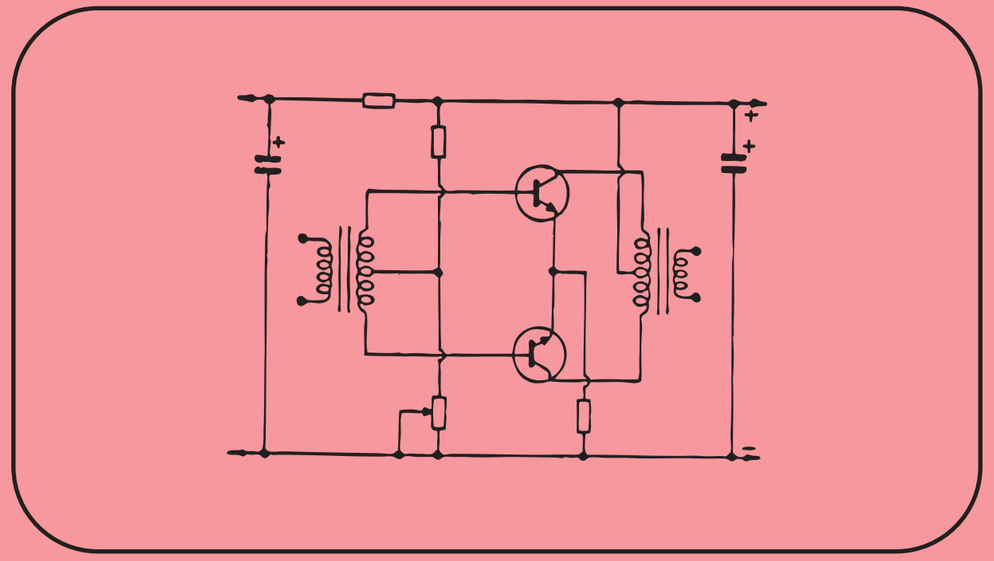
المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

# الرسم الصناعي

## لمجموعة الإلكترونيات

## الصف الثاني عشر

(الفرع الصناعي)



الرسم الصناعي لمجموعة الإلكترونيات

الصف الثاني عشر ( الفرع الصناعي )

١٤٤٠هـ/ ٢٠١٩م

مطبعة عمال المطابع
Printers Press

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

# الرسم الصناعي

## لمجموعة الإلكترونيات

### الصف الثاني عشر

( الفرع الصناعي )


تأليف

د . محمد عالية
م . عبدالله الهور
د . منصور العبادي
م . حيدر المومني
سعيد كوكش



يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال ملاحظاتكم وآرائكم على هذا الدليل على العناوين الآتية:
هاتف: ٨-٥/٤٦١٧٣٠٤، فاكس: ٤٦٣٧٥٦٩، ص.ب: ١٩٣٠ الرمز البريدي: ١١١١٨
أو بوساطة البريد الإلكتروني: Humanities.Division@moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم في المملكة الأردنية الهاشمية تدريس هذا الكتاب في جميع مدارس المملكة اعتباراً من العام الدراسي ١٩٨٨-١٩٨٩م

حقوق الطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم

الإنتاج : سليمان أحمد الخلايلة

دقق الطباعة وراجعها : م. باسل محمود غضية

الطبعة الأولى ١٤٠٩هـ/١٩٨٨م

أعيدت طباعته ١٩٩٣ - ٢٠١٩م

# محتـويـات الكـتـاب


المقدّمة ..... ٧-٨

## الفصل الدراسي الأول

الوحدة الأ ولى : تمثيل العناصر الأساسية المكوّنة للدّوائر الالكترونيّة

١-١ مقدّمة ..... ١١
١-٢ المقاومات ..... ١١-١٢
١-٣ المكثفات ..... ١٢-١٣
١-٤ الملفّات ..... ١٣
١-٥ الصمّامات ..... ١٤
١-٦ الثّنائيّات ..... ١٥
١-٧ الترانزستورات ..... ١٦
١-٨ المقوّمات المحكومة ..... ١٧
١-٩ مقياس الرّسم ..... ١٨
تمارين ..... ١٩-٢٠

الوحدة الثانية : الوحدات الأساسيّة المكوّنة للدّوائر الالكترونية

٢-١ المحرّك الكهربائي ..... ٢١
٢-٢ المحوّل الكهربائي ..... ٢١-٢٢
٢-٣ السمّاعة ..... ٢٢
٢-٤ الهاتف ..... ٢٢
٢-٥ الميكروفون ..... ٢٣
٢-٦ الهوائي ..... ٢٣
٢-٧ المكبّرات الالكترونية ..... ٢٣
٢-٨ الدّوائر المنطقيّة ..... ٢٤
٢-٩ الكاشف ..... ٢٤
٢-١٠ المكبر الكاشف ..... ٢٥
٢-١١ المعدّل ..... ٢٥
٢-١٢ المقوّم ..... ٢٥
٢-١٣ المرشّحات ..... ٢٥
٢-١٤ مسجّل الإشارة ..... ٢٦
٢-١٥ الراسم الكهربائي ..... ٢٦
٢-١٦ دائرة اهتزاز كوارتز ..... ٢٦
تمارين ..... ٢٦-٢٧

الوحدة الثالثة : تمثيل النظم الكهربائية والالكترونية


٣-١ مقدّمة ..... ٢٨
٣-٢ تمثيل النظم الكهربائية والالكترونية ..... ٢٨-٢٩
أ ــ المخطط الصندوقي ..... ٢٩-٣٣
ب ــ المخطط الوظيفي ..... ٣٣-٣٤
جـ ــ المخطط التمثيلي ..... ٣٥-٣٧
د ــ مخطط التوصيلات الداخلية والخارجيّة ..... ٣٧-٣٨
تماريــن ..... ٣٨-٤١


الوحدة الرّابعة : التغذية الكهربائية للأجهزة الالكترونيّة


٤-١ مقدّمة ..... ٤٢
٤-٢ أنواع مصادر التغذية الكهربائية ..... ٤٢
أ ــ الخلايا الجلفانية والبطاريات ..... ٤٢
ب ــ مصادر التغذية التي تحوّل التيار المتناوب إلى تيار مباشر ..... ٤٣-٤٤
جـ ــ مصادر التغذية التي تحوّل التيار المباشر إلى تيار متناوب ..... ٤٤-٤٥
د ــ مصادر التغذية التي تحوّل فلطية مباشرة إلى فلطية مباشرة أخرى ..... ٤٥-٤٦
تماريــن ..... ٤٦-٤٧


الوحدة الخامسة : الإشارات الكهربائية والمنحنيات


٥-١ مقدّمة ..... ٤٨
٥-٢ الأشكال الأساسية للموجات ..... ٤٨
٥-٢-١ الموجة الجيبية ..... ٤٨-٤٩
٥-٢-٢ الموجة المربعة ..... ٤٩-٥٠
٥-٢-٣ الموجة المثلثة ..... ٥١-٥٢
٥-٣ منحنيات الاستجابة الترددية للمكبرات الالكترونية ..... ٥٣
٥-٤ أشكال ليساجو ..... ٥٣-٥٥
تماريــن ..... ٥٥-٥٦


الوحدة السّادسة : منحنيات الخواص للعناصر الالكترونية


٦-١ مقدّمة ..... ٥٧
٦-٢ منحنيات الخواص للصمّام الثنائي والثلاثي ..... ٥٨
٦-٣ منحنيات الخواص للثنائيات شبه الموصلة ..... ٥٩
٦-٤ منحنيات الخواص للترانزستور ثنائي القطبية ..... ٦٠
٦-٥ منحنيات الخواص لترانزستور تأثير المجال ..... ٦١
٦-٦ منحنيات الخواص للمقوّمات السّيليكونيّة المحكومة ..... ٦١-٦٢

٦-٧ منحنيات الخواص للترانزستور أحادي الوصلة ..... ٦٣
تمارين ..... ٦٣-٦٤

الوحدة السابعة : أجهزة التحكم والحماية الكهربائية
٧-١ المفاتيح الكهربائية ..... ٦٥
٧-٢ تصنيف المفاتيح الكهربائية ..... ٦٦
٧-٢-١ المفاتيح اليدوية ..... ٦٦-٦٧
٧-٢-٢ المفاتيح الآلية ..... ٦٨-٦٩
٧-٢-٣ مفاتيح التلامس ..... ٧٠
٧-٣ المصهرات ..... ٧٠-٧١
٧-٤ القواطع الآليّة ..... ٧٢
٧-٥ المرحّلات ..... ٧٢-٧٣
تمارين ..... ٧٤-٧٥

## الفصل الدراسي الثاني

الوحدة الثامنة : المخططات التمثيلية للمكبرات الالكترونية
٨-١ الصمام الخماسي ..... ٧٩-٨٢
٨-٢ الترانزستور ..... ٨٢-٨٤
تمارين ..... ٨٥-٨٦

الوحدة التاسعة : تمثيل مكبّرات العمليات
٩-١ مقدّمة ..... ٨٧
٩-٢ رموز مكبرات العمليات ..... ٨٧-٨٨
٩-٣ المكبرات العاكسة وغير العاكسة ..... ٨٨-٨٩
٩-٤ العمليات ..... ٨٩-٩٠
٩-٥ منظّمات الفلطية ..... ٩٠-٩١
٩-٦ المذبذبات ..... ٩١
٩-٧ الدوائر متعدّدة الاهتزازات ..... ٩٢
٩-٨ المرشحات الفعّالة ..... ٩٢-٩٣
تمارين ..... ٩٣-٩٤

الوحدة العاشرة : أجهزة القياس الكهربائية والالكترونيّة
١٠-١ تصنيف أجهزة القياس ..... ٩٥-٩٧
١٠-٢ توصيل أجهزة القياس ..... ٩٧-٩٨
١٠-٣ المخططات الصندوقية لأجهزة القياس ..... ٩٨-١٠٠

١٠-٤ المخططات التمثيلية لأجهزة القياس ..... ١٠٠-١٠٤
١٠-٥ دوائر التغذية والحماية لأجهزة القياس ..... ١٠٤-١٠٥
تمارين ..... ١٠٥

الوحدة الحادية عشرة : ألواح الدّوائر المطبوعة

١١-١ أجهزة الرّبط ..... ١٠٦
١١-٢ ميّزات ألواح الدّوائر المطبوعة ..... ١٠٦
١١-٣ تركيب ألواح الدّوائر المطبوعة ..... ١٠٦-١١٠
تمارين ..... ١١١-١١٣

الوحدة الثانية عشرة : تمثيل الدوائر المنطقية

١٢-١ تصنيف الدوائر المتكاملة ..... ١١٤-١١٦
١٢-٢ فكرة عمل الدوائر المنطقية البسيطة ..... ١١٦-١١٩
١٢-٣ الأجهزة المبنيّة على أساس الدوائر المنطقيّة ..... ١١٩-١٢٢
١ ــ النطاطات ..... ١١٩-١٢٠
٢ ــ العدّادات ..... ١٢٠-١٢١
٣ ــ المسجّلات ..... ١٢٢
تمارين ..... ١٢٣

الوحدة الثالثة عشرة : أمثلة على النظم الكهربائية والالكترونية

١٣-١ جهاز استقبال راديوي من نوع سوبرهترودين ..... ١٢٤-١٢٥
١٣-٢ جهاز استقبال تلفزيوني أبيض وأسود ..... ١٢٥-١٢٦
١٣-٣ المعتام الثايرستوري ..... ١٢٦-١٢٧
١٣-٤ التحكم بسرعة المحرك الكهربائي اللا تزامني باستخدام المقوّم والمغيّر الثايرستوريّين ..... ١٢٧
١٣-٥ التحكم بسرعة المحرك اللا تزامني باستخدام المغيّر الدّوري ..... ١٢٨
١٣-٦ الرموز المستخدمة في الشبكات الهاتفية الأرضية والهوائية ..... ١٢٩
١٣-٧ أنواع المخططات المستخدمة في تمثيل الشبكات الهاتفية ..... ١٣٠-١٣٢
أ ــ مخطط الموقع ..... ١٣٠
ب ــ مخطط المواسير ..... ١٣٠-١٣١
جـ ــ مخطط الكوابل ..... ١٣١-١٣٢
تمارين ..... ١٣٣-١٣٥

مسرد المصطلحات ..... ١٣٧-١٤٤
المراجع ..... ١٤٤-١٤٥

بسم الله الرحمن الرحيم

# المقـدّمـــــة

يـأتـي كـتـاب الرسم الصناعي مكمّلاً للمعلومات النظرية التي يتلقاها الطالب في علم الصناعة . وقد رأت وزارة الـتـربـيـة والـتـعـلـيم أن تضع كتاباً واحداً في الرسم الصناعي لتخصصات عائلة الإلكترونيات ، وهي الا تصالات ، والـراديـو والتلفاز ، والإلكترونـات الصنـاعيـة ، وصيانـة أجهـزة الحاسـوب الشخصيـة وذلك نظراً لتكـامل هـذه التخصصات ووحدة موضوعاتها .

يـهدف الكتاب إلى إكساب الطالب القدرة على قراءة المخططات والرّسومات وتفسيرها ورسمها فيما يتعلق بنظم الراديـو والتلفاز والاتصالات والقيـادة الآليّة والتحكم في العمليات الصناعيـة وصيانة أجهـزة الحاسوب . ويتضمن الكتاب بعض المعلـومات النظـرية عن هذه النظم ، من حيث الأجـزاء الأساسية التـي تتكوّن منها ، وكيفيـة ارتباط هذه الأجزاء بعضها ببعض ، وكيفية أدائها للمهمـّات المنوطة بها .

يـتـكوّن الكتاب من ثلاث عشرة وحدة خصّصت الوحدات السبع الأ ولى منها للمسـتـوى الثالـــث والوحدات السّـت الأخيرة للمســتـوى الرابـــع. تبحث الوحدة الأ ولى في الرّموز المستخدمة في تمثيل العناصر الأساسية المكوّنة للدوائـر الإلـكـتـرونـيـة ، والـثـانـيـة في الـرّمـوز المسـتـخـدمـة في تمثيل الأجزاء ( الوحدات ) الأساسية المكوّنة للدّوائر الإلـكـتـرونـيـة . أما الوحدة الثالثة فتعالج الأنواع المختلفة للمخططات الكهربائية المستخدمة في تمثيل الأجهزة والنظم الكهربائية والإلكترونية ، من حيث قراءتها وفهمها ورسمها حسب القواعد المرعيّة .

تـتـنـاول الـوحـدة الـرّابـعـة أنواع أجهزة التغذية الكهربائية بالإضافة إلى قراءة المخططات المستخدمة في تمثيل هذه الأجـهـزة ورسمها ، في حين يدور الحديث في الوحدة الخامسة حول الأنواع الرئيسة للإشارات الكهربائية ، ومنحنيات الاسـتـجـابـة الـتـرددية للـمـكـبرات الإلكترونية ، واستخدام أشكال ليساجو في حساب الترددات المجهولة . وتبحث الـوحـدة الـسـادسـة في مـنـحـنيات الخواص للعناصر الإلكترونية مثل الصمّامات المفرغة والترانزستورات على اختلاف أنـواعـهـا والمـقـوّمـات المـحـكـومة ( الثايرستورات ) . أما الوحدة السابعة فتتطرق إلى الرموز الفنيّة للمفاتيح والمرحلات والمصهـرات والـقـواطع الكهربائية واستخدامها في الأجهزة والنظم الكهربائية والإلكترونية المختلفة . وتناقش الوحدة الـثـامـنـة المـخـطـطـات التمثيلية للمكبّرات المبنية على أساس الصمامات المفرغة والترانزستورات ، من حيث قراءتها وتـفـسيرها ورسمها ، كما تتناول الوحدة التاسعة قراءة المخططات التمثيلية ورسمها للدوائر الإلكترونية التي تستخدم مكبر العمليات .

تُعنى الوحدة العاشرة بالمخططات الصندوقية والتمثيلية لأجهزة القياس المختلفة مع التركيز على أكثرها استخداماً مـثل الفولتميتر والأميتر والأ وميتر والأفوميتر وراسم الإشارة وعداد التردّد وغيرها. كما يدور الحديث في الوحدة الحادية عـشـرة حول تـقـنـيـات صـنـاعـة الـدّوائـر المطبوعة وكيفية تصميم مخططات الدوائر المطبوعة ورسمها لعددٍ من الدوائر والأجهزة الإلكترونية .

تـتـطـرق الـوحـدة الـثـانية عشرة إلى الرموز الفنية والمخططات التمثيلية للدوائر المنطقية ، بالإضافة إلى قراءة بعض المـخـطـطـات التمثيلية للأجهزة المبنيّة على أساس الدوائر المنطقية ورسمها . ولمّا كان هذا الموضوع غير مطروق بصورةٍ

وافيةٍ في كتب علم الصناعة لتخصصات عائلة الإلكترونيات ، فقد رأينا ضرورة التوسّع في المعلومات النظرية حول موضوع الدوائر المنطقية ، آخذين بعين الاعتبار التطور المتزايد لاستخدام الدوائر المنطقية المتكاملة في صناعة الأجهزة و بناء النظم الإلكترونية الحديثة .

وفي الوحدة الثالثة عشرة والأخيرة من هذا الكتاب تمّ التركيز على قراءة المخططات الصندوقية والتمثيلية للنظم الإلكترونية ذات العلاقة بالمهنة ورسمها . وقد راعينا في اختيار الأمثلة على هذه المخططات أن تكون شاملةً للتخصصات الثلاثة .

لقد تطور الرسم الصناعي ، و بخاصة في الآونة الأخيرة ، حتى أصبح علماً قائماً بذاته ، له أصوله وقواعده . و بالرّغم من أننا ندرك تعدّد الأنظمة المستخدمة في الرّسم الصناعي في الدول الصناعية المتقدّمة والتجديد المستمرّ في الرموز الفنية المستخدمة في رسم المخططات الكهربائية والإلكترونية ، فقد حرصنا على استخدام أكثر من رمزٍ للعنصر الواحد واختيار الرموز الأكثر شيوعاً .

ونحن إذ نضع ثمرة جهدنا المتواضع بين أيدي طلابنا الأعزاء وزملائنا المدرّسين ، نأمل أن نكون قد قدّمنا خدمةً لهم ودفعنا عجلة التطور في هذا البلد إلى الأمام . وفي الختام فإننا نرجو من زملائنا المدرّسين تزويدنا بملاحظاتهم القيّمة حول هذا الكتاب . والله من وراء القصد .

**المـؤلفـــون**

# الفصل الدراسي الأول

# الوحـــدة الأولـــى

## تمثيل العناصر الأساسيّة المكوّنة للدوائر الإلكترونيّة

### ١ ـ ١ مقـدّمـــة

نظراً للانتشار الواسع للأجهزة والمعدّات الإلكترونية ، فقد أصبح من الضروري وجود لغةٍ مشتركةٍ تمكّن المهندسين والفنيين العاملين في تشغيل هذه الأجهزة والمعدّات وإصلاحها من القيام بواجباتهم على أكمل وجهٍ . ولعلّ أولى الخطوات على طريق هذه اللغة وضع رموزٍ لتمثيل العناصر الأساسية المكوّنة للدوائر الإلكترونية . و بذلك يصبح رسم المخططات أمراً يسيراً بعد أن تمّ تعريف المفردات الأساسيّة . ونظراً لأن الشركات الصانعة والهيئات الحكومية في البلدان المختلفة قد وضعت رموزاً مختلفةً إلى حدٍّ ما ، فإن توحيد هذه الرموز ضمن مواصفات معينة أصبح مطلباً عالمياً . ومن الجهود التي بذلت في هذا المجال المواصفات العالمية المشهورة التالية :

١ ــ الرموز التخطيطية للمخططات الكهربائية والإلكترونية (ANSI Y.32.2)، وهذه هي الأحرف الأولى من (AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE) .

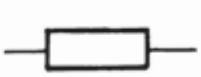
٢ ــ الرموز التخطيطية العسكرية للمخططات الكهربائية والإلكترونية (MIL. STD. 15-1)، وتعني هذه التسمية (MILITARY STANDARDS) .

٣ ــ الرّموز التخطيطية (IEC)، وهذه هي الأحرف الأولى من (INTERNATIONAL ELECTRICAL COMMITTEE) .

وفي هذه الوحدة سنورد أشهر الرموز المستخدمة في تمثيل العناصر الإلكترونية الأساسية مثل الصمّامات والترانزستورات على اختلاف أنواعها . وقد حرصنا على أن نورد أكثر من رمزٍ للعنصر الواحد في بعض الأحيان ، وذلك نظراً لشيوع استخدام هذه الرموز في الكتب والمجلات التقنية . كما سنتطرّق إلى مفهوم مقياس الرسم ، ومقاييس التكبير، ومقاييس التصغير. هذا بالإضافة إلى الأبعاد القياسية للعناصر الأساسية المكوّنة للدوائر الإلكترونية ، مثل المقاومات والمكثفات والملفّات والثنائيات والترانزستورات .

### ١ ـ ٢ المقاومـــات ( Resistors )

إنّ مقاومة مادّةٍ ما هي خاصيتها في مقاومة مرور التيار فيها عند تسليط فلطيةٍ عليها . وطبقاً لقانون أوم ، فإن العلاقة بين الفلطية المسلطة على المادة والتيار المارّ فيها هي علاقة خطية ، حيث يمثل معامل التناسب قيمة المقاومة مقاسةً بالأوم .



( أ )

وتصنع المقاومات في العادة إما من الكربون أو من الأسلاك النحاسية ، حيث تستعمل المقاومات الكربونية في القدرات المنخفضة حتى ٢ واط بينما تستعمل المقاومات السلكية في القدرات العالية .

يبين الشكل (١-١-أ) اثنين من أكثر الرموز شيوعاً لمقاومة ثابتة ، والشكل (١-١-ب) رموزاً لمقاومات متغيّرة يدو ياً ، وهي :

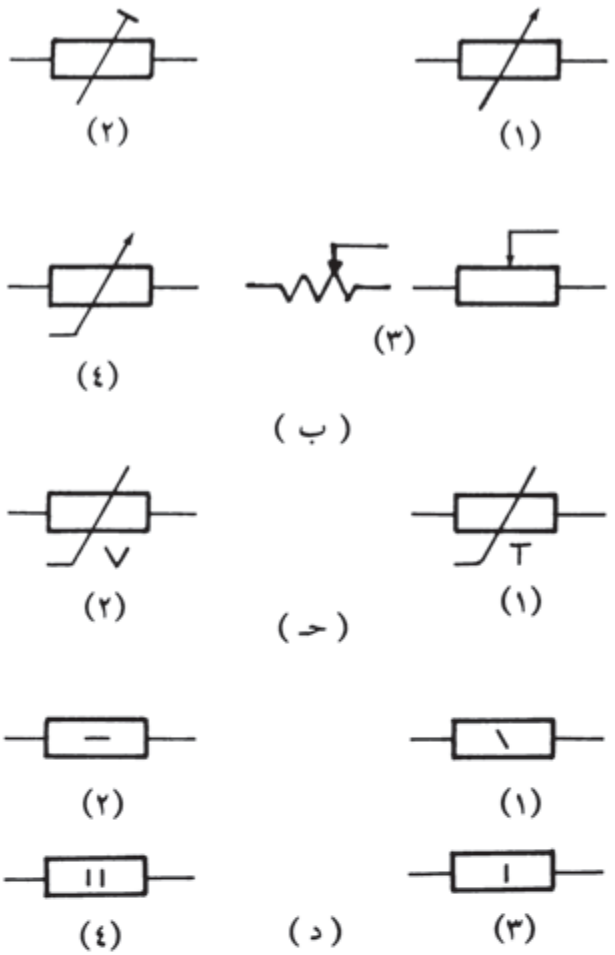
(١) رمز عام (General) ، (٢) ضبط دقيق (Trimmer) ، (٣) ضبط خطّي (Linear) ، (٤) ضبط غير خطّي (Nonlinear) .

كما يبين الشكل (١-١-جـ) رمزين لمقاومات متغيرة تلقائياً ، وهي :

(١) مقاومة متغيرة بتغير درجة الحرارة (Thermistor) ،
(٢) مقاومة متغيرة بتغير الفلطية (VDR) ، وهذه هي الأحرف الأولى من (Voltage Dependent Resistor) .

و يبين الشكل (١-١-د) رموزاً لمقاومات مبيّن عليها قدرة التبديد ، وهي :

(١) ٠,٢٥ واط ، (٢) ٠,٥ واط ، (٣) ١ واط ، (٤) ٢ واط .



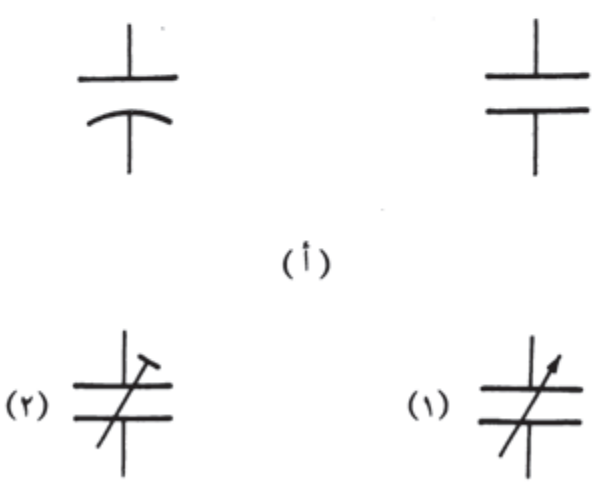

الشكل (١-١)

## ١ ـ ٣ المكثفات ( Capacitors )

يتكوّن المكثف من لوحين موصّلين مفصولين بعضهما عن بعض بمادّة عازلة . وعند تسليط فلطية على طرفي المكثف فإنه يقوم بتخزين شحنات كهربائية موجبة وسالبة على اللوحين الموصّلين . و يزداد مقدار الشحنة المخزنة على المكثف مع ازدياد الفلطية المسلّطة ، حيث يمثل ثابت التناسب سعة المكثف مقاسة بالفاراد .

يبين الشكل (١-٢-أ) رمزين شائعين لمكثف ثابت ، والشكل (١-٢-ب) رمزين لمكثف متغير :

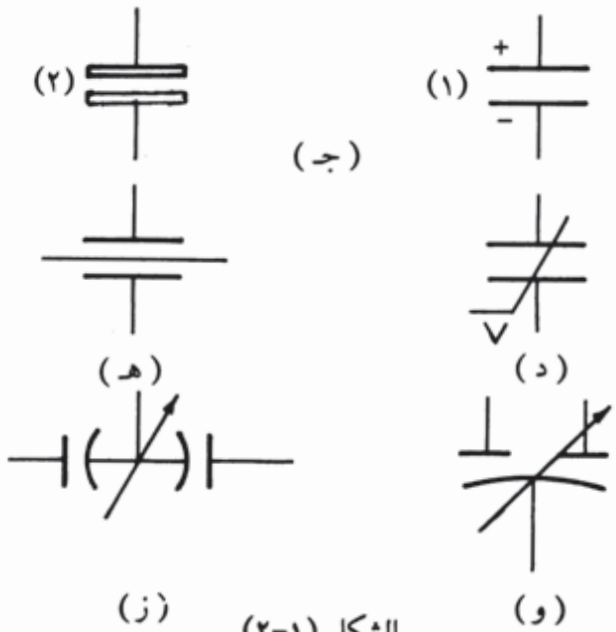
(١) رمز عام (General) .
(٢) ضبط دقيق (Trimmer) .



و يبين الشكل (١-٢-جـ) رمزين لمكثف كيميائي أو إلكتروليتي (Electrolytic) :
(١) مكثف كيميائي قطبي (Polar) .
(٢) غير قطبي (Non-Polar) .

أما الشكل (١-٢-د) فيبين رمزاً لمكثف متغير بالفلطية (Varicap) ، في حين يبين الشكل (١-٢-هـ) رمزاً لمكثف إمرار (Bypass) .

و يبين الشكل (١-٢-و) رمزاً لمكثف تفاضلي متغير (Variable differential) ، بينما يبين الشكل (١-٢-ز) رمزاً لمكثف بقلب مشطور (Split-stator) .

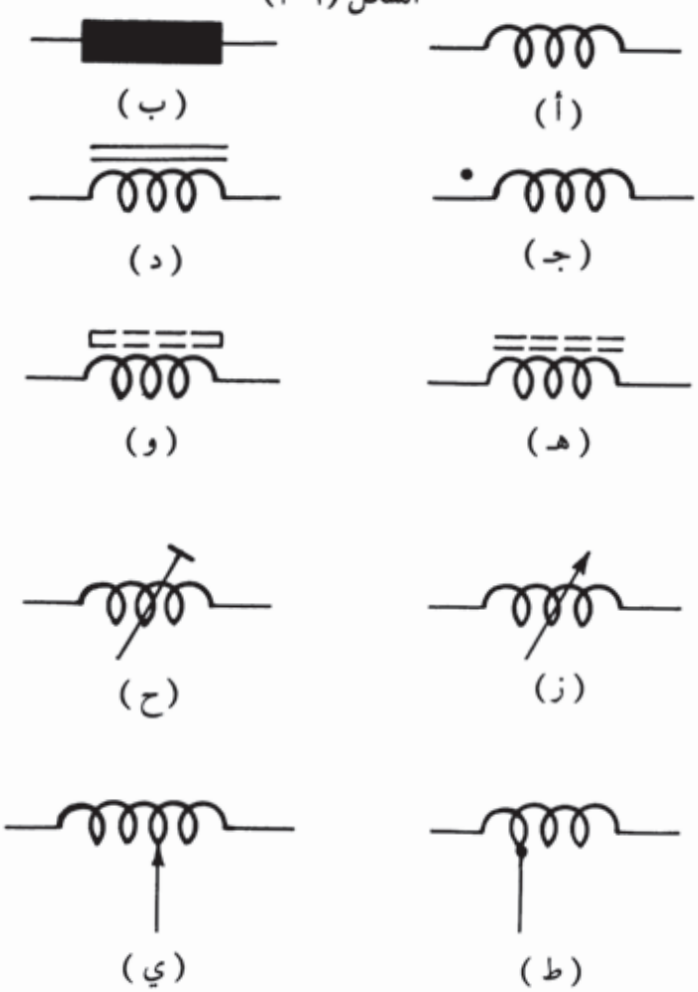



الشكل (١-٢)

## ١ ـ ٤ الملفّـات (Inductors)

الملفات عبارة عن أسلاك موصلة ملفوفة حول قلوب مغناطيسية أو غير مغناطيسية ، وتتميز بخاصيّة مقاومة التيارات المتغيرة مع الزمن بتوليد قوّة دافعة كهربائية معاكسة للفلطية المسلطة عليها . وتتناسب هذه القوة الدافعة العكسية مع معدّل تغير التيار مع الزمن . ويمثل ثابت التناسب محاثة الملف (Inductance) مقاسةً بالهنري . ونظراً لأن معدل تغير التيار المباشر (D.C.) مع الزمن يساوي صفراً ، فإنّ الملفّات لا تبدي مقاومةً لهذا التيار . و يبين الشكل (١-٣) رموزاً مختلفةً للملفات :

( أ ، ب ) : ملف ثابت ،
( جـ ) : ملف ذو قلب هوائي ،
( د ) : ملف ذو قلب حديدي ،
( هـ ) : ملف ذو قلب من الفرايت (Ferrite) ،
( و ) : ملف ذو قلب نحاسي ،
( ز ) : رمزٌ عام لملف ذي محاثة متغيّرة ،
( ح ) : ملف ذو محاثة متغيرة بضبطٍ دقيق (Trimmer) ،
( ط ) : ملف بنقطة تفرّع (tapped) ،
( ي ) : ملف بنقطة تفرّع متحرّكة (Sliding tap) .




الشكل (١-٣)

## ١ ـ ٥ الصمّامـات (Tubes)

تعتبر الصمامات من أقدم النبائط المستخدمة في الإلكترونيات لأغراض تكبير الإشارات وتوليدها . و يتكوّن الصمّام من غلاف (Envelope) زجاجيّ يحتوي على مجموعةٍ من الأقطاب (Electrodes) لها أطراف تمتدّ خارج الغلاف . وتشترك جميع الصمامات في قطبين رئيسين هما المصعد (Anode) والمهبط (Cathode) . وتقسم الصمّامات إلى صمامات مفرغة (Vacuum Tubes) وصمامات غازيّة (Gas Tubes) . في النوع الأول يكون الغلاف مفرغاً من الهواء ، و بذلك يمكن التحكم في التيار المارّ بين المهبط والمصعد عن طريق أقطاب إضافية تسمى الشبكات (Grids) . أما في النوع الثاني فيُملأ الغلاف بغازٍ خاملٍ مثل النيون ، و يصعب هنا في الغالب التحكم في التيار بين المهبط والمصعد .

و يبين الشكل (١-٤) الرموز الشائعة للصمامات ، وهي :

( أ ) : صمام ثنائي بتسخينٍ مباشر ،

( ب ) : صمام ثنائي بتسخين غير مباشر ،

( جـ ، د ) : صمام مفرغ ثلاثي (Triode) ،

( هـ ) : صمام مفرغ رباعي (Tetrode) ،

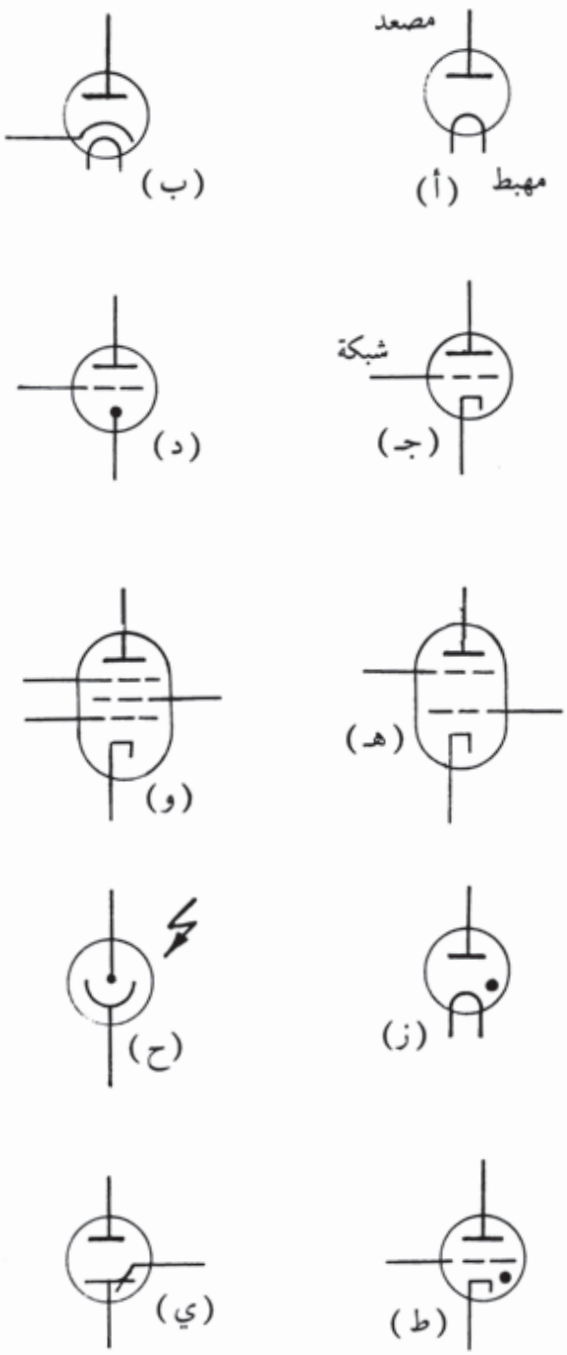
( و ) : صمام مفرغ خماسي (Pentode) ،

( ز ) : صمّام غازيّ ثنائي ،

( ح ) : خليّة ضوئية (Photocell) ،

( ط ) : صمام ثايروترون (Thyrotron) ،

( ي ) : صمّام إجنترون (Ignitron) .




الشكل (١-٤)

## ١ ـ ٦ الثنائيات (Diodes)

يصنع الثنائيّ من بلورةٍ شبه موصلة (Semiconductor) . و يكون أحد شطري البلورة من النوع الموجب م (P) وشطرها الآخر من النوع السالب س (N) . وتسمّى البلّورة وصلة م-س (P-N Junction) . و يسمّى الطّرف المتصل بالشطر الموجب المصعد ، بينما يعرف الطرف المتصل بالشطر السالب بالمهبط .

ومن خصائص الثنائي أنّه يسمح بمرور التيار فيه عندما تسلط عليه فلطية بانحياز أمامي (Forward bias) ، و يكون اتجاه التيار من المصعد إلى المهبط . أما عند تسليط فلطية على الثنائيّ بانحيازٍ عكسي (reverse bias) فإنه لا يسمح سوى بمرور تيار ضئيل للغاية .

وللثنائيات استخدامات كثيرة أهمها تقويم التيار المتناوب لتحويله إلى تيار مباشر.

و يبين الشكل (١-٥) عدداً من الرموز المستخدمة في تمثيل الثنائيات ، وهي :

( أ ، ب ) : رمزان عامّان للثنائي ،

( جـ ، د ، هـ ، و ) : رموز مختلفة لثنائي زنر (Zener) ،

( ز ) : ثنائي نفقي (Tunnel) ،

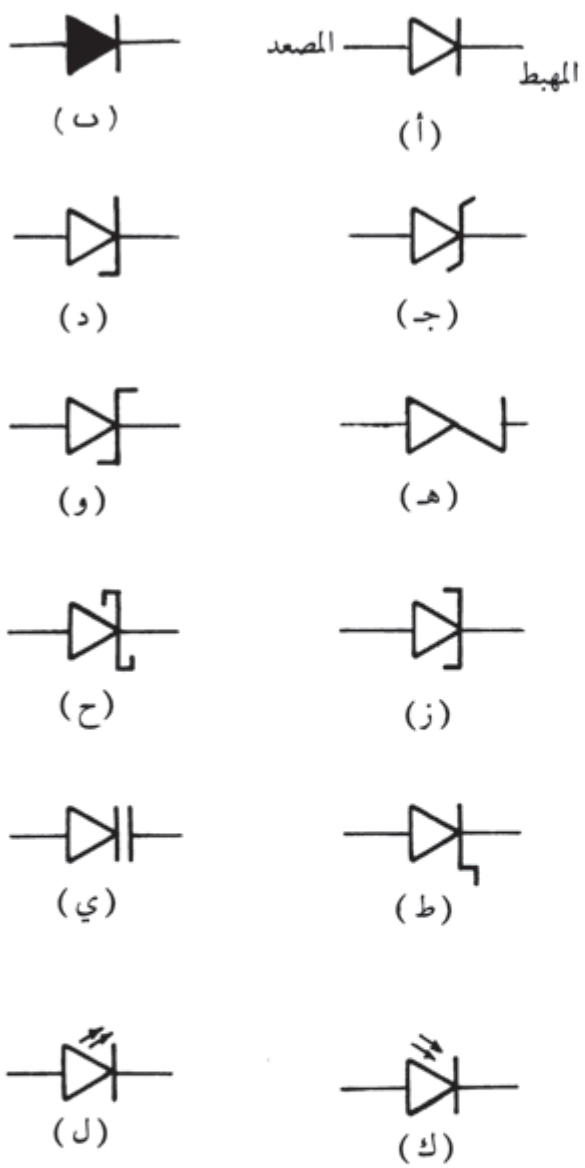
( ح ) : ثنائي شوتكي (Shottky) ،

( ط ) : ثنائي استعادة خطوية (Step recovery) ،

( ي ) : ثنائي سعوي (Varactor) ،

( ك ) : ثنائي ضوئي (Photodiode) ،

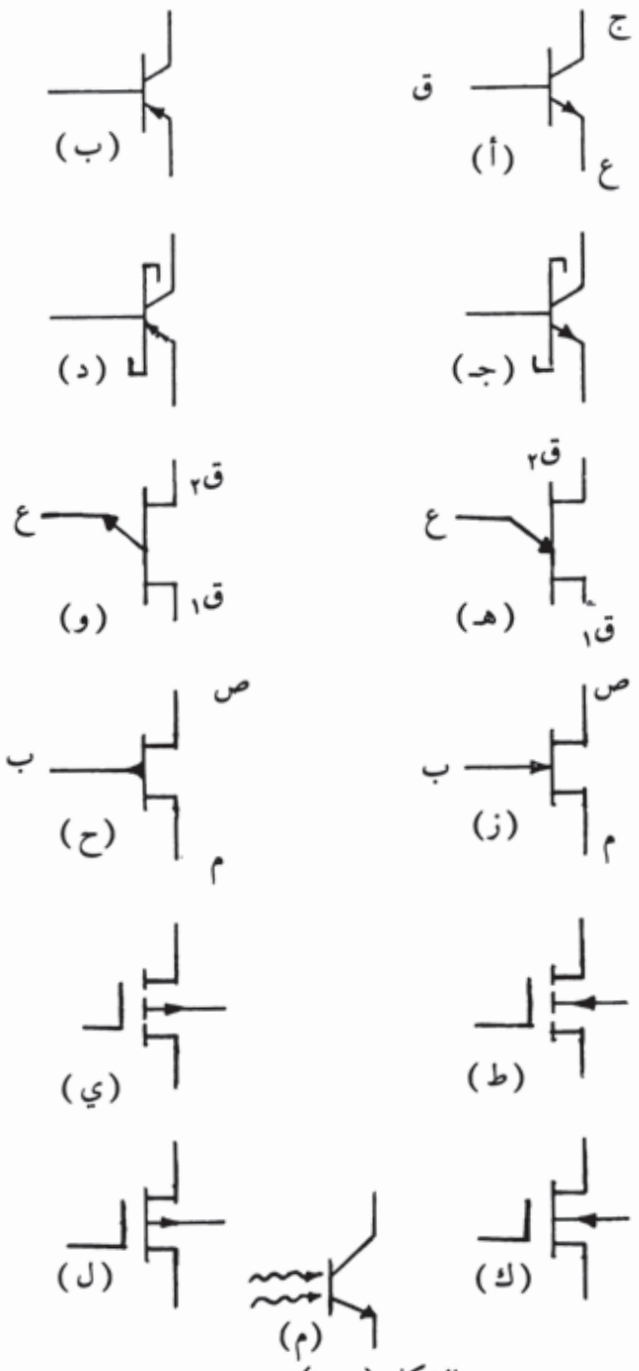
( ل ) : ثنائي انبعاث ضوئي (Light Emitting Diode) .




الشكل (١-٥)

## ١ ـ ٧ الترانزستورات (Transistors)

يُصنع الترانزستور من مادة شبه موصلةٍ مكوّنة من ثلاث طبقات تنتهي كلٌّ منها بطرف . و بوساطة أحد هذه الأطراف يتم التحكم في مرور التيار بين الطرفين الآخرين و يستفاد من هذه الخاصية في تطبيقات كثيرة مثل توليد الإشارات الكهربائية وتكبيرها وتعديلها كما يستخدم الترانزستور مفتاح تبديل (Switch) في الدوائر الإلكترونية الرقميّة . وهناك نوعان أساسيان من الترانزستورات أوّلهما ترانزستور الوصلة (Junction Transistor) أو الترانزستور ثنائي القطبيّة (Bipolar) ، وأطرافه هي المشعّ «ع» (Emitter) والمجمّع «ج» (Collector) والقاعدة «ق» (Base) . أما النوع الثاني فهو ترانزستور تأثير المجال (Field Effect) ، وتسمّى أطرافه المصدر «م» (Source) والمصرف «ص» (Drain) والبوّابة «ب» (Gate) .




الشكل (١-٦)

و يبين الشكل (١-٦) رموزاً مختلفة للترانزستورات ، وهي :

( أ ) : ترانزستور الوصلة من نوع س م س (NPN) ،

( ب ) : ترانزستور الوصلة من نوع م س م (PNP) ،

( جـ ، د ) : ترانزستور الوصلة من نوع شوتكي (Shottky) ،

( هـ ) : ترانزستور أحادي الوصلة (Unijunction Transistor) ،

( و ) : ترانزستور أحادي الوصلة المتمّم (Complementary Unijunction) ،

( ز ، ح ) : ترانزستور تأثير المجال من نوع الوصلة «JFET» (Junction Field Effect Transistor) ،

( ط ، ي ، ك ، ل ) : ترانزستور تأثير المجال من نوع معدن ـ أكسيد ـ شبه موصل «MOS» (Metal Oxide Semiconductor) ،

( م ) : ترانزستور ضوئي (Phototransistor) .

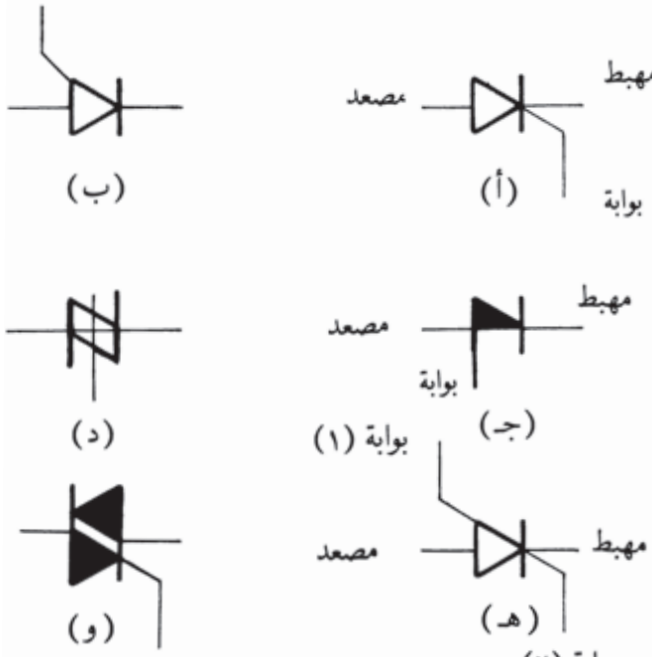
## ١ ـ ٨ المقوّمات المحكومة (Controlled Rectifiers)

تتميز المقوّمات المحكومة عن الثنائيات بأنه يمكن التحكم في مرور التيار بين المصعد والمهبط باستخدام طرف ثالث يسمى البوابة (Gate) ، بينما لا توجد مثل هذه الإمكانية في الثنائيات حيث يمرّ التيار فيها بمجرد تسليط فلطية بانحياز أمامي عليها في حين لا يمرّ التيار في حالة الانحياز العكسي .

إنّ امكانية التحكم بمرور التيار في المقوّمات المحكومة في حالتي الانحياز الأمامي والعكسي قد أوجدت تطبيقات كثيرة مثل التحكم في سرعات الآلات الكهربائية ، وغيرها . وتصنع هذه المقوّمات في الغالب من عدة طبقات (Layers) من مواد شبه موصلة أشهرها السيليكون .

يبين الشكلان (١-٧أ ، ب ) رمزين شائعي الاستخدام لمقوّم سيليكوني محكوم (SCR) ، والشكل (١-٧-جـ ) رمزاً لمفتاح سيليكوني أحادي الاتجاه (SUS) ، والشكل (١-٧-د) رمزاً لمفتاح سيليكوني ثنائي الاتجاه (SBS) .

كما يبين الشكل (١-٧-هـ) رمزاً لمفتاح سيليكونيّ محكوم (SCS) ، والشكل (١-٧-و) رمزاً لمقوّم محكوم من نوع ترياك (Triac) ، والشكل (١-٧-ز) والشكل (١-٧-ح) رمزين لمقوم محكوم من نوع دياك (Diac) .




الشكل (١-٧)

أما الشكل (١-٧-ط) فيبين رمزاً لثنائي بأربع طبقات أحادي الاتجاه ، في حين يبين الشكل (١-٧-ي) رمزاً لثنائي بأربع طبقات ثنائي الاتجاه .

## ١ ـ ٩ مقياس الرّسم

يُعرّف مقياس الرسم بأنه نسبة طول خطٍّ معيّن على لوحة الرّسم إلى طوله الحقيقيّ . فإذا كان طول خطٍّ ما على لوحة الرّسم أكبر من طوله الحقيقيّ بعشر مرّات ، فإنّ مقياس الرّسم يساوي ١٠:١ . أمّا مقاييس الرّسم المستخدمة في الأنظمة العالمية فهي :

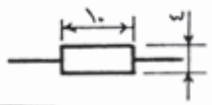
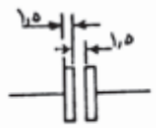
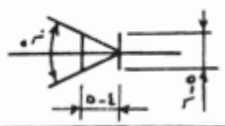
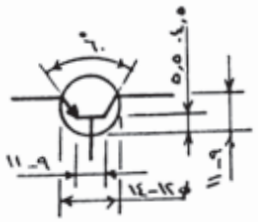
مقاييس التصغير :
٢:١ ، ٢,٥:١ ، ٤:١ ، ٥:١ ، ١٠:١ ، ٢٠:١ ،
... وهكذا .

مقاييس التكبير :
١:٢ ، ١:٢,٥ ، ١:٤ ، ١:٥ ، ١:١٠ ، ١:٢٠ ،
... وهكذا .

ومن الجدير بالذكر أنّ العناصر الأساسيّة المكوّنة للدوائر الإلكترونية تُرسم بأبعاد قياسية محدّدة . و يبين الجدول (١-١) الأبعاد القياسية لبعض هذه العناصر، وهي : المقاومة ، والمكثف الكهربائي ، والمكثف الكيميائيّ ، والملف ، والثنائيّ ، والترانزستور .

**ملاحظة :** الأبعاد المبيّنة في الجدول (١-١) جميعها بالملمتر .

الجـــدول (١ ـ ١)

| | |
|---|---|
| مقاومة ثابتة |  |
| مكثف كهربائي | |
| مكثف كيميائي |  |
| ملف | |
| ثنائي ( مقوّم ) |  |
| ترانزستور ثنائي القطبية |  |

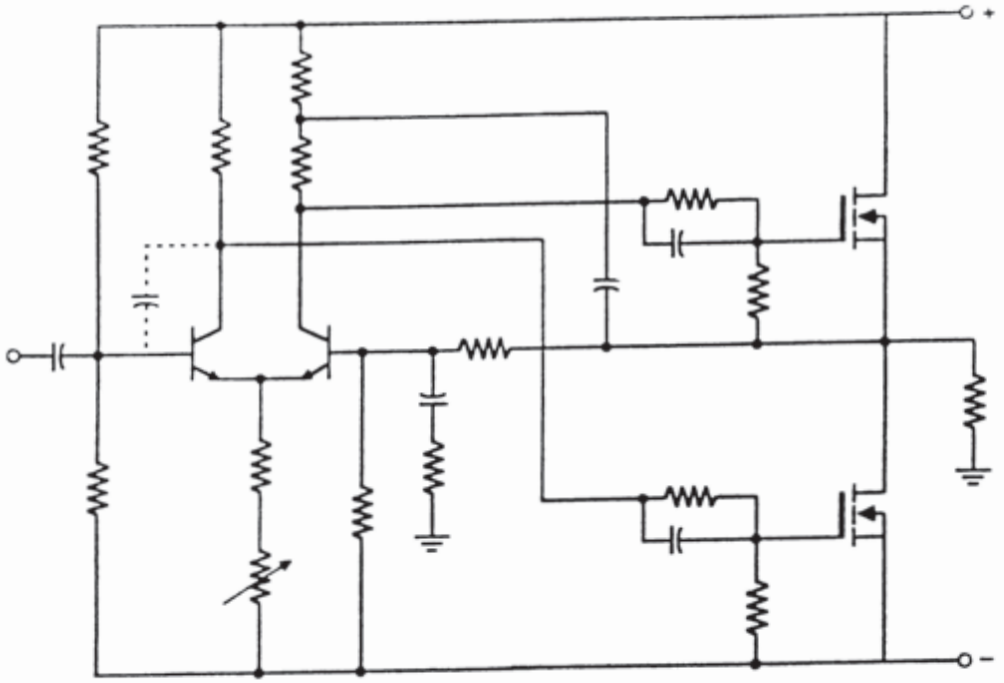
# تمارين

## التمرين الأوّل :

يبيّن الشكل (١-٨) مخططاً تمثيلياً لمكبر قدرةٍ باستخدام نوعين من أنواع الترانزستورات .

أ ــ ما هذان النّوعان ؟

ب ــ ارسم هذا المخطط بمقياس رسم مُناسب ، ولكن باستخدام رموزٍ مختلفة لكلٍ من المقاومات والمكثفات .



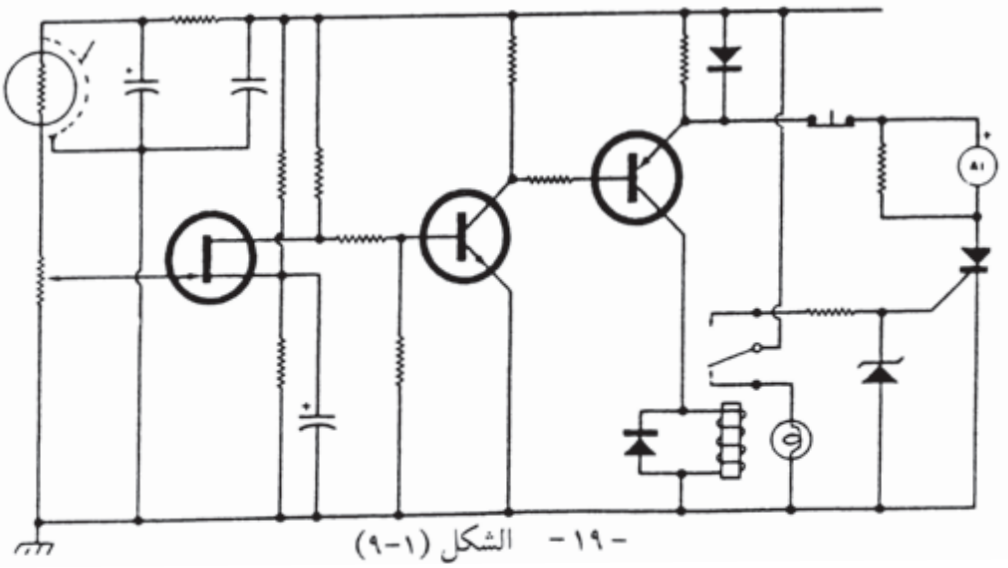
الشكل (١-٨)

## التمرين الثاني :

يبين الشكل (١-٩) مخططاً تمثيلياً لنظام كشف وتحكم . المطلوب :

أ ــ رسم هذا المخطط بمقياس رسم مناسب .

ب ــ عمل جدولٍ بأسماء العناصر الأساسية المكوّنة لهذا المخطط .





الشكل (١-٩)

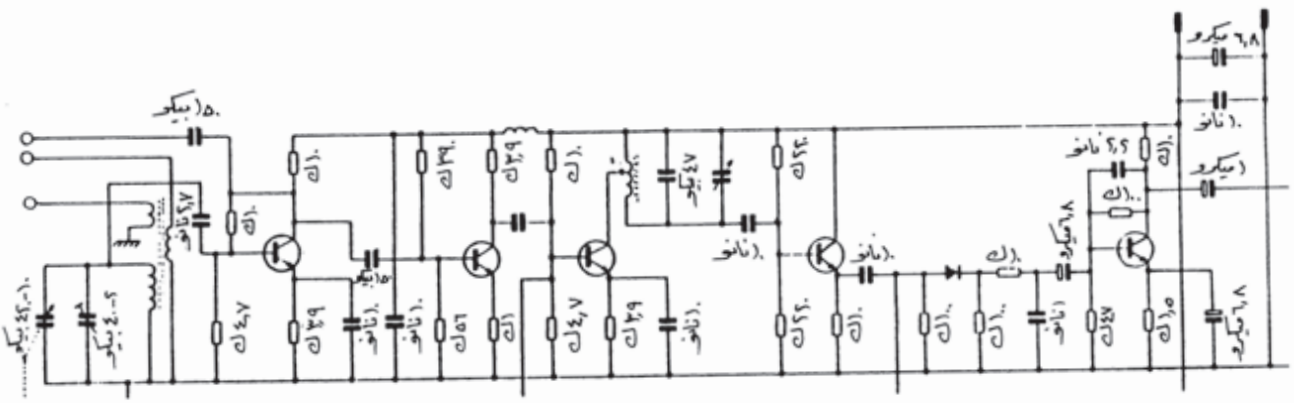
## التمرين الثالث :

يمثل الشكل (١-١٠) مخططاً تمثيلياً لجزء من مستقبلٍ راديوي من نوع السوبرهترودين .

أ ــ اعمل جدولاً يبين عدد كلّ من العناصر الأساسية المكونة لهذا المخطط .

ب ــ اعمل جدولاً يبين قيم كل من المقاومات والمكثفات .

جـ ــ ارسم هذا المخطط بمقياس رسم مناسب مع استخدام رموز أخرى للمقاومات .



الشكل (١-١٠)

# الوحـــدة الثانيـــة

# الوحدات الأساسية المكوّنة للدوائر الإلكترونية

درسنا في الوحدة الأ ولى الرّموز الفنية للعناصر الأساسية المكوّنة للدوائر الإلكترونية المستخدمة في نظم الا تصالات والتلفاز والقيـادة الآلية والتحكم في العمليات الصنـاعية وصيـانة أجهزة الحاسـوب . وسنتطرق في هذه الـوحدة إلى دراسة الوحدات الأساسية المكوّنة للدوائر الإلكترونية والرموز الفنيّة لها .

(أ)

## ٢ ـ ١ المحرّك الكهربائي (Motor)

إذا سرى تيـار كهربائي في موصل ، فإنه ينشأ حوله مجال مغناطيسي . وإذا وضع هذا الموصل في مجـال مغنـاطيسي آخـر ، ظـهـرت قوّة تفاعل بين المجالين تؤدي إلى تحريك الموصل . وعلى هذا الأسـاس يـعمل المحرّك الكهربائيّ ، و يستخدم لتحو يل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية . فـمحرّك الغسّالة أو الثلاجة أو المروحة يستمدّ قدرته من المنبع الكهربائي ليمدّنا بطاقة ميكانيكية تحرّك الغسّالة وتشغل الثلاجة وتدير المروحـة . ويمثل الشكل (٢-١) الرمز الكهربائي للمحرّك :

(ب)

أ ــ محرّك تيار متناوب أحادي الطّور .

ب ــ محرك تيار متناوب ثلا ثي الأطوار .

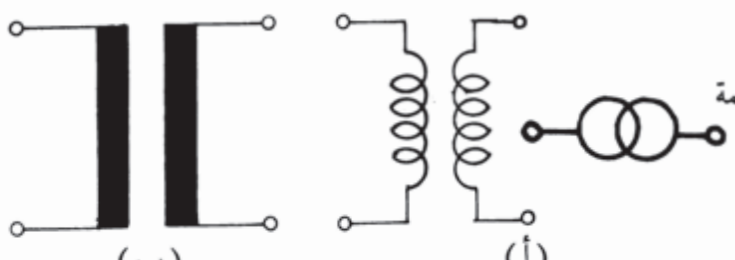
جـ ــ محرّك تيار مباشر .

(جـ)

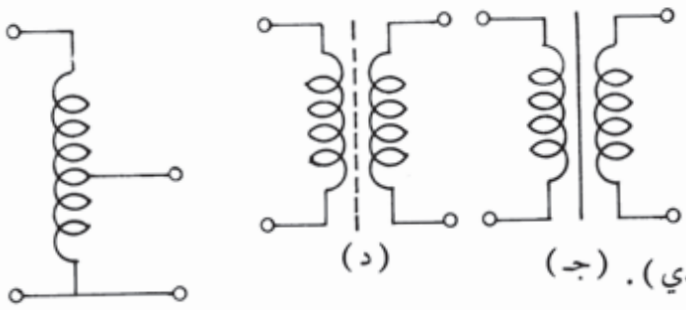
الشكل (٢-١)

## ٢ ـ ٢ المحوّل الكهربائي (Transformer)

يـتكون المحوّل من ملفين متقار بين معزولين كهربائياً بعضهما عن بعض . ويمكن بوساطته رفع أو خفض قيمة الفلطية على شبكات التيار المتناوب . و يسمى الملف الموصل بمصدر التيار المتناوب الملـف الابـتدائي والآخر الملف الثانوي . وعند مرور تيار متناوب في الملف الابتدائي ، فإنه يكون مجالاً مـغناطيسياً متناو باً يقطع لفات الملف الثانوي الـذي تـنـتـج بالتالي بين طرفيه فلطية متناو بة تعتمد قيمتها على نسبة عدد لفات الملف الثانوي إلى عدد لفات الملف الابتدائي . ومن هنا يتمّ التحو يل من قيمة مـعيـنـة للـفلطية إلى قيمة أخرى من خلال المحوّل . ولـزيـادة عـدد خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع الملـف الـثـانـويّ ، تـستخدم صفائح من الفولاذ قلباً


(ب) (أ)

لهذين الملفين نظراً لأنّ نفاذية الفولاذ لخطوط المجال المغناطيسي أكبر بكثير من نفاذية الهواء . وتكون هذه الصفائح مصفوفة بعضها بجانب بعض ومعزولة بعضها عن بعض باستخدام مادة عازلة ولاصقة .




و يسمى مثل هذا المحوّل محوّلاً ذا قلب فولاذي ( حديدي ) .

و يبين الشكل (٢-٢) بعض رموز المحوّلات الكهربائية :

( أ ) : رمز عام لمحوّل ذي قلب هوائي ،

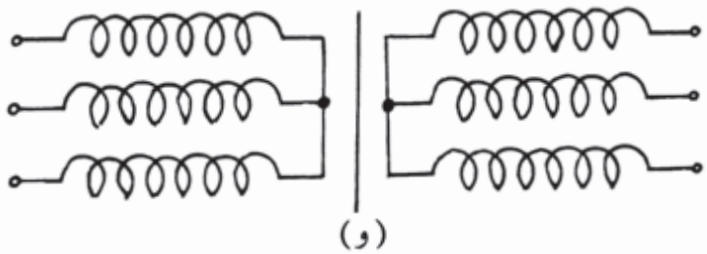
( ب ) : رمز عام آخر لمحوّل ذي قلب هوائي ،

( جـ ) : محوّل بقلبٍ حديديّ ،

( د ) : محوّل بقلبٍ من الفرايت ،

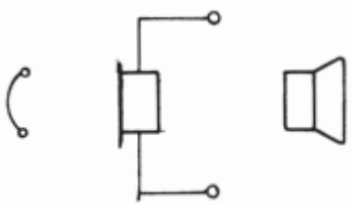
( هـ ) : محوّل ذاتي متغيّر ،

( و ) : محوّل ثلاثي الأطوار .




الشكل (٢-٢)

## ٢ ـ ٣ السماعة (Speaker)



الشكل (٢-٣)

يتمّ باستخدام السماعة تحويل التيار المتناوب إلى صوتٍ مسموع ، وذلك باستعمال غشاء معدني رقيق متصل بحافظة حديدية أمام مغناطيسين دائمين . وعلى كلّ مغناطيسٍ هناك ملفّ ، و يتصل الملفّان ليكوّنا طرفي السمّاعة . و يبين الشكل (٢-٣) رموزاً مختلفة للسماعة .

## ٢ ـ ٤ الهاتف (Telephone)

الشكل (٢-٤)

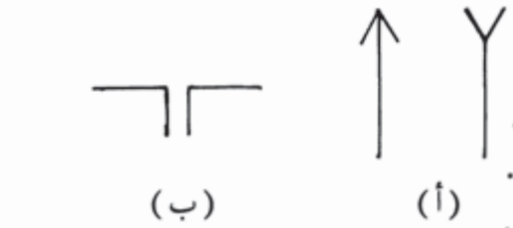
عند وصل جهاز الهاتف بالمقسم ، فإنّ من الضروري تزويده بقرصٍ أو كبسات لتحديد الرقم المراد الاتصال به . وكما هو معروف هناك رقم خاصٌّ لكلّ جهاز هاتف . و يتكوّن القرص من : لوحة الأصبع ، وحلقة الأرقام ، والمسننات ، وحاكم المسننات ، والزمبرك ، والكامة ، وتماسات التوصيل . و يبين الشكل (٢-٤) رمز كلٍ من جهاز الهاتف ، وقرص الهاتف ، وجرس الهاتف .

## ٢ ـ ٥ الميكروفون (Microphone)

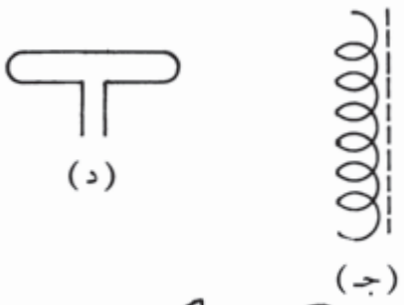
الشكل (٢-٥)

يحوّل الميكروفون التضاغطات والتخلخلات الناشئة عن الصوت إلى اشارة كهربائية (تيار متناوب تتغير قيمته حسب تغيّرات الصوت الصّادر) . وهناك أنواع مختلفة من الميكروفونات منها :
الكربوني ، والسّعوي ، والكريستالي ، والميكروفون ذو الملف المتحرّك . و يبين الشكل (٢-٥) رمز الميكروفون .

## ٢ ـ ٦ الهوائي (Antenna)



(أ) (ب)



(جـ) (د)

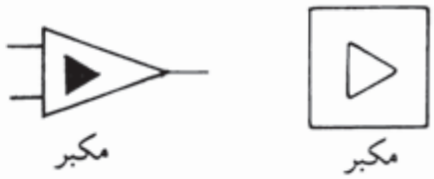
(هـ) (و) (ز)

الشكل (٢-٦)

يُستخدم الهوائي لإشعاع الأمواج الكهرومغناطيسية أو استقبالها . وهو في أبسط أشكاله قد يكون سلكاً موصلاً أو مجموعة من الأسلاك . غير أنّ بعض أنواعه قد يكون على درجةٍ عالية من التعقيد بحيث يشكّل نظاماً قائماً بذاته . وهناك العديد من الهوائيات التي نراها على أسطح المباني أو على أبراج عالية أو على السيّارات . و يبين الشكل (٢-٦) الرموز المختلفة للهوائيات :

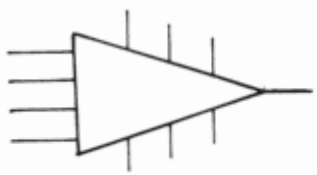
( أ ) : رمزان عامّان ،
( ب ) : دايبول مفتوح ،
( جـ ) : هوائي فرايت ،
( د ) : دايبول مطوي ،
( هـ ) : هوائي إطاري (Loop Antenna) ،
( و ) : هوائي بوقي (Horn Antenna) ،
( ز ) : هوائي صحني (Parabolic Antenna) .

## ٢ ـ ٧ المكبرات الالكترونية



مكبر مكبر

المكبر هو دائرة يتم الحصول فيها على إشارة مرتفعة القيمة عند المخرج بوساطة إشارة صغيرة في المدخل . وهذا يتطلب احتواء المكبر على عناصر فعّالة مثل الصمامات أو الترانزستورات ، بالإضافة إلى مصدرٍ للتغذية ومقاومة حمل .



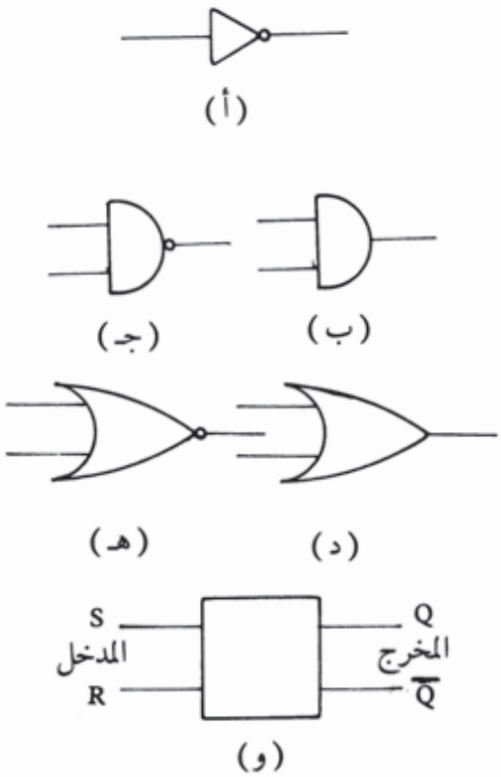
الشكل (٢-٧) دائرة متكاملة

ومع تقدّم الصناعات الإلكترونية أخذت الدوائر المتكاملة تحلّ محل دوائر الصمامات والترانزستورات في صناعة المكبرات ، إذ تحتوي الدائرة المتكاملة على جميع عناصر المكبر من ترانزستورات ومقاومات ومكثفات وغيرها . وتوصل هذه العناصر بعضها ببعض في أثناء عملية التصنيع . و بذلك لا يمكن فصل أيّ من هذه العناصر التي بات من الممكن جمع مئات الآلاف منها في مساحات صغيرةٍ جداً . و يبين الشكل (٢-٧) رمزين للمكبّر، ورمزاً للدائرة المتكاملة .

## ٢ ـ ٨ الدوائر المنطقية (Logic Circuits)

هناك نوعان أساسيان من الدوائر المنطقية : البوابات والذّاكرات . تقوم البوابات بمراقبة المداخل وتعطي في مخارجها إشارات حسب حالات المداخل وخواص البوابة ذاتها . أمّا الذاكرات فتستخدم لتخزين البيانات الثنائية . إنّ أبسط البوابات المنطقية هي بوابة العاكس (Inverter) ، والتي تسمّى أيضاً بوابة « لا » (NOT) . والعاكس هو دائرة منطقية تعطي في مخرجها حالة منطقية تعاكس دوماً الحالة المنطقية في مدخلها . أما بوابة « و » (AND) فهي دائرة منطقية لها مدخلان أو أكثر ومخرج وحيد . و يكون المخرج في الحالة المنطقية « ١ » إذا كانت جميع المداخل في الحالة المنطقية « ١ » ، وإلاّ فإنّ المخرج يكون في الحالة المنطقية « ٠ » .

أما بوّابة « أو » (OR) فلها كذلك مدخلان على الأقلّ ، ومخرج واحد . وعندما يكون مدخلٌ واحدٌ أو أكثر في الحالة المنطقية « ١ » ، فإنّ المخرج يكون في الحالة المنطقية « ١ » .




الشكل (٢-٨)

وهناك بوابة « لا/و » (NAND) ، وهي عبارة عن بوابة « و » (AND) متبوعة ببوابة « لا » (NOT) ، وكذلك بوابة « لا/أو » (NOR) وهي عبارة عن بوابة « أو » (OR) متبوعة ببوابة « لا » (NOT) .

أما النطّاطات (Flip-Flops) فهي دوائر منطقية رقمية تعمل كذاكرة (Memory) أو لتخزين المعلومات . وكلّ نطاط يستطيع حفظ معلومة (bit) من البيانات الثنائية لأنه يمكن أن يعطي إحدى حالتين مستقرتين ، الأولى تمثل الحالة « ١ » والثانية تمثل الحالة « ٠ » . فإذا وضع النطاط في إحدى هاتين الحالتين المستقرّتين ، فإنه سيبقى كذلك طالما أنّ التغذية موجودة حتى يتمّ تغييره . و يبين الشكل (٢-٨) رموز الدوائر المنطقية المختلفة :

( أ ) : بوابة « لا » ( ب ) : بوابة « و » ( جـ ) : بوابة « لا/و »

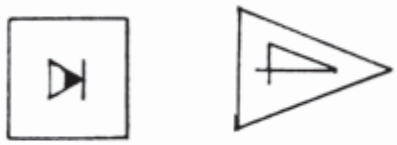
( د ) : بوابة « أو » ( هـ ) : بوابة « لا/أو » ( و ) : نطّاط (F.F.) .

## ٢ ـ ٩ الكاشف (Detector)

الشكل (٢-٩)

بوساطة الكاشف يتم استخلاص الاشاره المحمولة وفصلها عن الإشارة الحاملة . و يتكون الكاشف في أبسط صوره من ديود ومقاومة ومكثف . يقوم الديود بتمرير الجزء الموجب من الإشارة المركبة ( التي تتضمّن الإشارة الحاملة والمحمولة ) ، و يعمل المكثف مع المقاومة كمرشح لتمرير الترددات المنخفضة . و يبين الشكل (٢-٩) رمز الكاشف .

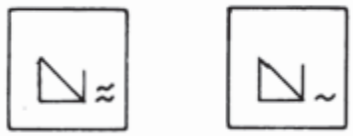
## ٢ ـ ١٠ المكبر الكاشف (Amplifier-Detector)



الشكل (٢-١٠)

هي دائرة تكبير لتكبير الإشارات الضعيفة تتبعها دائرة كاشف للحصول على الاشارة المحمولة والتخلص من الإشارة الحاملة . ورمز المكبر الكاشف مبيّن في الشكل (٢-١٠) .

## ٢ ـ ١١ المعدّل (Modulator)



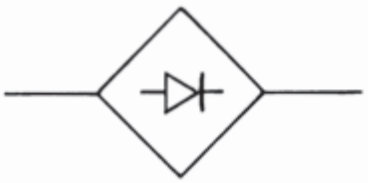
(ب) (أ)

الشكل (٢-١١)

التعديل هو تغيير إحدى خواص إشارة معينة تسمى الإشارة الحاملة (Carrier) تبعاً لتغيّر إشارة أخرى تسمى الإشارة المحمولة أو إشارة المعلومات . و يتم إدخال الاشارة الحاملة والاشارة المحمولة على المعدّل فنحصل على مخرجه بعد الترشيح على الاشارة المركبة . و يسمى المعدّل في حالة الحصول على حزمتين جانبيتين بدون حامل المعدّل المتوازن (Balanced) . و يبين الشكل (٢-١١) رمز المعدّل :

( أ ) معدّل غير متوازن ( ب ) معدّل متوازن .

## ٢ ـ ١٢ المقوّم (Rectifier)



الشكل (٢-١٢)

تعمل المقوّمات على تحويل الفلطية المتناوبة للموجة الجيبية إلى فلطية مباشرة على شكل نبضات . وتلي المقوّم دوائر تنعيم (Smoothing Circuits) لتنقية الفلطية الخارجة من المقوّم والحصول على الفلطية المباشرة اللازمة للدوائر الالكترونية . وهناك أنواع مختلفة من المقوّمات منها مقوّم نصف الموجة ، ومقوّم الموجة الكاملة ، والمقوّم القنطري (Bridge Rectifier) والذي يبيّن الشكل (٢-١٢) الرمز الكهربائي له .

## ٢ ـ ١٣ المرشحات (Filters)

(أ)

(ب)

(جـ)

(د)

الشكل (٢-١٣)

هي دوائر كهربائية تسمح بمرور ترددات معينة وتمنع مرور ترددات أخرى غير مرغوب فيها . وهي ذات أهمية كبيرة في أجهزة الاتصالات . و يبين الشكل (٢-١٣) رموز المرشحات المختلفة :

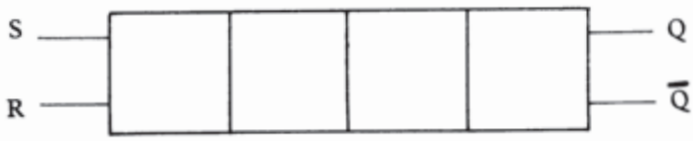
( أ ) : مرشح تمرير منخفض (Low Pass Filter) ، يسمح بمرور الترددات المنخفضة فقط .

( ب ) : مرشح تمرير عال (High Pass Filter) ، يسمح بمرور الترددات العالية فقط .

( جـ ) : مرشح تمرير النطاق (Band Pass Filter) ، يسمح بمرور نطاق ترددي محدّد ويمنع مرور الترددات الخارجة عن هذا النطاق .

( د ) : مرشح إيقاف النطاق (Band Stop Filter) ، يقوم بتمرير جميع الترددات باستثناء نطاق محدّد .

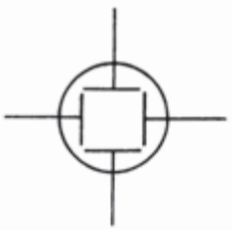
## ٢ ـ ١٤ مسجّل الإشارة (Register)



الشكل (٢-١٤)

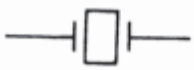
هو نموذج واسع الاستخدام من الدوائر المنطقية التسلسلية، وهو مكوّن من عناصر تخزين ثنائية تكون في العادة نظّاطات ثنائيّة. وتتعاقب عناصر التخزين بشكل يسمح للأعداد الثنائية المخزونة بأن تنزاح من عنصر إلى آخر مجاور. و يبين الشكل (٢-١٤) رمز المسجّل.

## ٢ ـ ١٥ الراسم الكهربائي (Oscilloscope)


الشكل (٢-١٥)

هو أحد أجهزة القياس المهمّة، و يستخدم لقياس أشكال الأمواج والإشارات والنبضات الكهربائية وتحليلها بالإضافة إلى استخدامات أخرى عديدة. و يتكوّن من الأجزاء الرئيسة التالية: الشاشة، المكبر العمودي، المكبر الأفقي، دائرة التزامن، المولد الزمني، مصدر التغذية. و يبين الشكل (٢-١٥) رمز الراسم الكهربائي.

## ٢ ـ ١٦ دائرة اهتزاز كوارتز (Quartz Resonance Circuit)


الشكل (٢-١٦)

تمتاز بلورات بعض المواد الموجودة في الطبيعة بما يعرف بظاهرة الإجهاد الكهربائي (Piezoelectric Effect). فإذا وضعت بين طرفي البلورة فلطية متناوبة، فإنها تهتز بتردد يساوي تردد الفلطية المستعملة. و بالعكس إذا أجبرت البلورة على الاهتزاز، فإنها تولد فلطية متناوبة بين طرفيها. ومن الأمثلة على هذه المواد الكوارتز وأملاح روشيل. و يبين الشكل (٢-١٦) رمز بلورة الكوارتز.

# تمـــاريـــن

**التمريـــن الأوّل :**

ارسم الرمز الفنّيّ لكلٍ من :

أ ــ المعدّل المتوازن ، ب ــ المعدّل غير المتوازن ،

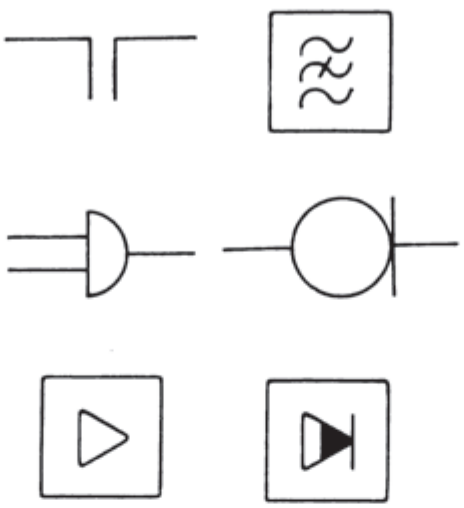
جـ ــ دائرة اهتزاز كوارتز ، د ــ الميكروفون ،

هـ ــ المكبر ، و ــ المكبر الكاشف ، ز ــ الكاشف ،

ح ــ الراسم الكهربائي ، ط ــ قرص الهاتف .

**التمريـــن الثاني :**

ما اسم كلٍ من الوحدات الأساسية التي يبين الشكل (٢-١٧) الرموز الفنية لها ؟



الشكل (٢-١٧)

**التمريـــن الثالث :**

أ ــ اذكر أنواع الهوائيات المختلفة ، وارسم رمز كلٍ منها .
ب ــ عدّد أنواع المرشحات ، وارسم رمز كلٍ منها .

**التمريـــن الرابع :**

ارسم الرّمز الفنّيّ المستخدم في تمثيل كلٍ من :
أ ــ بوابة « لا » ، ب ــ بوابة « أو » .
جـ ــ بوابة « و » ، د ــ بوابة « لا / و » .
هـ ــ بوابة « لا / أو » .

# الوحـــدة الثالثـــة
# تمثيل النظم الكهربائية والالكترونية

## ٣ ـ ١ مقـــدمـــة

النـظـام الـكـهـربائي أو الالكتروني عبارة عن بناء متكامل يؤدي وظيفة معينة . و يتكون من عدد من الوحدات المتصلة مع بعضها . وتقوم كلّ وحدة من وحدات النظام بأداء دورٍ فرعي ، بحيث تشكل مجموعة الأدوار الفرعية الوظيفة الرئيسية التي يؤديها النظام .

ومن الأمثلة على هذه النظم :

ـــ نظام التغذية بالتيار المباشر .
ـــ مرسل تعديل الا تساع .
ـــ مرسل تعديل التردد .
ـــ محطة ارسال ميكرو ية .
ـــ جهاز الاستقبال التلفازي .
ـــ جهاز الاستقبال الراديوي .
ـــ نظام التحكم في درجة الحرارة باستخدام الازدواج الحراري .
ـــ نظام التحكم في سرعة محرك كهربائي .
ـــ نظام التحكم في مستوى سائلٍ ما .
ـــ نظام التحكم في عمل الاشارات الضوئية .
ـــ أنظمة التحكم عن بُعد في تشغيل الأجهزة الكهربائية والالكترونية .
ـــ الحاســـوب .

## ٣ ـ ٢ تمثيل النظم الكهربائية والالكترونية

تمثل النـظـم بـاسـتـخـدام عـدد مـن المخططات والرسوم التوضيحية . وتعطي هذه المخططات والرسوم معلوماتٍ وارشـادات فـيما يتعلق بتجميع النظامٍ وتركيبه وضبطه وفحصه وصيانته . وتعتبر هذه المخططات بالغة الأهمية بالنسبة للـفـنّي الذي يتعامل مع النظام . و بشكل عام يمكن القول إن هذه المخططات تبين العناصر والأجزاء التي يتكون منها الـنـظـام ، وتـعـطـي فـكـرة عـن الـعـلاقـة الوظيفية بين أجزاء النظام . ومن الجدير بالذكر أن هناك أنواعاً عديدة من المخططات ، غير أننا سنركز على أهم هذه الأنواع ، وهي :

أ ـــ المخطط الصندوقيّ أو مخطط المربعات (Block Diagram) .
ب ـــ المخطط الوظيفيّ (Functional Diagram) أو مخطط مجرى الاشارة (Signal Flow Diagram) .
جـ ـــ المخطط التمثيليّ أو المخطط التفصيليّ (Schematic Diagram) .
د ـــ مخطط التوصيلات الداخلية والخارجية (Internal and External Connection Diagram) .

وسنتناول فيما يلي كلّ نوعٍ من المخططات المذكورة سابقاً بشيء من التفصيل ، ونورد بعض الأمثلة على كلٍ منها .

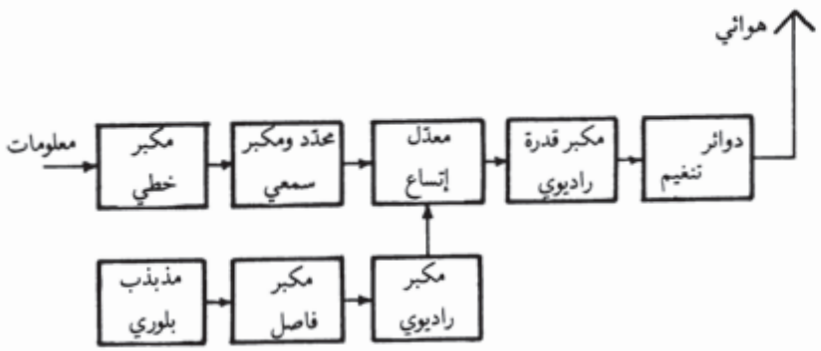
كما سنقوم بقراءة بعض هذه المخططات ، وإدراج الأجزاء التي تتكون منها الأنظمة التي تمثلها هذه المخططات في جداول ، بالإضافة إلى الاشارة بشكل مختصر إلى وظيفة كلٍ من هذه الأجزاء في النظام .

## أ ــ المخطط الصندوقي

يتمّ تمثيل الوحدات الأساسية المكوّنة للنظام في هذا النوع من المخططات باستخدام صناديق ( مربّعات أو مستطيلات ) يتّصل بعضها ببعضٍ بخطوط مستقيمة تنتهي بأسهم . و يدل السهم على أن عمل الوحدة التي يشير إليها السهم يعتمد على عمل سابقتها .

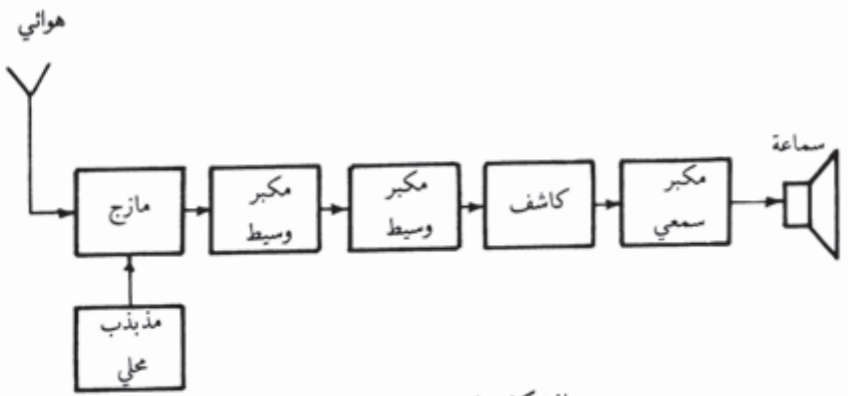
و يكتب اسم الوحدة داخل الصندوق الذي يمثلها بشكلٍ كاملٍ أو مختصر . وفي المخططات الكبيرة ، حيث يتعذر كتابة أسماء الوحدات داخل الصناديق ، تعطى هذه الصناديق أرقاماً متسلسلةً وترفق بالمخطط قائمة تبين معنى كلّ رقم في المخطط .

ومن الجدير بالذكر أن المخطط الصندوقي لا يبين العناصر الأساسية أو القطع الإلكترونية المستخدمة في الجهاز أو النظام ، بل يُكتفى فيه بإعطاء فكرة عن الوحدات التي يتألف منها وكيفية اتصال هذه الوحدات بعضها بالبعض الآخر .



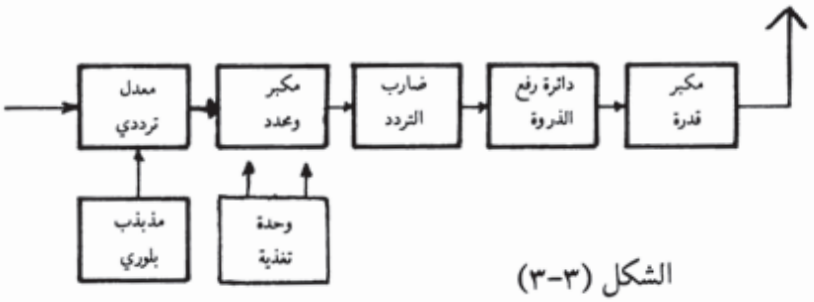

الشكل (٣-١)

ويجب أن يكون حجم الصناديق في المخطط الواحد موحّداً ، إذ لا علاقة لحجم الصندوق الذي يمثل وحدة معينة بأهميتها أو وظيفتها . وهناك بعض وحدات النظام التي لا تمثل بصناديق ، بل من خلال رموزها الكهربائية المصطلح عليها مثل الهوائي والشاشة والسماعة وغيرها .



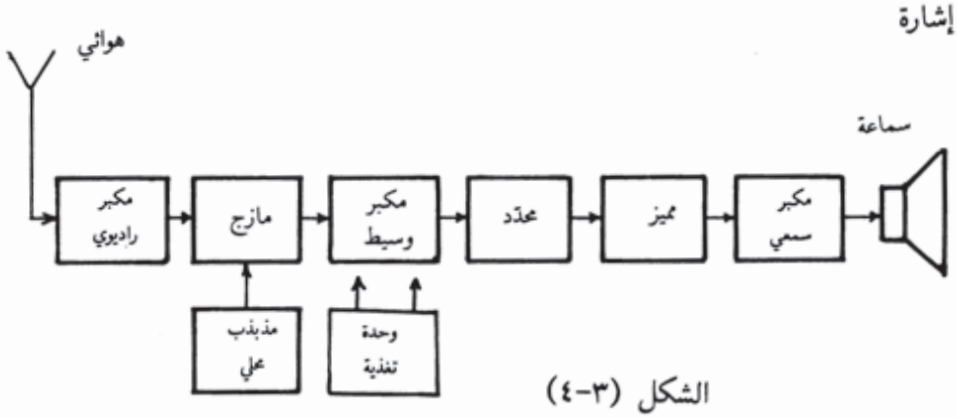

الشكل (٣-٢)

و يبين الشكل (٣-١) مخططاً صندوقياً لمرسلٍ ذي تعديل اتساع (Amplitude Modulation) . أما الشكل (٣-٢) فهو عبارة عن مخطط صندوقي لجهاز استقبال راديوي من نوع سوبرهترودين .




الشكل (٣-٣)

و يبين الشكل (٣-٣) مخططاً صندوقياً لجهاز إرسال ذي تعديل ترددي (Frequency Modulation)، في حين يبين الشكل (٣-٤) مخططاً صندوقياً لجهاز استقبال إشارة راديوية معدّلة ترددياً .



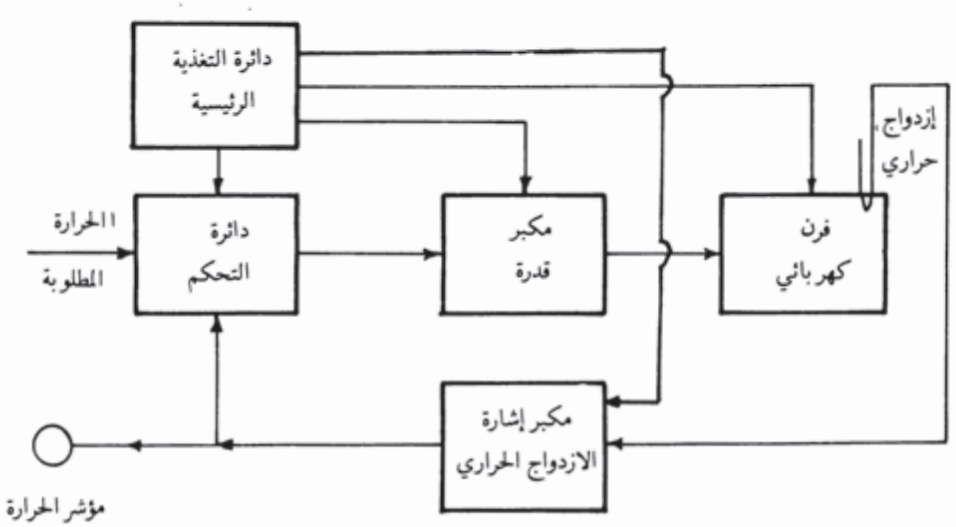

الشكل (٣-٤)

و يتكوّن جهاز الاستقبال المبين في الشكل (٣-٤) من الوحدات المبينة في الجدول (٣-١) ، ولكلٍ منها وظيفة مدرجة في الجدول ذاته .

**الجدول (٣ - ١)**

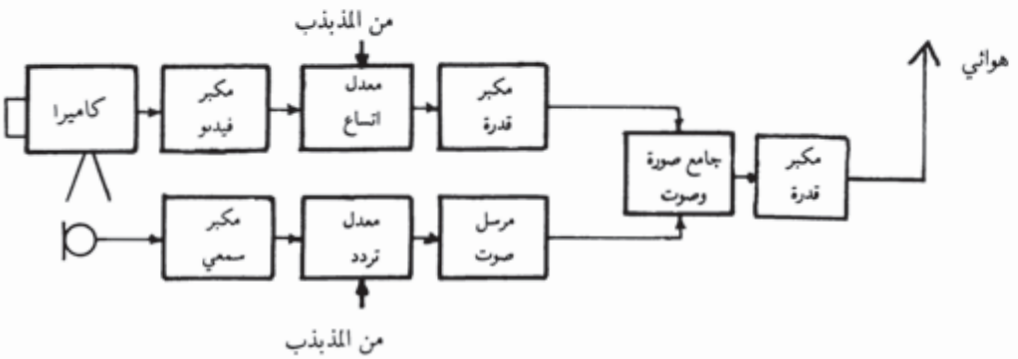
| | |
|---|---|
| هوائي | التقاط الأمواج الراديوية من الفضاء |
| مكبر راديوي | تكبير الأمواج الراديوية القادمة من الهوائي |
| مذبذب محلي | توليد إشارة ذات تردد أعلى من تردد إشارة الهوائي |
| مازج | مزج إشارة المذبذب والإشارة الراديوية للحصول على التردد الوسيط |
| مكبر وسيط | تكبير اشارة التردد الوسيط الخارجة من المازج |
| محدّد | تحديد اتساع اشارة التردد الوسيط قبل الكشف |
| مميّز | تحويل التغيرات في التردد إلى تغيرات في الاتساع ثم القيام بعملية الكشف للحصول على الإشارة السمعية |
| مكبر سمعي | تكبير الإشارة السمعية بعد الكشف عنها |
| سماعة | تحويل الإشارة الكهربائية إلى صوت مسموع |
| وحدة تغذية | تزويد كافة دوائر الجهاز بالتغذية اللازمة |

أما الشكل (٣-٥) فيمثل مخططاً صندوقياً لنظام التحكم في درجة الحرارة باستخدام الازدواج الحراري .



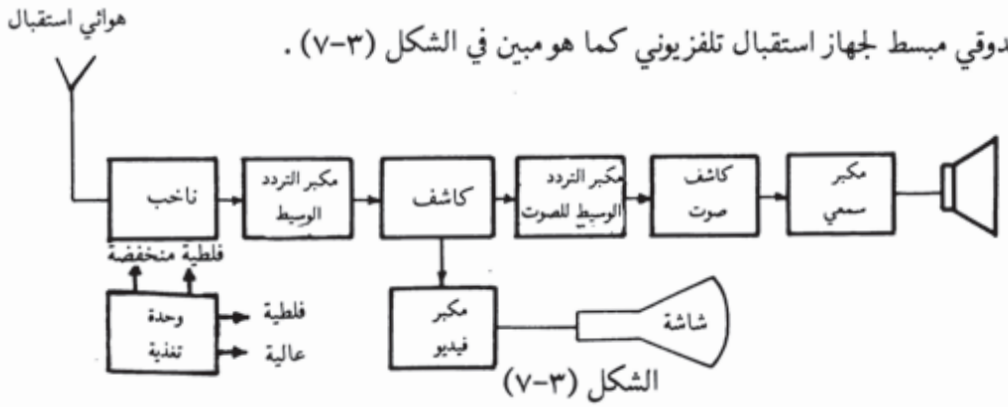

الشكل (٣-٥)

ومن الأمثلة الأخرى على المخططات الصندوقية مخطط صندوقي مبسط لمرسل تلفزيوني كما هو مبين في الشكل (٣-٦) ،




الشكل (٣-٦)

ومخطط صندوقي مبسط لجهاز استقبال تلفزيوني كما هو مبين في الشكل (٣-٧) .



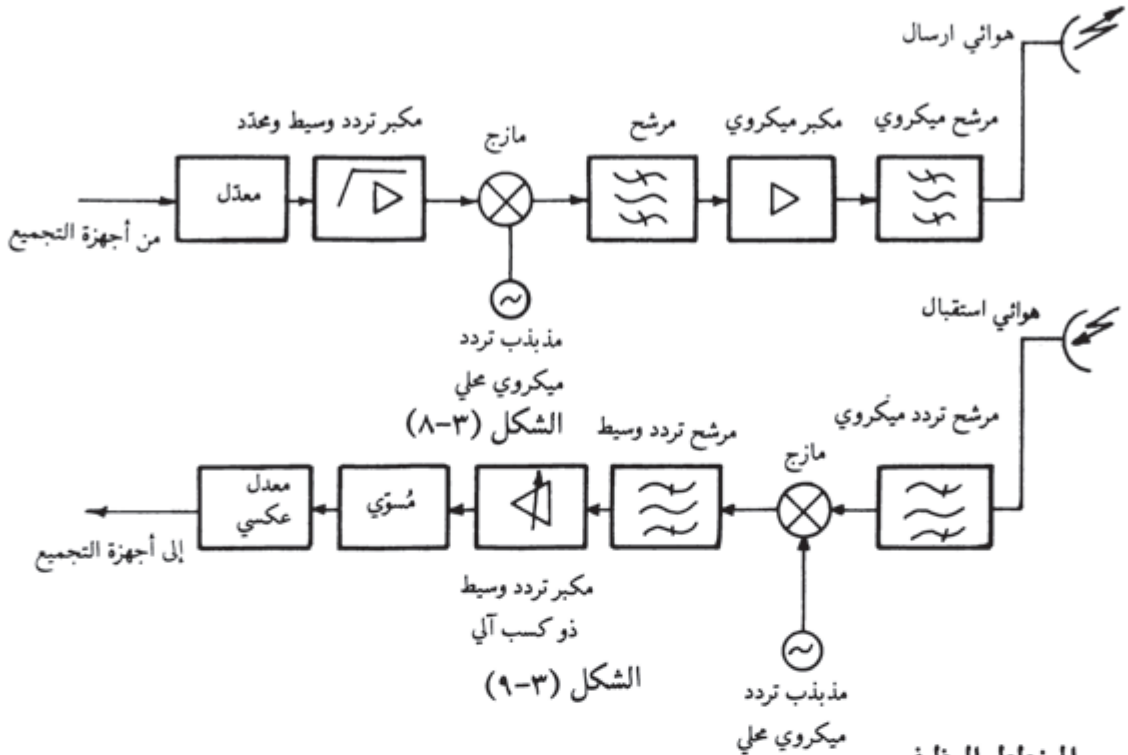

الشكل (٣-٧)

و يوضح الجدول (٣-٢) الأجزاء المكونة لجهاز الاستقبال التلفزيوني و وظيفة كلٍ منها .

**الجدول (٣ ـ ٢)**

| | |
|---|---|
| هوائي | التقاط الاشارات الراديو ية الحاملة للصورة والصوت |
| ناخب | انتقاء القناة المرغوب فيها |
| مكبر التردد الوسيط | تكبير اشارة التردد الوسيط الخارجة من الناخب |
| كاشف | الكشف عن اشارة الصورة |
| مكبر التردد الوسيط للصوت | تكبير اشارة التردد الوسيط للصوت |
| كاشف صوت | الكشف عن اشارة الصوت |
| مكبر سمعي | تكبير اشارة الصوت بعد الكشف عنها |
| سماعة | تحو يل الاشارة الكهر بائية إلى صوت |
| مكبر فيديو | تكبير اشارة الصورة بعد خروجها من الكاشف |
| شاشة | تحو يل الاشارة الكهر بائية إلى صورة |
| الفلطية المنخفضة | تزو يد دوائر الجهاز بالفلطية اللازمة |
| الفلطية العالية | تزو يد الشاشة بالفلطية اللازمة لإضاءتها |

كما يبين الشكل (٣-٨) مخططاً صندوقياً لمحطة ارسال ميكرو ية ، والشكل (٣-٩) مخططاً صندوقياً لمحطة استقبال ميكرو ية .




الشكل (٣-٨)



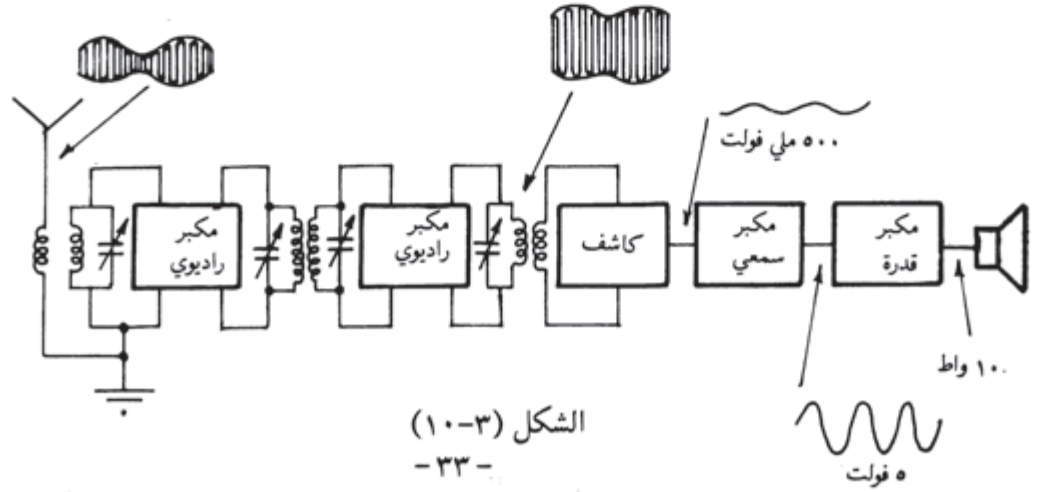

الشكل (٣-٩)

## ب ــ المخطط الوظيفي

يوضح المخطط الوظيفي أو مخطط مجرى الاشارة الطريق الذي تسلكه الاشارات في النظام الكهربائي أو الالكتروني أو في بعض أجزائه . و يعطي فكرة عن مبدأ عمل النظام ، و يسهّل أعمال الفحص والمعايرة والصيانة .

ويحتوي المخطط الوظيفي على العناصر الأساسية التي تتكوّن منها بعض وحدات النظام على شكل مخطط تمثيليّ . كما يبين أشكال الاشارات الكهربائية وقيمها من حيث الا تساع والتردد بعد كلّ مرحلة من مراحل النظام .

و يبين الشكل (٣-١٠) المخطط الوظيفي لمستقبل الترددات الراديو ية المنغّم (Tuned Radio Frequency) . كما يوضح الجدول (٣-٣) حالة الاشارة بعد كل مرحلة من مراحل المستقبل المبين في الشكل (٣-١٠) .

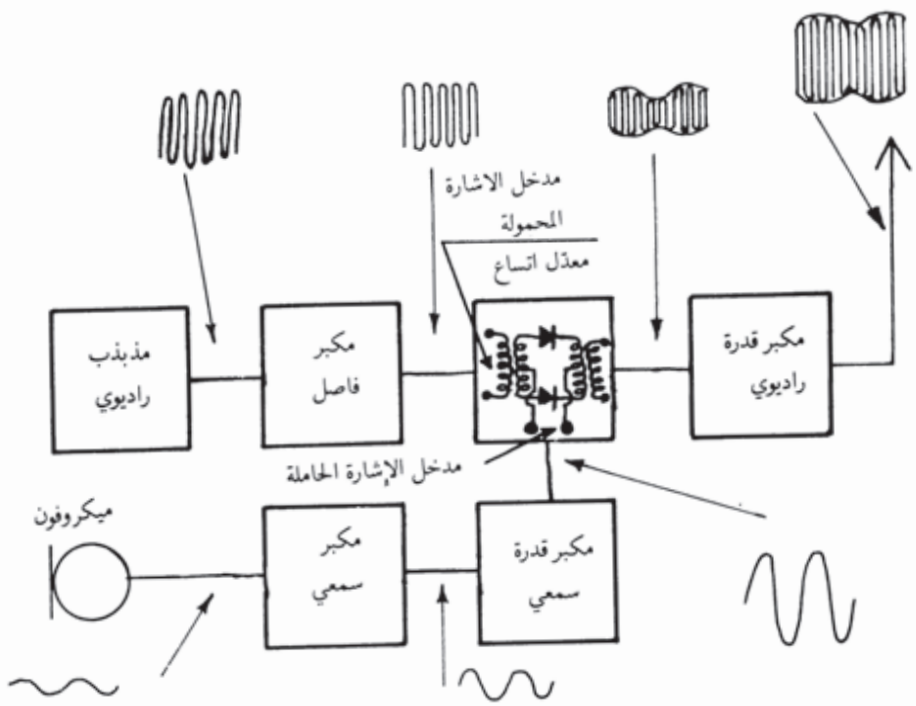



الشكل (٣-١٠)

## الجـــدول (٣ ـ ٣)

| | |
|---|---|
| على الهوائي | إشارة راديو ية ذات تعديل اتساع |
| بعد المكبر الراديوي ١ | إشارة راديو ية معدلة الا تساع ومكبرة |
| بعد المكبر الراديوي ٢ | إشارة راديو ية معدلة الا تساع ومكبرة أكثر |
| بعد الكاشف | إشارة سمعية ذات تردد منخفض |
| بعد المكبر السمعي | إشارة سمعية ذات تردد منخفض ومكبرة |
| بعد مكبر القدرة | إشارة سمعية مكبرة إلى درجة عالية |
| على السماعة | إشارة صوتية ذات تردد منخفض |

و يبين الشكل (٣-١١) المخطط الوظيفي لمرسلٍ ذي تعديل اتساع .

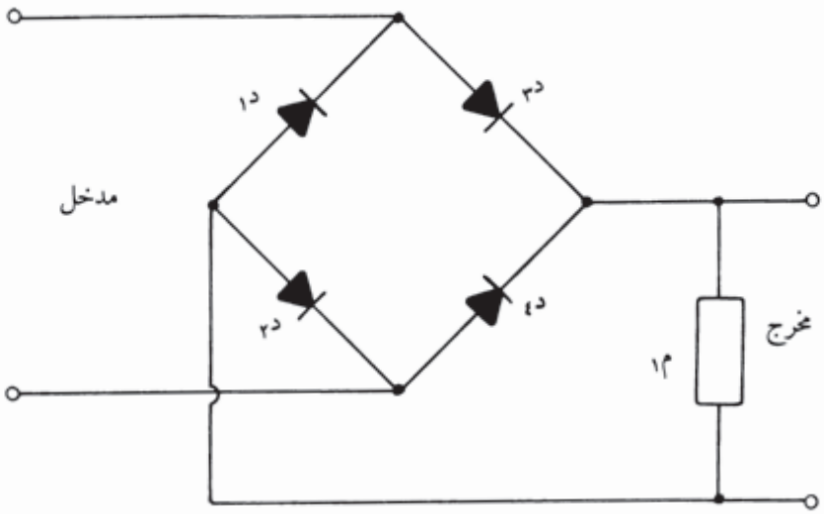



الشكل (٣-١١)

## جـ ــ المخطط التمثيلي

يبين المخطط التمثيلي أو التفصيلي جميع العناصر والقطع الإلكترونية المستخدمة في النظام أو الجهاز، وكيفية اتصالها بعضها مع بعض . كما يعطي فكرة عن وظيفة كلّ من العناصر والقطع . و يعتبر المخطط التمثيلي بالغ الأهمية بالنسبة لأعمال الفحص والمعايرة والتشغيل والصيانة . و يتم رسم العناصر المكوّنة للمخطط بحيث تشكّل خطوطاً أفقية أو عمودية قدر المستطاع ، و يسمح بإدارة الرمز بزاو ية مقدارها ٤٥° في بعض الحالات .

وفي المخطط التمثيلي تستخدم الرموز الكهربائية المعروفة لتمثيل العناصر والقطع الإلكترونية . وهناك مقاييس ثابتة لحجم الرمز المستخدم في تمثيل هذه العناصر والقطع كما أشرنا في الباب الأوّل من هذا الكتاب .



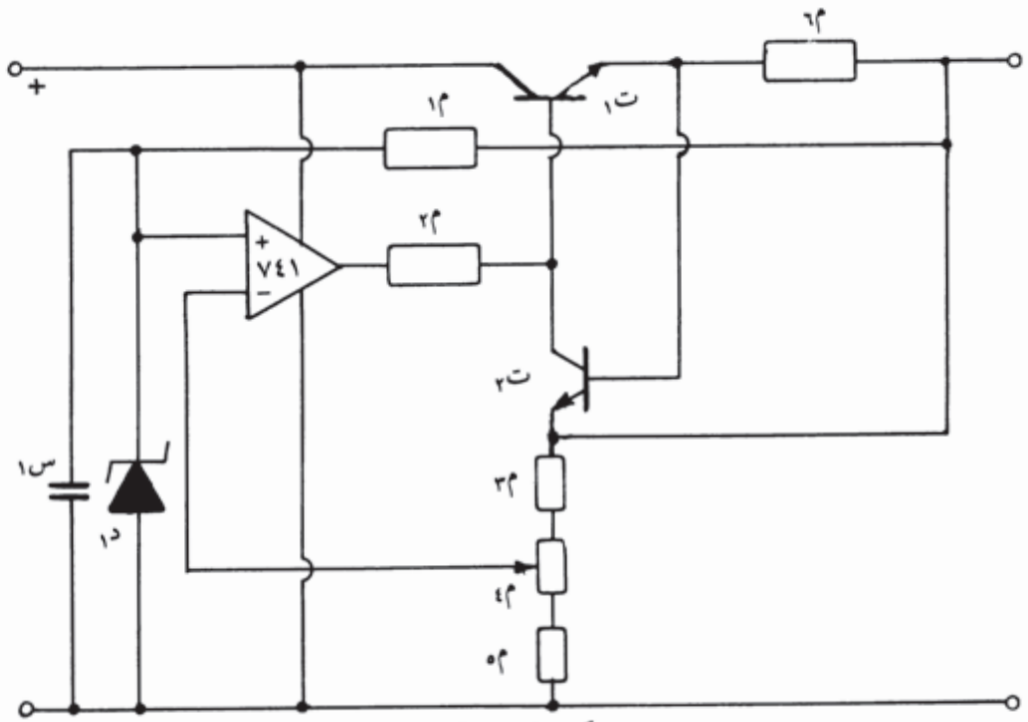

الشكل (٣-١٢)

وترفق بالمخطط التمثيلي قائمة بالعناصر المستخدمة ، و يرمز للمقاومات بالحرف (م) وللمكثفات بالحرف (س) وللملفات بالحرف (ل) ، وهكذا . ثم يتم ترقيم القطع من النوع ذاته بصورة تسلسليّة من اليسار إلى اليمين ومن أعلى إلى أسفل . و يبين الشكل (٣-١٢) مخططاً تمثيلياً للمقوّم القنطري ، والجدول (٣-٤) القطع المستخدمة فيه .

**الجدول (٣ ـ ٤)**

| اسم القطعة | الرمز | الرقم أو القيمة |
|---|---|---|
| ثنائي | د١ | 1N 4001 |
| ثنائي | د٢ | 1N 4001 |
| ثنائي | د٣ | 1N 4001 |
| ثنائي | د٤ | 1N 4001 |
| مقاومة | م١ | ١٠ ك |

ومن الأمثلة الأخرى على المخططات التمثيلية الشكل (٣-١٣) الذي يبين مخططاً تمثيلياً لمثبت فلطية (Voltage Stabilizer) .

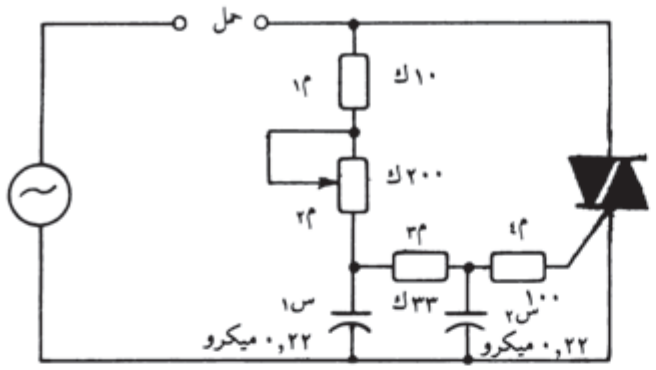



الشكل (٣-١٣)

و يبين الجدول (٣-٥) القطع الالكترونية المستخدمة فيه .

**الجـــدول (٣ - ٥)**

| اسم القطعة | الرمز | القيمة أو الرقم |
|---|---|---|
| مقاومة كربونية | م١ | ٢,٢ ك |
| مقاومة كربونية | م٢ | ٢٢٠ |
| مقاومة كربونية | م٣ | ٤٧٠ |
| مقاومة متغيرة | م٤ | ٥ ك |
| مقاومة كربونية | م٥ | ١ ك |
| مقاومة حرارية | م٦ | ٠,٥٦ ، ٢,٥ واط |
| ترانزستور س م س | ت١ | 2N 3054 |
| ترانزستور س م س | ت٢ | BC 142 |
| ثنائي زنر | د١ | BZY 88 |
| مكثف | س١ | ٤,٧ ميكروفاراد ، ٦,٣ فولت |
| دائرة متكاملة | | 741 |




الشكل (٣-١٤)

و يبين الشكل (٣-١٤) المخطط التمثيلي لدائرة قدح ثايرستور ثنائي الاتجاه ( ترياك ) .

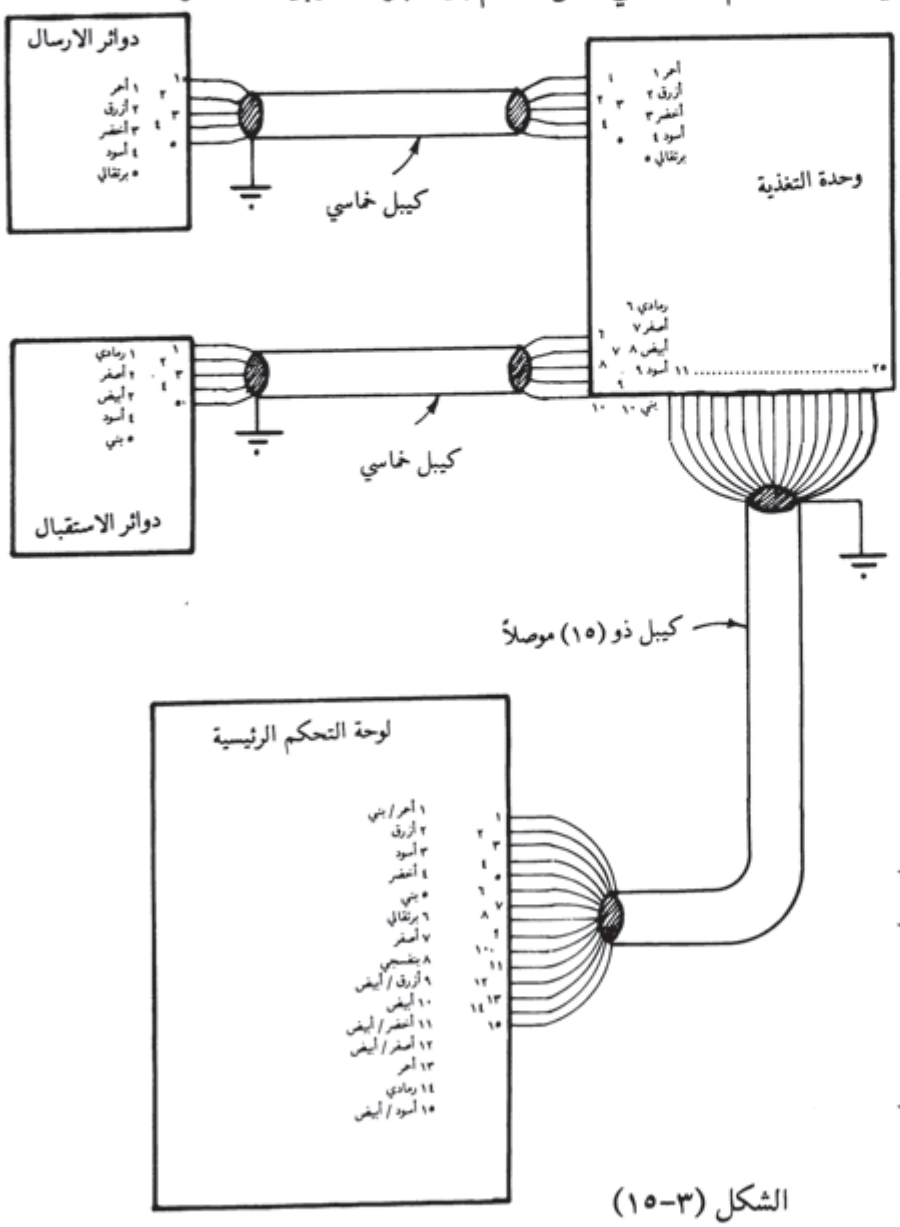
## د ــ مخطط التوصيلات الداخلية والخارجية

يوضح هذا النوع من المخططات جميع التوصيلات الداخلية والخارجية للنظام ، و يعطي معلومات إضافية عن الأسلاك والكوابل التي تصل ما بين أجزاء النظام وتلك التي تصل النظام بأية أجزاء خارجية كمصدر الطاقة مثلاً .

و يعطي هذا المخطط فكرة عن أنواع الأسلاك والكوابل المستخدمة ، وعدد الموصلات فيها ، ومساحات مقاطعها ، ونظام الألوان المستخدم ، وطريقة عمل التوصيلات . و يشار إلى أطراف التوصيل الموجودة على مختلف وحدات النظام بأرقام متسلسلة يستدلّ من خلالها على الترتيب الواجب اتباعه في توصيل الأسلاك التي تتكون منها الكوابل .

ومن الجدير بالذكر أن وحدات النظام يمكن أن تظهر في مخطط التوصيلات الداخلية والخارجية على شكل صناديق أو ترسم باستخدام الرموز الكهربائية المعروفة .

وفي بعض الأحيان يكون المخطط معقداً بحيث يتعذر كتابة جميع المعلومات عليه . وفي هذه الحالة يرفق بالمخطط قائمة تحتوي على هذه المعلومات بشكل




الشكل (٣-١٥)

مستقل . ومن الأمثلة على هذا النوع من المخططات المخطط المبين في الشكل (٣-١٥) .

مما سبق يتبين لنا أن المخططات بمختلف أنواعها ذات أهمية بالغة بحيث لا يمكن الاستغناء عنها مطلقاً . فهي تسهل أعمال الفحص والمعايرة والتركيب والتشغيل والصيانة . والقيام بأي من هذه الأعمال دون الرجوع إلى المخططات مغامرة لا تحمد عقباها .

## تمارين

**التمرين الأول :**

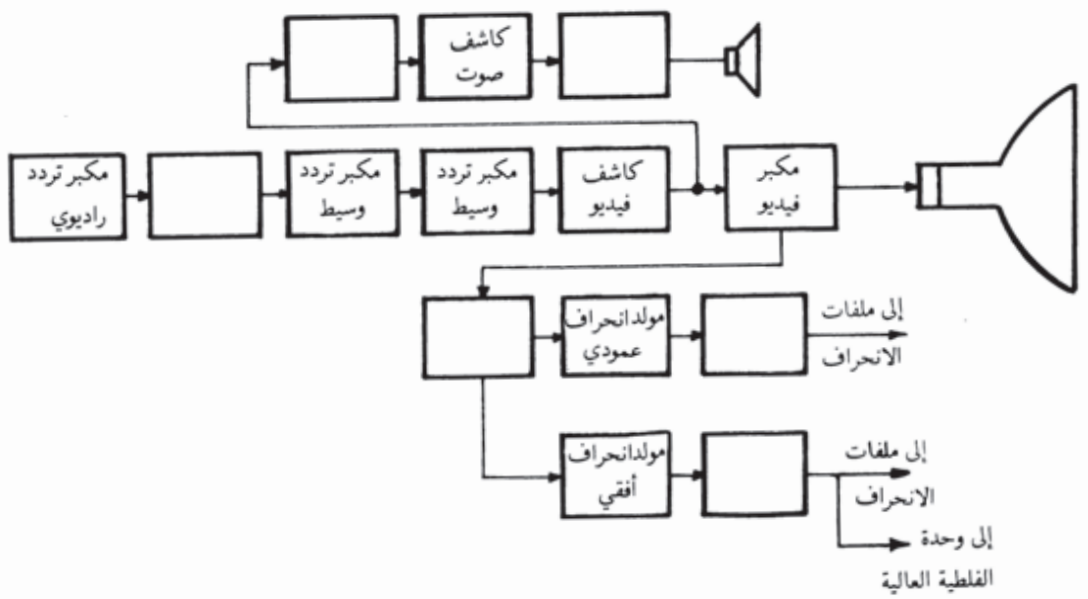
في الشكل (٣-١٦) أجب عن الأسئلة التالية :

أ ــ ما نوع المخطط الذي يبينه هذا الشكل ؟

ب ــ ما هو الجهاز أو النظام الذي يبين الشكل مخططاً له ؟

جـ ــ املأ الصناديق الفارغة في الشكل .

د ــ ارسم المخطط المبين في الشكل بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٣-١٦)

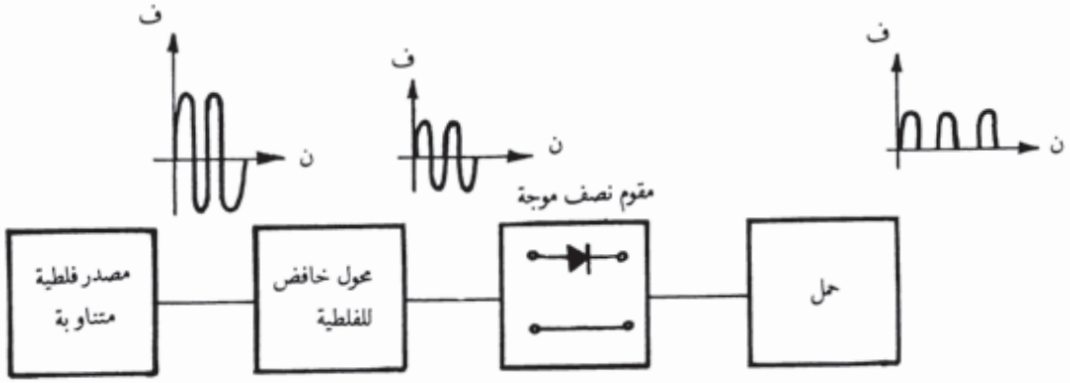
**التمريـــن الثاني :**

أجب عما يلي فيما يتعلق بالشكل (٣-١٧) :

أ ــ ما نوع المخطط في الشكل المذكور ؟

ب ــ ما هو النظام الذي يبينه هذا المخطط ؟

جـ ــ استنتج المخطط التمثيلي للنظام ، وارسمه بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٣-١٧)

**التمريـــن الثالث :**

في الشكل (٣-١٨) أجب عما يلي :

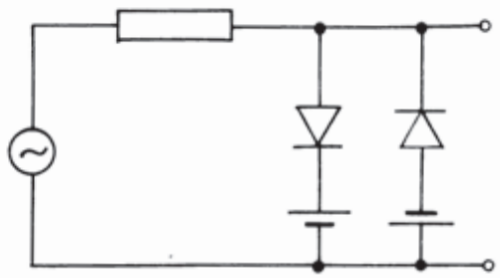
أ ــ اذكر نوع هذا المخطط .

ب ــ ما اسم الدائرة التي يمثلها المخطط ؟

جـ ــ استنتج المخطط الوظيفي للدائرة .

د ــ ارسم المخطط الوظيفي والمخطط التمثيلي للدائرة على لوحة واحدة .

هـ ــ نظم قائمة بالعناصر والقطع والأجهزة الالكترونية المستخدمة .



الشكل (٣-١٨)

**التمريـــن الرابع :**

في الشكل (٣-١٩)أجب عما يلي :

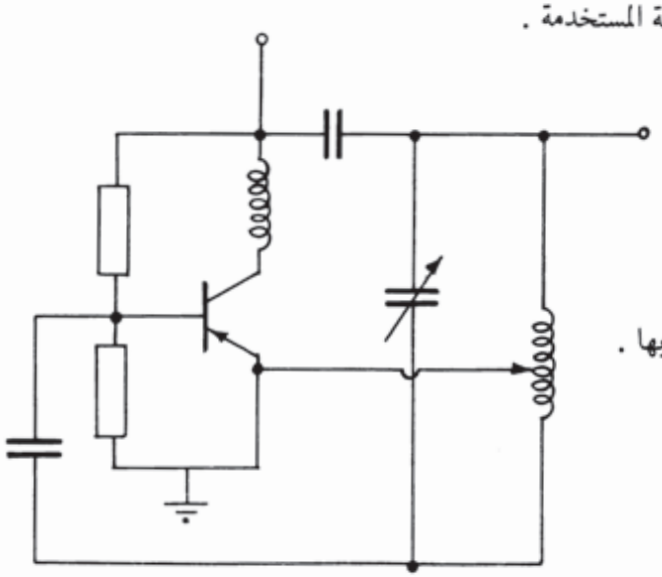
أ ــ اذكر القطع الالكترونية المستخدمة .

ب ــ رقم هذه القطع على المخطط ، ثم اعمل جدولاً بها .

جـ ــ ما اسم الدائرة التي يمثلها هذا المخطط ؟

د ــ ما هو نوع هذا المخطط ؟

هـ ــ ارسم المخطط بمقياس رسم مناسب .



الشكل (٣-١٩)

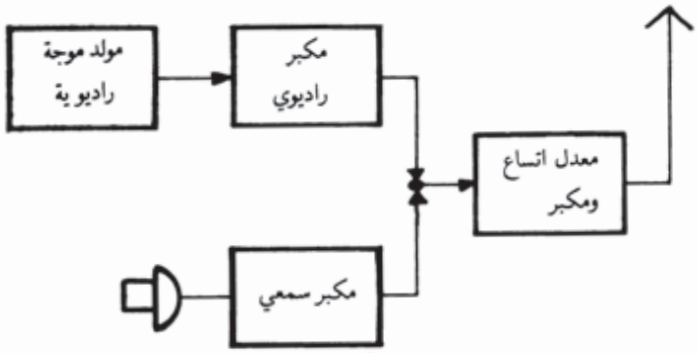
**التمريـــن الخامس :**

يبين الشكل (٣-٢٠) مخططاً لأحد أجهزة الارسال الراديو ية .

أ ـــ ما نوع هذا المخطط ؟

ب ـــ ما اسم المرسل المشار إليه ؟

جـ ـــ ارسم هذا المخطط بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٣-٢٠)

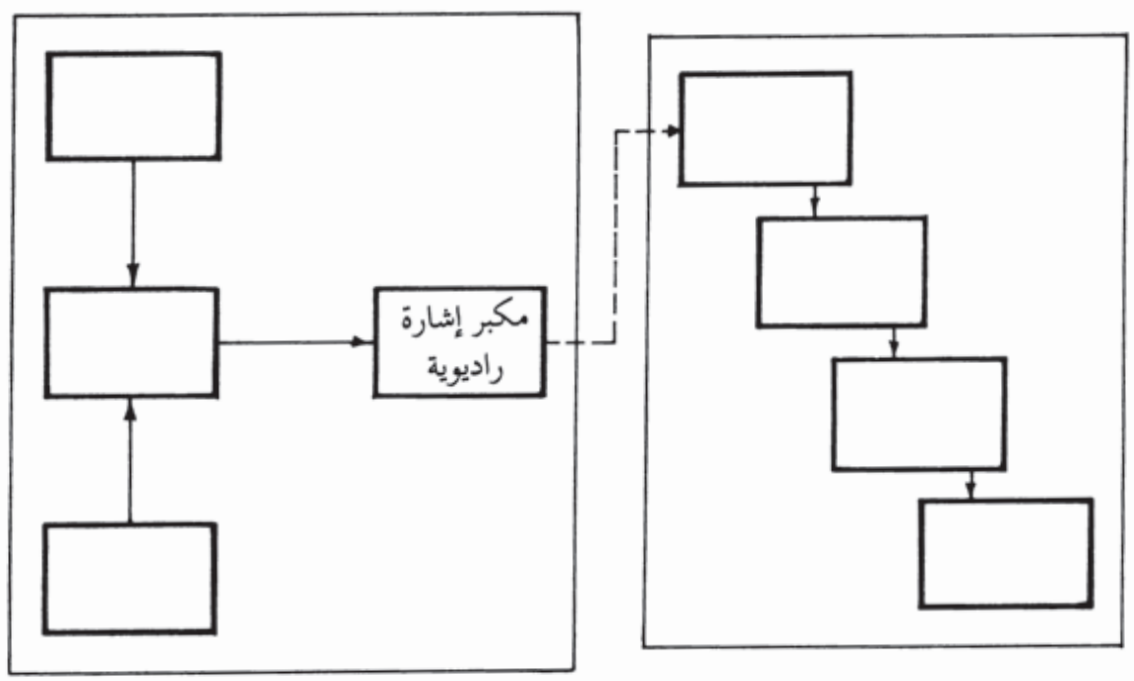
**التمريـــن السادس :**

الشكل (٣-٢١) يبين مخططاً عاماً لمحطة ارسال واستقبال بغضّ النظر عن نوعها . وتبين الجهة اليسرى المرسل والجهة اليمنى المستقبل والخط المنقط بينهما الوسط الناقل .

أ ـــ ما نوع هذا المخطط ؟

ب ـــ املأ الصناديق بأسماء الوحدات التي تمثلها .

جـ ـــ ارسم المخطط بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٣-٢١)

**التمريـــن السابع :**

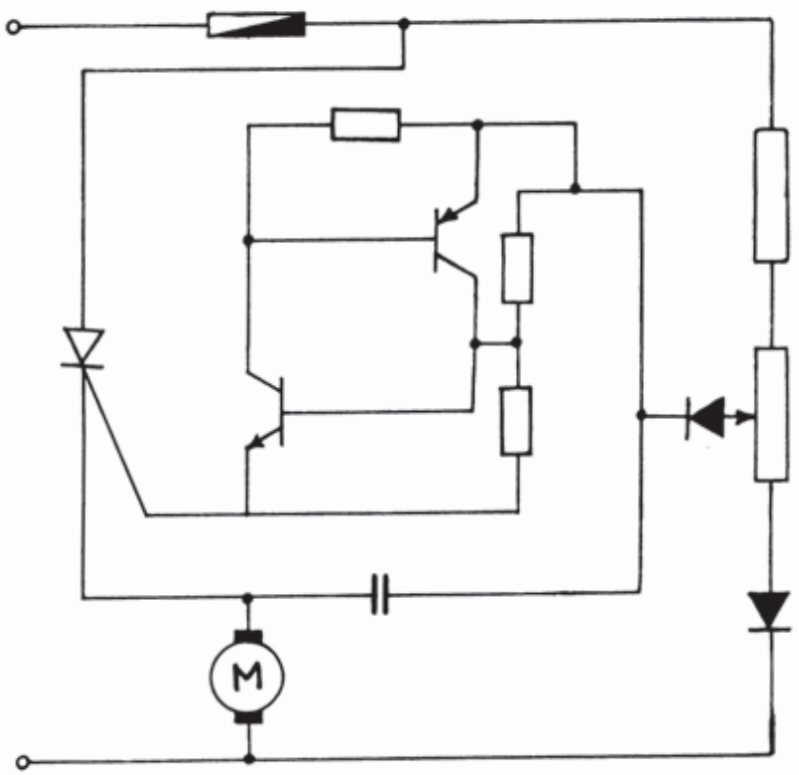
في الشكل (٣-٢٢) أجب عما يلي :

أ ــ ما نوع هذا المخطط ؟

ب ــ ما اسم النظام أو الجهاز الذي يمثله هذا المخطط ؟

جـ ــ رقم القطع المستخدمة واعمل جدولاً بها .

د ــ ارسم هذا المخطط بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٣-٢٢)

# الوحـــدة الرابعـــة

# التغذية الكهربائية للأجهزة الالكترونية

## ٤ ـ ١ مقـــدمـــة

تحتـاج الأجهـزة الالـكترونية دائماً إلى مصدر للطاقة الكهربائية حتى تقوم بالمهام المنوطة بها . وتستخدم التغذية الـكهربائية في النظم الالكترونية لتأمين فلطية الانحياز وتيارات الانحياز ولتغذية أجهزة القياس والدوائر الالكترونية المـختـلفة . وتقوم مصادر التغذية الكهربائية عادة بتحو يل الطاقة الكهربائية وتعديلها من صورة إلى أخرى . وغالباً ما تكون التغذية التي تحتاجها الأجهزة الالكترونية عبارة عن فلطية مباشرة .

## ٤ ـ ٢ أنواع مصادر التغذية الكهربائية (Types of Power Supplies)

يمكن تصنيف مصادر التغذية الكهربائية للأجهزة الالكترونية إلى الانواع الرئيسية التالية :

أ ـــ الخلايا الجلفانية ( الأ ولية ) والبطاريات .

ب ـــ مصادر التغذية التي يحول بوساطتها التيار المتناوب إلى تيار مباشر (AC-DC Power Supply) .

جـ ـــ مصادر التغذية التي يحول بوساطتها التيار المباشر إلى تيار متناوب (DC-AC Power Supply) .

د ـــ مصادر التغذية التي تحول الفلطية المباشرة الى فلطية مباشرة ذات قيمة أخرى (DC-DC Power Supply) .

هـ ـــ مصادر التغذية التي تحول الفلطية المتناو بة إلى فلطية متناو بة ذات قيمة أخرى (AC-AC Power Supply) .

### أ ) الخلايا الجلفانية والبطاريات

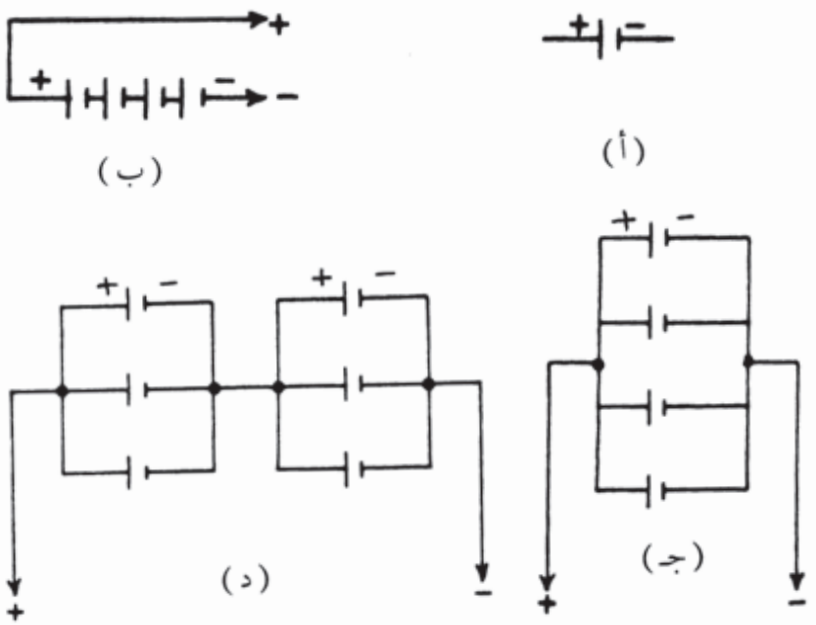
يبين الشكل (٤-١) رمز الخلية الجلـفـانـيـة ، ورمز البطارية . كما يوضّح الشكل ذاته الطرق المختلفة المتّبعة في توصيل الخلايا في البطارية الواحدة على النّحو التالي :

أ ـــ بطـاريـة مكـوّنـة من خـلـية واحدة .

ب ـــ بطارية مكوّنة من عدة خلايا متصلة على التوالي .

جـ ـــ بطارية مكوّنة من عدة خلايا متصلة على التوازي .

د ـــ بطارية مكوّنة من عدة خلايا متصلة على التضاعف .




الشكل (٤-١)

## ب ) مصادر التغذية التي تحول التيار المتناوب إلى تيار مباشر

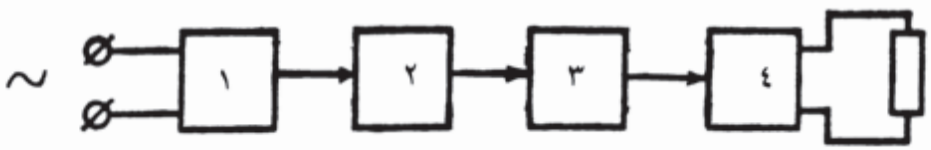
يوضح الشكل (٤-٢) المخطط الصندوقي لمصدر تغذية بالتيار المباشر، و يتضمن العناصر الرئيسية التالية :

١ ــ محول كهربائي (Transformer)

٢ ــ مقوّم (Rectifier)

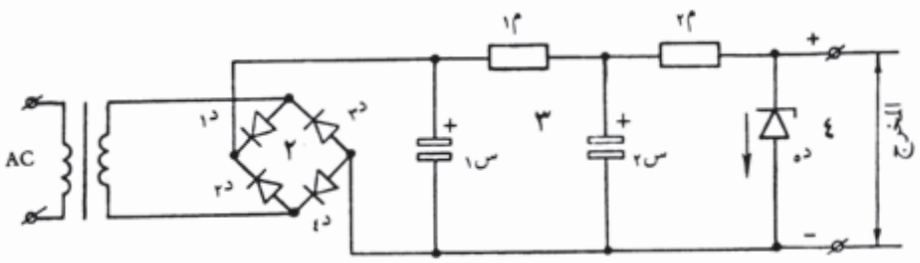
٣ ــ دائرة تنعيم (Smoothing Circuit)

٤ ــ مثبت فلطية (Stabilizer) .




الشكل (٤-٢)

أما الشكل (٤-٣) فهو المخطط التمثيلي لمصدر تغذية بالتيار المباشر يتضمن العناصر الأساسية المدونة أعلاه .




الشكل (٤-٣)

## المقوّمات الكهربائية

يعتبر المقوم الكهربائي عنصراً أساسياً في مصدر التغذية بالتيار المباشر، وتتم بوساطته عملية تحويل التيار المتناوب إلى تيار مباشر. وتصنف دوائر التقويم من حيث عدد الأطوار إلى نوعين هما :

١ ــ دوائر تقويم التيار الكهربائي أحادي الطور .

٢ ــ دوائر تقويم التيار الكهربائي ثلاثي الأطوار .

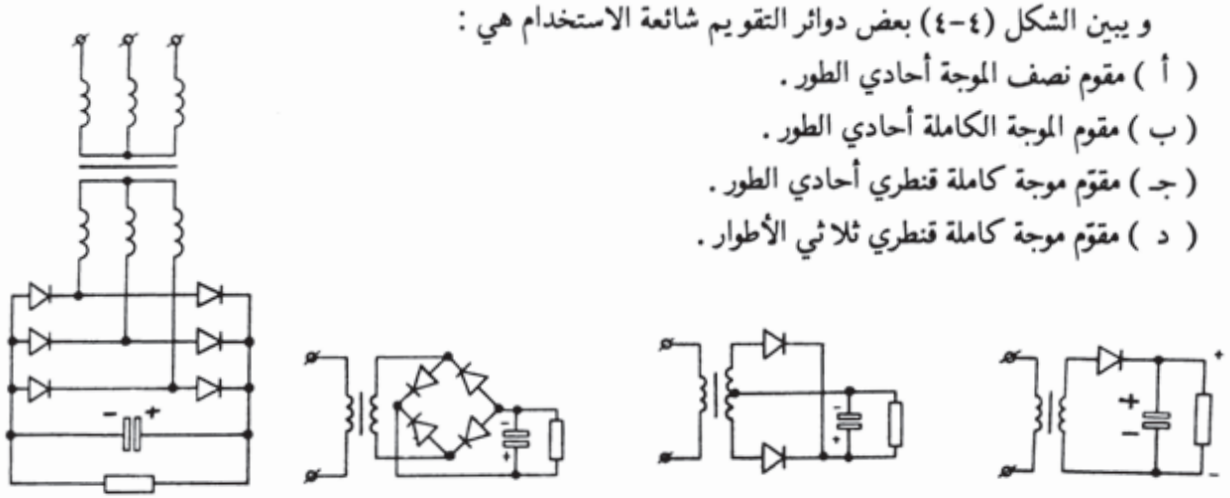
و يبين الشكل (٤-٤) بعض دوائر التقويم شائعة الاستخدام هي :

( أ ) مقوم نصف الموجة أحادي الطور .

( ب ) مقوم الموجة الكاملة أحادي الطور .

( جـ ) مقوّم موجة كاملة قنطري أحادي الطور .

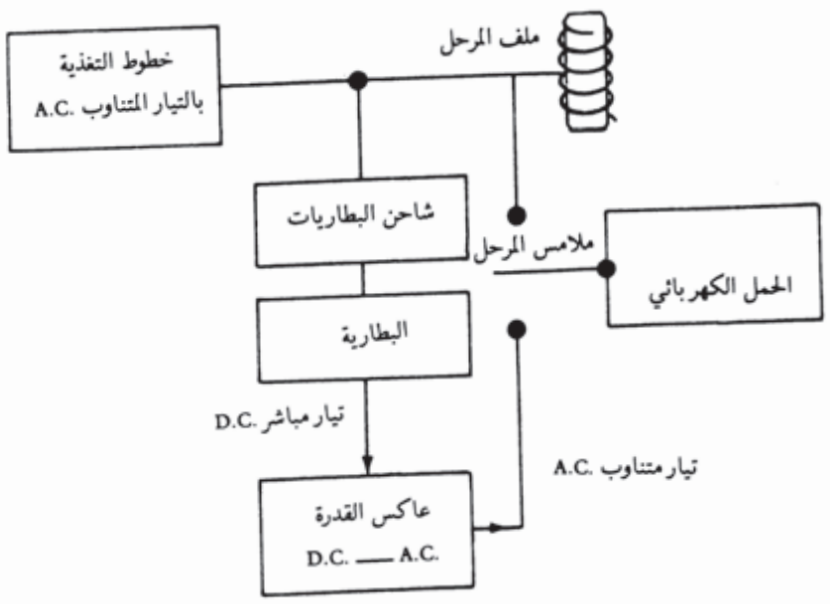
( د ) مقوّم موجة كاملة قنطري ثلاثي الأطوار .




الشكل (٤-٤)

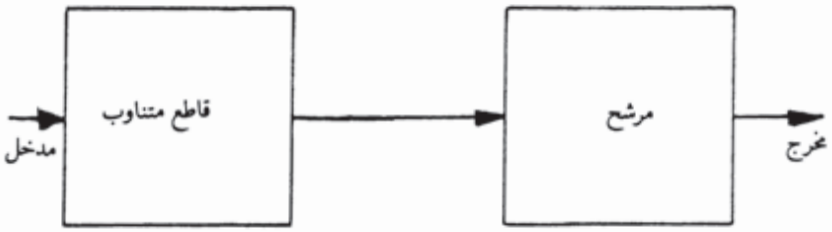
## جـ ) مصادر التغذية التي تحول التيار المباشر إلى تيار متناوب

يبين الشكل (٤-٥) المخطط الصندوقي لمصدر تغذية يحول التيار المباشر إلى تيار متناوب . و يسمى هذا المصدر عاكس القدرة (Power Inverter) .




الشكل (٤-٥)

و يتم بوساطة هذا المصدر تحويل التيار الكهربائي المتناوب باستخدام شاحنة كهربائية تتضمن موحّداً إلى تيار مباشر يخزن في بطارية . وعندما يتم فصل مصدر التغذية بالتيار المباشر الرئيسي لسبب عارض ، يتم بوساطة مفتاح تحويل آلي أو بواسطة ملامسات مرحّل وصل مخرج العاكس بالحمل الكهربائي كما هو موضح في الشكل (٤-٥) .

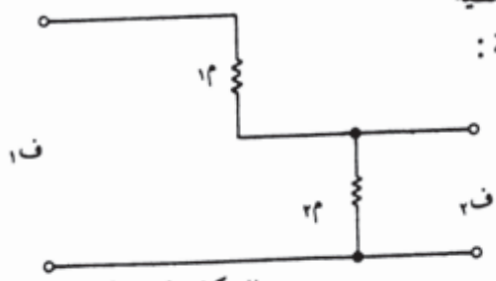



الشكل (٤-٦)

أما الشكل (٤-٦) فيبين المخطط الصندوقي لمصدر تغذية آخر يحول التيار المباشر إلى تيار متناوب باستخدام قاطع متناوب (Chopper). و يقوم القاطع المتناوب بتحويل التيار المباشر إلى موجة مربعة دورية . أما المرشح فيقوم بتدوير زوايا الموجة المربعة محوّلاً إياها إلى موجة جيبية .

**د ) مصادر التغذية التي تحول فلطية مباشرة إلى فلطية مباشرة أخرى**

يبين الشكل (٤-٧) المخطط التمثيلي لمصدر تغذية يحول فلطية التيار المباشر إلى فلطية تيار مباشر ذات قيمة مختلفة حسب العلاقة :



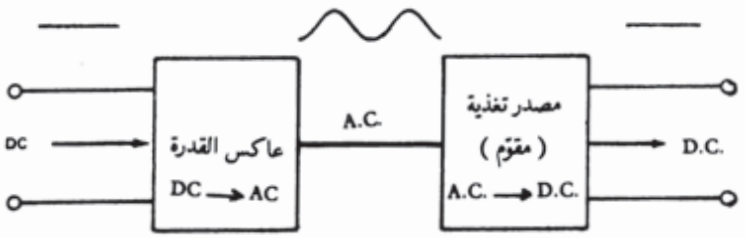

الشكل (٤-٧)

$$ف_٢ = ف_١ \frac{م_٢}{م_١ + م_٢}$$ ، حيث

ف٢ : الفلطية على مخرج الجهاز،

ف١ : الفلطية على مدخل الجهاز،

أما الشكل (٤-٨) فيوضح امكانية تحويل فلطية التيار المباشر إلى فلطية تيار مباشر أخرى باستخدام العاكس والمقوّم معاً . و يتضمن هذا النظام محوّلاً لرفع أو خفض الفلطية قبل اجراء عملية التقويم في المرحلة الأخيرة .



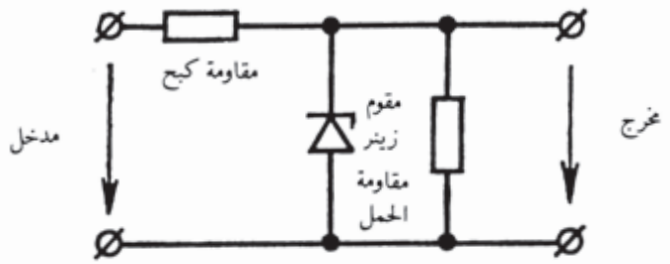

الشكل (٤-٨)

**مثبّتات الفلطية**

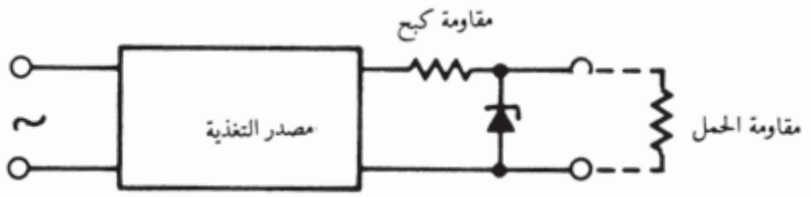
قد تتغير فلطية التيار المباشر الموجودة على مخرج المقوّم بسبب تغير اتساع موجة التيار المتناوب على المدخل ، أو بسبب تغير مقاومة الحمل .

ومن جهة أخرى فإن عمل الدوائر الالكترونية بصورة مقبولة يتطلب ثبوت فلطية التغذية الكهربائية . ويمكن تحقيق هذا المتطلب باستخدام مثبتات الفلطية التي يتم ربطها على مخارج المقوّمات الكهربائية .

و يوضح الشكل (٤-٩) دائرة مثبّت الفلطية ، في حين يبين الشكل (٤-١٠) دائرة ربط مثبّت الفلطية بمصدر التغذية .




الشكل (٤-٩)

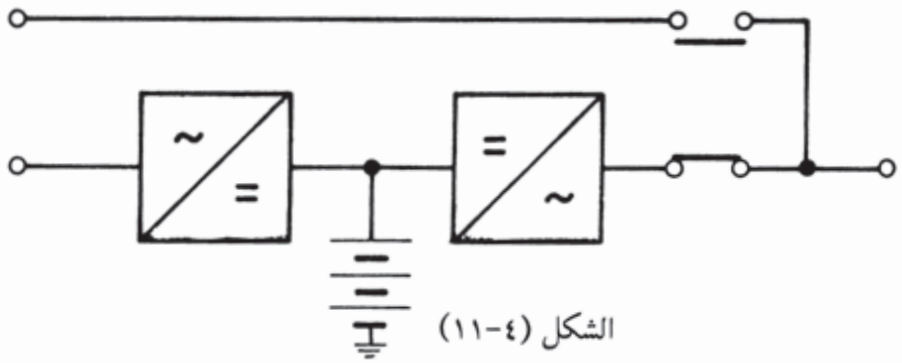



الشكل (٤-١٠)

## تمـاريـن

**التمريـن الأول**

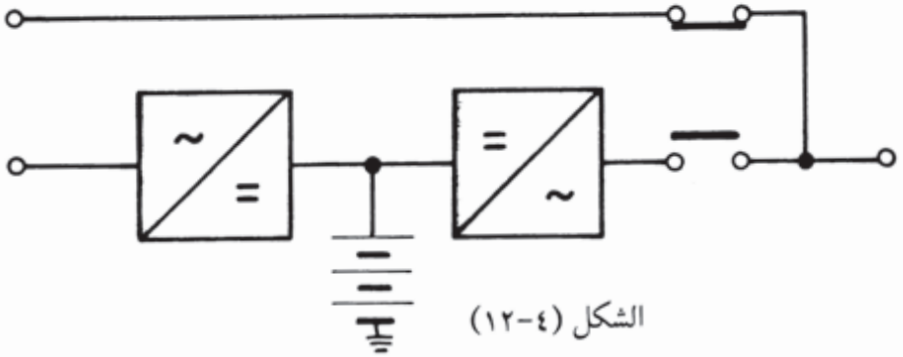
اقرأ المخطط الصندوقي لمصدر التغذية الموضح في الشكل (٤-١١) ، وارسم المخطط بمقياس رسم مناسب .



الشكل (٤-١١)

**التمريـن الثاني**

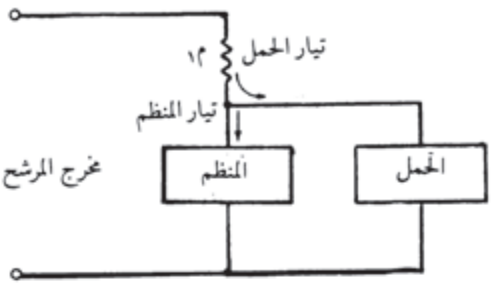
ارسم المخطط الصندوقي لمصدر التغذية الموضح في الشكل (٤-١٢) ، واشرح كيف يعمل .



الشكل (٤-١٢)

## التمريـــن الثالث

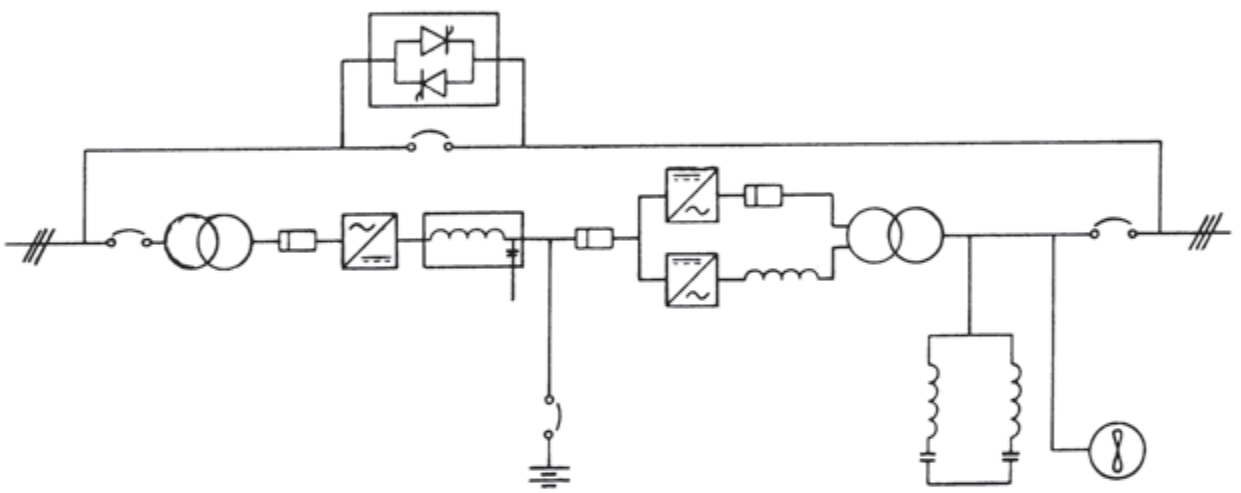
يبين المخطط الصندوقي في الشكل (٤-١٣) منظم فلطية متصلاً بمصدر التغذية الكهربائية . ارسم المخطط التمثيلي لمنظم الفلطية مستخدماً مقوّم زنر كمثبّت للفلطية ، وارسم المخطط الصندوقي بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٤-١٣)

## التمريـــن الرابع

يمثل المخطط الوظيفي في الشكل (٤-١٤) مصدراً للتغذية الكهربائية المتواصلة . ارسم هذا المخطّط بمقياس رسم مناسب مبيناً أسماء الأجزاء المكونة له على الرسم .

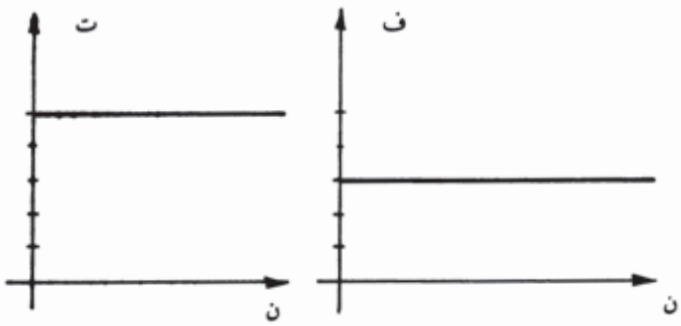


الشكل (٤-١٤)

# الوحـــدة الخامســـة

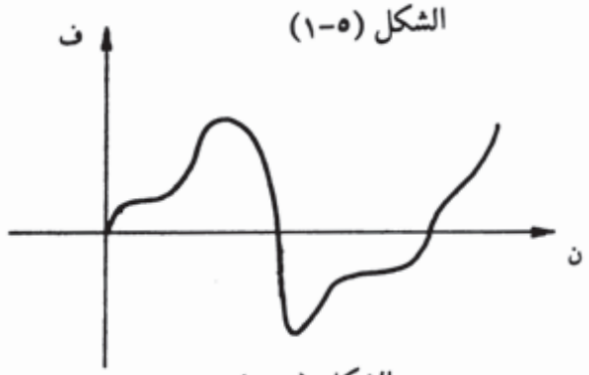
# الإشارات الكهربائية والمنحنيات

## ٥ ـ ١ مقـدمـــة




الشكل (٥-١)

لو أردنا أن نعبر عن فلطية مباشرة أو تيار مباشر، فإننا نرسم خطاً مستقيماً كما هو مبين في الشكل (٥-١)، لأن الفلطية المباشرة أو التيار المباشر له قيمة ثابتة لا تتغير مع الزمن .



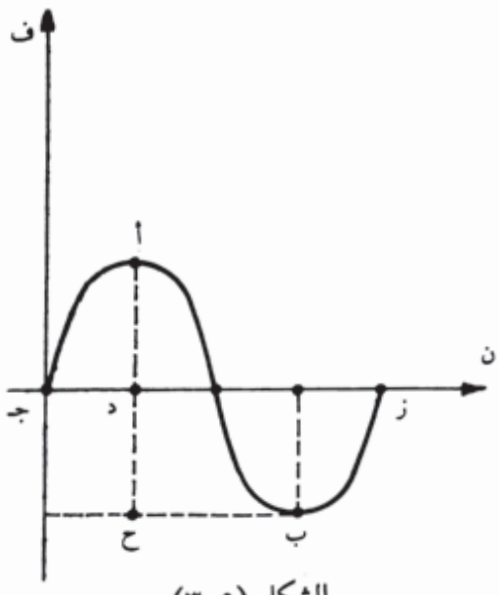

الشكل (٥-٢)

أما اذا أردنا تمثيل فلطية متناوبة بالنسبة للزمن، فإننا نحصل على الاشارات الكهربائية أو الموجات. وقد يكون شكل الموجة منتظماً أو غير منتظم . و يبين الشكل (٥-٢) موجة فلطية متناوبة غير منتظمة .

وكثيراً ما ترفق الشركات الصانعة للأجهزة الالكترونية بأجهزتها مخططات تفصيلية تظهر عليها أشكال الموجات عند نقط فحص معينة (Test Points) بهدف توضيح عمل المراحل المختلفة للجهاز وتيسير صيانته .

## ٥ ـ ٢ الأشكال الأساسية للموجات

### ٥ ـ ٢ ـ ١ الموجة الجيبية (Sinusoidal Wave)



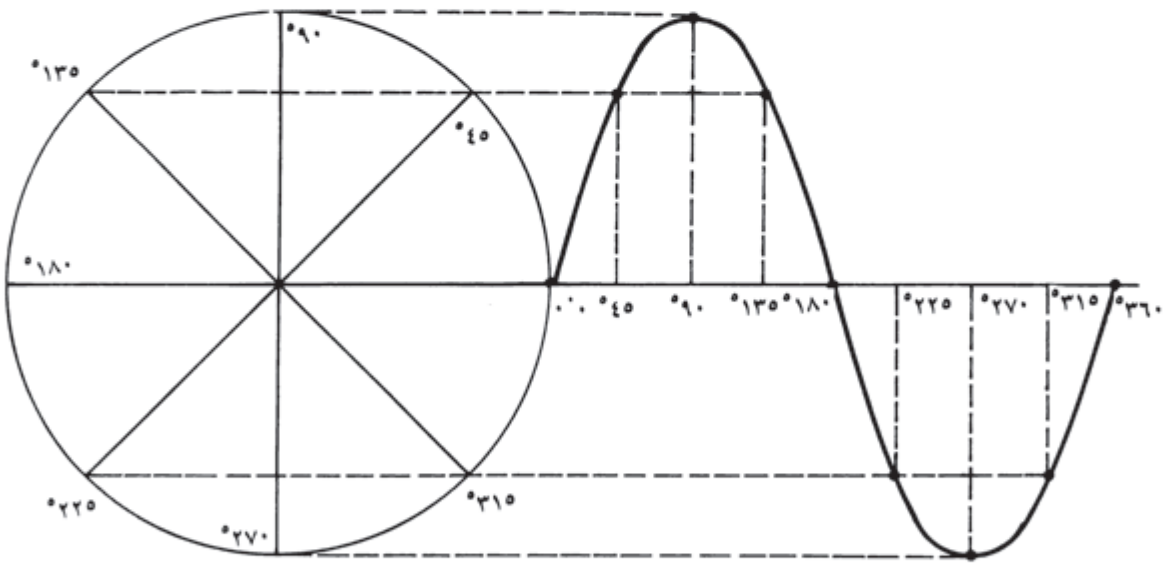

الشكل (٥-٣)

يبين الشكل (٥-٣) نموذجاً للموجة الجيبية . وتأتي تسمية الموجة الجيبية بهذا الاسم لأن التغير في الفلطية بالنسبة للزمن يكون مماثلاً لاقتران جيب الزاوية . تسمى النقطة (أ) قمة الموجة، والنقطة (ب) قاع الموجة . أما المسافة بين النقطتين (أ) و(د) فتعرف بالقيمة العظمى (Maximum Value) أو اتساع الموجة (Amplitude)، و يطلق على المسافة العمودية بين قمة الموجة وقاعها اسم قمة ـ قاع (Peak to Peak) . وهذه المسافة هي المسافة بين النقطة (أ) والنقطة (ح) .

ومن ناحية أخرى فإن الفترة الزمنية بين النقطتين ( جـ ) و ( ز ) على المحور الأفقي تعرف بالزمن الدوري (Periodic Time) للموجة .
أما مقلوب الزمن الدوري فيساوي تردد الموجة مقاساً بالهيرتز أو الذبذبة في الثانية .

ومن الجدير بالذكر أن الخصائص التي تعرضنا لها هنا ليست للموجة الجيبية فحسب ، بل لسائر أشكال الموجات .

وهناك طريقة شائعة لرسم الموجة الجيبية ، وهي على النحو التالي :
١ ــ رسم دائرة نصف قطرها يساوي اتساع الموجة .
٢ ــ تقسيم الدائرة إلى قطاعات متساوية من خلال تجزئتها إلى زوايا متساوية (٤٥° ، ٩٠° ، ١٣٥° ، ١٨٠° ، ٢٢٥° ، ٢٧٠° ، ٣١٥° ، ٣٦٠° ) .
٣ ــ مدّ القطر الأفقي للدائرة ، وتدريج المحور الناتج بقيم الزوايا المذكورة .
٤ ــ اقامة أعمدة من نقط تدريج المحور ، واسقاط خطوط أفقية عليها من النقط المحددة على محيط الدائرة .
٥ ــ التوصيل بين نقط تقاطع الأعمدة مع الخطوط الأفقية بخطٍ منحنٍ يمرّ فيها جميعها .
و يبين الشكل (٥-٤) موجة جيبية مرسومة بهذه الطريقة .



الشكل (٥-٤)

### ٥ ـ ٢ ـ ٢ الموجة المربعة (Square Wave)

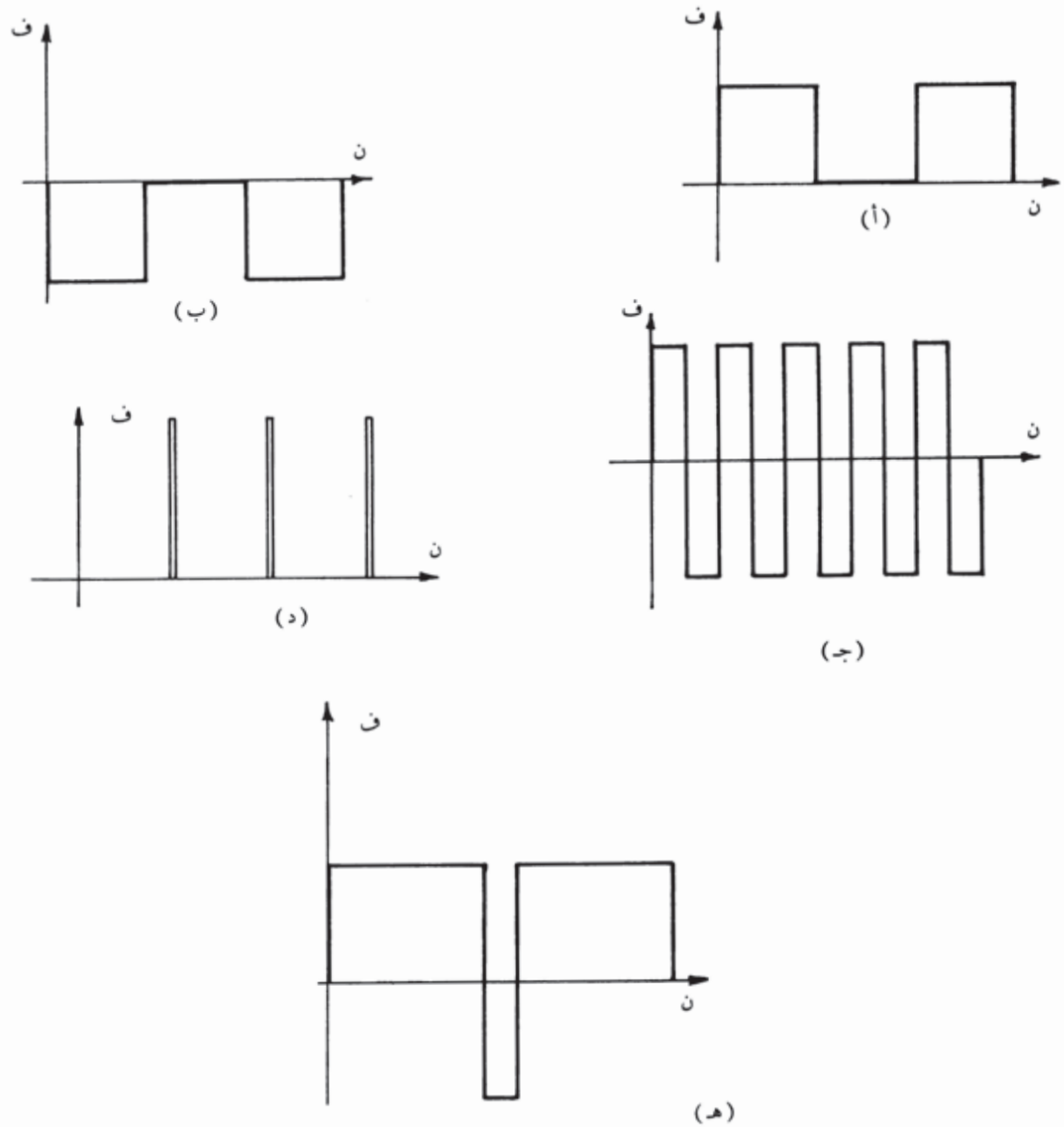
الموجة المربعة هي عبارة عن نبضة تيار أو فلطية ذات قيمة معينة تظل ثابتة فترة من الزمن ، ثم تتغير فجأة إلى الصفر أو الى قيمة سالبة .

وقد تكون الموجة المربعة كلها ذات قيم موجبة ( فوق المحور الأفقي ) أو ذات قيم سالبة ( تحت المحور الأفقي ) أو ذات قيم موجبة وسالبة ( جزء منها فوق المحور الأفقي والجزء الآخر منها تحته ) .

و يبين الشكل (٥-٥-أ ، ب ، جـ) نماذج متعدّدة للموجة المربعة .

وفي الشكل (٥-٥-د) نجد أن الموجة هي عبارة عن نبضات (Pulses) ، حيث تكون للموجة قيمة معينة تبقى ثابتة لفترة زمنية قصيرة جداً ، ثم لا تلبث أن تصبح قيمتها صفراً .

وأحياناً لا تكون الفترة التي تكون للموجة خلالها قيمة ثابتة ، مساوية للفترة التي تكون فيها قيمة الموجة صفراً . و يطلق على الموجة في هذه الحالة اسم الموجة المستطيلة (Rectangular Wave) كما هو مبين في الشكل (٥-٥-هـ) .



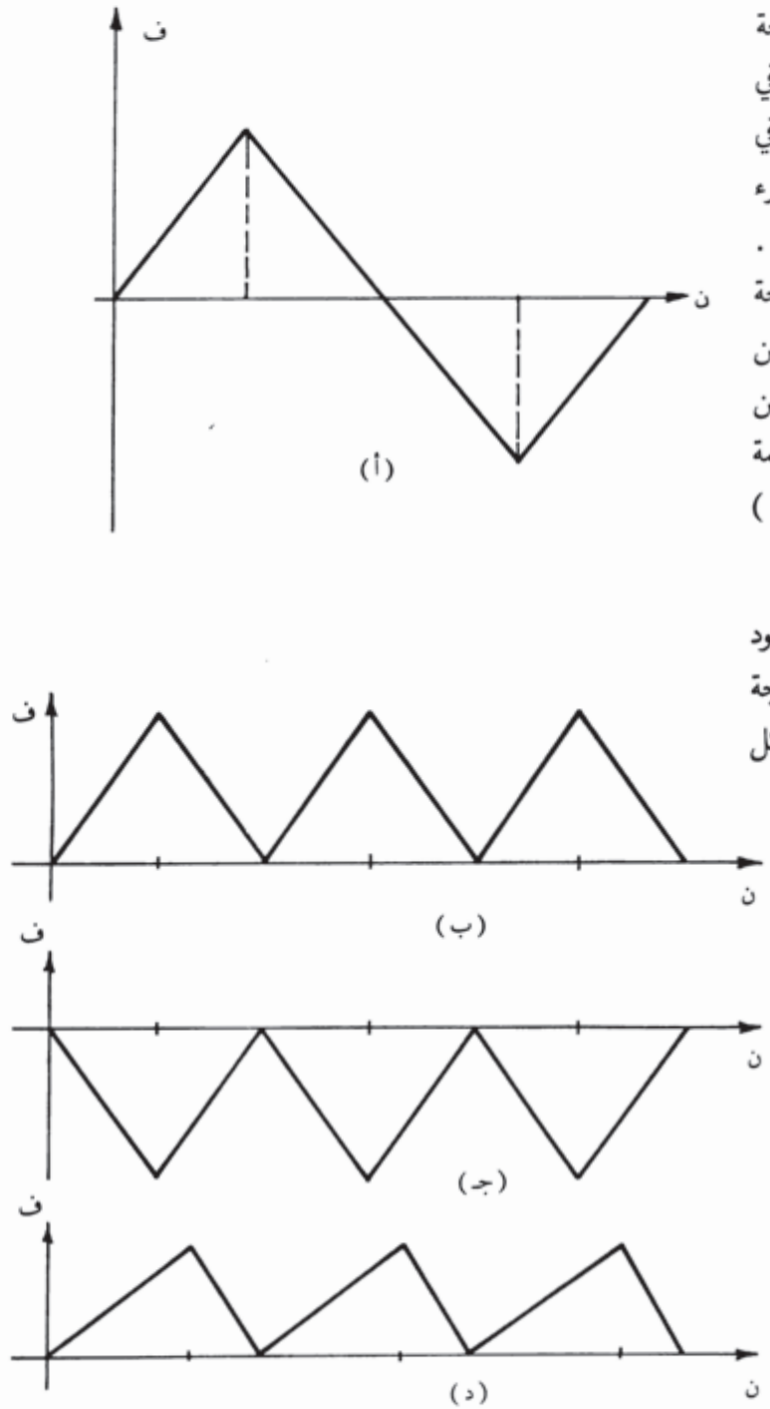

الشكل (٥-٥)

## ٥ ـ ٢ ـ ٣ الموجة المثلثة (Triangular Wave)

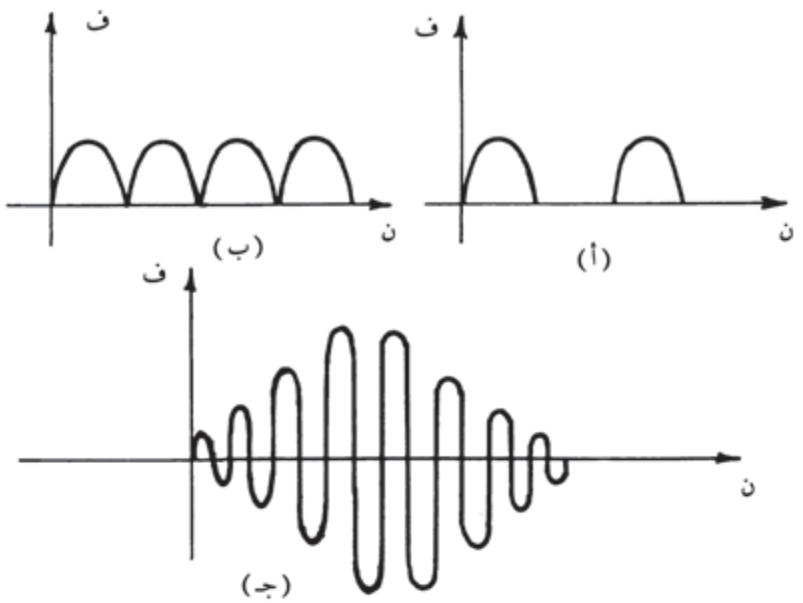
يبين الشكل (٥-٦) نماذج مختلفة للموجة المثلثة . وهنا أيضاً قد تكون الموجة كلها في الجزء العلوي من المحور الأفقي أو كلها في الجزء السفلي من المحور الأفقي ، أو يكون جزء منها فوق المحور الأفقي والجزء الآخر تحته . و يسمى الزمن اللازم لانتقال قيمة الموجة المثلثة من الصفر إلى القيمة العظمى بزمن الصعود (Rise Time) ، في حين يعرف الزمن الذي تستغرقه الموجة للانتقال من القيمة العظمى إلى الصفر ( أو إلى القيمة الصغرى ) بزمن الهبوط (Fall Time) .

وفي الحالات التي يكون فيها زمن الصعود أكبر من زمن الهبوط ، فإن الموجة تدعى موجة سنّ المنشار (Sawtooth) ، كما يبين الشكل (٥-٦-د) .

ومن الجدير بالذكر أن الأشكال التي تحدثنا عنها حتى الآن هي الأشكال الأساسية للموجات . إلاّ أن هناك أشكالاً أخرى من الاشارات الكهربائية التي تنتج عن تسليط الموجة الجيبية على مداخل بعض الدوائر . فالشكل (٥-٧-أ) يبين الموجة على مخرج مقوّم نصف موجة أحادي الطور ، والشكل (٥-٧-ب) يبين الموجة على مخرج مقوّم موجة كاملة أحادي الطور ، والشكل (٥-٧-جـ) تظهر فيه موجة معدّلة تعديل اتساع .




الشكل (٥-٦)

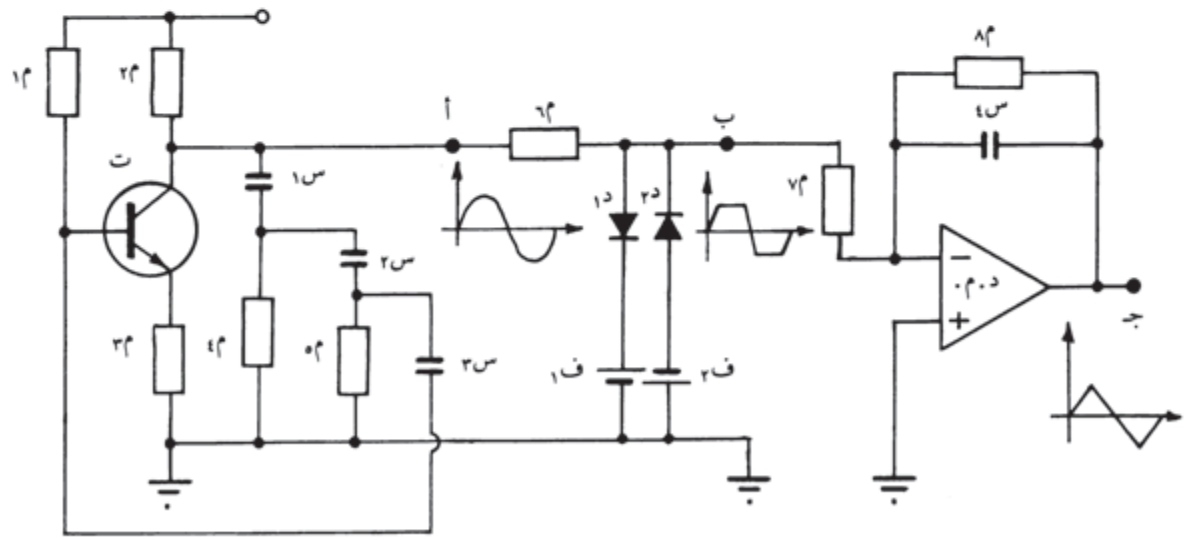



الشكل (٥-٧)

ومن ناحية أخرى يمكن الحصول على أحد الأشكال الأساسية للموجات من شكل أساسي آخر. و يستخدم هذا المفهوم في تصميم أجهزة توليد الاشارات الكهربائية (Signal Generators) .

و يبين الشكل (٥-٨) مخططاً تمثيلياً مبسطاً لمولد موجات جيبية ومربعة ومثلثة . ويحصل على الموجة المربعة من خلال ادخال الموجة الجيبية على دائرة تحديد يستخدم فيها ثنائيان ومصدرا فلطية مباشرة (Diode Limitter) .

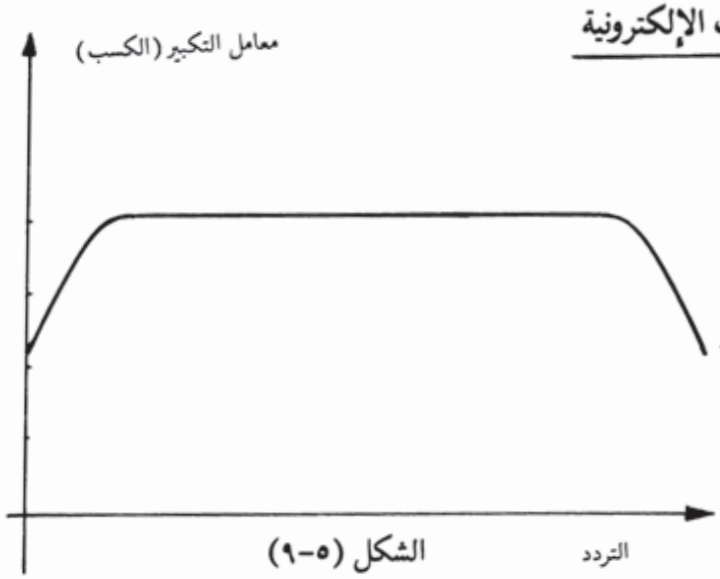
أما الموجة المثلثة فيتم الحصول عليها من خلال ادخال الموجة المربعة على مكبر عمليات موصول كمكامل (Integrator) . وتشكل كلّ من النقط (أ) و (ب) و (جـ) مع الطرف الأرضي أحد مخارج الجهاز. وتوصل هذه النقط إلى مفتاح انتقائي (Selector Switch) ليتسنى بوساطته اختيار الشكل المطلوب .




الشكل (٥-٨)

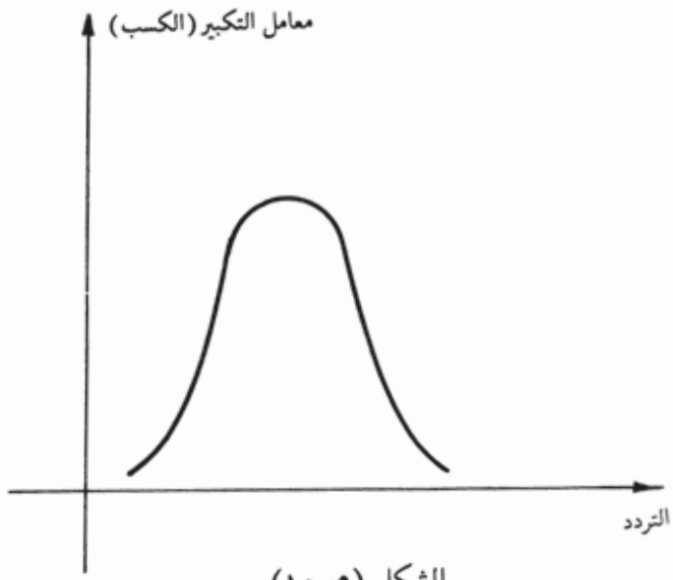
## ٥ ـ ٣ منحنيات الاستجابة الترددية للمكبّرات الإلكترونية

عند استخدام صمّام أو ترانزستور في دائرة تكبير، يتعيّن معرفة حدود الترددات التي يعمل عندها الصمام أو الترانزستور بكفاءة .



الشكل (٥-٩)

و يسمى المنحنى الذي يبين العلاقة بين قيمة معامل التكبير (Amplification Factor) أو الكسب (Gain) و بين تردد الإشارة التي يتمّ إدخالها على المكبر لتكبيرها منحنى الاستجابة الترددية للمكبّر. و يعطي هذا المنحنى فكرة عن قيم الترددات التي يعمل عندها المكبر بصورة جيّدة والترددات التي يبدأ عندها معامل التكبير للمكبر بالنقصان .



الشكل (٥-١٠)

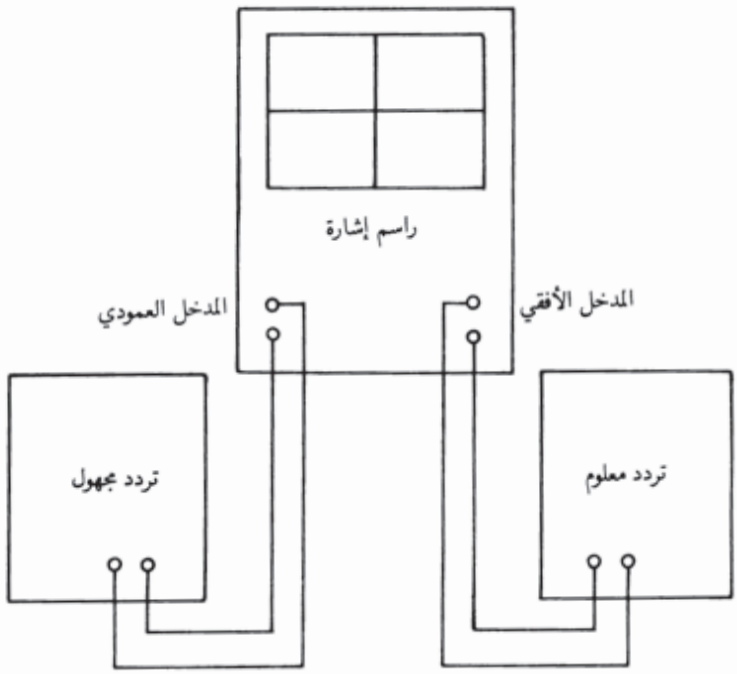
وتختلف أشكال منحنيات الاستجابة الترددية من مكبّرٍ إلى آخر. ففي مكبّرات الترددات الصوتية ومكبرات إشارة الصورة التلفازية ( إشارة الفيديو) مثلاً ينبغي أن يكون المنحنى منبسطاً على طول المدى الترددي ، كما يبين الشكل (٥-٩) و يسمى المكبر في هذه الحالة مكبراً ذا نطاق ترددي عريض . وأحياناً يُرغب في أن يكون معامل التكبير ذا قيمة عالية لترددات معينة دون غيرها كما هو الحال في مكبر التردد الوسيط (I.F.Amplifier) المستخدم في جهاز الراديو أو التلفاز و يسمى المكبّر في هذه الحالة مكبراً ذا نطاقٍ ترددي ضيّق ، انظر الشكل (٥-١٠) .

ومن الجدير بالذكر أن منحنيات الاستجابة الترددية يُحصل عليها نتيجة لإجراء التجارب والقياسات . ومن هنا يكون رسمها من خلال قوائم قراءات ، أو من خلال تصو يرها بعد إظهارها على شاشة الراسم الكهر بائي .

## ٥ ـ ٤ أشكال ليساجو (Lissajous Figures)

من المعروف أنه يمكن قياس تردد اشارة كهر بائية ما عن طريق اظهارها على شاشة راسم الاشارة ، حيث يتم ايجاد زمنها الدوري ويحسب ترددها من خلال مقلوب هذا الزمن .

إلا أن هناك طريقة أخرى ، حيث يتم إدخال اشارتين جيبيتين على راسم الاشارة كما في الشكل (٥-١١) .



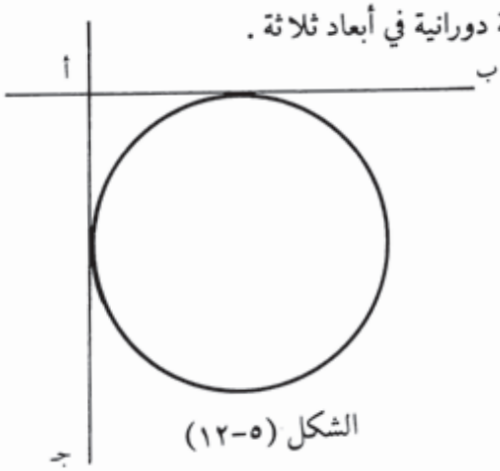

الشكل (٥-١١)

وتدخل احدى الاشارتين على المدخل الأفقي للراسم والثانية على المدخل العمودي له . و ينتج عن ذلك ظهور أشكال معينة على شاشة الراسم تسمى أشكال ليساجو نسبة إلى العالم الفرنسي ليساجو الذي قام بدراستها وتحليلها .

و يعطي الشكل الناتج النسبة بين تردد الإشارة الداخلة على المدخل العمودي لراسم الاشارة وتردد الاشارة الداخلة على المدخل الأفقي له . فإذا كان أحد الترددين معلوماً ، أمكن استنتاج قيمة التردد الآخر بسهولة .

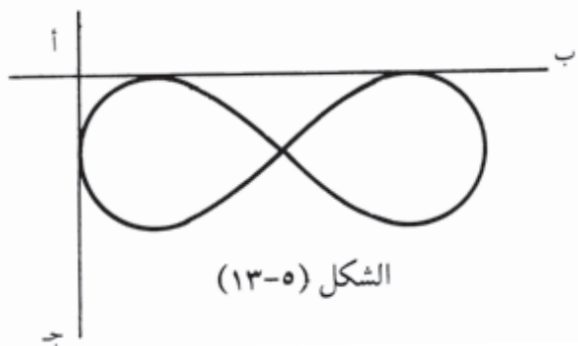
وفي العادة يتم ادخال الموجة ذات التردد المعلوم على المدخل الأفقي لراسم الاشارة (X) ، والموجة ذات التردد المجهول على المدخل العمودي له (Y) . فإذا كانت النسبة بين قيمة التردد المجهول وقيمة التردد المعلوم كنسبة اعداد صحيحة إلى بعضها (٣:٢ مثلاً ) ، فإن الشكل يظهر ثابتاً على الشاشة . أما اذا كانت النسبة بين الترددين (٣:٢,٣) مثلاً ، فإن شكل ليساجو الظاهر على الشاشة يبدو وكأنه يتحرك حركة دورانية في أبعاد ثلاثة .

والآن لنفرض أننا حصلنا على شكل دائري كما في الشكل (٥-١٢). في هذه الحالة نرسم خطين يمسان الدائرة هما الخط الأفقي أ ب والخط العمودي أ جـ . لاحظ أن الخط أ جـ يمس الدائرة في نقطة واحدة ، وكذلك الخط أ ب . وهنا تكون النسبة بين التردد المجهول والتردد المعلوم هي نسبة ١:١ ، بمعنى أنهما متساويان . و بشكل عام يمكن القول إن نسبة التردد المجهول إلى التردد المعلوم تساوي نسبة عدد نقط التماس الأفقية إلى عدد نقط التماس العمودية .




الشكل (٥-١٢)

وإذا ما طبّقنا هذه القاعدة على شكل ليساجو الظاهر على شاشة الراسم والمبين في الشكل (٥-١٣) ، فإننا نستنتج أن التردد المجهول يساوي ضعف التردد المعلوم . والسبب في ذلك هو أن عدد نقط التماس الأفقية يساوي (٢) وعدد نقط التماس العمودية يساوي (١) .




الشكل (٥-١٣)

و يبين الشكل (٥-١٤) بعض أشكال ليساجو المألوفة .

الشكل (٥-١٤)

## تمـــاريـــن

### التمريـــن الأول

ارسم موجة جيبية اتساعها ١٥ فولتاً بمقياس رسم ٣ فولت / سم ، ٣٠° / سم .

### التمريـــن الثاني

على لوحة واحدة ارسم موجتين جيبيتين احداهما اتساعها ٧,٥ فولت وترددها ١٠٠٠ هيرتز، والأخرى اتساعها ٦ فولت وترددها ٥٠٠ هيرتز، بمقياس رسم ١,٥ فولت/سم ، ١٠٠ ميكروثانية/سم .

ملاحظة : استخدم احداثيات منفصلة لكلّ موجة .

### التمريـــن الثالث

على لوحة واحدة ارسم موجة جيبية وأخرى مثلثة وثالثة مربعة ، اذا علمت أن اتساع كلٍّ من هذه الموجات ٢٤ فولتاً ، ونصف الزمن الدوري لكل منها ٥٠ ملي ثانية . استخدم مقياس رسم ٣ فولت/سم ، ٥ ملي ثانية/سم ، واستخدم احداثيات منفصلة لكلّ موجة .

### التمريـــن الرابع

ارسم موجة سن منشار اتساعها ١٢ فولتاً ، علماً بأن زمن صعودها ٥٠ ملي ثانية ، وزمن هبوطها ١٥ ملي ثانية ، وذلك بمقياس رسم ٢ فولت/سم ، ١٠ ملي ثانية/سم .

### التمريـــن الخامس

ارسم منحنى الاستجابة الترددية لمكبر الكتروني ، اذا علمت أن معامل التكبير له يساوي ٥٠ ديسيبل للترددات الواقعة دون ١ ميجاهيرتز، وان معامل التكبير يهبط إلى ٣٠ ديسيبل عند تردد ١٠ ميجاهيرتز وإلى ١٠ ديسيبل عند تردد ١٠٠ ميجاهيرتز.

استخدم مقياس رسم ١٠ ديسيبل / سم ، ودرّج المحور الافقي لوغاريثمياً .

**التمريـــن السادس**

استنتج قيمة التردد المجهول ( الداخل على المدخل العمودي لراسم الاشارة ) ، اذا كان التردد الآخر ( الداخل على المدخل الأفقي للراسم ) ٥٠ هيرتز، وذلك لجميع أشكال ليساجو المبينة في الشكل (٥-١٤) .

**التمريـــن السابع**

ادخلت موجة جيبية ترددها ٤٠ هيرتز على المدخل الأفقي لراسم الاشارة ، وادخلت على مدخله العمودي موجة جيبية أخرى ترددها ٢٠ هيرتز. المطلوب رسم شكل ليساجو المتوقع ظهوره على الشاشة .

# الوحـــدة السادســـة

# منحنيات الخواص للعناصر الإلكترونية

## ٦ - ١ مقـــدمـــــة :

نظراً لصعوبة الحصول على معلومات نافعة وسريعة من المعادلات الرياضية التي تربط بين الفلطيات والتيارات الطرفية للعناصر الإلكترونية يستخدم الرسم البياني في كثير من الأحيان لتمثيل العلاقات بين هذه الفلطيات والتيارات . ومن الجدير بالذكر أن العلاقة بين الفلطيات والتيارات الطرفية لمعظم العناصر الالكترونية هي غير خطية ، مما يتطلب إظهار هذه العلاقة على شكل رسوماتٍ بيانية تسمى منحنيات الخواص . ومنها يمكن الحصول على وصفٍ مفيد لتصرّف العنصر الإلكتروني المعني ، مثل منطقة العمل ونقطة التشغيل ومقدار التكبير وغير ذلك .

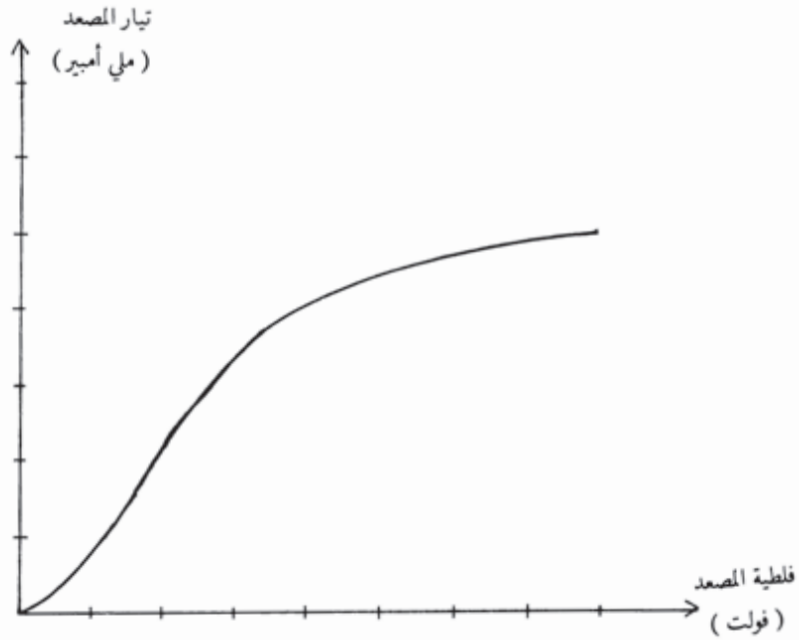
إنّ رسم منحنيات الخواص للعناصر ذات الطرفين مثل الثنائيات أمرٌ سهلٌ نظراً لوجود تيارٍ واحد وفلطية واحدة . أما بالنسبة للعناصر ثلاثية الأطراف مثل الترانزستور ، فإنّ المهمّة تكون أصعب ، وذلك بسبب وجود ثلاثة تيارات طرفية وثلاث فلطيات بين الأطراف الثلاثة للترانزستور . أضف إلى ذلك وجود أكثر من طريقة للتوصيل ، فهناك توصيلة المشعّ المشترك وتوصيلة المجمع المشترك وتوصيلة القاعدة المشتركة بالنسبة لترانزستور الوصلة . ولرسم منحنيات الخواص لمثل هذه العناصر يتم رسم العلاقة بين متغيّرين مع تثبيت المتغير الثالث ، ثم تكرر هذه العملية لقيم مختلفة للمتغير الثالث ، فنحصل بذلك على مجموعة من المنحنيات .

وإذا كان المتغيّران من دائرة المدخل بينما المتغير الثالث من دائرة المخرج ، فإن المنحنيات تسمى منحنيات خواص المدخل . و يطلق على المنحنيات اسم منحنيات خواص المخرج إذا كان المتغيّران من دائرة المخرج والمتغير الثالث من دائرة المدخل .

وبمعرفة القيم القصوى للفلطيات والتيارات نستطيع تحديد منطقة العمل الكلية وتقسيمها إلى مناطق عمل فرعية مثل المنطقة الخطيّة والمنطقة غير الخطّية . ومن ثم يتم تحديد الانحياز المناسب للحصول على نقطة تشغيلٍ تناسب التطبيق المطلوب .

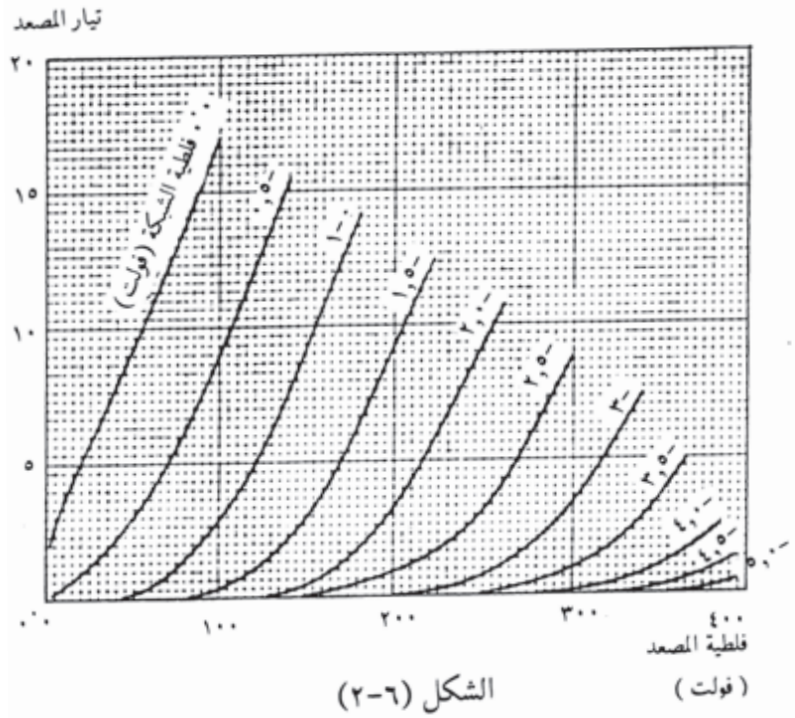
## ٦ ـ ٢ منحنيات الخواص للصمّام الثنائي والثلاثي

يتكوّن الصمام الثنائي من غلاف مفرغ من الهواء يحتوي على قطبين يسمّى أحدهما المصعد والآخر المهبط . و يتم تسخين المهبط بطرق مباشرة أو غير مباشرة للحصول على الكترونات حرّة تتناسب كميتها مع درجة حرارة المهبط . و يتم جذب هذه الالكترونات إلى المصعد عند تسليط فلطية موجبة عليه . و بذلك يسري تيار بين المصعد والمهبط يطلق عليه اسم تيار المصعد . أما عند تسليط فلطية سالبة على المصعد ، فإنه يقوم بطرد الالكترونات ، و بذلك تكون قيمة التيار مساوية للصّفر. يبين الشكل (٦-١) منحنى الخواص للصمام الثنائي ، حيث يمثل محور السينات فلطية المصعد ـ المهبط ومحور الصادات تيار المصعد .




الشكل (٦-١)

ويمكن التحكم في تيار المصعد عن طريق إضافة قطب ثالث للصمام الثنائي يعرف بالشبكة . و يسمّى الصمام الناتج بالصمام الثلاثي (Triode) . و يبين الشكل (٦-٢) منحنى الخواص للصمام الثلاثي ، حيث يمثل كلّ منحنى من مجموعة المنحنيات العلاقة بين تيار المصعد وفلطية المصعد عند قيمةٍ محدّدة لفلطية الشبكة . وكما هو واضح من الشكل فإنّ الزيادة في القيم السالبة لفلطية الشبكة تقلّل من تيار المصعد ، وذلك بسبب التنافر بين الشبكة والالكترونات المنبعثة من المهبط .

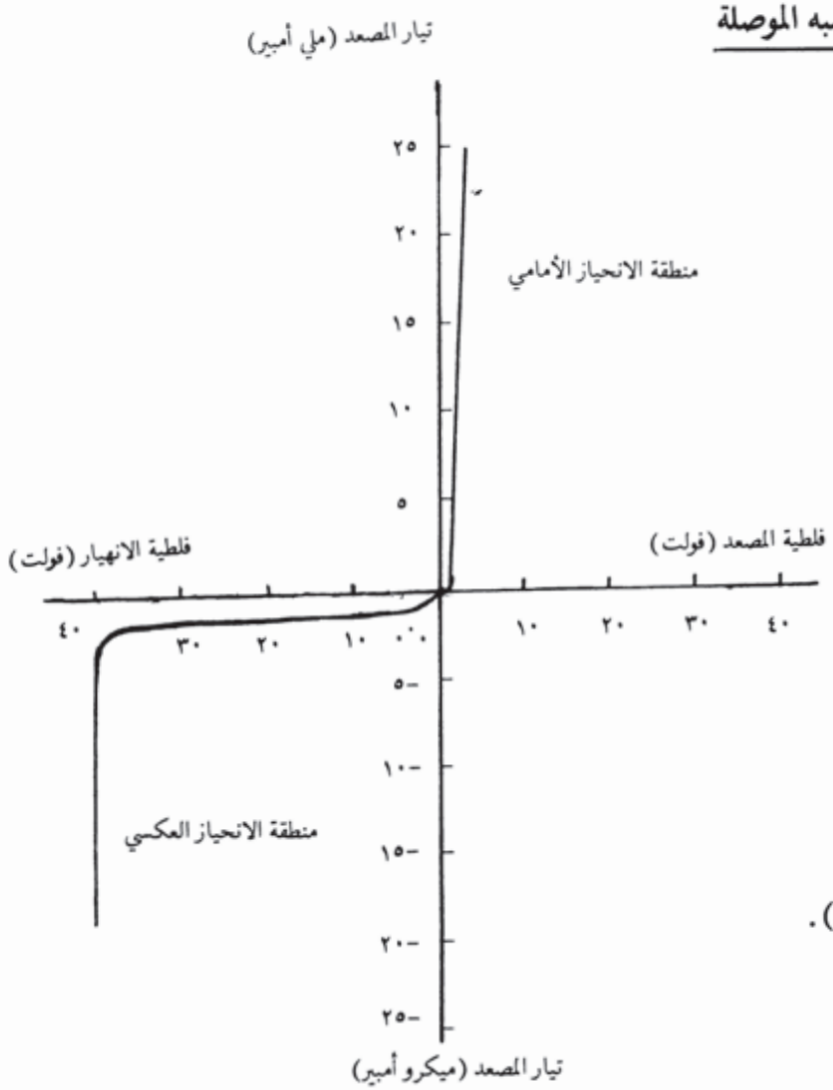



الشكل (٦-٢)

## ٦ ـ ٣ منحنيات الخواص للثنائيات شبه الموصلة

يبين الشكل (٦-٣) منحنى الخواص لثنائيّ شبه موصل ، حيث يمثل محور السينات فلطية المصعد - المهبط ومحور الصّادات التيار المار في الثنائي والذي يسمّى تيار المصعد . عندما تكون الفلطية موجبة ، وهو ما يعرف بالانحياز الأمامي (Forward Bias) للثنائي ، فإنّ التيار يمرّ بسهولة في الثنائي وتزداد قيمته بشكل كبير مع زيادة فلطية الانحياز الأمامي كما يظهر في الشكل .

وعندما تكون الفلطية سالبة ، فإنّ الثنائي لا يسمح إلاّ بمرور تيار صغير جدّاً يسمّى تيار التشبع العكسي (Reverse Saturation Current) . و يكون الثنائي في هذه الحالة ذا انحياز عكسيّ (Reverse Biased) .




الشكل (٦-٣)

إنّ زيادة قيمة فلطية الانحياز العكسي تؤدي في النهاية إلى انهيار (Breakdown) في وصلة الثنائي. ويمرّ تبعاً لذلك تيارٌ عالٍ قد يؤدي إلى إتلاف الثنائي إن لم تؤخذ الاحتياطات اللازمة . وتعرف الفلطية التي تنهار عندها وصلة الثنائي شبه الموصل بفلطية الانهيار. إنّ استخدام الثنائيات في الأغراض المختلفة غالباً ما يحدّد بنوع الانحياز وطريقة بناء الثنائي . فمثلاً يعمل ثنائي زنر تحت وضع الانحياز العكسي في منطقة الانهيار، و يعمل الثنائي السعوي في الانحياز العكسي قبل منطقة الانهيار.

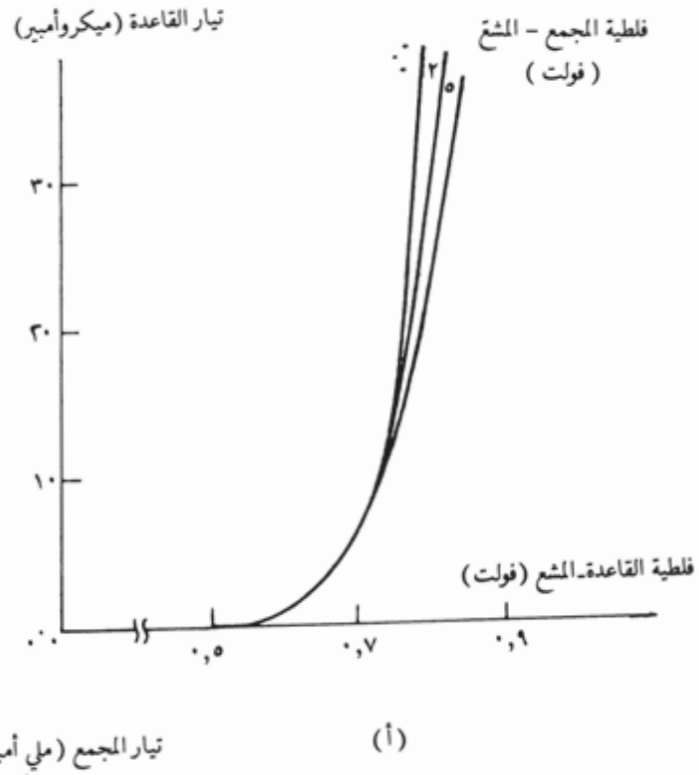
## ٦ ـ ٤ منحنيات الخواص للترانزستور ثنائي القطبية ( ترانزستور الوصلة )

نظراً لأن للترانزستورات بشكلٍ عام ثلاثة أطراف ، فهناك أكثر من طريقة لرسم منحنيات الخواص لها . إنّ طريقة توصيل الترانزستور في الدائرة الالكترونية هي التي تحدّد الشكل المطلوب لمنحنى الخواص . وبما أن توصيلة المشعّ المشترك هي أكثر التوصيلات انتشاراً فسوف نقوم برسم منحنيات الخواص لهذه التوصيلة .

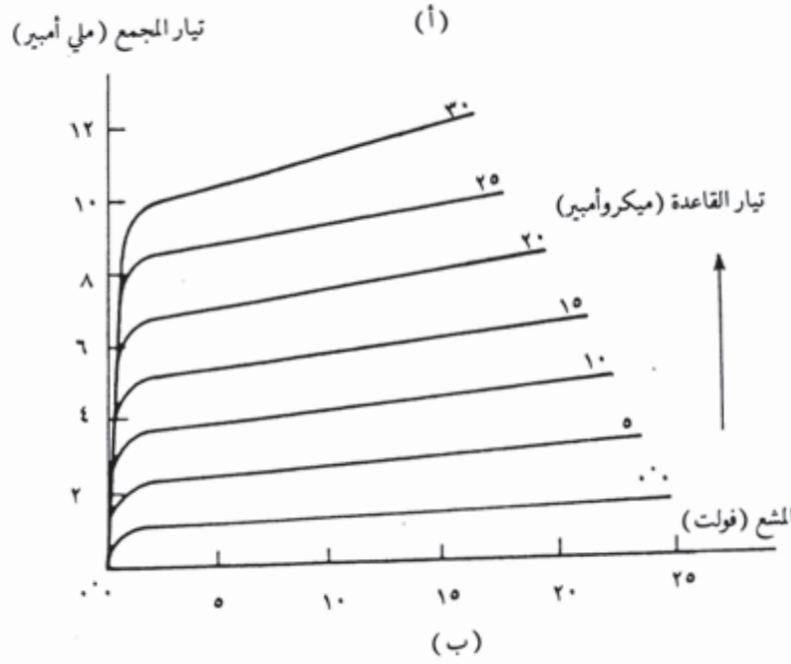
يبين الشكل (٦-٤-أ) منحنيات خواص المدخل لتوصيلة المشعّ المشترك . وتوضح هذه المنحنيات العلاقة بين تيار القاعدة وفلطية القاعدة ـ المشع لقيم محدّدة لفلطية المجمع ـ المشعّ .

أمّا الشّكل (٦-٤-ب) فيبين منحنيات خواص المخرج لتوصيلة المشعّ المشترك باستخدام ترانزستور من نوع ( س م س ). يمثّل محور السينات فلطية المجمّع ـ المشعّ ، ومحور الصّادات تيّار المجمّع . إنّ كلّ منحنى يمثّل العلاقة بين تيار المجمع وفلطية المجمع ـ المشعّ لقيمة محدّدة لتيار القاعدة .

ومن الملاحظ أن تيار المجمع يزداد بازدياد تيّار القاعدة عند ثبات فولطية المجمع ـ المشع .




(أ)




(ب)

الشكل (٦-٤)

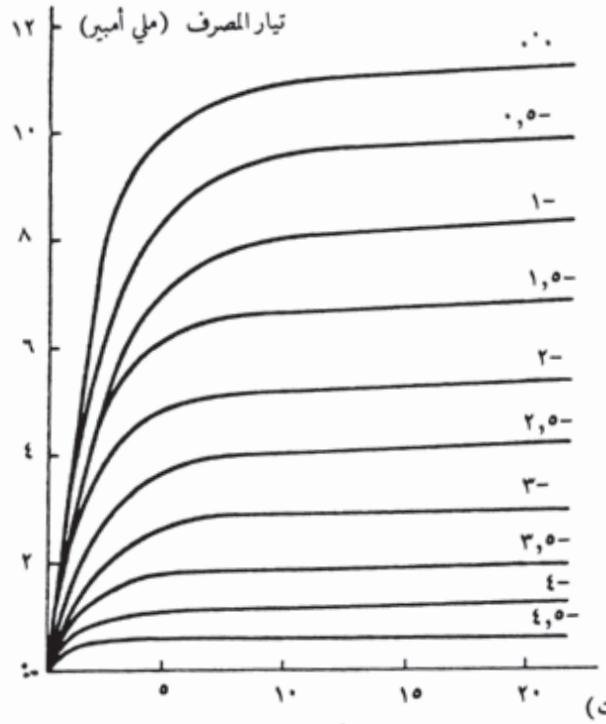
## ٦ ـ ٥ منحنيات الخواص لترانزستور تأثير المجال

إنّ منحنيات الخواص لترانزستور تأثير المجال لا تختلف كثيراً عن منحنيات الخواص للترانزستور ثنائي القطبية ، وذلك على الرغم من الاختلاف الكبير في طريقة بناء وعمل كلّ منهما . ويمكن إحلال كلمات المصدر والمصرف والبوابة بدلاً من المشعّ والمجمع والقاعدة .

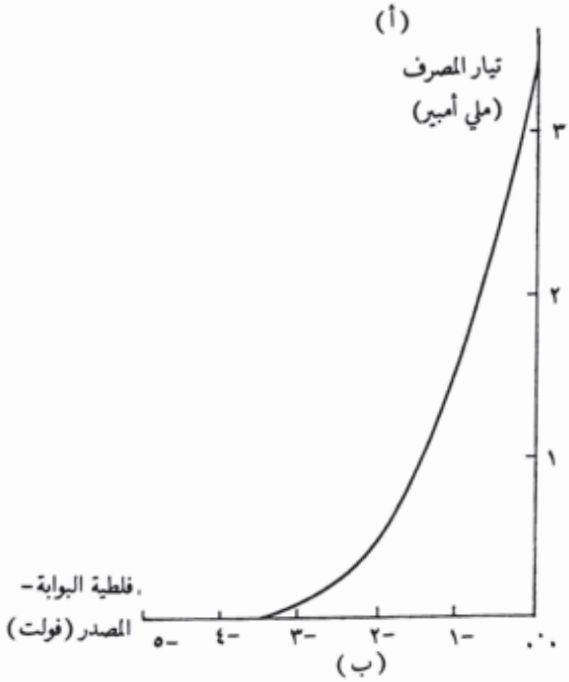
ومن الجدير بالذكر أن فلطية البوابة هي التي تستخدم لأغراض التحكم في ترانزستور تأثير المجال ، بينما يستخدم تيار القاعدة لأغراض التحكم في الترانزستور ثنائي القطبية .

وهنا أيضاً توجد أكثر من طريقة لرسم منحنيات الخواص للترانزستور حسب توصيلته في الدائرة . فهناك توصيلة المصدر المشترك ، وتوصيلة المصرف المشترك ، وتوصيلة البوابة المشتركة . وسنكتفي برسم منحنيات الخواص لتوصيلة المصدر المشترك .

يبين الشكل (٦-٥-أ) العلاقة بين تيار المصرف وفلطية المصرف ـ المصدر لقيم مختلفة لفلطية البوابة ـ المصدر . أمّا الشكل (٦-٥-ب) فيبيّن العلاقة بين تيار المصرف وفلطية البوابة ـ المصدر لترانزستور تأثير المجال ذي القناة الموجبة .




(أ)




(ب)

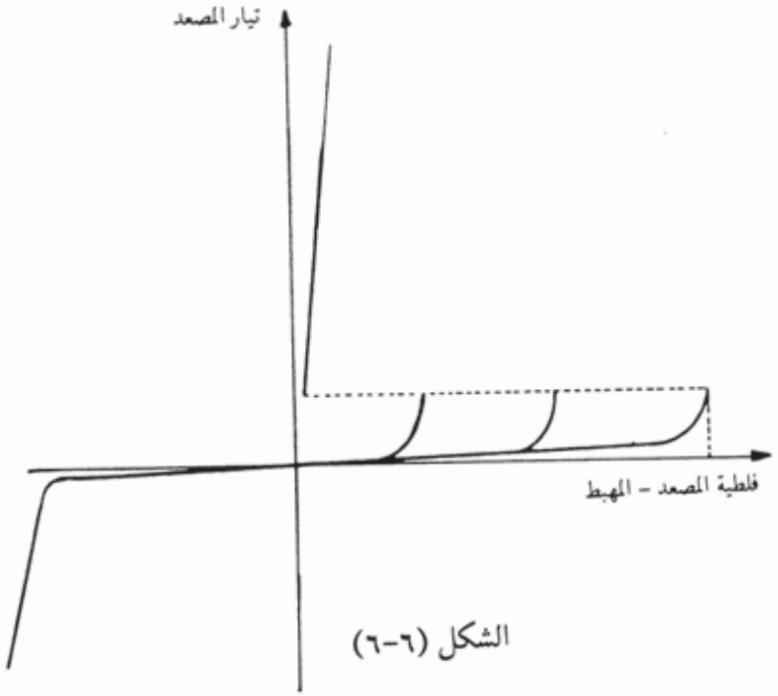
الشكل (٦-٥)

## ٦ ـ ٦ منحنيات الخواص للمقوّمات السيليكونية المحكومة

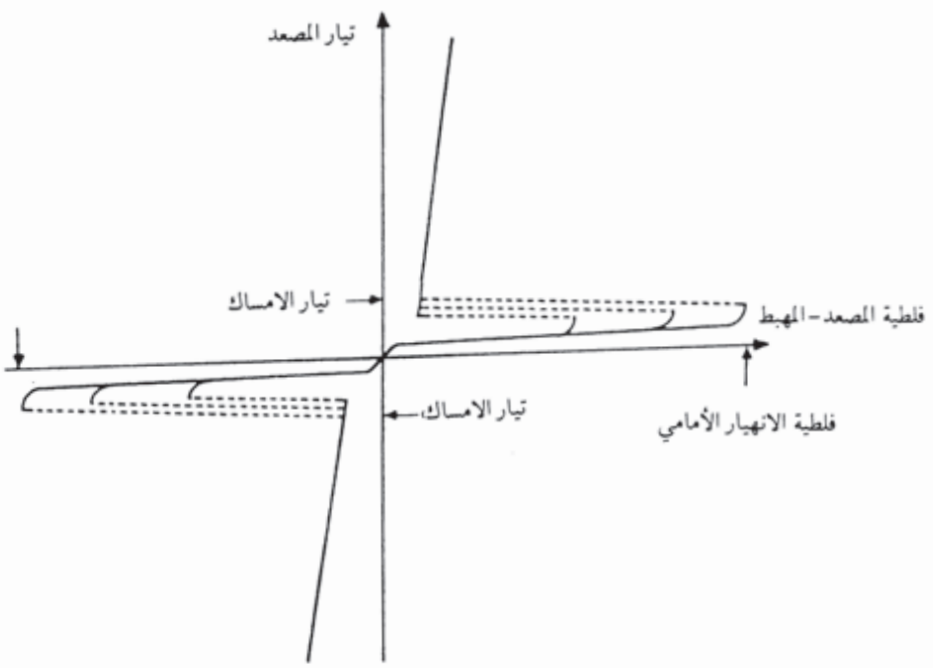
يتكون المقوم السيليكوني المحكوم من أربع طبقات من مادة شبه موصلة ( س م س م أو م س م س )، وله ثلاثة أطراف هي المصعد والمهبط والبوابة . وتستخدم البوابة كعنصر تحكم لأغراض التقويم . ويختلف المقوّم المحكوم عن المقوّم الثنائي في أنّ الأوّل لا يسمح بمرور التيار في حالة الانحياز الأمامي إلاّ إذا تجاوزت قيمة فلطية الانحياز فلطية

معينة تسمى فلطية الانهيار الأمامي . ويمكن التحكم بقيمة هذه الفلطية عن طريق تيار البوابة ، فكلما ازداد تيار البوابة نقصت قيمة فلطية الانهيار الأمامي . و يسري التيار في المقوّم عندما تتجاوز فلطية الانحياز فلطية الانهيار الأمامي ، ولا يتوقف التيار حتى لو انخفضت فلطية الانحياز عن هذا الحدّ إلاّ إذا انخفض التيار إلى مستوى قليل يسمّى تيار الإمساك (Holding Current) . أما في حالة الانحياز العكسي فإن خصائص المقوّم المحكوم تشبه خصائص المقوّم الثنائي .

يبين الشكل (٦-٦) منحنى الخواص لمقوّم محكوم (SCR) في حالتي الانحياز الأمامي والعكسي لقيم مختلفة لتيار البوابة . كما يبين الشكل (٦-٧) منحنى الخواص لمقوم محكوم من نوع ترایاك (Triac) في حالتي الانحياز الأمامي والعكسي .




الشكل (٦-٦)

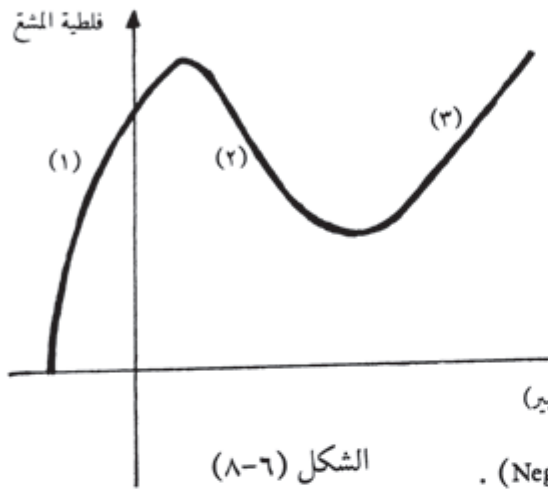



الشكل (٦-٧)

## ٦ ـ ٧ منحنيات الخواص للترانزستور أحادي الوصلة (UJT)

يشبه الترانزستور أحادي الوصلة في تركيبه إلى حدّ كبير ترانزستور تأثير المجال ، وتعرف أطرافه الثلاثة بالمشع والقاعدة الأولى والقاعدة الثانية بدلاً من المصدر والمصرف والبوابة . ويختلف الترانزستور أحادي الوصلة عن ترانزستور تأثير المجال تماماً من حيث الخواص ، حيث يستخدم الانحياز الأمامي بين المشع والقاعدة الأولى بدلاً من الانحياز العكسي بين البوابة والمصرف في حالة ترانزستور تأثير المجال ، هذا مع العلم ان المشعّ في الترانزستور أحادي الوصلة يناظر البوابة في ترانزستور تأثير المجال .

يبين الشكل (٦-٨) منحنى خواص الترانزستور أحادي الوصلة . يمثل محور السينات تيار المشع بينما يمثل محور الصادات فلطية المشعّ بالنسبة للقاعدة الأولى .



الشكل (٦-٨)

و يُلاحظ من المنحنى أنه يمكن تقسيم مناطق عمل الترانزستور أحادي الوصلة إلى ثلاث مناطق ، وهي :

(١) منطقة القطع (Cut-off region) ..

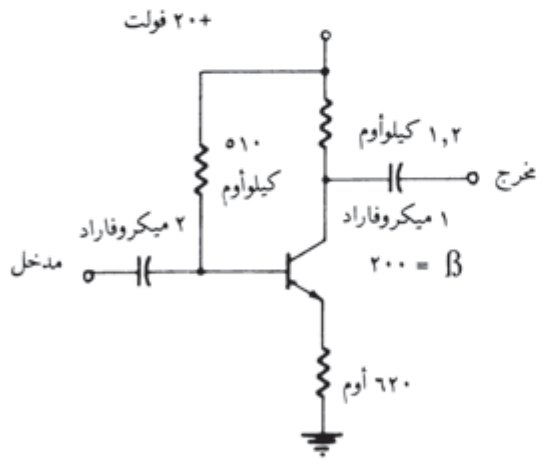
(٢) منطقة المقاومة السالبة (Negative Resistance Region) .

(٣) منطقة التشبّع (Saturation Region) .

# تمـــاريـــن

### التمريـــن الأول

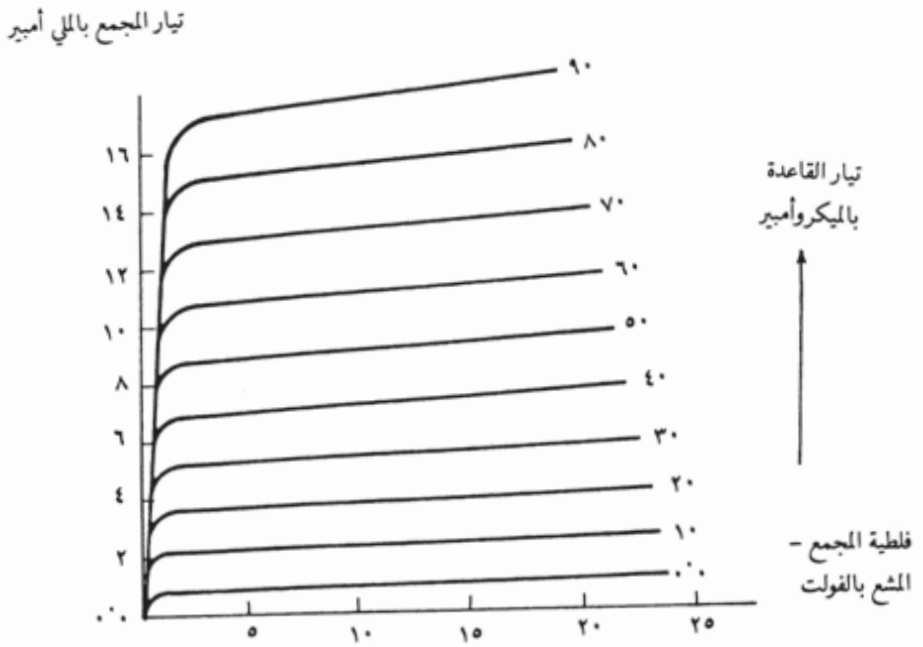
الدائرة المبينة في الشكل (٦-٩) دائرة تكبير تستخدم ترانزستوراً ثنائي القطبية موصولاً بطريقة المشعّ المشترك .



الشكل (٦-٩)

كـمـا يـبين الـشـكـل (٦-١٠) مـنـحـنـى الخـواص لهـذا الترانزستور.

١ ــ ارسم منحنى الخواصّ بمقياس رسم (١:١) .
٢ ــ ارسم خطّ الحمل لهذه الدائرة على منحنى الخواص .
٣ ــ حدّد نقطة التشغيل على منحنى الخواصّ .
٤ ــ أوجـد تـيار المجمع وفلطية المجمع ـ المشعّ لهذه الدائرة من الرّسم .




الشكل (٦-١٠)

## التّمريــن الثاني

١ ــ ارسم منحنى الخواص المبين في الشكل (٦-٢) بمقياس رسم (١:٢) .
٢ ــ ارسم منحنى الخواص المبيّن في الشكل (٦-٥-أ) بمقياس رسم (١:٢) .

## التمريــن الثالث

ارسـم كلاً من منحنيات خواص المدخل ، ومنحنيات خواصّ المخرج لترانزستور من نوع س م س موصول بطريقة القاعدة المشتركة .

## التمريــن الرابع

ارسم منحنى الخواص للمقوّم المحكوم (SCR) من نوع الترياك في حالتي الانحياز الأمامي والعكسي بمقياس رسمٍ مناسب .

# الوحـــدة السابعـــة

# أجهزة التحكم والحماية الكهربائية

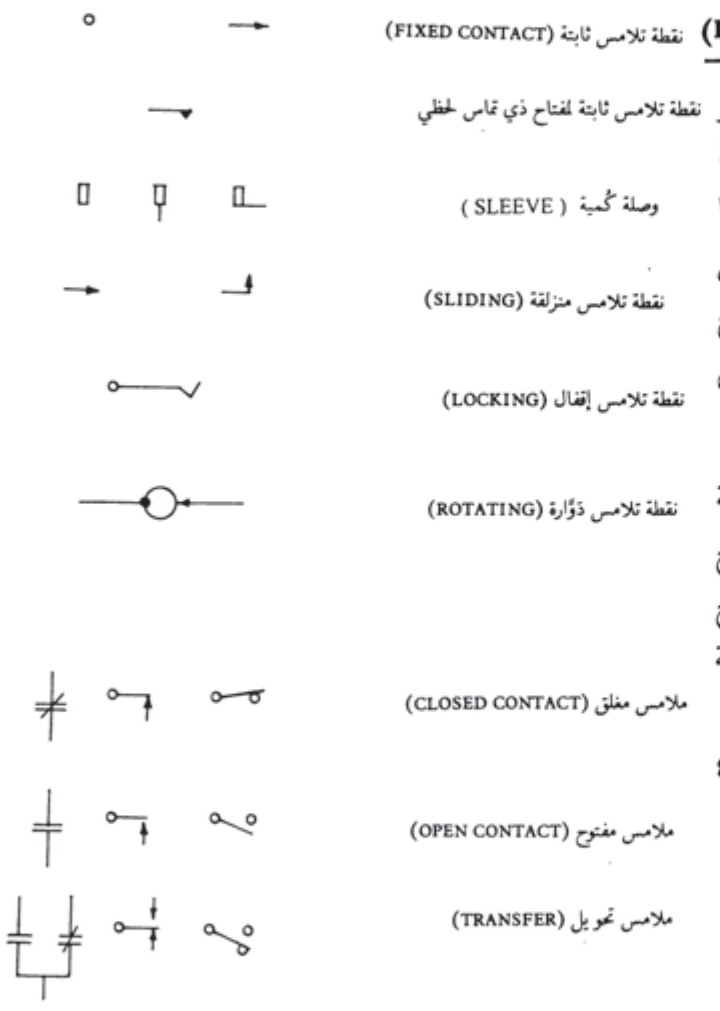
نستعرض في هذه الوحدة العناصر الأساسية المستخدمة في التحكم في الأنظمة الكهربائية من حيث تشغيلها وإيقافها ونقلها من وضع إلى آخر. كما نتطرق إلى العناصر الأساسية المستخدمة في حماية الأنظمة الكهربائية في حالات القصر (Short Circuit) أو زيادة التحميل (Overload).

## ٧ ـ ١ المفاتيح الكهربائية (Electrical Switches)

تستخدم المفاتيح الكهربائية لوصل الدوائر الكهربائية وفصلها. وتصنف المفاتيح الكهربائية عادة حسب طريقة تشغيلها أو حسب خصائصها التركيبية أو المهامّ المنوطة بها. وعلى الرغم من اختلاف تركيب الأنواع المختلفة من المفاتيح الكهربائية، إلا أنها تتضمّن عناصر أساسية هي الملامسات (Contacts).

و يبين الشكل (٧-١) رموز الملامسات الثابتة ورموز الملامسات المتحرّكة التي توجد في المفاتيح والمرحّلات الكهربائية. أمّا عن مُقرّرات المفاتيح الكهربائية، فقد وردت في القياسية البريطانيّة (BS-3676) المقرّرات التالية:

١، ٢، ٣، ٥، ١٠، ١٣، ١٥، ٢٠، ٣٠، ٤٥ أمبير.




الشكل (٧-١)

## ٧ ـ ٢ تصنيف المفاتيح الكهربائية

تصنف المفاتيح الكهربائية إلى الأنواع التالية :

أ ــ المفاتيح اليدوية (Manual Switches) .

ب ــ المفاتيح الآلية (Automatic Switches) .

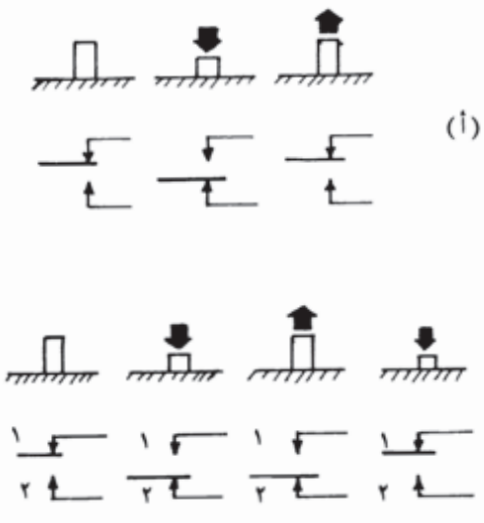
جـ ــ مفاتيح التلامس (Contactors) .

### ٧ ـ ٢ ـ ١ المفاتيح اليدوية

تنقسم حسب طريقة التشغيل إلى قسمين هما :

( أ ) المفاتيح اليدوية ذوات التماس اللحظي (Momentary Contacts) ، ويوضح عملها الشكل (٧-٢-أ) .

( ب ) المفاتيح اليدوية ذوات التماس الدائم (Maintained Contacts) ، ويبين عملها الشكل (٧-٢-ب) .




الشكل (٧-٢)

أما من حيث التركيب فيمكن تصنيفها إلى ما يلي :

(أ) المفاتيح المفصلية (Togggle Switches) .

ويبين الشكل (٧-٣) كيفية عمل المفاتيح المفصلية التالية :

ــ المفتاح المفصلي ذو التماس الدائم أحادي القطب أحادي الرمية (SPST) .

ــ المفتاح المفصلي ذو التماس الدائم أحادي القطب ثنائي الرمية (SPDT) .

ــ المفتاح المفصلي ثنائي القطب أحادي الرمية (DPST) .

ــ المفتاح المفصلي ثنائي القطب ثنائي الرمية (DPDT) .

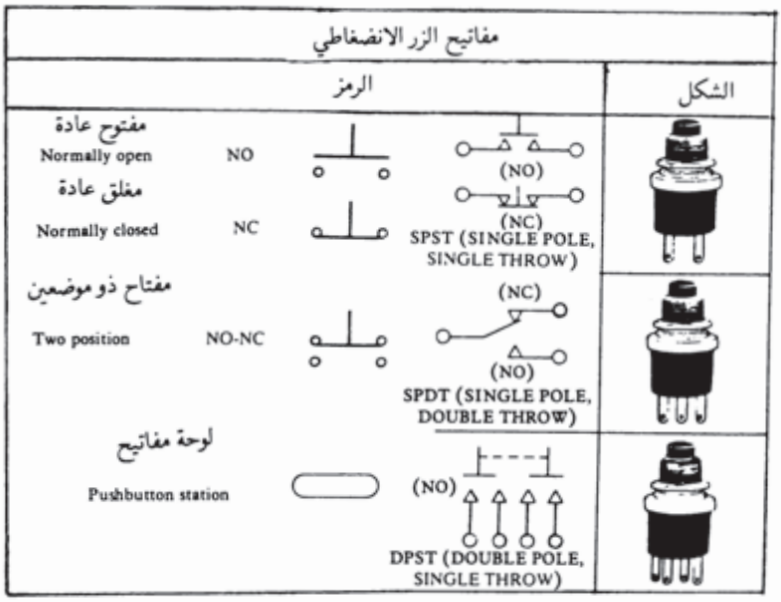
| المفاتيح المفصلية | | |
|---|---|---|
| الشكل | الرمز | |
| | مفتاح مفصلي / مفتاح سكيني — أو — (NO) | SPST |
| | (NC) (NO) — أو | SPDT |
| | (NO) (NO) — أو | DPST |
| | (NC) (NO) (NC) (NO) — أو | DPDT |

الشكل (٧-٣)

( ب ) مفاتيح الزر الانضغاطي (Pushbutton Switches)

وهي اما ذوات تماس لحظي أو تماس دائم . وتوجد عادة في مجموعات تسمح بالعمل التتابعي ، بحيث يتم تشغيل المفتاح الذي تم كبسه ثم فصل المفتاح السابق له .

و يوضح الشكل (٧-٤) رموز مفاتيح الزر الانضغاطي .




الشكل (٧-٤)

( جـ ) المفاتيح الدوارة (Rotary Switches)

يتم تشغيل هذه المفاتيح بحركة لف دائرية لزرٍّ علوي . وتتضمن هذه المفاتيح عادة عدداً كبيراً من الأطراف .

و يبين الشكل (٧-٥) رموز هذه المفاتيح .

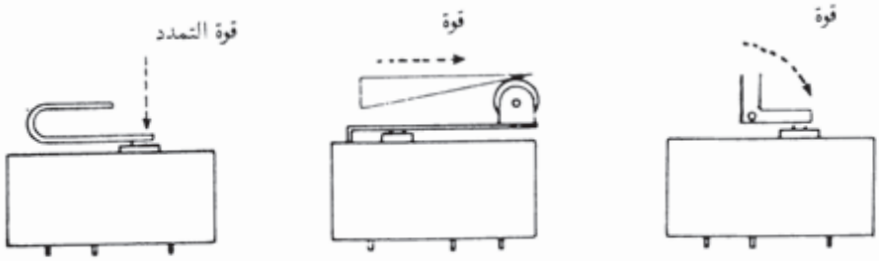
الشكل (٧-٥)

## ٧ ـ ٢ ـ ٢ المفاتيح الآلية

تعمل هذه المفاتيح على وصل الدوائر الكهربائية وفصلها بناء على اشارة تحكم معينة بدون مشاركة الانسان .

ومن أمثلة ذلك ما يلي :

( أ ) المفاتيح عالية الدقة سريعة الفعل (Precision Snap-Action Switches)،




( ج ) ثنائي المعدن ( ب ) منزلق ( أ ) رافعة

الشكل (٧-٦)

و يوضح الشكل (٧-٦) عدة طرق

تبين كيفية فعل اشارة التحكم التي تؤدي إلى فتح المفتاح الكهربائي سريع الفعل أو إغلاقه .

( ب ) مفاتيح الضغط (Pressure Switches)

و يتوقف عملها على مقدار الضغط الواقع على المجسّ الموجود في الوسط المتحكم به .

( جـ ) المفاتيح الحرارية (Thermal Switches)

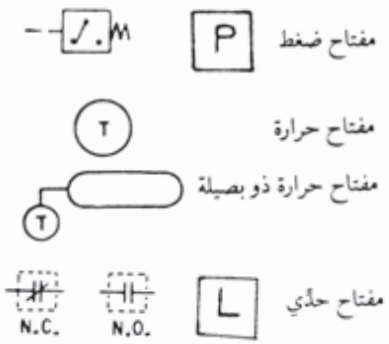
و يتوقف عملها على درجة حرارة الوسط المتحكم به .

( د ) المفاتيح الزئبقية (Mercury Switches)

و يتم بوساطتها وصل الدائرة الكهربائية وفصلها باستخدام الزئبق الموجود في انبوبة خاصة بذلك . فعند دوران الانبوبة بسبب تغير المعامل المتحكم به ، يملأ الزئبق الفراغ الموجود بين ملامسين موجودين في أحد أطراف الانبوبة و يتم وصل الدائرة الكهربائية . وعندما يكون تغير المعامل المتحكم به في الاتجاه المعاكس تفصل الدائرة الكهربائية .

( هـ ) المفاتيح الحدية (Limit Switches)

يتم تشغيلها بوساطة آلية صغيرة منزلقة أو بوساطة كامة أو جسم متحرك . وتستخدم في المصاعد والمخارط وفي نظم القيادة الآلية . و يبين الشكل (٧-٧) رموز مفاتيح الضغط والمفاتيح الحرارية والمفاتيح الحدية .



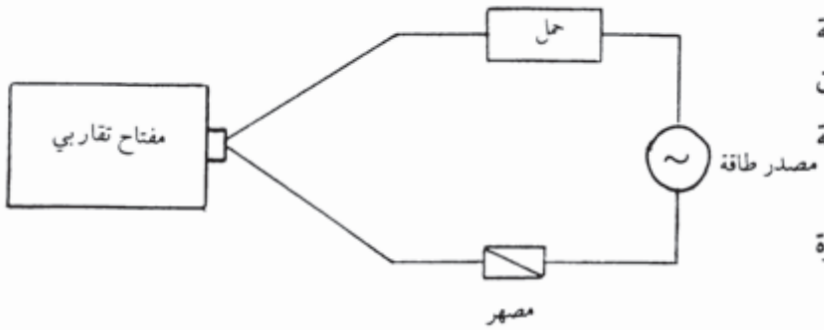

الشكل (٧-٧)

( و ) المفاتيح التقاربية (Proximity Limit Switches)

تمتاز هذه المفاتيح عن المفاتيح الحدية في أنها تسمح بوصل الدوائر الكهربائية أو فصلها بدون تلامس ميكانيكي بوساطة بكرة أو قضيب أو كامة . فهي تعمل بمجرد وجود جسم مغناطيسي على مدى معيّن منها .

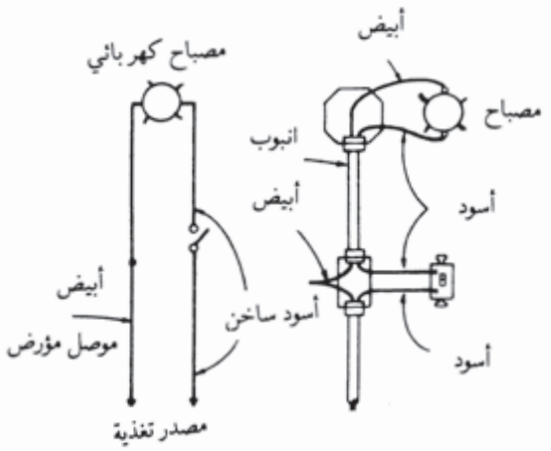
تتضمن هذه المفاتيح عنصراً حساساً يسمّى المجس وريشة للوصل والفصل . وتكون ملامسات المفاتيح إمّا مفتوحة (N.O.) أو مغلقة (N.C.) .

ويمثل الشكل (٧-٨) الدائرة الكهربائية لهذه المفاتيح .

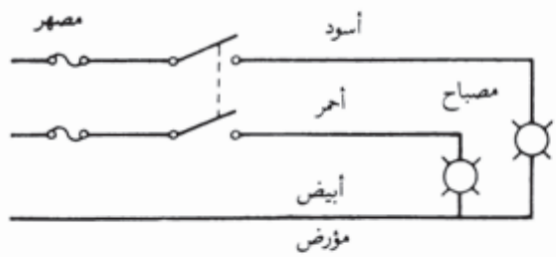



الشكل (٧-٨)

ومن الأمثلة على استخدام المفاتيح الكهربائية في التمديدات الكهربائية الشكل (٧-٩) الذي يوضح مخطط التمديدات الكهربائية لمفتاح كهربائي أحادي القطب ، والشكل (٧-١٠) الذي يبيّن مخطط التمديدات الكهربائية لمفتاح كهربائي ثنائي القطب أحادي الرمية .




الشكل (٧-٩)



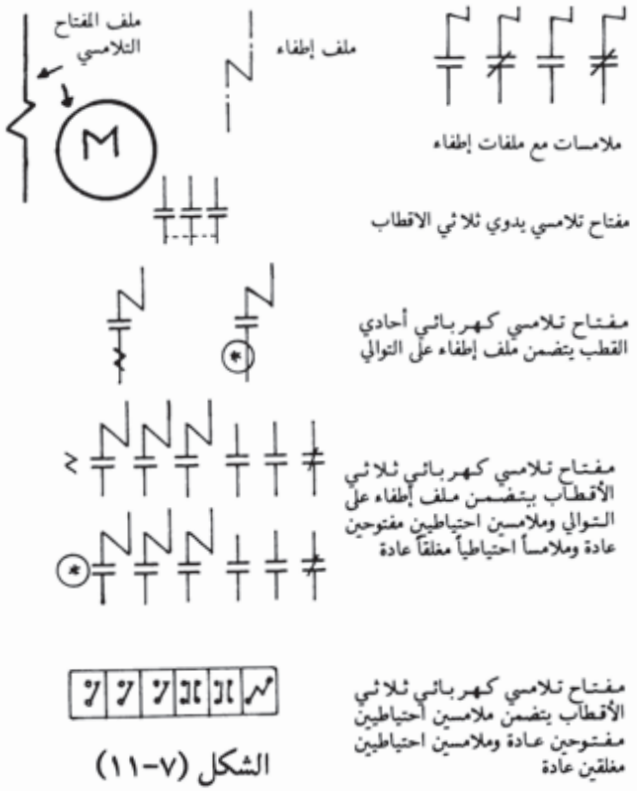

الشكل (٧-١٠)

## ٧ ـ ٢ ـ ٣ مفاتيح التلامس

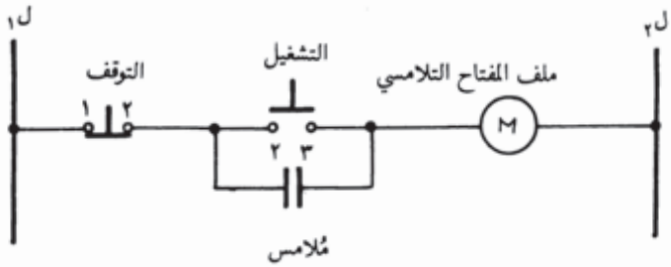
تستخدم مفاتيح التلامس لوصل أحمال الدوائر الكهربائية وفصلها في الأغراض العامة أو الصناعية كنظم الإنارة والتدفئة الكهربائية وقيادة المحركات الكهربائية . وتعمل مفاتيح التلامس في دوائر التيار المباشر والتيار المتناوب . ومنها ما يعمل يدوياً ، ومنها ما يعمل كهربائياً . وتتضمن مخططات تمثيل مفاتيح التلامس مجموعة رموز تمثل الملف الأساسي والملفات المساعدة والوصلات الميكانيكية ومجموعة الملامسات .

و يبين الشكل (٧-١١) الرموز المستخدمة لتمثيل مفاتيح التلامس .

كما يوضح الشكل (٧-١٢) دائرة توصيل ملف وملامس المفتاح التلامسي المستخدم في محطة تحكم للتشغيل والتوقف .

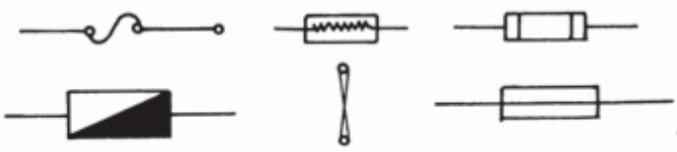



الشكل (٧-١١)



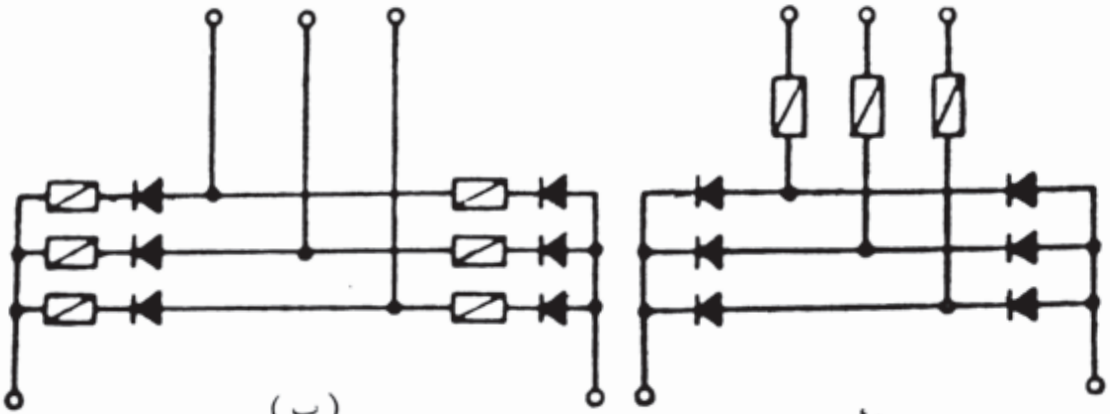

الشكل (٧-١٢)

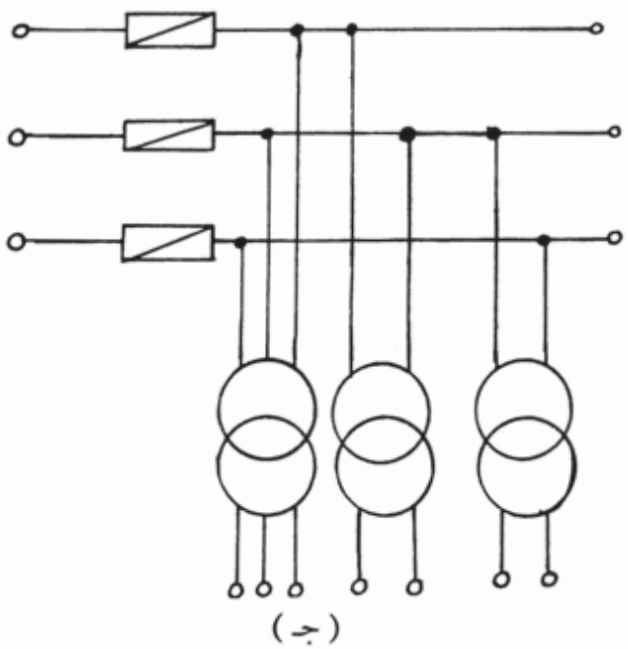
## ٧ ـ ٣ المصهرات (Fuses)



الشكل (٧-١٣)

تستخدم المصهرات لحماية الدوائر الكهربائية من فرط التيار وعند حدوث قصر في هذه الدوائر. و يبين الشكل (٧-١٣) الرموز المستخدمة لتمثيل المصهرات الكهربائية . أما




الشكل (٧-١٤)

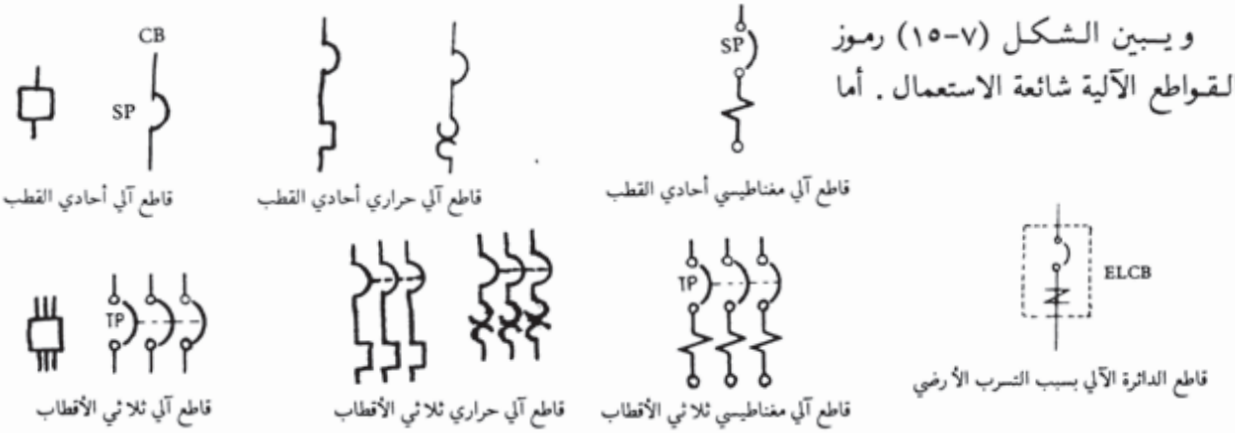
الشكل (٧-١٤-أ) فيوضح طريقة توصيل المصهرات مباشرة في خط التيار المتناوب ، في حين يبين الشكل (٧-١٤-ب ) كيف توصل المصهرات على التوالي مع العناصر الالكترونية .

و يوضح الشكل (٧-١٤-جـ) مخطط توصيل المصهرات التي تحمي ثلاثة محولات متصلة على التوازي .

## ٧ ـ ٤ القواطع الآلية (Automatic Circuit Breakers)

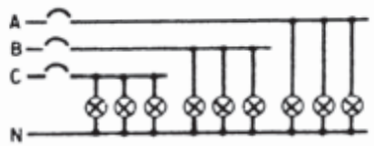
تعمل القواطع الآلية على حماية الدوائر الكهربائية عند زيادة تيار الحمل الكهربائي عن الحدّ المسموح به أو عند حدوث قصر في احدى الدوائر الكهربائية . وتستخدم حالياً على نطاق واسع في صناديق توزيع الدوائر الفرعية للإنارة ولتغذية الأجهزة الكهربائية وصناديق التوزيع الرئيسة وغيرها .

و يبين الشكل (٧-١٥) رموز القواطع الآلية شائعة الاستعمال . أما

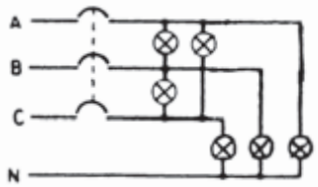



الشكل (٧-١٥)

الشكل (٧-١٦) فيبين كيفية توصيل القواطع الآلية احادية القطب لحماية دوائر الانارة الفرعية (Branch Circuits) ، كما يوضح الشكل (٧-١٧) كيفية توصيل الأحمال الكهربائية عند استخدام قاطع آلي ثلاثي الأقطاب .




الشكل (٧-١٦)

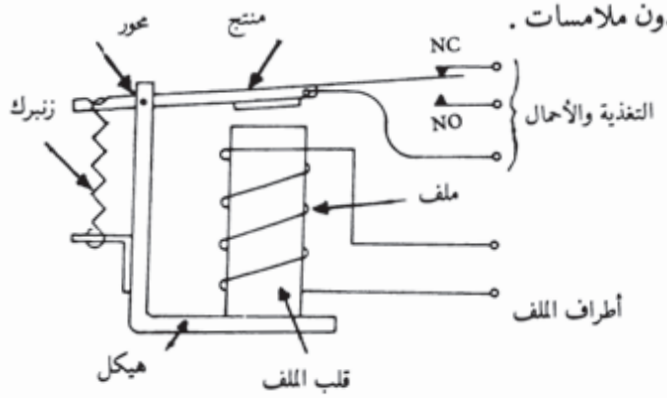



الشكل (٧-١٧)

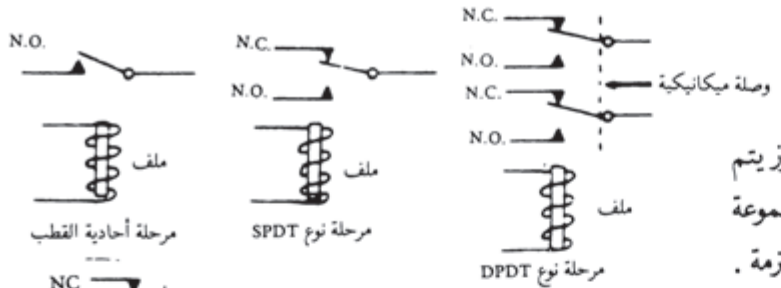
## ٧ ـ ٥ المرحّلات (Relays)

تستخدم المرحلات على نطاق واسع في نظم الاتصالات والراديو والالكترونيات الصناعية ، وذلك للتحكم في دوائر الأحمال الكهربائية ، أو للتحكم عن بعد ، أو لفصل دوائر التحكم عن دوائر الاحمال أو غيرها . والمرحلات عبارة عن مفاتيح كهربائية أو الكترونية تعمل بصورة آلية . والمرحلات أنواع كثيرة ، فمنها المرحلات التي تتضمن ملامساتٍ ومنها المرحلات الالكترونية التي تعمل بدون ملامسات .

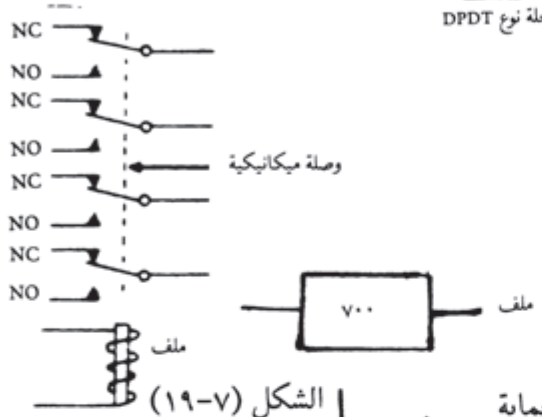
وأحد أنواع المرحلات هي المرحلات الكهرومغناطيسية . ويمثل الشكل (٧-١٨) المخطط المبيِّن لمكونات المرحل الكهرومغناطيسي .




الشكل (٧-١٨)



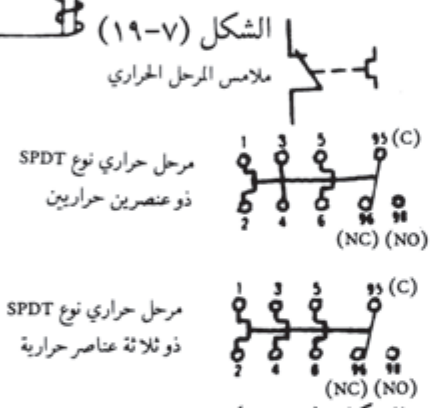

ومن أجل تمثيل المرحلات على صورة رموز يتم عادة تمثيل الملف الكهرومغناطيسي ومجموعة ملامسات المرحل والتوصيلات الميكانيكية اللازمة . و يرمز لملف المرحل أحياناً بمستطيل في داخله رقم يمثل مقاومة الملف . و يبين الشكل (٧-١٩) رموز بعض المرحلات الكهرومغناطيسية .




الشكل (٧-١٩)

وهناك المرحلات الحرارية (Thermal Relays) ، وتستخدم لحماية المحركات من فرط التيار. فعند زيادة تيار الحمل عن الحد المسموح به يسخن ثنائي المعدن فيسبب تمدده فصل أو وصل ملامسات المرحل الموجودة في دائرة تغذية ملف المفتاح التلامسي أو بادىء التشغيل .

و يبين الشكل (٧-٢٠) رمز ملامس المرحل الحراري ومجموعة الملامسات مع العنصر الحراري (Heater Element) عند استخدام عنصرين أو ثلاثة عناصر حرارية .




الشكل (٧-٢٠)

ومن الأنواع الاخرى للمرحلات مرحلات التأخير الزمني (Time Delay Relays) وتستخدم في دوائر التحكم في العمليات ودوائر سلامة الأجهزة وقيادة المحركات الكهربائية . وتتضمن هذه المرحلات مجموعة ملامسات مفتوحة أو مغلقة أو كليهما معاً بحيث يفتح بعضها و يغلق بعضها الآخر بتأخير زمني ثابت أو قابل للضبط (Adjustable) .

ويمثل الشكل (٧-٢١) رموز ملامسات المرحلات حسب المواصفات اليابانية والألمانية والانجليزية والروسية والأمريكية .

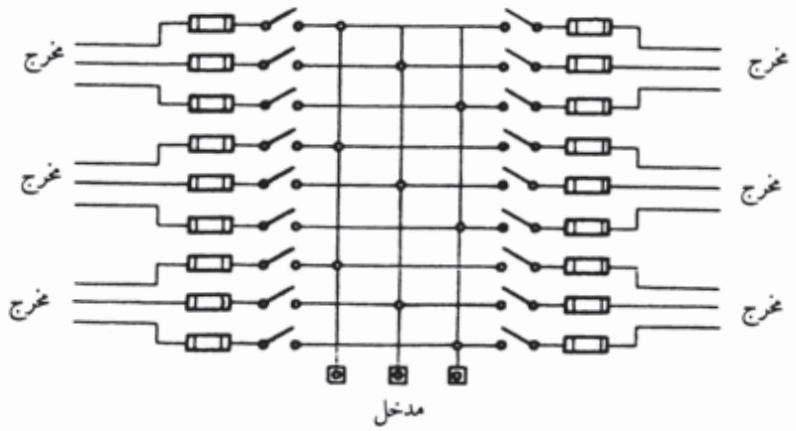
| وصف الملامس | أمريكا | روسيا | بريطانيا | ألمانيا | اليابان |
|---|---|---|---|---|---|
| | (NEMA) | TOCT | (BS) | (DIN) | (JIS) |
| مفتوح عادة مع تأخير زمني عند القفل | TDO | | | | |
| مقفل عادة مع تأخير زمني عند الفتح | TDC | | | | |
| مفتوح عادة مع تأخير زمني عند الفتح | TDC | | | | |
| مقفل عادة مع تأخير زمني عند القفل | TDO | | | | |

الشكل (٧-٢١)

# تمـاريـن

**التمريـن الأول**

يـبين الـشـكـل (٧-٢٢) صندوق توزيع كهربائي يتضمن مفـاتيح يدو ية ثلا ثية الأقطاب مع مـصـهـرات . ارسم صندوق التوزيع بمقياس رسم مناسب .

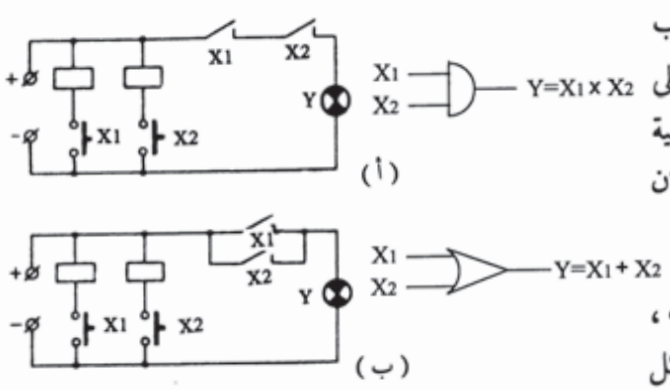



الشكل (٧-٢٢)

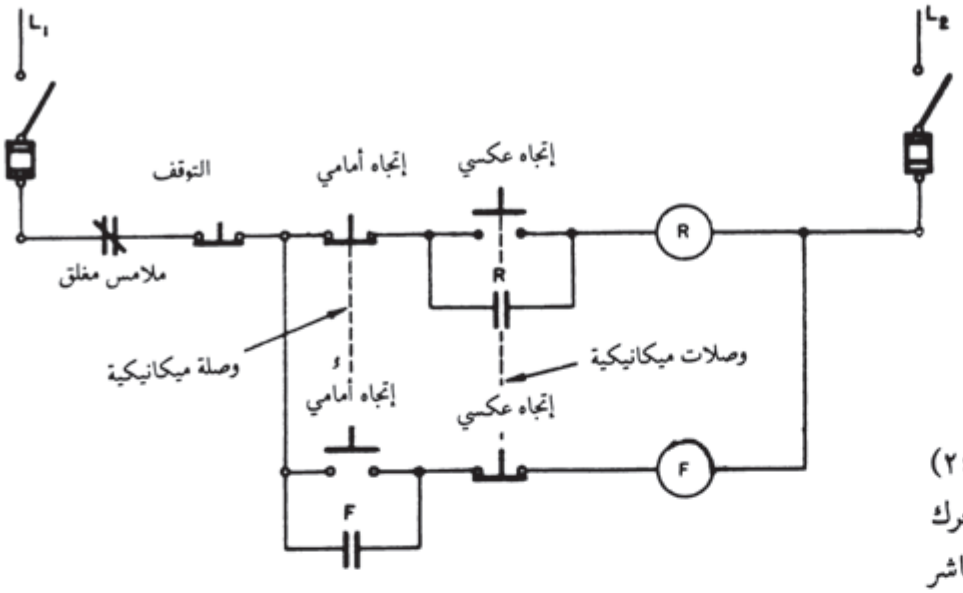
**التمريـن الثاني**

يبين الـشـكـل (٧-٢٣-أ) تمـثـيـل عملية الضرب المـنـطـقـي بـاسـتخدام مرحلين ملامساهما موصولان على الـتـوالي . كما يبين الشكل (٧-٢٣-ب ) تمثيل عملية الجـمـع المـنطقي باستخدام مرحّلين ملامساهما موصولان على التوازي .

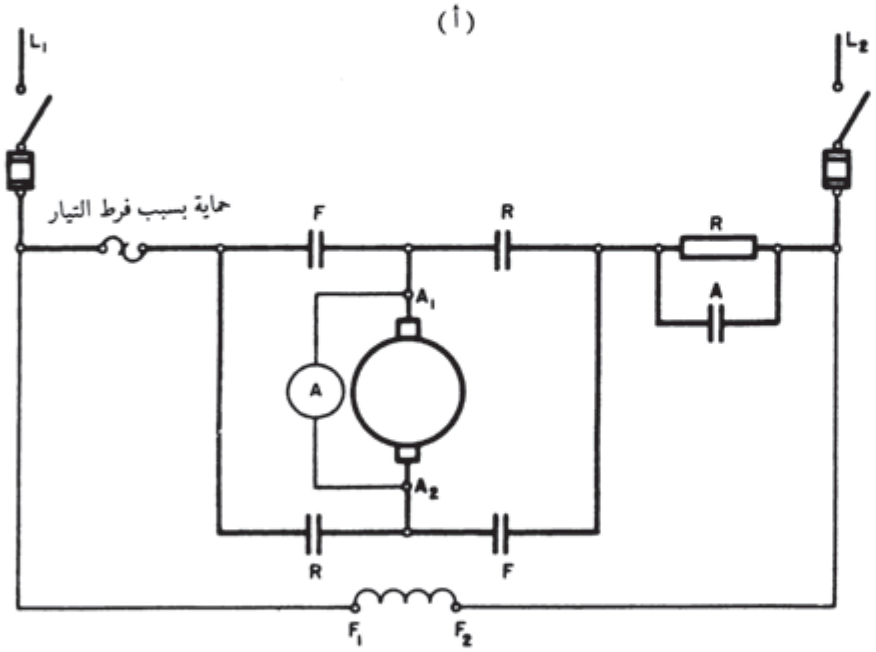
ارسـم الشكل (٧-٢٣-أ ) بمقياس رسم مناسب ، واشـرح كـيـف تـعـمـل الـدائـرة المـرسـومـة في الـشـكـل (٧-٢٣-ب ) .




الشكل (٧-٢٣)




(أ)




(ب)

الشكل (٧-٢٤)

## التمرين الثالث

يبين الشكل (٧-٢٤) الدائرة الكهربائية لقيادة محرك كهربائي يعمل بالتيار المباشر باستخدام مرحّل للدوران في الاتجاه الأمامي، ومرحل آخر للدوران في الاتجاه العكسي.

اقرأ المخطط الكهربائي محدّداً العناصر المكونة له، و بين كيف يدور هذا المحرك في الاتجاه الأمامي وفي الاتجاه العكسي.

# الفصل الدراسي الثاني

# الوحـــدة الثامنـــة

# المخططات التمثيليّة للمكبّرات الالكترونيّة

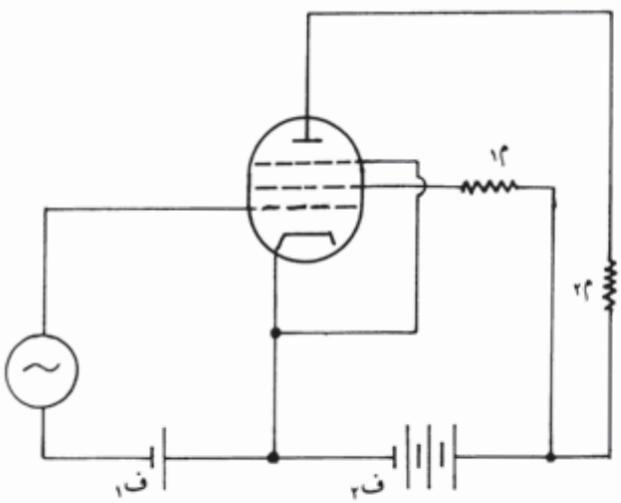
من القطع الأساسية في أيّ دائرة تكبير الصمّام أو الترانزستور. ومن أهمّ وظائف الصمامات والترانزستورات تكبير الاشارات الكهربائية. ومن الصمّامات الالكترونية الصمام الثنائي والصمام الثلاثي والصمام الخماسي، وغيرها. أما بالنسبة للترانزستورات فهناك الترانزستور ثنائي القطبية (س م س أو م س م)، وترانزستور تأثير المجال بنوعيه ترانزستور الوصلة وترانزستور معدن ـ أكسيد ـ شبه موصل.

## ٨ ـ ١ الصمام الخماسي

إن أبسط أنواع الصمامات هو الصمام الثنائي الذي يتكون من المهبط ومن لوح معدني أسطواني يحيط بالمهبط و يسمى المصعد. وفي حالة إضافة شبكة تسمى شبكة التحكم (Control Grid) تحيط بالمهبط من جميع الجوانب، فإننا نحصل على الصمام الثلاثي. و يقلّ معامل تكبير الصمام الثلاثي كلما ارتفع التردد نظراً لوجود سعة داخلية بين المصعد والشبكة، حيث تنقل هذه السعة جزءاً من تيار المصعد إلى دائرة شبكة التحكم. و يعرف ذلك بالتغذية الرّاجعة التي تعمل على تشو يه الاشارة المراد تكبيرها، وتقليل معامل التكبير.

ولتقليل أثر السعة الداخلية تضاف شبكة جديدة بين شبكة التحكم والمصعد تسمى الشبكة الحاجزة (Screen Grid). و يسمى الصمام عندئذٍ الصمّام الرباعي.

إن الصمام الخماسي عبارة عن صمام رباعي أضيفت له شبكة ثالثة توضع بالقرب من المصعد و يطلق عليها اسم الشبكة الكابتة (Suppressor Grid). وتوصل مباشرة مع المهبط وتعمل على إعادة الكترونات الاشعاع الثانوي إلى المصعد. و يبين الشكل (٨-١) دائرة تكبير باستخدام الصمام الخماسي.

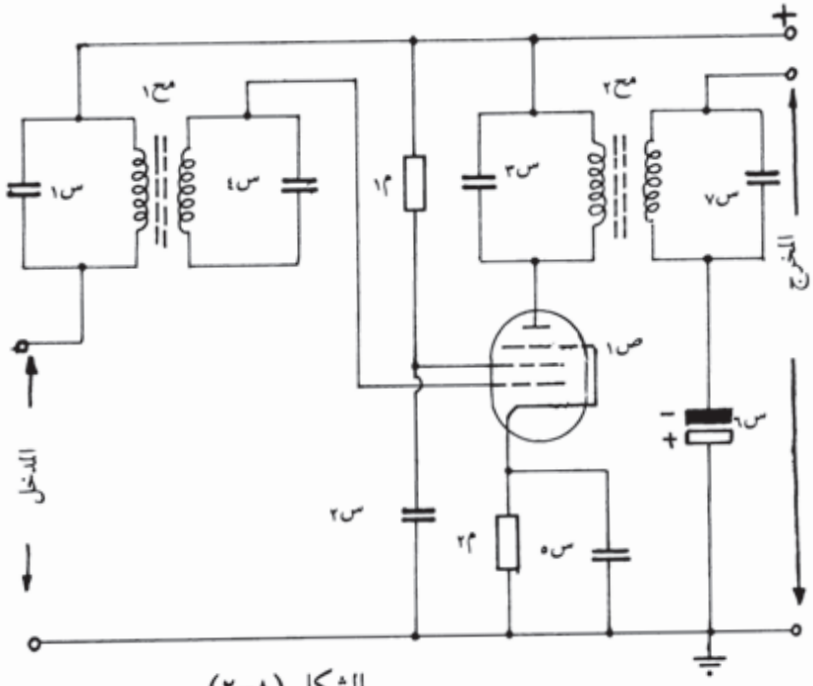



الشكل (٨-١)

و يستخدم الصمام الخماسي لتكبير الاشارات في كثيرٍ من الأجهزة ، وسوف ندرس دائرتي تكبير تستخدمان الصمام الخماسي :

## أ ــ دائرة تكبير الترددات المتوسطة باستخدام الصمام الخماسي

يتكون جهاز الاستقبال الراديوي من دوائر رئيسية تمثل مراحله المختلفة . وفي جهاز الاستقبال نوع سوبرهترودين هناك المراحل التالية : مكبر الترددات الراديوية ، دائرة المازج والمذبذب المحلي ، مكبر الترددات المتوسطة ، الكاشف ومكبر الترددات الصوتية . يمثل الشكل (٨-٢) دائرة تكبير الترددات المتوسطة باستخدام الصمام الخماسي . و يبين الجدول (٨-١) أسماء القطع المكونة لها ، وقيمة وعمل المهمّ منها .




الشكل (٨-٢)

**الجـدول (٨ ـ ١)**

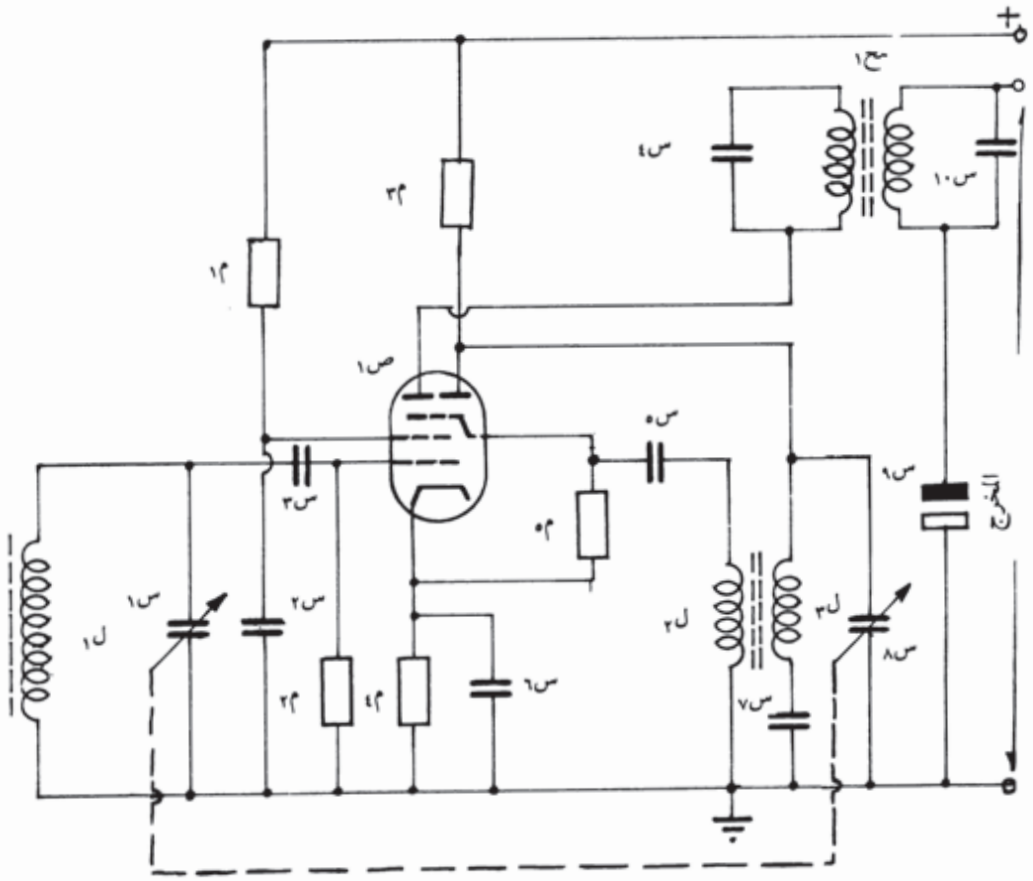
| القطعة وعملها | رمزها | قيمتها |
|---|---|---|
| صمام خماسي لتكبير الترددات المتوسطة | ص١ | ــــ |
| محوّل الترددات المتوسطة الأول | مح١ | ــــ |
| محوّل الترددات المتوسطة الثاني | مح٢ | ــــ |
| مقاومة انحياز الشبكة الحاجزة في الصمام | م١ | ٣٣ ك |
| مقاومة انحياز المهبط في الصمام | م٢ | ٣٣٠ |
| مكثفا تنغيم محول الترددات المتوسطة الأول | س١ ، س٤ | ــــ |
| مكثف تمرير الترددات العالية إلى أرضي الجهاز | س٢ | ٠,١ ميكروفاراد |
| مكثفا تنغيم محول الترددات المتوسطة الثاني | س٣ ، س٧ | ــــ |
| مكثف تمرير لمهبط الصمّام | س٥ | ٠,١ ميكروفاراد |
| مكثف تصفية لفلطية التحكم الذاتي في الكسب | س٦ | ١٠٠ ميكروفاراد |

**ب ــ دائرة المازج والمذبذب المحلي ومكبر الترددات الراديو ية**

يمثل الشكل (٨-٣) هذه الدائرة ، و يبين الجدول (٨-٢) أسماء القطع الداخلة في تركيبها ، وقيمة وعمل المهمّ منها :

**الجـــدول (٨ ـ ٢)**

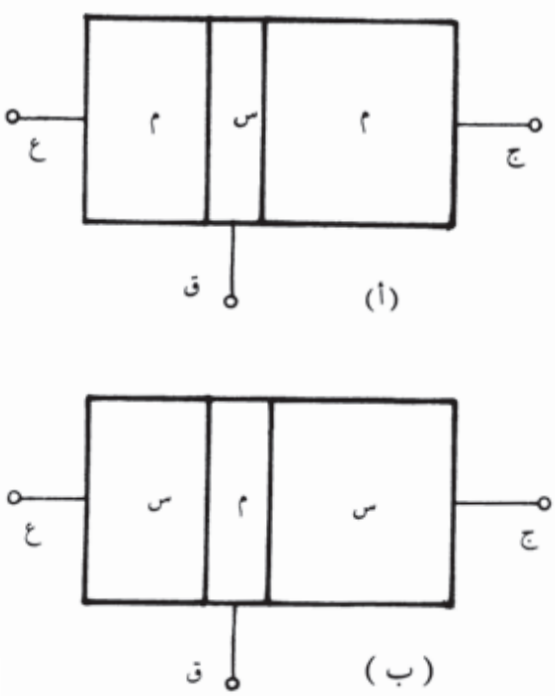
| القطعة وعملها | رمزها | قيمتها |
|---|---|---|
| صمام خماسي وثلا ثي يعمل كمازج ومذبذب محلي ومكبر ترددات راديو ية | ص١ | ـــــ |
| ملف تنغيم الهوائي | ل١ | ـــــ |
| ملف ربط إشارة المذبذب المحلي | ل٢ | ـــــ |
| ملف تنغيم المذبذب المحلي | ل٣ | ـــــ |
| محول الترددات المتوسطة الأ ول | مح١ | ـــــ |
| مقاومة انحياز الشبكة الحاجزة | م١ | ٣٣ ك |
| مقاومة انحياز شبكة التحكم للصمام الخماسي | م٢ | ٥ ميجا أوم |
| مقاومة انحياز مصعد الصمام الثلا ثي | م٣ | ٢٧ ك |
| مقاومة انحياز مهبط الصمام الخماسي | م٤ | ٣٣٠ |
| مقاومة انحياز الشبكة الكابتة للصمام الخماسي | م٥ | ٣٣ ك |
| مكثف تنغيم الهوائي | س١ | ٥٠٠ بيكوفاراد |
| مكثف تمرير الترددات العالية إلى الأ رضي | س٢ | ٠,١ ميكروفاراد |
| مكثف ربط | س٣ | ١ ميكروفاراد |
| مكثفا تنغيم محول الترددات المتوسطة الأ ول | س٤ ، س١٠ | ـــــ |
| مكثف ربط | س٥ | ١٠٠ بيكوفاراد |
| مكثف تمرير لمهبط الصمام | س٦ | ٠,٠١ ميكروفاراد |
| مكثف تنغيم للمذبذب المحلي | س٧ | ٥٠٠ بيكوفاراد |
| مكثف تنغيم متغيّر للمذبذب المحلي | س٨ | ٥٠٠ بيكوفاراد |




الشكل (٨-٣)

## ٨ - ٢ الترانزستـــور

يتكوّن الترانزستور من بلورة شبه موصلة (من الجرمانيوم أو السيليكون) مقسمة إلى ثلاث مناطق. فإذا كانت المنطقة الوسطى من النوع (س) تكون الطرفيتان من النوع (م)، و يدعى الترانزستور (م س م)، كما هو مبيّن في الشكل (٨-٤-أ). أما إذا كانت المنطقة الوسطى من النوع (م) فإن المنطقتين الطرفيتين تكونان من النوع (س). و يعرف الترانزستور في هذه الحالة بترانزستور (س م س)، كما يبين الشكل (٨-٤-ب).




الشكل (٨-٤)

في بعض التطبيقات قد يكون معامل تكبير الفلطيّة لمكبر من مرحلة واحدة غير كافٍ لتكبير الاشارة والوصول بها إلى القيمة المطلوبة. عندئذٍ يجب ربط عدة مكبرات على شكل مراحل متعاقبة للحصول على كسب عالٍ. وتكون فلطية المخرج لمرحلة ما هي فلطية المدخل للمرحلة التّالية. و يكون الكسب الكلّي هو حاصل ضرب كسب المراحل التي يتكوّن منها المكبر، أي إنّ

أ = أ١ . أ٢ . أ٣ .....

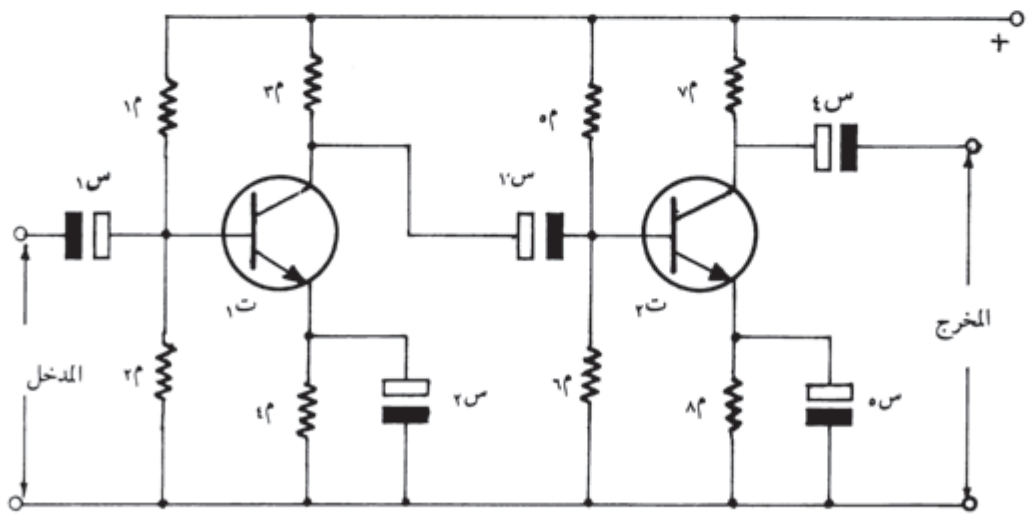
وفيما يلي بعض الطرق المستخدمة لربط مراحل التكبير .

**أ ــ طريقة الربط باستخدام مكثف ومقاومة :**

وفيها يتم ربط مخرج المرحلة الأولى بمدخل المرحلة الثانية بوساطة المكثف س٣ والمقاومة م = $\frac{م٣ \times م٤}{م٣ + م٤}$ في الشكل (٨-٥) . و يعمل المكثف س٣ على منع الفلطية المباشرة على مجمع الترانزستور الأول من الوصول إلى قاعدة الترانزستور الثاني ، وفي الوقت ذاته يسمح بتوصيل الإشارة المكبرة من مجمّع الترانزستور الأول إلى قاعدة الترانزستور الثاني . و يبين الجدول (٨-٣) أسماء القطع الداخلة في تركيب الدائرة ، وقيمة وعمل كلٍ منها .

**الجـــدول (٨ ـ ٣)**

| القطعة وعملها | رمزها | قيمتها |
|---|---|---|
| ترانزستورات تكبير | ت١ ، ت٢ | BC 140 |
| مكثف ربط | س١ ، س٣ | ١٠ ميكروفاراد |
| مجزىء فلطية الترانزستور الأول | م١ ، م٢ | ١٥٠ ، ٣٣ ك |
| مقاومة تثبيت فلطية المشع للترانزستور ت١ | م٤ | ١ ك |
| مقاومة انحياز مجمع الترانزستور الأول | م٣ | ١٠ ك |
| مجزىء فلطية الترانزستور الثاني | م٥ ، م٦ | ١٢٠ ، ١ ك |
| مقاومة تثبيت فلطية المشع للترانزستور ت٢ | م٨ | ١ ك |
| مقاومة انحياز مجمّع الترانزستور الثاني | م٧ | ١٠ ك |
| مكثف تمرير لمشع الترانزستور | س٢ ، س٥ | ١٠٠ ميكروفاراد |



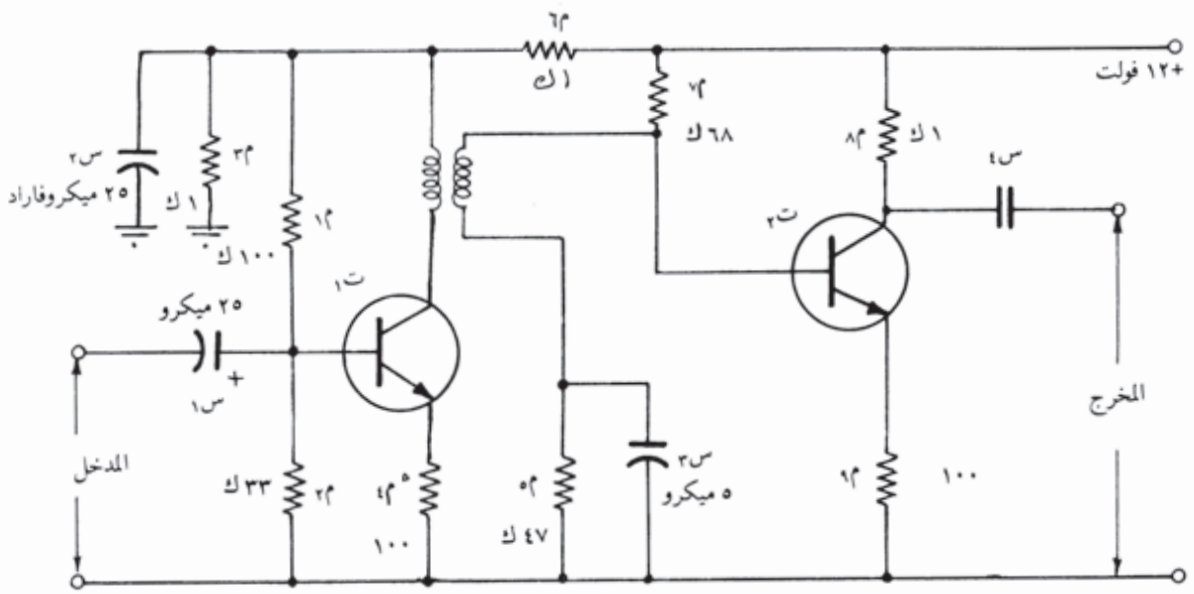

الشكل (٨-٥)

ولكي يقوم مكثف الربط بنقل الاشارة المتناوبة بفعالية ، فإنه يجب أن يبدي مقاومة قليلة جداً لتيار الاشارة المتناوبة . لهذا تكون لمكثف الربط سعة كبيرة حتى تكون قيمة المفاعلة (Reactance) منخفضة جداً .

يؤمّن المكبر المربوط سعوياً تكبيراً عالياً على مجال واسع من الترددات . إلاّ أن هناك حدوداً عليا ودنيا للمجال الترددي ، وهذه الحدود تعتمد على سعة المكثف والمواصفات الترددية للترانزستور .

**ب ــ طريقة الربط باستخدام محوّل :**

يتم في هذه الطريقة ربط مخرج المرحلة السابقة بمدخل المرحلة التالية باستخدام محوّل ، بحيث يوصل الملف الابتدائي للمحول بدائرة المجمّع للمرحلة السابقة والملف الثانوي بدائرة القاعدة ـ المشعّ للمرحلة التالية ، كما هو موضح في الشكل (٨-٦) .




الشكل (٨-٦)

إنّ الميزة الأساسية للربط باستخدام محوّل هي إمكانية توفيق ممانعات المراحل مع بعضها . ويمكن بذلك الحصول على ربطٍ مثاليٍ بين المراحل بتغيير نسبة لفات المحوّل ، و بالتالي الحصول على تحويل أكبر كمية من الطاقة .

لكنّ من مساوىء هذه الطريقة أنّ المحوّل كبير وثقيل وغالي الثمن بالمقارنة مع المقاومة والمكثف . كما إنّ المجال الترددي للمحوّلات محدودٌ نوعاً ما ، لذلك تكون المكبّرات المربوطة بمحوّل مستعملة ضمن مجال ضيّق نسبياً من الترددات .

**جـ ــ طريقة الرّبط المباشر :**

و يتم فيها ربط مخرج المرحلة السابقة بمدخل المرحلة التالية مباشرة بدون استخدام أيّ مكثفات أو ملفات . وتستخدم هذه الطريقة في مكبرات الترددات المنخفضة جداً .

# تمـــاريـــن

## التمريـــن الأ وّل

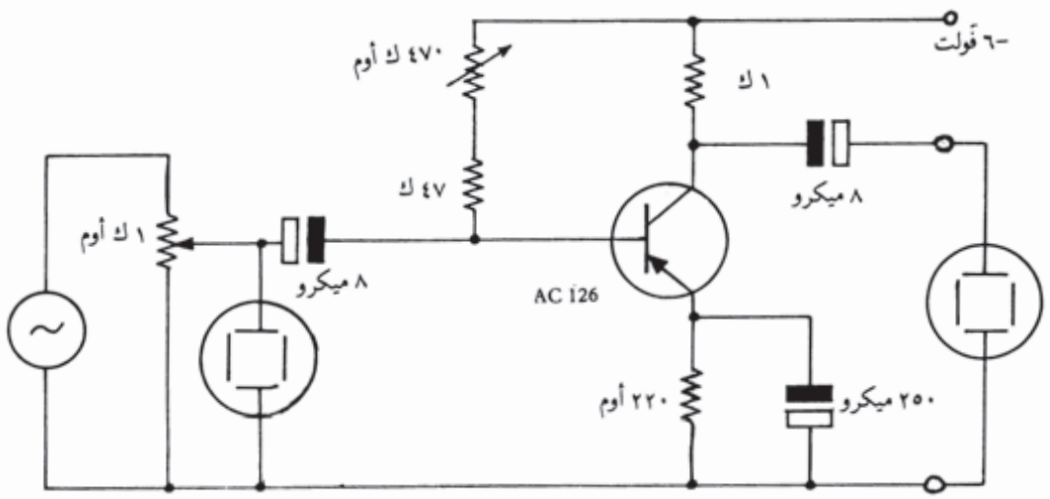
أرسم لوحة تمثل دائرة تكبير الترددات المتوسطة باستخدام الصمام الخماسي .

## التمريـــن الثاني

أرسم لوحة تمثل دائرتي مازج ومذبذب محلي باستخدام صمامٍ خماسي .

## التمريـــن الثالث

أرسم دائرة مكبر الترددات الصّوتية المبيّنة في الشكل (٨-٧) بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٨-٧)

## التمريـــن الرّابع

أرسم دائرة تكبير مؤلفة من ثلاث مراحل باستخدام ترانزستورات ( س م س ) موصولة بطريقة المشعّ المشترك ، مستخدماً مكثفاً ومقاومة لربط المرحلتين الأ ولى والثانية ، ومحوّلاً لربط المرحلتين الثانية والثالثة .

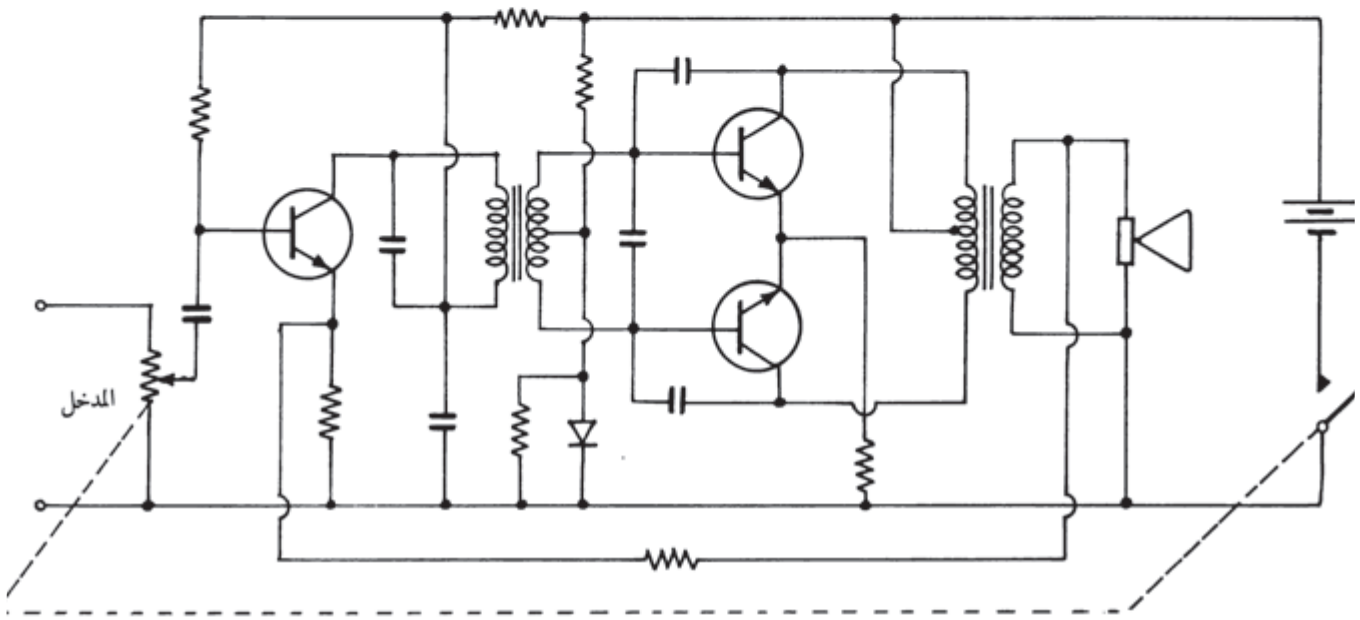
**التمـــرين الخامس**

يبين الشكل (٨-٨) مرحلة التكبير الصّوتيّ لجهاز استقبال راديوي .

أ ــ رقِّم العناصر المكوّنة للدائرة .

ب ــ تتبّع الإشارة من المدخل وحتى السماعة .

جـ ــ ارسم الدائرة بمقياس رسم مناسب .




الشكل (٨-٨)

# الوحـــدة التاسعـــة

# تمثيل مكبرات العمليات

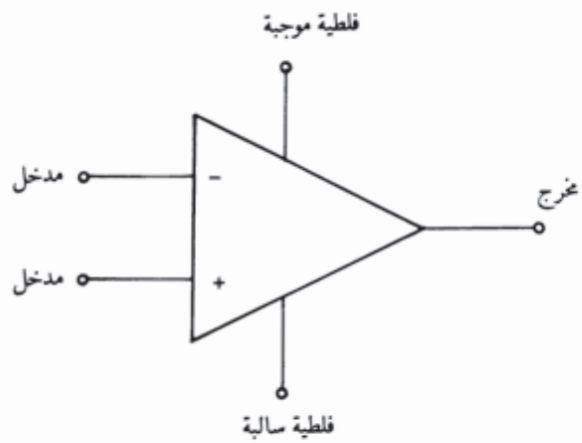
## ٩ ـ ١ مقـــدمـــــة

يعتبر مكبر العمليات (Operational Amplifier) من أهم الدوائر الالكترونية المتكاملة المتوفرة في السوق وأشهرها، ومن أكثرها تصنيعاً وانتشاراً، وذلك لكثرة استخدامه في التطبيقات المختلفة. وهو عبارة عن مكبر ذي مدخلين ومخرج واحد. و يسمى أحد المدخلين بالمدخل العاكس (Inverting) والآخر بالمدخل غير العاكس (Noninverting). و يتميز مكبر العمليات بعدّة خصائص منها كسبه العالي جداً والذي قد يصل إلى أكثر من مائة ألف، وكذلك ممانعة الدّخل العالية جداً، وممانعة الخرج المنخفضة جداً. وللحصول على مثل هذه الخصائص فإن دوائر غالبية مكبرات العمليات تتألف من مرحلة تكبير تفاضلية في مدخله متبوعة بمراحل تكبير أخرى تفاضلية أو غير تفاضلية للحصول على الكسب العالي. أما مرحلة الخرج فهي عبارة عن مكبر من نوع تابع المشعّ (Emitter Follower) للحصول على ممانعة خرج منخفضة. ونظراً للكسب العالي لمكبر العمليات فإنه لا يستخدم في الغالب إلاّ بوجود تغذية راجعة سالبة أو موجبة حسب التطبيق المطلوب. وعادة يتم الحصول على مثل هذه التغذية الراجعة بعناصر خارجية تحدّد بدورها خصائص الدائرة الجديدة، مثل مقدار الكسب في المكبرات، وغير ذلك.

و يستخدم مكبر العمليات في الدوائر الالكترونية التمثيلية مثل المكبرات، والمذبذبات، والمفاضلات والمكاملات وغيرها. كما يستخدم في الدوائر الالكترونية الرقمية مثل المقارنات والدوائر متعددة الاهتزازات وغيرها من التطبيقات الأخرى. وسنبين في هذه الوحدة أهم الدوائر التي تستخدم مكبر العمليات مع شرحٍ موجزٍ عن كلٍّ منها.

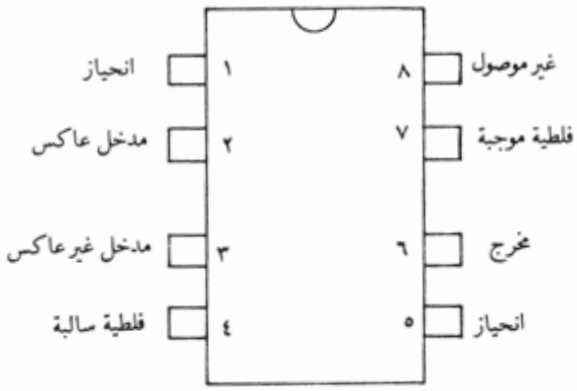
## ٩ ـ ٢ رموز مكبرات العمليات

يبين الشكل (٩-١) الرمز الشائع لمكبر العمليات. و يظهر في الشكل المدخل العاكس مميّزاً بإشارة (-) والمدخل غير العاكس مميزاً بإشارة (+)، بالإضافة إلى طرف المخرج وطرفي مصدر التغذية.




الشكل (٩-١)

و يبين الشكل (٩-٢) توزيع أطراف مكبر العمليات من سلسلة (741) على رقاقة الدائرة المتكاملة التي تتكون من ثمانية أطراف أحدها غير موصول وهو الطرف رقم (٨) . ويمثل الطرفان (٢ ، ٣) المدخل العاكس والمدخل غير العاكس على الترتيب . و يستخدم الطرفان (١ ، ٥) لضبط خرج المكبر الناتج عن الانحياز الداخلي في دائرة المكبر . أما الطرفان (٤ ، ٧) فيوصلان على الترتيب بالقطب السالب والقطب الموجب لمصدر التغذية . كما يمثل الطرف رقم (٦) خرج مكبر العمليات .

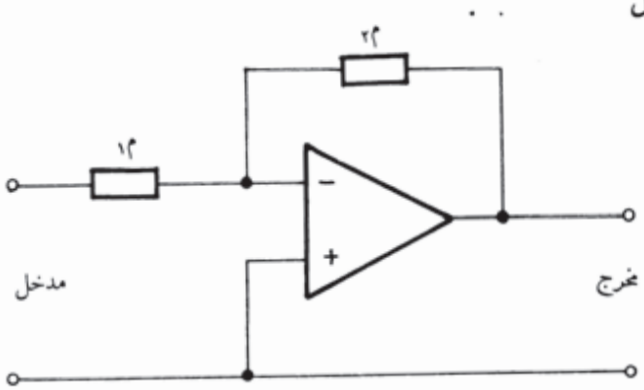



الشكل (٩-٢)

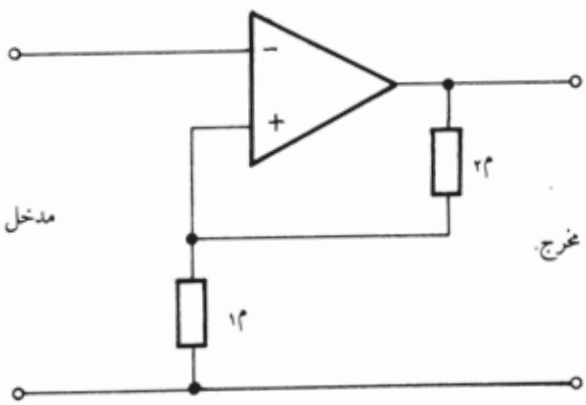
ومن الممكن أن تحتوي رقاقة الدائرة المتكاملة الواحدة على مكبّري عمليّات أو أكثر . ومن ناحية أخرى يمكن تمثيل رقاقة الدائرة المتكاملة بدائرة تتوزع أطراف مكبر العمليات من (١) إلى (٨) على محيطها بدلاً من التمثيل المبين في الشكل (٩-٢) .

## ٩ ـ ٣ المكبرات العاكسة وغير العاكسة

بما أنّ مكبر العمليات يعطي كسباً عالياً جدّاً ، فإنه لا يستخدم لأغراض التكبير إلا بوجود تغذية راجعة سالبة (Negative Feedback) ، وذلك للحصول على كسبٍ محدّد يناسب التطبيق المطلوب . وهناك طريقتان للحصول على عنصر التكبير إحداهما تعطي كسباً سالباً ، أي إنّ إشارة المخرج تكون معاكسة لإشارة المدخل . و يتم ذلك بتوصيل مقاومة بين المخرج والمدخل العاكس . أما الطريقة الأخرى فتعطي كسباً موجباً ، بمعنى أن إشارة المخرج لا تكون معاكسة لإشارة المدخل ، وذلك عن طريق توصيل مقاومة بين المخرج والمدخل غير العاكس . ويمكن تحديد مقدار الكسب للمكبر بتحديد قيم المقاومات الخارجية المستخدمة في نظام التغذية الراجعة فقط ، بحيث لا يعتمد هذا المقدار على كسب مكبر العمليات الأصليّ .

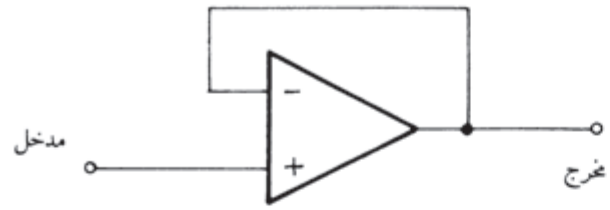



الشكل (٩-٣)




الشكل (٩-٤)

يبين الشكل (٩-٣) مكبراً عاكساً (Inverting Amplifier) ، والشكل (٩-٤) مكبراً غير عاكس (Noninverting Amplifier) . أما الشكل (٩-٥) فيبين مكبّراً عازلاً (Buffer) حيث يكون مقدار الكسب مساو ياً الواحد الصحيح . كما تكون ممانعة مدخلة عالية جدّاً وممانعة مخرجه منخفضة جدّاً .

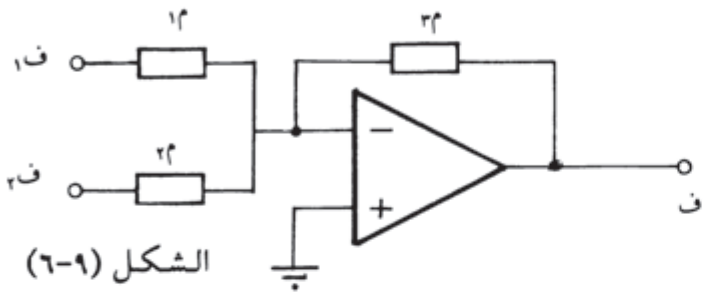



الشكل (٩-٥)

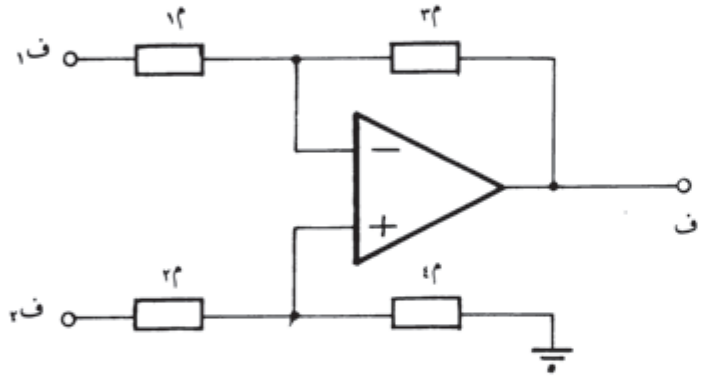
## ٩ ـ ٤ العمليات (Operations)

جاءت تسمية مكبر العمليات بهذا الاسم بسبب استخدامه للقيام ببعض العمليات الرياضية على الإشارة أو الإشارات الداخلة ، مثل الجمع والطرح والمفاضلة والمكاملة وغيرها .

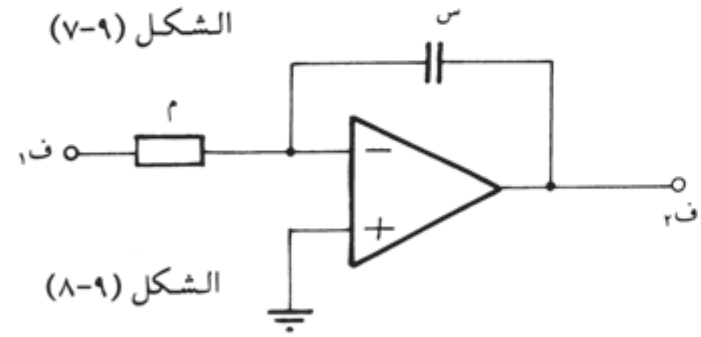
يبين الشكل (٩-٦) مكبر عمليات يقوم بجمع إشارتين بنسب متفاوتة حسب قيم المقاومات ، وتعرف هذه العملية بالمزج (Mixing) . كما يبين الشكل (٩-٧) مكبر عمليات يقوم بطرح إشارة من إشارة أخرى . و يبين الشكل (٩-٨) مكبر عمليات يقوم بإجراء عملية التكامل على الإشارة الداخلة إليه (Integrator) وذلك باستخدام مقاومة ومكثف . و يبين الشكل (٩-٩) مكبر عمليات يقوم بإجراء عملية التفاضل على الإشارة الداخلة إليه (Differentiator) ، وذلك باستخدام مقاومة وملف .



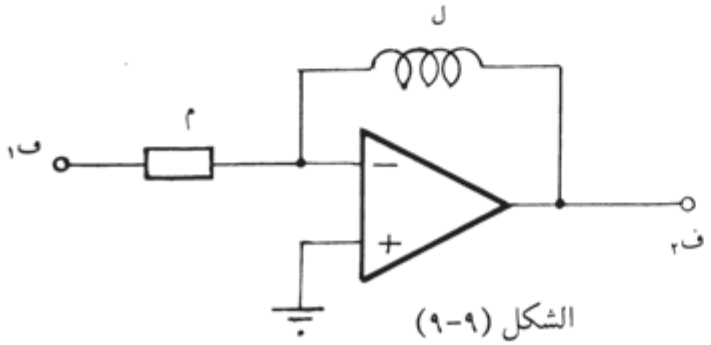

الشكل (٩-٦)



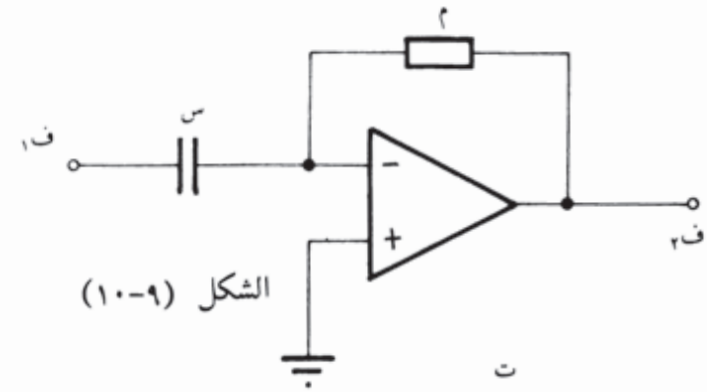

الشكل (٩-٧)




الشكل (٩-٨)



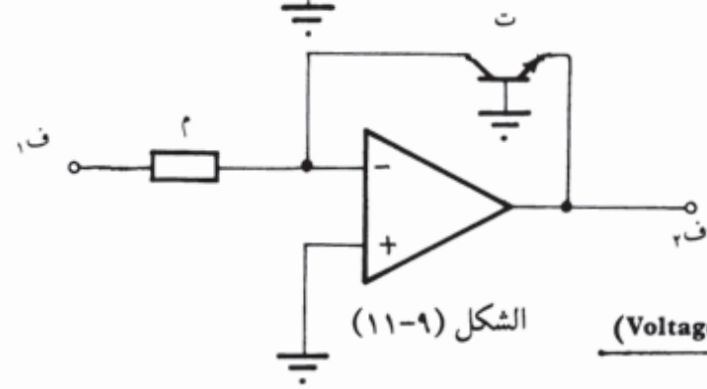

الشكل (٩-٩)




الشكل (٩-١٠)

ومن الجدير بالذكر أنّ ثابت التكامل في مكبر العمليات المبين في الشكل (٩-٨) يعتمد على قيمة كلّ من المقاومة والمكثف .

و يبين الشكل (٩-١٠) مكبر عمليات يعمل كمفاضل ، ولكن باستخدام مكثف بدلاً من الملف .

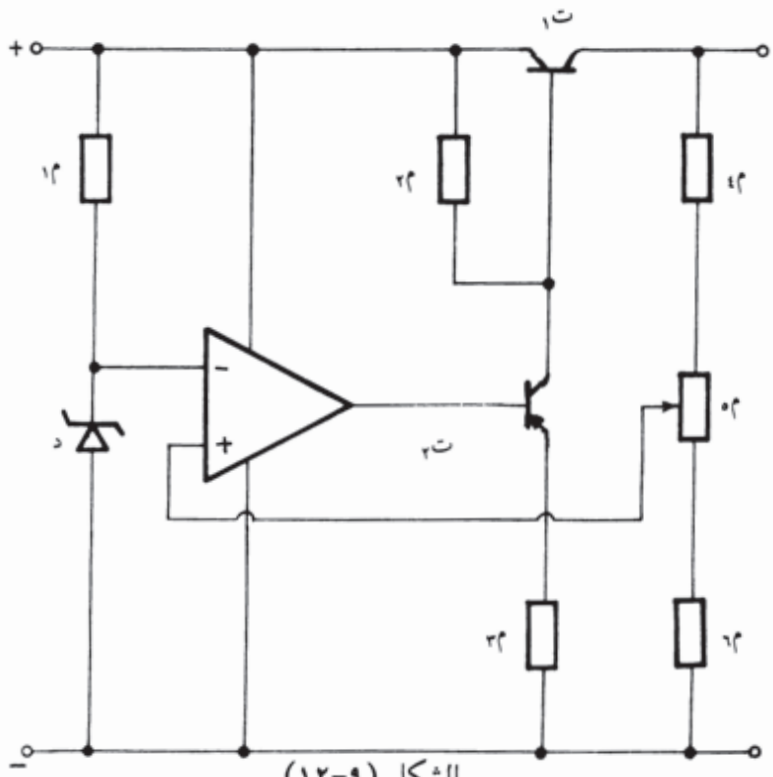



الشكل (٩-١١)

و يبين الشكل (٩-١١) مكبر عمليات يقوم بإيجاد اللوغاريثم للإشارة الداخلة .

## ٩ ـ ٥ منظمات الفلطية (Voltage Regulators)

تحتاج معظم الدوائر الالكترونية إلى مصدر قدرة منظّم (Regulated) ، حتى تعمل بصورة جيّدة . وبما أنّ معظم مصادر القدرة مستمدّة من فلطية الشبكة الكهربائية العامّة التي تتعرّض لتغيّرات كبيرة نوعاً ما بسبب تغيّر الأحمال على الشبكة ، فإنّ فلطية خرج المقوّمات تتأثر تأثراً مباشراً بهذه التغيرات ، مما يجعلها غير صالحة للاستخدام في كثير من الدوائر الالكترونية الحساسة لتغيّرات الفلطية . لذا كان لابدّ من طريقةٍ لتنظيم الفلطية الخارجة من المقوّمات ، بحيث تكون قيمة الفلطية الخارجة من المنظم ثابتة ضمن حدود مقبولة على الرغم من التغيرات في الفلطية على مدخل المنظم .




الشكل (٩-١٢)

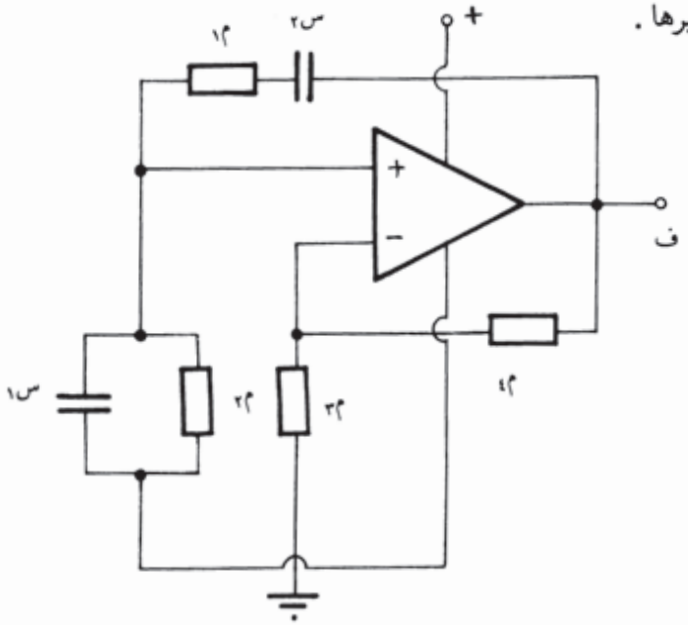
و يبين الشكل (٩-١٢) منظم فلطية يستخدم مكبر عمليات . و يتلخص دور مكبر العمليات في هذه الدائرة في مقارنة جزء من فلطية خرج المنظم مع فلطية مرجعية يحددها ثنائي زنر .

ونظراً لأن فلطية خرج مكبر العمليات تتناسب مع الفرق بين هاتين الفلطيتين ، فإنّ هذا الفرق يتحكم في عمل الترانزستور (ت٢) والترانزستور (ت١) . و يعمل هذان الترانزستوران بدورهما على تقليل فلطية خرج المنظم أو زيادتها حسب الحاجة لتبقى ضمن حدودٍ معقولة .

إن فلطية دخل المنظم تساوي مجموع فلطية الخرج والفلطية بين المشع والمجمّع للترانزستور (ت١) . وتنعكس التغيرات في فلطية الدخل على الفلطية بين المشع والمجمع للترانزستور (ت١) ، أما فلطية خرج المنظم فتظلّ ثابتةً إلى حدٍّ ما .

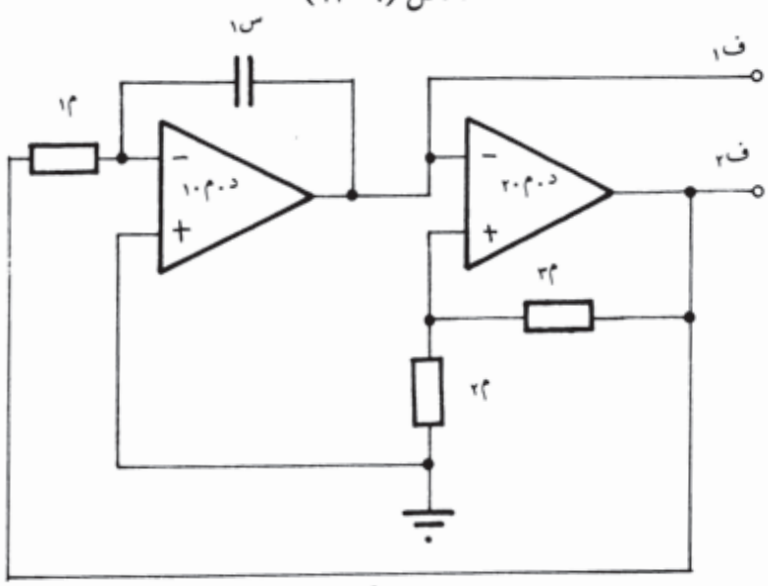
## ٩ ـ ٦ المذبذبات (Oscillators)

تتكوّن المذبذبات بشكل عام من مكبر ونظام تغذية راجعة موجبة ، حيث يقوم نظام التغذية الراجعة بإعادة جزء محدد من فلطية أو تيار خرج المكبر إلى مدخله بطورٍ مناسب للحصول على تذبذب ذاتي في النظام . ويمكن الحصول على شرط التذبذب باستخدام شبكات تغذيةٍ راجعة مختلفة حسب نوع المذبذب مثل مذبذبات قنطرة و ين (Wien Bridge) ، ومذبذبات (ل ـ س) وغيرها .




الشكل (٩-١٣)

يبين الشكل (٩-١٣) مذبذباً من نوع قنطرة و ين يستخدم مكبر عمليات وتقوم المقاومات والمكثفات بتوفير التغذية الراجعة المناسبة عند التردد المطلوب . و يعطي هذا المذبذب إشارة جيبية بترددٍ تحدّده قيم المكثفات والمقاومات . و يبين الشكل (٩-١٤) مذبذباً يستخدم مكبري عمليات و يعطي إشارة مستطيلة عند الخرج (ف٢) ، وإشارة مثلثة عند الخرج (ف١) . ومن الجدير بالذكر أنّ مكبر العمليات الأول يعمل كمكامل (Integrator) ، في حين يعمل مكبر العمليات الثاني كقادح شميت (Schmitt Trigger) .




الشكل (٩-١٤)

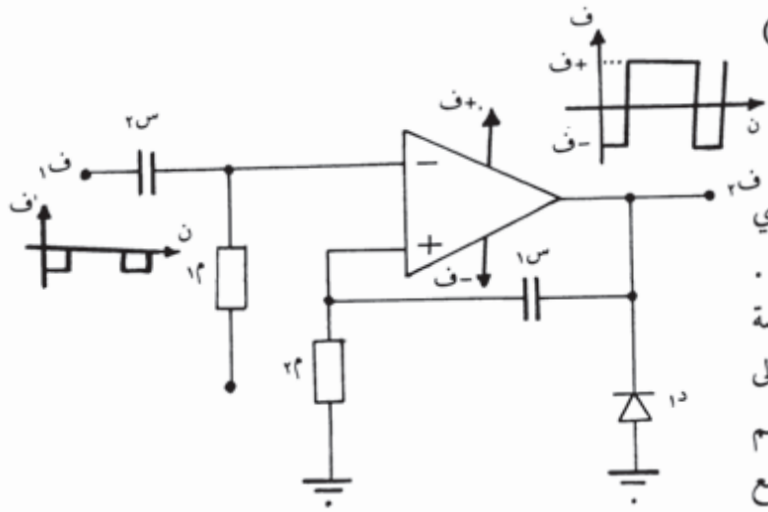
## ٩ ـ ٧ الدوائر متعددة الاهتزازات (Multivibrators)

تعتبر الدوائر متعددة الاهتزازات من أهم دوائر التوقيت المستخدمة في الدوائر الرقمية . وتنقسم إلى ثلاثة أنواع هي :

أ ــ المهتز أحاديّ الاستقرار (Monostable)

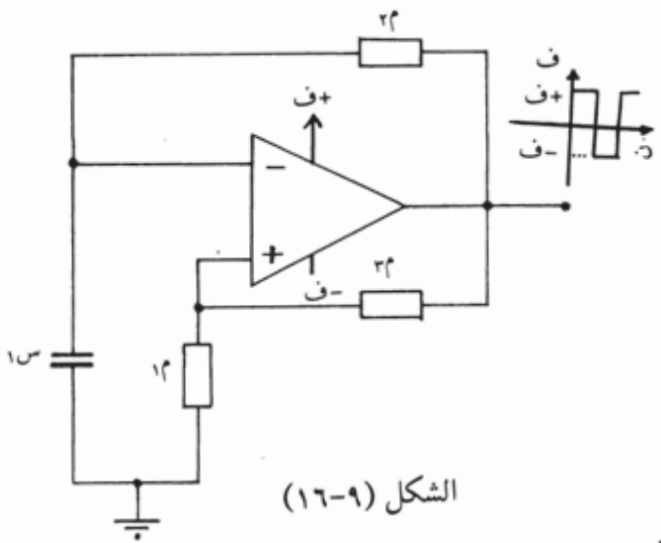
ب ــ المهتز ثنائي الاستقرار (Bistable)

جـ ــ المهتز غير المستقرّ (Astable)




الشكل (٩-١٥)

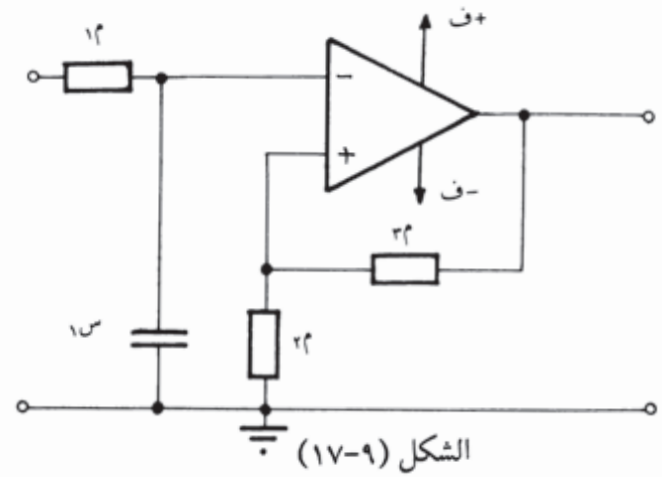
يبين الشكل (٩-١٥) دائرة مهتز أحادي الاستقرار يستخدم فيها مكبر عمليات . وتعمل هذه الدائرة عند قدح المدخل بنبضة معينة فيتغير الخرج من وضع الاستقرار إلى وضع شبه مستقر لفترة زمنية تحددها قيم المقاومة والمكثف . وتعود الدائرة إلى وضع الاستقرار إلى أن تقدح مرّة أخرى . أما الشكل (٩-١٦) فيبين مهتزاً غير مستقرّ، وهو مذبذب يعطي موجة مستطيلة .



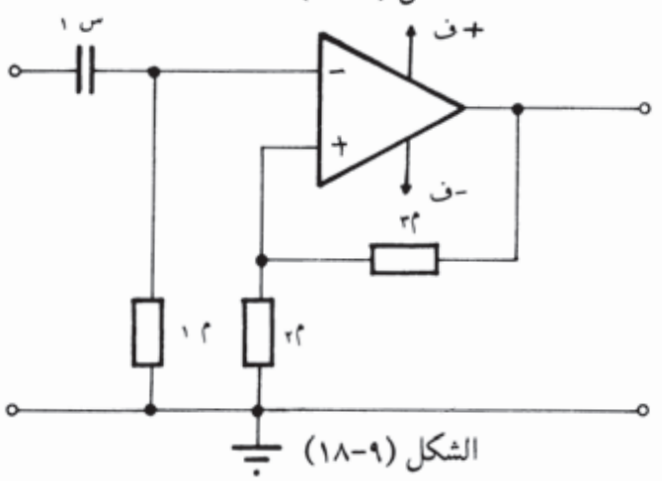

الشكل (٩-١٦)

## ٩ ـ ٨ المرشحات الفعّالة (Active Filters)

تقوم المرشحات بشكل عام بالسماح بمرور نطاق ترددي معين بينما لا تسمح بمرور بقية الترددات من طيف الترددات لإشارة معينة وهناك أنواعاً مختلفة من المرشحات مثل مرشحات تمرير الترددات المنخفضة (Low Pass) حيث يمتدّ النطاق المسموح بمروره من الصفر إلى تردد أقصى معين ، ومرشحات تمرير الترددات العالية (High Pass) التي تسمح بمرور الترددات التي تفوق قيمتها قيمة تردد أدنى معيّن . وهناك أيضاً مرشحات تمرير نطاق ترددي (Band Pass) ، ومرشحات منع نطاق ترددي (Band Stop) وغيرها .




الشكل (٩-١٧)




الشكل (٩-١٨)

وتنقسم المرشحات إلى مرشحات غير فعّالة (Passive) تتكون من مقاومات ومكثفات وملفات فقط ، ومرشحات فعّالة (Active) تحتوي على عناصر فعّالة بالإضافة إلى العناصر غير الفعّالة المذكورة. و يبين الشكل (٩-١٧) مرشح تمرير ترددات منخفضة حيث يكون العنصر الفعّال فيه هو مكبر العمليات . أما الشكل (٩-١٨) فيبين مرشح تمرير ترددات عالية .

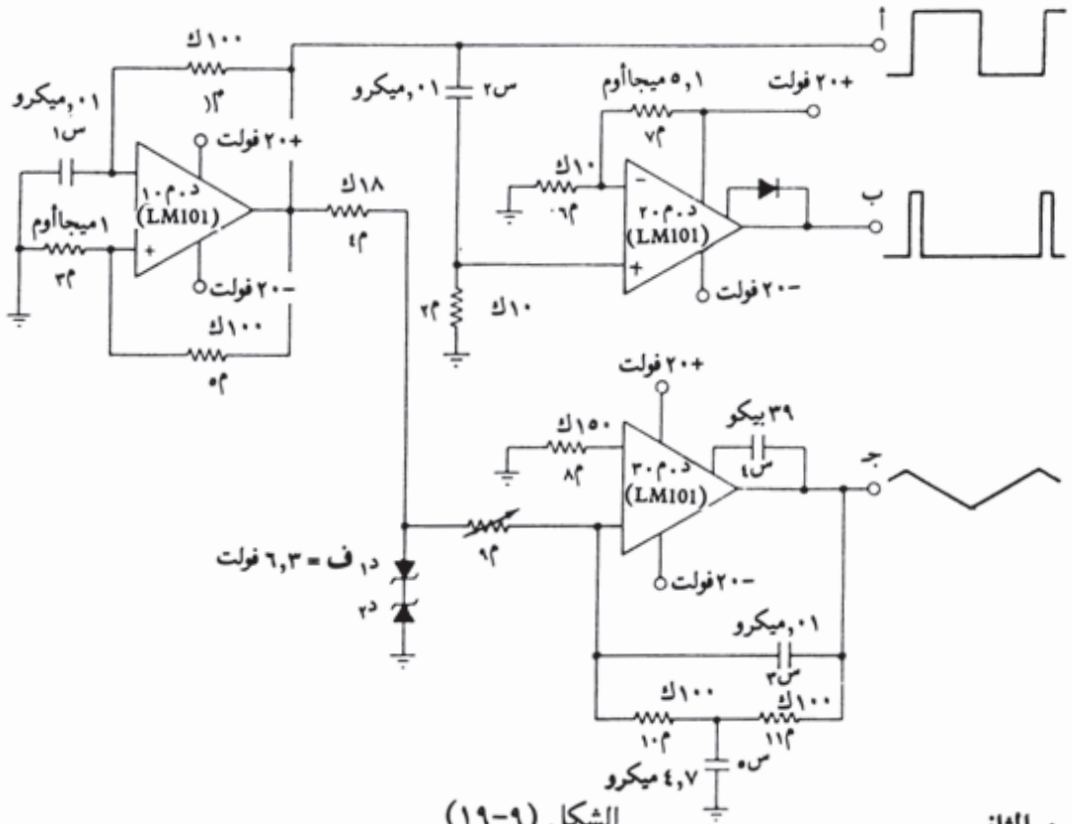
## تمـــاريـــن

### التمريـــن الأوّل

يبين الشكل (٩-١٩) مولّد دوالّ (Functions) مربعة ومثلثة ونبضيّة باستخدام مكبرات العمليات .

أ ــ حدّد وظيفة كلّ مكبر عمليات في هذا المخطط .

ب ــ أعد رسم هذا المخطط بمقياس رسم مناسب مع تبديل رمز المقاومات المستخدم برمزٍ آخر.



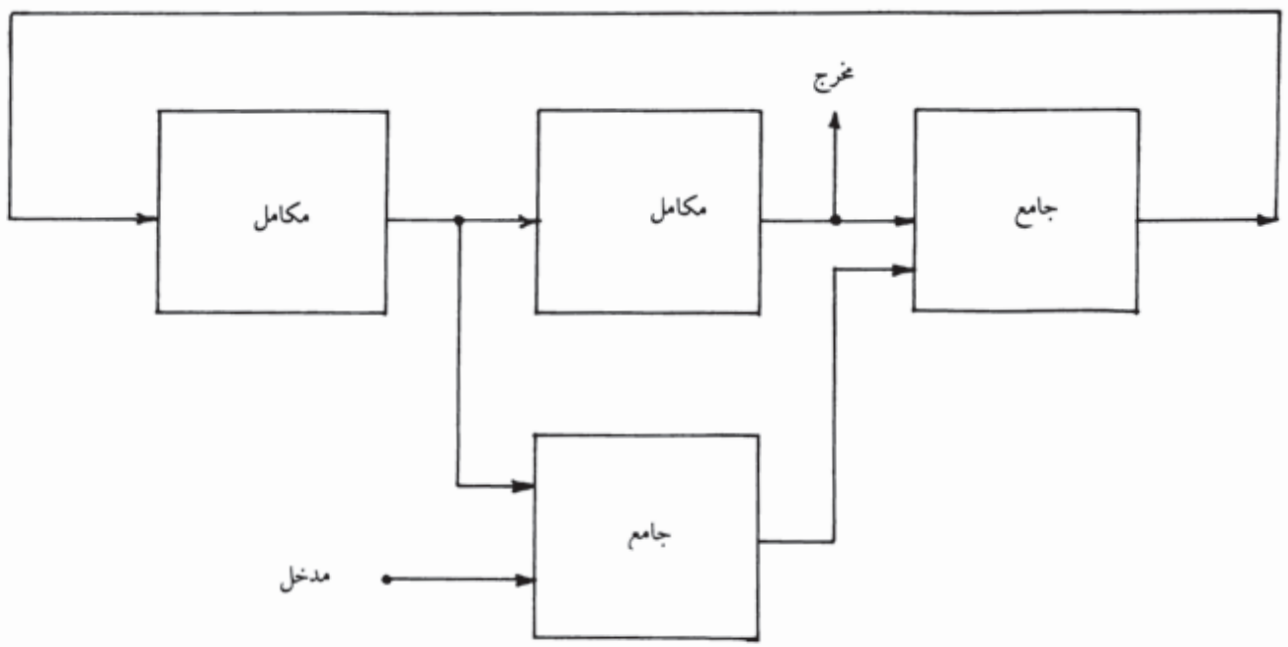

الشكل (٩-١٩)

## التمريـــن الثاني

يمثل الشكل (٩-٢٠) مخططاً صندوقياً لحاسوب مبرمج لحلّ معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية .

أ ــ أرسم المخطط التمثيلي المناظر لهذا المخطط الصندوقي باستخدام مكبرات العمليات .

ب ــ ارسم المخطط الصندوقي بمقياس رسم مناسب




الشكل (٩-٢٠)

# الوحـــدة العاشـــرة

# أجهزة القياس الكهربائية والالكترونية

## ١٠ ـ ١ تصنيف أجهزة القياس

حسب مبدأ العمل يمكن تصنيف أجهزة القياس إلى الأنواع التالية :

- جهاز القياس ذو الملف المتحرك .
- جهاز القياس ذو القطعة الحديدية المتحركة .
- جهاز القياس الكهروديناميكي .
- جهاز القياس الفروديناميكي .
- جهاز القياس ذو السلك الحراري .
- جهاز القياس ذو الازدواج الحراري .
- جهاز القياس ذو الصمام الأيوني الحراري .
- جهاز القياس ذو الريشة المهتزة .
- جهاز القياس الكهرضوئي .

وتكون تداريج أجهزة القياس اما منتظمة ، كما هو الحال في أجهزة الملف المتحرك ، أو غير منتظمة كما في أجهزة الحديدة المتحركة .

و يبين الجدول (١٠-١) عدداً من الرموز المعروفة المستخدمة في تمثيل أجهزة القياس أو اعطاء معلومات هامة عنها مثل نوع الجهاز، أو الكمية التي يمكن قياسها باستخدام الجهاز، أو الوضع الذي يستخدم فيه .

## الجـــدول (١٠ ـ ١)

| الرمز | المعنى | الرمز | المعنى |
|---|---|---|---|
| | فولتميتر | | جهاز بمغناطيس دائم وملف متحرك |
| | أميتر | | جهاز نسبي بمغناطيس دائم |
| | أوميتر | | جهاز بمغناطيس دائم متحرك |
| | مقياس تردد | | جهاز بحديدة متحركة |
| | مقياس معامل القدرة | | جهاز نسبي بحديدة متحركة |
| | واط ميتر | | جهاز كهروديناميكي |
| | مقياس كمية الكهرباء | | جهاز كهروديناميكي ذو قلب حديدي |
| | مقياس الطاقة | | جهاز بريش مهتزة |
| | جهد اختبار العزل = ٥٠٠ فولت | | جهاز بازدواج حراري غير معزول |
| | جهد اختبار العزل = ٢ ك . ف . | | جهاز بملف متحرك به مقوم للتيار |
| | لوحة بيان أفقية | | جهاز بازدواج معدني |
| | لوحة بيان رأسية | | |
| | لوحة بيان مائلة بزاوية ٦٠° | | جهاز تأثيري |
| | ضبط الصفر | | يرجع إلى النشرة الخاصة |

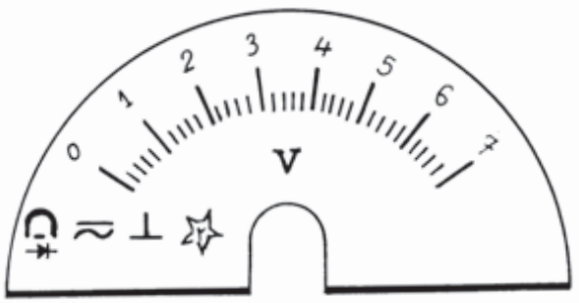
و يعطي الشكل (١٠-١) المعلومات التالية عن جهاز القياس الذي يظهر تدريجه في الشكل :

ـــ جهاز فولتميتر منتظم التدريج ، ذو ملف متحرك ومقوّم .

ـــ يقيس الفلطية المباشرة والمتناوبة .

ـــ يجب استخدامه في وضع عمودي .

ـــ جهد اختبار العزل له يساوي ٢ كيلوفولت .



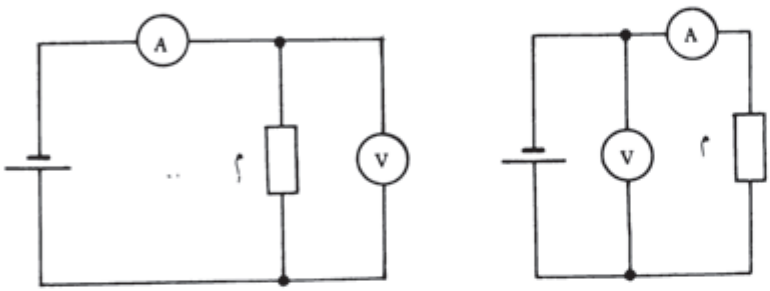

الشكل (١٠-١)

ومن ناحية أخرى تصنف أجهزة القياس إلى أجهزة ابتدائية (Primary) وأجهزة ثانوية (Secondary) . فالجهاز الابتدائي هو جهاز مرجعي لا يحتاج إلى معايرة ، في حين تحتاج الأجهزة الثانوية إلى المعايرة بمقارنتها بالأجهزة الابتدائية . وتكون الأجهزة الابتدائية موجودة في مختبرات المعايرة وهي غير متوفرة للاستعمال اليومي .

وتحتاج أجهزة القياس إلى عمليات معايرة يقوم بها الفني الذي يستخدم الجهاز للحصول على قراءات دقيقة . ومن الأمثلة على ذلك ضبط الصفر في أجهزة قياس المقاومة أو ضبط المؤشر على الصفر بوساطة برغي صغير خاص عند قياس الفلطية أو التيار .

وفي بعض الأحيان يتعذر ضبط الصفر في جهاز الأوميتر ، وذلك عندما تكون بطارية الجهاز ضعيفة أو مستهلكة .

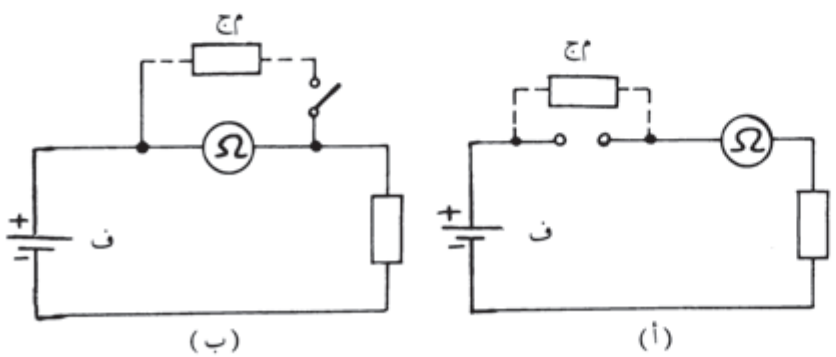
## ١٠ ـ ٢ توصيل أجهزة القياس



الشكل (١٠-٢)

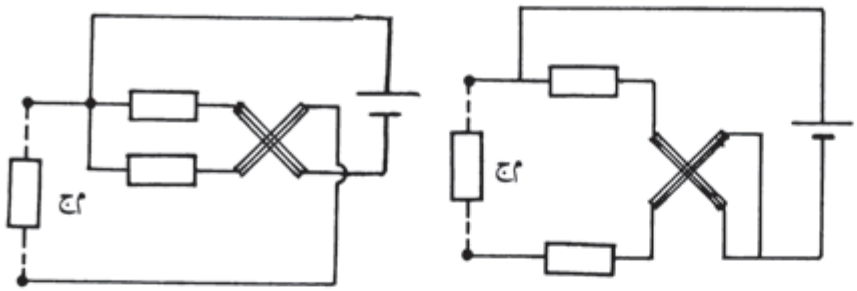
يوصل جهاز الأميتر على التوالي مع الحمل المراد قياس شدة التيار المار فيه . أما جهاز الفولتميتر فيوصل على التوازي مع طرفي الفلطية المراد قياسها . و يبين الشكل (١٠-٢) كيفية توصيل الفولتميتر والأميتر في دائرة كهربائية . ومن الجدير بالذكر أن أجهزة القياس الموصولة في دائرة معينة يجب ألا تؤثر على معطيات الدائرة ذاتها . لذا تصنع أجهزة قياس الفلطية بحيث تكون مقاومتها الداخلية عالية جداً ، في حين تكون المقاومة الداخلية لأجهزة قياس التيار قليلة جداً .

أما بخصوص أجهزة قياس المقاومة ( الاوميترات ) فتقسم إلى أوميترات توال (Series Type) ، وأوميترات توازٍ (Shunt Type) ، وذلك من حيث كيفية توصيل المقاومة المراد قياسها مع هذه الأجهزة . وتستخدم أوميترات التوالي لقياس المقاومات العالية ، أما أوميترات التوازي فتستخدم لقياس المقاومات المنخفضة .




و يوضح الشكل (١٠-٣-أ) كيفية توصيل مقاومة مجهولة بأوميتر توال ذي ملف واحد ، والشكل (١٠-٣-ب) كيفية توصيل مقاومة مجهولة بأوميتر توازٍ ذي ملف واحد . أما الشكلان (١٠ - ٣ - جـ) و(١٠-٣-د) فيوضحان على الترتيب كيفية توصيل مقاومة مجهولة بأوميتر

توالٍ ذي ملفين ثم بأوميتر توازٍ ذي ملفين . وقد رمز للمقاومة المجهولة في الأشكال المذكورة بالرمز م ج .

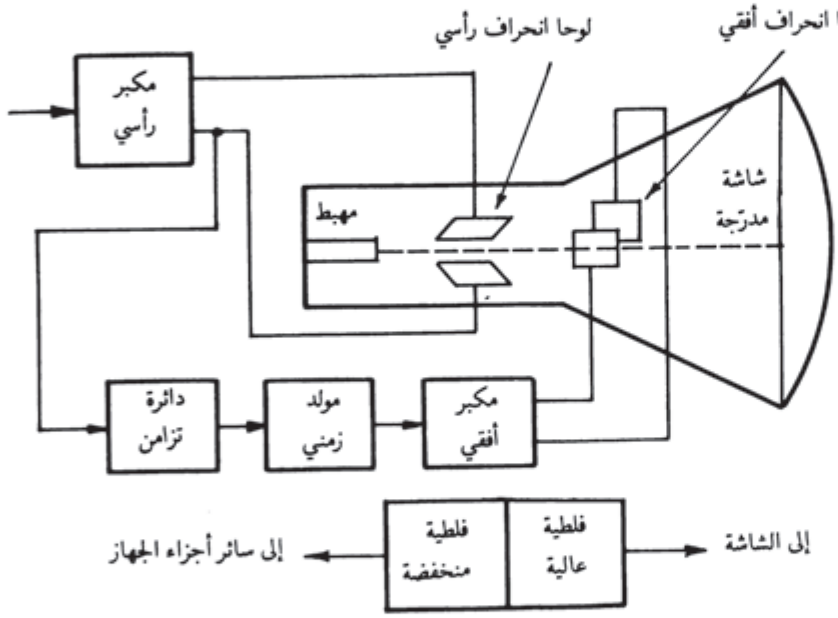



((د)) الشكل (١٠-٣) (جـ)

## ١٠ ـ ٣ المخططات الصندوقية لأجهزة القياس

سنورد فيما يلي عدداً من الأمثلة على المخططات الصندوقية التي تهدف إلى بيان الأجزاء الرئيسية التي تتكون منها بعض أجهزة القياس الهامة والمستخدمة بكثرة .

فالشكل (١٠-٤) يوضح المخطط الصندوقي المبسط لجهاز راسم الاشارات الكهربائية (Osciloscope) ، وهو جهاز متعدد الأغراض يستخدم لرسم الاشارات الكهربائية المختلفة وقياس اتساعها وترددها وزمنها الدوري ، بالإضافة إلى قياس الفرق في الطور بين اشارتين وقياس ترددات مجهولة باستخدام أشكال ليساجو التي تم شرحها في الباب الخامس .



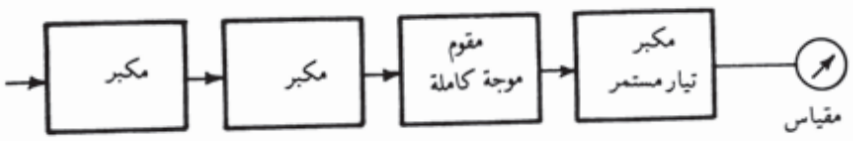

الشكل (١٠-٤)

يتكون راسم الاشارات متعددة الأغراض من :

ـ الشاشة ( انبوبة أشعة المهبط ) .
ـ المكبر الأفقي .
ـ المكبر العمودي .
ـ المولد الزمني .
ـ دائرة التزامن .
ـ مصدر التغذية بالفلطية المنخفضة .
ـ مصدر التغذية بالفلطية العالية .

و يوضع فوق سطح شاشة الراسم تدريج أفقي وعمودي لتسهيل قراءة القيم بصورة دقيقة .

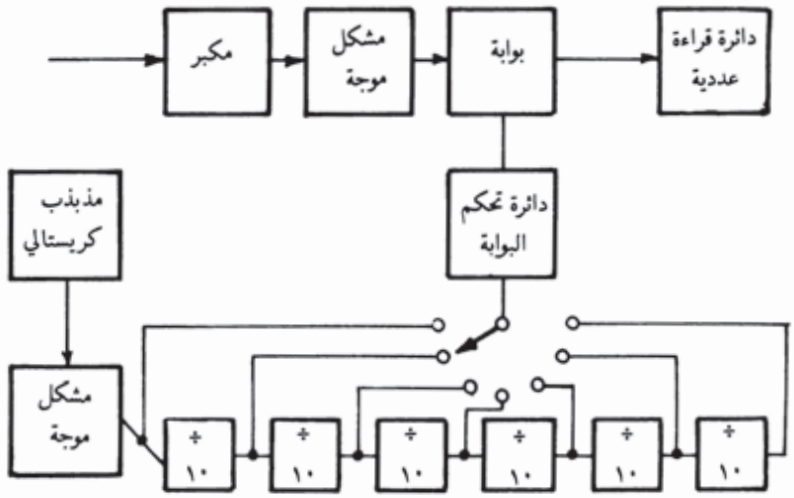
أما الشكل (١٠-٥) فهو عبارة عن مخطط صندوقي مبسط لجهاز الفولتميتر الالكتروني ، وهو جهاز ذو حساسية عالية جداً . و يستخدم هذا الجهاز لقياس فلطيات تتراوح بين ١٠٠ ميكروفولت و ٣٠٠ فولت .




الشكل (١٠-٥)

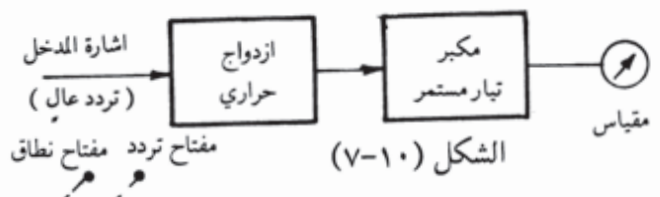
وتقسم تداريجه عادة على أساس القيمة الفعالة لموجة جيبية . فإذا كانت الاشارة غير جيبية فإن قراءة الفولتميتر الالكتروني لا تكون صحيحة .

ومن الأمثلة الأخرى المخطط الصندوقي لعداد التردد المبين في الشكل (١٠-٦) ، وهو جهاز رقمي (Digital) مزود بوحدة إظهار تظهر عليها قيمة التردد المراد قياسه مباشرة على شكل أرقام . و يعتمد هذا الجهاز في عمله على مقارنة التردد المراد قياسه بتردد آخر دقيق ومعلوم .



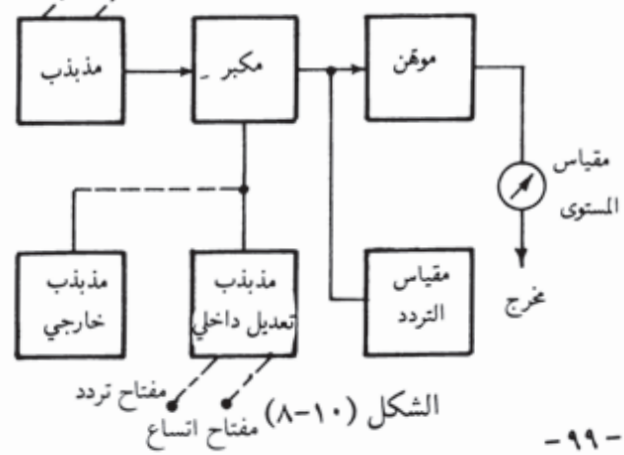

الشكل (١٠-٦)

أما الشكل (١٠-٧) فهو مخطط صندوقي مبسط لجهاز قياس القدرة لاشارة ذات تردد عال قد يصل إلى ١٠ جيجاهيرتز أو أكثر .




الشكل (١٠-٧)

وعلى الرغم من أن مولد الاشارات لا ينتمي إلى أجهزة القياس فقد رأينا أن نوضح المكونات الرئيسية له في المخطط الصندوقي الذي يبينه الشكل (١٠-٨) . وهو جهاز يقوم بتوليد اشارات كهربائية يمكن التحكم باتساعها وترددها . وتصنف أجهزة توليد الاشارات الى مولدات اشارات صوتية ومولدات اشارات راديو ية .




الشكل (١٠-٨)

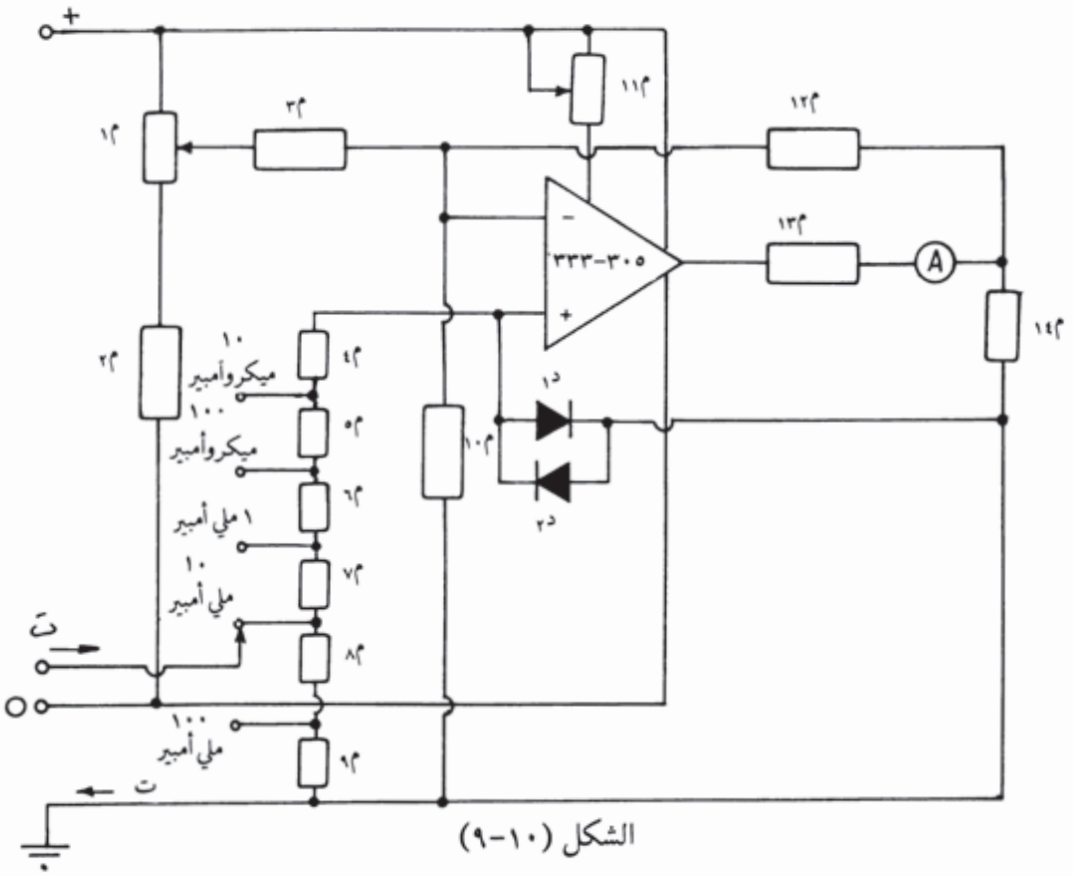
و يعطي مولد الاشارات أشكالاً مختلفة من الاشارات الكهربائية مثل الموجة الجيبية والمربعة والمثلثة وموجة سنّ المنشار، كما تعطي بعض هذه المولدات موجاتٍ معدّلة اتساعياً أو ترددياً .

## ١٠ ـ ٤ المخططات التمثيلية لأجهزة القياس

يبين الشكل (١٠-٩) مخططاً تمثيلياً لجهاز قياس تيار ( أميتر ) تشبيهي يصلح لقياس تيارات تتراوح ما بين ١٠ ميكروأمبير و ١٠٠ ملي أمبير. وفيما يلي قائمة بالقطع المكوّنة لهذا الجهاز وقيمة كلٍّ منها .

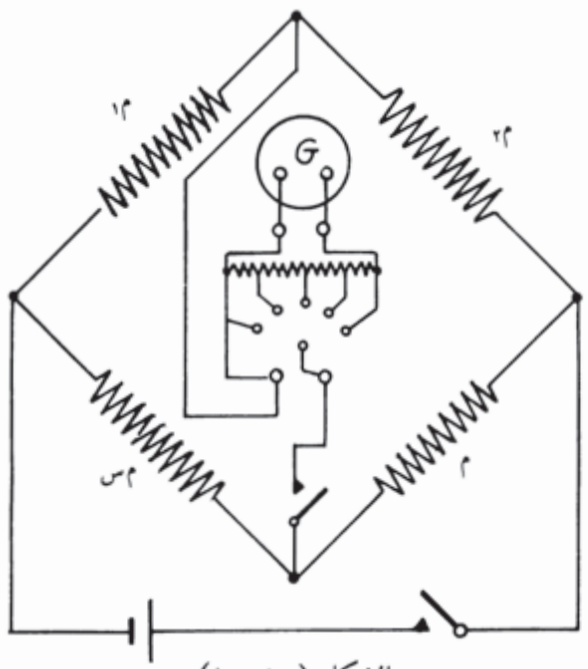
**الجـــدول (١٠ ـ ٢)**

| الرمز | القيمة أو الرقم |
|---|---|
| م١ | ١٠ ك |
| م٢ | ١٠ ك |
| م٣ | ١ م |
| م٤ | ٤,٥ ك |
| م٥ | ٤٥٠ |
| م٦ | ٤٥ |
| م٧ | ٤,٥ |
| م٨ | ٠,٤٥ |
| م٩ | ٠,٠٤٥ |
| م١٠ | ٥ ك |
| م١١ | ١ ك |
| م١٢ | ٢٤٥ ك |
| م١٣ | ١ ك |
| م١٤ | ٢٥٠ |
| د١ ، د٢ | 1N 4001 |



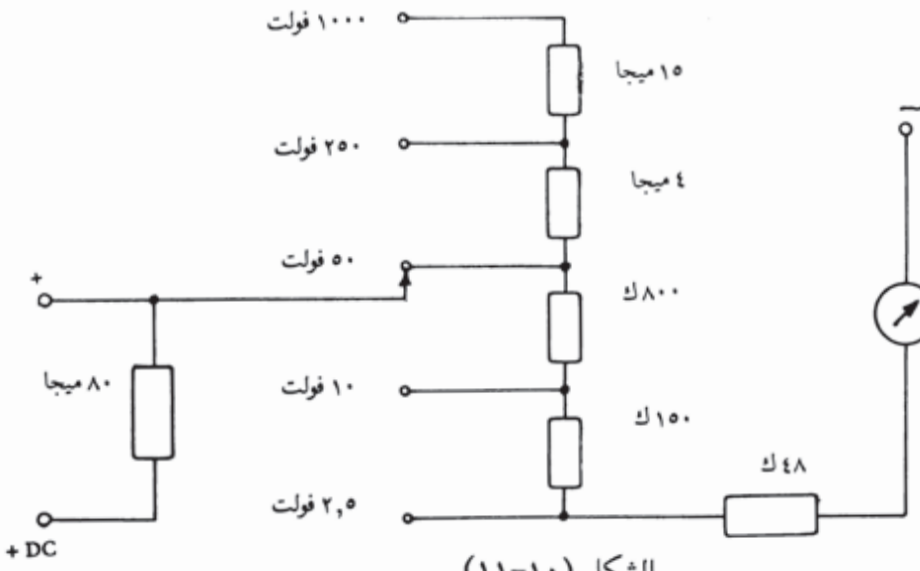

الشكل (١٠-٩)

ومن الطرق المتبعة في قياس المقاومة استخدام قنطرة ويتستون (Wheatstone Bridge) . ويبين الشكل (١٠-١٠) مخططاً تمثيلياً لهذه القنطرة . وتتألف من أربعة أذرع ، حيث يشكل الذراع م س ذراع المقاومة المجهولة .




الشكل (١٠-١٠)

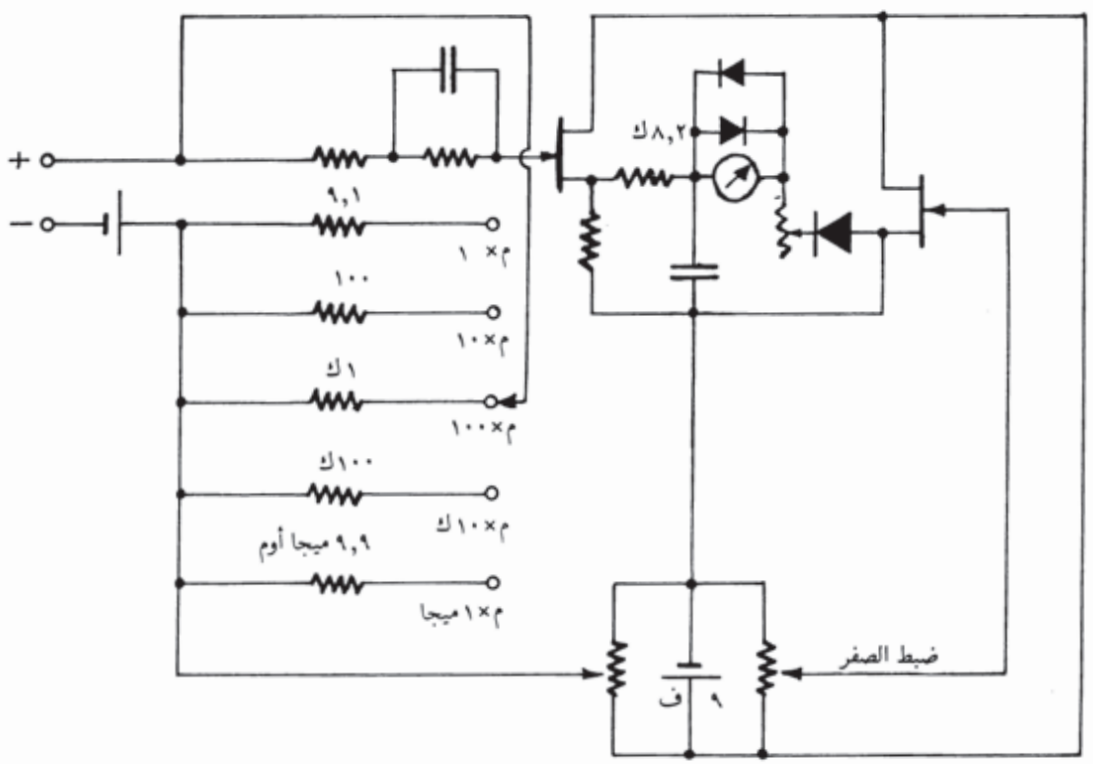
أما الشكل (١٠-١١) فيبين المخطط التمثيلي لدائرة فولتميتر عملية . وعندما يختار المدى ٢,٥ فولت تكون المقاومة ٤٨ كيلوأوم هي الموصولة على التوالي مع المقياس دون غيرها . وعند تغيير المدى إلى ١٠ فولت تضاف مقاومة قيمتها ١٥٠ كيلوأوم إلى المقاومة السابقة . وهكذا حتى نصل إلى أعلى مدى للقياس وهو ١٠٠٠ فولت ، حيث تكون جميع المقاومات موصولة على التوالي مع المقياس .



الشكل (١٠-١١)

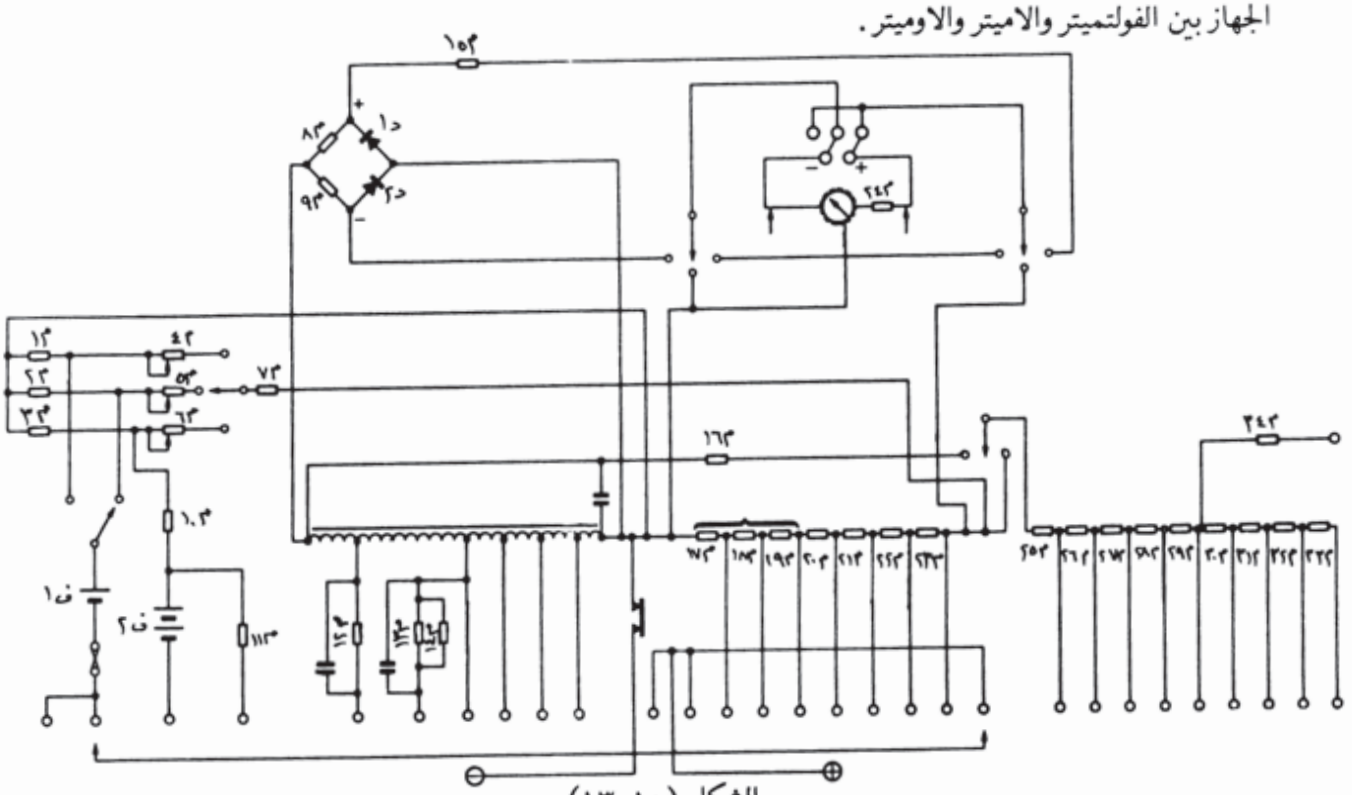
وعند قياس فلطية عالية باستخدام هذه الدائرة يجب التأكد من ملاءمة مدى القياس المستخدم ، وإلا فإن الدائرة قد تتعرض للعطب لأنها لا تحتوي على وسيلة للحماية .

و يبين الشكل (١٠-١٢) دائرة مبسطة لجهاز أوميتر تمثيلي .



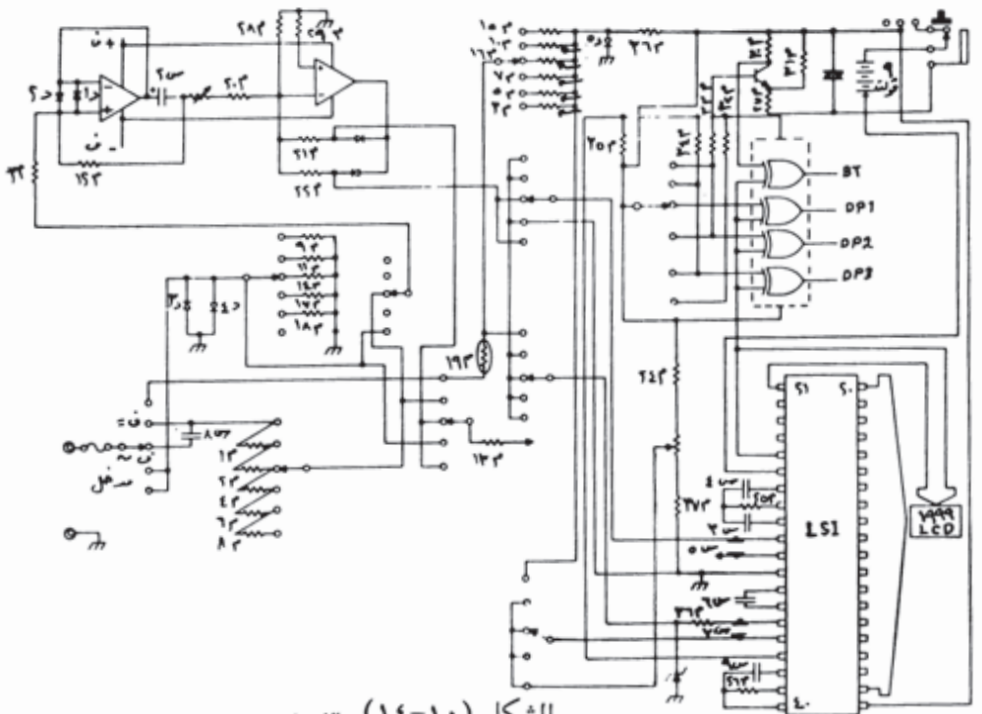
الشكل (١٠-١٢)

أما الشكل (١٠-١٣) فيبين مخططاً تمثيلياً لجهاز أفوميتر تمثيلي لقياس الفلطية والتيار والمقاومة . ويجمع هذا الجهاز بين الفولتميتر والاميتر والاوميتر .

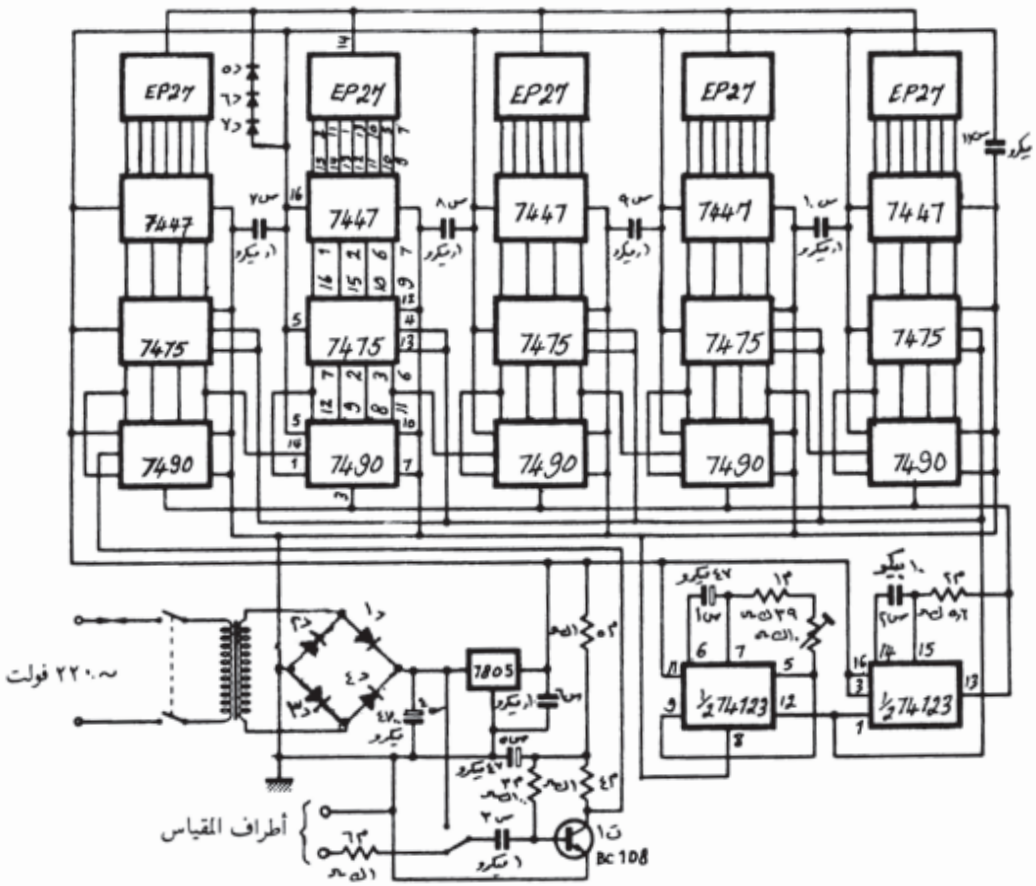


الشكل (١٠-١٣)

ومن الأمثلة على المخططات التمثيلية لأجهزة القياس الرقمية الشكل (١٠-١٤) الذي يبين مخططاً تمثيلياً لجهاز فولتميتر رقمي (Digital Voltmeter) ، والشكل (١٠-١٥) الذي يبين مخططاً تمثيلياً لعداد تردد رقمي (Digital Frequency Counter) .




الشكل (١٠-١٤)-١٠٣-



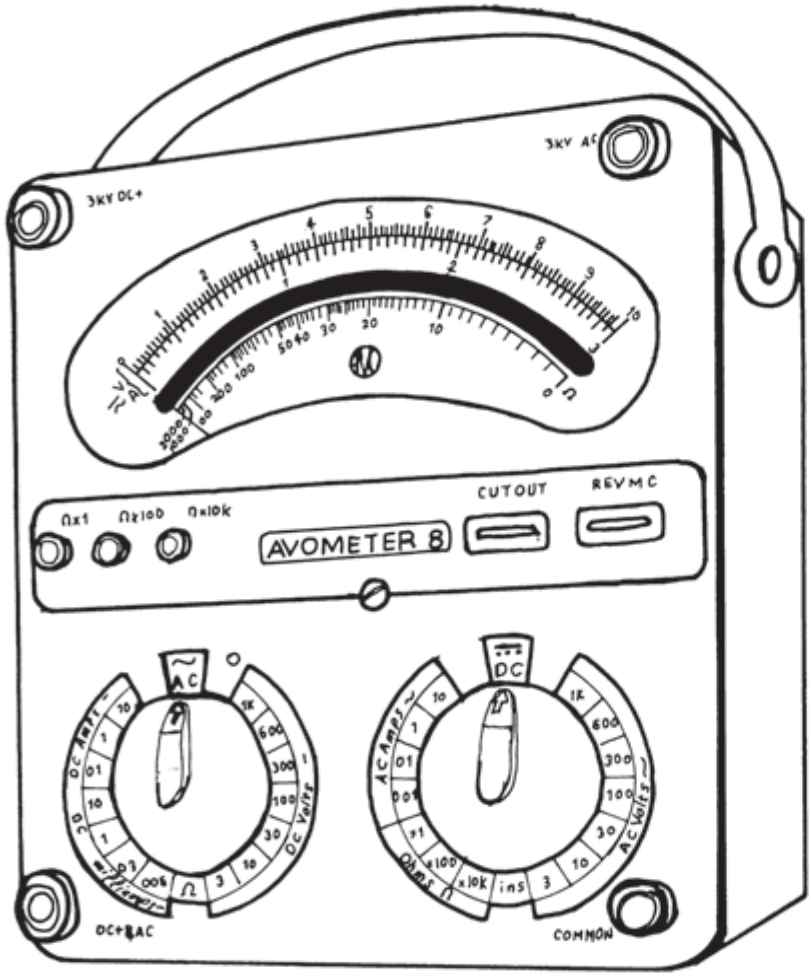

الشكل (١٠-١٥)

## ١٠ ـ ٥ دوائر التغذية والحماية لأجهزة القياس

تتم تغذية بعض أنواع أجهزة القياس باستخدام مصدر فلطية مباشرة ( بطارية ) . ويحتوي الافوميتر المبين في الشكل (١٠-١٦) مثلاً على بطاريتين جافتين فلطية احداهما ١,٥ فولت وفلطية الاخرى ١٥ فولت . وتعتبر البطارية ذات أهمية كبيرة بالنسبة للاوميتر، اذ يؤدي ضعفها إلى عدم التمكن من ضبط الصفر قبل قياس المقاومة .

وهناك أجهزة قياس أخرى مثل الفولتميتر الالكتروني تغذّى من مصدر الفلطية المتناوبة ٢٢٠ فولت ، وتحتوي بداخلها على دائرة توحيد .

وتعدّ حماية أجهزة القياس من أهم الامور التي يجب أخذها بعين الاعتبار. فالاستعمال الخاطىء لجهاز قياس لا يحتوي على وسيلة للحماية يؤدي إلى تعطّله وتلف بعض أجزائه. وعادة تتم حماية أجهزة القياس بوساطة المصهرات (Fuses). ويحتوي جهاز الافوميتر المبين في الشكل (١٠-١٦) على كبسة خاصة تعرف باسم (Cutout) وتؤدي إلى فصل الجهاز عن الدائرة الكهربائية في حالة حدوث قصر أو زيادة في التيار.




الشكل (١٠-١٦)

## تمـاريـن

### التمريـن الأول

أ ــ ارسم المخطط الصندوقي لجهاز راسم الإشارة المبين في الشكل (١٠-٤) بمقياس رسم مناسب.

ب ــ ارسم المخطط الصندوقي لعدّاد التردد المبين في الشكل (١٠-٦) بمقياس رسم مناسب.

### التمريـن الثاني

أ ــ ارسم المخطط التمثيلي لجهاز افوميتر تشبيهي.

ب ــ اعمل جدولاً بالعناصر والقطع الالكترونية التي يتكون منها الجهار.

### التمريـن الثالث

أ ــ ارسم المخطط التمثيلي للاوميتر المبين في الشكل (١٠-١٢) بمقياس رسم مناسب.

ب ــ اعمل جدولاً بالعناصر والقطع الالكترونية التي يتكون منها الجهاز.

### التمريـن الرابع

أ ــ ارسم المخطط التمثيلي لعدّاد التردد الرقمي المبين في الشكل (١٠-١٥) بمقياس رسم مناسب.

ب ــ اعمل جدولاً بالعناصر والقطع الالكترونية التي يتكون منها الجهاز.

# الـوحـدة الحاديـة عشـرة
# ألـواح الدوائـر المطبوعـة

## ١١ ـ ١ أجهزة الربط (Interconnecting Devices)

تستعمل أجهزة الربط لتوصيل مكونات الدوائر الالكترونية بعضها مع بعض حسب المخططات ، حتى تتمكن هذه الدوائر من أداء المهام المنوطة بها . ومن أجل ذلك تستخدم القوابس (Plugs) والمقابس (Sockets) والاشرطة الطرفية (Terminal Strips) والاسلاك الكهربائية (Wires) . وفي الوقت الحاضر يتم تركيب معظم مكونات الدوائر الالكترونية على الألواح المطبوعة . وهي عبارة عن ألواح عازلة تتضمن ثقوباً ونظاماً محدداً للموصلات الكهربائية (Conductors) . وتكون الموصلات الكهربائية رقائق أو أشرطة نحاسية مثبتة على اللوح العازل . وتشكل ألواح الدوائر المطبوعة نسبةً لابأس بها من مكونات الأجهزة والنظم الالكترونية المعاصرة ، ولكن هذا لا ينطبق على المكونات الكبيرة الداخلة في تركيب الدوائر الالكترونية كأنبوبة أشعة المهبط (CRT) ، والمحوّلات الكهربائية ، والممتصّات الحرارية (Heat Sinks) ، والأجهزة التي يتم تركيبها على الواجهة الأمامية مثل أجهزة القياس والتحكم والاشارة .

## ١١ ـ ٢ ميزات ألواح الدوائر المطبوعة

لألواح الدوائر المطبوعة ميزات هامة منها :

١ ــ يتم تصميم ألواح الدوائر المطبوعة في غالب الأحوال بحيث يتضمن اللوح الواحد وحدة مستقلّة تقوم بمهمة محددة . وهذا يقلل من الزمن اللازم للصيانة وتحديد مواضع الأعطال ، ومن السهل تحديد اللوح المعطوب ومن ثم نزعه وتبديله بلوح سليم .

٢ ــ تستخدم ألواح الدوائر المطبوعة أشرطة نحاسية مثبتة باللوح العازل ، ومن ثم فإن هذه الدوائر أكثر متانة من دوائر التوصيل التقليدية لأنها لا تتأثر كثيراً بالاهتزازات الميكانيكية . كما أن اعادة التوصيل للأشرطة النحاسية تتم بدون أخطاء عرضية .

## ١١ ـ ٣ تركيب ألواح الدوائر المطبوعة

تتألف ألواح الدوائر المطبوعة من العناصر الرئيسة التالية :

**أ ــ اللوح العازل :**

و يكون مرناً (Flexible) أو صلباً (Rigid) ، وهو عبارة عن صفيحة من القماش الزجاجي أو من الورق والفينول . و يكون سمك الصفيحة الأدنى ٠,٨ مم وسمكها الأقصى حوالي ٣ مم .

**ب ــ الأشرطة أو الرقائق النحاسية :**

تكون مثبتة على اللوح العازل ، و يتوقف سمكها على مقدار التيار الكهربائي . و يكون سمكها عادة في المدى (٠,٠٢-٠,١) مم .

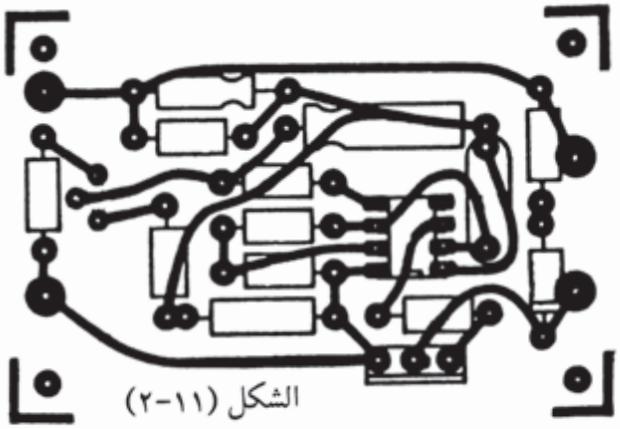
**جـ ــ الثقوب :**

تكون محفورة خلال اللوح المطبوع بحيث تسمح بتوصيل مكونات الدوائر الالكترونية بالرقائق والأشرطة النحاسية .

### د ــ الوصلات الطرفية (Terminal Connectors) :

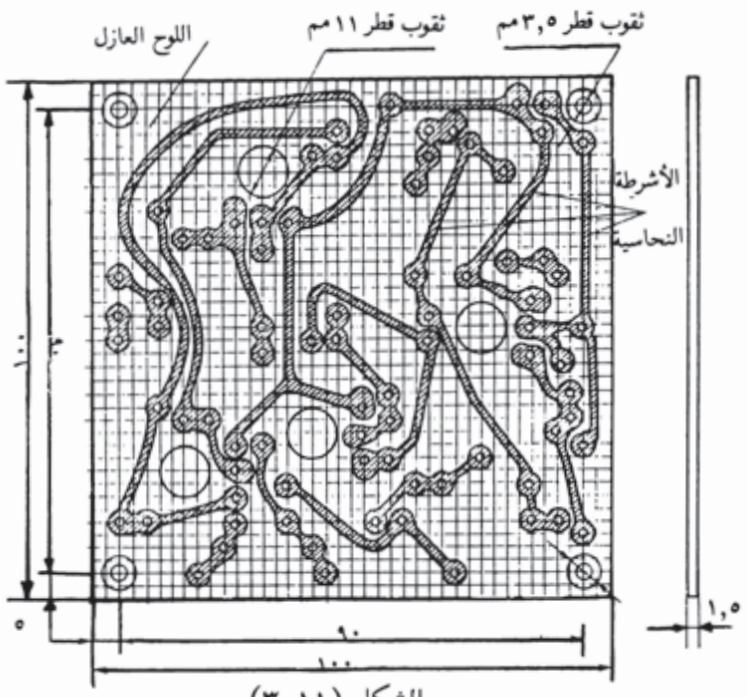
تكون ملحومة بالقصدير مع دوائر اللوح ، و يتم بوساطتها ربط الدوائر بعضها ببعض أو بأجهزة القياس والمراقبة . وعادة يخصص لها مكان محدد في أحد أطراف اللوح . ويمثل الشكل (١١-١) مخطط الرقائق النحاسية والثقوب وزوايا لوح دائرة مطبوعة . ويجب تحديد المسافة بين الثقوب بما يتناسب وأطوال العناصر الالكترونية التي ستوصل بها . و يبين الشكل (١١-٢) صورة للّوح نفسه وقد ثبتت عليه من الجهة الأخرى العناصر الالكترونية اللازمة .

الشكل (١١-١)



الشكل (١١-٢)

ومن الجدير ذكره أهمية تصغير مساحة اللوح إلى الحدّ الأدنى المقبول وتبسيط شكله ليكون اما مستطيلاً أو مربعاً كما في الشكل (١١-٣) . وفي معظم الحالات لا يزيد طول لوح الدوائر المطبوعة عن ٣٦٠مم ولا يزيد عرضه عن ٢٤٠ مم . ومن الأمثلة على ألواح الدوائر المطبوعة ما يلي :




الشكل (١١-٣)

### مثـال ١ : مكبر الترددات السمعية التكاملي

يبين الشكل (١١-٤-أ) المخطط التمثيلي لمكبر الترددات السمعية التكاملي . و يوضح الشكل (١١-٤-ب)

لوحة الدوائر المطبوعة لهذا المكبر مبيناً عليها موقع كلّ من الاجزاء المكونة للمكبر. و يتكون مكبر الترددات السمعية التكاملي من العناصر الواردة في الجدول (١١-١).

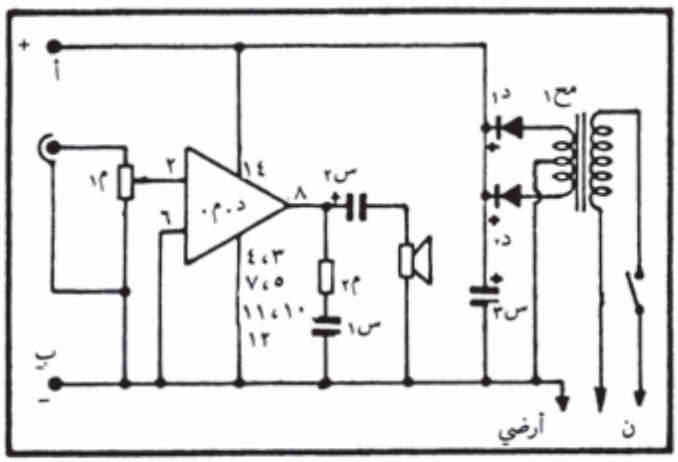
**الجـــدول (١١ - ١)**

| اسم العنصر | الرمز | القيمة أو الرقم |
|---|---|---|
| دائرة متكاملة | د . م . | LM 380 |
| ديود | د١ | 1N 4001 |
| ديود | د٢ | 1N 4001 |
| مقاومة متغيرة | م١ | ٥٠ ك |
| مقاومة | م٢ | ٢,٧ |
| مكثف | س١ | ٠,١ ميكروفاراد |
| مكثف | س٢ | ٢٥٠٠ ميكروفاراد/ ٢٠ فولت |
| مكثف | س٤ | ٤٧٠ ميكروفاراد/ ١٦ فولت |
| محول | مح١ | ١٢/٢٥٠-صفر-١٢ فولت، ٠,٢٥ أمبير |
| سماعة | ـــــ | ـــــ |
| اللوح العازل | ـــــ | ـــــ |
| المقابس | ـــــ | ـــــ |

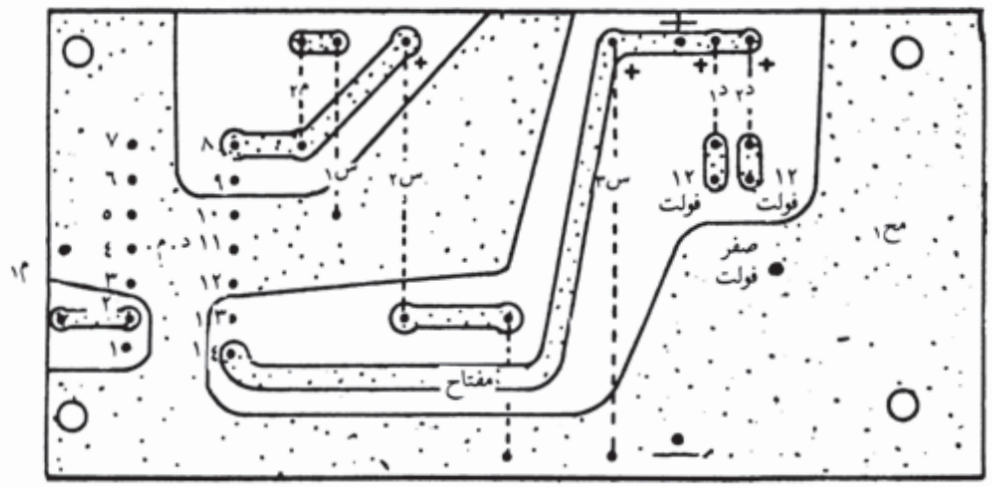
يتضمن المحوّل ملفاً ثانوياً يعطي (١٢-٠-١٢) فولت. و بعد إجراء عملية التقويم باستخدام الثنائيين د١ ود٢ يمكن الحصول على فلطية في حدود (١٥-١٨) فولت على طرفي المكثف س٣. ومن الممكن الحصول على قدرة خرج للمكبر في حدود ٢ واط باستخدام ممتصّات حرارية، واذا تعذر وجود هذه الممتصات فإنه لايمكن الحصول على هذه القدرة. ومن الجدير بالذكر أنه يمكن الاستغناء عن المحول والثنائيين باستخدام بطارية. ويمكن توصيل هذا المكبر بوحدات إلكترونية أخرى مثل أجهزة التكبير الأولي (Preamplifiers).

و يتم إدخال الإشارات السمعية عن طريق الطرف المتصل بالمقاومة المتغيرة م١. أما تكبير هذا الجهاز فهو ليس عالياً بالمقارنة مع الوحدات التكاملية التي تتضمّن تكبيراً أوّلياً. لذا فإن الجهاز ليس مناسباً لتكبير الاشارات المنخفضة.

أما اللوحة المطبوعة فتتضمن امكانية لتوصيل الرقائق النحاسية بالنقط ٣، ٤، ٧، ٥، ١٠، ١١، ١٢، انظر الشكل (١١-٤-ب). كما تقوم هذه الرقائق بدور ممتصة حرارية (Heat Sink). ومن أجل إنتاج اللوحة المطبوعة تتم حماية المساحات المغطاة بالرقائق النحاسية والتي يفترض إبقاؤها بمادةٍ مقاومةٍ للحفر أو التنميش. و يتم ذلك باستخدام قلم خاص أو فرشاة خاصة، ثم يوضع اللوح في صحن ضحلٍ به سائل التنميش و يبقى هناك إلى أن تتم إزالة جميع مساحات الرقائق غير المحميّة.




(أ)



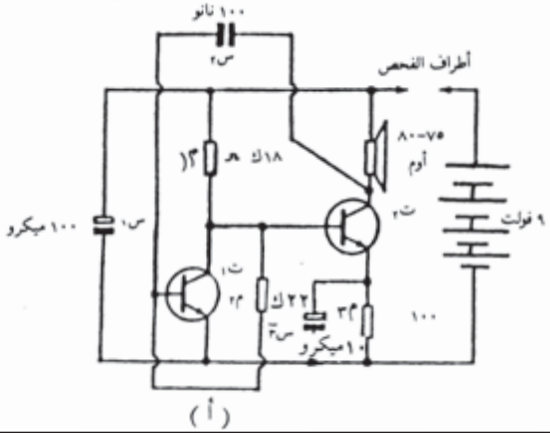

(ب)

الشكل (١١-٤)

و بالنسبة لثقوب المحول فيجب أن تكون مناسبة لوضع أطراف المحوّل. لاحظ ضرورة التفريعة الوسطى للملف الثانوي للمحول واتصالها بالخط السالب. أما الدائرة المتكاملة فتوضع في المكان المخصص لها، كما يفترض لحام أطراف المقاومة المتغيرة والسماعة والمقابس في النقط المخصصة لها على اللوحة. و بالنسبة للنقطة (ب) فهي موصولة مباشرة بالأرضي.

**مثال ٢ : جهاز فحص الاستمرارية (Continuity Tester)**

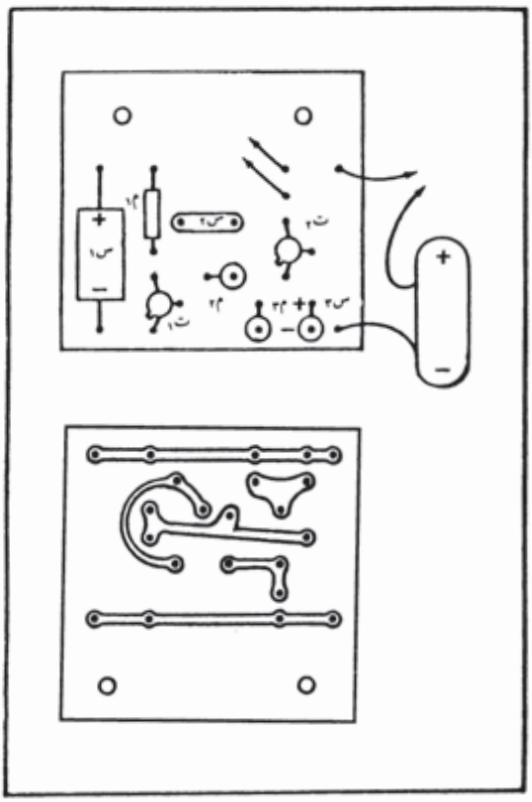
يبين الشكل (١١-٥-أ) المخطط التمثيلي لجهاز فحص الاستمرارية. و يعطي هذا الجهاز إشارة صوتية عند وجود مقاومة منخفضة بين طرفي الفحص. و يتكون الجهاز من العناصر المبينة في الجدول (١١-٢).




(أ)

الجـــدول (١١ - ٢)

| اسم العنصر | الرمز | القيمة أو الرقم |
|---|---|---|
| مقاومة | م١ | ١٨ ك |
| مقاومة | م٢ | ٢٢ ك |
| مقاومة | م٣ | ١٠٠ |
| مكثف | س١ | ١٠٠ ميكروفاراد |
| مكثف | س٢ | ١٠٠ نانوفاراد |
| مكثف | س٣ | ١٠ ميكروفاراد |
| ترانزستور | ت١ ، ت٢ | BC 109 |
| بطارية | ـــــ | ٩ فولت |
| سماعة | ـــــ | (٧٥-٨٠) أوم |



(ب)

الشكل (٥-١١)

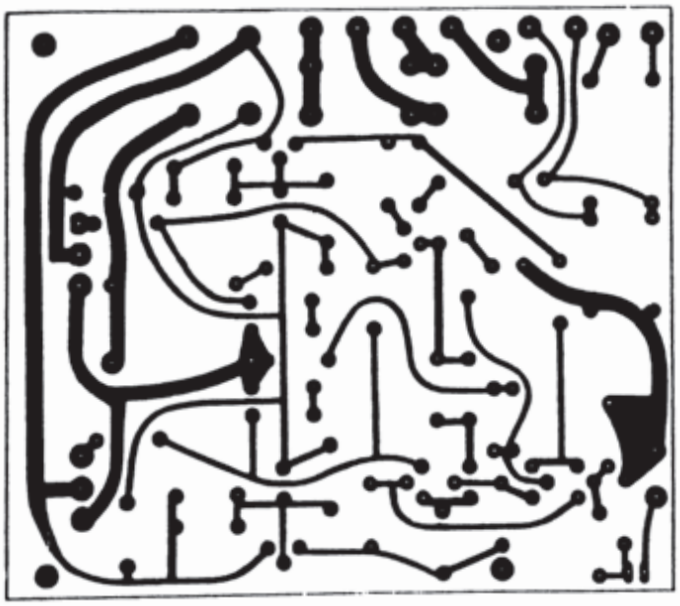
ومن الجدير بالذكر أن الجهاز لا يتضمن مفتاح قفلٍ وفصلٍ للدائرة ، فالتيار لا يسري إلا بعد غلق الدائرة بوساطة طرفي الفحص . تمتاز الدائرة الالكترونية ببساطتها ، فهي عبارة عن مكبر ترانزستوري يستخدم مرحلتي تكبير مربوطتين ربطاً مباشراً . وتمثل المقاومة م١ حمل المجمع للترانزستور ت١ ، أما حمل المجمع للترانزستور ت٢ فهو السماعة .

وبالنسبة للمكثف س١ فهو يساعد على عمل جهاز فحص الاستمرارية بفعالية عندما تكون البطارية ضعيفة . أما المكثف س٢ فتتمّ من خلاله التغذية الراجعة الموجبة التي تسبب اهتزاز الدائرة . فعندما يُقصر طرفا الفحص ينتج طنين صوتي بتردد ٤٠٠ هيرتز . والمكثف س٣ هو مكثف تمرير (Bypass Capacitor) ، والمقاومة م٢ تعمل على انحياز الترانزستور ت١ .

أما الشكل (١١-٥-ب) فيبين مخطط الأشرطة النحاسية ومواقع مكوّنات جهاز فحص الاستمرارية . ومن المهم ملاحظة ضرورة عدم تقاطع الأشرطة النحاسية بعضها مع بعض كما يحدث عادة بالنسبة للأسلاك النحاسية المعزولة . ومثال ذلك أسلاك توصيل المكثف س٢ والمقاومة م٢ . وقد تدعو الحاجة أحياناً لاستخدام أسلاك لتوصيل بعض مكوّنات الدوائر الالكترونية من على سطح اللوح ، أي من الجهة الأخرى المقابلة لشبكة الأشرطة النحاسية . ولكن مزيداً من الجهد والمحاولة يؤدي إلى وجود حلولٍ مناسبةٍ .

فمثلاً عند وضع المكثف س٢ قريباً من مجمع الترانزستور ت٢ وتمرير الشريط الذي يصل المكثف س٢ بالترانزستور ت١ يمكن التخلص من التقاطعين في أعلى المخطط التمثيلي للجهاز .

# تمـاريـن



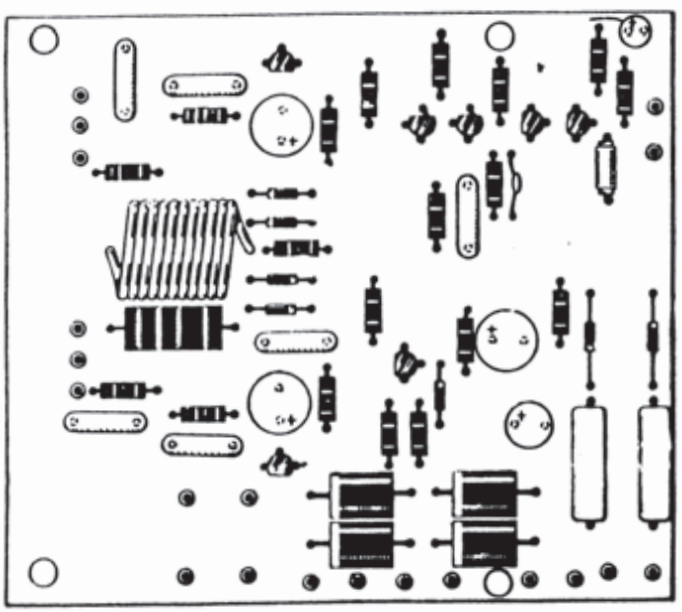
(أ)

**التمريـن الأول**

يمثل الشكل (١١-٦-أ) مخطط الدوائر المطبوعة لمكبر قدرة يستخدم في نظام مكبر صوتي عام ويمثل الشكل (١١-٦-ب) مخطط مواقع مكونات مكبر القدرة .

أ ــ اقرأ مكوّنات مكبر القدرة ، واعمل جدولاً يبين عدد كلّ من هذه المكوّنات .

ب ــ اسقط مكونات مكبر القدرة على مخطط الدوائر المطبوعة ، علماً بأن مقياس الرسم مشترك للشكلين ، وان وضع الثقوب يتناسب مع أطوال مكوّنات مكبر القدرة .



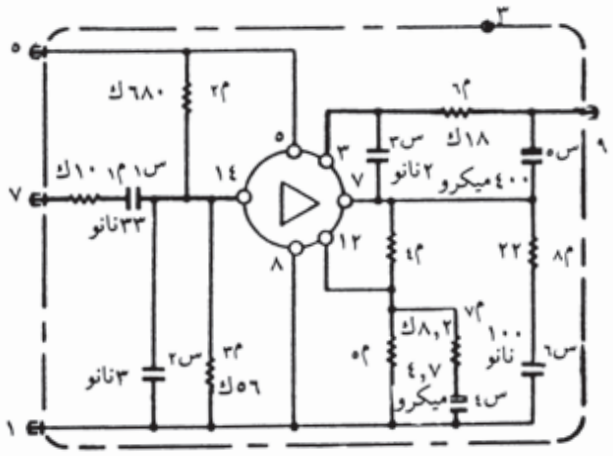
(ب)

الشكل (١١-٦)

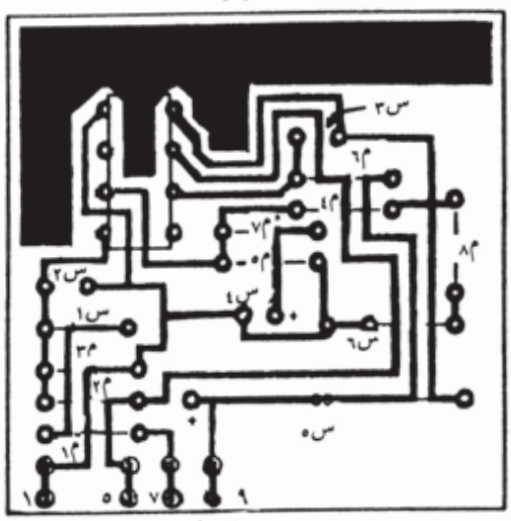
## التمريـــن الثاني

يمثل الشكل (١١-٧-أ) المخطط التمثيلي لمكبر قدرة سمعي يستخدم دائرة متكاملة . ويمثل الشكل (١١-٧-ب) مخطط الدوائر المطبوعة لذلك المكبر .

ارسم مخطط الدوائر المطبوعة للمكبر بمقياس رسم مناسب وثبت مكوّنات المكبر في الأماكن المخصصة لها على هذا المخطط .




(أ)



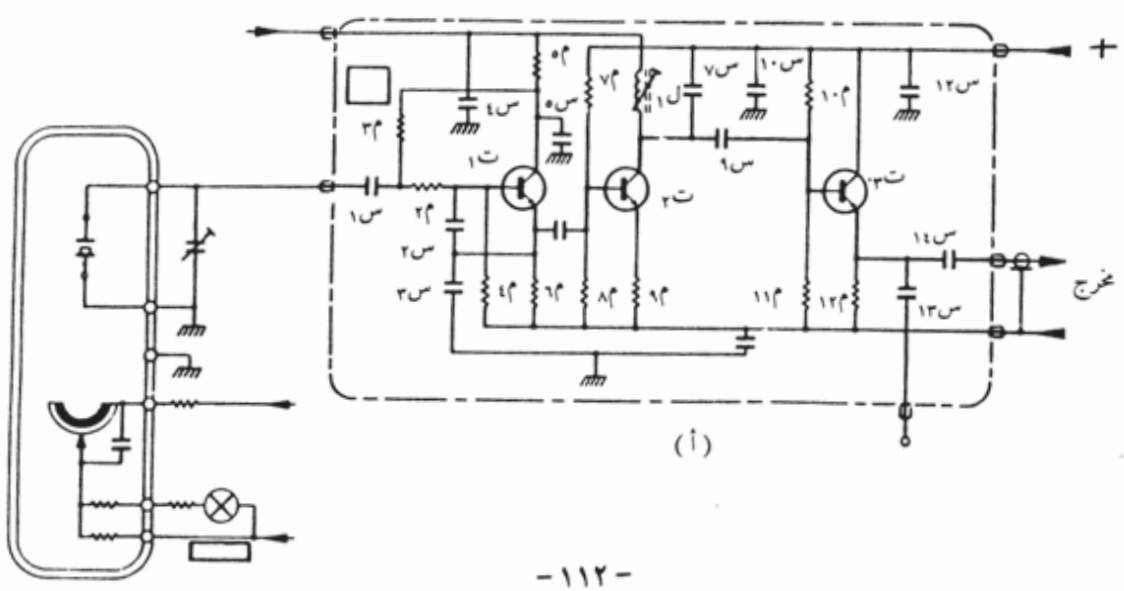

الشكل (١١-٧) (ب)

## التمريـــن الثالث

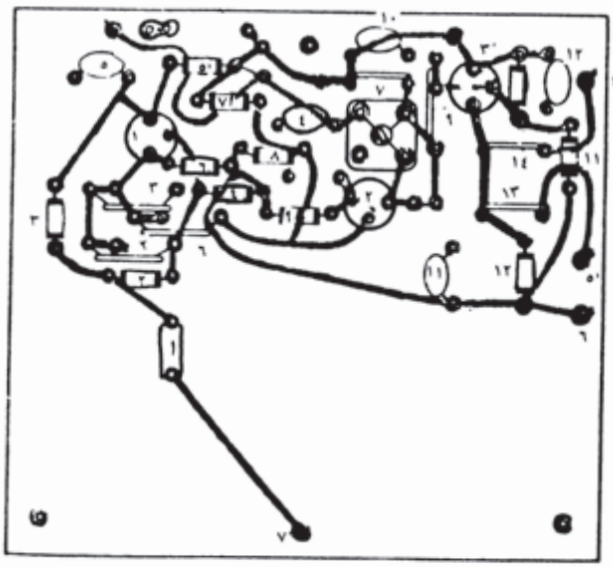
يبين الشكل (١١-٨-أ) المخطط التمثيلي لمذبذب كولبتس المعدّل . ويمثل الشكل (١١-٨-ب) مخطط الدوائر المطبوعة وقد ثبتت عليه العناصر المكوّنة للمذبذب .

أ ــ اقرأ المخطط التمثيلي لمذبذب كولبتس المعدّل .

ب ــ ارسم مخطط الدوائر المطبوعة بمقياس رسم مناسب .




(أ)

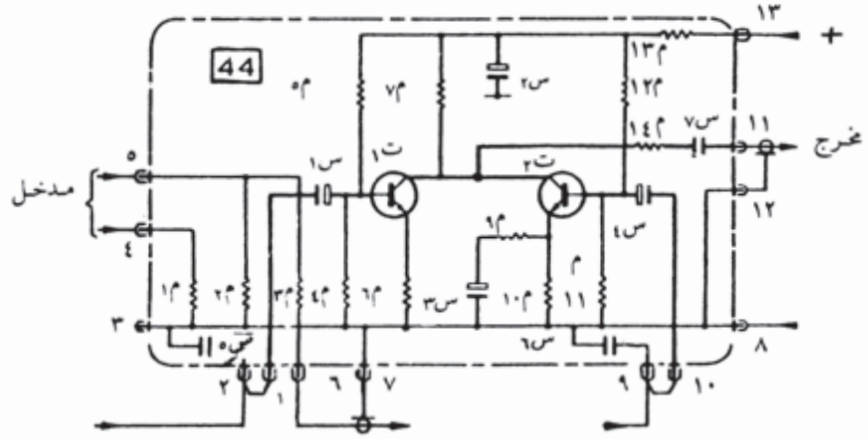


الشكل (١١-٨) (ب)

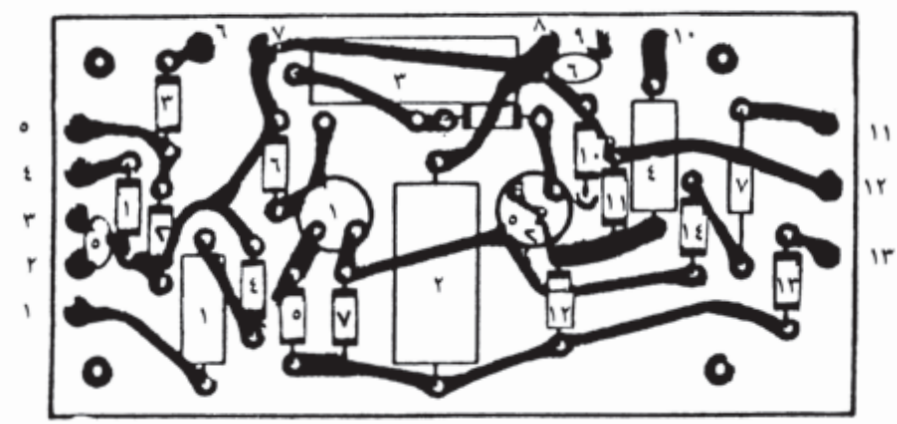
## التمرين الرابع

يمثل الشكل (١١-٩-أ) المخطط التمثيلي لجهاز تكبير أولي. ويمثل الشكل (١١-٩-ب) المسقط العلوي لمخطط الدوائر المطبوعة لهذا المكبر وقد ثبتت عليه العناصر المكوّنة للمكبر.

ارسم المسقط السفلي لمخطط الدوائر المطبوعة بمقياس رسم مناسب، مع ملاحظة أن المسقط السفلي يبين مخطط الأشرطة النحاسية للدائرة المطبوعة فقط.




(أ)



(ب)

الشكل (١١-٩)

# الـــوحـــدة الثانيـــة عشـــرة

# تمثيـــل الدّوائـــر المنطقيّـــة

تتكون جميع الأجهزة الرّقمية من دوائر أساسية تدعى الدوائر المنطقية ، حيث تؤدّي كلّ دائرة منها وظيفة معينة . وسوف ندرس في هذه الوحدة فكرة عمل الدوائر المنطقية البسيطة و بعض الأجهزة المبنية على أساس الدوائر المنطقية .

## ١٢ ـ ١ تصنيف الدّوائر المتكاملة

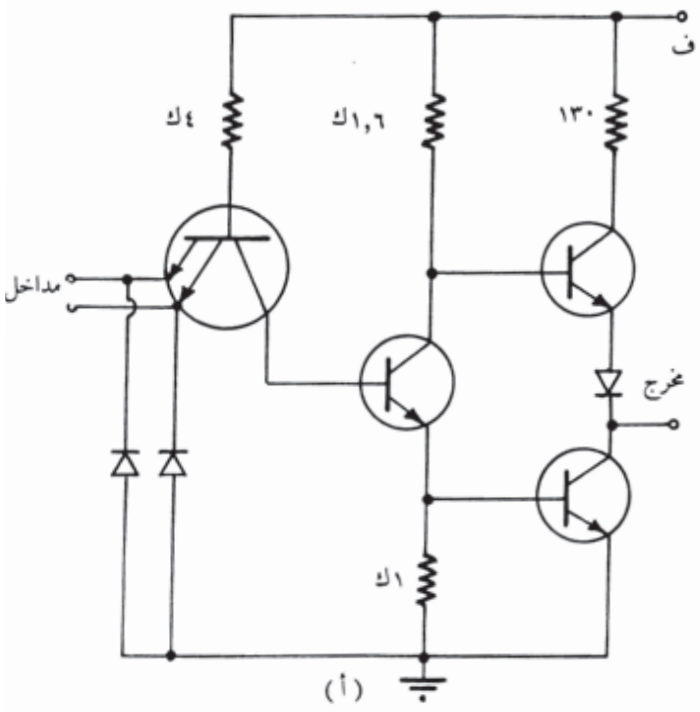
الدائرة المتكاملة هي مجموعة من العناصر الالكترونية المتناهية في الصغر شكّلت في قطعة من مادة شبه موصلة ، ثم وصلت ببعضها داخلياً لتكوّن دائرة كاملة . ويمكن تصنيف الدوائر المتكاملة إلى صنفين رئيسين :

**أ ــ الدّوائر المتكاملة الخطّيّة (Linear IC's) :**

وهي التي يكون مخرجها متناسباً مع مدخلها . وأكثر الدّوائر الخطية شيوعاً تلك التي تصمّم لتكبير الفلطية المباشرة والمتناوبة ، مثل مكبر العمليات الذي يتمتع بكسبٍ عالٍ جدّاً وممانعة مدخل عالية . ويمكن التحكم بكسبه باستعمال عناصر خارجية إضافية لاستخدامه في التطبيقات الخطية .

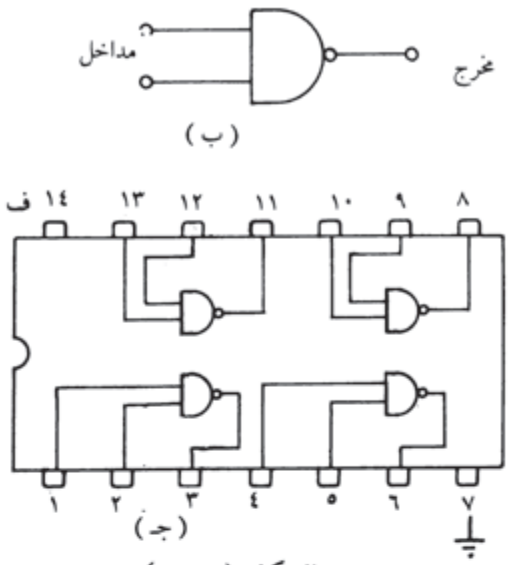
**ب ــ الدّوائر المتكاملة الرّقميّة (Digital IC's) :**

إنّ معظم الدّوائر المتكاملة المستخدمة اليوم هي دوائر متكاملة رقميّة ، حيث يتم إنتاج هذه الدّوائر باستخدام تقنيات الترانزستور ثنائي القطبية (Bipolar Transistor) وترانزستور معدن ـ أكسيد ـ شبه موصل (Metal Oxide Semiconductor) .



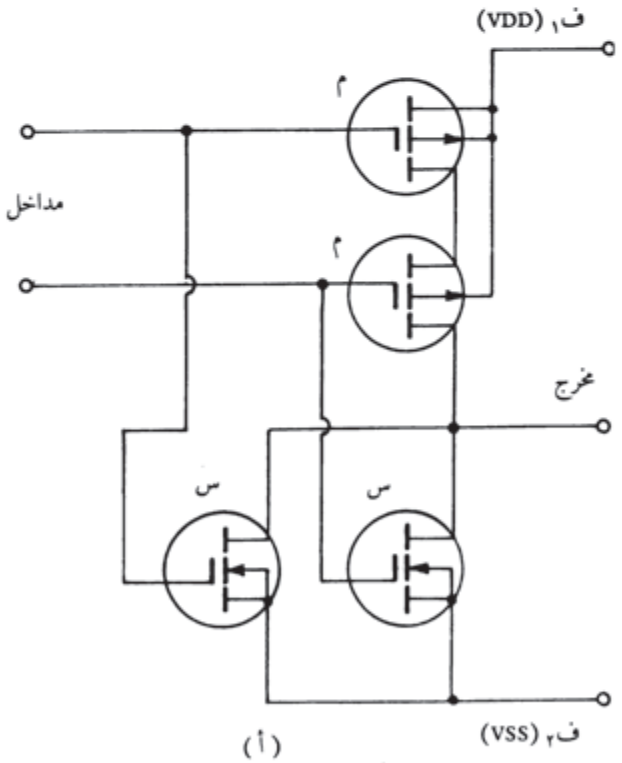

يبين الشكل (١٢-١) دائرة متكاملة رقمية مصنوعة باستخدام تقنيات الترانزستور ثنائي القطبية . والشكل (١٢-١-أ) يبين المخطط التمثيلي للدائرة حيث لم يستعمل فيها سوى ترانزستورات وثنائيات ومقاومات . ولما كانت هذه الدائرة تحتوي على (١١) عنصراً فقط ، فإنها تعتبر دائرة متكاملة صغيرة الحجم . إن الترانزستورات في هذه الدائرة هي العناصر الأساسية . ولذلك فإن هذه الدائرة ومثيلاتها تعرف بالدوائر المبنية على أساس منطق - ترانزستور - ترانزستور (TTL) (Transistor-Transistor Logic) . والدائرة المبينة في الشكل قادرة على مقارنة مستويي فلطية في المدخل لهما القيمة صفر أو ٥ فولت تقريباً . وتعطي في مخرجها مستوى الفلطية صفر أو ٥ فولت حسب مدخلها . إنّ

هذه الدائرة تعرف باسم بوابة «لا/و» (NAND). وقد أصبح شائعاً من الناحية العملية أن يشار إلى أحد المستويين بالمستوى المنطقي العالي أو الواحد المنطقي، والمستوى الآخر بالمستوى المنطقي المنخفض أو الصفر المنطقي. و يبين الشكل (١٢-١-ب) رمز بوّابة «لا/و».



الشكل (١٢-١)

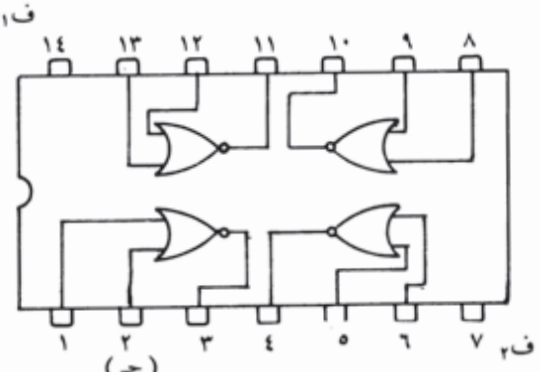
لقد أصبح شائعاً أن تصنع أربع بوابات «لا/و» في دائرة متكاملة واحدة كما هو موضح في الشكل (١٢-١-جـ) الّذي يبين كيفية اتصال مداخل ومخارج البوابات مع أطراف الدائرة المتكاملة. ومن الملاحظ أنّ لهذه الدائرة المتكاملة (١٤) طرفاً، وهي مرقّمة في اتّجاه معاكس لدوران عقارب الساعة. كما إنّ لهذه الدائرة نتوءاً في أحد الأطراف ليدلّ على موضع الطّرف رقم (١). كذلك فإن الطرفين (١) و (٢) يتصلان مع مدخلين لبوابة واحدة في حين يتصل الطرف (٣) مع مخرج هذه البوابة. كما يتصل الطرفان (٤) و (٥) مع مدخلين لبوابة ثانية ...، وهكذا. وتطبق التغذية للبوابات الأربع من خلال الطّرف (١٤).




و يبين الشكل (١٢-٢) مثالاً آخر لدائرة متكاملة رقمية صنعت باستخدام تقنية ترانزستور معدن ـ أكسيد ـ شبه موصل (MOS) ذي القناة الموجبة (P) أو السالبة (N). وتعرف هذه الدائرة عادة باسم الدائرة المتكاملة ذات التناظر المتمم / معدن ـ أكسيد ـ شبه موصل (Complementary/Metal Oxide Semiconductor).

وهذه الدوائر تستخدم الآن بكثرة في التطبيقات الرقميّة. ومن أهمّ ميزاتها أنها تستهلك قدرة قليلة بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الدوائر المتكاملة. كما إنّ لها استقرارية حراريّة جيّدة، ويمكنها أن تعمل في مجال واسع من فلطيات التغذية (٣-١٥ فولت). كما تمتاز هذه الدوائر بأنّ لها معاوقة مدخل عالية، مما يجعل بالإمكان وصل عدد كبير من مداخل الدوائر إلى مخرج واحدٍ دون أن يطرأ انخفاض على فلطيات المخرج، ودون إعاقة تشغيل الدّائرة.

(ب)




(جـ)

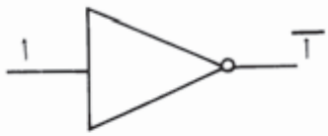
الشكل (١٢-٢)

تحتوي الدائرة المبينة في الشكل (١٢-٢-أ)على أربعة ترانزستورات ، وتعرف باسم بوابة «لا/أو» (NOR) . و يبين الشكل (١٢-٢-ب) رمز بوابة «لا / أو» . وغالباً تصنع أربع بوابات على قطعة واحدة لدائرة متكاملة وتركب في غلافٍ واحد كما هو موضح في الشكل (١٢-٢-جـ) .

ومن الجدير بالذكر أنّه يمكن استخدام منطق ترانزستور ـ ترانزستور (TTL) ومنطق التناظر المتمّم/معدن ـ أكسيد ـ شبه موصل (CMOS) للقيام بوظائف «لا/و» أو «لا/أو» أو أيّ من الوظائف المنطقية الأخرى .

## ١٢ ـ ٢ فكرة عمل الدوائر المنطقية البسيطة

سوف نقوم بشرح فكرة عمل البوابات المنطقية الأساسية ، وهي :




الشكل (١٢-٣)

**١ ــ بوابة «لا» (NOT Gate) :**

هي أبسط الدوائر المنطقية ، وتعطي في مخرجها حالة منطقية تعاكس دوماً الحالة المنطقية الموجودة في مدخلها . فإذا كانت الحالة المنطقية «١» هي الموجودة في المدخل ، فإننا نحصل في المخرج على الحالة المنطقية «٠» ، والعكس بالعكس . و يبين الشكل (١٢-٣) الرمز المستخدم في تمثيل بوابة «لا» .

إنّ عمل بوابة «لا» يمكن تلخيصه في جدول يسمى جدول الحقيقة (Truth Table) على النحو المبين في الجدول (١٢-١) .

**الجـدول (١٢ ـ ١)**

| المدخل (أ) | المخرج ($\overline{أ}$) |
|---|---|
| ٠ | ١ |
| ١ | ٠ |

لاحظ أنّ الجدول (١٢-١) يبين جميع حالات المدخل الممكنة وحالات المخرج الموافقة . وبما أن بوابة « لا » لها مدخل واحد فقط ، فإنّه توجد حالتان فقط للمدخل ، وهما : « ٠ » و « ١ » . وحالة المخرج هي في كلّ مرّة عكس حالة المدخل .

**٢ ــ بوابة « و » (AND Gate) :**

هي دائرة منطقية لها مدخلان أو أكثر ومخرج واحد . و يكون المخرج في الحالة المنطقية «١» فقط إذا كانت جميع المداخل في الحالة المنطقية « ١ » . أما إذا كان مدخلٌ أو أكثر في الحالة المنطقية « ٠ » ، فإنّ المخرج يكون أيضاً في الحالة المنطقية « ٠ » .

يبين الشكل (١٢-٤) الرمز المستخدم لتمثيل بوابة « و » . كما يمكن تلخيص عمل هذه البوابة من خلال جدول الحقيقة (١٢-٢) .

**الجـــدول (١٢ - ٢)**

| مداخل | | مخرج |
|---|---|---|
| أ | ب | جـ = أ . ب |
| ٠ | ٠ | ٠ |
| ١ | ٠ | ٠ |
| ٠ | ١ | ٠ |
| ١ | ١ | ١ |

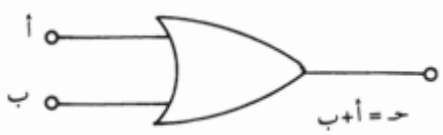
الشكل (١٢-٤)

**٣ ــ بوابة « أو » (OR Gate) :**

هذه البوابة لها مدخلان أو أكثر ومخرج واحد . وعندما يكون مدخلٌ أو أكثر في الحالة المنطقية «١» ، فإن المخرج يكون في الحالة المنطقية «١» أيضاً . أما إذا كانت جميع المداخل في الحالة المنطقية «٠» ، فإنّ المخرج يكون في الحالة المنطقية «٠» . يبين الشكل (١٢-٥) رمز بوابة « أو » ، والجدول (١٢-٣) هو جدول الحقيقة لبوابة « أو » ذات مدخلين .

**الجـــدول (١٢ - ٣)**

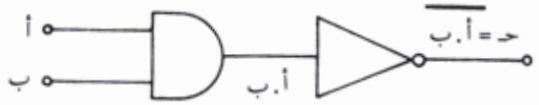
| مداخل | | مخرج |
|---|---|---|
| أ | ب | جـ = أ + ب |
| ٠ | ٠ | ٠ |
| ١ | ٠ | ١ |
| ٠ | ١ | ١ |
| ١ | ١ | ١ |



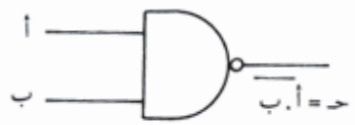

الشكل (١٢-٥)

### ٤ ــ بوابة « لا / و » (NAND Gate) :

هي عبارة عن بوابة « و » متبوعة ببوابة « لا » ، كما في الشكل (١٢-٦-أ) . و يبين الشكل (١٢-٦-ب ) رمز هذه البوابة ، وهو يشبه رمز بوابة « و » مع إضافة دائرة صغيرة في المخرج للدلالة على عملية العكس التي حدثت . ومن السهل استنتاج جدول الحقيقة لهذه البوابة ، كما هو مبين في الجدول (١٢-٤) .




(أ)




(ب)

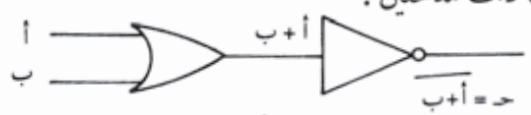
الشكل (١٢-٦)

**الجـدول (١٢ ـ ٤)**

| مداخل | | مخرج |
|---|---|---|
| أ | ب | $\overline{حـ = أ.ب}$ |
| ٠ | ٠ | ١ |
| ١ | ٠ | ١ |
| ٠ | ١ | ١ |
| ١ | ١ | ٠ |

### ٥ ــ بوابة « لا / أو » (NOR Gate) :

هي عبارة عن بوابة « أو » متبوعة ببوابة « لا » كما في الشكل (١٢-٧-أ) . و يبين الشكل (١٢-٧-ب ) رمز هذه البوابة ، والجدول (١٢-٥) هو جدول الحقيقة لبوابة « لا/أو » ذات مدخلين .




(أ)

(ب)

الشكل (١٢-٧)

**الجـدول (١٢ ـ ٥)**

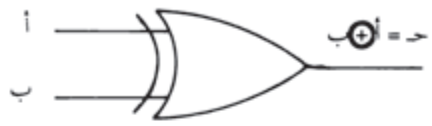
| مداخل | | مخرج |
|---|---|---|
| أ | ب | $\overline{جـ = أ + ب}$ |
| ٠ | ٠ | ١ |
| ١ | ٠ | ٠ |
| ٠ | ١ | ٠ |
| ١ | ١ | ٠ |

### ٦ ــ بوّابة « استثناء / أو » (Exclusive OR Gate) :

يكون مخرج هذه البوابة في الحالة المنطقية «١» إذا كان مدخل واحد فقط في الحالة المنطقية «١» . و يبين الشكل (١٢-٨) رمز هذه البوابة ، والجدول (١٢-٦) هو جدول الحقيقة لبوابة « استثناء/أو » .

الجـــدول (١٢ - ٦)

| مداخل | | مخرج |
|---|---|---|
| أ | ب | جـ = أ ⊕ ب |
| ٠ | ٠ | ٠ |
| ١ | ٠ | ١ |
| ٠ | ١ | ١ |
| ١ | ١ | ٠ |




الشكل (١٢-٨)

## ١٢-٣ الأجهزة المبنية على أساس الدّوائر المنطقية

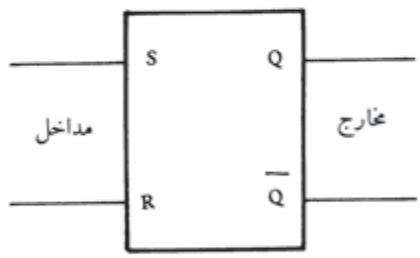
من الأجهزة المبنية على أساس الدوائر المنطقية سوف نقوم بدراسة النطاطات والعدّادات والمسجّلات .

### ١ ــ النطاطات (Flip - Flops)

النـطـاط هـو دائـرة منطقية رقمية تعمل كذاكرة أو لتخزين المعلومات . و يستطيع كلّ نطاط حفظ معلومة واحدة (bit) مـن البـيـانـات الـثـنائية ، لأنه يمكن أن يعطي إحدى حالتين مستقرّتين ، الأ ولى تمثل الحالة «١» والثانية تمثل الحـالـة «٠» . فـإذا وضـع الـنـطاط في إحدى هاتين الحالتين المستقرّتين ، فإنه سيبقى كذلك طالما أنّ التغذية موجودة حتى يتمّ تغييره . توجد ثلا ثة أنواع أساسية من النطاطات ، وهي :

( أ ) نطاط نوع (RS)  ( ب ) نطاط نوع (D)  ( جـ ) نطاط نوع (JK) .

سـوف نـشرح نطاط (RS) ، وهو أبسط الأنواع . و يسمّى نطاط الوضع (Set) والإرجاع (Reset) . يبين الشكل (١٢-٩) الرمز المستخدم لهذا النوع مـن الـنـطاطات . كما نلاحظ من الشكل فإن لهذا النطاط مدخلين R و S ومخرجين Q و $\overline{Q}$ . وعـنـد تـطـبـيـق الإشـارة المـنـطـقية المناسبة على أيٍّ من المـدخـلين ، فـإن النطاط سوف يوضع في الحالة الأ ولى أو في الحالة الثانية ، حـيـث يستخدم المدخل (S) لوضع النطاط . وعندما يوضع النطاط يقال إنّه يخزن الـعـدد الـثـنـائـي «١» . و يـسـتخدم المدخل «R» لإرجاع النطاط ، و يـقـال عـنـدئـذٍ إنّ الـنـطاط قد أرجع ، وفي هذه الحالة يخزن النطاط العدد الـثـنـائـي «٠» . و يوجد للنطاط مخرجان هما Q و $\overline{Q}$ حيث يسمّى المخرج (Q) بالمخرج الطبيعي (Normal) والمخرج $\overline{(Q)}$ بالمخرج المتمّم (Complement) .



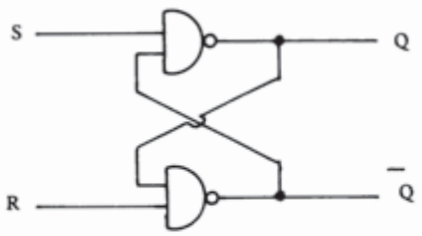

الشكل (١٢-٩)

إنّ دائـرة الـنـطاط RS يمكن تركيبها بوساطة بوابتي « لا/و» ، كما يبين الشكل (١٢-١٠) ، إذ توصل البوابتان بحيث يغذي مخرج إحداهما مدخل الأخرى .

يمكن تلخيص عمل النطاط بجدول الحقيقة (١٢-٧) والذي يأخذ بعين الاعتبار جميع الحالات الممكنة للمدخلين والمـخرج الطبيعي والمخرج المتمم . و يلاحظ أنه عندما يكون المدخلان S و R في الحالة المنطقية «١» فإن حالة مخرج النطاط تدعى س ، وهي إما «١» أو «٠» وفقاً لشروط المدخل السابقة ، وهذا ما يعرف بحالة عدم التغيير .

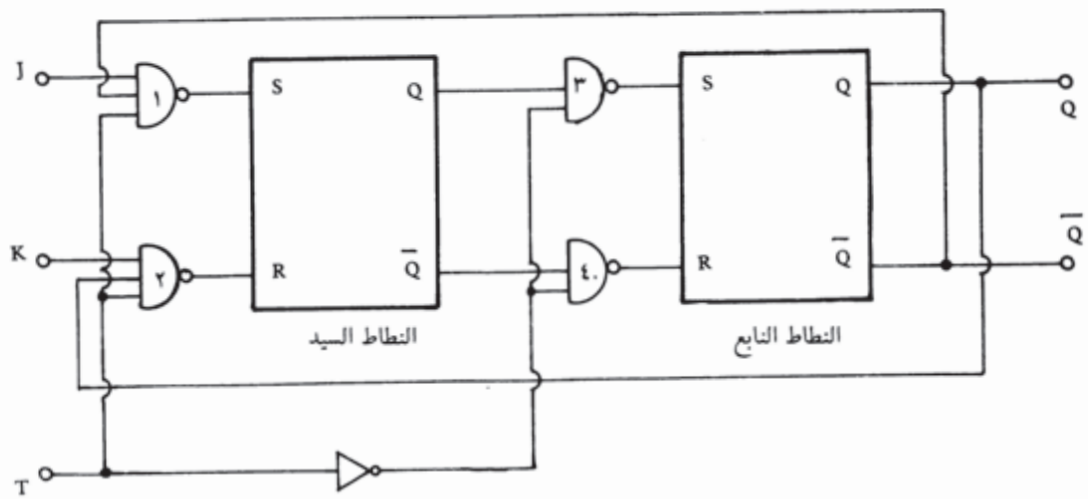
الجـدول (١٢ ـ ٧)

| مداخل | | مخارج | | |
|---|---|---|---|---|
| S | R | Q | $\overline{Q}$ | الحالة |
| ٠ | ١ | ١ | ٠ | وضع |
| ١ | ٠ | ٠ | ١ | إرجاع |
| ١ | ١ | س | $\overline{س}$ | حالة عدم التغيير . |
| ٠ | ٠ | ١ | ١ | الحالة المبهمة |




الشكل (١٢-١٠)

أما النطاط نوع JK فهو من أكثر عناصر الذاكرة شيوعاً ، وهو يتركب من نطاطين من نوع RS كما في الشكل (١٢-١١) . و يسمّى هذا النطاط أيضاً نطاط السيّد ـ التابع (Master-Slave) . فالنطاط السيد هو دائرة المدخل ، والاشارات المنطقية المسلطة عليه تقوم بوضع أو إرجاع هذا النطاط السيّد . أما النطاط التابع فهو الذي تؤخذ منه إشارات المخرج ، ويحصل على إشارة مدخله من النطاط السيد . وكما نلاحظ فإن نبضات الساعة (T) تتحكم بعمل النطاطين ، ولذلك هناك أوقات يتطابق فيها النطاطان السيد والتابع وأوقات يكونان فيها متعاكسين ( متتامّين ) .




الشكل (١٢-١١)

## ٢ ـ العدّادات (Counters)

إن العداد الثنائي عبارة عن دائرة منطقية تسلسلية تتكوّن من عدة نطاطات وتستخدم في عدّ النبضات الثنائية المسلطة على مدخلها . وتقوم هذه النبضات بتغيير حالة النطاطات بحيث يمثل العدد الثنائي المخزن في النطاطات عدد نبضات المدخل المسلطة .

هناك عدة أنواع من العدادات المستخدمة في الدوائر الرقمية ، وأكثرها شيوعاً هي :

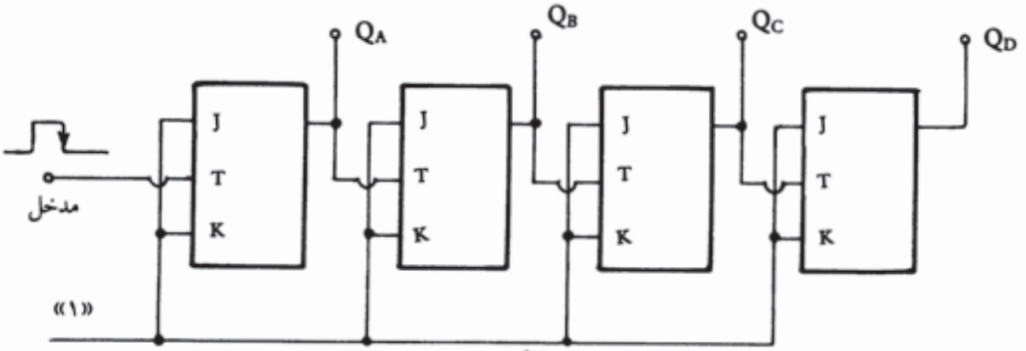
( أ ) العداد الثنائي (Binary Counter) .

( ب ) العداد الثنائي المرمّز عشرياً (BCD Counter) .

( جـ ) العداد التصاعدي (Up Counter) .

( د ) العداد التنازلي (Down Counter) .

وسندرس العداد الثنائي الذي يتكون من عدّة نطاطات (JK) متعاقبة كما في الشكل (١٢-١٢) . وكما نلاحظ يوصل المخرج الطبيعي (Normal) لكل نطاط مع مدخل الساعة T في النطاط التالي . أما المداخل J و K في كلّ نطاط فتكون في المستوى المنطقي «١» . وتطبق نبضات مدخل العدّاد على مدخل الساعة للنطاط . والجدول (١٢-٨) يبين تتالي العدّ في عدّاد ثنائي ذي أربع خانات .




الشكل (١٢-١٢)

**الجـــدول (١٢ - ٨)**

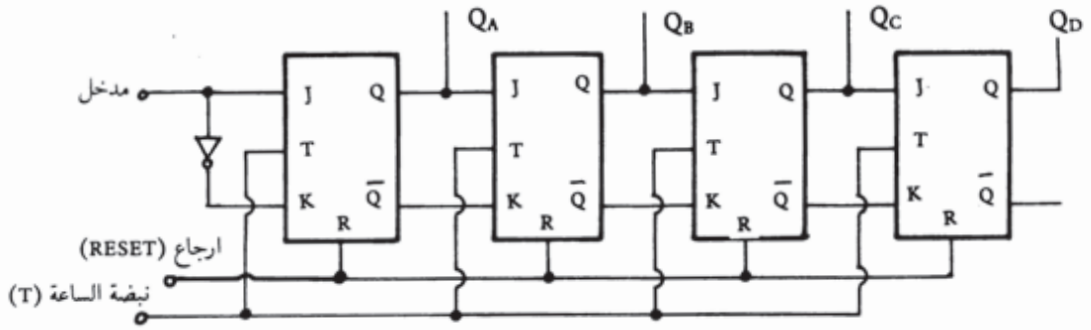
| | $Q_A$ | $Q_B$ | $Q_C$ | $Q_D$ |
|---|---|---|---|---|
| في البداية | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ١ | ١ | ٠ | ٠ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ٢ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ٣ | ١ | ١ | ٠ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ٤ | ٠ | ٠ | ١ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ٥ | ١ | ٠ | ١ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ٦ | ٠ | ١ | ١ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ٧ | ١ | ١ | ١ | ٠ |
| بعد وصول النبضة ٨ | ٠ | ٠ | ٠ | ١ |
| بعد وصول النبضة ٩ | ١ | ٠ | ٠ | ١ |
| بعد وصول النبضة ١٠ | ٠ | ١ | ٠ | ١ |
| بعد وصول النبضة ١١ | ١ | ١ | ٠ | ١ |
| بعد وصول النبضة ١٢ | ٠ | ٠ | ١ | ١ |
| بعد وصول النبضة ١٣ | ١ | ٠ | ١ | ١ |
| بعد وصول النبضة ١٤ | ٠ | ١ | ١ | ١ |
| بعد وصول النبضة ١٥ | ١ | ١ | ١ | ١ |

إعادة الدّورة

### ٣ ــ المسجّلات (Registers)

المسجّلات نموذجٌ آخر واسع الاستخدام للدوائر المنطقية التسلسلية ، و يتكون المسجّل مثل العداد من عناصر تخزين ثنائية . وتتعاقب عناصر التخزين بطريقة يمكن معها للأعداد الثنائية المخزونة أن تنزاح من عنصرإلى آخر مجاورٍ. تتحرك جميع المعلومات المخزونة في المسجل في آن واحد عند تطبيق نبضة واحدة على مدخل الساعة ، لذا فهي تسمّى نبضة انزياح . فعند تطبيق نبضة الانزياح تتحرك البيانات المخزونة في المسجل بمقدار موضع واحد في أحد الاتجاهين .

يبين الشكل ( ١٢ ــ ١٣ ) دائرة مسجل إزاحة من اليسار إلى اليمين يتكون من أربعة نطاطات JK ، حيث تطبّق معلومات المدخل على المداخل J و K للنطاط الأول ، ومن ثم تنقل الى بقية النطاطات .




الشكل (١٢-١٣)

و يبين الجدول (١٢-٩) كيفية عمل المسجّل المكوّن من ٤ عناصر تخزين ثنائية ، حيث إنه بعد ورود أربع نبضات انزياح ، فإن العدد الذي كان موجوداً في داخل المسجل (١٠١١) قد انزاح كلياً إلى الخارج ، بينما دخل العدد الخارجي (٠١١٠) إلى داخل المسجّل وحفظ فيه .

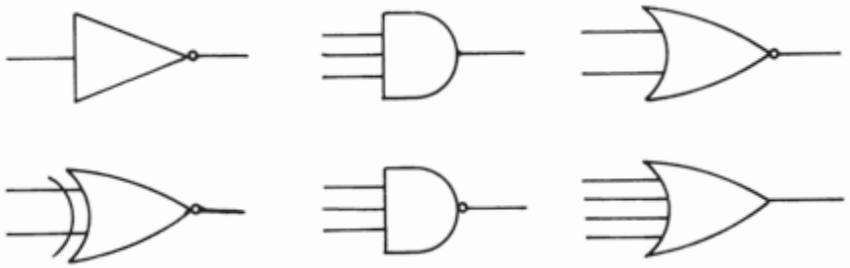
**الجـــدول (١٢ ـ ٩)**

| | | | | | $Q_A$ | $Q_B$ | $Q_C$ | $Q_D$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الحالة الابتدائية | | | | | ١ | ٠ | ١ | ١ | | | | |
| بعد نبضة الانزياح الأولى | | | | ١ | ٠ | ١ | ٠ | ١ | ١ | ١ | ٠ | |
| بعد نبضة الانزياح الثانية | | | ١ | ١ | ١ | ٠ | ١ | ٠ | ١ | ١ | ٠ | |
| بعد نبضة الانزياح الثالثة | | ١ | ١ | ٠ | ١ | ١ | ٠ | ١ | ٠ | | | |
| بعد نبضة الانزياح الرابعة | ١ | ١ | ٠ | ١ | ٠ | ١ | ١ | ٠ | | | | |

# تمـاريـن

**التمريـن الأ وّل**

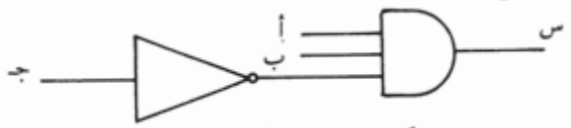
ارسم الرموز المنطقية المبينة في الشكل (١٢-١٤) واكتب بجوار كلٍّ منها ما يعنيه .



الشكل (١٢-١٤)

التمريـن الثاني

اكتب المعادلة المنطقية للدائرة المبينة في الشكل (١٢-١٥) .




الشكل (١٢-١٥)

**التمريـن الثالث**

بمقياس رسم مناسب أرسم الدائرة المتكاملة الرقمية المبينة في الشكل (١٢-١-جـ) ، وارسم رمزها مستخدماً البوابات المنطقية .

**التمريـن الرابع**

ارسم الدائرة المتكاملة الرقمية المبينة في الشكل (١٢-٢) ، وارسم رمزها مستخدماً البوابات المنطقية .

**التمريـن الخامس**

بمقياس رسم مناسب ارسم دائرة عداد ثنائي لخمس خانات مكون من نطاطات JK . ثم ارسم جدولاً يبين تتالي العدّ فيه .

# الـــوحـــدة الثّالثـــة عشـــرة

## أمثلة على النّظم الكهربائية والالكترونيّة

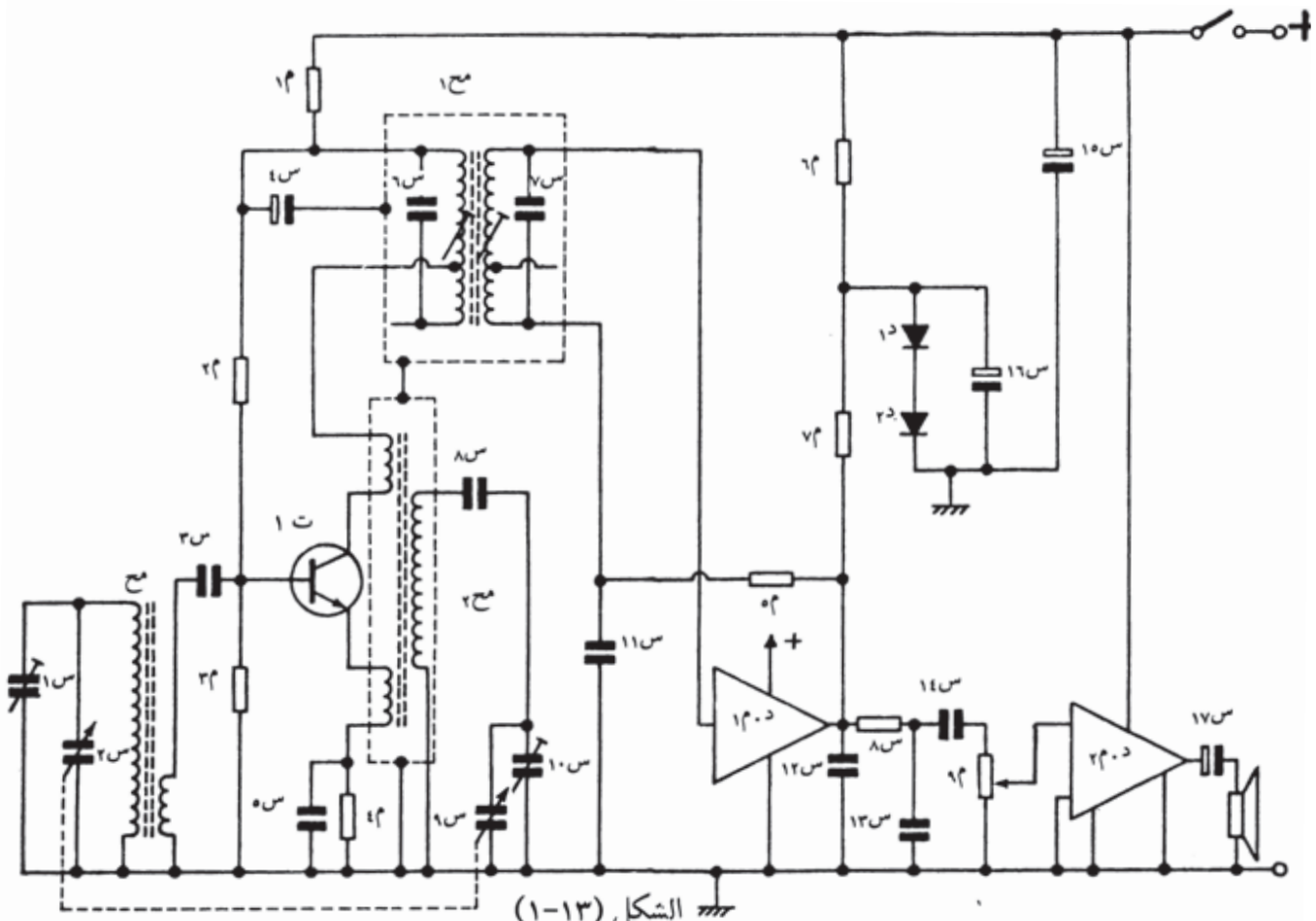
سـنتطرّق في هذه الوحدة إلى دراسة عددٍ من الأمثلة على النّظم الكهربائيّة والإلكترونيّة المستخدمة في مجال الرّاديو والتّلـفـاز والاتّـصـالات والتّحكّم في العمليّات الصّناعيّة . وقد راعينا في اختيار هذه الأمثلة أن تكون من بين النّظم العمليّة ذات العلاقة المباشرة بالمهنة . كما تحتوي هذه الوحدة على مجموعةٍ من التّمارين المتنوّعة الّتي تهدف إلى تنمية قدرات الطّالب على رسم مختلف النّظم الكهربائيّة والإلكترونيّة وتحليلها وفهمها .

### ١٣ ـ ١ جهاز استقبالٍ راديويّ من نوع سوبرهترودين :

يبين الشكل (١٣-١) المخطّط التمثيليّ لجهاز استقبالٍ راديويٍّ من نوع سوبرهترودين و يتكوّن الجهاز من العناصر والقطع الالكترونيّة المدرجة في الجدول (١٣-١) .

**الجـــــدول (١٣ ـ ١)**

| رمز القطعة | القيمة | رمز القطعة | القيمة | رمز القطعة | القيمة | رمز القطعة | القيمة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| م١ | ٢٢ ك | م٨ | ١٥٠ | س٧ | —— | س١٦ | ٢٥ ميكروفاراد |
| م٢ | ١٥ ك | م٩ | ١٠٠ ك | س٨ | ١٠ ميكروفاراد | س١٧ | ٤٧ ميكروفاراد |
| م٣ | ٤٧٠ | س١ | ١٠ نانوفاراد | س٩ | ١٧٣ بيكوفاراد | د١ ، د٢ | 1N 4001 |
| م٤ | ٣,٣ ك | س٢ | ١٠٠ ميكروفاراد | س١٠ | ١٠ نانوفاراد | سماعة | ٨-٢٥ أوم |
| م٥ | ١٠٠ ك | س٣ | ١٠ نانوفاراد | س١١ | ٤٧٠ ميكروفاراد | بطّارية | ٩ فولت |
| م٦ | ٢,٢ ك | س٤ | ١٠٠ ميكروفاراد | س١٢ | ١٠ ميكروفاراد | ت١ | 2SC 2675 |
| م٧ | ٥٦٠ | س٥ | ١٠٠ ميكروفاراد | س١٣ | ١٠ ميكروفاراد | مح١ | —— |
| | | س٦ | —— | س١٤ | ١٠ ميكروفاراد | مح٢ | —— |
| | | | | س١٥ | ١٠٠ ميكروفاراد | د م١ ، د م٢ | —— |



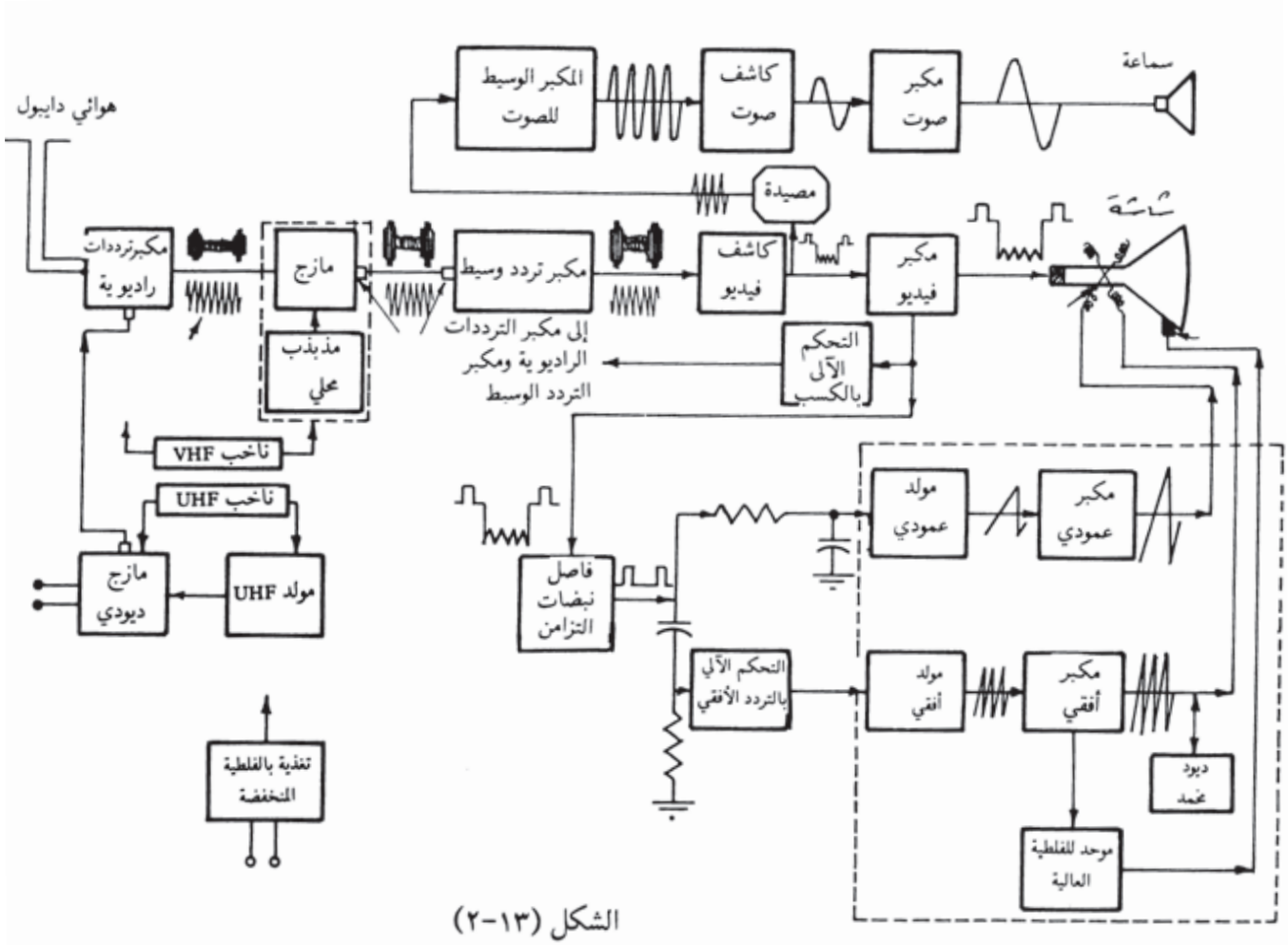

الشكل (١٣-١)

## ١٣ - ٢ جهاز استقبال تلفزيونيّ أبيض وأسود

يبين الشّكل (١٣-٢) المخطّط الوظيفيّ لجهاز استقبال تلفزيونيّ أبيض وأسود . و يتكوّن الجهاز من الوحدات الأساسيّة المبيّنة في الجدول (١٣-٢) . كما يوضّح الشّكل (١٣-٢) أشكال الإشارات الكهربائية على مداخل ومخارج الوحدات الأساسيّة المكوّنة للجهاز.

**الجـــدول (١٣ - ٢)**

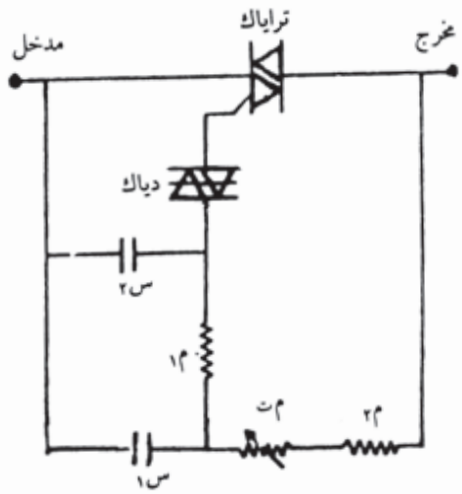
| | | |
|---|---|---|
| ـــ هوائي دايبول | ـــ كاشف الصّوت | ـــ دائرة التحكّم الآلي بالكسب |
| ـــ مكبر ترددات راديويّة | ـــ مكبر الصّوت | ـــ دائرة التحكّم الآلي بالتّردّد |
| ـــ مازج | ـــ سمّاعة | ـــ ملفّات الانحراف الأفقيّة |
| ـــ مذبذب محلّي | ـــ فاصل نبضات التّزامن | ـــ ملفّات الانحراف العموديّة |
| ـــ ناخب الترددات العالية جدّاً (VHF) | ـــ مولّد الانحراف الأفقي | ـــ محوّل الفلطيّة العالية |
| ـــ ناخب الترددات فوق العالية (UHF) | ـــ مكبّر الانحراف الأفقي | |
| ـــ المكبر الوسيط | ـــ مولّد الانحراف العمودي | |
| ـــ كاشف الفيديو | ـــ مكبّر الانحراف العمودي | |
| ـــ مكبّر الفيديو | ـــ موحّد الفلطيّة العالية | |
| ـــ شاشة | ـــ دائرة التغذية بالفلطية المنخفضة | |
| ـــ المكبر الوسيط للصوت | | |




الشكل (١٣-٢)

## ١٣ ـ ٣ المعتام الثايرستوري (Thyristor Dimmer)

يبين الشكل (١٣-٣) المخطط التمثيلي لوحدة المعتام الرئيسة . أما الشكل (١٣-٤) فيبين المخطط الصندوقي للمعتام الثايرستوري المستخدم في المباني التجارية ، و يتضمن وحدة المعتام الرئيسة ومحطة للتحكم عن بُعدٍ .



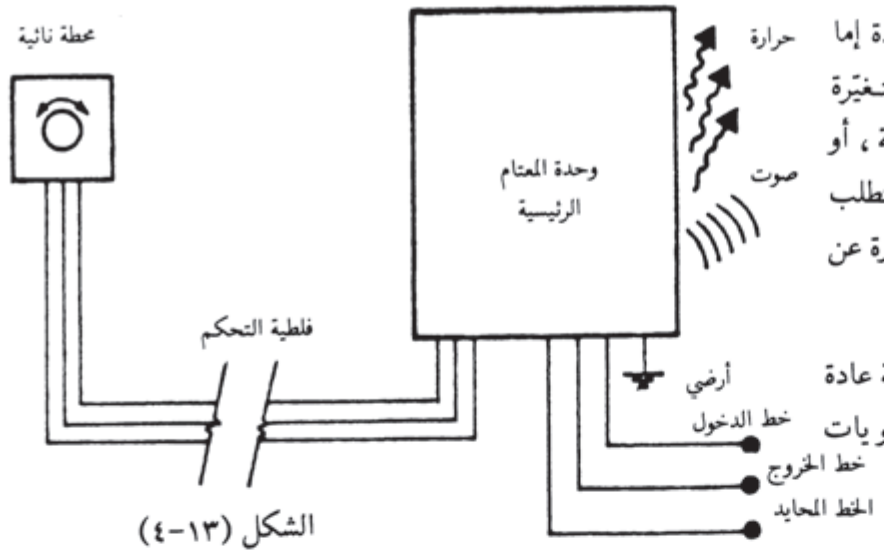

الشكل (١٣-٣)

و يتضح أن الترياك يشغّل باستخدام دياك موصول ببوابتة . وفي هذه الحالة تكون فلطية القدح عبارة عن نبضة كهربائية . أما تغذية دائرة التوقيت فتكون من مصدر تغذية متناوب (A.C.) .

في بداية دورة التشغيل تشحن دائرة التوقيت حتى تصل الفلطية إلى حدّها الأعلى اللازم لتشغيل الدياك ، حيث يفتح الدياك و يتم تفريغ المكثفين من خلال بوابة الترياك فيتم فتح الأخير . وتستمر عملية التفريغ إلى أن تصل الفلطية إلى المستوى الذي يؤدي إلى إغلاق الترياك في نهاية نصف الموجة .

ومن الممكن توفير فلطية القيادة إما يدوياً باستخدام مقاومة متغيّرة (Potentiometer) دوّارة أو منزلقة ، أو آلياً باستخدام محكّم آليّ عندما يتطلب الأمر التحكم في مستوى الإنارة عن بعد بوساطة محطة نائية .

وتتضمّن مثل هذه المحطة عادة ثلاثة أزرار تحدّد ثلاثة مستويات للإنارة ، وزراً رابعاً للتعتيم .




الشكل (١٣-٤)

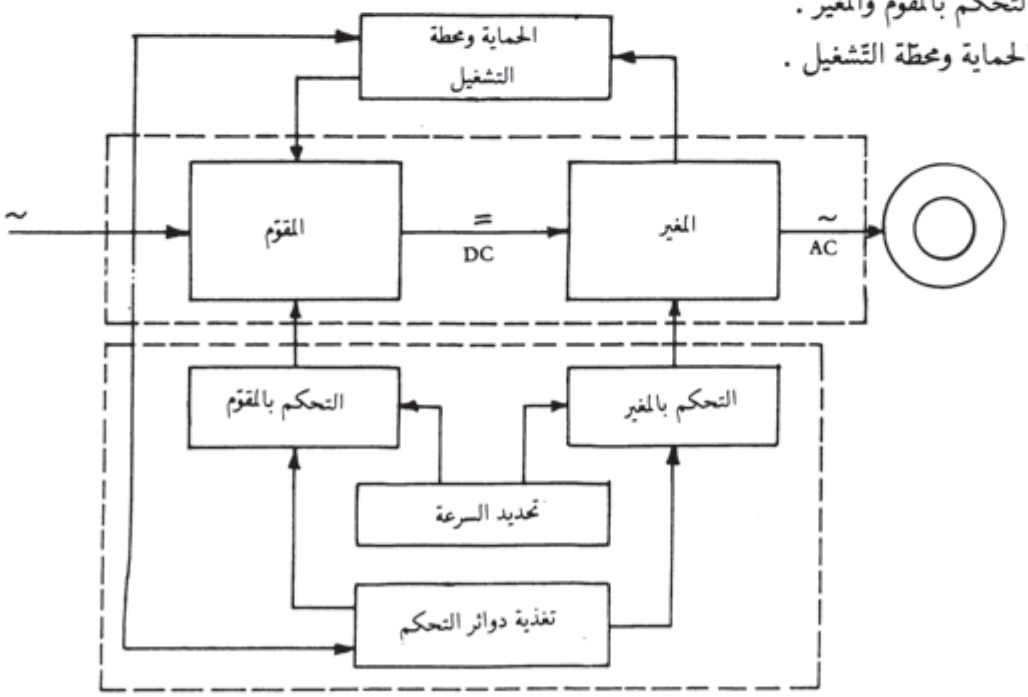
## ١٣ ـ ٤ التحكّم بسرعة المحرّك الكهربائي اللا تزامني باستخدام المقوّم والمغيّر الثايرستوريّين

يمثّل الشّكل (١٣-٥) المخطط الصندوقيّ لنظام التحكم الثايرستوريّ بسرعة المحرّك الكهربائيّ اللا تزامنيّ . تتمّ تغذية المحرّك بالتيار المتناوب بوساطة المغيّر الثايرستوري ( الموحّد العكسي ) الذي يحوّل الفلطيّة المباشرة إلى فلطيّة متناوبة بالتردد المطلوب و يتمّ تحديد مقدار الفلطيّة على مخرج المغيّر الثايرستوريّ بوساطة الموحّد ( المقوّم ) المحكوم . كما يتمّ التحكم بتردّد الفلطيّة على مخرج المغيّر بتغيير تردّد تبديل ثايرستورات المغيّر عن طريق وحدة قيادة المغيّر . و يتكوّن نظام التحكّم بسرعة المحرّك اللا تزامنيّ من الأجزاء الرّئيسة التّالية :

١ ــ وحدة القدرة العالية ، وتتضمّن المقوّم المحكوم والمغيّر الثايرستوري .

٢ ــ وحدة التحكّم بالمقوّم والمغيّر .

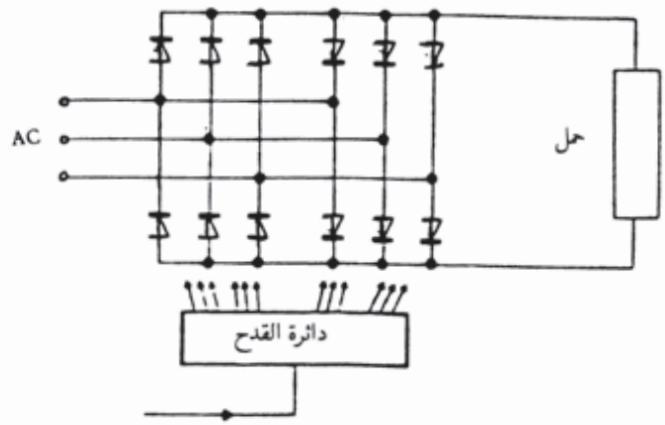
٣ ــ وحدة الحماية ومحطّة التّشغيل .



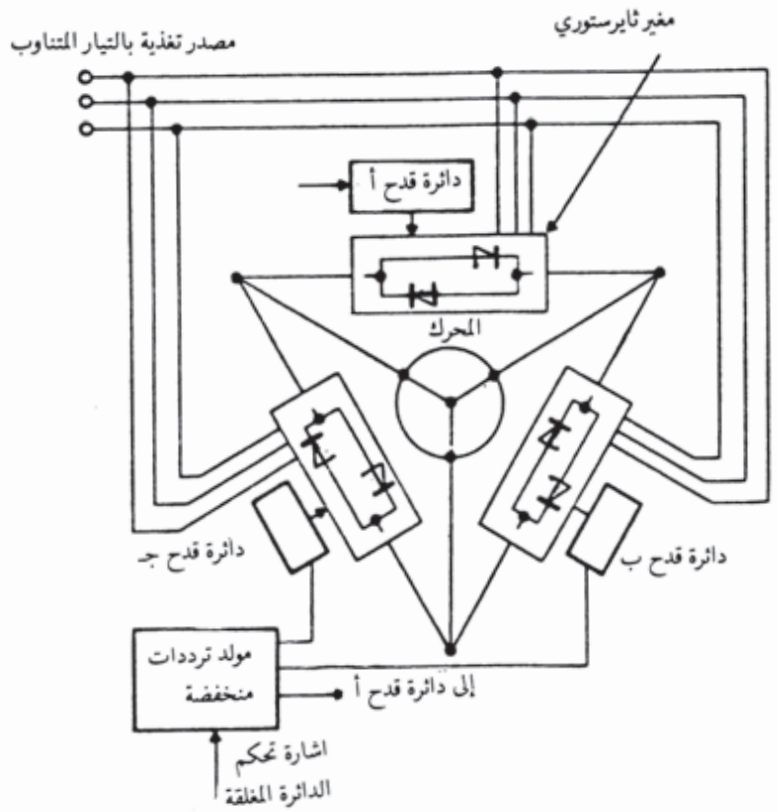

الشكل (١٣-٥)

## ١٣ ـ ٥ التحكم بسرعة المحرك اللا تزامني باستخدام المغيّر الدّوري

إذا ما غُذّيت دوائر قدح الثايرستورات بإشارات تتغيّر دورياً كما هو مبين في الشكل (١٣-٦) فإن التيار والفلطية المؤثرة على الحمل ستتغير دورياً كذلك . و يتمّ عمل المغيّر الدوري (Cycloconvertor) بحيث تغذّى دوائر القدح بإشارات تيّار متناوب منخفضة التّردد بغية الحصول على تيّار متناوب منخفض التردد في الحمل . ونظراً لأنّ الدّائرة الكهربائية المبيّنة في الشكل (١٣-٦) تعطي فقط طوراً واحداً منخفض التردد ، فإنّ المخطط الصندوقيّ المبين في الشكل (١٣-٧) ، والّذي يمثل ثلاثة نظم مماثلة للنظام المشار إليه أعلاه متّصلة معاً بتوصيلة المثلّث ( ∆ ) ، سوف ينتج ثلاثة أطوار تكون ملائمة لتشغيل المحرّك الكهربائي اللا تزامنيّ .




الشكل (١٣-٦)

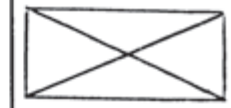



الشكل (١٣-٧)

## ١٣ ـ ٦ الرّموز المستخدمة في الشّبكات الهاتفيّة الأرضيّة والهوائيّة

يبيّن الجدول (١٣-٣) عدداً من الرّموز المستخدمة في الشبكات الهاتفيّة :

**الجـــدول (١٣ ـ ٣)**

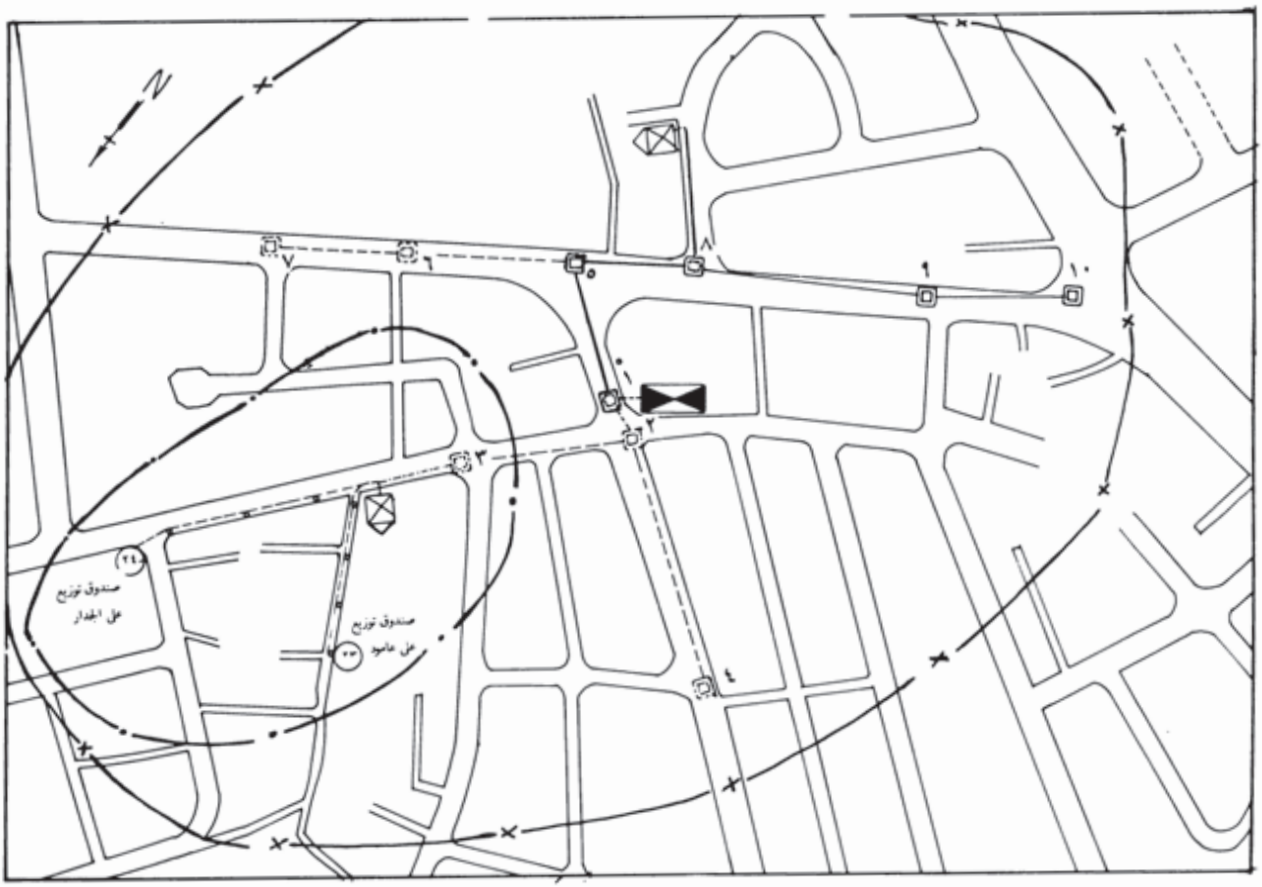
| الرّمز | المعنى | الرّمز | المعنى | الرّمز | المعنى |
|---|---|---|---|---|---|
| | مقسم موجود | ——— | خط مواسير كابل موجود | —o— S —o— | خط مواسير المجاري |
|  | مقسم جديد | — — — — — | خط مواسير كابل سينشأ | —— - — E — - —— | خط كابل الكهرباء |
| —X——X— | حدود منطقة المقسم | —— — — —— | خط كابل مدفون مباشرة | ⊗ ○ | ماسورة كابل مشغولة<br>ماسورة كابل فارغة |
| —•——•— | حدود منطقة الكابينة | | كابينة موجودة | (٤٠٠) ٠,٥/٦٠٠ | عدد خطوط الكابل = ٦٠٠<br>قطر موصلات الكابل = ٠,٥ ملم<br>عدد الخطوط المشغولة = ٤٠٠ |
| | منهل موجود بغطاء معدني مربع<br>منهل موجود بغطاء معدني مستدير | | كابينة ستنشأ | ٤٠م | المسافة بين المنهلين<br>تساوي ٤٠ متراً |
| | منهل سينشأ بغطاء معدني مربع<br>منهل سينشأ بغطاء معدني مستدير | - - —W— - - | خط مواسير المياه | | ستّ مواسير كابل ، ثلاث منها مشغولة ، وثلاث فارغة |

## ١٣ ـ ٧ أنواع المخططات المستخدمة في تمثيل الشبكات الهاتفيّة :

تستخدم أنواعٌ متعدّدة من المخطّطات في تمثيل الشبكات الهاتفية الأرضيّة والهوائيّة . و يعتمد نوع المخطط المستخدم على طبيعة المعلومات المراد إعطاؤها عن أجزاء الشبكة وكيفيّة توصيلها ببعضها . وفيما يلي أكثر أنواع المخطّطات شيوعاً :

### أ ــ مخطط الموقع (Site Plan)

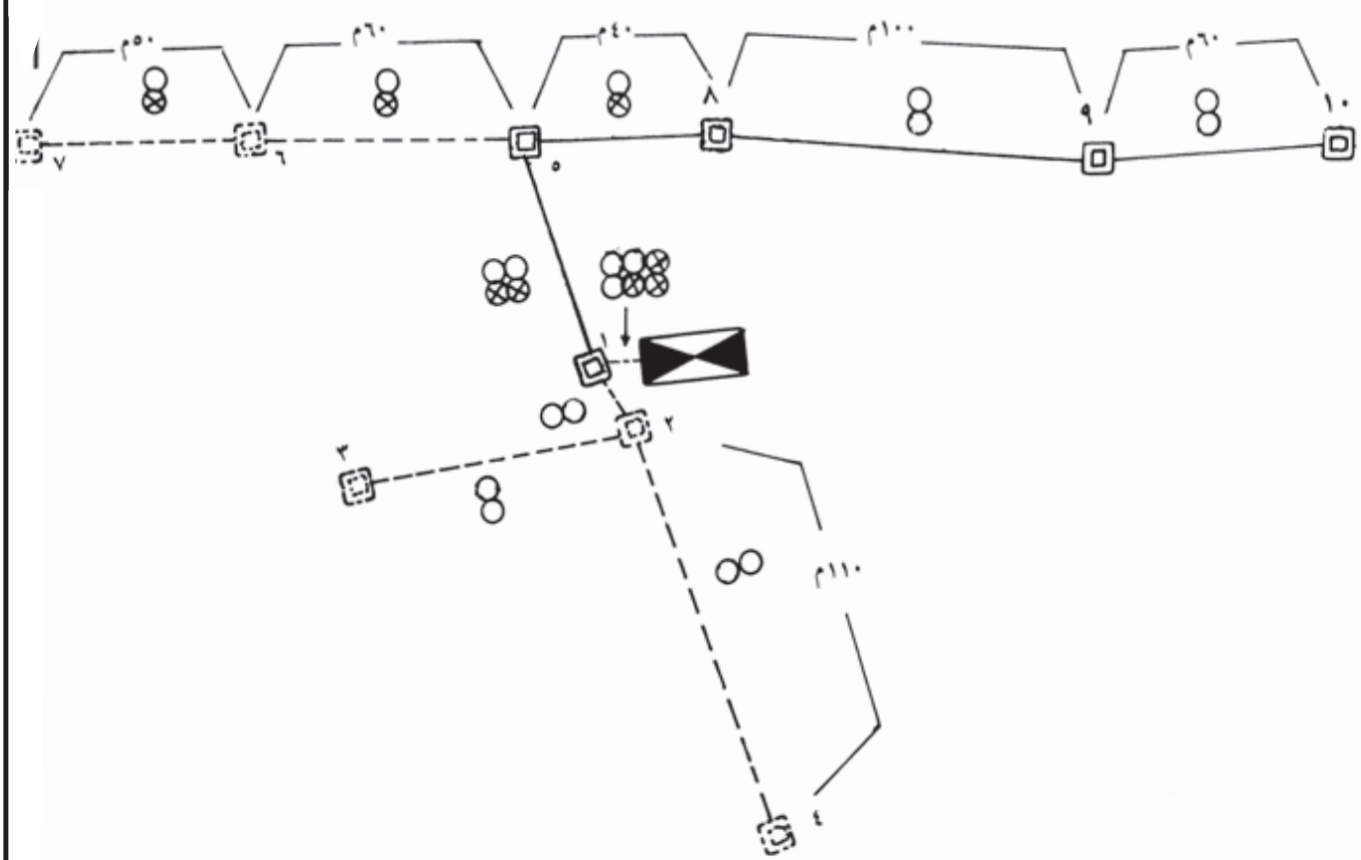
يعطي هذا المخطط وصفاً كاملاً للأجزاء التي تتكوّن منها الشبكة ، وكيفية توصيل هذه الأجزاء ببعضها . كما يحدّد المنطقة التي تغطيها الشبكة . ومثل هذا المخطط مبيّن في الشكل (١٣-٨) .




الشكل (١٣-٨)

### ب ــ مخطط المواسير (Duct Plan)

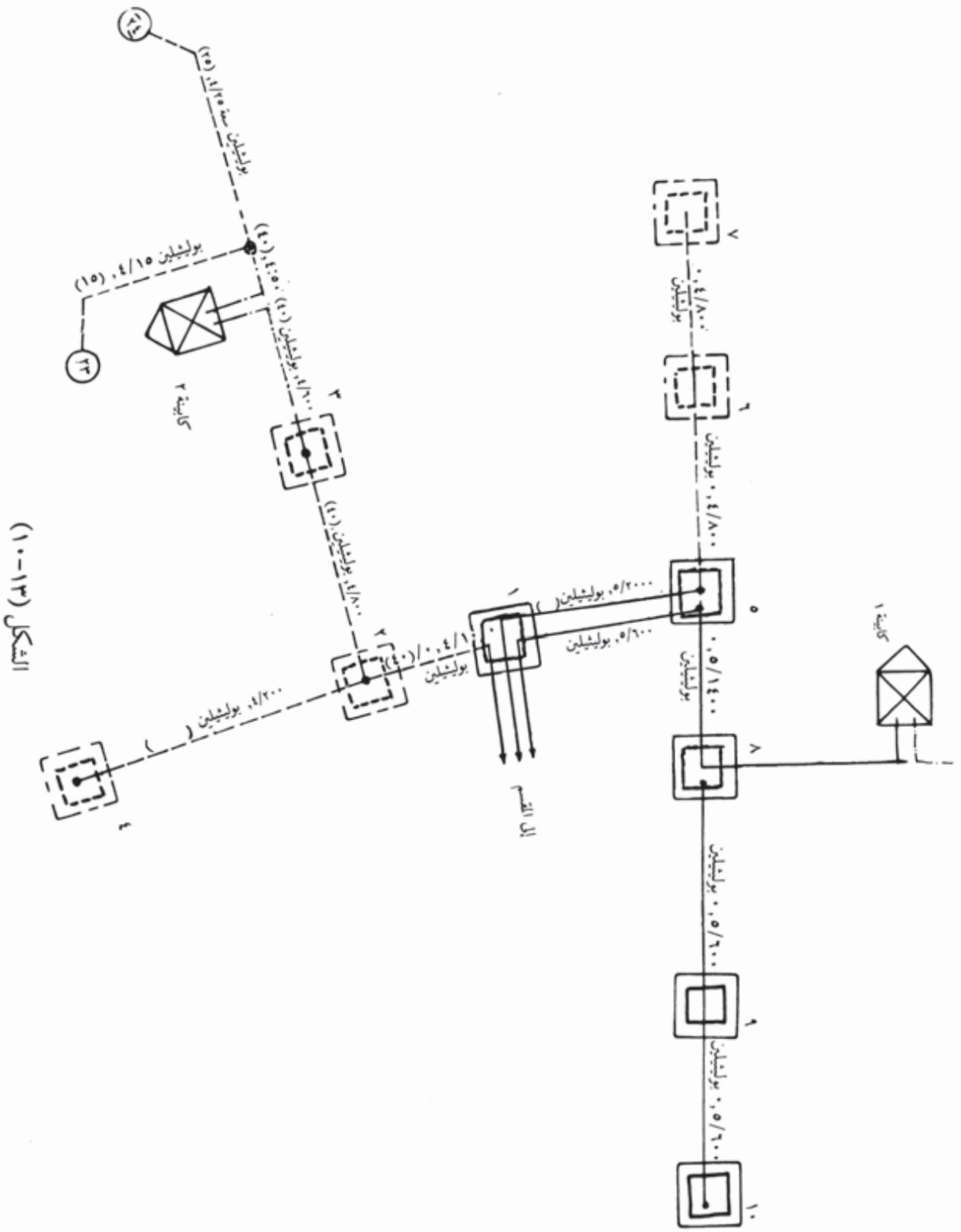
يركز هذا النوع من المخططات على إعطاء فكرةٍ عن المسافات بين أجزاء الشبكة و بخاصة المسافة بين كلّ منهلٍ والّذي يليه . كما يبيّن عدد المواسير في كلّ خطٍّ من خطوط الشبكة ، وعدد المواسير المشغولة والفارغة ( الاحتياطية ) . و يبين الشكل (١٣-٩) مثالاً على هذا النوع من المخططات .




الشكل (١٣-٩)

### جـ ــ مخطط الكوابل (Cable Plan)

يبين الشّكل (١٣-١٠) مخطّطاً من هذا النّوع . و يُعنى بصورةٍ خاصة بإعطاء معلومات عن الكوابل المستخدمة في الشّبكة من حيث عدد الخطوط ( الموصّلات ) فيها ، وقطر كلٍّ من هذه الموصّلات ، وعدد الخطوط المشغولة والاحتياطية في كلّ كابلٍ ، بالإضافة إلى نوع المادّة المستخدمة في عزل الكابلات .


كابينة ١
كابينة ٢
إلى القسم
بولي إيثيلين ٠,٥/١٤٠٠
بولي إيثيلين ٠,٥/٦٠٠
بولي إيثيلين ٠,٤/٨٠٠
بولي إيثيلين ٠,٥/٢٠٠٠
بولي إيثيلين ٠,٥/٦٠٠
بولي إيثيلين ٠,٤/١٠٠٠
بولي إيثيلين ٠,٤/٨٠٠
بولي إيثيلين ٠,٤/٢٠٠
بولي إيثيلين ٠,٤/١٥
بولي إيثيلين سعة ٠,٤/٢٥

الشكل (١٣-١٠)

# تمـــاريـــن

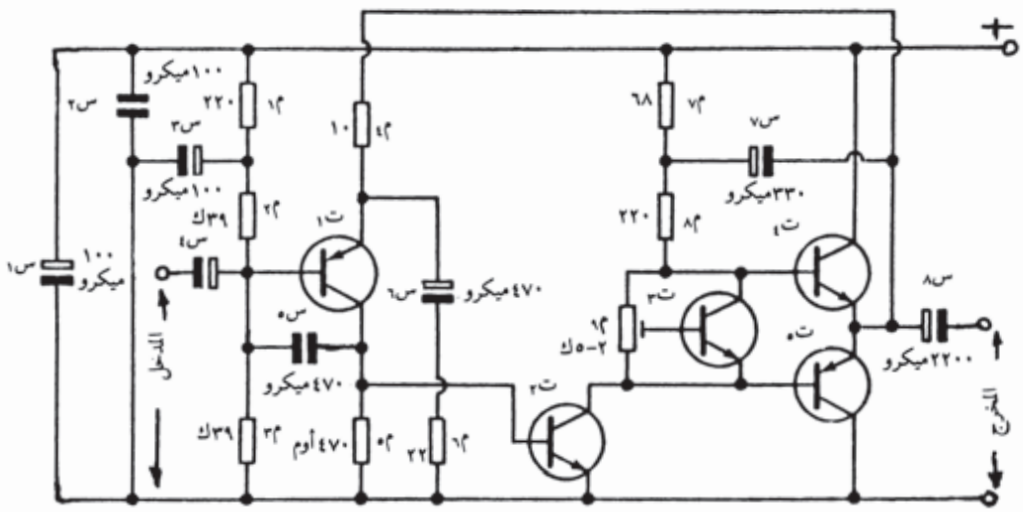
التمريـــن الأوّل

يبين الشكل (١٣-١١) المخطّط التمثيلي لمكبر قدرة ذي ترددات صوتية قدرته ١٠ واط .

أ ــ اعمل جدولاً يبين القطع الالكترونية المستخدمة في المكبر مرتبة حسب أرقامها ومقرّراتها في المخطط .

ب ــ استنتج مخطط الدوائر المطبوعة للمكبّر .

جـ ــ ارسم المخطط التمثيلي بمقياس رسم مناسبٍ .




الشكل (١٣-١١)

**التمريـــن الثاني**

أ ــ ارسم مخطط الموقع المبين في الشكل (١٣-٨) بمقياس رسم مناسب .

ب ــ ارسم مخطط المواسير المبين في الشكل (١٣-٩) بمقياس رسم مناسب .

جـ ــ ارسم مخطط الكوابل المبين في الشكل (١٣-١٠) بمقياس رسم مناسب أذكر معاني جميع الرموز التي استخدمت في ذلك المخطط .

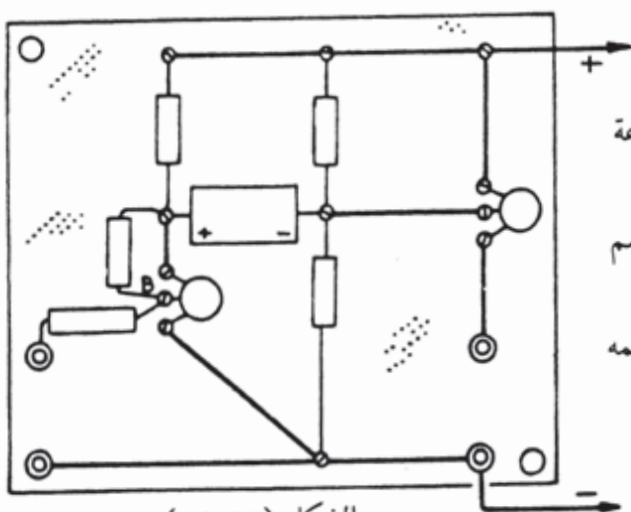
**التمريـــن الثالث**

يبين الشكل (١٣-١٢) مخطط الدوائر المطبوعة لدائرة تكبير ذات ترانزستورين .

أ ــ ارسم مخطط الدوائر المطبوعة بمقياس رسم مناسب .

ب ــ استنتج المخطط التمثيلي للمكبر، وارسمه بمقياس رسم مناسب .

جـ ــ ما اسم طريقة الربط المستخدمة في الشكل ؟




الشكل (١٣-١٢)

## التمريـــن الرابع

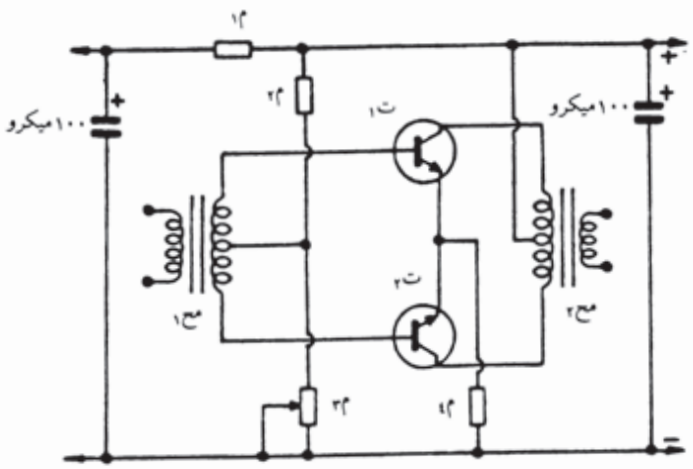
يبين الشكل (١٣-١٣) مخططاً تمثيلياً لدائرة تكبير صوتية .

أ ــ اذكر القطع والعناصر الالكترونية المستخدمة في المكبر.

ب ــ ارسم المخطط التمثيلي بمقياس رسم مناسب .

جـ ــ استنتج مخطط الدوائر المطبوعة للمكبر، وارسمه بمقياس رسم مناسب .

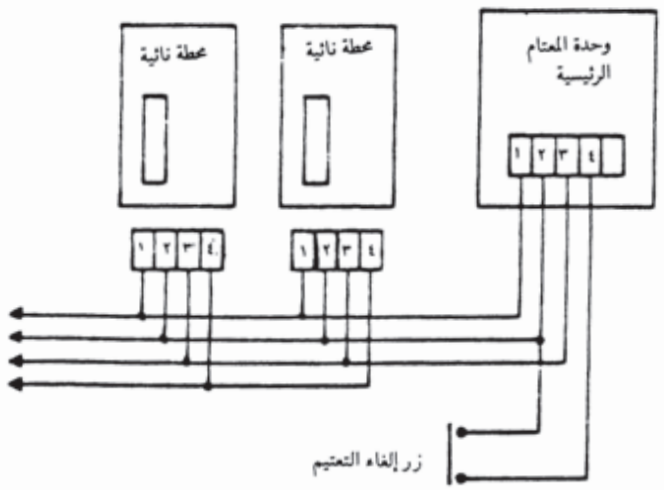
د ــ ما اسم توصيلة الترانزستورين المستخدمة في هذه الدائرة ؟




الشكل (١٣-١٣)

## التمريـــن الخامس

الشكل (١٣-١٤) يمثّل المخطط الصّندوقيّ لمعتام ثايرستوريّ . ارسم الشكل بمقياس رسم مناسب .




الشكل (١٣-١٤)

## التمريـــن السّادس

أ ــ عدّد المراحل التي يتكوّن منها جهاز الاستقبال التّلفازي العادي ( الأ بيض والأسود ) .

ب ــ ارسم المخطط الصّندوقي لجهاز الاستقبال التلفازي المبيّن في الشكل (١٣-٢) بمقياس رسم مناسب .

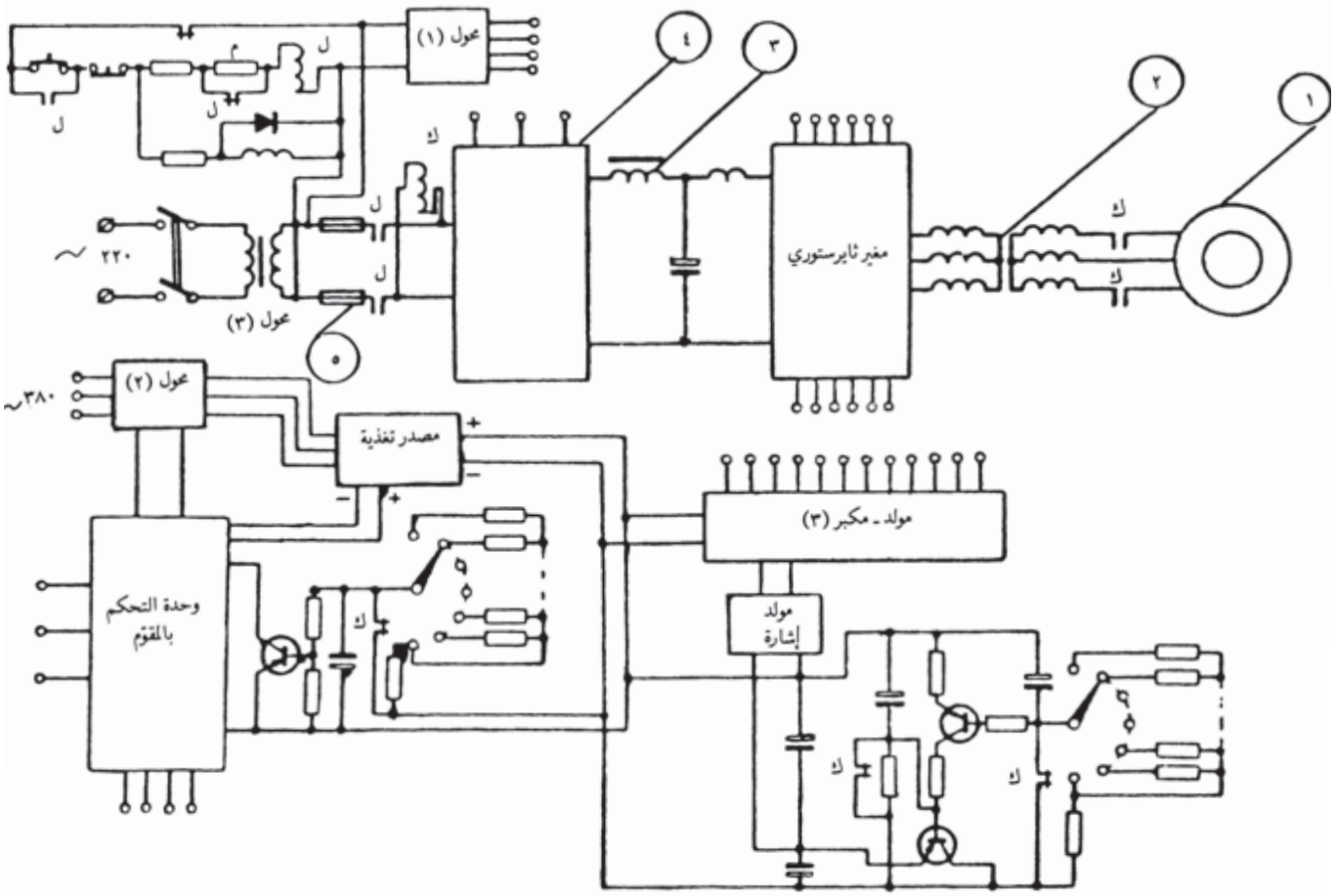
## التمريـــن السّابع

يمثل الشكل (١٣-١٥) مخطط نظام التحكّم بسرعة محرك لا تزامني باستخدام مقوّم ومغيّر ثايرستوريّين .

أ ــ اقرأ المخطط مبيّناً كيف يتم غلق ملامسي المفتاح التلامسي ( ك ) عند تشغيل المحرك الكهربائي .

ب ــ اكتب أسماء الأجزاء ذوات الأرقام (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥) .

جـ ــ ارسم المخطط بمقياس رسم مناسب .




الشكل (١٣-١٥)

# مسرد المصطلحـــات
# ( GLOSSARY )

**A**

| | |
|---|---|
| Active Filter | مرشّح فعّال |
| Ammeter | أميتر |
| Amplification Factor | معامل التكبير |
| Amplifier | مكبّر |
| Amplifier - Detector | مكبّر كاشف |
| Anode | مصعد |
| Antenna, Ferrite | هوائي الفرايت |
| Antenna, Folded Dipole | هوائي الدايبول المطوي |
| Antenna, Horn | هوائي بوقي |
| Antenna, Loop | هوائي إطاري |
| Antenna, Open Dipole | هوائي الدايبول المفتوح |
| Antenna, Parabolic | هوائي صحني |
| Audio Frequency Amplifier | مكبر ترددات سمعيّة |

**B**

| | |
|---|---|
| Base | قاعدة |
| Bias, Forward | انحياز أمامي |
| Bias, Reverse | انحياز عكسي |
| Bottom View | مسقط سفلي |
| Breakdown | انهيار |
| Bridge Rectifier | مقوّم قنطري |
| Buffer | عازل |

**C**

| | |
|---|---|
| Capacitor | مكثف |
| Carrier Signal | إشارة حاملة |
| Cathode | مهبط |
| Cathode Ray Tube | أنبوبة أشعة المهبط |
| Characteristics Curves | منحنيات الخواص |

| | |
|---|---|
| Collector | مجمّع |
| Common Base | قاعدة مشتركة |
| Common Collector | مجمّع مشترك |
| Common Emitter | مشعّ مشترك |
| Complementary Symmetry | تناظم متمّم |
| Condenser | مكثف |
| Contactors | مفاتيح تلامسية |
| Contacts | ملامسات |
| Contacts, Maintained | ملامسات دائمة |
| Contacts, Momentary | ملامسات لحظيّة |
| Controlled Rectifier | مقوّم محكوم |
| Convertor | مغيّر |
| Counter | عدّاد |
| Counter, BCD | عداد ثنائي مرمّز |
| Counter, Binary | عداد ثنائي |
| Counter, Down | عداد تنازلي |
| Counter, Up | عداد تصاعدي |
| Current, Alternating | تيار متناوب |
| Current, Direct | تيار مباشر |
| Cycloconvertor | مغيّر دوريّ |

**D**

| | |
|---|---|
| Detector | كاشف |
| Diac | دایاك |
| Diagram, Block | مخطط صندوقي |
| Diagram, Connections' | مخطط التوصيلات |
| Diagram, Functional | مخطط وظيفي |
| Diagram, Schematic | مخطط تمثيلي |
| Dial | قرص |
| Digital Frequency Counter | عداد التردّد الرّقمي |
| Digital Voltmeter | فولتميتر رقمي |
| Dimmer | معتام |
| Diode | ثنائي |

| | |
|---|---|
| Diode, Gas-Filled | ثنائي غازي |
| Diode, Shottky | ثنائي شوتكي |
| Diode, Tunel | ثنائي نفقي |
| Diode, Zener | ثنائي زينر |
| Drain | مصرف |

**E**

| | |
|---|---|
| Electrode | قطب |
| Electronic Voltmeter | فولتميتر الكتروني |
| Emitter | مشعّ |
| Emitter Follower | تابع المشعّ |
| Envelope | غلاف |

**F**

| | |
|---|---|
| Fall Time | زمن الهبوط |
| Filter | مرشح |
| Filter, Band Pass (BPF) | مرشح تمرير النطاق |
| Filter, Band Rejection (BRF) | مرشح إيقاف النطاق |
| Filter, High Pass (HPF) | مرشح تمرير عالٍ |
| Filter, Low Pass (LPF) | مرشح تمرير منخفض |
| Flip Flop | نطّاط |
| Frequency | تردّد |
| Frequency Response Curve | منحنى الاستجابة الترددية |

**G**

| | |
|---|---|
| Gate | بوابة |
| Gate, AND | بوابة « و » |
| Gate, Exclusive OR | بوابة « استثناء / أو » |
| Gate, OR | بوابة « أو » |
| Gate, NAND | بوابة « لا / و » |
| Gate, NOR | بوابة « لا / أو » |
| Gate, NOT | بوابة « لا » |
| Grid, Control | شبكة التحكم |

| | |
|---|---|
| Grid, Screen | شبكة حاجزة |
| Grid. Suppressor | شبكة كابتة |

**H**

| | |
|---|---|
| Holding Current | تيار الإمساك |
| Horizontal Input | مدخل أفقي |

**I**

| | |
|---|---|
| Inductor | ملف ( محاثّ ) |
| Input | مدخل |
| Instrument, Electrodynamic | جهاز كهروديناميكي |
| Instrument, Moving Coil | جهاز ذو ملف متحرك |
| Instrument, Moving Iron | جهاز ذو قطعة حديدية متحرّكة |
| Instrument, Primary | جهاز ابتدائي |
| Instrument, Secondary | جهاز ثانوي |
| Integrated Circuit | دائرة متكاملة |
| Interconnecting Devices | أجهزة الرّبط |
| Intermediate Frequency Amplifier | مكبر التردد الوسيط |
| Invertor | عاكس |

**J**

| | |
|---|---|
| Junction | وصلة |
| Junction Diode | ثنائي الوصلة |
| Junction Transistor | ترانزستور الوصلة |

**L**

| | |
|---|---|
| Light Emitting Diode | ثنائي انبعاث ضوئي |
| Limitter | محدّد |
| Lissajous Figures | أشكال ليساجو |
| Local Oscillator | مذبذب محلّي |
| Logic Function | دالّة منطقيّة |
| Loudspeaker | سمّاعة |

**M**

| | |
|---|---|
| Master-Slave F.F. | نطاط السّيّد ـ العبد |
| Maximum Value | القيمة العظمى |
| Microphone | ميكروفون |
| Mixer | مازج |
| Modulation, Amplitude | تعديل اتساعي |
| Modulation, Frequency | تعديل تردّدي |
| Modulator | معدّل |
| Motor | محرّك |
| Multivibrator | متعدّد الاهتزازات |

**N**

| | |
|---|---|
| Narrow Band Amplifier | مكبر ضيّق النطاق |
| Negative Feedback | تغذية راجعة سالبة |
| Negative Resistance | مقاومة سالبة |
| Non-Inverting | غير عاكس |
| Normal | طبيعيّ ، عاديّ |

**O**

| | |
|---|---|
| Ohmmeter, Series Type | أوميتر توالي |
| Ohmmeter, Shunt Type | أوميتر توازي |
| Operational Amplifier | مكبر عمليات |
| Oscillator | مذبذب |
| Oscilloscope | راسم إشارة |
| Output | مخرج |

**P**

| | |
|---|---|
| Passive Filter | مرشح غير فعّال |
| Peak To Peak | قمّة ـ قاع |
| Pentode | صمّام خماسي |
| Periodic Time | الزمن الدوري |
| Photocell | خليّة ضوئيّة |
| Photodiode | ثنائي ضوئي |

| | |
|---|---|
| Polar | قطبي |
| Power Amplifier | مكبّر قدرة |
| Power Supply | مغذّي قدرة |
| Printed Circuit Boards (PCB) | ألواح الدوائر المطبوعة |
| Pulse | نبضة |

**R**

| | |
|---|---|
| Radio Frequency Amplifier | مكبّر ترددات راديو ية |
| Reactance | مفاعلة |
| Receiver | مستقبل |
| Rectifier | مقوّم |
| Relay | مرحّل ( متمّم ) |
| Remote Control | التحكم عن بعد |
| Reset | إرجاع |
| Resistance | مقاومة |
| Rise Time | زمن الصّعود |

**S**

| | |
|---|---|
| Saturation Current | تيار التشبع |
| Semiconductor | شبه موصل |
| Set | وضع |
| Signal Generator | مولد اشارة |
| Silicon Controlled Rectifier | مقوّم سيليكوني محكوم |
| Silicon Controlled Switch | مفتاح سيليكوني محكوم |
| Silicon Unijunction Switch | مفتاح سيليكوني أحادي الاتجاه |
| Sliding | منزلق |
| Smoothing Circuit | دائرة تنعيم |
| Source | مصدر |
| Speaker | سماعة |
| Stabilizer | مقرّ ( مثبّت ) |
| Station | محطّة |
| Switch, Limit | مفتاح حدّي |

| | |
|---|---|
| Switch, Proximity | مفتاح تقاربي |
| Switch, Push Button | مفتاح زرّ انضغاطي |
| Switch, Rotary | مفتاحٌ دوّار |
| Switch, Selector | مفتاحٌ مُنْتَقٍ |
| Switch, Thermal | مفتاح حراري |
| System | نظام |

**T**

| | |
|---|---|
| Tap | تفريعة |
| Test Point | نقطة فحص |
| Tetrode | صمام رباعي |
| Thermistor | مقاومة متغيرة بالحرارة |
| Thyristor | ثايرستور |
| Transformer | محوّل |
| Transistor, Bipolar | ترانزستور ثنائي القطبية |
| Transistor, Junction Field Effect (JFET) | ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة |
| Transistor, Metal Oxide Semiconductor (MOS) | ترانزستور معدن ـ اكسيد ـ شبه موصل |
| Transistor-Transistor Logic (TTL) | منطق ترانزستور ـ ترانزستور |
| Transistor Unijunction | ترانزستور أحادي الوصلة |
| Transmitter | مرسل |
| Triac | ترایاك |
| Triggering | قدح |
| Trimmer | ضبط دقيق |
| Triode | صمام ثلاثي |
| Truth Table | جدول الحقيقة |
| Tuner | موالف ، ناخب |

**V**

| | |
|---|---|
| Vacuum | فراغ |
| Varactor | ثنائي سعوي |
| Varicond Capacitor | مكثف متغير بالفلطية |
| Varistor | مقاومة متغيرة بالفلطية |

| | |
|---|---|
| Vertical Input | مدخل عمودي |
| Video Amplifier | مكبر الصّورة |
| Voltmeter | فولتميتر |

**W**

| | |
|---|---|
| Waveguide | دليل الموجة |
| Wave, Rectangular | موجة مستطيلة |
| Wave, Sawtooth | موجة سنّ المنشار |
| Wave, Sinusoidal | موجة جيبيّة |
| Wave, Square | موجة مربّعة |
| Wave, Triangular | موجة مثلثة |
| Wheatstone Bridge | قنطرة و يتستون |
| Wide Band Amplifier | مكبر عريض النطاق |

# المـراجـــع


١ ــ أحمد عطوان وزملاؤه ، الرّسم الصّناعي للصف الثالث الثانوي / تخصص الراديو والتلفزيون ، عمان : وزارة التربية والتعليم ، ١٩٨٤ .

٢ ــ عبدالله الهور وزملاؤه ، علم الصّناعة للصف الثّاني الثّانوي ، وللصف الثّالث الثّانوي / تخصّص الاتصالات السلكية واللاسلكية ، عمّان : وزارة التربية والتعليم ، ١٩٨٧ .

3- B.F. Gray, Electronics: Systems and Practice. Longman Group Limited, 1977.

4- Borts V. Kuznetsov, Fundamentals of Industrial Electronics. Moscow. Mir Publishers, 1980.

5- British Standard 3676; 1963, Specifications for Domestic and Similar Purposes.
British Standards Institution, 2 Park Street, London WIA 2BS U.K.

6- Charles J. Bear, Electrical and Electronics Drawing. MC Graw-Hill Book Company, 1972.

7- Cyrus Kirshner and Kurt M. Stone, Electronics Drafting Workbook, Second Edition.
MC Graw-Hill Book Company, 1973.

8- David Finny, The Power Thyristor and its Applications. MC Graw-Hill Book Company (U.K.), 1980. Maidenhead, Berkshire, England.

9- Edward F. Driscoll, Industrial Electronics: Devices, Circuits and Applications.
American Technical Publishers Inc. 1976, Illinois, USA.

10- Edwin Anderson, Wiring Diagrams for Light and Power. Theodor Audel and Co., Indianapolis, Indiana 46268, USA.

11- G. Grin, Semiconductor Devices: Measurements and Tests. Mir Publishers, 1980, Moscow, USSR.

12- Herbert W. Richter and Charles F. Rubenstein, Electrical and Electronic Drafting, Second Edition. John Wiley and Sons Inc., 1985.

13- Hershal Gardner, Handbook of Solid State Troubleshooting. India: Restone Publishing Co., Inc., 1979.

14- Mannie Horowitz, Troubleshooting and Repairing Electronic Test Equipment, Second Edition. Tab Books Inc. 1986.

15- Middle East Electricity, October 1984, Page (50-51).

16- Morris A. Calwell, Electron Diagrams. Butterworth and Co. Ltd., 1976.

17- Robert J. Traister, Engineering Guide to Reading Schematics. Tab Books Inc., 1983. Blue Ridge Summit, PA. 17214, U.S.A.

18- Robert M. Brown and Paul Lawrence, How to Read Electronic Circuit Diagrams. Tab Books Inc., 1970.

19- Timothy J. Maloney, Industrial Solid State Electronics. Prentice-Hall, Inc.1979.

20- V.M. Gorodilin, Electronic Circuits: Assembling Testing and Alignment. Moscow, Mir Publishers, U.S.S.R.