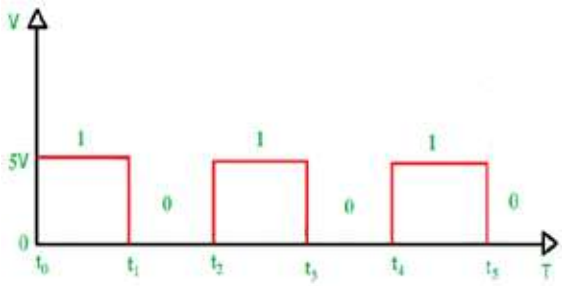
الشكل (7-16): الدارة المنطقية للتعبير المنطقي.

5-المنطق الموجب والمنطق السالب:

درست سابقًا أنه توجد حالتان للمنطق، هما: حالة الصواب، وحالة الخطأ. تستخدم في الدارات الإلكترونية المنطقية مستويات معينة من الفولتية لتمثيل المنطق (1) والمنطق (0).

أ - المنطق الموجب (Positive Logic):

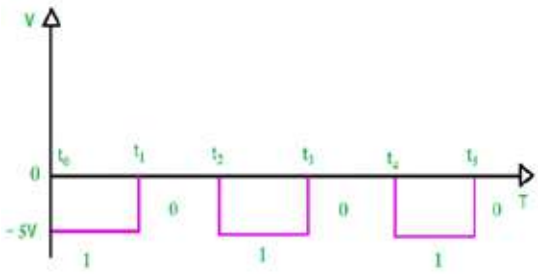
هو استخدام مستوى الفولتية العالية (High Level) لتمثيل المنطق (1)، واستخدام مستوى الفولتية المنخفضة (Low Level) لتمثيل المنطق (0)، انظر الشكل (7-17). ومثال ذلك استعمال مستوى الفولتية (+5V) مُمثِّلًا للمنطق (1)، واستعمال مستوى الفولتية (0V) مُمثِّلًا للمنطق (0).



الشكل (7-17): نبضات كهربائية تُمثِّل المنطق الموجب.

ب- المنطق السالب (Negative Logic):

هو استخدام مستوى الفولتية المنخفضة لتمثيل المنطق (1)، واستخدام مستوى الفولتية العالية لتمثيل المنطق (0)، انظر الشكل (7-18)، ومثال ذلك استعمال مستوى الفولتية (-5V) مُمثِّلًا للمنطق (0)، واستعمال مستوى الفولتية (0V) فولت مُمثِّلًا للمنطق (1).



الشكل (7-18): نبضات كهربائية تمثل المنطق السالب.

6- الدارات المتكاملة الرقمية (Digital ICs):

تُصنَع الدارات المتكاملة الرقمية بشكل مشابه ومماثل تمامًا للدارات المتكاملة الخطية (Linear ICs)، حتى إن غلاف هذه الدارات مشابه تمامًا لغلاف الدارات الخطية؛ لذا لا يمكن التفريق بينهما إلا بالرموز.

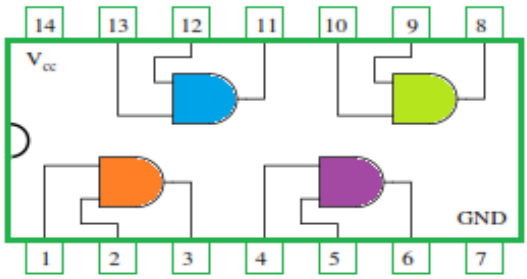
تستجيب الدارات المتكاملة الخطية لمختلف الإشارات، في حين تحوي الدارات الرقمية عناصر إلكترونية تعمل فقط في إحدى الحالتين المنطقتين (0) أو (1). تستخدم الدارات المتكاملة الرقمية في كثير من التطبيقات، منها: دارات الفتح والإغلاق، والبوابات المنطقية (OR,AND,NOT)، ودارات العد (Counting)، ودارات الحساب (Computation)، ودارات حفظ المعلومات (Data Storage)، ووحدات الإظهار (Display).

أ - السلاسل الرئيسة للدارات المتكاملة الرقمية:

من أهم الدارات الرقمية وأكثرها استخدامًا ما يأتي:

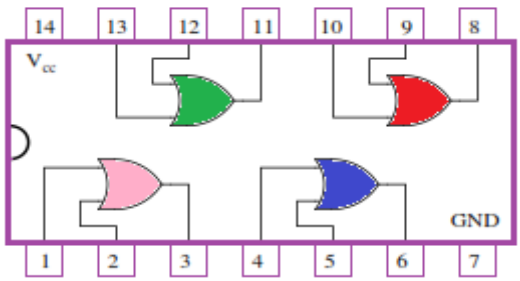
1. الدارات المتكاملة الرقمية من نوع (TTL): لمعظم دارات المنطق (ترانزستور- ترانزستور) أربعة عشر طرفًا، وتوصَل فولتية التغذية (V_{CC}) بالطرف رقم (14)، في حين يوصَل الطرف رقم (7) بالأرضي، أو بالطرف السالب لفولتية التغذية (0). تُناسِب هذه الدارات الإشارات الثنائية التي لها حالتان منطقيتان، هما: (0) و(1)، وتبدأ أرقام هذه الدارات بالرقم (74). من أهم هذه الدارات ما يأتي:

- **الدارة (7408):** تحوي هذه الدارة أربع بوابات (AND)، كما في الشكل (7-19)، ويمكن استخدام كل بوابة من البوابات الأربع على حِدَة.



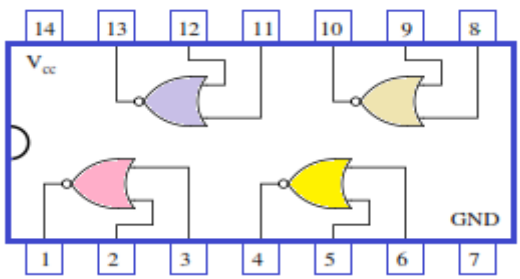
الشكل (7-19): دارة (7408).

- **الدارة (7432):** تحوي هذه الدارة أربع بوابات (أو) (OR)، كما في الشكل (7-20)، ويمكن استخدام كل بوابة من البوابات الأربع على حِدَة.



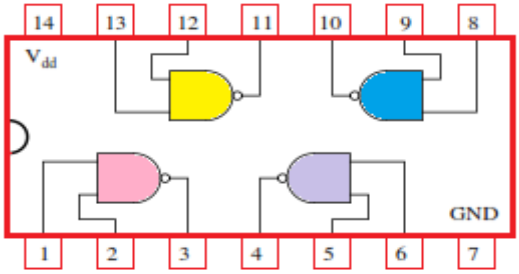
الشكل (7-20): دارة (7432).

- **الدارة (7402):** تحوي هذه الدارة أربع بوابات (لا/أو) (NOR)، كما في الشكل (7-21)، تُشكِّل منها بوابة مستقلة ذات مدخلين، ويمكن استخدامها على نحوٍ منفصل عن البوابات الأخرى.

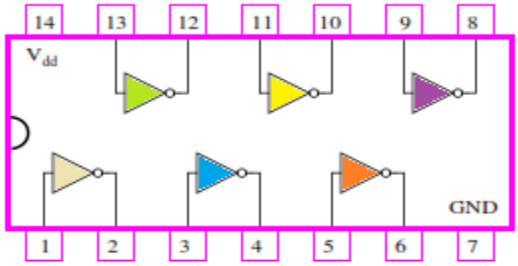


الشكل (7-21): دارة (7402).

2. الـدارات المتكاملـة الرقميـة مـن نـوع (CMOS): تسـتخدم عائلـة (MOS/CMOS) ترانزسـتورات تأثيـر المجـال التـي تمتـاز بصغـر حجمهـا، واسـتهلاكها القليـل مـن الطاقـة، ومـن أشـهرها الـدارة التـي تبـدأ بالرقـم (40)، والـدارة (4001) التـي تتكـون مـن أربـع بوابـات (NAND)، ويبيـن الشـكل (7-22) تركيـب هـذه الـدارة، فـي حيـن يبيـن الشـكل (7-23) تركيـب دارة (4069) التـي تتكـون مـن سـت بوابـات (NOT).



الشكل (7-22): دارة (4001).



الشكل (7-23): دارة (4069).

ب ـفحص الدارات المتكاملة الرقمية:

يستخدم المجس المنطقي (Logic Probe) لفحص الدارات المتكاملة الرقمية، وهو يحدد مستويات المنطق ويظهرها، فضلًا عن تحديده النبضات ومستويات الفولتية في الدارات المنطقية المؤلفة من عناصر تخص عائلة محددة، أو من عناصر تُمثِّل خليطًا من عائلات مختلفة. يتكون هذا المجس من وصلتين: الأولى ذات لون أحمر توصَل بمصدر الفولتية (+5V)، والثانية ذات لون أسود توصَل بالأرضي. ويبين الشكل (7-24) أحد أنواع المجسات المنطقية.

الشكل (7-24): المجس المنطقي.

أولًا: معلومات إثرائية

- يستعمل النظام الثنائي في أنظمة الحاسوب والدارات الكهربائية والإلكترونية مباشرة لفهم التعليمات البرمجية، ويمتاز بأن له قيمتين هما: (0) و(1).
- يستعمل النظام السادس عشري في جهاز الحاسوب لعنونة أماكن ذاكرة الوصول العشوائي (RAM)، ويوجد لكل قسم من الذاكرة رقم سادس عشري.

ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

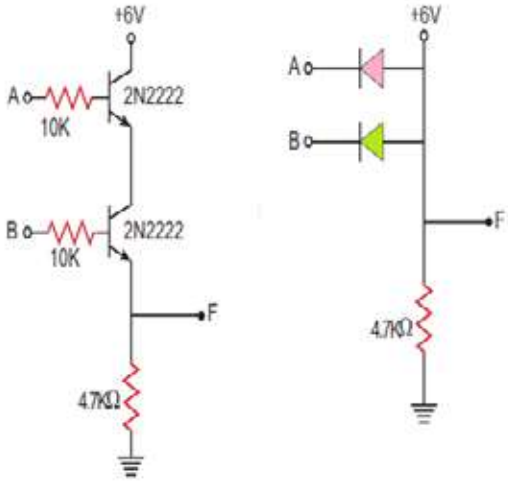
ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عن نظام العد السادس عشري، ثم اكتب تقريرًا عنه، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

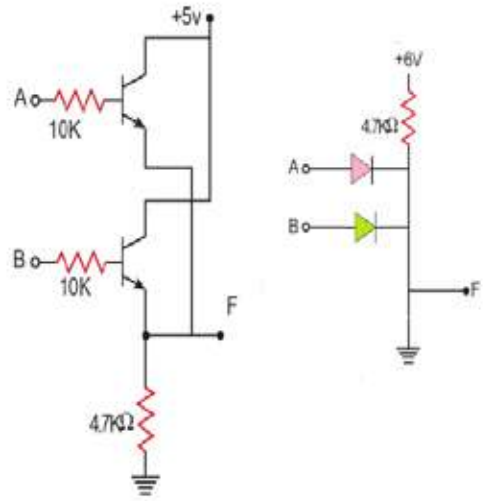
ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن التطبيقات العملية للبوابات المنطقية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

1- أيهما أكبر: العدد 37 في النظام العشري، أم العدد 37 في النظام السادس عشري؟ لماذا؟

2- وضِّح مبدأ عمل الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (7-25/أ) التي تُمثِّل بناء دارة (و) باستخدام الثنائيات، ثم استنتج جدول الصواب لها، ثم وضِّح مبدأ عمل الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (7-25/ب) التي تُمثِّل بناء دارة (أو) باستخدام الترانزستور، ثم استنتج جدول الصواب لها.

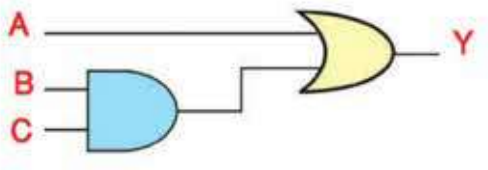


الشكل (7-25/ب).



الشكل (7-25/أ).

3- اكتب الدالة المنطقية للدارة المبينة في الشكل (7-26).

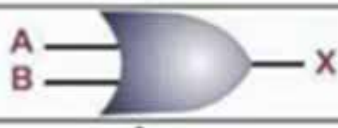
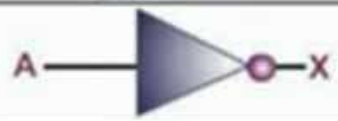
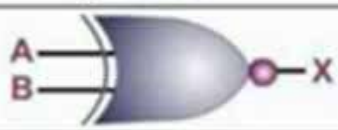


الشكل (7-26).

4- بيِّن بالرسم كيف يمكن الحصول على بوابة (استثناء/ لا/ أو) (XNOR)، ثم اكتب جدول الصواب لها.

البوابات المنطقية

اسم البوابة	رمز البوابة	التعبير المنطقي	جدول الصواب

TYPE OF GATE	LOGIC SYMBOL	BOOLEAN EXPRESSION	TRUTH TABLE	
			INPUT	OUTPUT
			A B	X
AND		$X = A \cdot B$	0 0 0 1 1 0 1 1	0 0 0 1
OR		$X = A + B$	0 0 0 1 1 0 1 1	0 1 1 1
NOT		$X = \overline{A}$	0 - 1 -	1 0
NAND		$X = \overline{A \cdot B}$	0 0 0 1 1 0 1 1	1 1 1 0
NOR		$X = \overline{A + B}$	0 0 0 1 1 0 1 1	1 0 0 0
X-OR		$X = A \oplus B$	0 0 0 1 1 0 1 1	0 1 1 0
X-NOR		$X = \overline{A \oplus B}$	0 0 0 1 1 0 1 1	1 0 0 1

التمرين الأول: بناء بوابة (و) (AND) باستخدام المفاتيح

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (و) باستخدام المفاتيح.

2- يتحقق من عمل بوابة (و) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية ، (100 Ω) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاحا تشغيل أحادي.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ثنائي مشع للضوء.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	أسلاك توصيل.	
5	لوحة توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة الثنائي المشع.

3- أغلق المفتاح (SW_2)، ثم افتح المفتاح (SW_1) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

4- أغلق المفتاح (SW_1)، ثم افتح المفتاح (SW_2) كما في الشكل (3)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

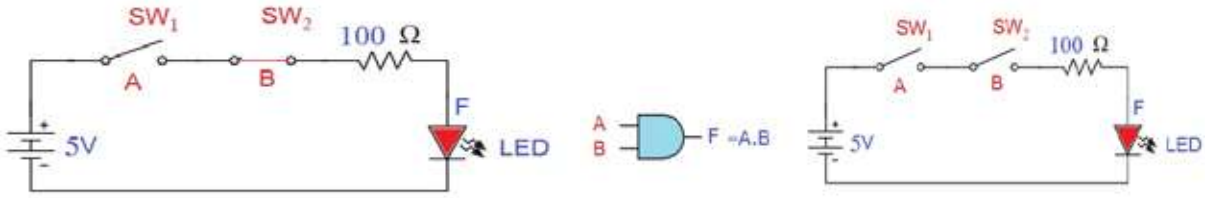
5- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) كما في الشكل (4)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

جدول الصواب.

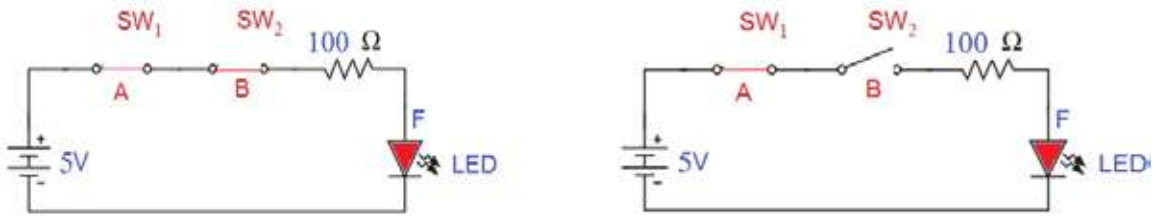
SW1 (A)	SW2 (B)	LED (F)
OFF	OFF	
OFF	ON	
ON	OFF	
ON	ON	

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

الشكل (2).



الشكل (3).

الشكل (4).

فكّر

1- لماذا وُصِلت مقاومة على التوالي بالثنائي المشع للضوء في الشكل (1)؟

2- ماذا يحدث إذا عُكِس قطبا مصدر الفولتية المباشرة في الشكل (4)؟

3- هل يمكن استخدام مصباح عادي بدل الثنائي المشع للضوء؟

التمرين الثاني: بناء بوابة (أو) (OR) باستخدام المفاتيح

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (أو) باستخدام المفاتيح.

2- يتحقق من عمل بوابة (أو) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية (100 Ω) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاحا تشغيل أحادي.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ثنائي مشع للضوء.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	أسلاك توصيل.	
5	لوحة توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة الثنائي المشع.

3- أغلق المفتاح (SW_2)، ثم افتح المفتاح (SW_1) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

4- أغلق المفتاح (SW_1)، ثم افتح المفتاح (SW_2) كما في الشكل (3)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

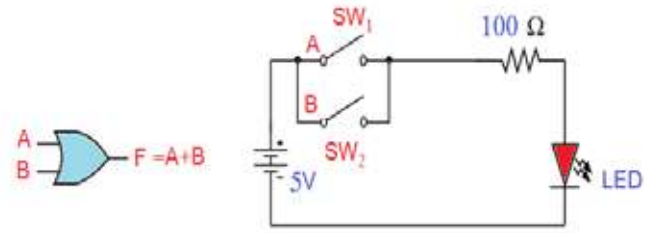
5- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) كما في الشكل (4)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

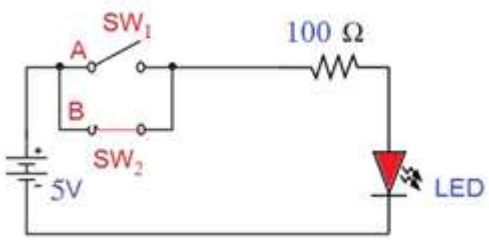
جدول الصواب.

SW1 (A)	SW2 (B)	LED (F)
OFF	OFF	
OFF	ON	
ON	OFF	
ON	ON	

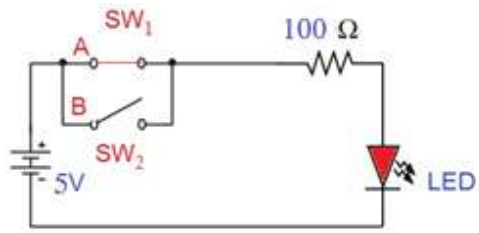
الرسوم التوضيحية



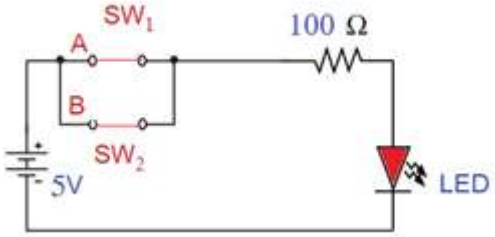
الشكل (1).



الشكل (2).



الشكل (3).



الشكل (4).

التمرين الثالث: بناء بوابة (لا) (NOT) باستخدام المفاتيح

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (لا) باستخدام المفاتيح.

2- يتحقق من عمل بوابة (لا) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية، (100 Ω)، (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاح تشغيل أحادي.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ثنائي مشع للضوء.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	أسلاك توصيل.	
5	لوحة توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة الثنائي المشع.

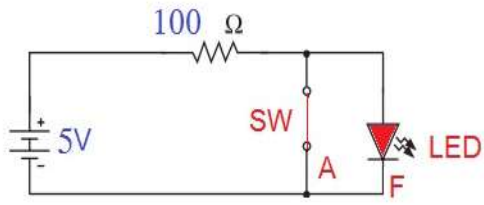
3- أغلق المفتاح (SW) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

4- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

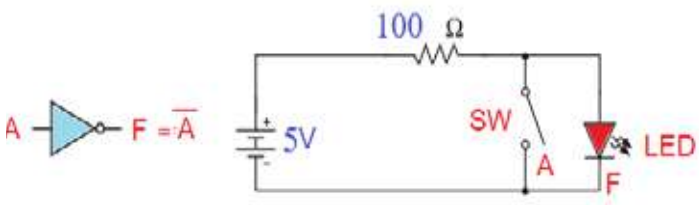
جدول الصواب.

SW (A)	LED (F)
OFF	
ON	

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).



الشكل (2).

التمرين الرابع: بناء بوابة (لا/و) (NAND) باستخدام المفاتيح

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (لا/و) باستخدام المفاتيح.

2- يتحقق من عمل بوابة (لا/و) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية ، (100 Ω) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاح تشغيل أحادي.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ثنائي مشع للضوء.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	أسلاك توصيل.	
5	لوحة توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة الثنائي المشع.

3- أغلق المفتاح (SW_2)، ثم افتح المفتاح (SW_1) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

4- أغلق المفتاح (SW_1)، ثم افتح المفتاح (SW_2) كما في الشكل (3)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

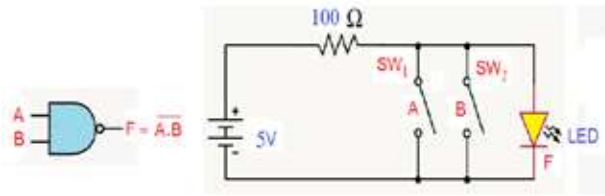
5- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) كما في الشكل (4)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

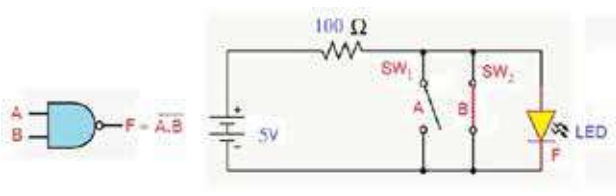
جدول الصواب.

SW_1 (A)	SW_2 (B)	LED (F)
OFF	OFF	
OFF	ON	
ON	OFF	
ON	ON	

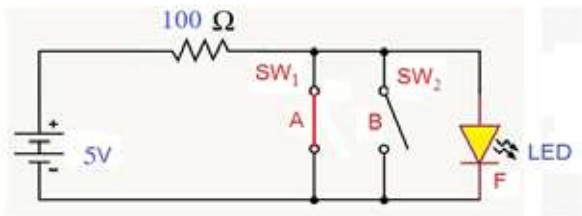
الرسوم التوضيحية



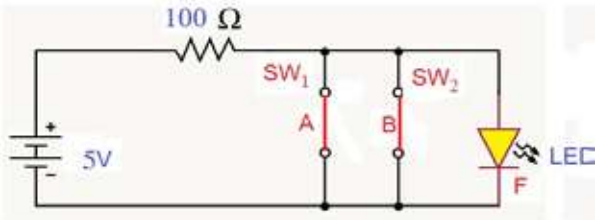
الشكل (1).



الشكل (2).



الشكل (3).



الشكل (4).

التمرين الخامس: بناء بوابة (لا/أو) (NOR) باستخدام المفاتيح

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (لا/أو) باستخدام المفاتيح.

2- يتحقق من عمل بوابة (لا/أو) باستخدام جدول الصواب

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية ، (100 Ω) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاحا تشغيل أحادي.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ثنائي مشع للضوء.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	أسلاك توصيل.	
5	لوحة توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة الثنائي المشع.

3- أغلق المفتاح (SW_2) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

4- أغلق المفتاح (SW_1)، ثم افتح المفتاح (SW_2) كما في الشكل (3)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

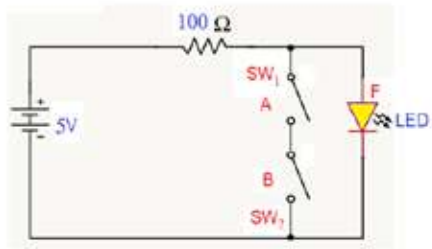
5- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) كما في الشكل (4)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

6- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

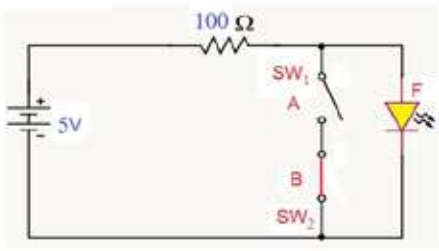
جدول الصواب.

SW_1 (A)	SW_2 (B)	LED (F)
OFF	OFF	
OFF	ON	
ON	OFF	
ON	ON	

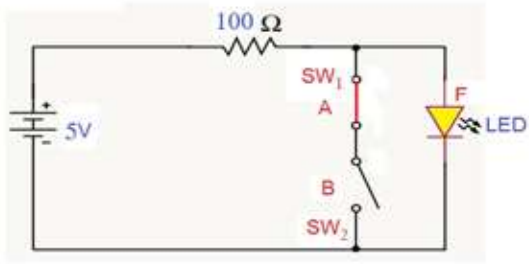
الرسوم التوضيحية



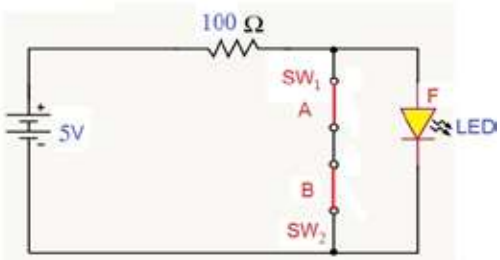
الشكل (1).



الشكل (2).



الشكل (3).



الشكل (4).

التمرين السادس: بناء بوابة (استثناء/أو) (XOR) باستخدام المفاتيح

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (استثناء/أو) باستخدام المفاتيح.

2- يتحقق من عمل بوابة (استثناء/أو) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية (100 Ω) (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاحا تشغيل أحادي.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ثنائي مشع للضوء.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	أسلاك توصيل.	
5	لوحة توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة.

3- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) على تدريج (0) مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة المصباح.

4- أغلق المفتاح (SW_2) على وضع (1)، ثم أغلق المفتاح (SW_1)على وضع (0) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة المصباح.

5- أغلق المفتاح (SW_1) على وضع (1)، ثم أغلق المفتاح (SW_2) على وضع (0) كما في الشكل (3)، مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة المصباح.

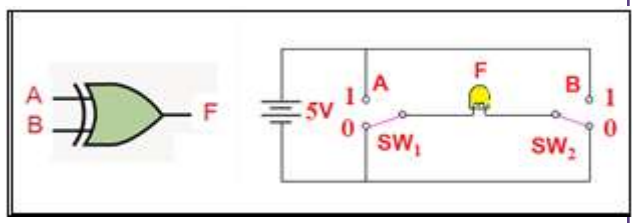
6- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) على وضع (1) كما في الشكل (4)، مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة المصباح.

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

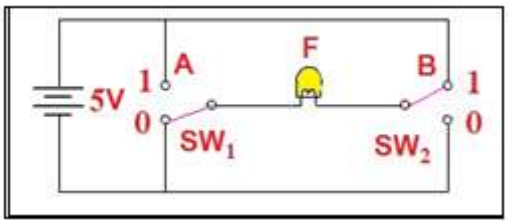
جدول الصواب.

SW_1 (A)	SW_2 (B)	LED (F)
0	0	
0	5	
5	0	
0	5	

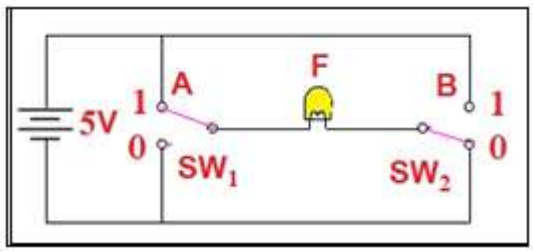
الرسوم التوضيحية



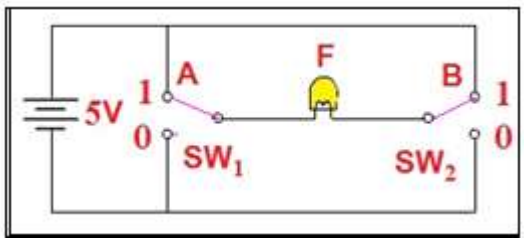
الشكل (1).



الشكل (2).



الشكل (3).



الشكل (4).

التمرين السابع

بناء بوابة (استثناء – لا/ أو) (XNOR) باستخدام المفاتيح

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (استثناء – لا/أو) باستخدام المفاتيح.

2- يتحقق من عمل بوابة (استثناء – لا/ أو) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	مقاومة كربونية (100 Ω)، (0.5W).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاحا تشغيل أحادي.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	ثنائي مشع للضوء.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	أسلاك توصيل.	
5	لوحة توصيل.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

2- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة.

3- أغلق المفتاحين (SW_1,SW_2) على الوضع (0)، مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة المصباح.

4- أغلق المفتاح (SW_2) على وضع (1)، ثم أغلق المفتاح (SW_1) على وضع (0) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة المصباح.

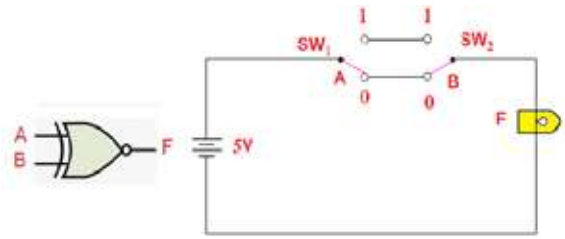
5- أغلق المفتاح (SW_1) على وضع (1)، ثم أغلق المفتاح (SW_2) على وضع (0) كما في الشكل (3)، مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة المصباح.

خطوات العمل
6- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) على تدريج (1) كما في الشكل (4)، مُلاحِظًا إضاءة المصباح، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة المصباح 7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

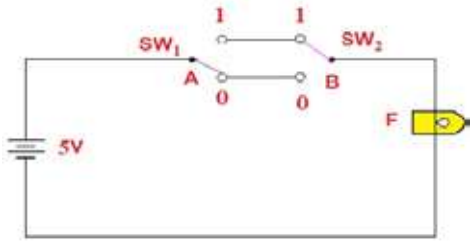
جدول الصواب.

SW_1 (A)	SW_2 (B)	LED (F)
0	0	
0	5	
5	0	
0	5	

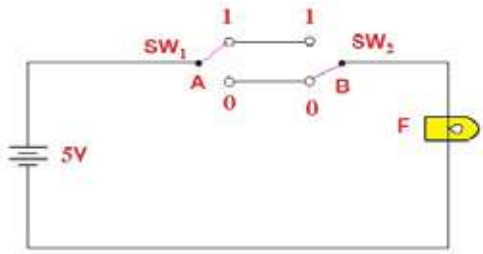
الرسوم التوضيحية



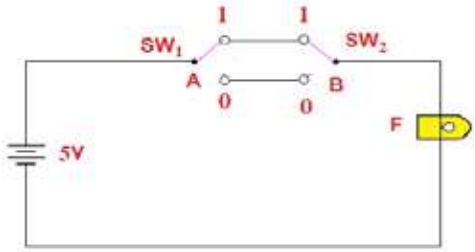
الشكل (1).



الشكل (2).



الشكل (3).



الشكل (4).

التمرين الثامن: تعرف البوابات المنطقية المتكاملة

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يميز البوابات المنطقية المتكاملة.

2- يحدد أطراف البوابات المنطقية المتكاملة.

3- يستخدم كتيب بدائل البوابات المنطقية المتكاملة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	(10) مجموعات من البوابات المنطقية المتكاملة الرقمية: (7432,7421,7400,7402,7404, 7473,7427,7486,7442, 7408).	
2	كتيب بدائل البوابات المنطقية المتكاملة حديث الإصدار.	

خطوات العمل

1- تفحَّص البوابات المنطقية المتكاملة التي بحوزتك.

2- بناءً على البوابات المنطقية المتكاملة التي بحوزتك، ومُستخدِمًا كتيب البدائل، املأ الفراغ كما في الجدول (1) الآتي:

رقم البوابة	عدد الأطراف	العائلة	الوظيفة	البدائل	الملاحظات

الجدول (1).

3- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

التمرين التاسع

بناء بوابة (و) (AND) باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني بوابة (و) باستخدام البوابات المنطقية المتكاملة.

2- يتحقق من عمل بوابة (و) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	بوابة منطقية متكاملة (7408).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مقاومتان كربونيتان (4.7K Ω) (2x(10K Ω)) (100 Ω) (2x(1K Ω) (0.5W).	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	مفتاحا تشغيل ثنائي.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	ثنائي (1N4148).	
5	ترانزستور (BC184)، أو ما يكافئه.	
6	ثنائي مشع للضوء.	
7	أسلاك توصيل.	
8	لوحة توصيل.	
9	كتيب بدائل البوابات المنطقية المتكاملة حديث الإصدار.	
10	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- حدِّد أطراف البوابة المنطقية المتكاملة باستخدام كتيب البدائل.

2- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1).

3- اضبط مصدر الفولتية الكهربائية المباشرة على الفولتية المناسبة، ثم صله بالدارة، ثم أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) على تدريج (0)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب التالي حالة الثنائي المشع.

خطوات العمل

4- أغلق المفتاح (SW_2) على وضع (5V)، ثم أغلق المفتاح (SW_1) على وضع (0) كما في الشكل (2)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

5- أغلق المفتاح (SW_1) على وضع (5V)، ثم أغلق المفتاح (SW_2) على وضع (0V) كما في الشكل (3)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

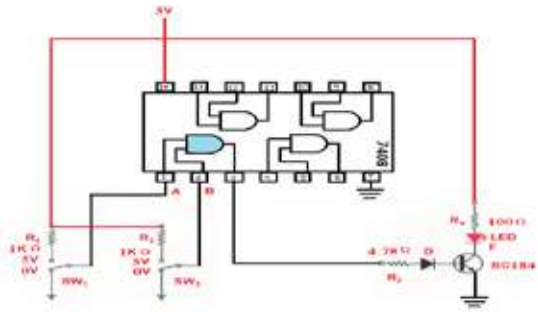
6- أغلق المفتاحين (SW_1) و(SW_2) على وضع (5V) كما في الشكل (4)، مُلاحِظًا إضاءة الثنائي، ثم دوِّن في جدول الصواب حالة الثنائي المشع.

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

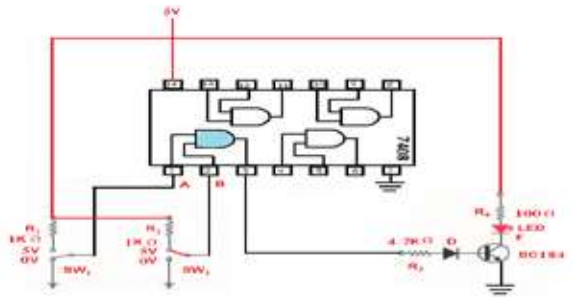
جدول الصواب.

SW_1 (A)	SW_2 (B)	LED (F)
0	0	
0	5	
5	0	
5	5	

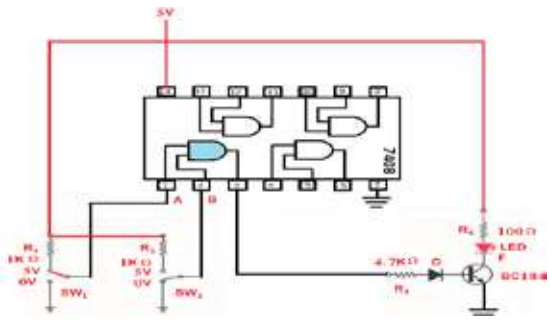
الرسوم التوضيحية



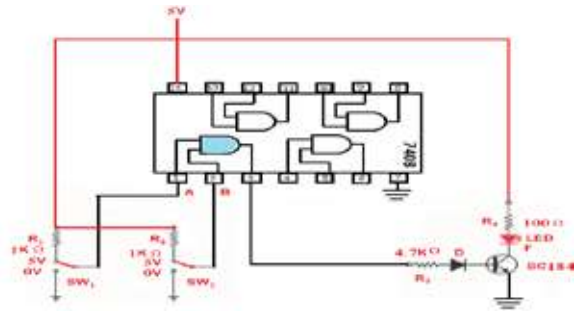
الشكل (1).



الشكل (2).



الشكل (3).



الشكل (4).

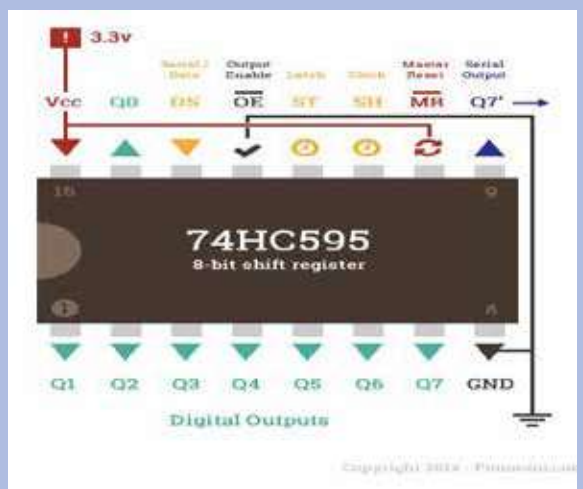
ثانيًا: الدارات المنطقية التجميعية والدارات المنطقية التتابعية

(Combinational Logic Circuit and Sequential Logic Circuit)

النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يتعرف الدارات المنطقية التجميعية.
- يتعرف الدارات المنطقية التتابعية.



انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلَّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

انظر وتساءل

عند إدخال رقم في الآلة الحاسبة (403 مثلًا)، أضغط على الرقم (4)، فيظهر على يمين الشاشة كما في الشكل (7-27)، ثم أضغط على الرقم (0)، فينتقل الرقم (4) إلى اليسار؛ ليفسح مكانًا للرقم (0)، وتتوالى إزاحة الارقام إلى اليسار على الشاشة، فما الدارة العملية التي تقوم بذلك؟

الشكل (7-27): آلة حاسبة.

استكشف

1- مِمَّ تتركب النطاطات، والمسجلات، والعدادات؟ ما أهميتها؟ ما خصائصها؟

2- ما الدارات المنطقية التي تستخدم فيها كل من النطاطات، والمسجلات، والعدادات؟

اقرأ وتعلَّم

تُصنَّف الدارات المنطقية إلى نوعين رئيسين؛ الأول يُسمّى الدارات التجميعية (Combinational logic Circuit)، مثل: الجامع النصفي، والجامع الكامل، والطارح النصفي، والطارح الكامل. والثاني يُسمّى الدارات التتابعية (Sequential Logic Circuit)، مثل: النطاطات، والمسجلات، والعدادات. تعتمد قيم الخرج في الدارات التجميعية على قيم الدخل؛ لذا لا تحتوي هذه الدارات في بنائها على أي عناصر ذاكرة. أمّا الدارات التتابعية فتمتاز بوجود ذاكرة؛ إذ يعتمد خرج الدارة في لحظة ما على قيم الدخل وحالة الدارة الحالية.

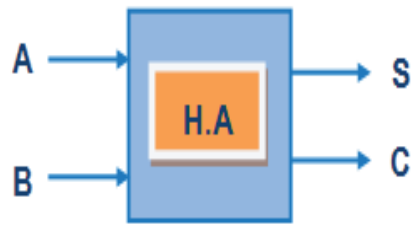
1-الدارات المنطقية التجميعية:

تتوافر مجموعة كبيرة من الدارات التجميعية، حيث تؤدي كل دارة وظيفة محددة، ومن أهم هذه الدارات:

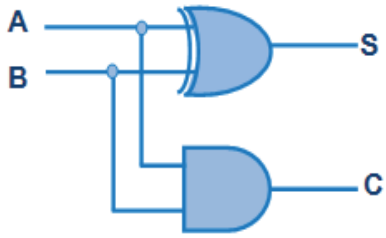
أ - دارة الجامع النصفي (Half Adder):

دارة تجميعية تحتوي على مدخلين ومخرجين، وتجمع الخانات الثنائية على المدخل، فتظهر نتيجة الجمع والحمل. يبين الشكل (7-28) الرمز المنطقي لدارة الجامع النصفي،

وفيه تُمثِّل قيمة أحد المخارج (S) حاصل جمع (Sum) خانة كل من الثنائيين الموجودة على المدخل. أمّا المخرج الثاني (C) فيُمثِّل قيمة الحمل الناتج من عملية الجمع (Carry). يبين الشكل (7-29) الدارة المنطقية للجامع النصفي، في حين يبين الجدول (7-8) جدول الصواب للجامع النصفي الذي يستخدم في استخراج قيمة كل من (S) و(C).



الشكل (7-28): الرمز المنطقي لدارة الجامع النصفي.



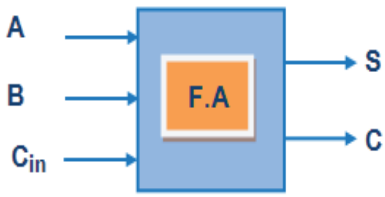
الشكل (7-29): الدارة المنطقية للجامع النصفي.

الجدول (7-8): جدول الصواب للجامع النصفي.

الدخل		الخرج	
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

ب- دارة الجامع الكامل (Full Adder):

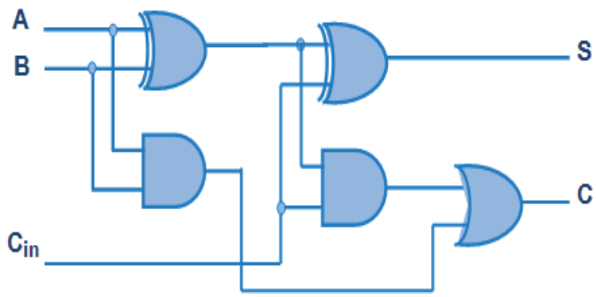
دارة الجامع الكامل هي دارة تجميعية يمكنها جمع ثلاثة أرقام (bits) في الوقت نفسه، وتتكون من ثلاثة مداخل ومخرجين: اثنين من المداخل، هما: (A) و(B) اللذان يُمثِّلان الرقمين المراد جمعهما، والمدخل الثالث (Cin) الذي يُمثِّل الرقم الباقي، أو الرقم المُرحَّل من المرحلة السابقة. أمّا المخرجان فهما: المجموع (Sum)، والحامل (Carry). يبين الجدول (7-9) جدول الصواب للجامع الكامل، في حين يبين الشكل (7-30) الرمز المنطقي للجامع الكامل. ومن جدول الصواب للجامع الكامل يمكن استخراج قيمة كل من (S) و(C). أمّا الشكل (7-31) فيبين الدارة المنطقية للجامع الكامل.



الشكل (7-30): الرمز المنطقي للجامع الكامل.

الجدول (7-9): جدول الصواب للجامع الكامل.

الدخل			الخرج	
A	B	Cin	S	C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



الشكل (7-31): الدارة المنطقية للجامع الكامل.

جـ - المجمع (Multiplexer):

دارة منطقية لها عدد من المداخل ومخرج وحيد، وفيها يُنتخَب أحد خطوط الدخل، وتظهر قيمته على الخرج باستعمال خطوط الانتخاب الذي يُحدِّد عددها عدد خطوط الدخل باستخدام العلاقة الآتية:

$$m = 2^n$$

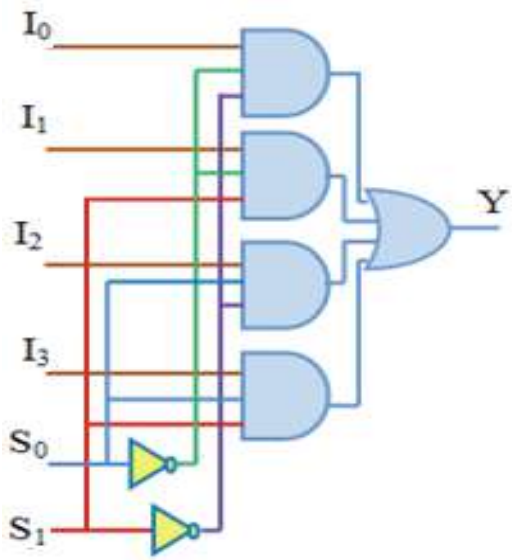
حيث:

n: عدد خطوط الانتخاب.

m: عدد خطوط الدخل.

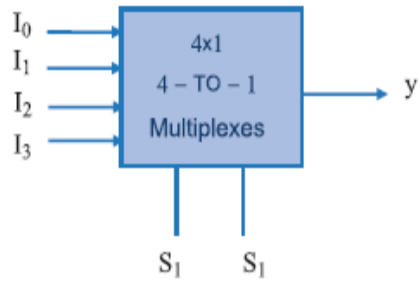
ينقل المجمع المعطيات من شكلها المتفرع إلى شكلها المتسلسل (تفرعي/ تسلسلي).

يبين الشكل (7-32) الدارة المنطقية للمجمع (4x1)، وفيها يبلغ عدد خطوط الدخل للمجمع أربعة خطوط، هي: (I_0,I_1,I_2,I_3). أمّا خطوط الانتخاب فهي: (S_0,S_1)، في حين يوجد خرج (Output) وحيد للمجمع (y). ويبين الشكل (7-33) الرمز المنطقي للمجمع (4x1).



الشكل (7-32): الدارة المنطقية للمجمع (4x1).

تستخدم المجمعات بوصفها دارات متكاملة، مثل (74LS157) التي تحتوي على أربعة مجمعات، لكل مجمع مدخلان، و (S 74LS157) التي تحتوي على مجمعين، لكل مجمع أربعة مداخل.



الشكل (7-33): الرمز المنطقي للمجمع (4X1).

د-الموزع (Demultiplexer):

دارة منطقية لها مدخل وحيد، وعدد من المخارج، وفيها تظهر قيمة الدخل على مخرج واحد من هذه المخارج باستعمال خطوط الانتخاب الذي يُحدِّد عددها عدد خطوط الخرج باستخدام العلاقة الآتية:

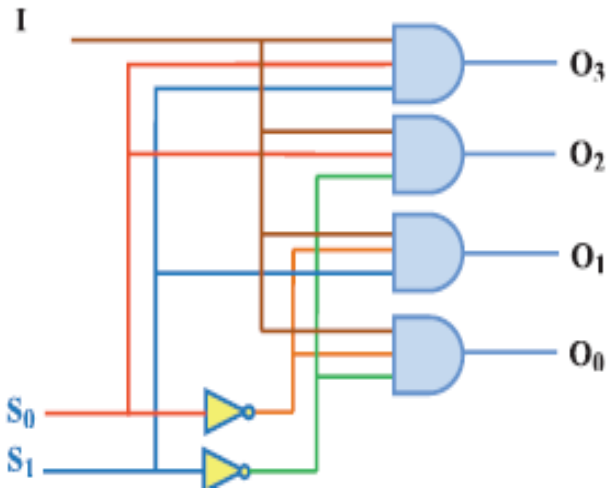
$$M = 2^N$$

حيث:

M: عدد خطوط الخرج.

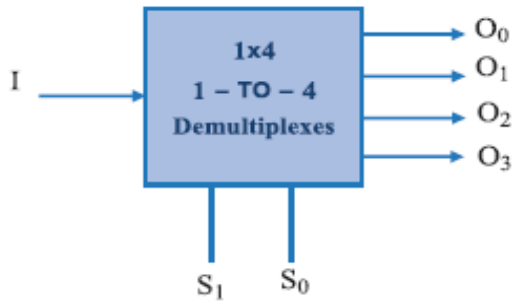
N: عدد خطوط الانتخاب.

تنقل الموزعات المعطيات من شكلها المتسلسل إلى شكلها المتفرع (تسلسلي/ تفرعي). ولهذا النقل تطبيقات واسعة في نظم العد الزمني، انظر الشكل (7-34) الذي يبين الدارة المنطقية للموزع (1X4)، وخطوط الانتخاب له (S_0,S_1)، وخطوط الخرج له هي: (O_0,O_1,O_2,O_3)، والدخل الوحيد (Input) له هو (I).



الشكل (7-34): الدارة المنطقية للموزع (1X4).

ويبين الشكل (7-35) الرمز المنطقي للموزع (1x 4).

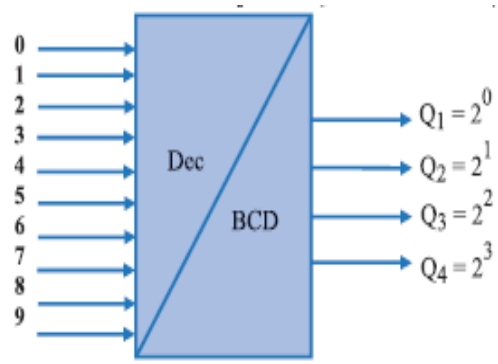


الشكل (7-35): الرمز المنطقي للموزع (1x 4).

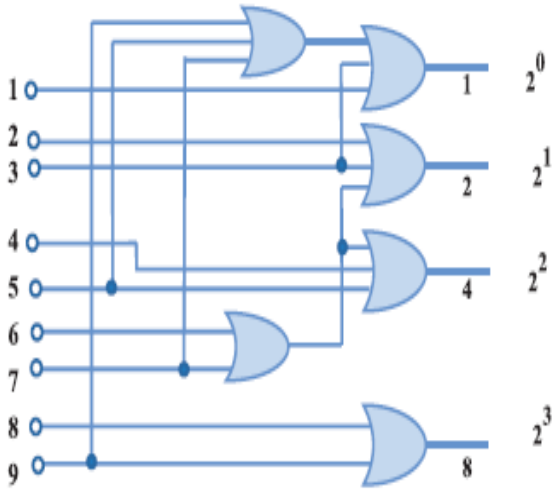
هـ- دارات الترميز:

يُعبَّر عن المعلومات في النظم الرقمية بشيفرات مختلفة بحسب الأفضلية. وللتحويل من شيفرة إلى أخرى، تُستخدَم الكواشف والمرمزات (Decoders and Encoders).

1. **المرمز العشري-الثنائي:** يتلخص عمل هذا المرمز في تحويل الأعداد العشرية المُطبَّقة على دخله إلى أعداد ثنائية مرمزة بترميز (BCD) له عشرة مداخل من (0-9)، وأربعة مخارج (Q_1,Q_2,Q_3,Q_4). فعندما يكون أحد المداخل المحدد بالرقم العشري في حالة (0) وبقية المداخل في حالة (1) يتشكل العدد الثنائي المناظر للرقم العشري على المخارج الأربعة. ويبين الشكل (7-36) رمز المرمز العشري-الثنائي، في حين يبين الشكل (7-37) الدارة المنطقية للمرمز التي استخدمت فيها بوابات (أو) (OR).

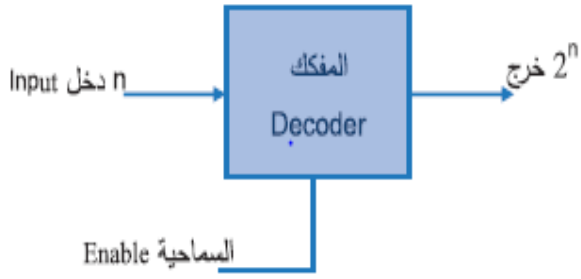


الشكل (7-36): رمز المرمز العشري-الثنائي.



الشكل (7-37): الدارة المنطقية للمرمز.

2. **مفكك الترميز (Decoder):** هو دارة تركيبية مؤلفة من عدد من البوابات، وظيفتها الأساسية تبديل المعلومات المُطبَّقة على دخله والمرمزة ترميزًا معينًا إلى معلومات تظهر على خرجه، ولكن ممثلة بترميز آخر. ويبين الشكل (7-38) المخطط الصندوقي لمفكك الترميز.



الشكل (7-38): المخطط الصندوقي لمفكك الترميز.

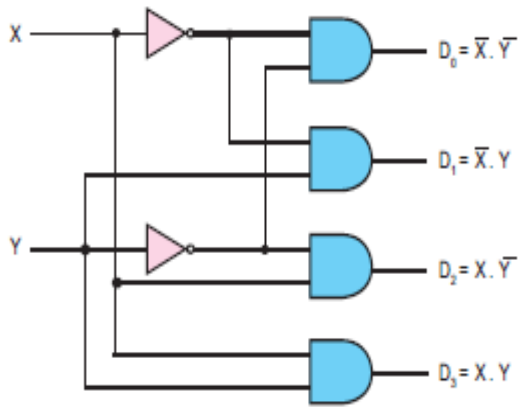
يُمثِّل الشكل (7-39) دارة فك ترميز لها مدخلان (x, y) وأربعة مخارج (D_0,D_1,D_2,D_3)، والحد الأقصى لعدد المخارج في دارة الترميز يعتمد على عدد المداخل باستعمال العلاقة الآتية:

عدد المخارج = 2^n، حيث n عدد المداخل.

بناءً على جدول الصواب (7-10)، واعتمادًا على حالة المداخل، يُختار مخرج واحد لتفعيله (بأخذ القيمة واحد)، ويمكن بناء دارة فك الترميز باستخدام بوابات (لا/و) (NAND) أو (لا/أو) (NOR) بدلًا من بوابة (و) (AND). وفي هذه الحالة يأخذ المخرج المُفعَّل القيمة صفر، في حين تأخذ المخارج الأخرى القيمة واحد.

الجدول (10): جدول الصواب لدارة فك الترميز.

X	Y	D0	D1	D2	D3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0



الشكل (7-39): دارة فك ترميز.

2- الدارات المنطقية التتابعية:

أ - النطاط (Flip-Flop):

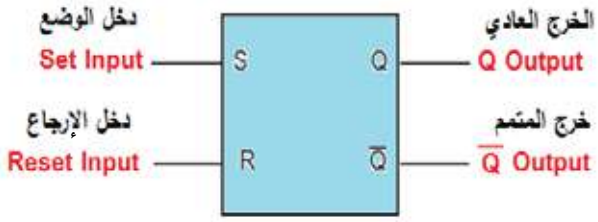
تُبنى النطاطات باستخدام البوابات المنطقية مع وجود تغذية الراجعة، وهي عناصر ذاكرة قادرة على تخزين رقم ثنائي واحد؛ إمّا (0)، وإمّا (1)؛ أي إنها تستطيع الاحتفاظ بحالتها الحالية (0) أو (1) مدة زمنية مُحدَّدة، ثم الانتقال إلى حالة أخرى (أي الحالة السابقة للمداخل). تعد النطاطات من أهم عناصر الذاكرة السريعة والمؤقتة المستخدمة في أجهزة الحاسوب والاتصالات؛ فهي المُكوِّن الرئيس لذاكرة (SRAM)، ويمكن ربطها لتكون منطقية، مثل: المؤقتات (Timers) والعدادات (Counters)، ومسجلات الإزاحة (Shift Registers).

من أهم أنواع النطاطات:

1. **النطاط (S-R):** جاءت تسمية دارة النطاط (S-R) من الكلمتين (Set) و(Reset). يوجد للنطاط مدخلان يرمز إلى أحدهما بالرمز (S)، ويُعرَف بالمدخل الفعال، في حين يرمز إلى المدخل الآخر بالرمز (R)، ويُعرَف بالمدخل غير الفعال. ويوجد للنطاط مخرجان، يرمز إلى أحدهما بالرمز (Q)، ويُعرَف بالخرج الفعال، في حين يرمز إلى المدخل الآخر بالرمز ($\overline{Q}$)، ويُعرَف بالخرج المتمم كما في الشكل (7-40). لفهم عمل دارة النطاط، ادرس الحالات المنطقية لدارة النطاط المبينة في جدول الصواب (7-11).

الجدول (7-11): جدول الصواب للنطاط (S-R).

S	Y	Q (t+1)
0	0	Q (t)
0	1	0
1	0	1
1	1	X

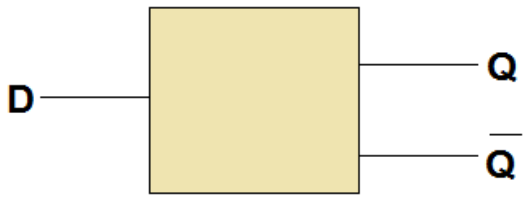


الشكل (7-40): الرمز المنطقي للنطاط (S-R).

2. **النطاط (D):** نطاط ذو مدخل واحد، كما في الشكل (7-41)، ويمكن استخدامه بوصفه وحدة تخزين لخانة واحدة (SINGLE BIT) من المعلومات (1) أو(0) ويُسمّى أحيانًا نطاط التأخير (Delay)؛ إذ لا يحدث (D) أي تغيير للبيانات المدخلة فيه، ويقتصر عمله على تخزينها مدة محدودة، ثم نقلها إلى المخرج من دون تغيير. لفهم عمل دارة النطاط، ادرس الحالات المنطقية لدارة النطاط المبينة في جدول الصواب (7-12).

الجدول (12): جدول الصواب للنطاط (D).

D	Q (t)	Q (t+1)
0	0	0
1	0	1
0	1	0
1	1	1

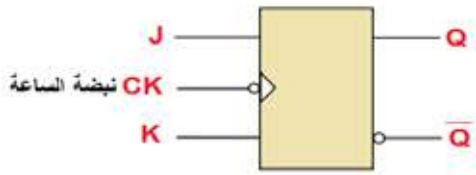


الشكل (7-41): الرمز المنطقي للنطاط.

3. **النطاط (J-K):** يعد هذا النطاط من أكثر أنواع النطاطات شيوعًا، وهو يستطيع أن يؤدي جميع وظائف النطاطين من نوع (R-S,D). يُمثِّل الرمزان (K) و(J) الدخل لهذا النطاط، انظر الشكل (7-42)؛ إذ يعمل المدخل (J) عمل المدخل (S)، ويعمل المدخل (K) عمل المدخل (R). لفهم عمل دارة النطاط، ادرس الحالات المنطقية لدارة النطاط المبينة في جدول الصواب (7-13).

الجدول (13): جدول الصواب للنطاط (J-K).

S	Q (t)	Q (t+1)
0	0	Q (t)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$ (t)



الشكل (7-42): الرمز المنطقي للنطاط (J-K).

ب- المسجلات (Registers):

تُمثِّل مسجلات الإزاحة نوعًا آخر من الدارات التي تستخدم في الأنظمة الرقمية بوصفها وحدات تخزين مؤقتة. تستخدم المسجلات عادة لتخزين البيانات، وهي من المكونات المهمة في جهاز الحاسوب. يمكن تخزين رقم ثنائي مفرد (bit) باستعمال دارة نطاط مفردة، ويمكن توصيل عدد من النطاطات معًا لبناء ما يعرف بالمسجل، الذي يستخدم بوصفه ذاكرة مؤقتة لتخزين عدد محدود

من البيانات مدة زمنية قصيرة. يمكن تصنيف المسجلات بحسب وظيفتها إلى نوعين، هما:

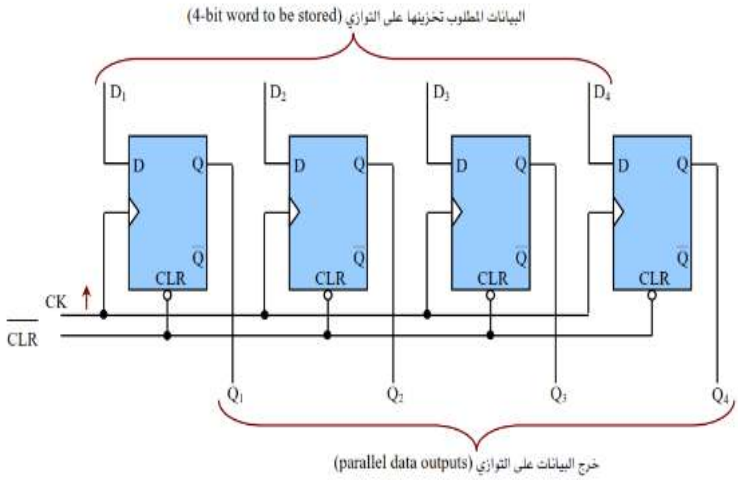
1. **مسجلات الذاكرة (Memory Registers):** وفيها تُخزَّن المعلومات الثنائية، مثل مسجلات الذاكرة الرئيسة المستخدمة في المعالج الدقيق.

2. **المسجلات العملياتية (Operational Registers):** يستفاد من هذه المسجلات في إجراء العمليات الحسابية والمنطقية المختلفة. ومن أمثلتها مسجلات وحدة الحساب والمنطق التي تعد من المكونات الأساسية للمعالج الدقيق.

يتكون المسجل من نطاط واحد أو أكثر، ويمكنه تخزين مجموعة من الأرقام الثنائية تبعًا لعدد النطاطات المستخدمة. تعد مسجلات الإزاحة من المسجلات المهمة جدًّا في أجهزة الحاسوب والإلكترونيات؛ إذ يمكن إزاحة محتوياتها من جهة إلى أخرى داخلها.

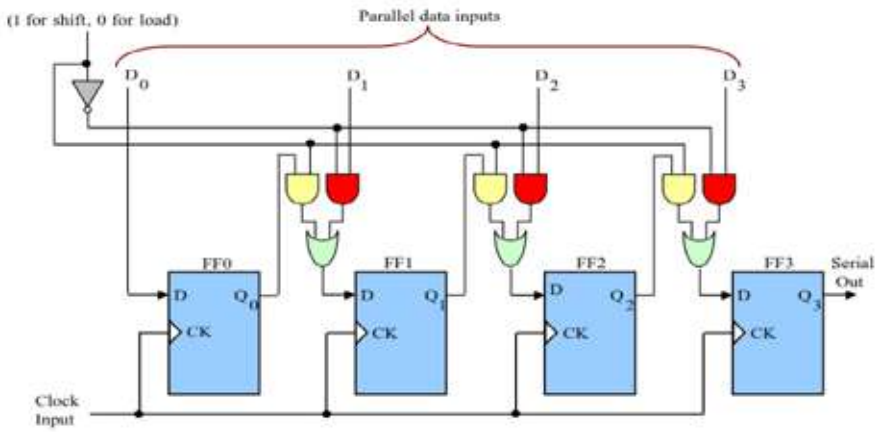
تُصنَّف مسجلات الإزاحة إلى أربعة أنواع، هي:

أ- دخل على التوازي - خرج على التوازي (PIPO)، انظر الشكل (7-43).



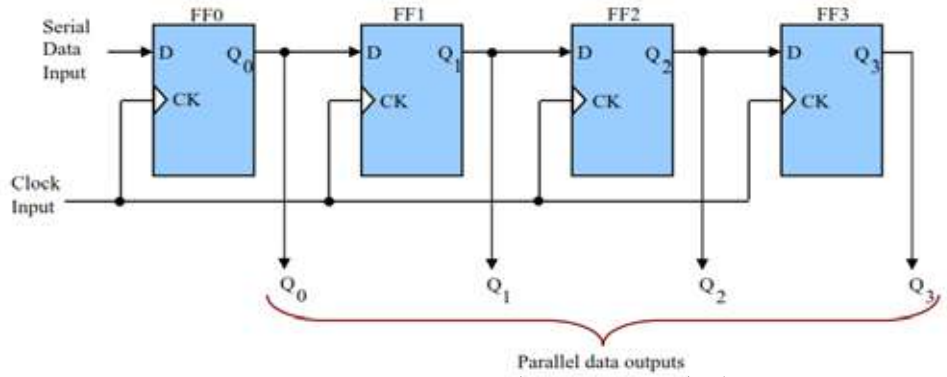
الشكل (7-43): مسجل إزاحة (PIPO).

ب- دخل على التوازي - خرج على التوالي (PISO)، انظر الشكل (7-44).



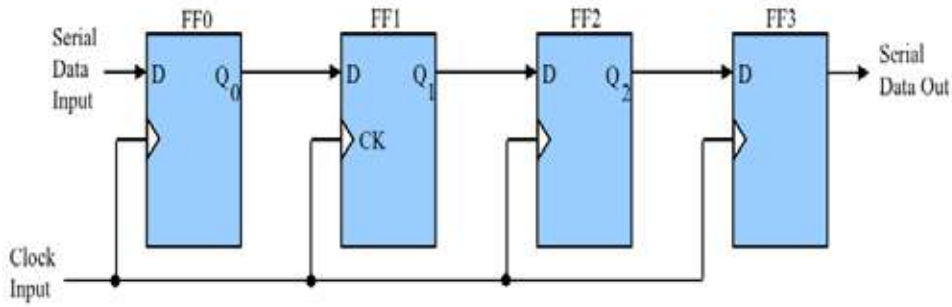
الشكل (7-44): مسجل إزاحة (PISO).

جـ - دخل على التوالي - خرج على توالي (SISO)، انظر الشكل (7-45).



الشكل (7-45): مسجل إزاحة (SISO).

د- دخل على التوالي - خرج على التوازي (SIPO)، انظر الشكل (7-46).



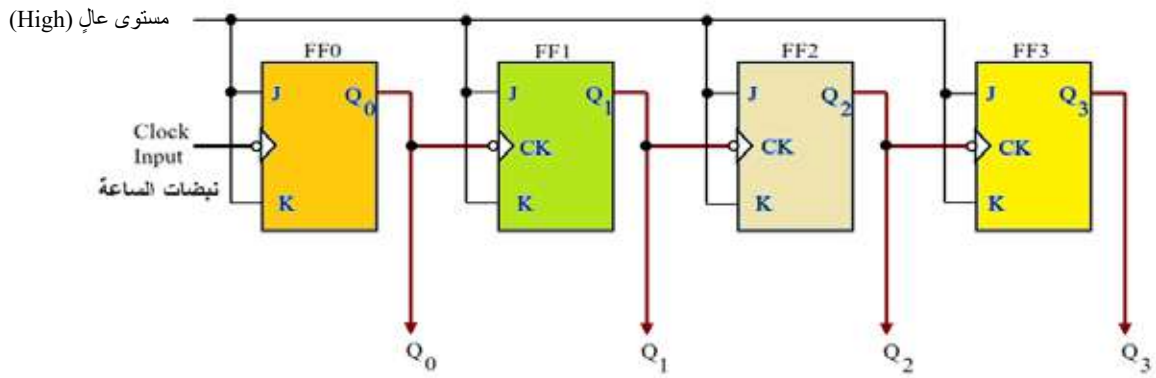
الشكل (7-46): مسجل إزاحة (SIPO).

جـ - العدادات (Counters):

تعد العدادات أحد تطبيقات دارات النطاط، وهي تتكون من مجموعة من النطاطات. تُعرَّف دارة العداد بأنها دارة قادرة على العد، وهي تستخدم في قياس الزمن، كما في الساعات الرقمية، وفي قياس التردد، فضلًا عن استخدامها في آلات تصوير الوثائق، وآلات النسخ الرقمية.

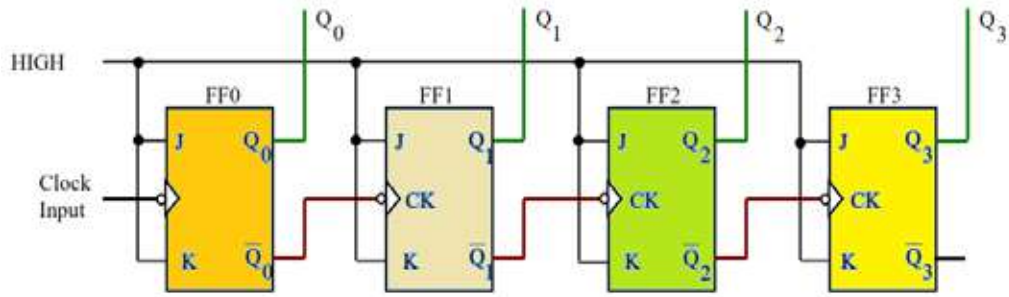
تستخدم العدادات في العد التصاعدي، والعد التنازلي، والعد التصاعدي العشري. وهي تُصنَّف بحسب طريقة تركيبها وربط النطاطات معًا إلى نوعين، هما:

1.العدادات غير المتزامنة (Asynchronous Counters): سُمِّيت بهذا الاسم؛ لأن نبضة الساعة لا تصل إلى النطاطات في الوقت نفسه، بل بالتسلسل؛ إذ تربط نبضة الساعة بالنطاط الأول الذي يُمثِّل مخرجه مدخل نبضة الساعة للنطاط التالي، وهكذا، انظر الشكل (7-47) الذي يبين بناء دارة عداد غير متزامن تصاعدي مُكوَّن من أربع مراحل؛ كل منها مُكوَّنة من نطاط (JK).



الشكل (7-47): عداد تصاعدي غير متزامن.

تعمل كل نبضة ساعة في العداد التصاعدي على زيادة خرج العداد بمقدار (1). وبتعديل بسيط في دارة العداد التصاعدي، ينتج العداد التنازلي غير المتزامن الذي ينقص خرجه بمقدار (1) في كل نبضة ساعة، انظر الشكل (7-48).



الشكل (7-48): عداد تنازلي غير متزامن.

2. **العدادات المتزامنة:** في هذا النوع من العدادات تغذى نبضات الساعة في جميع النطاطات المُكوِّنة للعداد في الوقت نفسه.

أولًا: معلومات إثرائية

- مسجل الإزاحة: شريحة إلكترونية تزيد عدد المدخلات (inputs) والمخرجات (outputs) الخاصة بالمعالج الدقيق (microcontroller).
- العمليات التي يمكن إجراؤها وتطبيقها على المسجلات، هي:

- الكتابة: يُقصَد بها تخزين المعلومات في المسجل. في أثناء عملية الكتابة، تصل المعلومات المراد تخزينها عن طريق ناقل البيانات.
- القراءة: يُقصَد بها استرجاع المعلومات المُخزَّنة في المسجل. في أثناء عملية القراءة، تُنقَل المعلومات المُسترجَعة من المسجل إلى الجهة المطلوبة عن طريق ناقل البيانات.
- نقل البيانات بين المسجلات.

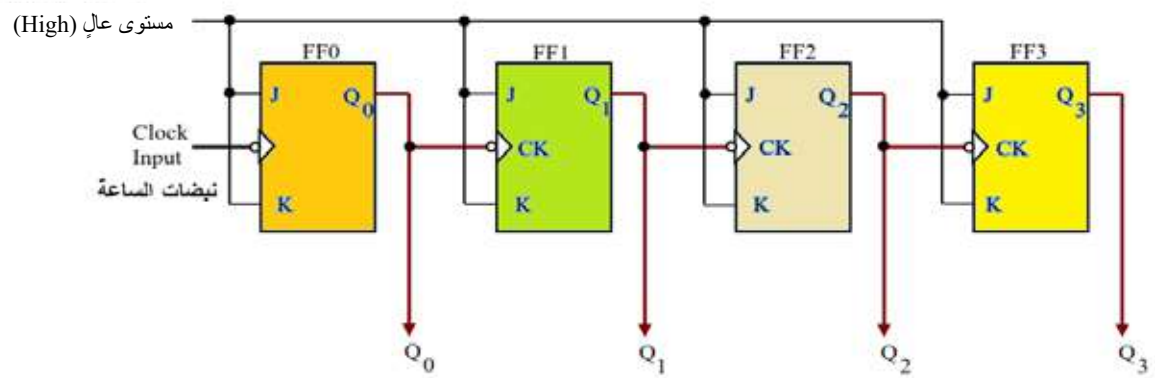
ثانيًا: البحث في المراجع العلمية

ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عن الطارح النصفي، والطارح الكامل، والمقارن، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

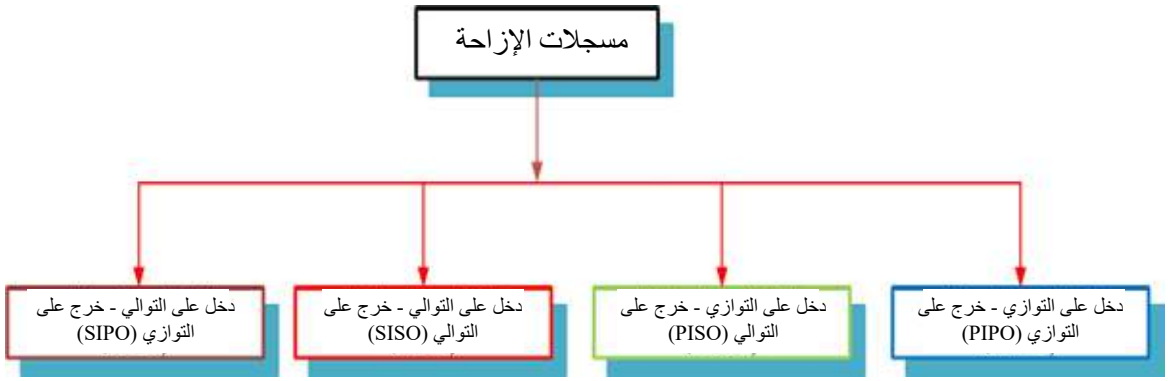
ثالثًا: البحث في شبكة الإنترنت

ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن دارات الترميز وفك الترميز، واستخداماتها في أنظمة الاتصالات، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

1. ارسم دارة النطاط (D) باستعمال بوابات (NAND)، ثم اكتب جدول الصواب لها.
2. ارسم دارة النطاط (S-R) باستعمال بوابات (NAND)، ثم اكتب جدول الصواب لها.
3. يبين الشكل (7-49) دارة عداد غير متزامن:
   - ما نوع هذا العداد؟
   - اكتب جدول الصواب لهذا العداد.
   - ارسم أشكال النبضات لدارة العداد باستخدام الحافة الموجبة.



الشكل (7-49).


مسجلات الإزاحة
دخل على التوازي - خرج على التوازي (PIPO)
دخل على التوازي - خرج على التوالي (PISO)
دخل على التوالي - خرج على التوالي (SISO)
دخل على التوالي - خرج على التوازي (SIPO)

التمرين الأول: بناء دارة نطاط (S-R) باستخدام البوابات المنطقية

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة نطاط (S-R) باستخدام البوابات المنطقية.

2- يتحقق من عمل دارة نطاط (S-R) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	بوابات منطقية متكاملة (7408, 7404,7430 7400,7402 ,7401,7432,7486)	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	مفتاحا تشغيل ثنائيان.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	أسلاك توصيل.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	لوحة توصيل.	4- المجس المنطقي.
5	كتيب بدائل البوابات المنطقية المتكاملة حديث الإصدار.	
6	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- حدِّد البوابات المنطقية اللازمة لتجميع الدارة.

2- حدِّد أطراف البوابات المراد استخدامها باستخدام كتيب البدائل.

3- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1) التي تُمثِّل النطاط (R-S).

4- صل الطرف (14) بمصدر الفولتية المباشرة (5V)، ثم صل الطرف (7) بالخط الأرضي لجميع الرقاقات.

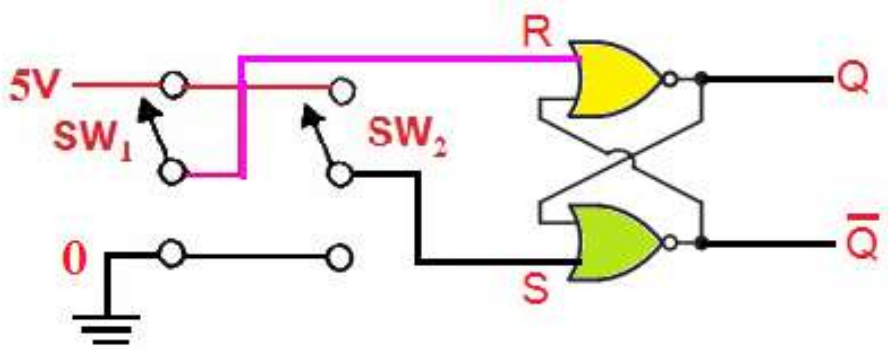
5- صل المدخلين (R) و(S) بمفتاحين منطقيين (ثنائيان).

6- نفِّذ حالات الفصل والوصل للمفتاحين (SW_1) و(SW_2) كما في جدول الصواب التالي، ثم قس الحالات المنطقية باستخدام المجس المنطقي على الخرج (Q,$\bar{Q}$) ثم دوِّن حالة الخرج المنطقي في جدول الصواب.

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

وضع التشغيل	الخرج		الدخل	
	$\overline{Q}$	Q	S	R
			5	0
			0	0
			0	5
			0	0
			5	5

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

فكّر

حدِّد الحالات التي ينتقل فيها النطاط (S-R) إلى الوضع (0) فولت، والحالات التي ينتقل فيها النطاط إلى الوضع (5) فولت.

التمرين الثاني: بناء دارة نطاط (J-K) باستخدام الدارات المتكاملة

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني دارة نطاط (J-K) باستخدام الدارات المنطقية المتكاملة.

2- يتحقق من عمل دارة نطاط (J-K) باستخدام جدول الصواب.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	بوابات منطقية متكاملة (7408, 7404,7430 7486,7432,7401,7473,7400,7402).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	(4) مفاتيح تشغيل ثنائية.	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	مقاومتان (470Ω)، و(0.5W).	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	ثنائيان مشعان للضوء.	4- المجس المنطقي.
5	أسلاك توصيل.	5- مولد نبضات الساعة، مستوى (0-5) ذو تردد متغير.
6	لوحة توصيل.	
7	كتيب بدائل البوابات المنطقية المتكاملة حديث الإصدار.	
8	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- حدِّد الدارة المنطقية المتكاملة اللازمة لتنفيذ الدارة.

2- حدِّد أطراف الدارة المتكاملة المراد استخدامها باستخدام كتيب البدائل.

3- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1) التي تُمثِّل النطاط (JK).

4- صل الطرف (4) بمصدر الفولتية المباشرة (5V)، ثم صل الطرف (11) بالخط الأرضي للدارة المتكاملة.

5- صل المداخل (J,K,CLK,CLR) بمفاتيح منطقية (ثنائية).

6- صفِّر محتوى النطاط باستخدام مدخل التصفير (CLR)، بوضع المفتاح (SW) على تدريج (0) فولت، ثم تدريج (5) فولت.

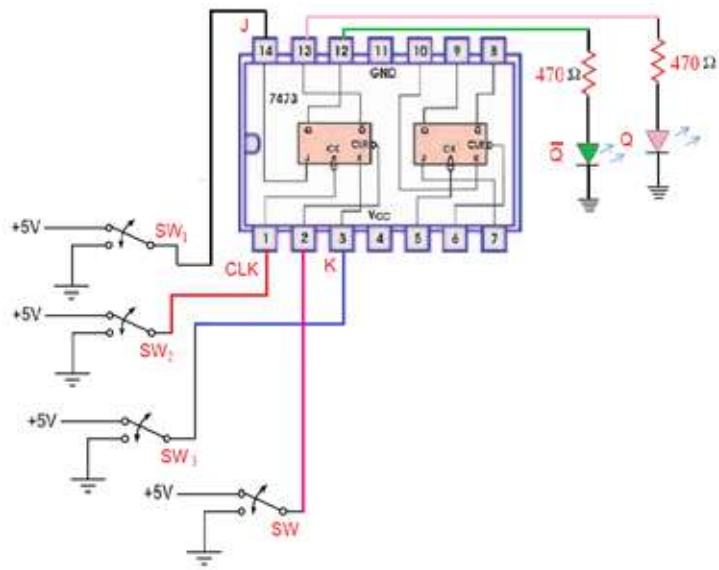
خطوات العمل

7- نفِّذ حالات الفصل والوصل للمفاتيح (SW_1, SW_2, SW_3) كما في جدول الصواب التالي، مُلاحِظًا إضاءة الثنائيين، ثم قس الحالات المنطقية باستخدام المجس المنطقي على الخرج ($Q, \overline{Q}$)، ثم دوِّن حالة الخرج المنطقي في جدول الصواب.

8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

وضع التشغيل	الخرج		الدخل		
	$\overline{Q}$	Q	CLK	K	J
			0	0	**0**
			5	5	**0**
			0	0	**0**
			5	5	**0**
			0	0	5
			5	5	5
			0	0	5
			5	5	5

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الثالث: بناء مسجل إزاحة توالي الدخل – توازي الخرج

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني مسجل إزاحة توالي الدخل – توازي الخرج باستخدام الدارة المتكاملة المنطقية (7474).

2- يتحقق من عمل مسجل إزاحة توالي الدخل – توازي الخرج.

متطلبات تنفيذ التمرين		
الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	بوابات منطقية متكاملة (7408, 7400,7402 7404,7430, 7486,7432,7401,7473,7474).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير. 2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). 3- كاوي لحام (30-40) واط. 4- المجس المنطقي. 5- مولد نبضات الساعة، مستوى (0-5) ذو تردد متغير.
2	(4) مفاتيح تشغيل ثنائية.	
3	(4) مقاومات (100Ω)، و(0.5W).	
4	(4) ثنائيات مشعة للضوء.	
5	أسلاك توصيل.	
6	لوحة توصيل.	
7	كتيب بدائل البوابات المنطقية المتكاملة حديث الإصدار.	
8	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- حدِّد الدارة المنطقية المتكاملة اللازمة لتنفيذ الدارة.

2- حدِّد أطراف الدارة المتكاملة المراد استخدامها باستخدام كتيب البدائل.

3- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1) التي تُمثِّل مسجل إزاحة توالي الدخل - توازي الخرج.

4- صل الطرف (14) بمصدر الفولتية المباشرة (5V)، ثم صل الطرف (7) بالخط الأرضي للدارة المتكاملة.

خطوات العمل

5- صل المداخل (D,CLK,CLR) بمفاتيح منطقية (ثنائية).

6- صفِّر محتوى النطاط باستخدام مدخل التصفير (CLR)، بوضع المفتاح (SW_3) على تدريج (0) فولت، ثم على تدريج (5) فولت.

7- حـــدِّد الرقـــم المراد إدخالـــه عن طريـــق المفتـــاح (SW_1)، وذلك بوضعه علـــى تدريج (1) (5V منطقي) كما في الجدول التالي.

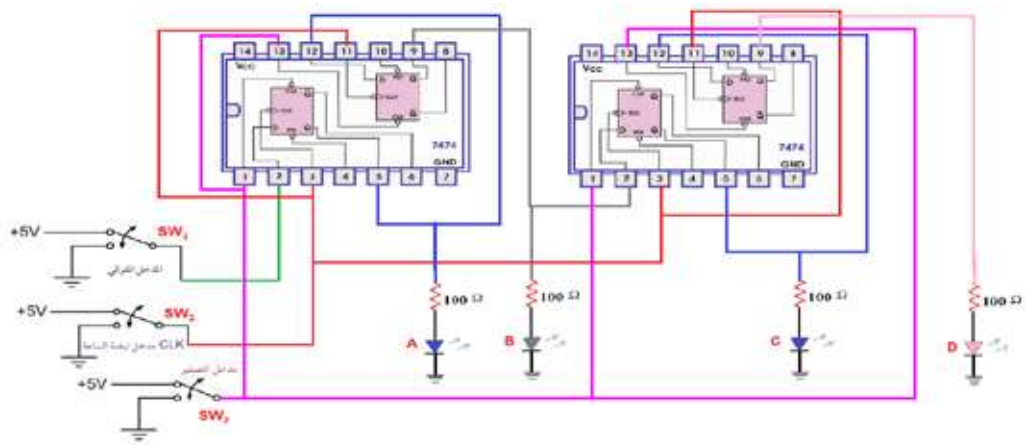
8- طبِّق نبضة ساعة باستخدام مفتاح (SW_2) عن طريق تغيير القيمة من الوضع (5V) إلى الوضع (0V).

9- كرِّر الخطوة السابعة والخطوة الثامنة لبقية الأرقام، مُلاحِظًا إضاءة الثنائيات (A,B,C,D)، ثم دوِّن النتيجة في الجدول.

10- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

عدد النبضات	A	B	C	D
1				
2				
3				

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التمرين الرابع: بناء عداد ثنائي

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يبني عداد ثنائي باستخدام الدارة المتكاملة المنطقية (7473).

2- يتحقق من عمل العداد الثنائي.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	بوابات منطقية متكاملة (7408,) 7404,7430 , 7400,7402 (7486,7432,7401,7473,7474	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير. 2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM). 3- كاوي لحام (30-40) واط. 4- المجس المنطقي. 5- مولد نبضات الساعة، مستوى (0-5) ذو تردد متغير.
2	(4) مفاتيح تشغيل ثنائية.	
3	(4) مقاومات (100Ω)، و(0.5W).	
4	(4) ثنائيات مشعة للضوء.	
5	أسلاك توصيل.	
6	لوحة توصيل.	
7	كتيب بدائل البوابات المنطقية المتكاملة حديث الإصدار.	
8	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- حدِّد الدارة المنطقية المتكاملة اللازمة لتنفيذ الدارة.

2- حدِّد أطراف الدارة المتكاملة المراد استخدامها باستخدام كتيب البدائل.

3- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1) التي تُمثِّل عدادًا ثنائيًّا.

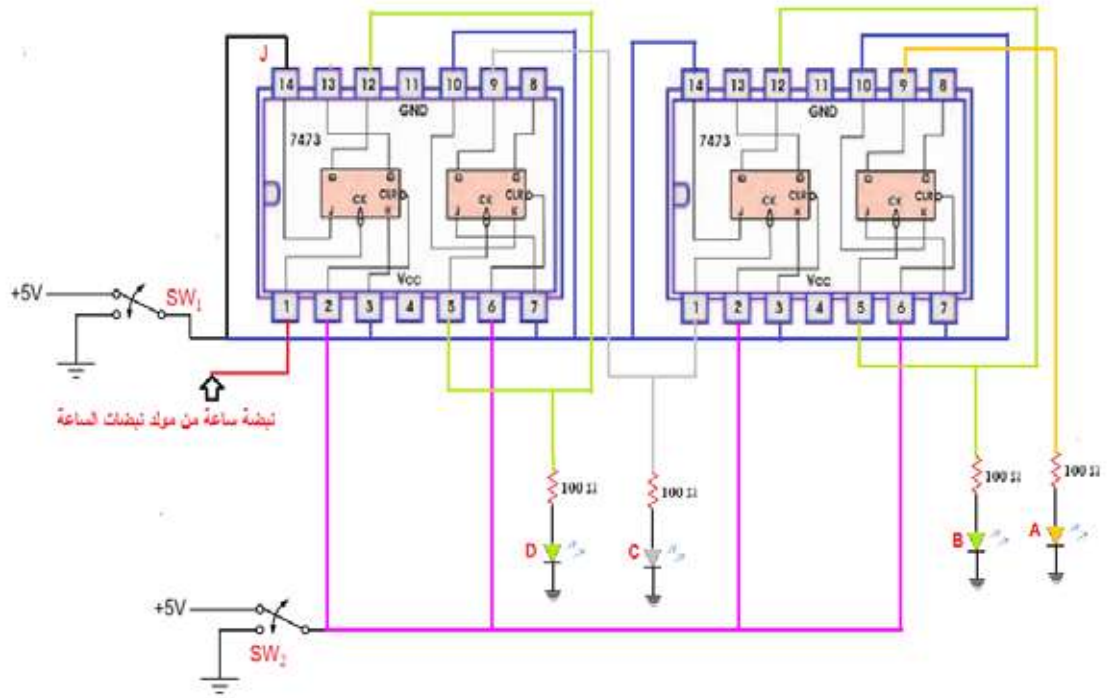
4- صل الطرف (4) بمصدر الفولتية المباشرة (5V)، ثم صل الطرف (11) بالخط الأرضي للدارة المتكاملة.

5- صل المداخل (J,K,CLR) بمفاتيح منطقية (ثنائية).

خطوات العمل
6- صفِّر محتوى النطاط باستخدام مدخل التصفير (CLR)، بوضع المفتاح (SW_2) على تدريج (0) فولت، ثم على تدريج (5) فولت. 7- صل المدخل (CLK) بمولد الساعة، ثم أدخل نبضات الساعة بحسب الجدول التالي، مُلاحِظًا إضاءة الثنائيات (A,B,C,D)، ثم دوّن النتيجة في الجدول. 8- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

عدد النبضات	A	B	C	D
1				
.				
.				
.				
15				

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

ثالثًا: الذاكرة والمعالجات الميكروية
(Memory and Microprocessors)

النتاجات الخاصة بالدرس

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذا الدرس أن:

- يحدد أطراف دارات الذاكرة.
- يتعرف شريحة الذاكرة (RAM).
- يبني دارة ذاكرة باستخدام البوابات المنطقية والدارات المتكاملة.
- يتعرف المعالج الدقيق (Microprocessor).
- يتعرف المتحكم الدقيق (Microcontroller).
- يتعرف الوحدات التي يحويها المتحكم الدقيق.

انظر... وتساءل

يبين الشكل (7-50) نموذجًا للدماغ والمعالج الميكروي.
تأمَّل هذا الشكل، ثم بيِّن مدى قدرة جهاز الحاسوب مقارنةً بقدرة الدماغ البشري.

بالرغم من تطور جهاز الحاسوب وسرعته في أداء كثير من العمليات والمهام، فإنه لا يُقارَن بالدماغ البشري من حيث الكفاءة والقدرة، فما دور المعالج في جهاز الحاسوب؟

الشكل (7-50): الدماغ والمعالج الميكروي.

استكشف

- ما الوسائط المستخدمة لتخزين البيانات؟

اقرأ وتعلَّم

1- الذاكرة:

تستخدم دارات الذاكرة (RAM) لتخزين البيانات والبرامج؛ إذ أصبح لزامًا تخزين البيانات الثنائية في معظم الأجهزة الإلكترونية، وتشغيل الأجهزة التي تحوي معالجًا دقيقًا اعتمادًا على دارات الذاكرة؛ نظرًا إلى وجوب تخزين البرامج والاحتفاظ بالبيانات في أثناء عملية المعالجة.

تعد الذاكرة جزءًا من النظام المخصص لتخزين البيانات الثنائية، وتحتوي ذاكرة أشباه الموصلات على مصفوفة تتكون من خلايا تُخزَّن فيها المعلومات. وتعد النطاطات أساس الذاكرة؛ إذ يمكنها تخزين معلومات تحتوي على بت واحد (Bit)، وهي تُخزِّن البيانات في وحدات تتراوح بين بت واحد (Bit) وثمانية بت (بايت (Byte))، علمًا بأن البت هو أصغر وحدة للبيانات.

أ - أنواع الذاكرة:

تُصنَّف الذاكرة إلى فئتين رئيستين، هما: ذاكرة الوصول العشوائي، وذاكرة القراءة فقط.

1. **ذاكرة الوصول العشوائي (Random Access Memory: RAM):** هي ذاكرة قابلة للكتابة فيها، والقراءة منها. وفيها تُختار العناوين عشوائيًّا، أو وفق الترتيب المطلوب؛ سواء في عملية الكتابة، أو عملية القراءة. تُعرَّف ذاكرة الوصول العشوائي بأنها شرائح تستخدم للاحتفاظ بالبيانات والبرامج في أثناء تشغيل الجهاز، وهي تفقد محتوياتها تمامًا عند إغلاق

الجهاز، أو انقطاع التيار الكهربائي، وتوجد أنواع عِدَّة منها، وهذه أبرزها:

- **الذاكرة الاستاتيكية: (Static Random Access Memor: SRAM)** تستخدم هذه الذاكرة النطاطات بوصفها عناصر لتخزين البيانات؛ لذا تظل البيانات مُخزَّنة طالما وُجِدت فولتية تغذية. تُصنَّف هذه الذاكرة إلى نوعين رئيسين، هما:

  - الذاكرة الاستاتيكية المتزامنة (SYNCHRONOUS RAM: SRAM).

  - الذاكرة الاستاتيكية غير المتزامنة (ASYNCHRONOUS RAM: ASRAM).

- **الذاكرة الديناميكية (Dynamic Random Access Memory: DRAM):** تستخدم هذه الذاكرة المواسعات بوصفها عناصر لتخزين البيانات؛ لذا لا يمكنها الاحتفاظ بالبيانات المُخزَّنة مدة طويلة من دون إعادة شحن المواسعات بطريقة تُسمّى (Refresh).

2. **ذاكرة القراءة فقط (Read-Only- Memory: ROM):** هي ذاكرة قابلة للقراءة، ولا يمكن الكتابة عليها، والبيانات تُخزَّن فيها في مرحلة الصنع، وهي موجودة في معظم الأجهزة الإلكترونية. تمتاز هذه الذاكرة بتخزين البيانات بصفة دائمة.

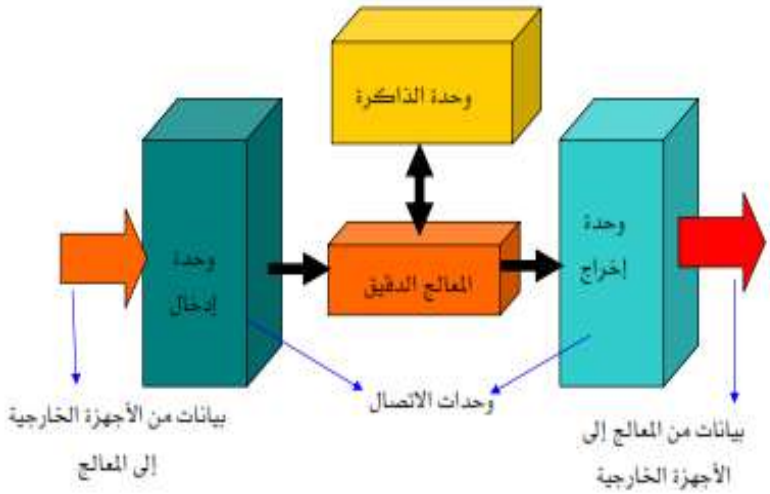
2- المعالجات الدقيقة: المعالج (Microprocessor):

المعالج شريحة صغيرة يُطلَق عليها غالبًا اسم الشركة المُصنِّعة، مثل: (Intel، AMD، P4)، وقد أدى التطور الكبير في صناعة المواد شبه الموصلة، وبخاصة الدارات المتكاملة، إلى تصنيع دارات متكاملة متسعة المجال (LSI)، وأخرى متسعة المجال جدًّا (VLSI)؛ ما أدى إلى ظهور المعالج الميكروي، ثم تصميم مئات الآلاف من العناصر الإلكترونية (مثل: الترانزستورات، والثنائيات) على قطعة مساحتها عِدَّة مليمترات مربعة.

أ - وظيفة المعالج:

تتمثَّل وظيفة المعالج في معالجة البيانات المدخلة من أطراف الإدخال، ثم إخراج النتائج من أطراف الإخراج. تتصل هذه الأطراف بالأوساط الخارجية اعتمادًا على الإشارات الكهربائية الممثلة بالأرقام الثنائية، وتكون هذه الأطراف ذوات فولتية عالية، أو ذوات فولتية منخفضة، أو في حالة الممانعة العالية.

يبين الشكل (7-51) المخطط الصندوقي لارتباط المعالج بالذاكرة، ووحدة الإدخال، ووحدة الإخراج، ويُلاحَظ أن تشغيل المعالج الميكروي يرتكز على التحكم في استقبال البيانات والتعليمات عن طريق وحدة الإدخال، ثم معالجتها، والتحكم في إخراج النتائج عن طريق وحدة الإخراج، وأن المعالجة تكون بحسب تعليمات متتالية يُطلَق عليها اسم البرنامج، وهي مُخزَّنة داخل وحدة الذاكرة.



الشكل (7-51): ارتباط المعالج بالذاكرة.

ب- التركيب العام للمعالج:

يتكون المعالج الميكروي من الأجزاء الآتية:

1. **وحدة الحساب والمنطق:** تتكون وحدة الحساب والمنطق من مجموعة من البوابات المنطقية والدارات التجميعية، وتتمثل وظيفتها في إنجاز العمليات الحسابية والمنطقية المختلفة الخاصة بالبيانات، علمًا بأن المعالجة الفعلية للبيانات تكون في هذه المرحلة فقط.

2. **وحدة التوقيت والتحكم:** دارة التحكم في المعالج الميكروي دارة مهمة، ووظيفتها تنظيم تدفق المعلومات من المعالج وإليه، باستخدام خطوط التحكم التي يختلف عددها من معالج إلى آخر تبعًا للوظائف المنوطة بالمعالج. أمّا ساعة النظام (Clock) فهي دارة كهربائية تحوي بلورة تُولِّد موجات مربعة، وتُطبَّق على المعالج من مُولِّد ساعة خارجي.

3. **مسجلات وحدة المعالجة المركزية:** يتألف المسجل من الوحدات الثنائية (النطاطات) التي تستخدم لتخزين البيانات والعناوين، وتُصنَّف تبعًا لاستخدام المُبرمِج إلى نوعين، هما:
   - المسجلات ذوات الأغراض العامة: مسجلات يمكن للمُبرمِج استخدامها، وبرمجتها.
   - المسجلات ذوات الأغراض الخاصة: مسجلات لا يمكن للمُبرمِج الوصول إليها، ويستخدمها المعالج في تنفيذ التعليمات، وفي عمليات العنونة.

جـ - أنواع المعالجات:

1. تُصنَّف المعالجات بحسب طريقة تركيبها على اللوحة الأم إلى نوعين، هما: المعالجات التي تستخدم فيها الدبابيس (Pins) لنقل الإشارات بين اللوحة والمعالج، وتُسمّى فتحة التثبيت، والمعالجات المُثبَّتة على شرائح تستخدم فيها صفائح معدنية لنقل الإشارات بين المعالج واللوحة الأم، ويوجد لها فتحة تثبيت على اللوحة الأم.
2. تُصنَّف المعالجات بحسب عدد خطوط البيانات والعناوين إلى أربعة أنواع، هي: معالجات (bit 8)، ومعالجات (bit 16)، ومعالجات (bit 32)، ومعالجات (bit 64).

د - تطور المعالجات:

أول معالج استُخدِم في الأجهزة الشخصية كان من إنتاج شركة إنتل (Intel)، وحمل الرقم (8086)، ثم تلاه المعالج (8088). يُطلَق على الأجهزة التي تستخدم فيها هذه المعالجات اسم (Extended Technology) (XT)، وقد طوَّرت شركة إنتل أنواعًا منها أُطلِق عليها اسم (Advanced Technology) (AT)، وتحمل الأرقام: 80486,80386,80286.

بعد ذلك صُنِع النوع (80586) الذي عُرِف باسم (P1,P2,Pentium)، تلاه المعالج (P3)، ثم ظهر الجيل الرابع من معالجات (P4)، انظر الشكل (7-52)، ثم صنعت شركة إنتل المعالجات الحديثة الآتية:

Intel Dual Core، Intel Core،) Intel Core2 Duo، Intel Corei3, Intel Core i5,Intel Core i9 ,Intel Core i7).

الشكل (7-52):المعالجات.

توجد شركات أخرى تنافس شركة إنتل في إنتاج المعالجات، مثل: شركة (AMD) التي صنعت المعالجات: (ATHLON-DURON-K5-K7-K6)، وشركة (IBM) التي صنعت معالجات (CYRIX).

يُذكَر أن الهاتف المحمول الذكي هو حاسوب رقمي يحتوي على وحدة معالجة مركزية، داخلها معالج دقيق.

أولًا: البحث في المراجع العلمية

ابحث أنت وزملاؤك في المراجع العلمية المناسبة عن أنواع الذاكرة، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

ثانيًا: البحث في شبكة الإنترنت

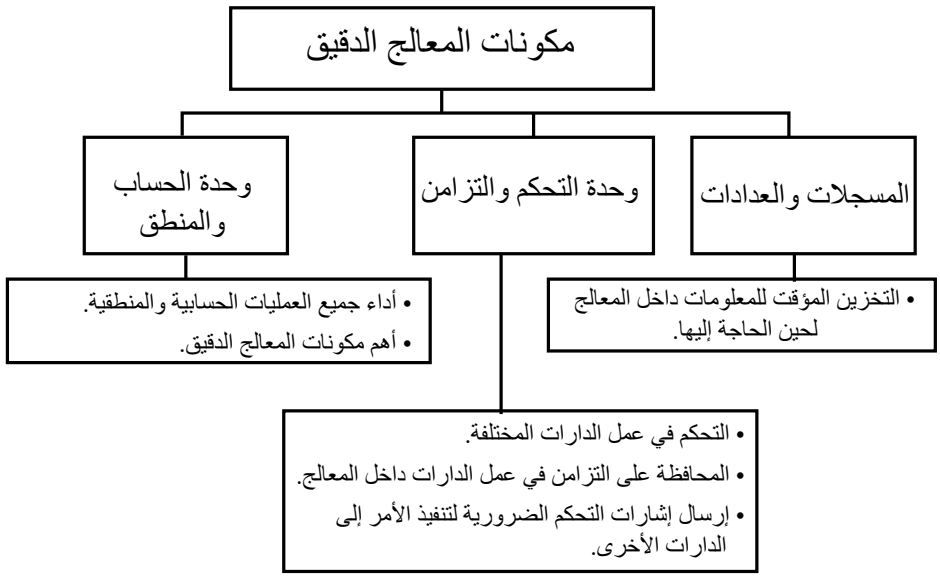
ابحث أنت وزملاؤك في شبكة الإنترنت عن تطور المعالجات الدقيقة، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم ناقشه مع زملائك، ثم اعرضه على معلمك.

القياس والتقويم

1- تُصنَّف الذاكرة إلى فئتين رئيستين، اذكرهما مُبيِّنًا خصائص كل منهما.

2- ارسم المخطط الصندوقي الذي يبين ارتباط المعالج بالذاكرة، ووحدة الإدخال، ووحدة الإخراج.

الخريطة المفاهيمية



التمرين الأول: تحديد أطراف دارات الذاكرة والمعالجات الميكروية

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يحدد أطراف دارات الذاكرة.

2- يحدد المعالجات الميكروية.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	(5) مجموعات من دارات الذاكرة (RAM)، و(ROM).	
2	(5) مجموعات من المعالجات الميكروية.	
3	كتيب دليل الدارات المتكاملة الرقمية والتماثلية.	

خطوات العمل

1- تفحَّص دارات الذاكرة (ROM,RAM) التي بحوزتك.

2- اعتمادًا على دارات الذاكرة التي بحوزتك، ومُستخدِمًا كتيب دليل الدارات المتكاملة، املأ الفراغ بما هو مناسب في الجدول (1).

الجدول (1).

رقم الدارة	نوع الدارة	رقم الطرف	وظيفة الطرف	سعة الذاكرة	الملاحظات

3- تفحَّص المعالجات الميكروية التي بحوزتك.

4- اعتمادًا على المعالجات الميكروية التي بحوزتك، ومُستخدِمًا كتيب دليل الدارات المتكاملة، املأ الفراغ بما هو مناسب في الجدول (2).

خطوات العمل

الجدول (2).

رقم المعالج	نوع المعالج	عددالأطراف	سرعة المعالج	عدد ناقل البيانات	عدد ناقل العنوان	الملاحظات

5- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

تمرين للممارسة العملية

نفِّذ التمرين العملي الآتي فرديًّا، أو ضمن مجموعات صغيرة في المشغل، أو بحسب توجيهات المعلم:

أحضر لوحة أم (Mother Board)، ثم حدِّد عليها ما يأتي:

- ذاكرة (RAM).
- ذاكرة (ROM).
- المعالج.

ثم كرِّر الخطوات (1-5) كما في التمرين السابق.

التمرين الثاني

بناء دارة ذاكرة باستخدام البوابات المنطقية والدارات المتكاملة

نتاجات التمرين:

يتوقع من الطالب بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

1- يتعرف شريحة الذاكرة (RAM).

2- يبني دارة ذاكرة باستخدام البوابات المنطقية والدارات المتكاملة.

متطلبات تنفيذ التمرين

الرقم	المواد	الأدوات والتجهيزات
1	بوابة منطقية متكاملة (7404).	1- مصدر فولتية مباشرة (0-30) فولت/ 1 أمبير.
2	ذاكرة (RAM 7489).	2- جهاز متعدد القياس الرقمي (DMM).
3	(9) مفاتيح تشغيل ثنائية.	3- كاوي لحام (30-40) واط.
4	(8) مقاومات (4x 150Ω, 4x 1kΩ) (0.5W).	4- مجس منطقي.
5	(4) ثنائيات مشعة للضوء.	5- مولد نبضات الساعة، مستوى (0-5) ذو تردد متغير.
6	أسلاك توصيل.	
7	لوحة توصيل.	
8	كتيب دليل الدارات المتكاملة الرقمية والتماثلية.	
9	لحام قصدير.	

خطوات العمل

1- حدِّد أطراف ذاكرة (RAM) والبوابة المنطقية المراد استخدامهما باستخدام كتيب البدائل.

2- نفِّذ الدارة المبينة في الشكل (1) التي تُمثِّل ذاكرة (RAM).

3- صل المفاتيح الثنائية بكل من مداخل البيانات (الأطراف: 4,6,10,12)، والعناوين (الأطراف: 1,15,13,14)، وتمكين الذاكرة (ME)، والطرف (2).

4- اضبط المفتاح المتصل بالطرف (2) على التدريج (0).

5- صل (WE) الطرف (3) بمولد النبضة، وتأكد أن القيمة المنطقية في وضع (High).

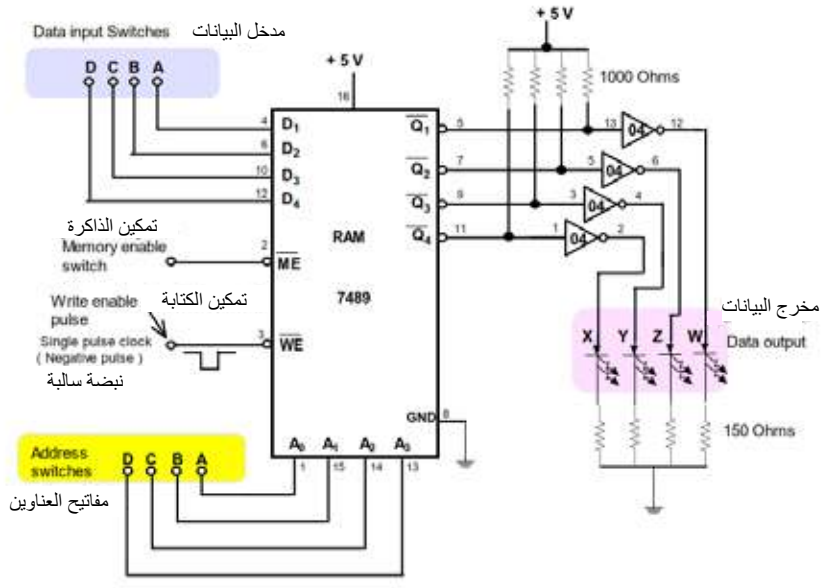
خطوات العمل

6- نفِّذ حالات الفصل والوصل للمفاتيح كما في الجدول التالي، ثم املأ الفراغ بما هو مناسب في الجدول.

7- اكتب تقريرًا مفصلًا يبين جميع الخطوات التي قمت بها.

A_3	A_2	A_1	A_0		X	Y	Z	W
0	0	0	0					
0	0	0	1					
0	0	1	0					
0	0	1	1					
0	1	0	0					
0	1	0	1					
0	1	1	0					
0	1	1	1					
1	0	0	0					
1	0	0	1					
1	0	1	0					
1	0	1	1					
1	1	0	0					
1	1	0	1					
1	1	1	0					
1	1	1	1					

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

التقويم الذاتي

يمكنني بعد دراسة هذه الوحدة أن:

الرقم	معيار الأداء	التقدير		
		ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أنشئ بوابة (و) باستخدام المفاتيح.			
2	أنشئ بوابة (أو) باستخدام المفاتيح.			
3	أنشئ بوابة (لا) باستخدام المفاتيح.			
4	أنشئ بوابة (لا/و) باستخدام المفاتيح.			
5	أنشئ بوابة (لا/أو) باستخدام المفاتيح.			
6	أنشئ بوابة (استثناء/ أو) باستخدام المفاتيح.			
7	أنشئ بوابة (استثناء – لا/ أو) باستخدام المفاتيح.			
8	أتعرَّف البوابات المنطقية المتكاملة.			
9	أنشئ دارة نطاط (R-S) باستخدام الدارات المتكاملة.			
10	أنشئ دارة نطاط (J-K) باستخدام الدارات المتكاملة.			
11	أنشئ دارة مسجل إزاحة متوالي الدخل ومتوازي الخرج.			
12	أنشئ دارة عداد ثنائي.			
13	أتعرَّف دارات الذاكرة والمعالجات الميكروية.			
14	أنشئ دارة ذاكرة باستخدام الدارات المتكاملة.			

أسئلة الوحدة

1- عرِّف المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

أ- البايت. ب- البت. جـ - النظام الثنائي. د- LSB.

2- ارسم بوابة (استثناء/ أو) (XOR Gate)، ثم اكتب جدول الصواب لها.

3- ارسم الدارة المنطقية للمجمع (Multiplexer).

4- اذكر اسمي أكثر نموذجين استخدامًا للدارات المنطقية التتابعية.

5- أ- ما مسجل الإزاحة؟

ب -ارسم مسجل إزاحة ذا إدخال متوالٍ وإخراج متوازٍ، مُكوَّنًا من ثلاث خانات.

6- ارسم عدادًا ثنائيًّا تصاعديًّا يتكون من ثلاث خانات.

7- اذكر أنواع ذاكرة (RAM).

8- اذكر الأقسام الرئيسة التي يتكون منها المعالج الدقيق.

مسرد المصطلحات

A	
Active Filters	المرشحات الفعالة
Air Flow Detector	مجس تدفق الهواء
Amplitude Equalizers	مسويات الاتساع
Analogue CCTV System	نظام المراقبة التشابهي
AND Gate	بوابة (و)
Astable Multivibrator	الدارات غير المستقرة
Asynchronous Counters	العدادات غير المتزامنة
ASRAM: Asynchronous RAM	الذاكرة الاستاتيكية غير المتزامنة
Attenuators	الموهنات
Audio Frequency Amplifiers: AF	مضخمات الترددات السمعية
B	
Bistable Multivibrator	الدارات ثنائية الاستقرار
Band Pass Filter	مرشحات تمرير النطاق
Band Stop Filter	مرشحات إيقاف النطاق
C	
Class A Amplifier	مضخم الصنف (أ)
Comparator	المقارن
Crystal oscillators	المذبذبات البلورية
Clipper Circuit	دارة التحديد
Clamper Circuit	دارة التثبيت
Coaxial Cables	الأكبال المحورية
Common Anode	المصعد المشترك
Counters	العدادات
D	
Differentiator	المفاضل
Digital Video Recorder	أجهزة التسجيل الرقمية

Dynamic Random Access Memory: DRAM	الذاكرة الديناميكية
Differential Amplifier	المضخم التفاضلي
E	
Efficiency	الكفاءة
Equalizers	المسويات
F	
Fiber Optic Cables	أكبال الألياف الضوئية
Flip-Flop	النطاط
Full Adder	دارة الجامع الكامل
H	
High Pass Filter	مرشحات تمرير الترددات العالية
I	
Inverting Amplifier	مضخم العمليات العاكس
Integrator	المكامل
IR Photo Diode	الثنائي الحساس للأشعة تحت الحمراء
Integrator Amplifier	المضخم المكامل
L	
LASCR: Light Activated SCR	الثايرستورات المفعلة ضوئيًّا
local oscillators	المذبذبات المحلية
Low Pass Filter	مرشحات تمرير الترددات المنخفضة
Light Detector	المجس الضوئي
LCD: Liquid Crystal Display	شاشات الكريستال السائل
Light Emitting Diode: LED	الثنائي المشع للضوء
Least Significant Bit: LSB	العدد الأصغر منزلة
Logic Probe	المجس المنطقي
Logic Gates	البوابات المنطقية
Light Power Density	كثافة القدرة الضوئية
Light Dependent Resistor	المقاومة الضوئية

M	
Multivibrator	متعددة الاهتزاز
Mixer	المازج
Motion Detection	كشف الحركة
Monostable Multivibrator	الدارات أحادية الاستقرار
Majority Carriers	حاملات الشحنة الأغلبية
Minority Carriers	حاملات الشحنة الأقلية
Most Significant Bit: MSB	العدد الأكبر منزلة
Memory Registers	مسجلات الذاكرة
Microprocessor	المعالج
N	
Non -Inverting Amplifier	مضخم العمليات غير العاكس
Network Video Recorders: NVR	أجهزة التسجيل الشبكي
NOT Gate	بوابة (لا)
NAND Gate	بوابة (لا/ و)
NOR Gate	بوابة (لا/ أو)
Negative Thermal Resistance	المقاومة الحرارية السالبة
O	
Operational Amplifier (OP.Amp)	مضخم العمليات
Oscillators	المذبذبات
Optical Electronics	الإلكترونيات الضوئية
Opto –Couplers	وحدات الربط الضوئي (العزل الضوئي)
OR Gate	بوابة (أو)
P	
Pre-amplifier	المضخم الأولي
Power Amplifier	مضخم القدرة
Phase Shift Oscillator	مذبذب فرق الطور
Passive Filters	المرشحات غير الفعالة (الخاملة)
Phase Equalizers	مسويات الطور

Phase Distortion	تشوه طور الإشارة
Panoramic Video Cameras	الكاميرا البانورامية
Photoelectric Effect	الظاهرة الكهرضوئية
Photo-voltaic Effect	ظاهرة التأثير الكهرضوئي
Photo Resistor	المقاومة الضوئية
Photo Diode	الثنائي الضوئي
Photo Transistor	الترانزستور الضوئي
Photo Darlington Transistor	ترانزستورات دارلنغتون الضوئية
Photo TRIAC	الترياك الضوئي
Photo SCR (Photo Thyristor)	الثايرستور الضوئي
Photo Voltaic Cells	الخلايا الفلطائية الضوئية
Positive Thermal Resistor	المقاومة الحرارية الموجبة
Q	
Quartz Crystal	المرشحات البلورية
R	
Radio Frequency Amplifiers: RF	مضخمات الترددات العالية
Resistance Temperature Detector (RTD)	المقاومة الكاشفة للحرارة
Registers	المسجلات
Random Access Memory RAM	ذاكرة الوصول العشوائي
Read-Only Memory ROM	ذاكرة القراءة فقط
S	
Summing Amplifier	مضخم العمليات الجامع
Subtracting Amplifier	مضخم العمليات الطارح
Shielded-Twisted Pair: STP	الأزواج المجدولة المحمية
Solar Cell	الخلايا الشمسية
7 Segment Diode Display	وحدة عرض الشرائح السبع
Sequential Logic Circuit	الدارات المنطقية التتابعية

(SRAM) Static Random Access Memory	الذاكرة الاستاتيكية
Shift Register	مسجل الإزاحة
T	
Twisted Pair Cables	أكبال الأزواج المجدولة
Thermocouple	الازدواج الحراري
Thermistor	المقاومة التي تتغير بالحرارة (الثيرمستور)
Thermo- electrique	الظاهرة الكهربائية الحرارية
Thermoprobes	المجسات الحرارية
Temperature Control	التحكم في الحرارة
Temperature Electronics	الإلكترونيات الحرارية
U	
UPS: Uniterruptible Power Supply	وحدة عدم انقطاع التيار الكهربائي
UV Photo Diode	الثنائي الحساس للأشعة فوق البنفسجية
V	
Voltage Follower	التابع للفولتية
Voltage Gain	كسب الفولتية
W	
Wireless Transmission	البث اللاسلكي
X	
XOR Gate	بوابة (استثناء/ أو)
XNOR Gate	بوابة (استثناء/ لا/ أو)

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

1- علي العابد وزملاؤه، **صيانة الأجهزة المكتبية والحاسوب**، العلوم الصناعية والتدريب العملي، المستوى الأول، وزارة التربية والتعليم، 2013 م.

2- م. محمد الهندي وزملاؤه، **أساسيات الكهرباء والإلكترونيات**، الجمهورية اليمنية، 2015 م.

3- مارتن بلونوس، **الاتصالات والإلكترونيات**، ترجمة: حاتم النجدي، المنظمة العربية للترجمة، 2015 م.

4- م. محمد الهندي وزملاؤه، **بناء دارات الترانزستور أحادي الوصلة**، الجمهورية العربية السورية، 2015 م.

5- م. سامي قرامي، **العناصر الإلكترونية**، 2017 م.

6- محمد عبد الفتاح أحمد أبو الفتوح، **قياس درجة الحرارة**، 2010 م.

7- م أحمد فؤاد علوان، **استعمال أجهزة قياس الحرارة**، 2010 م.

8- **مضخم العمليات**، الإدارة العامة للتعليم وتطوير المناهج، السعودية، 2012 م.

9- **الدارات الرقمية لتخصص الإلكترونيات، الاتصالات**، الصف الثاني الثانوي الصناعي، المهندس سامي كراج وزملاؤه، 2013 م.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

1- ROBERT BOYLESTAD, Electronic Device and Circuit Theory, Seven Edition, 2015.

2- TJE Miller, Power Electronic Control in Electrical System.

3- ANDRAZEJ M.TRZYNADLOWSKI, Introduction to Modern Electronics, Third Edition, 2016.

4- ALBERT MALVINO & DAVID BATES, Electronic Principles, 2015.

5- Dr. HAZEM FALAH SAKEEK ,Electronic Fundamentals ,2015

6- B.L. THERAJA Electrical Technology, Volume 1, Volume 2 , 2015.

7- Louis E.Frenzel Jr Electronic Communication Systems Fourth Edition,2016.

8- Electronics Circuits and System, Owen Bishop, Fourth Edition ,2011

تم بحمد الله تعالى