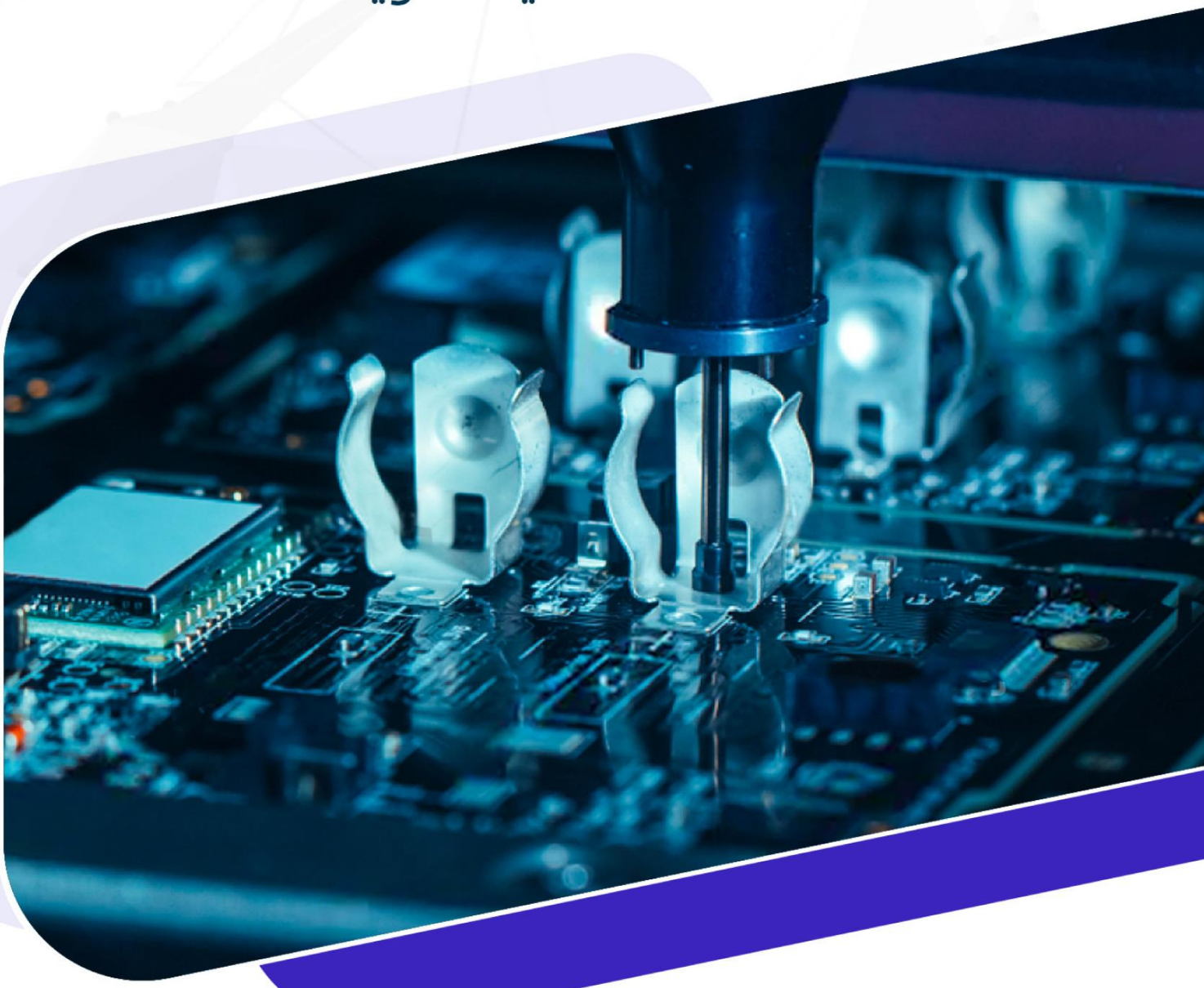
المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة للمناهج

المعاهد الصناعية الثانوية



عناصر إلكترونية

الإلكترونيات

مقدمة

الحمد لله الذي علَّم بالقلم، علَّم الإنسان ما لم يعلم، والصلاة والسلام على من بُعث مُعلماً للناس وهادياً وبشيراً، وداعياً إلى الله بإذنه وسراجاً منيراً؛ فأخرج الناس من ظلمات الجهل والغواية، إلى نور العلم والهداية، نبينا ومعلمنا وقدوتنا الأول محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه أجمعين، أما بعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل السعودي، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي، لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة للمناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي تلك المتطلبات، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية ومن بعده مشروع المؤهلات المهنية الوطنية، والذي يمثل كل منهما في زمنه، الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير وكذلك المؤهلات لاحقاً في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية "**عناصر إلكترونية**" لمتدربي برنامج "**الإلكترونيات**" في المعاهد الصناعية الثانوية ومعاهد العمارة والتشييد، موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا البرنامج لتكون مهاراتها رافداً لهم في حياتهم العملية بعد تخرجهم من هذا البرنامج. والإدارة العامة للمناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجلً أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط خالٍ من التعقيد. والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه ؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة للمناهج

الفهـــرس

الموضـــوع	رقم الصفحة
مقدمة	٢
الفهرس	٣
تمهيد	٩
الوحدة الأولى : الثنائي	١٣
تصنيف المواد من حيث الموصلية	١٤
الروابط الكيميائية	١٤
مستويات الطاقة	١٥
الفرق بين المواد من حيث التوصيل	١٨
التوصيل في البلورات أشباه الموصلات	١٩
الوصلة الثنائية من نوع N	١٩
الوصلة الثنائية من نوع P	٢٠
وصلة P-N عنصر الثنائي وأطرافه	٢٠
الانحياز الأمامي - الانحياز العكسي	٢٢
منحنى الخصائص	٢٣
خط الحمل ونقطة التشغيل	٢٤
تجربة لفحص الثنائي وتحديد أطرافه	٢٦
تجربة لدراسة سلوك الثنائي في التيار المستمر وتحديد الانحياز	٢٦
تجربة لرسم منحنى الخصائص للثنائي	٢٧
تمارين الوحدة الأولى	٢٩
الوحدة الثانية : دوائر الثنائي	٣٩
دائرة توحيد نصف موجة	٤٠

الموضـــوع	رقم الصفحة
الدائرة النظرية	٤٠
شرح الدائرة النظرية	٤١
أشكال موجات الدخل والخرج	٤٣
دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام ثنائيين	٤٣
الدائرة النظرية	٤٣
شرح الدائرة النظرية	٤٧
أشكال موجات الدخل والخرج	٤٤
دائرة موجة كاملة باستخدام أربعة ثنائيات	٤٥
الدائرة النظرية	٤٥
شرح الدائرة النظرية	٤٧
أشكال موجات الدخل والخرج	٤٧
دائرة مضاعف الجهد مرتين	٤٨
الدائرة النظرية	٤٨
شرح الدائرة النظرية	٤٨
حساب جهد الخرج	٥٠
دائرة مضاعف الجهد ثلاث مرات	٥٠
الدائرة النظرية	٥٠
شرح الدائرة النظرية	٥٠
حساب جهد الخرج	٥١
تجربة دائرة توحيد نصف موجة	٥٣
تجربة توحيد موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة منتصف	٥٧
تجربة توحيد موجة كاملة باستخدام أربعة ثنائيات	٦١

الموضـــوع	رقم الصفحة
تجربة مضاعف جهد ثنائي	٦٥
تجربة مضاعف جهد ثلاثي	٦٨
تمارين الوحدة الثانية	٧١
الوحدة الثالثة : الثنائيات الخاصة	٧٥
ثنائي الزينر	٧٥
طريقة التصنيع والرمز	٧٦
منحنى الخصائص	٧٦
ثنائي الزينر كمنظم للجهد	٧٧
ثنائي فاريكاب	٧٩
طريقة التصنيع والرمز	٧٩
منحنى الخصائص	٨٠
الاستخدام وطريقة عمله	٨٠
تجربة لاستخدام ثنائي الزينر لتثبيت الجهد	٨٢
تجربة لاستخدام ثنائي الفاريكاب	٨٤
تمارين الوحدة الثالثة	٨٧
الوحدة الرابعة : الترانزستور ثنائي القطبية BJT	٩١
تركيب BJT وأنواعه ورمز كل نوع وأطرافه	٩٢
شرح مبدأ الترانزستور	٩٥
جهود وتيارات الترانزستور	٩٧
طرق توصيل الترانزستور	١٠٠
القاعدة المشتركة:	١٠٠
كيفية التوصيل	١٠٠

الموضـــوع	رقم الصفحة
الخصائص والمميزات	١٠٠
منحنى الخصائص ومناطق العمل	١٠١
الباعث المشترك:	١٠٢
كيفية التوصيل	١٠٢
الخصائص والمميزات	١٠٢
منحنى الخصائص ومناطق العمل	١٠٣
المجمع المشترك :	١٠٤
كيفية التوصيل	١٠٤
الخصائص والمميزات	١٠٤
منحنى الخصائص ومناطق العمل	١٠٥
تجربة فحص الترانزستور وتحديد أطرافه	١٠٩
تجربة استخدام الترانزستور كمفتاح	١١١
تجربة قياس جهود وتيارات وصلات الترانزستور	١١٣
تجربة دراسة خصائص توصيل القاعدة المشتركة	١١٥
تجربة لدراسة خصائص توصيل المجمع المشترك	١١٧
تجربة لدراسة خصائص توصيل الباعث المشترك	١١٩
تمارين الوحدة الرابعة	١٢١
الوحدة الخامسة : دوائر مكبرات الترانزستور ثنائي القطبية BJT	١٢٥
مفهوم التكبير وأنواعه وشروطه وقوانينه	١٢٥
مكبر الباعث المشترك CE	١٢٧
شرح الدائرة الأساسية	١٢٧
العلاقة بين تيار القاعدة I_B وتيار الباعث I_C	١٢٧

الموضـــوع	رقم الصفحة
نقطة التشغيل	١٢٨
حساب نسبة التكبير والكسب	١٢٨
تأثير مكثف التمرير على التكبير	١٢٨
أشكال موجات الدخل والخرج	١٢٩
مكبر القاعدة المشتركة CB	١٣٢
شرح الدائرة الأساسية	١٣٢
انحياز الترانزستور	١٣٢
عملية التكبير في الدائرة	١٣٢
أشكال إشارات الدخل والخرج	١٣١
حساب نسبة التكبير والكسب	١٣١
مكبر المجمع المشترك CC	١٣٢
شرح الدائرة الأساسية	١٣٢
انحياز الترانزستور	١٣٢
عملية التكبير في الدائرة	١٣٢
أشكال إشارات الدخل والخرج	١٣٣
حساب نسبة التكبير والكسب	١٣٣
مكبر متعدد المراحل	١٣٤
شرح فكرة المكبر متعدد المراحل	١٣٤
حساب نسبة التكبير الكلي AV	١٣٥
ترانزستور ثنائي دارلنجتون	١٣٥
التركيب ،الرمز ، الاستخدام	١٣٥
الدائرة النظرية	١٣٦

الموضـــوع	رقم الصفحة
تجربة مكبر الباعث المشترك	١٣٨
تجربة مكبر القاعدة المشتركة	١٤١
مكبر المجمع المشترك	١٤٤
تجربة ترانزستور دارلينجتون	١٤٧
تمارين الوحدة الخامسة	١٥٠
الملاحق	١٥٣
المراجع	١٥٦

تمهيد

الهدف العام للحقيبة التدريبية :

تهدف هذه الحقيبة إلى إكساب المتدربين المهارات الأساسية في تقنية أشباه الموصلات و دراسة التركيب وطريقة العمل لكل من الثنائيات و الترانزستور.

تعريف بالحقيبة التدريبية :

تتكون هذه الحقيبة التدريبية من عدد من المهارات الأساسية لتقنية أشباه الموصلات والتي يتم فيها دراسة التركيب وطريقة العمل لكل من الثنائي العادي وثنائي الزينر وثنائي الفاريكاب و الترانزستور وكيفية فحصها والتأكد من سلامتها. والتعرف على التطبيقات المستخدمة فيها هذه العناصر من دوائر توحيد نصف موجة وموجة كاملة ، تنظيم الجهد ، دوائر تكبير التيار والجهد.

الوقت المتوقع لإتمام الحقيبة التدريبية :

يتم التدريب على مهارات هذه الحقيبة في (٨٠) ساعة تدريبية موزعة كالتالي:

الوحدة الأولى : الثنائي..... ١٥ ساعة تدريبية.

الوحدة الثانية : دوائر الثنائي ..... ١٥ ساعة تدريبية.

الوحدة الثالثة : الثنائيات الخاصة ..... ١٠ ساعات تدريبية.

الوحدة الرابعة : الترانزستور ثنائي القطبيةBJT ..... ٢٠ ساعة تدريبية.

الوحدة الخامسة : دوائر مكبرات الترانزستور ثنائي القطبيةBJT ٢٠ ساعة تدريبية.

الأهداف التفصيلية للحقيبة :

من المتوقع بعد الانتهاء من الحقيبة أن يكون المتدرب قادرا و بكفاءة على أن:

١ . يميز أنواع الموحدات من خلال قراءة العنصر بالعين المجردة.

٢ . يتقن استخدام جهاز متعدد الأغراض في فحص الموحدات والترانزستورات وتحديد أطرافها.

٣ . يشرح طريقة عمل الموحد بالحالتين الانحياز الأمامي والخلفي.

٤ . يوضح طريقة عمل الترانستور وكيفية مرور التيار من خلاله.

٥ . يحلل القيم الحسابية في دوائر الموحد والترانزستور.

٦ . ينفذ دوائر إلكترونية عملية للموحد والترانزستور وإجراء القياسات عمليا باستخدام جهاز قياس متعدد الأغراض.

٧ . يصف مزايا وعيوب الترانزستور وأهميتها في الدوائر الإلكترونية.

اشتراطات السلامة عند التدريب على هذه الحقيبة :

عند التدريب على هذه الحقيبة يجب اتباع تعليمات واشتراطات السلامة التالية:

١ . تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة مثل : ارتداء الحذاء المناسب لحماية القدمين والقفازات المناسبة لحماية اليدين أثناء العمل.

٢ . تقيد باستخدام العدد والأدوات حسب اختصاصها ولا تستخدم أداة خاصة لعمل معين في عمل مغاير.

٣ . تأكد من مطابقة جهد المصدر مع جهد الجهاز المراد توصيله.

٤ . تأكد من ضبط جهاز الآفوميتر على الكمية المراد قياسها والمدى المناسب لهذه الكمية.

٥ . احرص على عدم ملامسة أسلاك مكشوفة يمر بها تيار كهربائي أعلى من 70 mA .

٦ . اعلم أن صدمة التيار المتردد أكثر خطورة من صدمة التيار المستمر.

٧ . لا تعبث بالعدد والأدوات في الورشة فقد تتسبب في حوادث مؤسفة لك لا قدر الله.

٨ . كن على حذر في نقل الأدوات والعدد و احرص على مناولتها لزملائك يداً بيد.

٩ . تجنب المزاح في الورشة وأثناء التدريب حتى تحمي نفسك وزملاءك من الخطر.

١٠ . عند الانتهاء من العمل احرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بشكل منظم وإعادتها إلى أماكنها الخاصة.

الوحدة الأولى

الثنائي

الوحدة الأولى

الثنائي

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى معرفة تصنيف المواد من حيث الموصلية ومعرفة خصائص الثنائي وتركيبه.

الأهداف التفصيلية:

من المتوقع بعد الانتهاء من هذه الوحدة التدريبية أن يكون المتدرب قادرا وبكفاءة على أن:

١ . يقارن بين المواد من حيث الموصلية.

٢ . يتعرف على تركيب الثنائي ومواد صنعه.

٣ . يوضح الفوارق بين المواد الموصلة للتيار.

٤ . يبسط مفهوم الانحياز الأمامي والعكسي للثنائي.

٥ . يتقن طريقة فحص الثنائي باستخدام الافوميتر.

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ١٥ ساعة تدريبية

الوسائل المساعدة:

١ - حقيبة العناصر الإلكترونية.

٢ - حقيبة التجارب الخاصة بالمختبر.

٣ - جهاز قياس متعدد الأغراض (ملتميتر)(Multimeter).

٤ - جهاز راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب)(Oscilloscope).

٥ - جهاز مصدر القدرة المستمر(Power Supply).

٦ - وسائل الأمن والسلامة .

٧ - كتاب البيانات (data sheet) الخاص بالعناصر الإلكترونية (الثنائي).

٨ - جهاز عرض data show .

تصنيف المواد من حيث الموصلية :

تصنف المواد حسب توصيلها للتيار الكهربائي إلى ثلاثة أنواع هي:

١ - مواد موصلة (Conductors) مثل: الفضة، النحاس، الألمونيوم، الحديد.

٢ - مواد عازلة (Insulators) مثل: المطاط، الزجاج ، الورق .

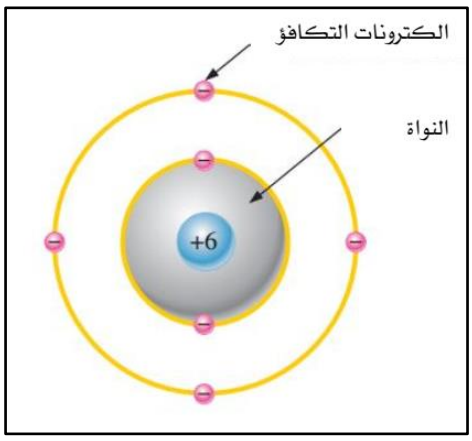
٣ - مواد شبه موصلة (Semiconductors) مثل: السيليكون ، الجرمانيوم .

في هذا الجزء سوف يتم التركيز على أشباه الموصلات.

الروابط الكيميائية :

تقع أشباه الموصلات المستخدمة في الأغراض الإلكترونية ضمن المجموعة الرابعة في الجدول الدوري للعناصر الكيميائية .

أي أن هذه العناصر (أشباه الموصلات) رباعية التكافؤ (لوجود أربعة إلكترونات في المدار الأخير) كما هو موضح بالشكل ١-١



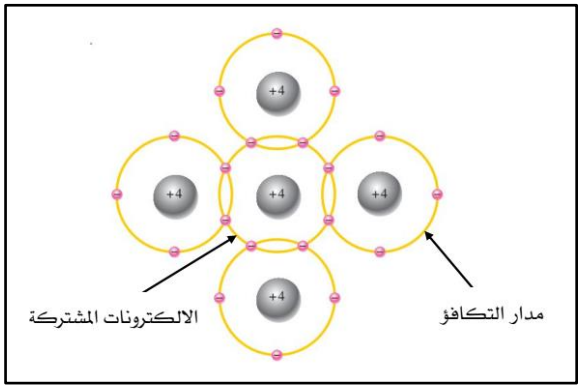
شكل ١-١

ومن أشهر عناصر أشباه الموصلات:

١-السيليكون (Silicon) ٢- الجرمانيوم (Germanium)

حيث ترتبط ذرات هذه العناصر مع بعضها في روابط تساهمية لتكون مايسمى بالبلورة (Crystal).

والتركيب العام للبلورة عبارة عن ترابط مجموعة من ذرات المادة في شكل هندسي دقيق منتظم ومتكرر يدعى بالتنسيق البلوري (Crystal Coordination) كما في الشكل ١-٢



شكل ١-٢

وهذا الشكل يبين التركيب البلوري الرباعي للسيليكون حيث إن وحدة البلورة تتكون من ذرة تحيط بها أربع ذرات وحول كل ذرة توجد أربع إلكترونات .

حيث يرتبط كل إلكترون بالذرة الخاصة به وبذرة أخرى مجاورة لينتج عن ذلك ترابط بين هذه الذرات ويدعى هذا الترابط بالـ(الترابط التساهمي)(covalent bonding) .

وقد وجد أن :

١ - أشباه الموصلات النقية عند درجة حرارة الصفر المطلقة تسلك سلوك العازل المثالي.

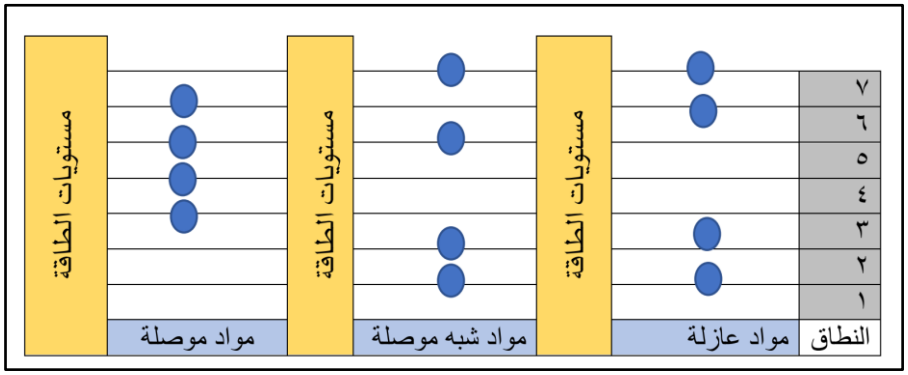
٢ - وعند ارتفاع درجة حرارة أشباه الموصلات إلى درجة حرارة الغرفة، يصبح شبه الموصل موصل للكهرباء ولكن موصليته إذا ما قورنت مع موصلية النحاس والفضة فإنها تعتبر صغيرة جداً.

ولذلك تمت إضافة الشوائب لأشباه الموصلات لزيادة توصيلها .

مستويات الطاقة :

تمتلك المواد شبه الموصلة إلكترونات تملأ جميع مستويات الطاقة المسموحة من الأغلفة الثانوية الخارجية للذرة وطبقاً لمبادئ بولي للاستبعاد (Pauli's exclusion principle) فإنه لا يوجد إلكترونين خلال منظومة واحدة لهما نفس مقدار الطاقة تماماً لذلك عند وجود عدد معين من مستويات الطاقة فإن لكل مستوى منها قيمة مختلفة عن الآخر.

إذا أخذنا ذرة لها أربعة إلكترونات في الغلافين الخارجيين ولها ثمان حالات لمستوى طاقة ممكنة مسموح بها. فإن الإلكترونات الأربعة تكون موجودة في مستويات الطاقة الأربعة السفلى (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) فعند إمداد هذه المنظومة بالطاقة فإن الإلكترون الموجود في المستوى رقم (٤) يتحرك إلى المستوى الأعلى رقم (٥) كما هو مبين بالشكل(١-٣)



شكل ١-٣

وكلما زادت الطاقة الداخلة إلى الذرة فإن الإلكترونات تتحرك حتى تصل إلى الوضع النهائي للمستويات (٥ ، ٦ ، ٧) وتبقى المستويات (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) خالية.

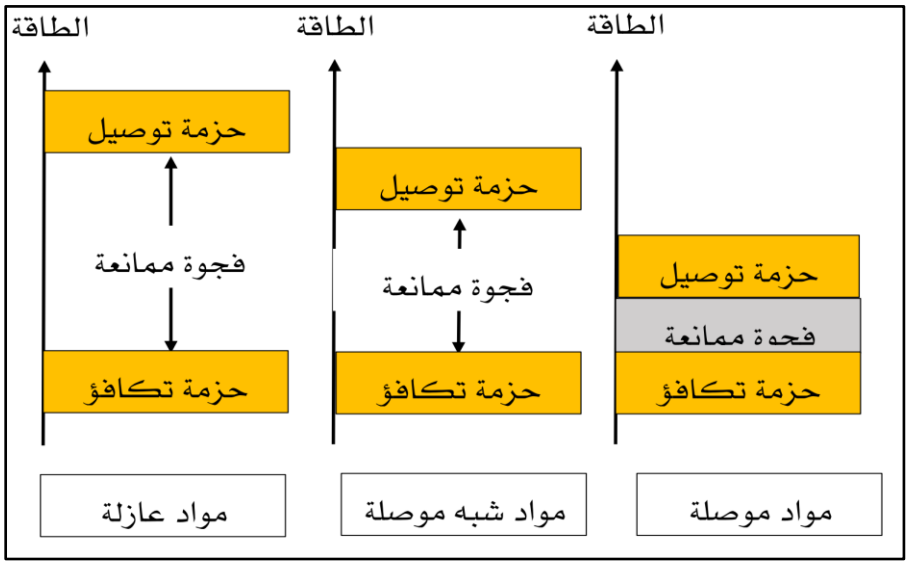
تتكون المادة الصلبة من عدد هائل من الجزيئات التي ترتبط مع بعضها وعلى ذلك فإن جميع المستويات لجميع الجزيئات يجب أن تكون مختلفة وذلك استناداً إلى مبادئ بولي للاستبعاد . ونظراً لأن الخطوط المفردة كثيرة جداً لذا يندمج عدد من هذه الخطوط على هيئة حزم (Bands) وينقسم العدد الكلي لمستويات الطاقة في الأغلفة الثانوية الخارجية إلى نوعين كما هو مبين بالشكل (١-٤):

- **حزمة تكافؤ** (Valence band) :

وفيها لا تكون الإلكترونات مستعدة للحركة من ذرة إلى أخرى.

- **حزمة توصيل** (Conduction band):

وفيها تكون الإلكترونات حرة في الحركة كذلك يمكنها أن تكون حاملة للتيار (Current Carriers)



شكل ١-٤

- في الموصل النحاسي تندمج حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل شكل (الموصل) فإذا سلطت قوة دافعة كهربائية (Electric driving force)صغيرة على الموصل فهي كافية لإحداث سريان التيار.
- في العازل جميع الإلكترونات في الأغلفة الخارجية الثانوية تكون في حزمة التكافؤ بالإضافة إلى وجود فجوة كبيرة بين مستويات الطاقة السفلى المسموح بها لحزمة التكافؤ ومستويات الطاقة العليا المسموح بها لحزمة التوصيل شكل (العازل) وتُسمى هذه الفجوة بالحزمة الممنوعة (band Forbidden) والتي لا تحتوي على حالات لمستويات طاقة مسموح بها وعلى ذلك يمكن إهمال حركة الإلكترونات في الظروف العادية. فإذا سلطت جهداً على عازل فإن الإلكترونات تحتاج إلى طاقة معينة لعبور الفجوة الممنوعة إلى حزمة التوصيل وعند حدوث ذلك يسري التيار في العازل ونقول إن العازل قد انهار تحت تأثير الجهود العالية.
- المواد الأساسية المستخدمة في أشباه الموصلات هي عناصر لها ثمان حالات طاقة مسموح بها في الغلاف الثانوي الخارجي ولها أربعة إلكترونات في الأغلفة الثانوية الخارجية مثال (السيليكون ، الجرمانيوم) . عندما تتكون مادة صلبة من ذرات السيليكون أو الجرمانيوم نحصل على حزمتين للطاقة منفصلتين بفجوة ضيقة شكل (شبه الموصل) تكون أربع من حالات مستويات الطاقة المسموح بها لكل ذرة في حزمة التوصيل وأربع من حالات الطاقة المسموح بها في حزمة التكافؤ وللحصول على سريان للتيار الكهربائي في المادة فإنه يجب تجهيز طاقة خارجية كافية لجعل الإلكترونات تعبر الحزمة الممنوعة إلى حزمة التوصيل.

الفرق بين المواد من حيث التوصيل :

من خلال هذا الجدول يمكن أن نبين الفرق بين المواد من حيث التوصيل.

جدول المواد من حيث الموصلية

وجه المقارنة	المواد الموصلة	المواد شبه الموصلة	المواد العازلة
أمثلة	الفضة - النحاس الحديد - الرصاص	السيليكون الجرمانيوم	الزجاج - الخزف
المقأومة النوعية	من 10^{-5} إلى 10^{-8} أوم. متر	متوسطة عند درجة الحرارة العادية في المدى من 10^{-5} إلى 10^{-4} أوم. متر	كبيرة جدا في درجة حرارة الغرفة وتكون في المدى من 10^{6} إلى 10^{16} أوم.متر
نطاق التكافؤ	مملوءة بالإلكترونات	مملوءة بالإلكترونات	مملوءة بالإلكترونات
نطاق التوصيل	مملوءة جزئيا بإلكترونات عند درجة الحرارة الاعتيادية	خال تماماً من الإلكترونات في درجة الصفر المطلق	خال من الإلكترونات الحرة عند درجة الحرارة العادية
طاقة الفجوة	صغيرة جداً(0.01) إلكترون .فولت	متوسطة من (0.7-2) إلكترون .فولت	كبيرة جداً(5) إلكترون. فولت
تأثير رفع درجة الحرارة على المقاومة	تزداد المقاومة	تنخفض المقاومة بشكل كبير	تنخفض المقاومة ولكنها تظل كبيرة لدرجة أن المادة الصلبة تنصهر قبل أن تصبح موصلة

جدول ١-١

التوصيل في البلورات أشباه الموصلات :

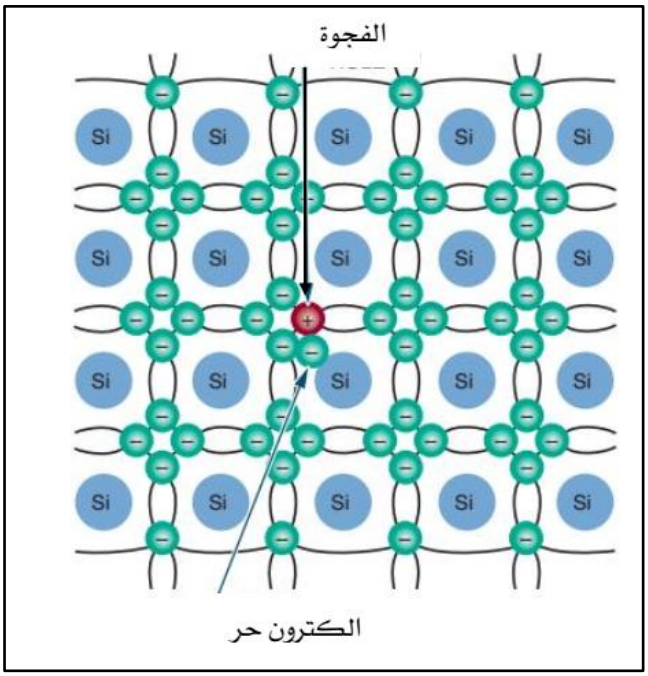
يمكن زيادة موصلية أشباه الموصلات النقية وذلك بإضافة شوائب خماسية التكافؤ أو بإضافة شوائب مواد ثلاثية التكافؤ إلى مادة شبه الموصل النقي بعناية وبمعدل مسيطر عليه. حيث تكون نسبة الشوائب المضافة حوالي ذرة لكل مليون ذرة من السيليكون أو الجرمانيوم.

تصنف أشباه الموصلات إلى نوعين هما :

١- الوصلة الشائبة من النوع N (N-Type Semiconductor):

عند إضافة شوائب تحتوي على خمسة إلكترونات في مدارها الأخير إلى مادة شبه موصلة. فإن شبه الموصل يكتسب موصلية إضافية تعرف بالموصلية الإلكترونية وذلك لوجود إلكترون زائد عند عملية الترابط التساهمي لأن ذرة السيليكون أو الجرمانيوم لا تحتاج إلا لأربعة إلكترونات فقط فيصبح الإلكترون الخامس للشائبة حرا ، وكنتيجة للعملية السابقة تظهر كمية من الإلكترونات الحرة عددها مساو لعدد ذرات المادة الشائبة الداخلة في عملية التطعيم ، ويدعى هذا النوع من الشوائب الخماسية التكافؤ بالشوائب المانحة(Donor Impurity).

حيث تمنح الذرة الشائبة إلكتروناً من إلكتروناتها الخمسة ليشترك في عملية التوصيل الكهربائي كما هو موضح في الشكل ١-٥ الذي يوضح ذلك.

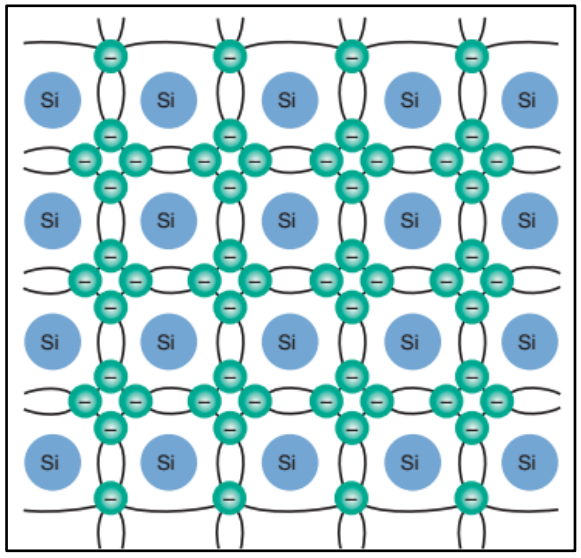


شكل ١-٥

٢- الوصلة الشائبة من النوع P (P-Type Semiconductor):

عند إضافة شوائب تحتوي في مدارها الأخير على ثلاثة إلكترونات إلى السيليكون أو الجرمانيوم . فإن الإلكترونات الثلاثة للمادة الشائبة ترتبط مع ذرات السيليكون أو الجرمانيوم بروابط تساهمية بينما تبقى الرابطة الرابعة غير مكتملة مما يؤدي إلى تكون فجوة (Hole) . عندما تكتسب إلكتروناً من الذرة الرابعة للسيليكون أو الجرمانيوم لذلك تسمى بالشوائب الكاسبة (Acceptor).

والشكل ١-٦ يبين شبكة بلورة شبه موصل من النوع P.

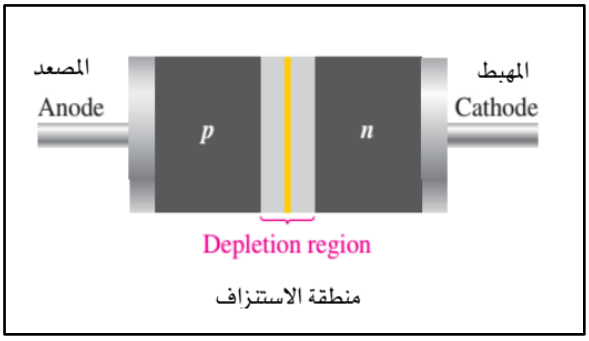


شكل ١-٦

وصلة P-N عنصر الثنائي وأطرافه:

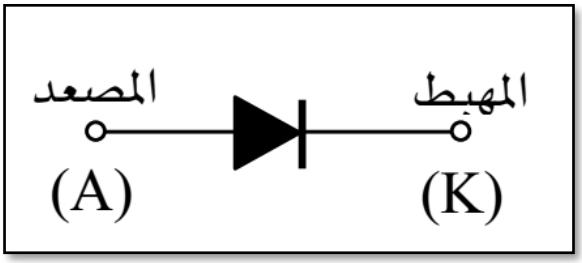
الآن سندرس ماذا يحدث عند توصيل وصلتين إحداهما من النوع السالب (N) والأخرى من النوع الموجب (P) كما هو موضح بالشكل ١-٧.

تركيب الثنائي:



شكل ١-٧

الرمز الإلكتروني:

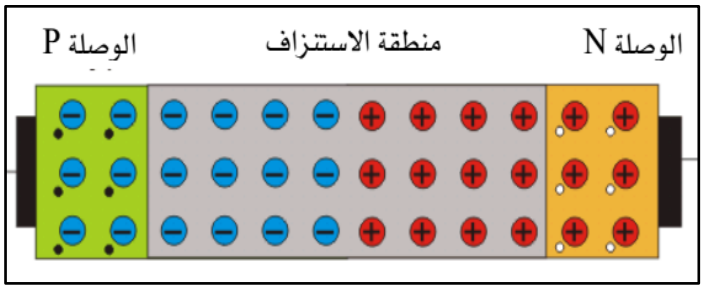


شكل ١-٨

كما هو موضح بالشكل (١-٨) الرمز الإلكتروني للثنائي والذي يتكون من طرفين هما :

١ . الآنود (المصعد) Anode.

٢ . الكاثود (المهبط) Cathode.



شكل ١-٩

الإلكترونات (N) :

هي جسيمات سالبة الشحنة الكهربائية.

الفجوة (P) :

عندما يترك الإلكترون سالب الشحنة مكاناً يصبح موجب الشحنة ويسمى فجوة. وتعامل الفجوة كأنها جسم له شحنة كهربائية موجبة تساوي قيمة شحنة الإلكترون.

١ . عند توصيل هاتين الوصلتين دون أي توصيلات خارجية كما هو موضح بالشكل (١-٩) ونتيجة لعدم التركيز وتساوي الشحنات على جانبي الوصلة تنتشر الإلكترونات الحرة من المادة(N) عبر الوصلة بين المادتين للاتحاد مع الفجوات في المادة(P) قرب سطح الوصلة .

٢ . بينما تنتشر الفجوات من المادة (P) عبر الوصلة للاتحاد مع الإلكترونات في المادة (N) قرب سطح الوصلة.

٣ . يؤدي ذلك إلى تكوين منطقة موجبة (P) في الشريحة (N) لتمنع مرور الفجوات من الوصلة (P) إلى المادة السالبة (N).

الانحياز الأمامي والانحياز العكسي:

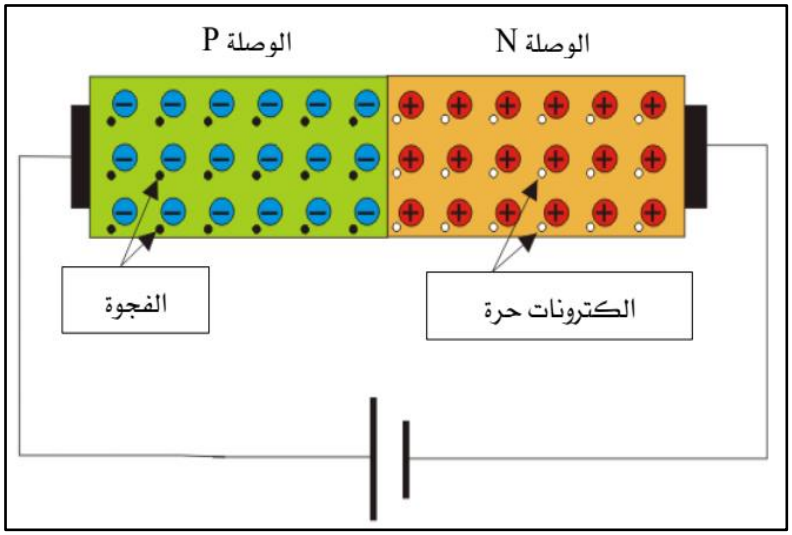
١ . **الانحياز الأمامي** (Forward Bias):

عند توصيل ثنائي الوصلة (p-n) ببطارية بحيث يكون الطرف (P)للثنائي الذي يسمى (الآنود) (Anood) موصلا مع القطب الموجب للبطارية والطرف(N) للثنائي الذي يسمى (الكاثود)(Cathode) موصلا بالقطب السالب للبطارية كما هو موضح بالشكل ١-١٠.

أ) على أساس القوى المتبادلة بين الشحنات الذي ينص على أن الشحنات المختلفة تتجاذب والمتشابهة تتنافر فإن هناك قوة تنافر بين القطب السالب(N) (الإلكترونات) والقطب الموجب(P) (الفجوات) مما يدفع الإلكترونات والفجوات إلى منطقة الاستنزاف وكنتيجة لذلك تضيق منطقة الاستنزاف.

ب) بالتالي لكي يمر التيار عبر الثنائي فإنه يجب أن تكون قيمة الجهد المطبق في هذه حالة الانحياز الأمامي أكبر من قيمة جهد الحاجز. وتختلف قيمة جهد الحاجز باختلاف نوع الثنائي.

ج) الثنائي المصنوع من السيليكون تكون قيمة الجهد الحاجز له (0.7V) أما في حالة الثنائي المصنوع من الجرمانيوم فإن قيمة الجهد الحاجز تكون(0.3V) لذا فإن عرض منطقة الاستنزاف سوف يقل إلى الحد الذي يسمح به للإلكترونات أن تتحرك من القطب السالب للبطارية إلى القطب الموجب عبر الثنائي وعندها يعبر تيار كبير وتكون مقاومة الثنائي صغيرة جداً.



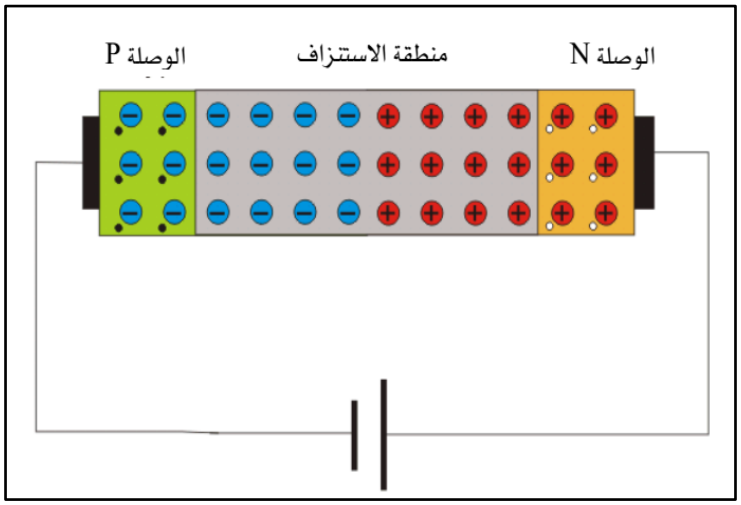
شكل ١-١٠

٢. **الانحياز العكسي** (Reverse Bias) :

أ) الشكل ١-١١ يوضح توصيل الثنائي في حالة انحياز عكسي حيث القطب السالب موصل مع طرف (المصعد) (A) والقطب الموجب موصل مع طرف (المهبط) (K).

ب) القطب السالب يجذب الفجوات في المنطقة الموجبة إلى خارج منطقة الاستنزاف والقطب الموجب يجذب الإلكترونات الموجودة في الوصلة(n) إلى خارج منطقة الاستنزاف مما يؤدي إلى زيادة منطقة الاستنزاف (المنطقة الخالية من الشحنات).

ج) وبذلك تزيد مقاومة الثنائي لمرور التيار إلى درجة كبيرة وعندها لا يمر تيار الا تياراً صغير جداً يسمى تيار التسريب العكسي الناتج عن انتشار حاملات الشحنة الأقلية حيث إن الإلكترونات في الوصلة (p)والفجوات في الوصلة (n) هما حاملات الأقلية.



شكل ١-١١

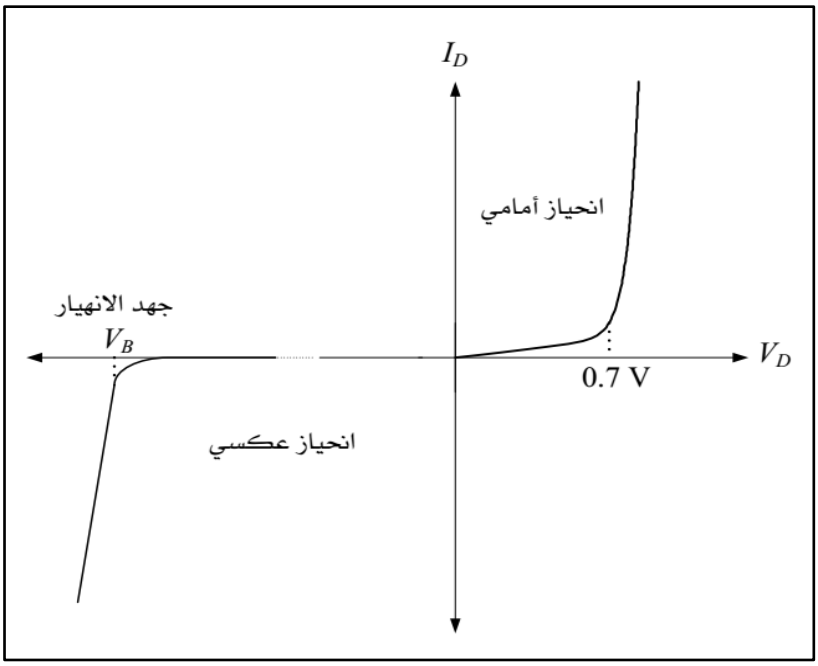
منحنى الخصائص للثنائي :

يبين الشكل ١-١٢ منحنى الخصائص للثنائي المصنوع من السيليكون (Si) والجرمانيوم (Ge). ويعرف منحنى الخصائص للثنائي على أنه العلاقة بين التيار المار من خلال الثنائي وبين الجهد المطبق على طرفيه في حالة الانحياز الأمامي والعكسي.

أ) نلاحظ في الجانب الأيمن العلوي من المنحنى أنه يكون الجهد المار بالطرف الموجب المتصل بالآنود والطرف السالب المتصل بالكاثود وبذلك يكون الثنائي في حالة الانحياز الأمامي وبزيادة الجهد الأمامي يزيد التيار الأمامي وتكون المقاومة الأمامية للثنائي صغيرة جداً ويرمز له (Rf).

ب) أما في الجانب الأيسر السفلي نلاحظ أن الجهد المار بالطرف الموجب المتصل بالكاثود والطرف السالب المتصل بالآنود أي أن الثنائي في حالة انحياز عكسي.

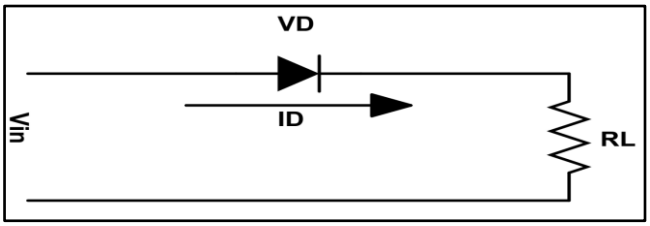
ج) يكون تيار التشبع العكسي ثابت القيمة ولاتتغير قيمته بزيادة الجهد العكسي وتكون قيمته صغيرة بالمايكرو أو بالنانو أمبير وتكون مقاومة الثنائي في الانحياز العكسي كبيرة جداً إذا ما قورنت بالمقاومة الأمامية للثنائي ويرمز له (Rr) .



شكل ١-١٢

خط الحمل ونقطة التشغيل:

لتعيين خط الحمل ونقطة التشغيل يجب دراسة الدائرة المبينة بالشكل ١-١٣



شكل ١-١٣

عند تطبيق قانون كيرشوف للجهود على هذه الدائرة نحصل على العلاقة الآتية:

(١-١)

$$V_i = V_D + I_D R_L$$

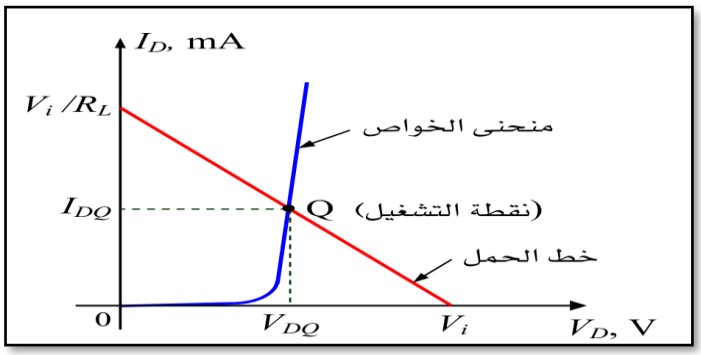
وحيث إن هذه العلاقة لا تكفي لتحديد قيمة كل من I_D و V_D لأنها تحتوي على مجهولين لذا فإننا سوف نستخدم علاقة أخرى بين كل من I_D و V_D وهي منحنى الخواص للثنائي والموضح بالشكل ١-١٤.

ولرسم خط الحمل المعطى بالمعادلة (١-١) على منحنى الخواص للثنائي والموضح بالشكل ١-١٤، نلاحظ أن هذا الخط يتقاطع مع المحور الرأسي والذي يمثل I_D عندما يكون فرق الجهد المطبق على الثنائي $V_i = 0$ أي عندما يكون

$$I_D = V_I/R_L \qquad (١-٢)$$

كما يتقاطع خط الحمل مع المحور الافقي والذي يمثل V_D عندما يكون التيار المار في الثنائي $I_D = 0$ أي عندما يكون:

$$V_D = V_i \qquad (١-٣)$$



شكل ١-١٤

نلاحظ أن خط الحمل يتقاطع مع منحنى الخواص عند النقطة Q التي يطلق عليها نقطة التشغيل وعند هذه النقطة يمكن تحديد قيمة التيار المار في الدائرة وقيمة فرق الجهد الواقع على الثنائي كما يمكن إيجاد قيمة فرق الجهد الواقع على مقاومة الحمل بالعلاقة التالية:

$$V_L = R_L I_D = V_i - V_D \qquad (١-٤)$$

مثال تطبيقي ١-١ :

بالنسبة للدائرة المبينة بالشكل ١-١٣ إذا كانت قيمة $R_L = 50\Omega$ و $V_i = 1.5V$ أوجد قيمة التيار المار في الدائرة وكذلك فرق الجهد الواقع على مقاومة الحمل علماً بأن منحنى الخواص للثنائي كما هو موضح بالشكل (١-١٥).

الحل:

بالتعويض عن قيمة كل من V_i و R_L في المعادلة (١-٢) فإن نقطة تقاطع خط الحمل مع محور التيار تكون عند :

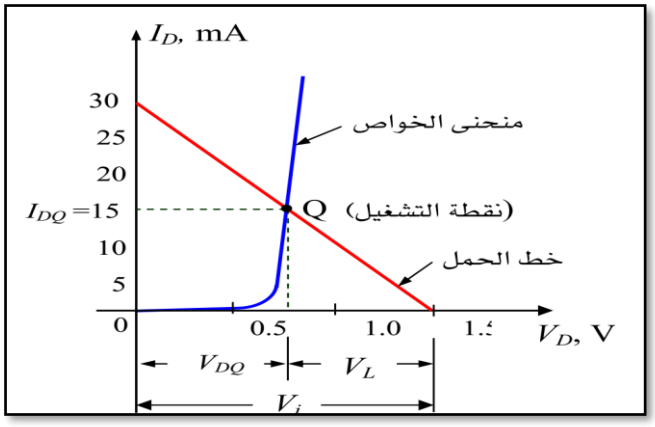
$$I_D = \frac{V_I}{R_L} = \frac{1.5V}{50\Omega} = 30mA$$

والتعويض عن قيمة V_i في المعادلة (١-٣) فإن تقاطع خط الحمل مع محور الجهد تكون عند:

$$V_D = V_i = 1.5v$$

من تقاطع خط الحمل مع منحنى الخواص يمكن تحديد نقطة التشغيل Q ومن إحداثيات هذه النقطة يمكن معرفة قيمة التيار I_{DQ} المار في الدائرة وتساوي 1.5mA وقيمة فرق الجهد الواقع على الثنائي V_{DQ} يساوي 0.75V أما قيمة الجهد V_L الواقع على مقاومة الحمل فيمكن استنتاجها من المعادلة (١-٤)

$$V_L = V_i - V_D = 1.5V - 0.75V = 0.75V$$



شكل ١-١٥

فحص الثنائي:

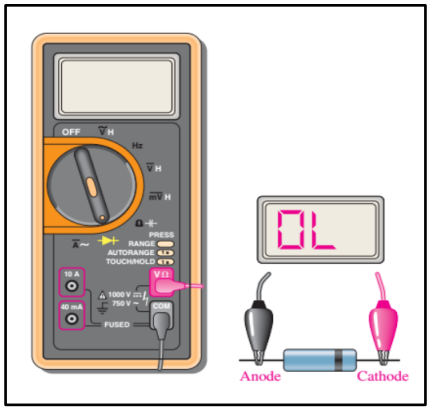
اختبار وفحص الثنائي باستخدام جهاز الافوميتر الرقمي:

١. اختر على جهاز الافوميتر وضع (⊣▶).

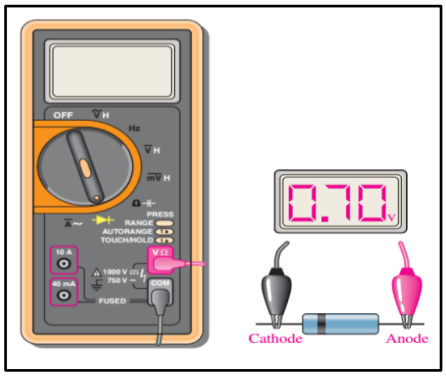
٢. اختبر مجسي جهاز القياس الأحمر والأسود بعمل قصر بينهما وتأكد أن الجهد تقريباً يساوي صفراً.

٣. ضع مجسي جهاز القياس على طرفي الثنائي فإذا كانت قراءة الجهاز (*OL*) كما في الشكل(١-١٦) عندئذ بدل مجسي جهاز القياس على طرفي الثنائي كما في الشكل(١-١٧). وإذا أعطى الجهاز قراءة مابين (*0.7V -0.5V*)

تقريباً يدل هذا أن الثنائي سليم ومصنع من السيليكون .



شكل ١-١٦



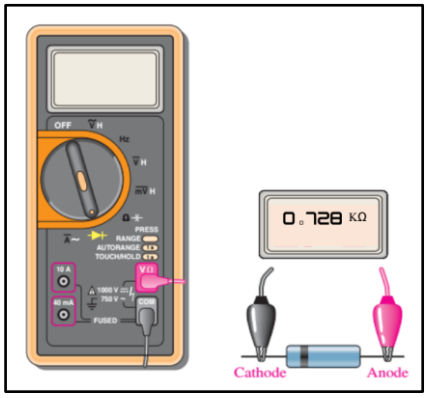
شكل ١-١٧

٤ . إذا كانت قراءة الجهاز تتراوح مابين (0.3V-0.2V) فيدل هذا أن الثنائي مصنوع من الجرمانيوم.

٥ . إذا أعطى الجهاز قراءة (OL)(Open Loop) في كلا الوضعين أو أعطى صفراً تقريباً فيدل هنا على أن العنصر تالف.

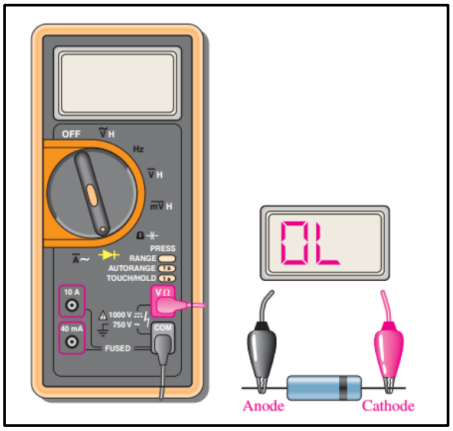
فحص الثنائي باستخدام جهاز الافوميتر الرقمي على وضع الأوم :

١. ضع المجس الأحمر لجهاز الافوميتر على طرف الآنود والمجس الأسود على طرف الكاثود (انحياز أمامي) يجب أن تكون القراءة مقاومة كبيرة جداً بالميجا أوم كما في الشكل ١-١٨



شكل ١-١٨

٢. ضع المجس الأحمر على الكاثود والمجس الأسود عل الآنود (انحياز عكسي)يجب أن تكون النتيجة كما هو موضح بالشكل ١-١٩(OL-(Open loop



شكل ١-١٩

قائمة تمارين الوحدة الأولى (الثنائي):

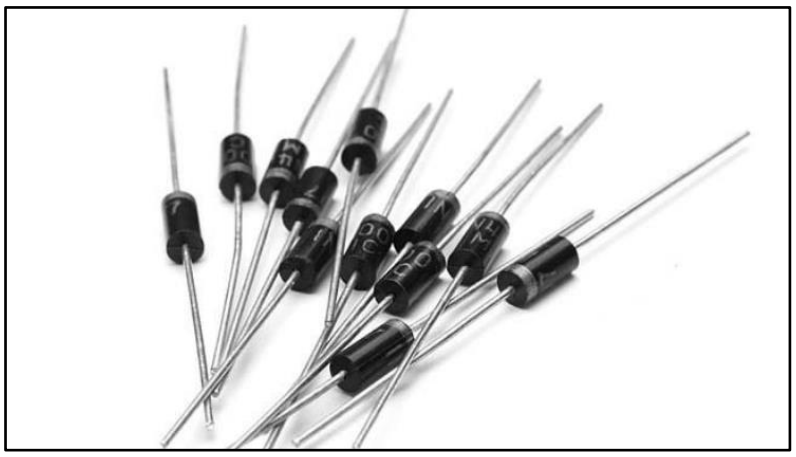
التمرين الأول : تجربة لفحص الثنائي وتحديد أطرافه.

التمرين الثاني: تجربة لدراسة سلوك الثنائي في التيار المستمر وتحديد الانحياز.

التمرين الثالث: تجربة لرسم منحنى الخصائص للثنائي.

التمرين الأول:

تجربة: فحص الثنائي وتحديد أطرافه.



المطلوب:

- فحص الثنائي بإشكاله المختلفة وكذلك تحديد أطرافه.

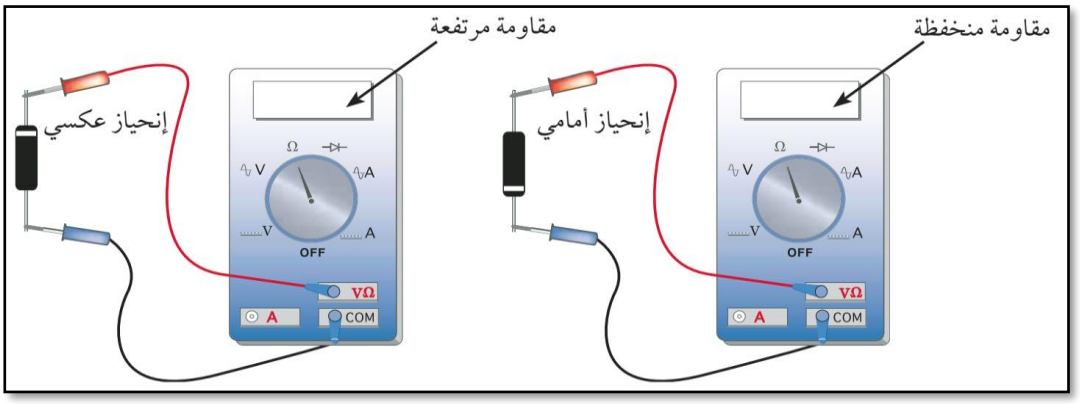
العدد والأدوات المستخدمة:

- جهاز قياس الأفوميتر الرقمي (A.V.O).
- ثنائيات مختلفة الأشكال والأنواع والأحجام (كما هو موضح بالصورة).

خطوات التنفيذ:

- ضع الأفوميتر على تدريج الأوم .
- افحص مجموعة الثنائيات الموضحة بالصورة أعلاه (أو أي ثنائيات أخرى يحددها المدرب).

- حدد بالنظر أطراف الثنائيات (الآنود - الكاثود) الموضحة بالصورة أعلاه. سجل قراءة المقاومة الأمامية والعكسية باستخدام الأفوميتر للثنائيات التي أمامك كما هو موضح بالصورة.



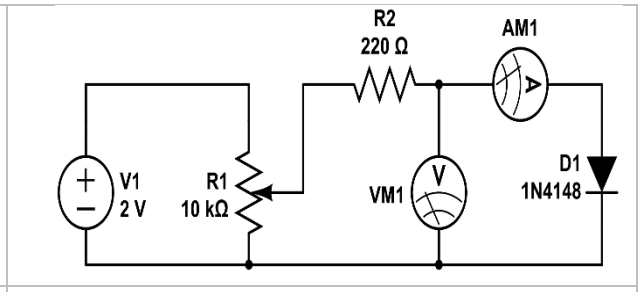
- أكمل الجدول التالي :

الثنائي	المقاومة الأمامية	المقاومة العكسية	صلاحية الثنائي

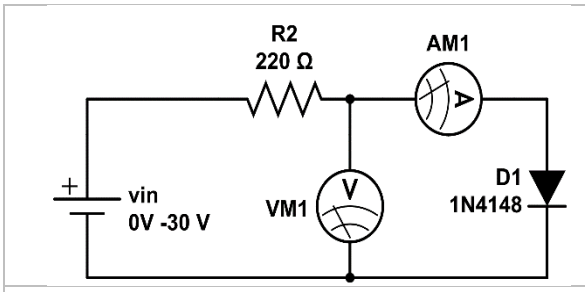
- ماذا تستنتج من النتائج الموضحة بالجدول ؟

التمرين الثاني:

تجربة : دراسة سلوك الثنائي في التيار المستمر وتحديد الانحياز.



شكل ١



شكل ٢

المطلوب:

- دراسة خصائص الثنائي (السيليكون أو الجرمانيوم) وقياس الجهد والتيار بالثنائي وكذلك تحديد حالة الانحياز.

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

- عدد (١) مصدر قدرة مستمر .
- عدد (١) جهاز قياس رقمي (A.V.O).
- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (٢) جهاز افوميتر لقياس الجهد والتيار.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 220Ω .
- عدد (١) مقاومة ثابتة 330Ω .
- عدد (١) ثنائي السيليكون IN4007.
- عدد (١) مقاومة متغيرة 1KΩ أو 4.7KΩ أو 10KΩ.

خطوات التنفيذ:

- **في حالة الانحياز الأمامي:**

١. وصل الدائرة كما هو موضح بالشكل ١ .

٢. اضبط مصدر الجهد المستمر على 2V .

٣. أكمل الجدول التالي وذلك بقياس الكميات المطلوبة.

V_f	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	V
I_f									mA

- **في حالة الانحياز العكسي:**

١. وصل الدائرة كما هو موضح بالشكل ٢.

٢. اضبط مصدر الجهد المستمر على 2V .

٣. أكمل الجدول التالي وذلك بقياس الكميات المطلوبة.

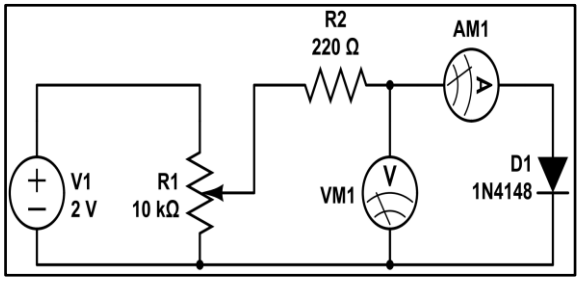
V_r	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	V
I_r											µA

- ماذا تستنتج من النتائج في الجدول في حالة الانحياز الأمامي ؟

- ماذا تستنتج من النتائج المسجلة في الجدول في حالة الانحياز العكسي ؟

التمرين الثالث:

تجربة : رسم منحنى الخصائص للثنائي.



المطلوب:

رسم منحنى الخصائص للثنائي.

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

- مصدر قدرة مستمر .
- عدد (١) جهاز قياس رقمي (A.V.O).
- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (٢) جهاز افوميتر لقياس الجهد والتيار.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 220Ω .
- عدد (١) مقاومة ثابتة 330Ω .
- عدد (١) ثنائي من السيليكون IN4007.
- عدد (١) مقاومة متغيرة 1KΩ أو 4.7KΩ أو 10KΩ.

خطوات التنفيذ:

١. وصل الدائرة كما هو موضح بالشكل السابق.
٢. اضبط مصدر الجهد المستمر على 2V .
٣. أكمل الجدول التالي وذلك بقياس الكميات المطلوبة.

V_f	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	V
I_f									mA

٤. من خلال القراءة الموضحة بالجدول يمكنك رسم منحنى الخصائص للثنائي .

تمارين الوحدة

س١ : تصنف المواد من حيث توصيلها إلى:

١- مثال عليها :

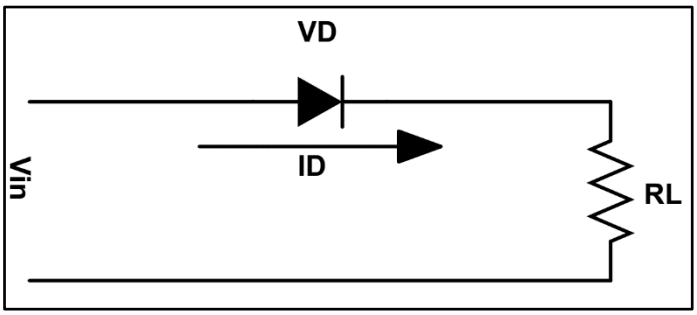
٢- مثال عليها :

٣- مثال عليها :

س٢ : ارسم الرمز الإلكتروني للثنائي . وكذلك التركيب الداخلي .

س٣ : وضح بالرسم الانحياز الأمامي والعكسي للثنائي .

س٤ : وضح كيف يتم فحص الثنائي مستعيناً بجهاز القياس الافوميتر .



س٥ : إذا كان جهد الدخل للدائرة أعلاه هو Vi= 2V ومقاومة الخرج RL=100Ω احسب:

١ . التيار المار بالدائرة .

٢ . فرق الجهد على مقاومة الخرج .

نموذج تقييم المتدرب لمستوى أدائه

يعبأ من قبل المتدرب نفسه وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة

بعد الانتهاء من التدرب على وحدة .**الثنائي**، قيم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقييم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة، وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.

م	العناصر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
١	التعرف على تصنيف المواد من حيث توصيلها للتيار				
٢	التعرف على التركيب الداخلي للثنائي				
٣	التعرف على طريقة عمل الثنائي في حالة الانحياز الأمامي والعكسي				
٤	التعرف على الطريقة الصحيحة في عملية فحص الثنائي				
٥	القدرة على رسم منحنى الخصائص للثنائي				
٦	التقيد بالسلوك المهني السليم والحرص على اتباع أصول الأمن والسلامة أثناء التطبيق لمفردات هذه الوحدة				

يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.

نموذج تقييم المدرب لمستوى أداء المتدرب يعبأ من قبل المدرب وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة الأولى (الثنائي)	
اسم المتدرب :	التاريخ: .....
رقم المتدرب :	المحاولة : ١ ٢ ٣ العلامة : ....

كل بند أو مفردة يقيم بـ ١٠ نقاط

الحد الأدنى: ما يعادل ٨٠٪ من مجموع النقاط. الحد الأعلى: ما يعادل ١٠٠٪ من مجموع النقاط.

م	بنود التقييم	النقاط (حسب رقم المحاولات)			
		١	٢	٣	٤
١	التعرف على تصنيف المواد من حيث توصيلها للتيار				
٢	التعرف على التركيب الداخلي للثنائي				
٣	التعرف على طريقة عمل الثنائي في حالة الانحياز الأمامي والعكسي				
٤	التعرف على الطريقة الصحيحة في عملية فحص الثنائي				
٥	القدرة على رسم منحنى الخصائص للثنائي				
٦	التقيد بالسلوك المهني السليم والحرص على اتباع أصول الأمن والسلامة أثناء التطبيق لمفردات هذه الوحدة				
المجموع					

ملحوظات:

توقيع المدرب: .....

الوحدة الثانية

الدوائر الثنائي

الوحدة الثانية

دوائر الثنائي

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى معرفة أنواع الدوائر والتطبيقات المستخدمة في الثنائي العادي وكذلك معرفة طريقة عمل هذه الدوائر والتطبيقات.

الأهداف التفصيلية:

من المتوقع بعد الانتهاء من هذه الوحدة التدريبية أن يكون المتدرب قادرا وبكفاءة على أن:

١ . يتعرف على طريقة تصميم دوائر توحيد نصف الموجة باستخدام الثنائي.

٢ . يشاهد تأثير عمل المكثف على دوائر توحيد نصف الموجة.

٣ . يصمم دوائر توحيد الموجة الكاملة باستخدام ثنائيين ومحول ذي نقطة المنتصف.

٤ . يتقن طريقة فحص الثنائي باستخدام الافوميتر.

٥ . يوضح شكل الإشارة لجهد الدخل والخرج لدوائر التوحيد بمختلف أنواعها.

٦ . يفرق بين دوائر مضاعفات الجهود.

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ١٥ ساعة تدريبية

الوسائل المساعدة:

١ - حقيبة العناصر الإلكترونية.

٢ - حقيبة التجارب الخاصة بالمختبر.

٣ - جهاز قياس متعدد الأغراض (ملتميتر)(Multimeter).

٤ - جهاز راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب)(Oscilloscope).

٥ - وسائل الأمن والسلامة .

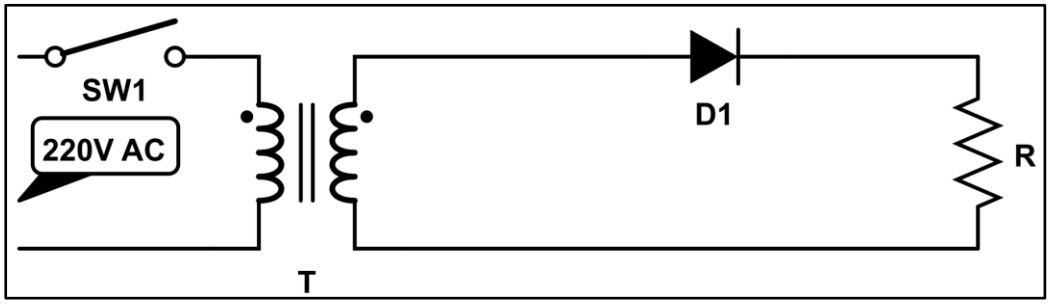
٦ - كتاب البيانات (data sheet) الخاص بالعناصر الإلكترونية (الثنائي).

٧ - جهاز عرض data show .

عندما نقوم بتخفيض جهد المنبع الرئيسي المتردد 220V بواسطة محول إلى جهد منخفض مناسب (مثلاً 12V) متردد . فإننا نواجه مشكلة ناجمة عن كون معظم الدوائر الإلكترونية لاتعمل على التيار المتردد وإنما تحتاج إلى تيار مستمر DC مثل التيار الذي نحصل عليه من البطارية أو مصدر القدرة المستمر. وتبنى المرحلة الثانية وهي تحويل التيار المتغير AC إلى تيار مستمر DC ولذلك سوف ندرس عدة حالات من دوائر توحيد التيار المتردد وهي من استخدامات الثنائي.

توحيد نصف موجة : (Half Wave Rectification):

- **الدائرة النظرية:**

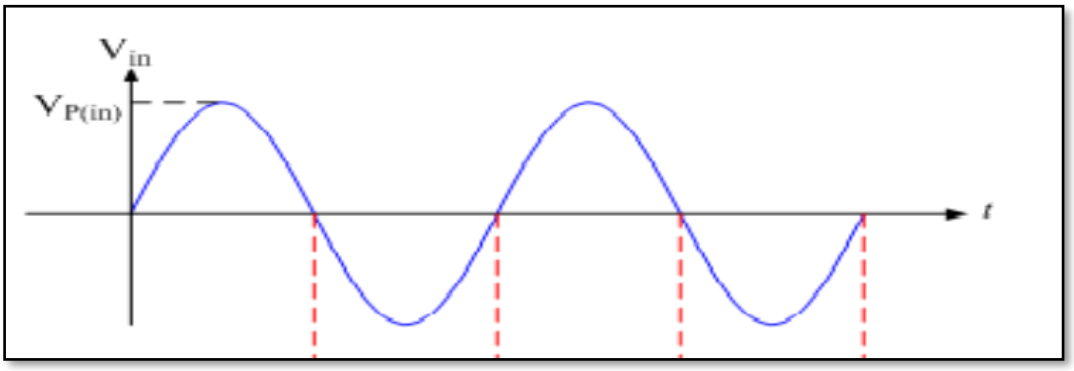


شكل ٢-١

- **شرح الدائرة النظرية:**

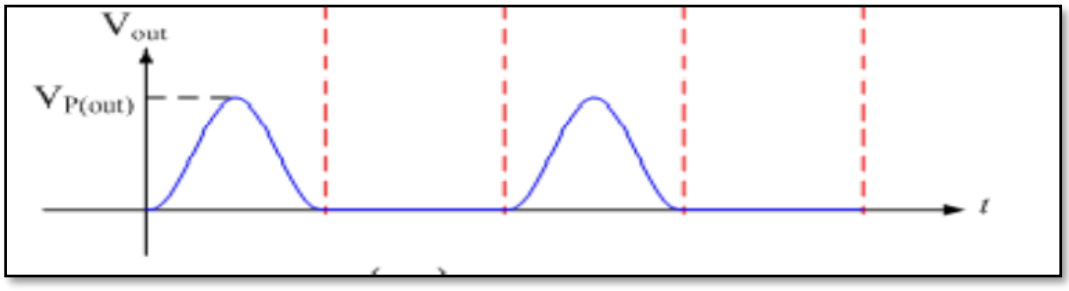
الشكل ٢-١ يوضح دائرة توحيد نصف موجة باستخدام ثنائي واحد فقط . ونلاحظ أن التيار يمر في الثنائي وكذلك مقاومة الحمل أثناء النصف الموجب من موجة الدخل للجهد المتردد وذلك عندما يكون الثنائي في وضع الانحياز الأمامي حيث تكون مقاومة الثنائي صغيرة جدا وينخفض التيار ويكاد يتلاشى أثناء النصف السالب للموجة لأن الثنائي يكون في وضع انحياز عكسي في حين أن مقاومة الثنائي مرتفعة جداً بالنسبة لمقاومة الحمل.

ولذلك في النصف الموجب من الموجة يكون الجهد الموجب على مقاومة الحمل يكاد يصل إلى أعلى قيمة موجبة لجهد المنبع وفي النصف السالب فإن الجهد على الحمل يكون حوالي صفرا ويوضح الشكل٢-٢ شكل موجة الدخل للدائرة.



شكل ٢-٢

والشكل ٢-٣ يوضح شكل إشارة الخرج للدائرة .



شكل ٢-٣

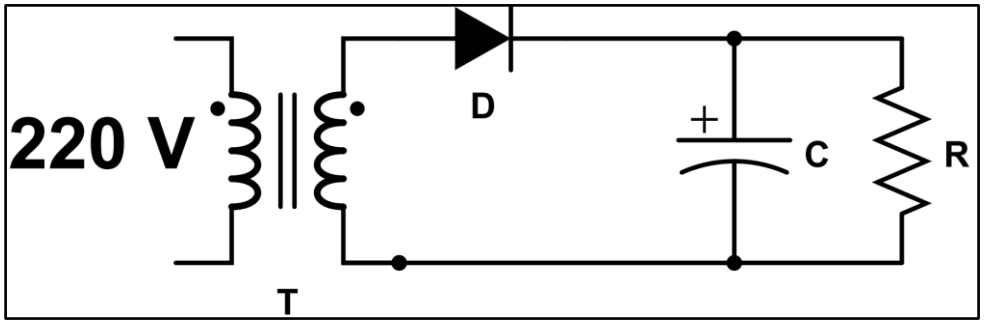
ولذلك فإن قيمة جهد القمة للخرج تساوي جهد القمة للدخل مطروحاً منها 0.7V والتي يستهلكها الثنائي:

$$V_{P(OUT)} = V_{P(IN)} - 0.7 \qquad (٢-١)$$

والقيمة المتوسطة لجهد الخرج هي:

$$V_{AVG} = \frac{V_{P(OUT)}}{\pi} \qquad (٢-٢)$$

- إضافة المكثف لدائرة النصف موجة للثنائي:



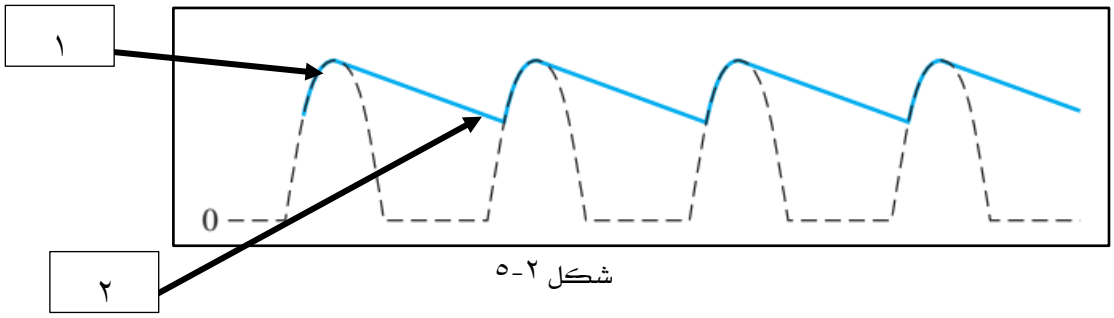
شكل ٢-٤

- **شرح الدائرة:**

عند وصول موجة الجهد إلى المكثف الموضح بالشكل ٢-٤ يبدأ بالشحن حتى يصل الجهد بين طرفيه إلى القيمة العظمى لموجة الجهد V_m (V_{max}).

بالنظر إلى الشكل ٢-٥ نلاحظ عند اختفاء موجة الجهد أن المكثف يبدأ في التفريغ في مقاومة الحمل R_L ويستمر في التفريغ إلى أن تصل موجة جهد أخرى حيث يبدأ بالشحن إلى القيمة العظمى لموجة الجهد .

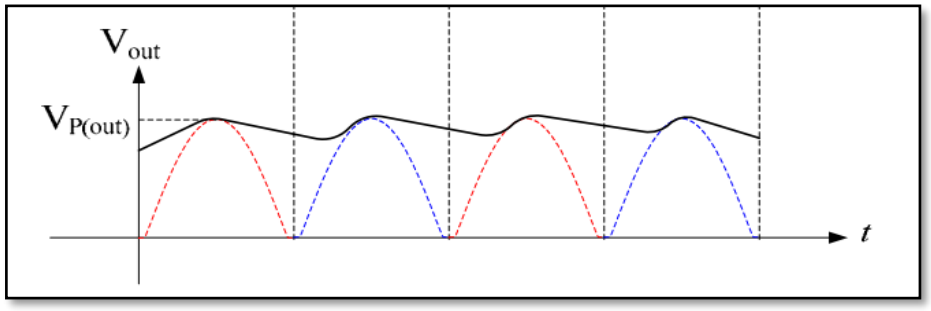
وكلما زادت سعة المكثف قل التموج في موجة الجهد. كما هو موضح بالشكل ٢-٦



شكل ٢-٥

١ - هنا المكثف في حالة شحن(Charge).

٢ - هنا المكثف في حالة تفريغ(Discharge).



شكل ٢-٦

يمكن حساب جهد الخرج بين طرفي المكثف عن طريق العلاقة:

$$V_{OUT} = 1.414V_{rms} - 0.7 \qquad (٢-٣)$$

حيث إن :

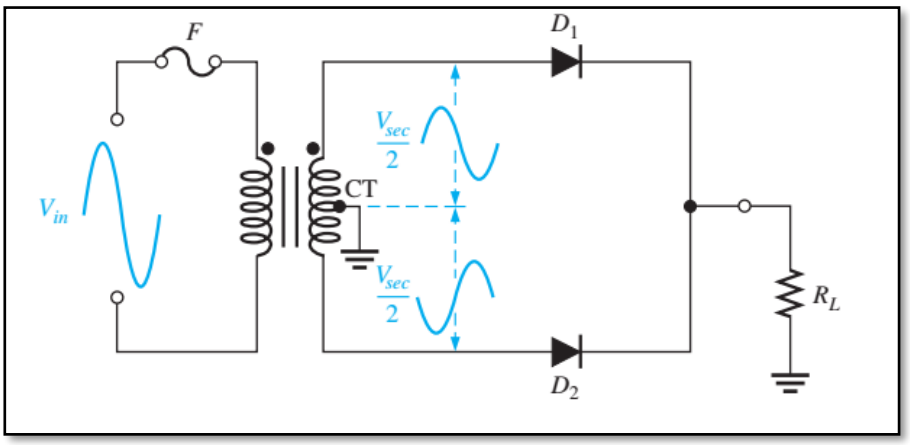
V_{rms} : هي القيمة الفعالة للجهد المغذي للثنائي .أي القيمة الفعالة لجهد الملف الثانوي للمحول.

0.7 : قيمة هبوط الجهد عبر الثنائي.

دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام ثنائيين: (Full wave rectifier used two diodes):

- **الدائرة النظرية :**

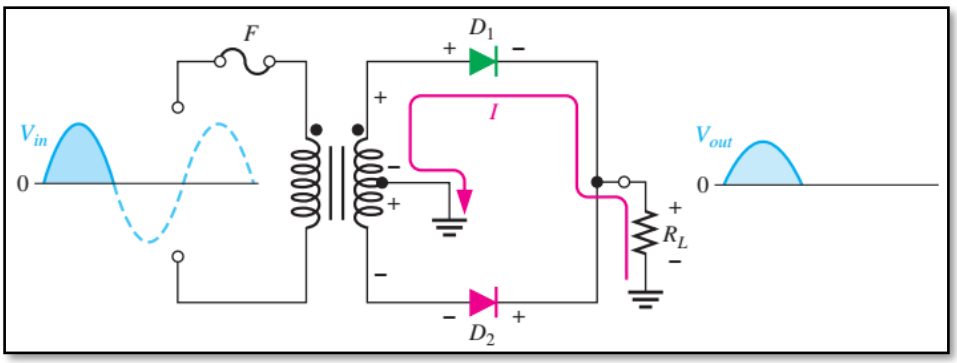
كما هو موضح بالشكل ٢-٧ والذي يبين دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة المنتصف وثنائيين.



شكل ٢-٧

- **شرح عمل الدائرة:**

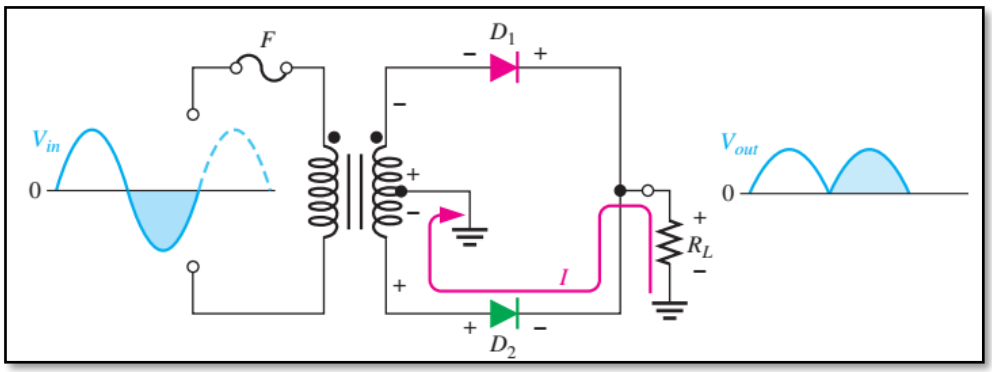
أ) في نصف موجة الدخل الموجبة كما هو موضح بالشكل ٢-٨ يكون D1 في وضع انحياز أمامي فيمر تيار I_{D1} إلى مقاومة الحمل ثم إلى نقطة المنتصف في المحول ويكون D2 في حالة انحياز عكسي وبالتالي لايمر تيار أي أن D1= ON, D2=OFF



شكل ٢-٨

ب) في نصف موجة الدخل السالب يكون *D2* في وضع انحياز عكسي و *D1* في وضع انحياز أمامي ويمر نصف موجة الدخل السالبة من خلال *D2* ولكن في نفس اتجاه

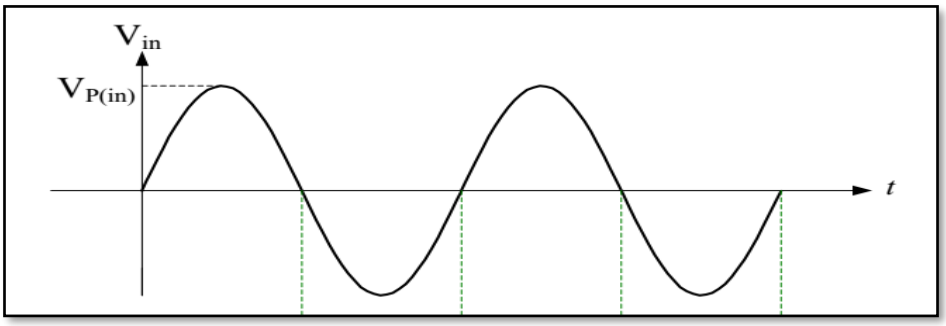
نصف موجة الدخل الموجبة يمر التيار I_{D2} من خلال $D2$ إلى مقاومة الحمل RL ثم إلى نقطة الوسط للمحول كما في الشكل ٢-٩



شكل ٢-٩

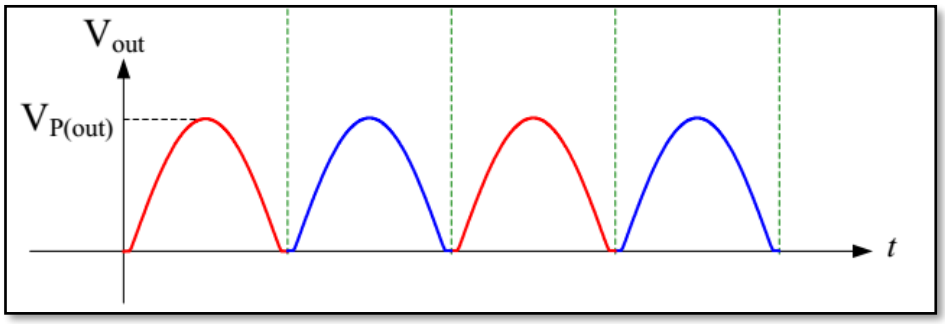
- **أشكال موجة الدخل والخرج للدائرة:**

الشكل ٢-١٠ يوضح شكل إشارة الدخل لدائرة التوحيد موجة كاملة باستخدام ثنائيين ومحول ذي نقطة المنتصف.



شكل ٢-١٠

الشكل ٢-١١ يوضح شكل إشارة الخرج لدائرة التوحيد موجة كاملة باستخدام ثنائيين ومحول ذي نقطة المنتصف.



شكل ٢-١١

من عيوب دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام ثنائيين ومحول ذي نقطة المنتصف:

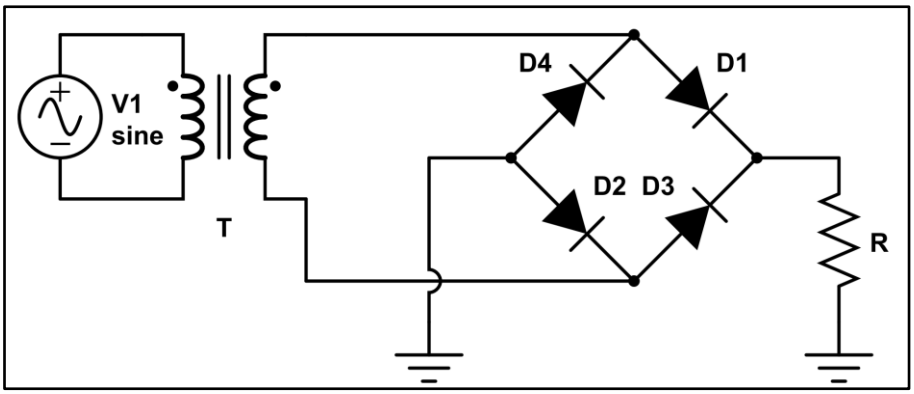
١ - استخدام محول من نوع خاص (ذو نقطة المنتصف) وهو غالي الثمن.

٢ - يستهلك هذا النوع من المحولات قدرة عالية .

دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام أربعة ثنائيات: (Full wave rectifier used four diodes):

- **الدائرة النظرية :**

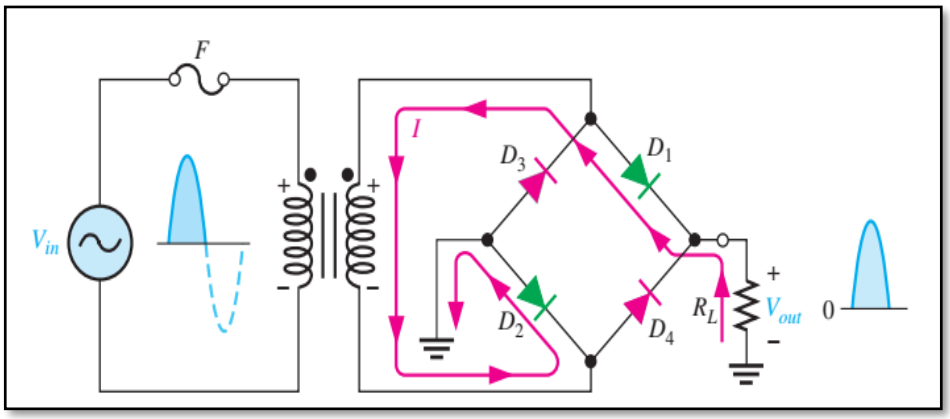
كما هو موضح بالشكل ٢-١٢ والذي يبين دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام أربعة ثنائيات.



شكل ٢-١٢

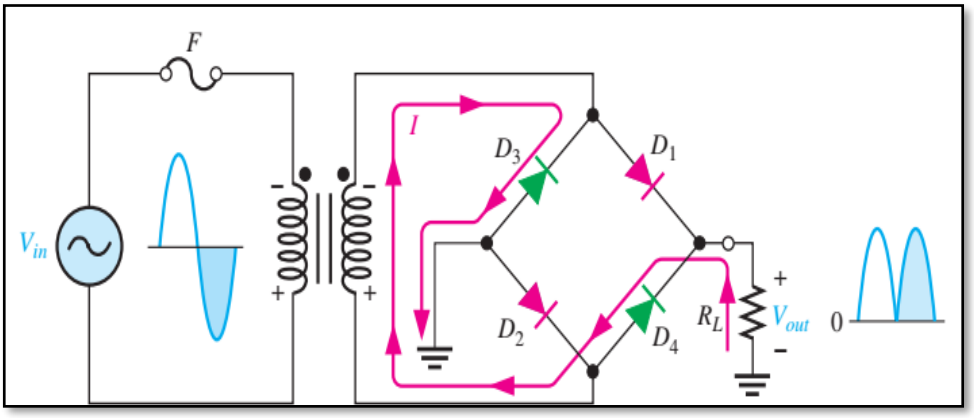
- **شرح عمل الدائرة:**

أ) في نصف موجة الدخل الموجبة يكون كل D1,D2 في حالة انحياز أمامي وسوف يمر التيار خلال D1 ثم إلى مقاومة الحمل RL ويعود ويمر من خلال D2 ويكون كل من D3,D4 في وضع انحياز عكسي بحيث لايمر تيار . أي أن D1=D2=ON و D3=D4=OFFكما هو موضح بالشكل ٢-١٣



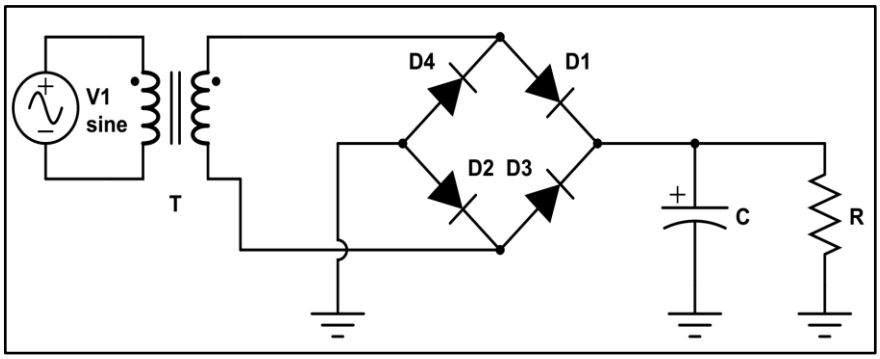
شكل ٢-١٣

في نصف موجة الدخل السالبة يكون كل من D3,*D4* في حالة انحياز أمامي ويمر التيار من خلالهما إلى مقاومة الحملRL ويكون D1,D2 في حالة انحياز عكسي بحيث لا يمر تيار .
أي أن D3=D4=ON و D1=D2=OFF كما هو موضح بالشكل ٢-١٤



شكل ٢-١٤

ب) بإضافة المكثف للدائرة :

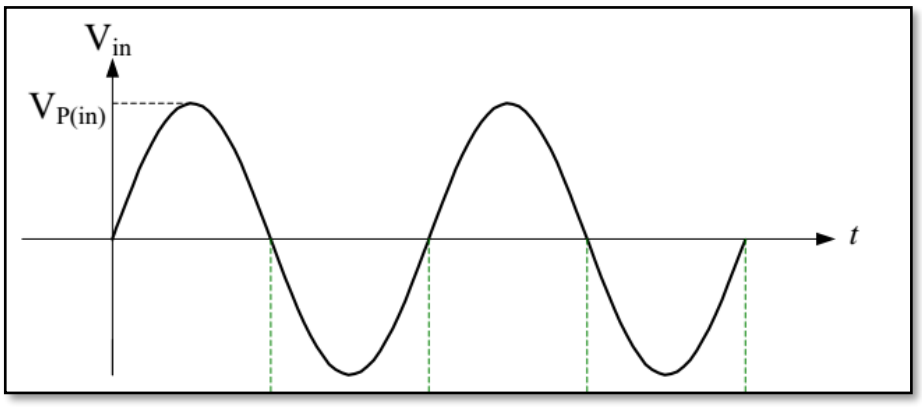


شكل ٢-١٥

لتقليل التموج الحاصل في إشارة الخرج للدائرة بالشكل ٢-١٥ يمكن استخدام مكثف على التوازي مع مقاومة الحمل .
في هذه الحالة يشحن المكثف خلال النصف الموجب لجهد الدخل ويفرغ شحنته خلال النصف السالب لجهد الدخل وهذه العملية تسمى بتنعيم الإشارة لذلك يسمى المكثف بمكثف التنعيم وكلما زادت سعة المكثف زاد التنعيم في شكل إشارة الخرج.

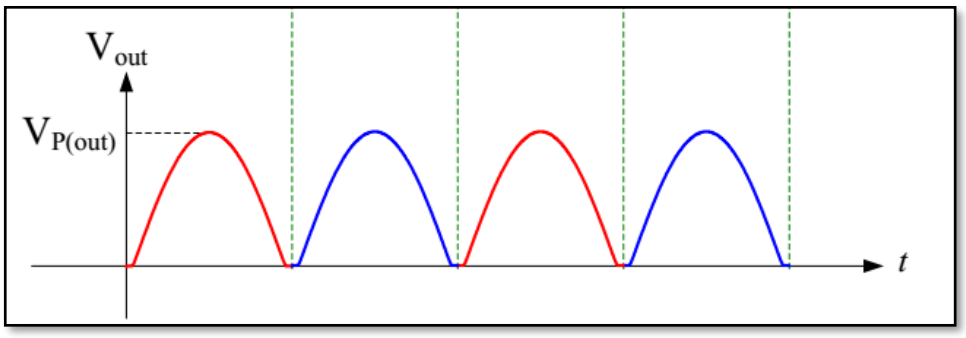
-اشكال موجات الدخل والخرج للدائرة:

الشكل ٢-١٦ يوضح شكل إشارة الدخل للدائرة



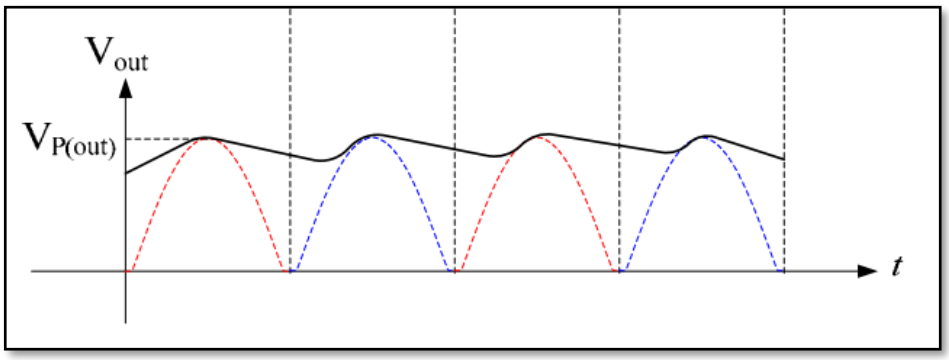
شكل ٢-١٦

الشكل ٢-١٧ يوضح شكل الإشارة لخرج الدائرة بدون المكثف.



شكل ٢-١٧

الشكل ٢-١٨ يوضح شكل الإدارة لخرج الدائرة بعد توصيل المكثف



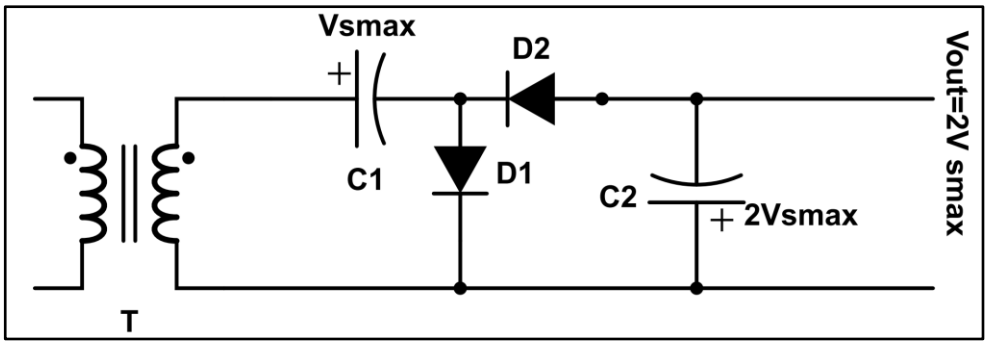
شكل ٢-١٨

دوائر مضاعفات الجهد:

هي دوائر تستخدم للحصول على جهود من النوع المستمر تقريباً حيث إن دخل هذه الدوائر متردد (متغير). وتستعمل هذه الدوائر في التطبيقات التي تحتاج إلى جهود عالية مع تيار قليل (مقاومة حمل عالية) .

- **دائرة مضاعف الجهد مرتين:**

- **الدائرة النظرية:**

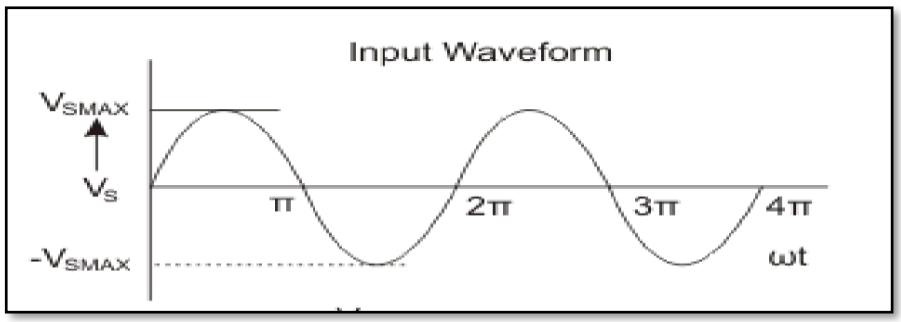


شكل ٢-١٩

- **شرح الدائرة:**

في هذه الدائرة جهود مستمرة تساوي ضعف جهود الدخل (2Vp) والشكل ٢-١٩ يوضح دائرة مضاعفة الجهد مرتين .

والشكل ٢-٢٠ يوضح شكل موجة دخل هذه الدائرة.

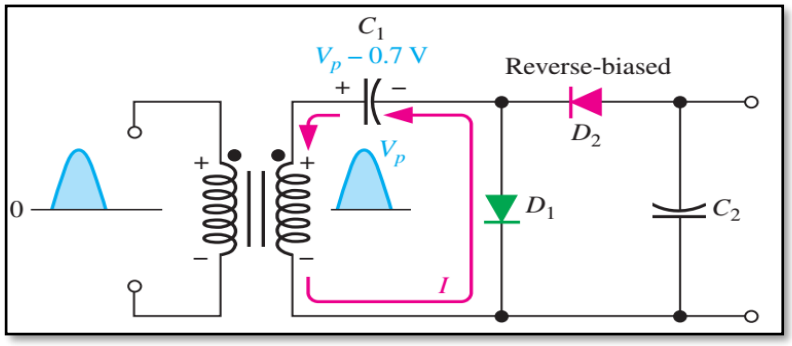


شكل ٢-٢٠

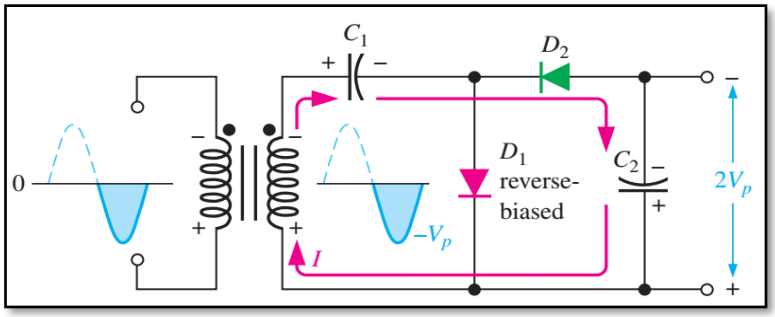
من خلال النصف موجة السالبة من موجة الدخل يكون الثنائي D1 في وضع انحياز أمامي فيعمل كدائرة مغلقة كما هو موضح بالشكل ٢-٢١ ، ويكون الثنائي D2 في وضع انحياز عكسي فيعمل كدائرة مفتوحة كما هو موضح بالشكل ٢-٢٢.

ونتيجة لذلك يشحن المكثف C1 عبر الثنائي D1 ويصل إلى قمة الجهد . وخلال النصف الموجب من موجة الدخل يكون الثنائي D2 في وضع انحياز عكسي فيعمل كدائرة مفتوحة ، والثنائي D1 يكون في وضع انحياز أمامي فيعمل كدائرة مغلقة .

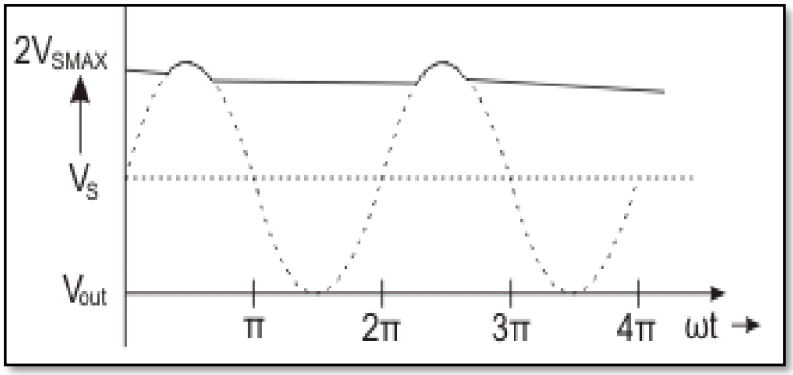
ونظراً لوجود المكثف المشحون C1 والذي يعتبر بمثابة بطارية جهدها موصلاً على التوالي مع جهد المصدر ولذلك يتم شحن المكثف C2 عبر الثنائي D2 ويكون الجهد في هذه الحالة ضعف الحالة السابقة(2Vm) وبالتالي يكون جهد الخرج للدائرة هو الجهد المطبق على طرفي المكثف C2 .والشكل ٢-٢٣ يوضح شكل جهد الخرج للدائرة.



شكل ٢-٢١



شكل ٢-٢٢



شكل ٢-٢٣

- **حساب جهد الخرج:**

بتطبيق قانون كيرشوف في الدائرة كما هو موضح في الشكل رقم ٢-٢٢ ، بحيث يكون الجهد لخرج الدائرة عبرC2 :

$$VC1 - VC2 + Vp = 0$$

$$VC2 = Vp + VC1$$

وبإهمال الثنائي D2 يصبح الجهد على C1 :

$$VC1 = Vp$$

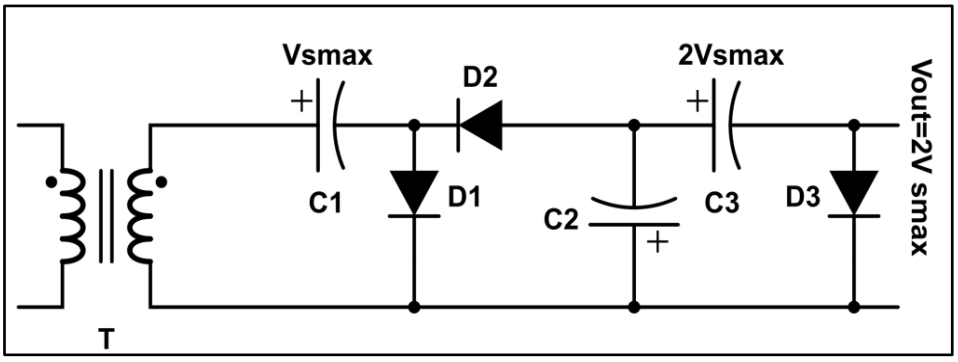
وبالتالي يتم حساب جهد الخرج للدائرة عن طريق العلاقة :

(٢-٤)

$$Vout = VC2 = Vp + Vp = 2Vp$$

- **دائرة مضاعف الجهد ثلاث مرات:**

- **الدائرة النظرية:**

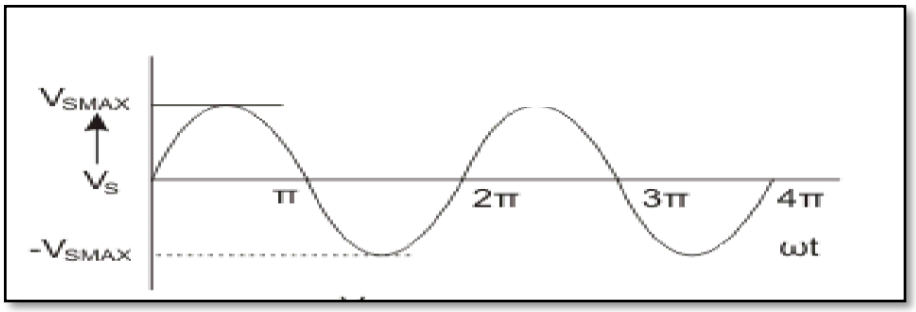


شكل ٢-٢٤

- **شرح الدائرة النظرية:**

في هذه الدائرة جهود مستمرة تساوي ضعف جهود الدخل (3Vp) والشكل ٢-٢٤ يوضح دائرة مضاعفة الجهد ثلاثة مرات .

والشكل ٢-٢٥ يوضح شكل موجة دخل هذه الدائرة.



شكل ٢-٢٥

بإضافة مكثف وثنائي لدائرة مضاعف الجهد مرتين نحصل على دائرة مضاعف جهد ثلاث مرات كما هو موضح بالشكل ٢-٢٦.من خلال نصف الموجة السالب للدخل يكون الثنائي في وضع انحياز أمامي ويتم شحن المكثف C3 من خلاله (2Vp) ويكون الجهد هنا مضاعفا مرتين. ويكون جهد الخرج لهذه الدائرة مابين طرفي المكثفين C1,C3 كما هو موضح بالشكل ٢-٢٤

- **حساب جهد الخرج :**

يتم حساب جهد الخرج للدائرة عبر المكثف C1 و C3 كما هو موضح بالشكل رقم ٢-٢٤ بواسطة العلاقة التالية:

حيث إن الجهد على C1 :

$$VC1 = Vp$$

والجهد على C3 :

$$VC3 = 2Vp$$

وبالتالي يمكن حساب جهد الخرج للدائرة بواسطة العلاقة :

$$Vout = VC1 + VC3 = Vp + 2Vp = 2Vp \qquad (٢-٥)$$

قائمة تمارين الوحدة الثانية (دوائر الثنائي):

التمرين الأول: تجربة لدائرة موحد نصف موجة.

التمرين الثاني: تجربة لدائرة موحد موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة المنتصف.

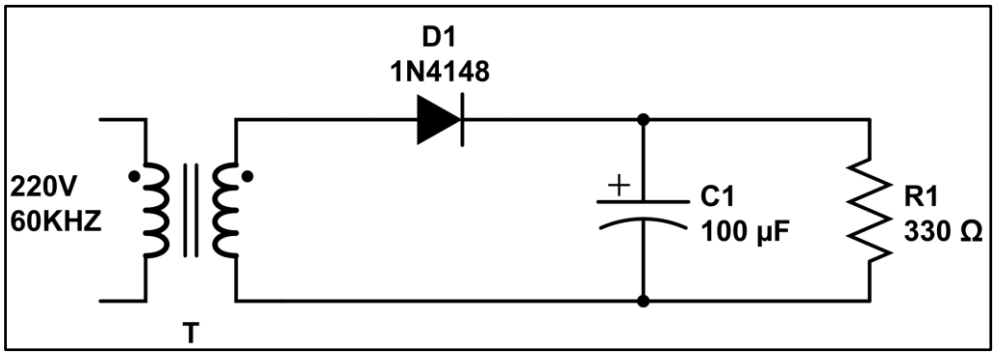
التمرين الثالث: تجربة لدائرة موحد موجة كاملة باستخدام أربعة ثنائيات.

التمرين الرابع: تجربة مضاعف جهد ثنائي.

التمرين الخامس: تجربة مضاعف جهد ثلاثي.

التمرين الأول:

تجربة : دائرة توحيد نصف موجة.



المطلوب:

- توصيل دائرة موحد نصف موجة مع مقاومة حمل ومكثف لتنعيم الخرج ثم رسم شكل موجة الخرج مع مكثف التنعيم وبدون مكثف التنعيم.

الأجهزة والعدد والأدوات المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (١) راسم إشارة (أوسليسكوب) بقناتين .
- عدد (١) جهاز قياس متعدد الأغراض الافوميتر.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 330Ω .
- عدد (١) مكثف كيميائي 10µF.
- عدد (١) مكثف كيميائي 100µF.
- عدد (١) ثنائي سيليكون IN4007 .
- عدد (١) مصدر قدرة متغير .

خطوات التنفيذ:

١ . وصل الدائرة كما هو موضح أعلاه .

٢ . من لوحة التجارب وصل الدائرة بالمصدر المتردد 9V .

٣ . اعرض موجة الدخل على راسم الإشارة وارسم الإشارة.

٤ . استنتج من الرسم القيم التالية(جهد القمة للقمة Vpp - التردد f - الزمن الدوري T).

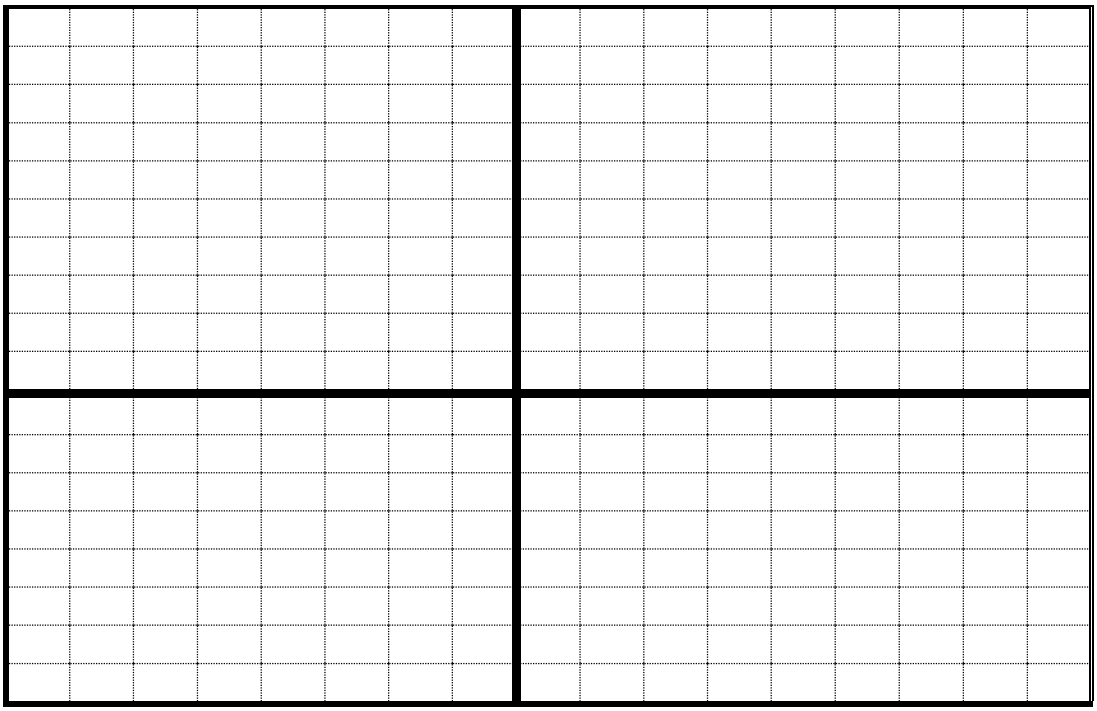
٥ . اعرض موجة الخرج على راسم الإشارة وارسم الإشارة. بدون توصيل المكثف.

٦ . استنتج من الرسم القيم التالية(جهد القمة للقمة Vpp - التردد f - الزمن الدوري T). بدون توصيل المكثف.

٧ . وصل مكثف التنعيم للدائرة على التوازي مع مقاومة الحمل كما هو موضح بالشكل ٢-٢٧ وارسم شكل إشارة الخرج.

٨ . ماذا تلاحظ على شكل إشارة الخرج بعد توصيل مكثف التنعيم.

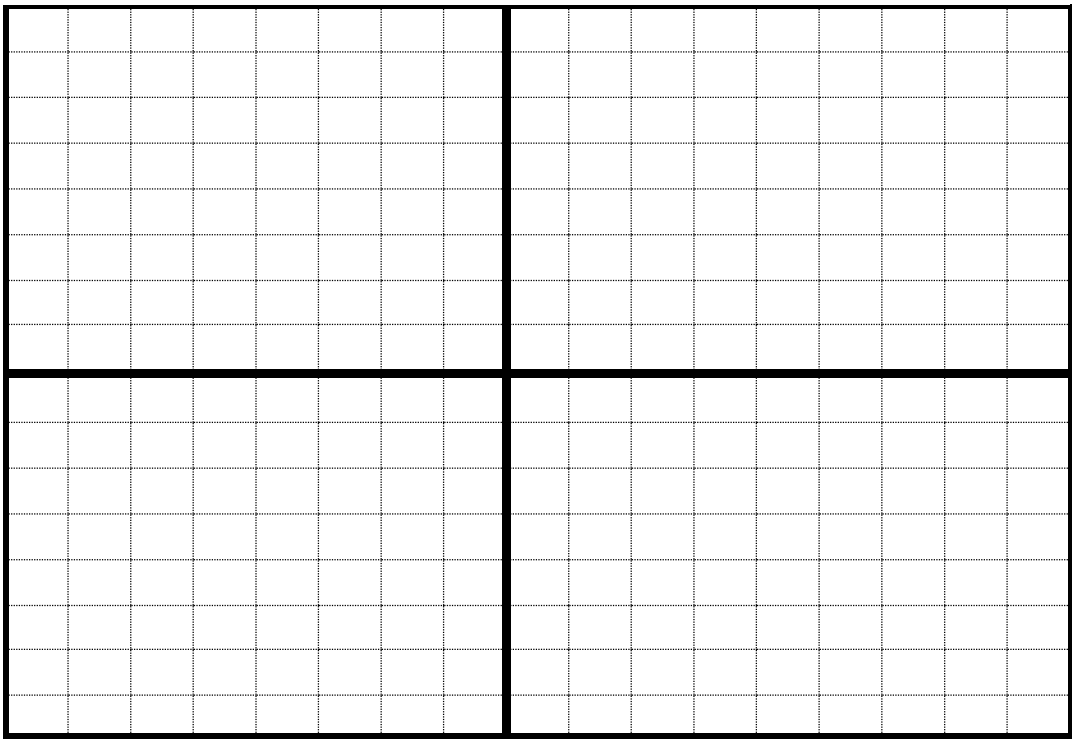
- ارسم شكل موجة الدخل:



- من الرسم أوجد :

1- Vpp = ... V
2- T = ... S
3- f= ..... HZ

- ارسم شكل موجة الخرج: (بدون مكثف التنعيم)



- من الرسم أوجد :

1- Vpp =…….. V
2- f =…… HZ
3- T=…….. S

- اكتب الفرق بين إشارة الدخل والخرج.

.....

.....

- ارسم شكل إشارة الخرج مع توصيل مكثف التنعيم:

- ماذا تلاحظ بين شكل إشارة الخرج بدون توصيل مكثف التنعيم وشكل إشارة الخرج بعد توصيل مكثف التنعيم ؟

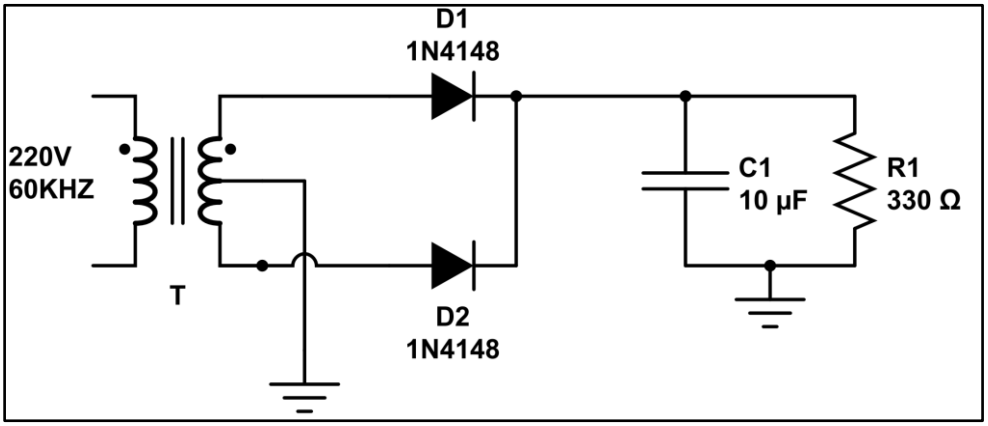
.....

.....

.....

التمرين الثاني:

تجربة : دائرة موحد موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة منتصف.



المطلوب:

- توصيل دائرة موحد موجة كاملة مع محول ذي نقطة المنتصف ومقاومة حمل ومكثف لتنعيم الخرج ثم رسم شكل موجة الخرج مع مكثف التنعيم وبدون مكثف التنعيم.

الأجهزة والعدد والأدوات المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (١) راسم إشارة (أوسليسكوب) بقناتين .
- عدد (١) جهاز قياس متعدد الأغراض الافوميتر.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 330Ω .
- عدد (١) مكثف كيميائي 10µF.
- عدد (١) مكثف كيميائي 100µF.
- عدد (٢) ثنائي سيليكون IN4007 .
- عدد (١) مصدر قدرة متغير .

خطوات التنفيذ :

١ . وصل الدائرة كما هو موضح أعلاه .

٢ . من لوحة التجارب وصل الدائرة بالمصدر المتردد 9V .

٣ . اعرض موجة الدخل على راسم الإشارة وارسم الإشارة.

٤ . استنتج من الرسم القيم التالية(جهد القمة للقمة Vpp - التردد f - الزمن الدوري T).

٥ . اعرض موجة الخرج على راسم الإشارة وارسم الإشارة. بدون توصيل المكثف.

٦ . استنتج من الرسم القيم التالية(جهد القمة للقمة Vpp - التردد f - الزمن الدوري T). بدون توصيل المكثف.

٧ . وصل مكثف التنعيم للدائرة على التوازي مع مقاومة الحمل كما هو موضح بالشكل ٢-٢٨ وارسم شكل إشارة الخرج.

٨ . ماذا تلاحظ على شكل إشارة الخرج بعد توصيل مكثف التنعيم.

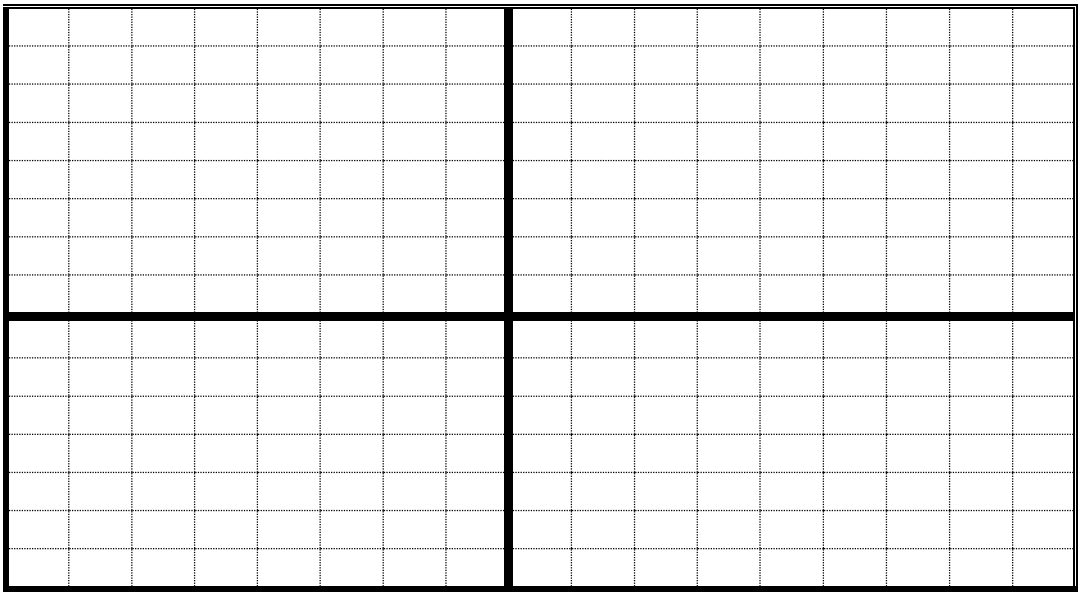
- ارسم شكل موجة الدخل:

- من الرسم أوجد :

1- Vpp = ... V

2- T = …… S
3- f= …… HZ

- ارسم شكل موجة الخرج: (بدون مكثف التنعيم)



- من الرسم أوجد :

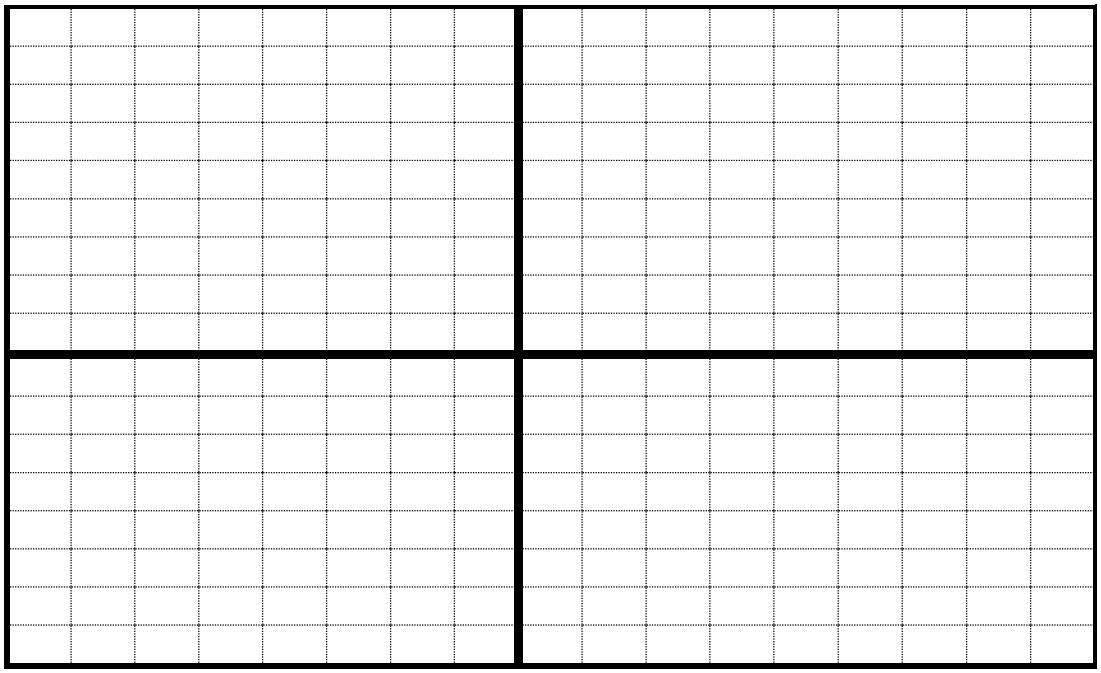
1- Vpp =…….. V
2- f =…… HZ
3- T=…….. S

- اكتب الفرق بين إشارة الدخل والخرج.

.....

.....

- ارسم شكل إشارة الخرج مع توصيل مكثف التنعيم:



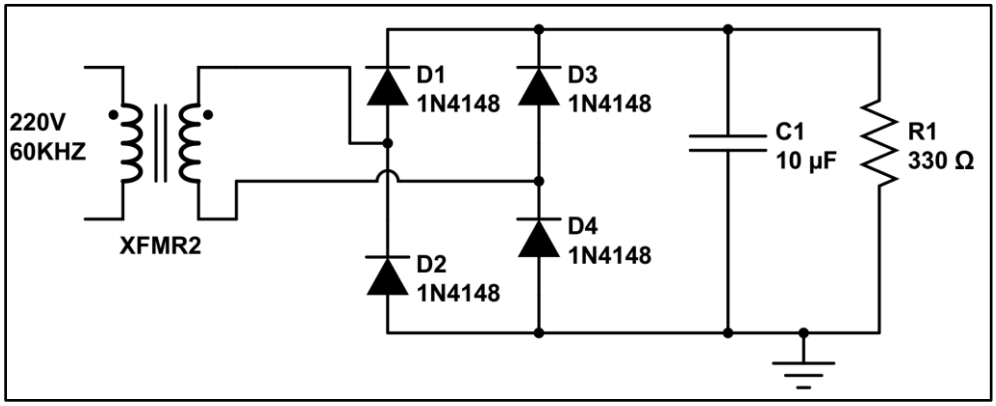
- ماذا تلاحظ بين شكل إشارة الخرج بدون توصيل مكثف التنعيم وشكل إشارة الخرج بعد توصيل مكثف التنعيم ؟

.....

.....

التمرين الثالث:

تجربة : دائرة موحد موجة كاملة باستخدام أربع ثنائيات.



المطلوب:

- توصيل دائرة موحد موجة كاملة مع أربع ثنائيات ومقاومة حمل ومكثف لتنعيم الخرج ثم رسم شكل موجة الخرج مع مكثف التنعيم وبدون مكثف التنعيم.

الأجهزة والعدد والأدوات المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (١) راسم إشارة (أوسليسكوب) بقناتين .
- عدد (١) جهاز قياس متعدد الأغراض الافوميتر.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 330Ω .
- عدد (١) مكثف كيميائي 10µF.
- عدد (١) مكثف كيميائي 100µF.
- عدد (٤) ثنائي سيليكون IN4007 .
- عدد (١) مصدر قدرة متغير .

خطوات التنفيذ :

١ . وصل الدائرة كما هو موضح أعلاه.

٢ . من لوحة التجارب وصل الدائرة بالمصدر المتردد 9V .

٣ . اعرض موجة الدخل على راسم الإشارة وارسم الإشارة.

٤ . استنتج من الرسم القيم التالية(جهد القمة للقمة Vpp - التردد f - الزمن الدوري T).

٥ . اعرض موجة الخرج على راسم الإشارة وارسم الإشارة. بدون توصيل المكثف.

٦ . استنتج من الرسم القيم التالية(جهد القمة للقمة Vpp - التردد f - الزمن الدوري T). بدون توصيل المكثف.

٧ . وصل مكثف التنعيم للدائرة على التوازي مع مقاومة الحمل كما هو موضح بالشكل ٢-٢٩ وارسم شكل إشارة الخرج.

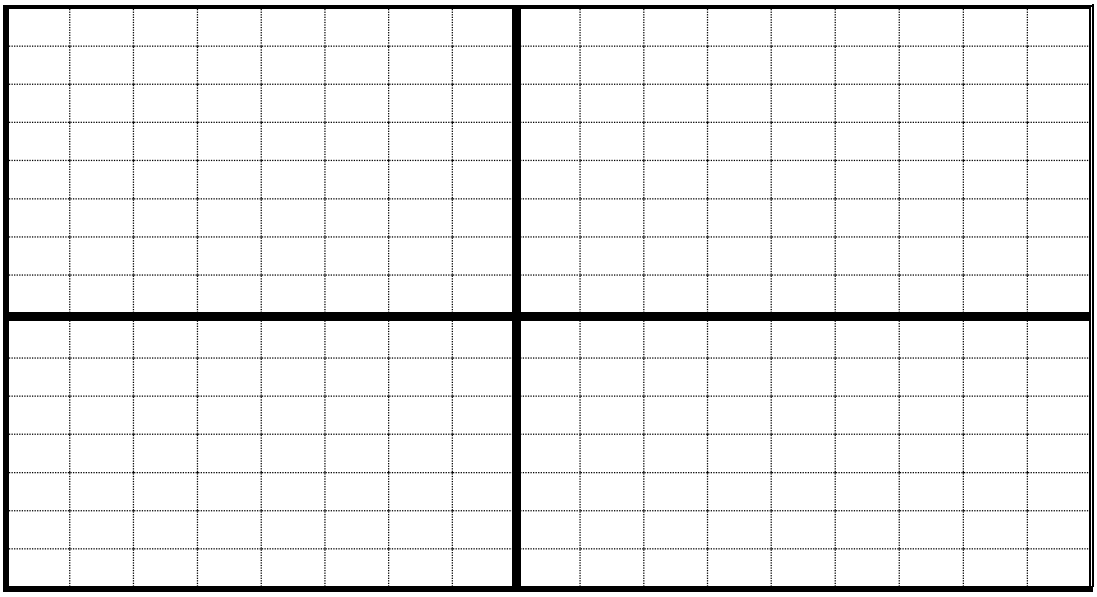
٨ . ماذا تلاحظ على شكل إشارة الخرج بعد توصيل مكثف التنعيم.

- ارسم شكل موجة الدخل:

- من الرسم أوجد :

1- Vpp = ... V
2- T = ... S
3- f= ..... HZ

- ارسم شكل موجة الخرج: (بدون مكثف التنعيم)



- من الرسم أوجد :

1- Vpp =…….. V
2- f =…… HZ
3- T=…….. S

- اكتب الفرق بين إشارة الدخل والخرج.

.....

.....

- ارسم شكل إشارة الخرج مع توصيل مكثف التنعيم:

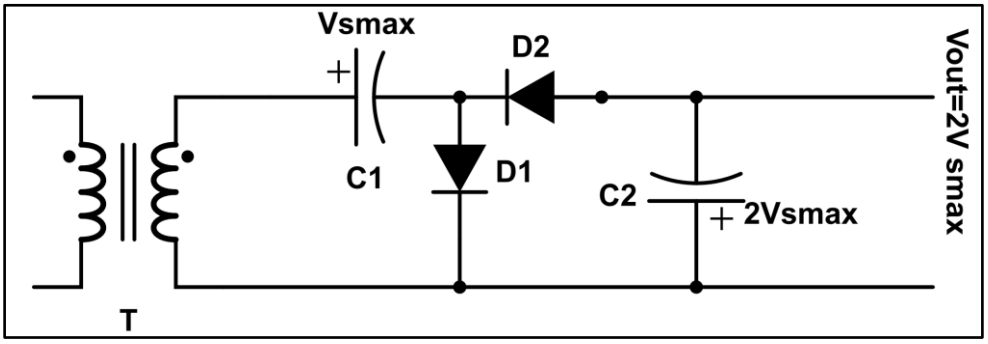
- ماذا تلاحظ بين شكل إشارة الخرج بدون توصيل مكثف التنعيم وشكل إشارة الخرج بعد توصيل مكثف التنعيم ؟

.....

.....

التمرين الرابع:

تجربة : مضاعف جهد ثنائي.



المطلوب:

- توصيل دائرة مضاعف الجهد مرتين كما هو موضح .ثم قياس جهد الخرج.

الأجهزة والعدد والأدوات المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) جهاز قياس متعدد أغراض الافوميتر.
- عدد (١) جهاز راسم الإشارة (أوسيلسكوب) .
- عدد (١) جهاز مولد الإشارة .
- عدد (٢) مكثف 0.1µF .
- عدد (٢) ثنائي سيليكوني IN4007 .

خطوات التنفيذ :

١. وصل الدائرة على لوحة التوصيل كما هو موضح أعلاه.

٢. ضبط جهاز مولد الإشارة على موجة متغيرة ترددها 60HZ وجهد دخل بمقدار 6 V باستخدام جهاز الافوميتر.

٣. وصل جهد الدخل واعرضه على جهاز راسم الإشارة .

٤. وصل جهد الخرج واعرضه على جهاز راسم الإشارة.

النتائج :

- قيمة جهد الدخل للدائرة :

Vin = …….. V

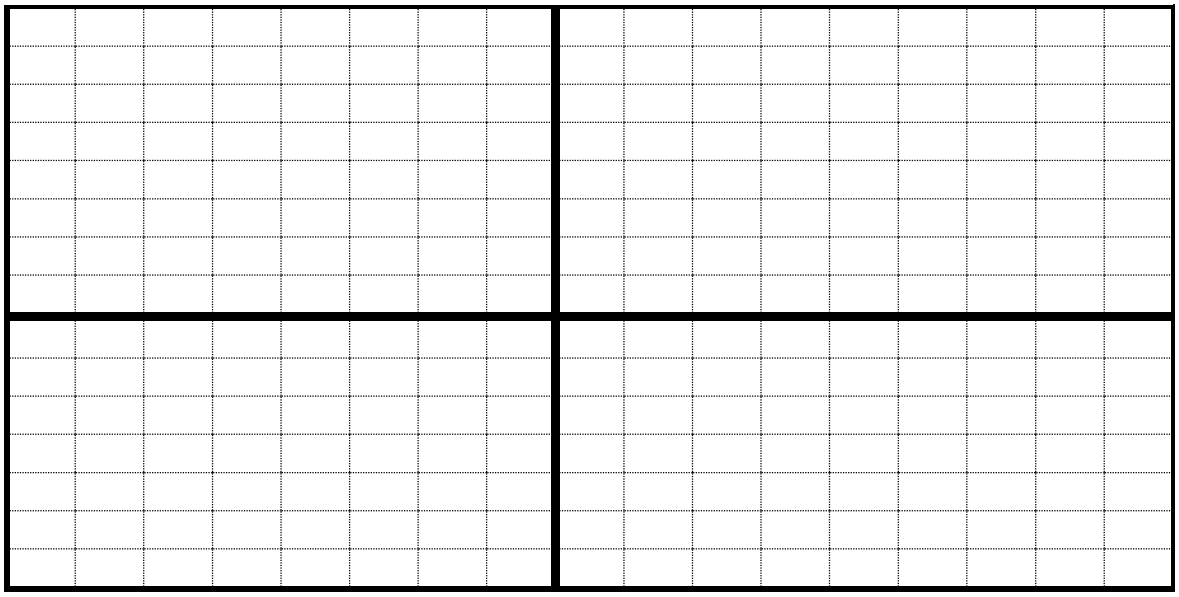
- شكل إشارة الدخل:

من خلال الرسم أوجد :

1- Vp (in) = …….. V

2- Vpp(in) = …….. V

- شكل إشارة الخرج :



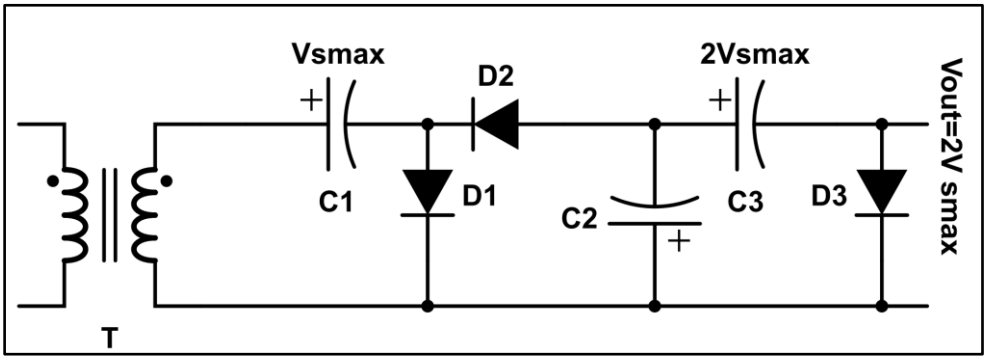
من خلال الرسم أوجد :

1- Vp (in) = …….. V

2- Vpp(in) = …….. V

التمرين الخامس:

تجربة: مضاعف جهد ثلاثي.



المطلوب:

- توصيل دائرة مضاعف الجهد ثلاثي كما هو موضح ثم قياس جهد الدخل والخرج وإظهار إشارات الدخل والخرج.

الأجهزة والعدد والأدوات المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) جهاز قياس متعدد أغراض الافوميتر.
- عدد (١) جهاز راسم الإشارة (أوسيلسكوب) .
- عدد (١) جهاز مولد الإشارة .
- عدد (٣) مكثف 0.1µF .
- عدد (٣) ثنائي سيليكوني IN4007 .

خطوات التنفيذ:

١. وصل الدائرة على لوحة التوصيل كما هو موضح أعلاه

٢. ضبط جهاز مولد الإشارة على موجة متغيرة ترددها $60HZ$ وجهد دخل بمقدار $6\ V$ باستخدام جهاز الافوميتر.

٣. وصل جهد الدخل واعرضه على جهاز راسم الإشارة .

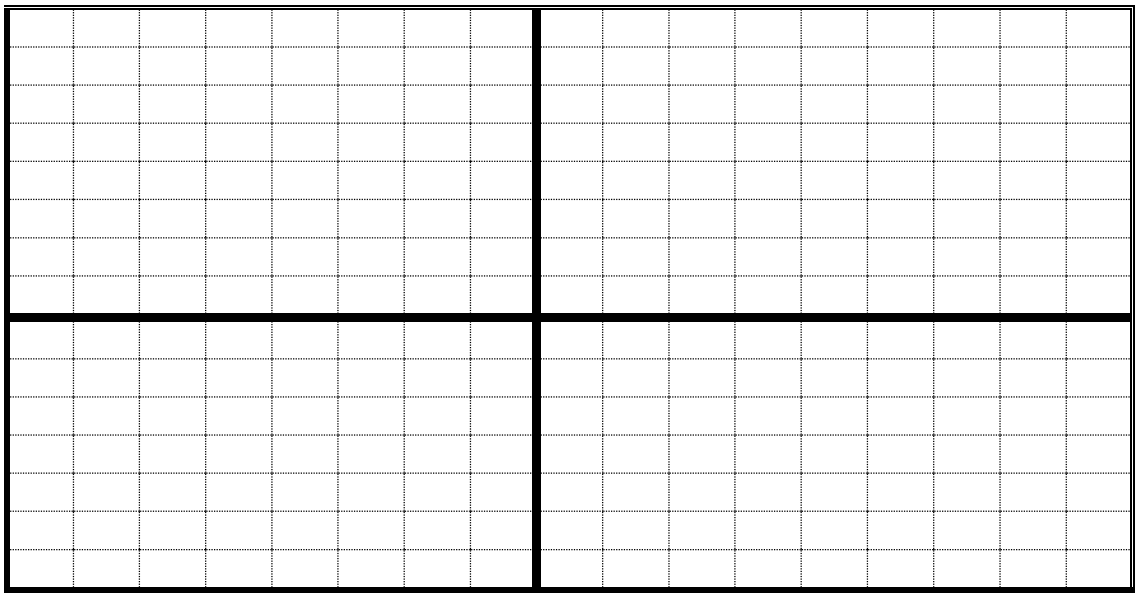
٤. وصل جهد الخرج واعرضه على جهاز راسم الإشارة.

النتائج :

- قيمة جهد الدخل للدائرة :

Vin = …….. V

- شكل إشارة الدخل:

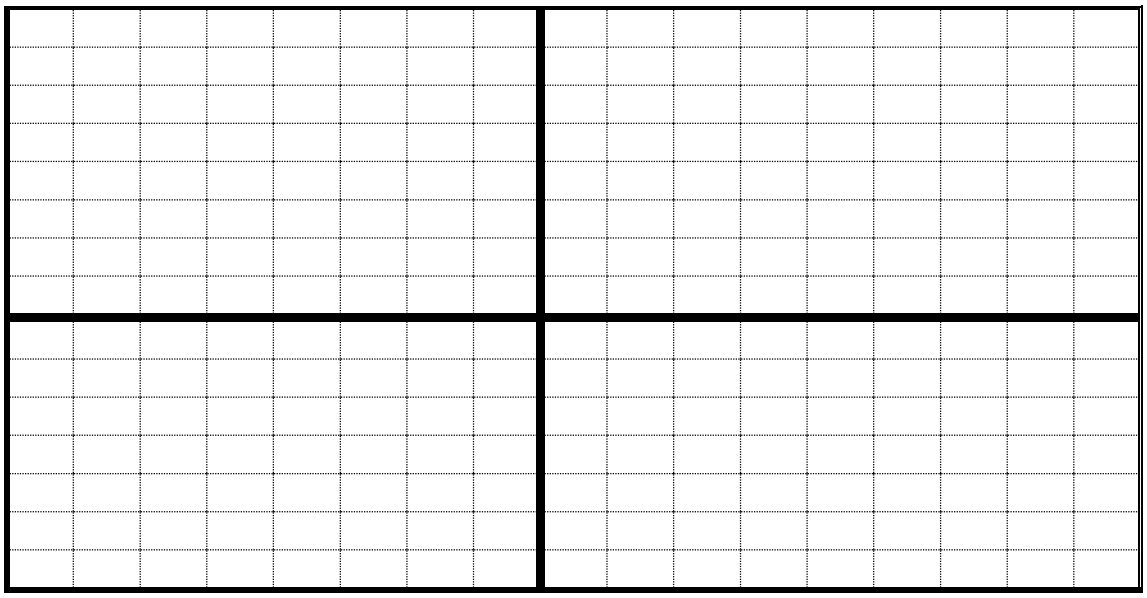


من خلال الرسم أوجد :

1- Vp (in) = …….. V

2- Vpp(in) = …….. V

- شكل إشارة الخرج :



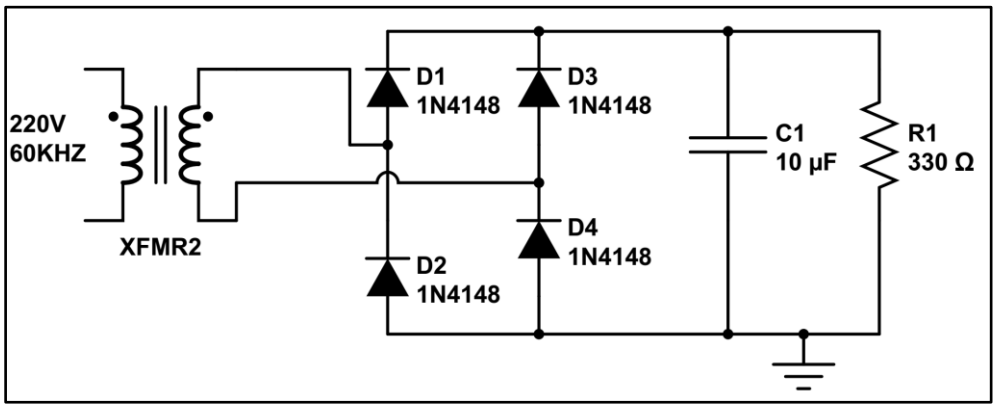
من خلال الرسم أوجد :

1- Vp (in) = …….. V

2- Vpp(in) = …….. V

تمارين الوحدة

س١ : أمامك دائرة إلكترونية :



المطلوب :

١ . اسم هذه الدائرة .

٢ . وضح عمل العناصر التالية في الدائرة:

١- المحول :

٢- الثنائيات:

٣- المكثف :

٣ . ارسم شكل إشارة الدخل للدائرة .

٤ . ارسم شكل إشارة الخرج للدائرة .

س٢ : عدد عيوب استخدام المحول ذي نقطة المنتصف .

نموذج تقييم المتدرب لمستوى أدائه

يعبأ من قبل المتدرب نفسه وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة

بعد الانتهاء من التدرب على وحدة **دوائرالثنائي**، قيم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقييم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة، وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.

م	العناصر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
١	التعرف على الطريقة الصحيحة في طريقة توصيل وتركيب دوائر الثنائي				
٢	القدرة على توصيل دوائر التوحيد للثنائي بمختلف أنواعها				
٣	القدرة على توصيل دوائر مضاعفات الجهد مرتين وثلاث مرات				
٤	التقيد بالسلوك المهني السليم والحرص على اتباع أصول الأمن والسلامة أثناء التطبيق لمفردات هذه الوحدة				

يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.

نموذج تقييم المدرب لمستوى أداء المتدرب يعبأ من قبل المدرب وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة الثانية :(دوائر الثنائي)	
اسم المتدرب :	التاريخ: .....
رقم المتدرب :	المحاولة : ١ ٢ ٣ ٤ العلامة : ....

كل بند أو مفردة يقيم بـ ١٠ نقاط

الحد الأدنى: ما يعادل ٨٠٪ من مجموع النقاط. الحد الأعلى: ما يعادل ١٠٠٪ من مجموع النقاط.

م	بنود التقييم	النقاط (حسب رقم المحاولات)			
		١	٢	٣	٤
١	التعرف على الطريقة الصحيحة في طريقة توصيل وتركيب دوائر الثنائي				
٢	القدرة على توصيل دوائر التوحيد للثنائي بمختلف أنواعها				
٣	القدرة على توصيل دوائر مضاعفات الجهد مرتين وثلاث مرات				
٤	التقيد بالسلوك المهني السليم والحرص على اتباع أصول الأمن والسلامة أثناء التطبيق لمفردات هذه الوحدة				
المجموع					

ملحوظات:

.....

توقيع المدرب: .....

الوحدة الثالثة

الثنائيات الخاصة

الوحدة الثالثة

الثنائيات الخاصة

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى معرفة خصائص وتركيب ثنائي الزينر وثنائي الفاريكاب وتطبيقاتهما والتعمق في التعرف على أطرافهما وفهم منحنى الخصائص لكليهما.

الأهداف التفصيلية:

من المتوقع بعد الانتهاء من هذه الوحدة التدريبية أن يكون المتدرب قادرا وبكفاءة على أن:

١ . يتعرف على الرمز العام والتركيب الداخلي لثنائي الزينر والفاريكاب.

٢ . يشرح طريقة عمل ثنائي الزينر والفاريكاب بشكل صحيح.

٣ . يرسم منحنى الخصائص لثنائي الزينر والفاريكاب بدقة.

٤ . يصمم الدوائر الخاصة بثنائي الزينر والفاريكاب بشكل صحيح.

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ١٠ ساعات تدريبية

الوسائل المساعدة:

١ - حقيبة العناصر الإلكترونية.

٢ - حقيبة التجارب الخاصة بالمختبر.

٣ - جهاز قياس متعدد الأغراض (ملتميتر)(Multimeter).

٤ - جهاز راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب)(Oscilloscope).

٥ - وسائل الأمن والسلامة .

٦ - كتاب البيانات (data sheet) الخاص بالعناصر الإلكترونية (الثنائي).

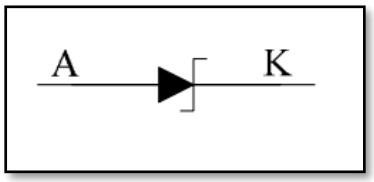
٧ - جهاز عرض data show .

ثنائي الزينر Zener Diode :

طريقة التصنيع والرمز العام لثنائي الزينر :

هو عبارة عن وصلة P-N مصنوعة من السيليكون يعمل في منطقة الانهيار، بحيث لايتأثر بالانهيار. وهو ليس شبيها لدايود العادي الذي يتلف في منطقة الانهيار ولهذا السبب سمي بدايود الانهيار. ولهذا فإن الزينر يعتبر من العناصر المهمة لمنظمات الجهد في الدوائر بحيث أنها تجعل الجهد ثابتا تقريبا علما أن هناك تغيرات تحصل في منابع التغذية وفي مقاومة الحمل.

ويمكن التحكم في قيمة جهد الانهيار عن طريق التحكم في نسبة الشوائب المضافة إلى السيليكون . وثنائي الزينر متوفر تجارياً بجهود تتراوح ما بين 1.8V-200V وتكون قدرتها في حدود 100W.

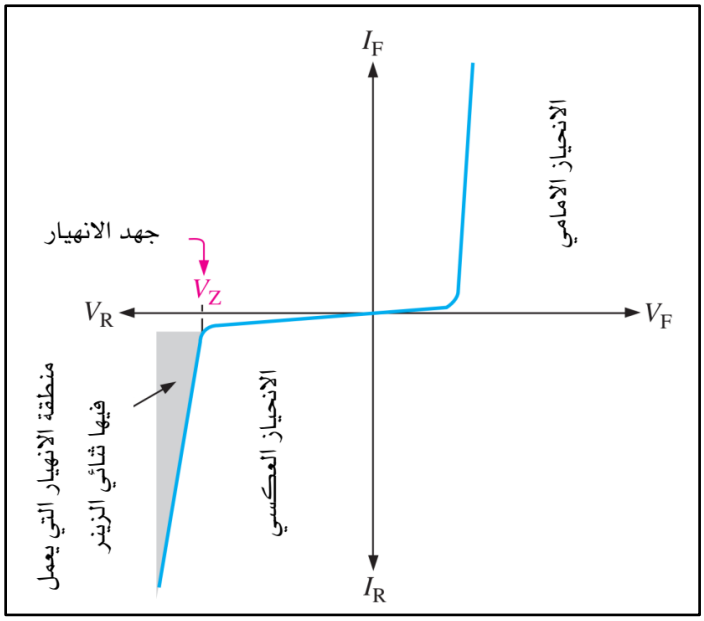


شكل ٣-١

كما هو موضح بالشكل ٣-١ والذي يشير إلى الرمز العام لثنائي الزينر. وله طرفان هما :

١- الآنود (المصعد) Anoode ٢- الكاثود (المهبط) Cathode

منحنى الخصائص :

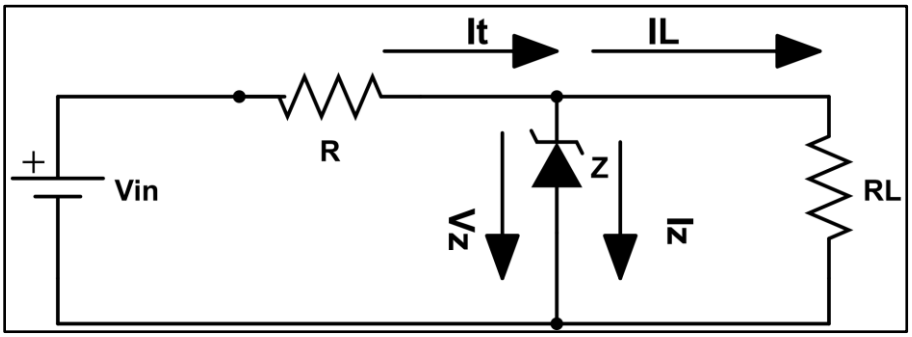


شكل ٣-٢

في الشكل ٣-٢ والذي يوضح منحنى الخصائص لثنائي الزينر ونلاحظ من المنحنى أن ثنائي الزينر له نفس خصائص الثنائي العادي في حالة الانحياز الأمامي أما في حالة الانحياز العكسي فإن التيار المار خلال الثنائي يكون ضئيلاً جداً للجهود الأقل من جهد الانهيار أو جهد الزينر Vz ولكن عند الوصول إلى جهد انهيار الزينر يزداد التيار بسرعة دون زيادة ملحوظة في الجهد .

لذلك يستخدم ثنائي الزينر كمثبت أو منظم للجهد . وأيضاً تتم حماية ثنائي الزينر من زيادة التيار بتوصيل مقاومة على التوالي معه حتى لايصل التيار إلى أكثر من القيمة المسموح بها للزينر.

ثنائي الزينر كمنظم جهد :



شكل ٣-٣

من أكثر استخدامات ثنائي الزينر شيوعاً استخدامه كمثبت ومنظم للجهد (Regulator Voltage) والشكل ٣-٣ يبين الدائرة العملية البسيطة لتثبيت الجهد عند قيمة جهد انهيار الزينر Vz ويتلخص مبدأ عمل هذه الدائرة في تثبيت جهد الحمل عند جهد يساوي جهد انهيار الزينر Vz إذا تغير جهد الدخل فإن الزينر يحافظ على جهد الحمل ثابتاً عند قيمة تساويVz . والجهد الزائد يذهب على شكل تيار يمر في ثنائي الزينر ويبقى جهد الحمل VL ثابتاً لا يتغير. أما في حالة تقليل قيمة مقاومة الحمل RL فإن هذا يتطلب زيادة تيار الحمل وهذه الزيادة لاتأتي من تيار المصدر حيث يبقى ثابتاً بدون تغيير ولكن يتم تعويض هذه الزيادة من تيار ثنائي الزينر.

حساب تيار الحمل بواسطة العلاقة :

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} \qquad (٣-١)$$

حساب التيار الكلي للدائرة يعطى بالعلاقة :

$$I_L = \frac{V_{IN} - V_L}{R} \qquad (٣-٢)$$

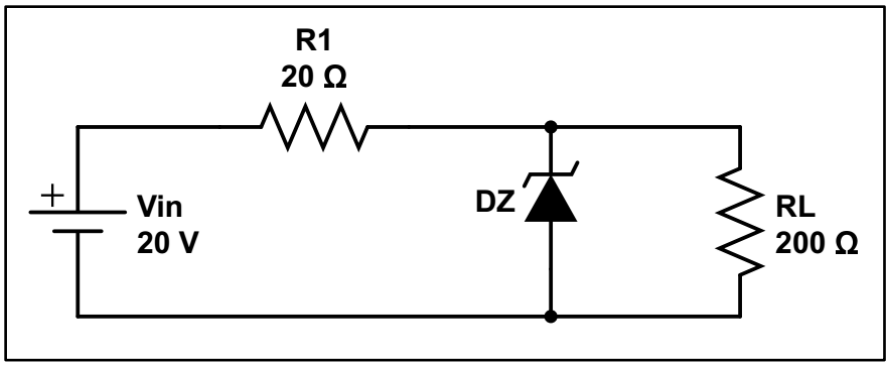
مثال ٣-١ :

بالنسبة لدائرة منظم الجهد المبينة بالشكل ٣-٤ افترض أن Vz=20v و R=20 Ω و RL=200 Ω وجهد الدخل Vin= 24V.

المطلوب:

١- تيار الحمل I_L ؟

٢- التيار الكلي للدائرة I_T ؟



شكل ٣-٤

الحل :

١- لحساب تيار الحمل I_L نستخدم العلاقة (٣-١)

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{20\ V}{200\ \Omega} = 0.1\ A$$

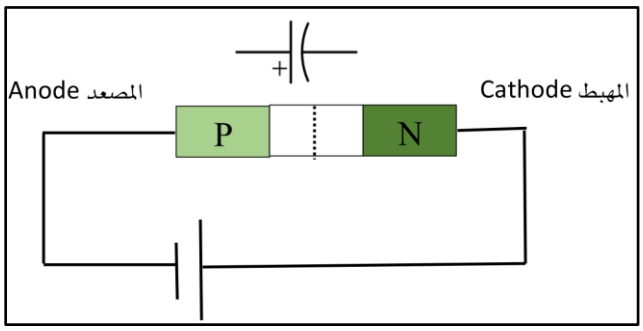
٢- لحساب التيار الكلي للدائرة I_T نستخدم العلاقة (٣-٢)

$$I_T = \frac{24\ V - 20\ V}{20\ \Omega} = 0.2\ A$$

ثنائي الفاريكاب Varicap Diode :

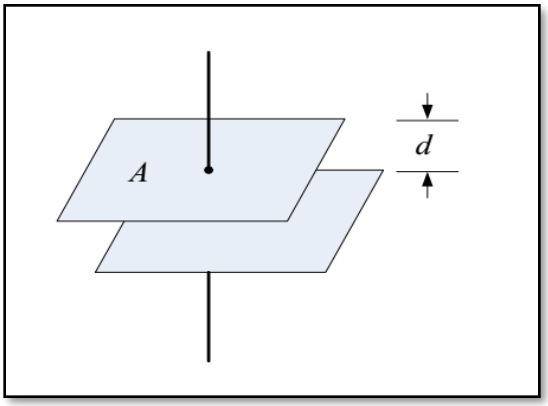
طريقة التصنيع والرمز:

يعتبر ثنائي الفاريكاب مكثف متغير السعة معتمداً على الجهد المطبق عليه. وثنائي الفاريكاب عبارة عن وصلة ثنائية (P-N) مصنوعة من السليسيوم وتكون موصلة في وضع الانحياز العكسي كما هو موضحاً بالشكل ٣-٥.



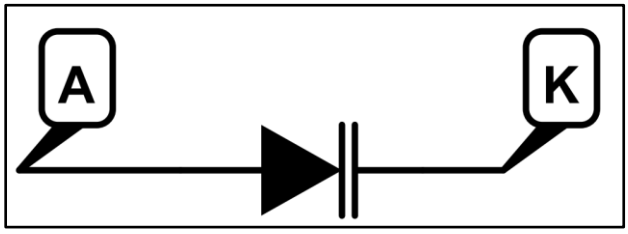
شكل ٣-٥

وللسعة التي تتكون في منطقة الاستنزاف الموضحة بالشكل ٣-٦ دوراً كبيراً في استخدام ثنائي الفاريكاب (المتغير السعة) وقد تصل قيمة هذه السعة (2500 pF).



شكل ٣-٦

كما هو موضح بالشكل ٣-٧ الرمز العام لثنائي الفاريكاب.



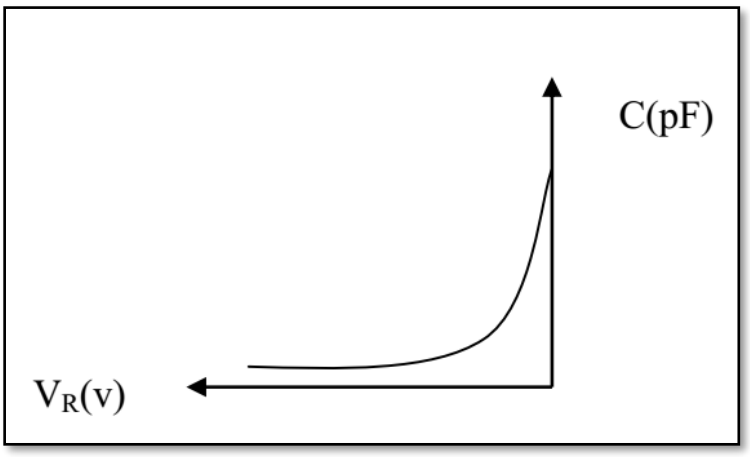
شكل ٣-٧

ويتكون من طرفين هما :

١ - الآنود - المصعد (Anode).

٢ - الكاثود - المهبط (Cathode) .

منحنى الخصائص :



شكل ٣-٨

يتضح لنا من خلال المنحنى الموضح بالشكل ٣-٨ العلاقة مابين حجم الجهد العكسي المطبق على الوصلة P-N وسعة الثنائي. حيث إن هذه العلاقة تعتبر علاقة عكسية .

والعلاقة بين فرق الجهد وسعة المكثف يمكن وصفها بالعلاقة التالية:

$$C_T = \frac{K}{(V_T+V_R)^n} \qquad (٣-٢)$$

حيث إن :

K : ثابت يعتمد على نوعية المادة شبه الموصلة.

V_T: الجهد الكلي للثنائي.

V_R: الجهد العكسي للثنائي.

N: ثابت يعتمد على طريقة صنع الثنائي وتتراوح قيمته بين 0.5 و 0.33.

الاستخدام :

١ . في دوائر الاتصالات.

٢ . في أجهزة الراديو.

٣ . أجهزة استقبال البث الفضائي .

طريقة العمل:

عند توصيل وصلة ثنائي الفاريكاب (الثنائي السعوي) عكسيا ، يتكون ما يسمى بمنطقة الاستنزاف هذه المنطقة تعمل بدلا من عازل المكثف أما الوصلة P،والوصلة N فإنهما يعملان كلوحي مكثف.

عندما يزداد جهد التغذية العكسي فإن منطقة الاستنزاف تتسع لتزيد بذلك سماكة العازل وتنقص السعة ، وعندما يتناقص جهد التغذية العكسي يقل سمك منطقة الاستنفاذ وبذلك تزداد السعةلمجـ

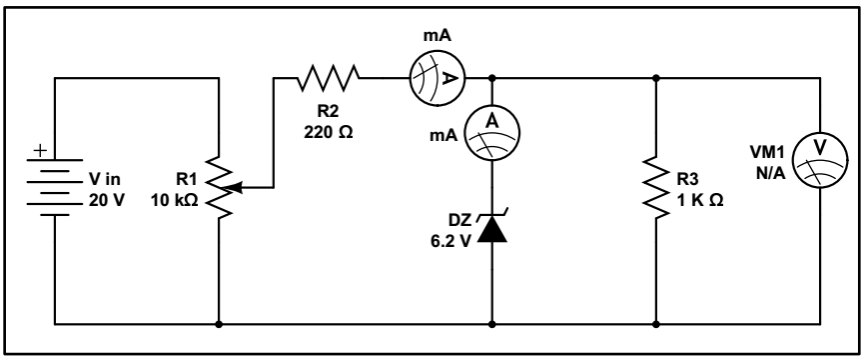
قائمة تمارين الوحدة الثالثة (الثنائيات الخاصة):

التمرين الأول: تجربة استخدام ثنائي الزينر لتثبيت الجهد.

التمرين الثاني: تجربة لاستخدام ثنائي الفاريكاب.

التمرين الأول:

تجربة : استخدام ثنائي الزينر لتثبيت الجهد .



المطلوب:

في هذه التجربة سوف نقوم ببناء دائرة تنظيم الجهد باستخدام ثنائي الزينر بالإضافة إلى دراسة كيفية تثبيت الجهد على طرفي مقاومة الحمل وذلك في حالة الدخل المستمر.

الأجهزة والعدد والأدوات المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (١) مصدر قدرة مستمر.
- عدد (١) راسم إشارة بقناتين .
- عدد (١) جهاز قياس متعدد الأغراض الافوميتر.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 220Ω .
- عدد (١) مقاومة ثابته 1 KΩ .
- عدد (١) مقاومة متغيرة 10 KΩ .
- عدد (١) ثنائي زينر 6.2 V – 1W .

خطوات التنفيذ:

١ . اضبط جهد الدخل حسب ماهو مبين بالجدول.

٢ . أكمل بيانات الجدول حسب ماهو مطلوب.

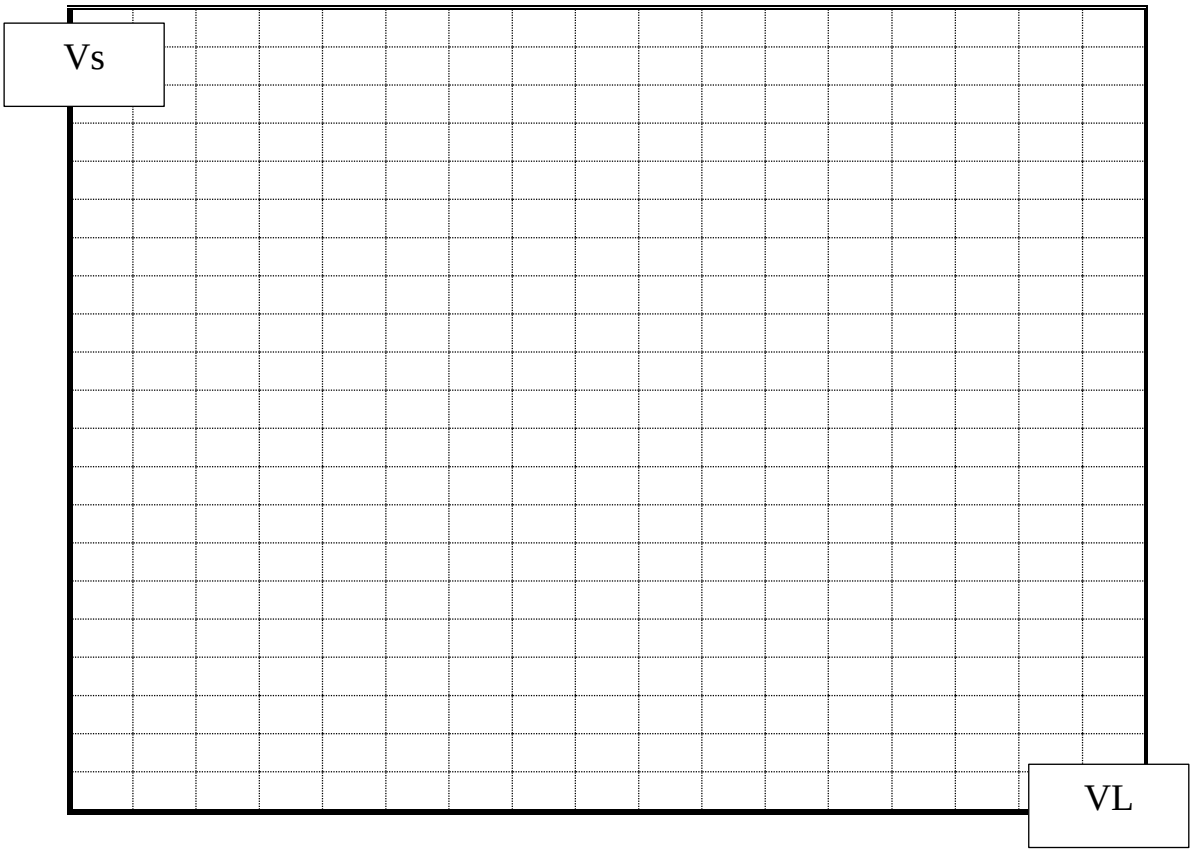
Vs	10v	10.5v	11v	11.5v	12v	12.5v	13v	13.5v	14v
Is									
Iz									
Vz									

٣. ماذا تلاحظ من خلال القراءات التي حصلت عليها :

.....

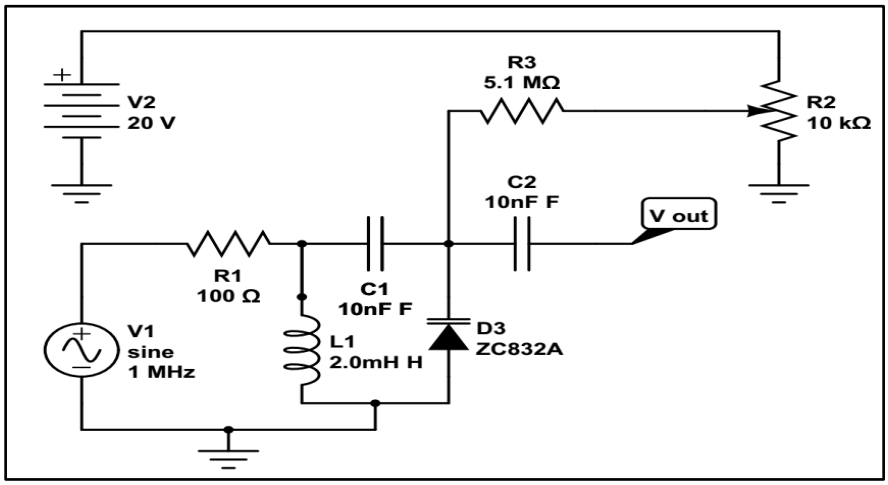
.....

٤. ارسم العلاقة مابين جهد الدخل Vsوجهد الخرج (مقاومة الحمل) VL.



التمرين الثاني:

تجربة : استخدام ثنائي الفاريكاب .



المطلوب:

في هذه التجربة سوف نقوم ببناء دائرة لاستخدام ثنائي الفاريكاب ومعرفة تأثير الفاريكاب في الدائرة الإلكترونية.

الأجهزة والعدد والأدوات المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (١) مصدر قدرة مستمر.
- عدد (١) راسم إشارة (أوسليسكوب) بقناتين .
- عدد (١) جهاز قياس متعدد الأغراض الافوميتر.
- عدد (١) مولد إشارة .
- عدد (١) مقاومة ثابته 5.1MΩ .
- عدد (١) مقاومة ثابته 1 KΩ .
- عدد (١) مقاومة متغيرة 10 KΩ .
- عدد (١) ثنائي فاريكاب ZC832A .
- عدد (٢) مكثف 10 nF .
- عدد (١) ثنائي زينر 6.2 V – 1W .

خطوات التنفيذ:

١ . اضبط مصدر القدرة المستمر على جهد Vs= 20v.

٢ . اضبط مولد الإشارة باختيار موجة جيبية حيث الجهد لها V1=1 V وترددها 1MHZ .

٣ . أكمل الجدول التالي:

الجهود	VR1	VR2	VR1	Vc2	Vc1	Vc2	VD	Vout
القيمة المقاسة								

٤ . ارسم شكل موجة الدخل V1 :

٥ . ارسم شكل إشارة الخرج Vout :

تمارين الوحدة

س١ : ارسم الرمز العام لكل من :

١. ثنائي الفاريكاب.

٢. ثنائي الزينر.

س٢ : عدد استخدامات كل من :

١- ثنائي الزينر.

٢- ثنائي الفاريكاب.

س٣ : اشرح طريقة استخدام ثنائي الزينر كمنظم للجهد .

نموذج تقييم المتدرب لمستوى أدائه

يعبأ من قبل المتدرب نفسه وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة

بعد الانتهاء من التدرب على وحدة **الثنائيات الخاصة**، قيم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقييم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة، وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.

م	العناصر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
١	التعرف على الطريقة الصحيحة في طريقة توصيل وتركيب ثنائي الزينر والفاريكاب				
٢	القدرة على توصيل دوائر وتطبيقات ثنائي الزينر والفاريكاب بمختلف أنواعها				
٣	التقيد بالسلوك المهني السليم والحرص على اتباع أصول الأمن والسلامة أثناء التطبيق لمفردات هذه الوحدة				

يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.

نموذج تقييم المدرب لمستوى أداء المتدرب يعبأ من قبل المدرب وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة الثالثة : (الثنائيات الخاصة)	
اسم المتدرب :	التاريخ: .....
رقم المتدرب :	المحاولة : ١ ٢ ٣ ٤ العلامة : ....

كل بند أو مفردة يقيم بـ ١٠ نقاط

الحد الأدنى: ما يعادل ٨٠٪ من مجموع النقاط. الحد الأعلى: ما يعادل ١٠٠٪ من مجموع النقاط.

م	بنود التقييم	النقاط (حسب رقم المحاولات)			
		١	٢	٣	٤
١	التعرف على الطريقة الصحيحة في طريقة توصيل وتركيب ثنائي الزينر والفاريكاب				
٢	القدرة على توصيل دوائر وتطبيقات ثنائي الزينر والفاريكاب بمختلف أنواعها				
٣	التقيد بالسلوك المهني السليم والحرص على اتباع أصول الأمن والسلامة أثناء التطبيق لمفردات هذه الوحدة				
المجموع					

ملحوظات:

.....

توقيع المدرب: .....

الوحدة الرابعة

الترانزستور ثنائي القطبية BJT

الوحدة الرابعة

الترانزستور ثنائي القطبية BJT :

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى معرفة المبدأ العام للترانزستور وأهميته ومن ثم التعرف على العنصر من الداخل وكيفية دمج الدايودين الثنائيين. وأيضا التعرف على أنواع الترانزستور وكيفية فحصه عمليا لمعرفة اطرافه الثلاثة. ومن خلال فهمنا للترانزستور سوف نتعمق في تحليل وحسابات الجهود والتيارات من خلال الدوائر الإلكترونية وبعد ذلك نثبت هذه المسائل عمليا بأجهزة القياس. ومن ثم معرفة وظيفة الترانزستور كمفتاح وفهم الدوائر الإلكترونية نظريا وأخيرا تطبيقها عمليا.

الأهداف التفصيلية:

من المتوقع بعد الانتهاء من هذه الوحدة التدريبية أن يكون المتدرب قادرا و بكفاءة على أن:

١ . يتعرف على التركيب العام والرمز المنطقي للترانزستور ثنائي القطبية.
٢ . يفحص الترانزستور باستخدام جهاز متعدد الأغراض ويحدد أطرافه الثلاثة.
٣ . يشرح طريقة عمل الترانزستور ثنائي القطبية بدقة.
٤ . يحل المسائل الحسابية للجهود والتيارات للدوائر الإلكترونية بطريقة صحيحة.
٥ . يرسم منحنى الخصائص للترانزستور ثنائي القطبية بشكل صحيح.
٦ . يصمم الدوائر الخاصة بالترانزستور ثنائي القطبية بشكل سليم.
٧ . يحلل الدوائر الإلكترونية واستخدامات الترانزستور.

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ٢٠ ساعة تدريبية

الوسائل المساعدة:

١ - حقيبة العناصر الإلكترونية.
٢ - حقيبة التجارب الخاصة بالمختبر.
٣ - جهاز قياس متعدد الأغراض (ملتميتر)(Multimeter) .
٤ - جهاز راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب)(Oscilloscope).
٥ - جهاز عرض data show.
٦ - كتاب البيانات (data sheet) الخاص بالعناصر الإلكترونية (الترانزستور).

مقدمة :

قبل منتصف القرن العشرين الميلادي كانت القطع الإلكترونية مبنية على الصمامات المفرغة، حيث إنها تستهلك طاقة كبيرة جدا وكانت معظمها على شكل حرارة. وإضافة على ذلك كان ثمنها مرتفعا جدا. فعلى سبيل المثال كان ثمن الكمبيوتر غالي جدا وحجمه قرابة حيز الغرفة. وفي عام 1951م تقريبا اخترع العالم شوكلي عنصرا جديدا اسمه الترانزستور Transistor فمن هذا العنصر تغيرت التقنية تغير جذري متطور ومن أكبر ميزات هذا الاختراع مهد لدينا الطريق للوصول إلى الدوائر المتكاملة ((Integrated Circuit (IC) وبفضل الله أولاً ثم بهذه التقنية أصبح الكمبيوتر بمتناول الناس وبأسعار متفاوتة ومعقولة لهم وخصوصاً حمله في أي مكان.

وكلمة ترانزستور (TRANSISTOR) هي عبارة عن دمج كلمتين معاً وهما :

١- (TRANSFER) : وتعني النقل.

٢-(RESISTOR) : وتعني المقاومة.

ويوجد من الترانزستور عدة أنواع أشهرها :

١- ترانزستور ثنائي القطبية (BJT).(Bipolar Junction Transistors)

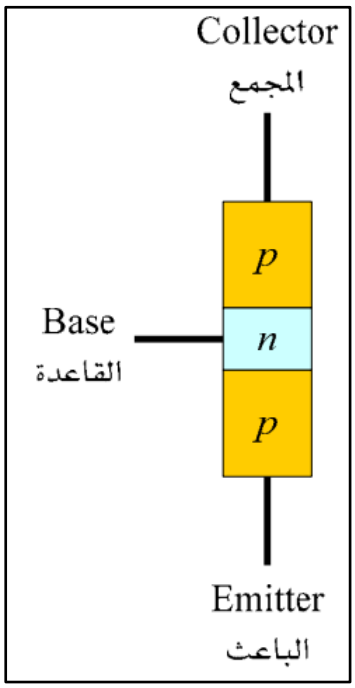
٢- ترانزستور تأثير المجال (FET).(Field Effect Transistors)

ومن خلال هذه الوحدة سوف ندرس تركيب وأنواع وخصائص وطرق توصيل الترانزستور ثنائي القطبية.

تركيب الترانزستور BJT :

كما ذكرنا سابقاً أن أغلب العناصر الإلكترونية تتكون من أشباه الموصلات من النوع الموجب (P) والنوع السالب (N) وبتوصيل هذين النوعين بطريقة معينة فإننا نستطيع إنتاج قطعة إلكترونية لها وظائف خاصة وذات خصائص معينة.

والترانزستور ثنائي القطبية عبارة عن عنصر إلكتروني مكونا من ثلاث وصلات شبه موصلة. كما هو موضح بالشكل (٤-١).

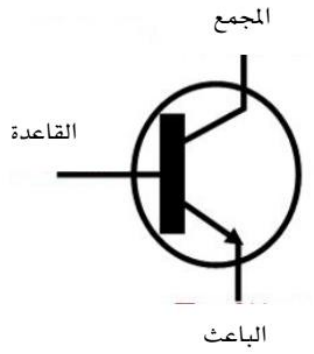
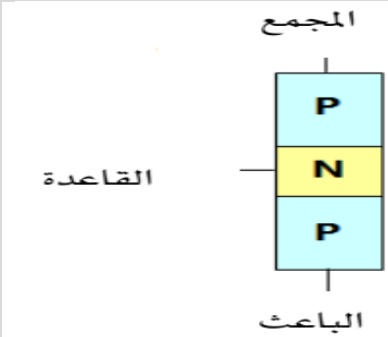


شكل ٤-١

أنواع الترانزستور ثنائي القطبية BJT :

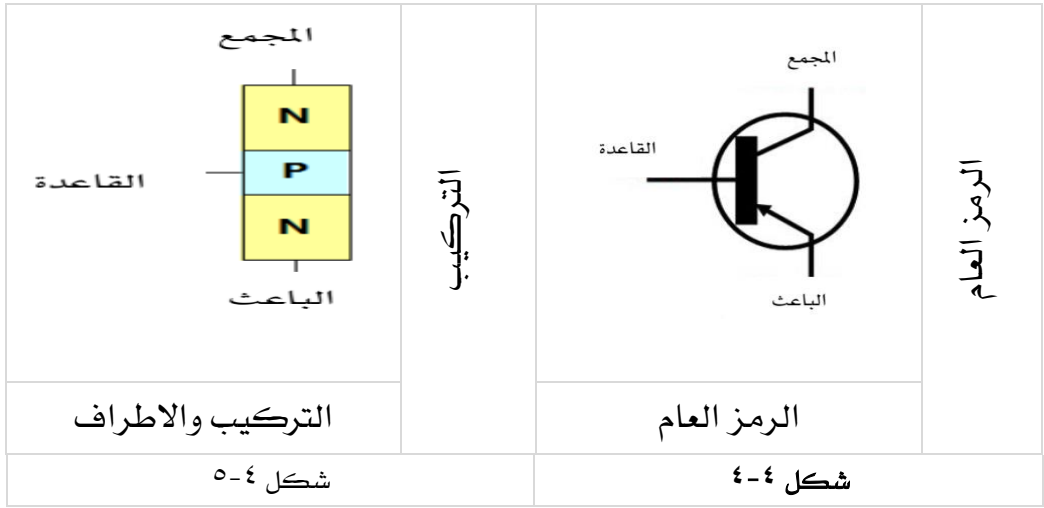
١. ترانزستور ثنائي القطبية من نوع (PNP) :

الرمز العام له كما هو موضح بالشكل رقم (٤-٢) وهو مكون من ثلاث وصلات شبه موصلة (وصلتين موجبة ووصلة سالبة) كما هو موضح بالشكل رقم ٤-٣

الرمز العام	الرمز العام
	
شكل ٤-٢	شكل ٤-٣

٢. **ترانزستور ثنائي القطبية من نوع** (NPN) :

الرمز العام له كما هو موضح بالشكل رقم (٤-٤) وهو مكون من ثلاث وصلات شبه موصلة (وصلتين سالبة ووصلة موجبة) كما هو موضح بالشكل رقم ٤-٥



شكل ٤-٤		شكل ٤-٥
الرمز العام		التركيب والاطراف

أطراف الترانزستور BJT :

١. **الباعث** (EMITTER) :

يرمز له بالرمز (E) .

وهي الوصلة الخاصة بإمداد حاملات الشحنة (الفجوات) في الترانزستور من نوع PNP والإلكترونات في الترانزستور من نوع NPN ويوصل الباعث في وضع الانحياز الأمامي بالنسبة للقاعدة .

٢. **المجمع** (COLLECTOR) :

يرمز له بالرمز (C).

وتختص هذه الوصلة من الترانزستور بتجميع حاملات الشحنة القادمة من الباعث . ويوصل في وضع الانحياز العكسي بالنسبة للقاعدة.

٣. **القاعدة** (BASE):

ويرمز لها بالرمز (B).

وتعتبر هذه الوصلة متوسطة في تركيب الترانزستور ثنائي القطبية بنوعيه وتعمل في وضع الانحياز الأمامي مع الباعث وفي وضع الانحياز العكسي مع المجمع.

ملحوظة:

في تركيب الترانزستور ثنائي القطبية بنوعيه كما هو موضح في الشكل (٤-٢) والشكل (٤-٤) يدل السهم على طرف الباعث وكذلك من خلاله يمكن معرفة نوع الترانزستور حيث السهم المتجه للداخل يدل على الترانستورPNP والسهم المتجه للخارج يدل عل الترانزستورNPN.

مبدأ وخصائص الترانزستور BJT :

يعمل الترانزستور ثنائي القطبية بشكل أساسي كمكبر ولجعله يعمل بشكل مناسب لابد من توصيل الترانزستور بشكل انحياز مناسب ومن أجل هذا لابد من توفر شرطين أساسيين لكي يعمل الترانزستور كمكبر:

١- أن يكون انحياز الوصلة بين المجمع والقاعدة عكسياً.

٣ - أن يكون انحياز الوصلة بين الباعث والقاعدة أمامياً.

والشكل (٤-٦) يوضح طرق توصيل الترانزستور بنوعيه لتحقيق الشرطين لعمل الترانزستور كمكبر.

هنا لابد أن يكون جهد القاعدة أكبر من جهد الباعث بمقدار(0.7V) في الترانزستور من نوع NPN و (-0.7V) في الترانزستور من نوع PNP.

ولابد أن يكون مصدر جهد الدخل الموصل بالمجمع أكبر من مصدر الجهد الموصل بالقاعدة .

وبالعودة إلى تركيب الترانزستور ثنائي القطبية والمبين في الشكل (٤-١) يلاحظ أن الترانزستور مكون من وصلتين (P-N) كل منهما تكافؤ ثنائي . الوصلة الأولى بين الباعث E والقاعدة B. والوصلة الثانية بين المجمع Cوالقاعدة B.

الترانزستور من نوع PNP مثلاً موصل بحيث تكون الوصلة بين الباعث والقاعدة في حالة انحياز أمامي. لذلك فإن تيارا كبيرا سيمر في الباعث نتيجة لصغر منطقة الاستنزاف بينهما ويرمز للتيار المار بالباعث بالرمز I_E. وهذا التيار سوف يتجزأ في منطقة القاعدة إلى تيارين هما:

أ- تيار القاعدة ويرمز له بالرمز I_B.

ب- تيار المجمع ويرمز له بالرمز I_C .

ونستنتج مما سبق أن تيار الباعث عبارة عن مجموع تيار القاعدة وتيار المجمع كما هو موضح بالعلاقة (٤-١):

$$I_E = I_B + I_C \qquad (٤-١)$$

معاملات الترانزستور:

١. معامل كسب التيار بيتا (β):

يحدد العلاقة بين تيار المجمع I_C وتيار القاعدة I_B .كما هو موضح بالعلاقة (٤-٢).

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \qquad (٤-٢)$$

وتتراوح قيمة β للترانزستورات العادية مابين 20 إلى 200 باستثناء بعض الترانزستورات الخاصة والتي تصل فيها β إلى حوالي 10000 ويرمز لها في بطاقة بيانات الترانزستور بالرمز h_{FH} .

٢. معامل كسب التيار ألفا (α):

يحدد العلاقة بين تيار الباعث وتيار المجمعI_C كما هو موضح بالعلاقة (٤-٣)

$$\alpha = \frac{I_E}{I_C} \qquad (٤-٣)$$

والعلاقة بين α وβ للترانزستور :

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \qquad (٤-٤)$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \qquad (٤-٥)$$

مثال ٤-١ :

أوجد قيمة كل من β_{dc} و I_E و α_{dc} لترانزستور حيث $I_B = 50\mu A$ و $I_C = 3.36mA$.

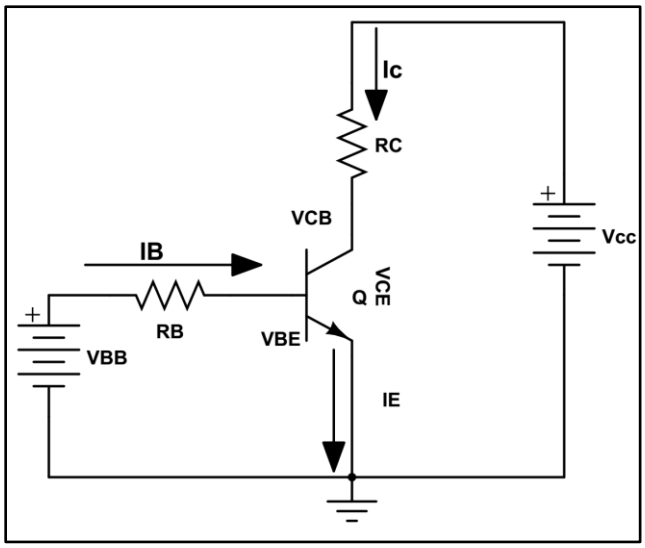
الحل:

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{3.36mA}{50\mu A} = 67.2$$

$$I_E = I_B + I_C = 3.36mA + 50\mu A = 3.41mA$$

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E} = \frac{3.56mA}{3.41mA} = 0.985$$

جهود وتيارات الترانزستور ثنائي القطبية BJT :



شكل ٤-٦

لتحليل الجهود والتيارات نأخذ الدائرة الأساسية لتغذية الترانزستور .كما هو موضح بالشكل (٤-٦). وفيها يوصل طرف الباعث بالأرضي ويكون هو الطرف المشترك بين الدخل والخرج حيث يوجد ثلاثة تيارات وثلاثة جهود للترانزستور ثنائي القطبية وهي:

أ- التيارات :

١- I_B : تيار القاعدة .

٢- I_E : تيار الباعث .

٣- I_C : تيار المجمع .

ب- الجهود :

١ - V_{BE} : الجهد المستمر مابين وصلة القاعدة والباعث.

٢ - V_{CB} : الجهد المستمر مابين وصلة القاعدة والمجمع.

٣ - V_{CE} :الجهد المستمر مابين وصلة المجمع والباعث.

الانحياز الأمامي لوصلة (القاعدة - الباعث) يتم بواسطة الجهد V_{BB} والانحياز العكسي لوصلة (القاعدة -المجمع) يتم بواسطة الجهد V_{CC} وعندما تكون وصلة (القاعدة - الباعث) في حالة انحياز أمامي تعمل كثنائي وبذلك يكون الجهد بين الباعث والقاعدة مساوياً للجهد الحائل (Barrier Potential) .

$$V_{BE} = 0.7V \qquad (٦-٤)$$

وحيث إن جهد الباعث يساوي صفرا لأنه متصل بالأرضي لذلك يمكن تطبيق قانون كيرشوف على دائرة الدخل لإيجاد الجهد الواقع على المقاومة R_B

$$V_{R_B} = V_{BB} - V_{BE} = I_B * R_B \qquad (٧-٤)$$

وبالتالي يمكن الحصول على تيار القاعدة I_B :

$$I_B = \frac{V_{BB}-V_{BE}}{R_B} \qquad (٨-٤)$$

والجهد الواقع على المقاومة R_Cيعطى بالعلاقة :

$$V_{R_C} = I_C * R_C \qquad (٩-٤)$$

أما الجهد بين كل من الباعث والمجمع فيعطى بالعلاقة :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \qquad (١٠-٤)$$

وأما تيار المجمع فيمكن حسابه بواسطة العلاقة التالية :

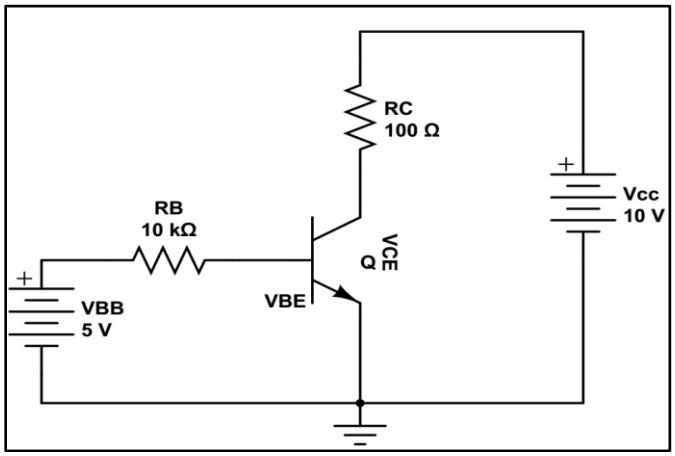
$$I_C = \beta_{dc} I_B \qquad (١١-٤)$$

وبالتالي يمكن حساب جهد الانحياز العكسي لوصلة الباعث المجمع V_{CB}:

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} \qquad (١٢-٤)$$

مثال ٤-٢:

أوجد قيمة كل من I_B وI_C وI_E وV_{BE} وV_{CE} وV_{CB} في الدائرة الموضحة بالشكل (٤-٧) علماً بأن معامل كسب الترانزستور $\beta_{dc} = 150$.



شكل ٤-٧

الحل :

١. حساب تيار القاعدة:

$$I_B = \frac{V_{BB}-V_{BE}}{R_B} = \frac{5V-0.7V}{10K\Omega} = 430\mu A$$

٢. حساب تيار المجمع :

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 150 * 430\mu A = 64.5mA$$

٣. حساب تيار الباعث:

$$I_E = I_B + I_C = 64.5mA + 430\mu A = 64.9mA$$

٤. حساب جهد وصلة القاعدة - الباعث:

$$V_{BE} = 0.7V$$

٥. حساب جهد وصلة المجمع - الباعث :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 10V - (64.5mA)(100\Omega) = 3.55V$$

٦. حساب جهد وصلة المجمع - القاعدة:

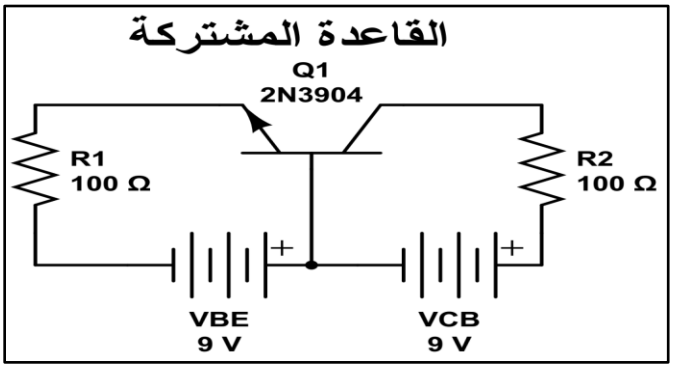
$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 3.55V - 0.7V = 2.85V$$

طرق توصيل الترانزستور ثنائي القطبية BJT :

نظراً لأن الترانزستور ثنائي القطبية له ثلاثة أطراف لذا فإن له ثلاثة طرق أساسية لتوصيله ضمن الدوائر الإلكترونية مع أحد الأطراف كطرف مشترك لكل من الدخل والخرج.

ولكل طريقة من طرق توصيل الترانزستور ثنائي القطبية استجابة مختلفة لإشارة الدخل للدائرة حيث إن الخصائص الاستاتيكية للترانزستور تختلف باختلاف توصيل كل دائرة.

١- **القاعدة المشتركة:** (Common Base Configuration)



شكل ٤-٨

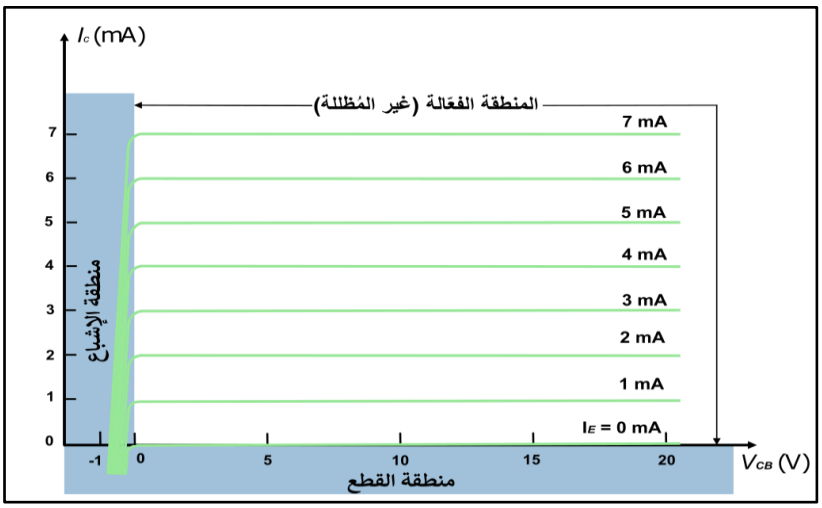
- **كيفية التوصيل:**

كما هو واضح من الاسم في دائرة القاعدة المشتركة والموضحة بالشكل (٤-٨) أن طرف القاعدة (Base) يتم توصيله بحيث يصبح طرفا مشتركا لكل من إشارة الدخل والخرج ومع تطبيق إشارة الدخل بين طرفي الباعث والقاعدة يتم أخذ إشارة الخرج بين طرفي المجمع والقاعدة.

- **الخصائص والميزات:**

١. كسب التيار لهذه الدائرة يساوي (١).
٢. تعمل هذه الدائرة كمكبر غير عاكس.
٣. لها مقاومة دخل منخفضة.
٤. مقاومة الخرج مرتفعة .

- **منحنى الخصائص ومناطق العمل:**



شكل ٤-٩

١. **منطقة القطع** (Cutting Area):

وتظهر في المنطقة تحت الخط البياني الذي يمثل تيار دخل مقداره (صفر) أي $I_E = 0$ ويكون الترانزستور في هذه المنطقة في حالة انحياز عكسي بالنسبة لوصلتي الدخل والخرج.

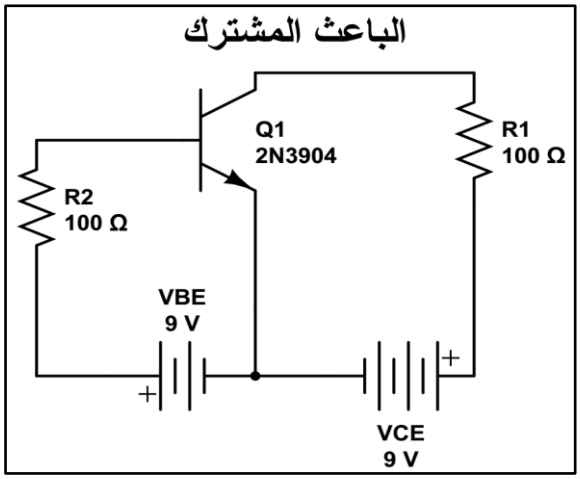
٢. **المنطقة الفعالة**(Effective Area):

وتشغل هذه المنطقة معظم مساحة شكل الخرج . وفيها تزداد قيمة تيار الباعث فوق الصفر لذا فإن تيار المجمع يزداد إلى قيمة مقاربة لتيار الباعث. في هذه الحالة تكون وصلة قاعدة المجمع في وضع انحياز عكسي .

٣. **منطقة الإشباع**(Saturation Area):

تظهر هذه المنطقة في القسم الموافق لجهد الخرج (وفيها الجهد أصغر من صفر $V_{CB} < 0$) وفيها تتغير قيمة تيار الخرج بشكل كبير مع تغير جهد الخرج وفي هذه الحالة يكون الترانزستور في حالة انحياز أمامي بالنسبة للوصلتين (القاعدة -المجمع)و(القاعدة الباعث)

٢- **الباعث المشترك** (Common Emitter Configuration):



شكل ٤-١٠

- **كيفية التوصيل:**

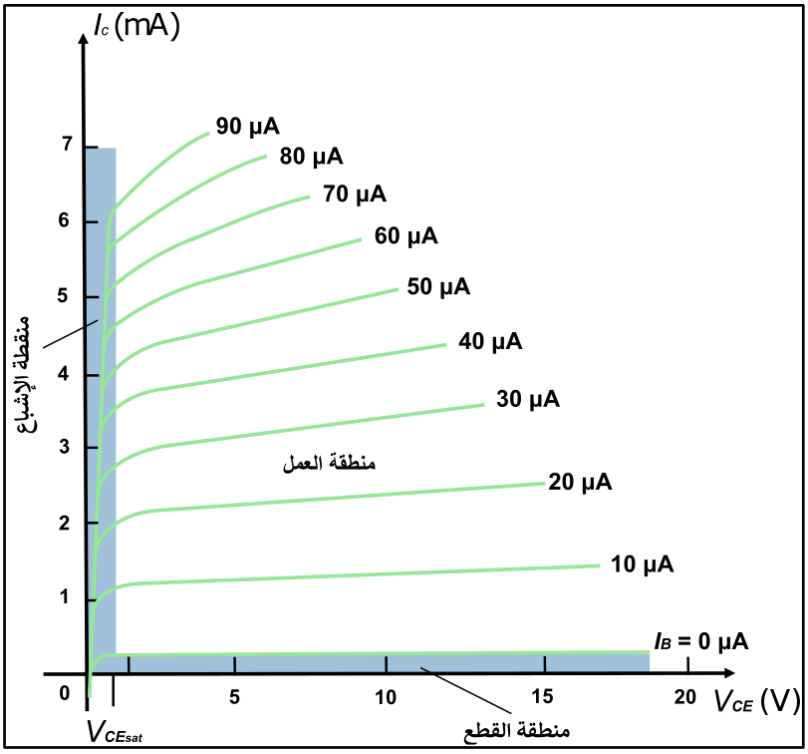
في دائرة الباعث المشترك يكون طرف الباعث هو المشترك بين وصلة (القاعدة الباعث) و(الباعث المجمع) ويتم تطبيق إشارة الدخل بين وصلة (القاعدة - الباعث) بينما يتم أخذ إشارة أخرى بين وصلة (المجمع - الباعث).

وهذا النوع من الدوائر الأكثر استخداماً في المكبرات التي تبنى على أساس الترانزستور. وفي هذه الدائرة تكون مقاومة الدخل منخفضة بسبب الانحياز الأمامي لوصلة(الباعث-القاعدة) وأيضاً مقاومة الخرج عالية بسبب الانحياز العكسي لوصلة (الباعث- المجمع).

- **الخصائص والميزات:**

١. لهذه الدائرة مقاومة دخل منخفضة.
٢. لها مقاومة خرج عالية.
٣. لها كسب عال للتيار أعلى من كسب التيار للقاعدة.
٤. كسب الجهد أقل من كسب الجهد لدائرة القاعدة.
٥. تعتبر هذه الدائرة كمكبر عاكس .
٦. يوجد فرق بين إشارة الدخل والخرج بمقدار(180) درجة

- **منحنى الخصائص ومناطق العمل:**



شكل ٤-١١

١. **منطقة القطع**(Cutting Area):

وتقع هذه المنطقة تحت الخط البياني الذي يمثل تيار دخل مساويا للـ(صفر) أي أن $I_B = 0$. وهنا تكون قيمة تيار الخرج صغيرة جداً ويكون الترانزستور في هذه المنطقة في وضع انحياز عكسي بين وصلتي (القاعدة-الباعث) و (الباعث - المجمع) .

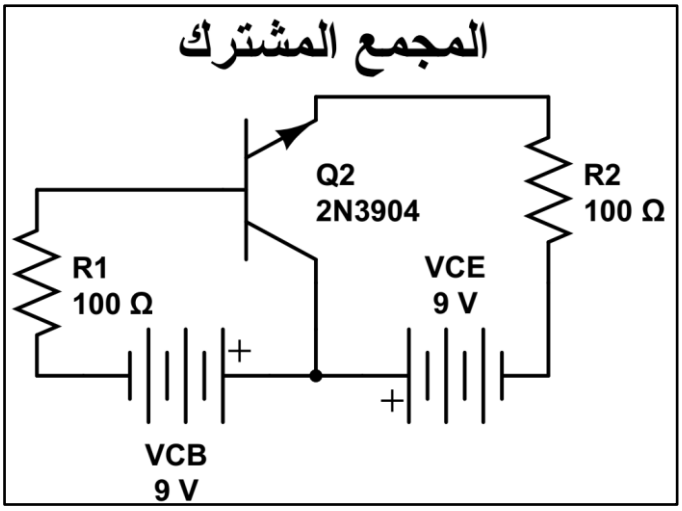
٢. **المنطقة الفعالة**(Effective Area):

وتشمل هذه المنطقة الجزء الأكبر من مساحة شكل الخرج والتي تبدأ مع زيادة تيار الدخل (تيار القاعدة) وفيها يبدأ تيار الباعث بالزيادة والعلاقة بينهما طردية.

٣. **منطقة الإشباع**(Saturation Area):

وتتحدد هذه المنطقة في الجزء الذي يكون فيه جهد الخرج أقل من الـ(صفر) وتيار الدخل أكبر من الـ (صفر) ويكون الترانزستور في هذه المنطقة في حالة انحياز أمامي.

٣- **المجمع المشترك** (Common Collector Configuration):



شكل ٤-١٢

- **كيفية التوصيل:**

في هذه الدائرة يكون المجمع هو الطرف المشترك بين القاعدة والباعث من خلال مصدر القدرة المستمر

ويتم توصيل إشارة دخل مباشرة إلى وصلة(القاعدة الباعث) بينما يتم أخذ إشارة الخرج عن طريق وصلة (المجمع -الباعث) .

- **الخصائص والميزات:**

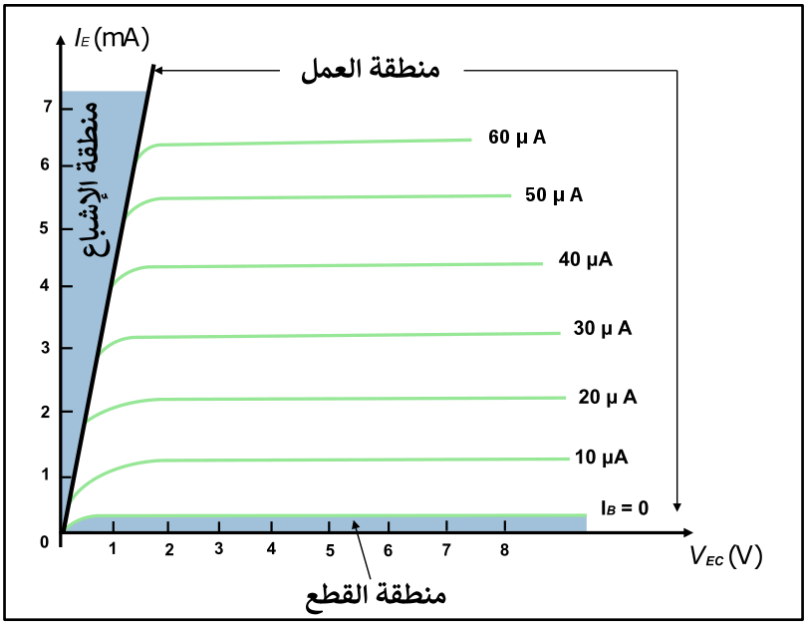
١- لهذه الدائرة مقاومة دخل عالية .

٢- مقاومة الخرج منخفضة .

٣- كسب الجهد لهذه الدائرة أقل من (١).

٤- تستخدم في التطبيقات والدوائر التي تحتاج إلى توافق في الممانعة (*Impedance Matching*)

- **منحنى الخصائص ومناطق العمل:**



شكل ٤-١٣

١- **منطقة القطع** (Cutting Area):

وتقع هذه المنطقة تحت الخط البياني الذي يمثل تيار دخل مساويا للـ(صفر) أي أن $I_B = 0$. وهنا تكون قيمة تيار الخرج صغيرة جداً ويكون الترانزستور في هذه المنطقة في وضع انحياز عكسي بين وصلتي (القاعدة-الباعث)و (الباعث - المجمع) .

٢- **المنطقة الفعالة** (Effective Area):

وتشمل هذه المنطقة الجزء الأكبر من مساحة شكل الخرج والتي تبدأ مع زيادة تيار الدخل (تيار القاعدة) وفيها يبدأ تيار الباعث بالزيادة والعلاقة بينهما طردية.

٣- **منطقة الإشباع** (Saturation Area):

وتتحدد هذه المنطقة في الجزء الذي يكون فيه جهد الخرج أقل من الـ(صفر) وتيار الدخل أكبر من الـ (صفر) ويكون الترانزستور في هذه المنطقة في حالة انحياز أمامي.

فحص الترانزستور:

يتم استخدام عدة أجهزة لفحص الترانزستور وتحديد أطرافه وكذلك نوعه ومن هذه الأجهزة:

- جهاز القياس الافوميتر الرقمي :

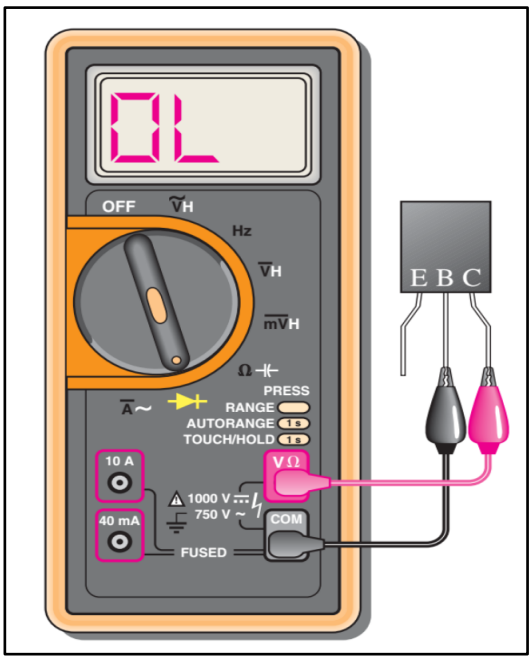
١. من جهاز الافوميتر نختار وضع الموحد

٢. نكرر نفس خطوات فحص الثنائي وإذا حصلت على قراءة OL كما في الشكل ٤-١٤ بدل مجسات جهاز القياس على طرفي الترانزستور.

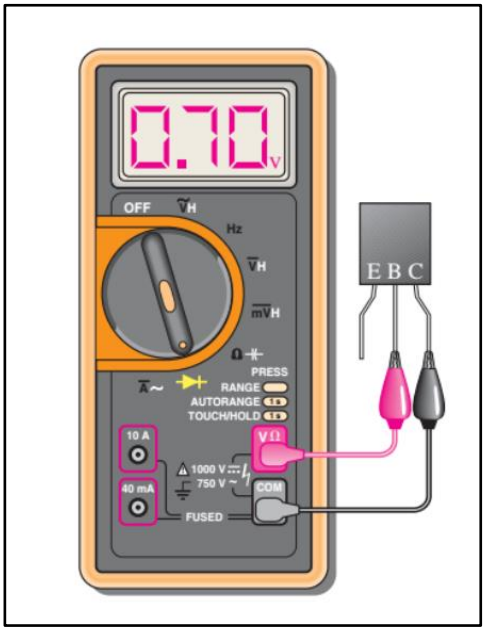
٣. طرف الترانزستور الذي يعطي قراءة مع كلا الطرفين الآخرين يعتبر هذا الطرف (القاعدة) (Base) وإذا كان هذا الطرف موصلاً مع المجس الموجب لجهاز الفحص يدل هذا على أن القاعدة نوعها p وبهذا يكون الترانزستور من النوع (NPN) أما إذا كان طرف القاعدة موصلا مع المجس السالب لجهاز الفحص فيدل هذا على أن القاعدة نوعها N وبهذا يكون الترانزستور من النوع (PNP).

٤. ثبت المجس الموصل مع القاعدة ووصل المجس الآخر لجهاز الفحص مع أحد أطراف الترانزستور الأخرى وسجل القراءة الظاهرة (0.567V) كما في الشكل (٤-١٥) .

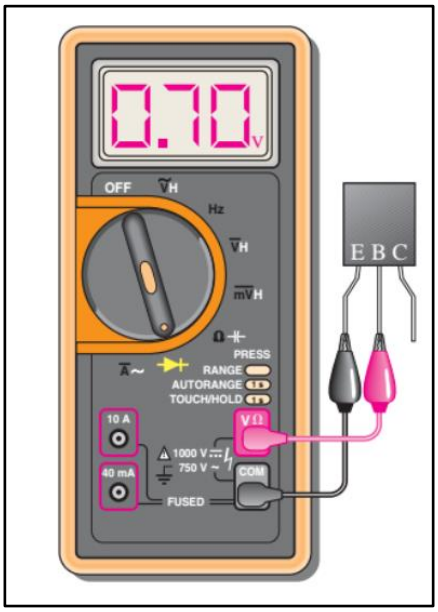
٥. الطرف الذي يعطي قراءة أكبر يعتبر (الباعث)(Emitter) والطرف الذي يعطي قراءة أقل هو (المجمع)(Collector) كما في الشكل (٤-١٦).



شكل ٤-١٤



شكل ٤-١٥



شكل ٤-١٦

تمارين الوحدة الرابعة : (الترانزستور ثنائي القطبية BJT) :

التمرين الأول: تجربة فحص الترانزستور وتحديد أطرافه.

التمرين الثاني: تجربة استخدام الترانزستور كمفتاح.

التمرين الثالث: تجربة قياس جهود وتيارات وصلات الترانزستور.

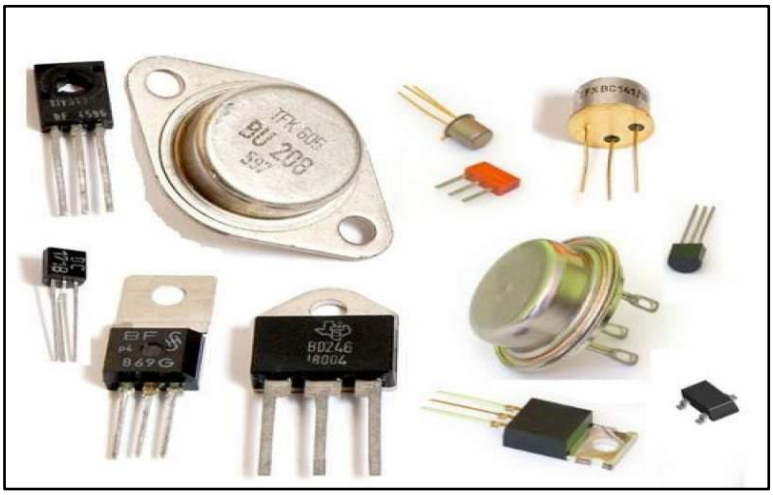
التمرين الرابع: تجربة دراسة خصائص توصيلة القاعدة المشتركة.

التمرين الخامس: تجربة دراسة خصائص توصيلة المجمع المشترك.

التمرين السادس: تجربة دراسة خصائص توصيلة الباعث المشترك.

التمرين الأول:

تجربة : فحص الترانزستور وتحديد أطرافه.



المطلوب :

- أن يتمكن المتدرب من فحص وتحديد أطراف الترانزستور وكذلك نوعه .

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

- عدد (١) جهاز قياس افوميتر .
- عدد (١) جهاز فاحص الترانزستور.
- عدد (١٠) ترانزستور .

خطوات التنفيذ:

١ . باستخدام جهاز القياس الافوميتر أكمل الجدول التالي:

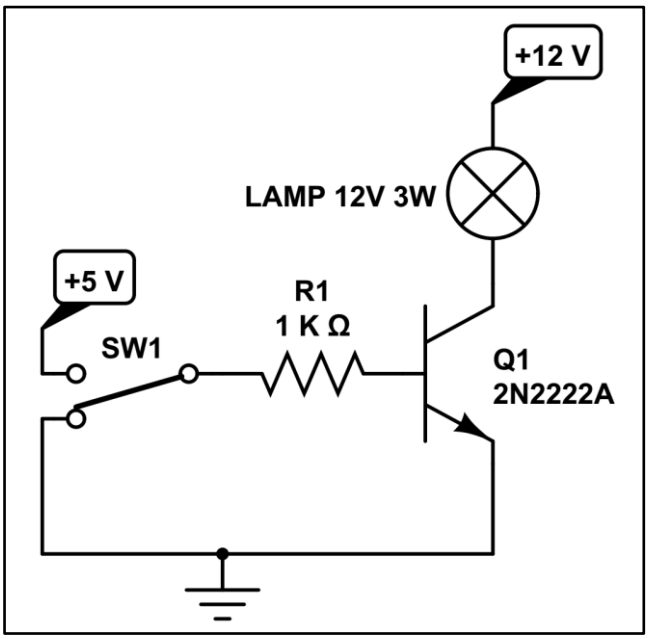
أطراف الترانزستور	الطرف ١	الطرف ٢	الطرف ٣	نتيجة الفحص	
رقم الترانزستور				مقاومة عالية	مقاومة منخفضة
	+	-			
	-	+			
	+		-		
	-		+		
		+	-		
		-	+		
أسماء أطراف الترانزستور				نوع الترانزستور	PNP / NPN

٢ . كرر فحص الترانزستور السابق باستخدام جهاز فاحص الترانزستور وأكمل الجدول:

أطراف الترانزستور	الطرف ١	الطرف ٢	الطرف ٣	نوع الترانزستور	
رقم الترانزستور					
				PNP	NPN

التمرين الثاني:

تجربة : استخدام الترانزستور كمفتاح .



المطلوب :

- دراسة عمل الترانزستور كمفتاح ON/OFF.

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) مصدر تغذية مستمر.
- عدد (١) مولد إشارة.
- عدد (١) جهاز قياس أفوميتر.
- عدد (١) ترانزستور 2N2222A.
- عدد (١) مقاومة 1KΩ.
- عدد (١) لمبة 12V, 3W.

خطوات التنفيذ:

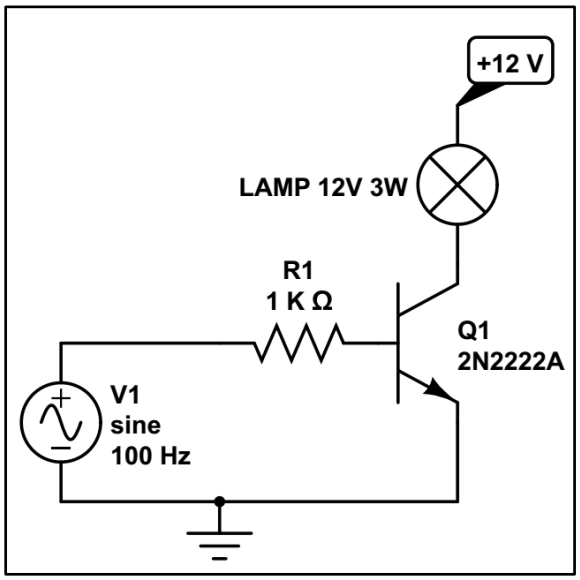
١ . استخدم جهاز القياس الافوميتر وأكمل الجدول التالي:

جهد الدخل	0V	5V
V_{CE}		
I_C		

٢ . ماذا تلاحظ على اللمبة في حالة المفتاح وضع 0V ؟

٣ . ماذا تلاحظ على اللمبة في حالة المفتاح وضع 5V ؟

٤ . وصل جهاز مولد الإشارة بدخل الدائرة واضبط التردد لإشارة الدخل على تردد صغير بحيث يمكنك ملاحظة اللمبة وهي تضيء وتطفي كما هو موضح بالرسم



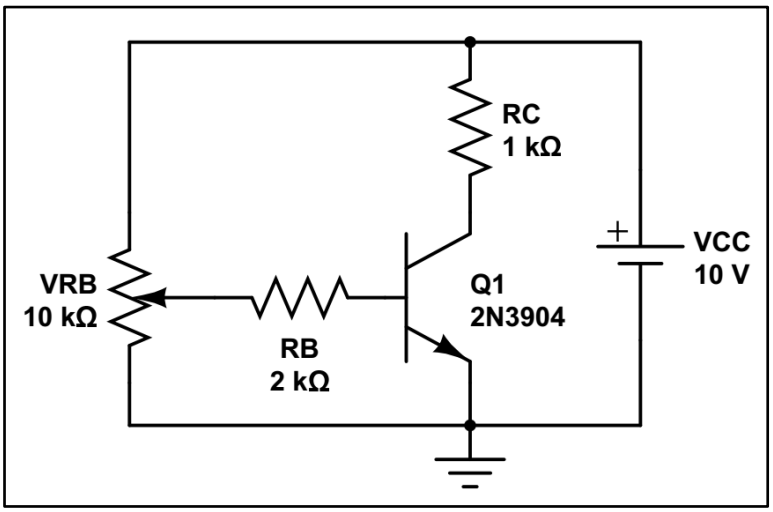
٥ . ماذا تستنتج ؟

.....

.....

التمرين الثالث:

تجربة : قياس جهود الوصلات وتيارات الترانزستور .



المطلوب:

- قياس جهود الوصلات والتيارات للترانزستور ثنائي القطبية .

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (١) مصدر تغذية مستمر.
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر.
- عدد (١) ترانزستور 2N3904.
- عدد (١) مقاومة 2KΩ.
- عدد (١) مقاومة 1KΩ.
- عدد (١) مقاومة متغيرة 10KΩ.

خطوات التنفيذ:

١ . ماهو نوع الترانزستور المستخدم ؟

٢ . غير قيم المقاومة المتغيرة للحصول على الجهود المدونة بالجدول وأكمل المطلوب:

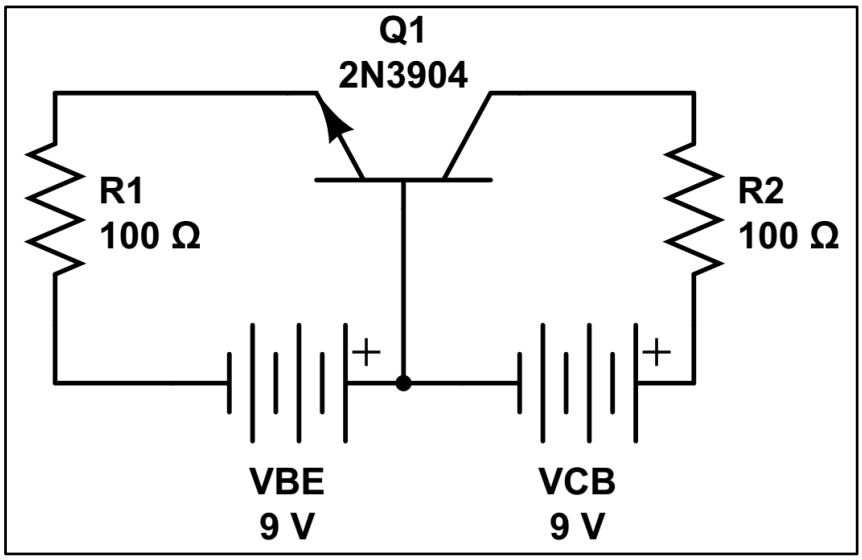
V_{BB} V	0	0.5	1	2	3	4	5
I_C mA							

٣ . أوجد القيم التالية حسابياً . ثم عملياً باستخدام الافوميتر عند V_{BB} 1 V

	V_{BB} V	V_{CE} V	V_{BE} V
حسابياً			
عملياً			

التمرين الرابع:

تجربة : دراسة خصائص القاعدة المشتركة .



المطلوب:

- دراسة خصائص وصلة القاعدة المشتركة وذلك بقياس التيارات والجهود.

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة :

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر.
- عدد (١) جهاز مصدر تغذية مستمر.
- عدد (٢) مقاومة 100Ω .
- عدد (١) ترانزستور 2N3904

خطوات التنفيذ:

١ . اضبط قيم الجهود كما هو موضح بالدائرة.

٢ . باستخدام جهاز القياس أكمل الجدول التالي:

الجهود	V_{CE} V	V_{CB} V	V_{BE} V
القيمة المقاسة			

٣ . باستخدام جهاز القياس أكمل الجدول التالي:

الجهود	I_C mA	I_E mA	I_B mA
القيمة المقاسة			

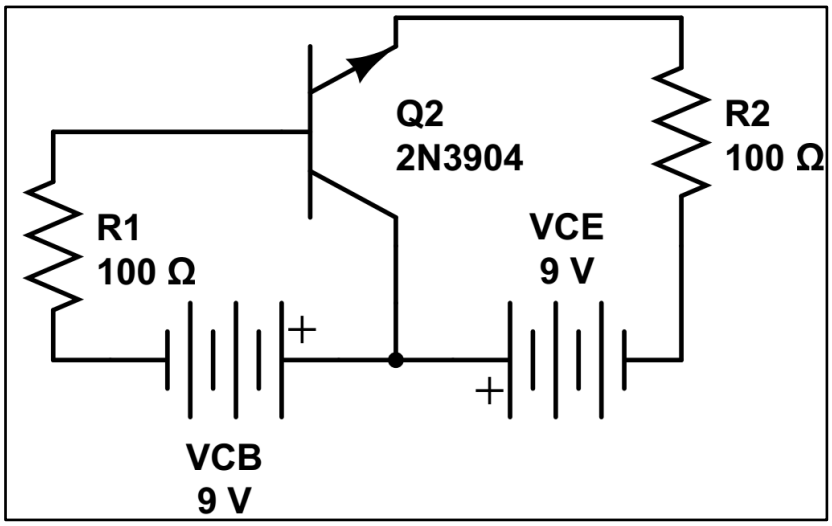
٤ . ماذا تستنتج من القياسات السابقة ؟

.....

.....

التمرين الخامس:

تجربة : دراسة خصائص المجمع المشترك .



المطلوب:

- دراسة خصائص وصلة القاعدة المشتركة وذلك بقياس التيارات والجهود.

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة :

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر.
- عدد (١) جهاز مصدر تغذية مستمر.
- عدد (٢) مقاومة 100Ω .
- عدد (١) ترانزستور 2N3904

خطوات التنفيذ:

١. اضبط قيم الجهود كما هو موضح بالدائرة.

٢. باستخدام جهاز القياس أكمل الجدول التالي:

الجهود	V_{BE} V	V_{CE} V	V_{CB} V
القيمة المقاسة			

٣. باستخدام جهاز القياس أكمل الجدول التالي:

الجهود	I_C mA	I_E mA	I_B mA
القيمة المقاسة			

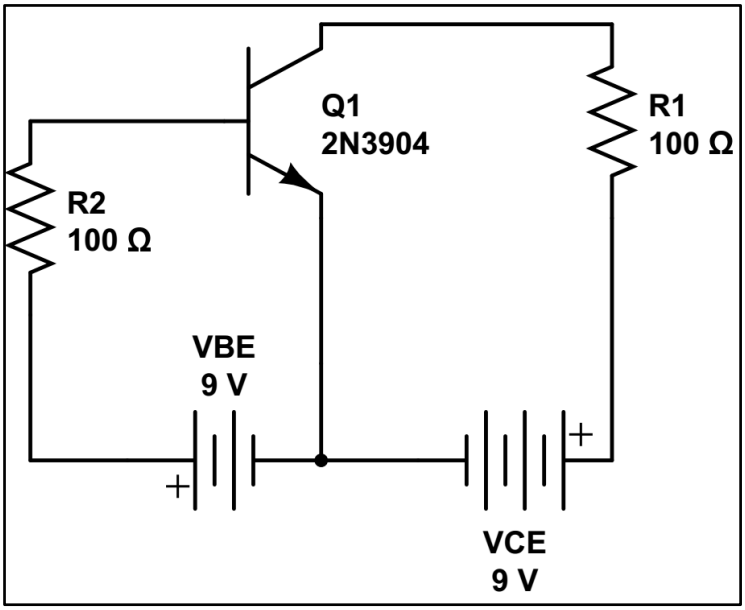
٤. ماذا تستنتج من النتائج السابقة ؟

.....

.....

التمرين السادس:

تجربة : دراسة خصائص الباعث المشترك .



المطلوب:

- دراسة خصائص وصلة القاعدة المشتركة وذلك بقياس التيارات والجهود.

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة :

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر.
- عدد (١) جهاز مصدر تغذية مستمر.
- عدد (٢) مقاومة 100Ω .
- عدد (١) ترانزستور 2N3904

خطوات التنفيذ:

١. اضبط قيم الجهود كما هو موضح بالدائرة.

٢. باستخدام جهاز القياس أكمل الجدول التالي:

الجهود	V_{CB} V	V_{CE} V	V_{BE} V
القيمة المقاسة			

٣. باستخدام جهاز القياس أكمل الجدول التالي:

الجهود	I_C mA	I_E mA	I_B mA
القيمة المقاسة			

٤. ماذا تستنتج من النتائج السابقة ؟

.....

.....

تمارين الوحدة

س١ : عرف الترانزستور .

س٢ : عدد أنواع الترانزستور ثنائي القطبية .

س٣ : للترانزستور ثنائي القطبية ثلاثة أطراف هي:

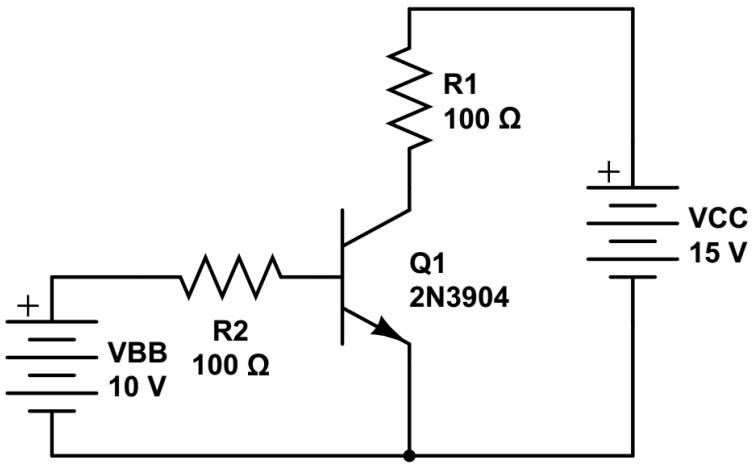
١- ..... ويرمز له بالرمز .....

٢- ..... ويرمز له بالرمز .....

٣- ..... ويرمز له بالرمز .....

س٤ : أوجد قيمة كل من β_{dc} و I_E و α_{dc} لترانزستور حيث $I_B = 50\mu A$ و $I_C = 3.36mA$.

س٥ : أوجد قيمة كل من I_B وI_C وI_E وV_{BE} وV_{CE} وV_{CB} في الدائرة الموضحة علماً بأن معامل كسب الترانزستور $\beta_{dc} = 150$.



س٦ : اذكر خصائص ومميزات كل من :

١- وصلة القاعدة المشتركة. ٢- وصلة الباعث المشترك ٣- وصلة المجمع المشترك

نموذج تقييم المتدرب لمستوى أدائه يعبأ من قبل المتدرب نفسه وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة					
بعد الانتهاء من التدرب على وحدة **الترانزستور ثنائي القطبية** BJT، قيم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقييم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة، وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.					
م	العناصر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
١	معرفة التركيب والرمز المنطقي للترانزستور ثنائي القطبية				
٢	معرفة طريقة عمل ومبدأ الترانزستور ثنائي القطبية.				
٣	معرفة طريقة قياس وحساب الجهود والتيارات للترانزستور ثنائي القطبية				
٤	التعرف على طرق توصيل الترانزستور ثنائي القطبية				
يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.					

نموذج تقييم المدرب لمستوى أداء المتدرب يعبأ من قبل المدرب وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة الرابعة : (الترانزستور ثنائي القطبية)	
اسم المتدرب :	التاريخ: .....
رقم المتدرب :	المحاولة : ١ ٢ ٣ ٤ العلامة : ....

كل بند أو مفردة يقيم بـ ١٠ نقاط

الحد الأدنى: ما يعادل ٨٠٪ من مجموع النقاط. الحد الأعلى: ما يعادل ١٠٠٪ من مجموع النقاط.

م	بنود التقييم	النقاط (حسب رقم المحاولات)			
		١	٢	٣	٤
١	معرفة التركيب والرمز المنطقي للترانزستور ثنائي القطبية				
٢	معرفة طريقة عمل ومبدأ الترانزستور ثنائي القطبية.				
٣	معرفة طريقة قياس وحساب الجهود والتيارات للترانزستور ثنائي القطبية				
٤	التعرف على طرق توصيل الترانزستور ثنائي القطبية				
٥					
٦					
المجموع					

ملحوظات:

.....

توقيع المدرب: .....

الوحدة الخامسة

دوائر مكبرات الترانزستور ثنائي القطبية BJT

الوحدة الخامسة

دوائر مكبرات الترانزستور ثنائي القطبية BJT

الهدف العام:

تهدف هذه الوحدة إلى معرفة مفهوم التكبير وأنواعه وشروطه وكذلك دراسة خصائص التكبير في توصيلات الترانزستور الثلاث .

الأهداف التفصيلية:

من المتوقع بعد الانتهاء من هذه الوحدة التدريبية أن يكون المتدرب قادرا وبكفاءة على أن:

١ . يتعرف على مفهوم التكبير وأنواعه وشروطه.
٢ . يشرح عملية التكبير في توصيلات الترانزستور الثلاث بشكل صحيح.
٣ . يتقن قياس ورسم الجهود لتوصيلات الترانزستور بدقه.
٤ . يحسب الكسب في توصيلات الترانزستور.
٥ . يصمم دوائر التكبير لتوصيلات الترانزستور بشكل سليم.

الوقت المتوقع للتدريب على هذه الوحدة: ٢٠ ساعة تدريبية

الوسائل المساعدة:

١ - حقيبة العناصر الإلكترونية.
٢ - حقيبة التجارب الخاصة بالمختبر.
٣ - جهاز قياس متعدد الأغراض (ملتميتر).(AVO)
٤ - جهاز راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب).(Oscilloscope)
٥ - جهاز مولد الإشارة .(Function Generator)
٦ - جهاز عرض data show.
٧ - كتاب البيانات (data sheet) الخاص بالعناصر الإلكترونية (الترانزستور).
٨ - وسائل الأمن والسلامة.

التكبير:

تعتبر دوائر التكبير من أهم أنواع الدوائر الإلكترونية وتعتبر من الأجزاء الرئيسية وتقوم بالوظائف الأساسية للكثير من الأجهزة الإلكترونية.

مفهوم التكبير Amplifier :

هو عملية زيادة قيمة إشارة معينة سواء كانت (صوت - تيار - جهد - تردد) والحصول على خرج أكبر لهذه الإشارة .

أنواع المكبرات:

يمكن تصنيف المكبرات بعدة طرق منها:

١ . طبقاً للتردد مثل دوائر (تكبير التردد الصوتي - ودوائر التردد العالي).

٢ . طبقاً لسعة الإشارة المراد تكبيرها وتنقسم إلى :

أ- دوائر تكبير الإشارة الصغيرة Small Signal Amplifier.

ب- دوائر تكبير الإشارة الكبيرة (القدرة) Power Amplifier.

٣ . طبقاً لنقطة التشغيل ومنها (مكبر نوع A - مكبر نوع B - مكبر نوع C).

٤ . طبقاً لطريقة الربط ومن هذه الطرق :

أ- طريقة الربط بمقاومة ومكثف.

ب- طريقة الربط المباشر.

ج- طريقة الربط بواسطة المحول.

شروط التكبير :

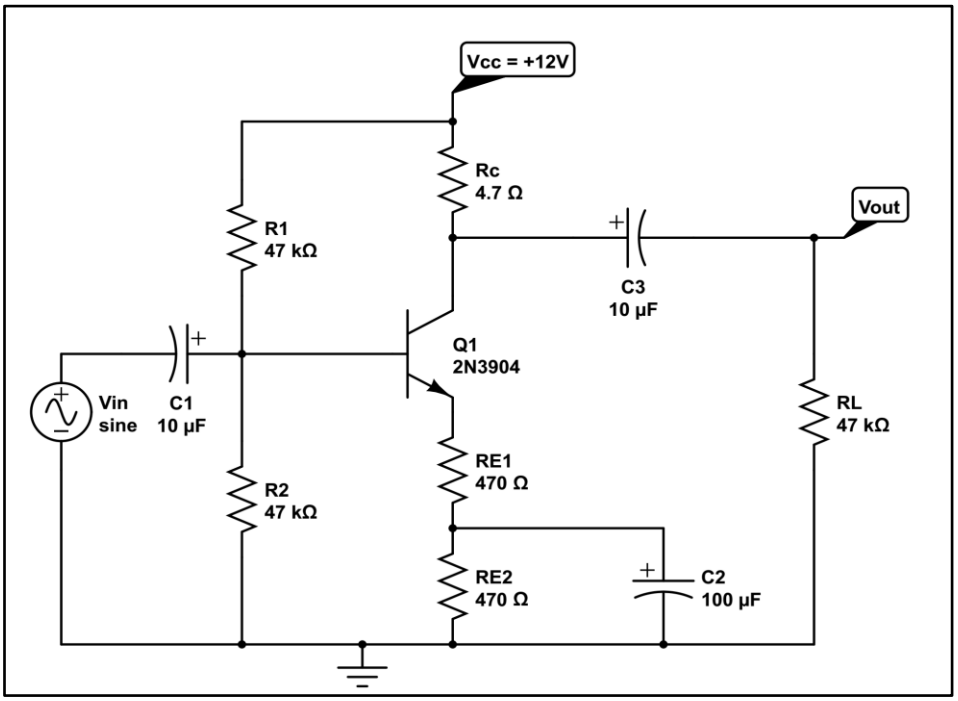
- لابد من تغذية الترانزستور من مصدر قدرة مستمر بحيث يكون انحياز الدخل أمامي والخرج عكسي.

قوانين التكبير :

حساب نسبة التكبير الكلي للجهد : $A_{Vt} = \frac{V_O}{V_I}$

حساب نسبة التكبير الكلي للتيار : $A_{It} = \frac{I_O}{I_I}$

مكبر الباعث المشترك CE (Common – Emitter Amplifier) :



شكل ٥-١

شرح الدائرة الأساسية:

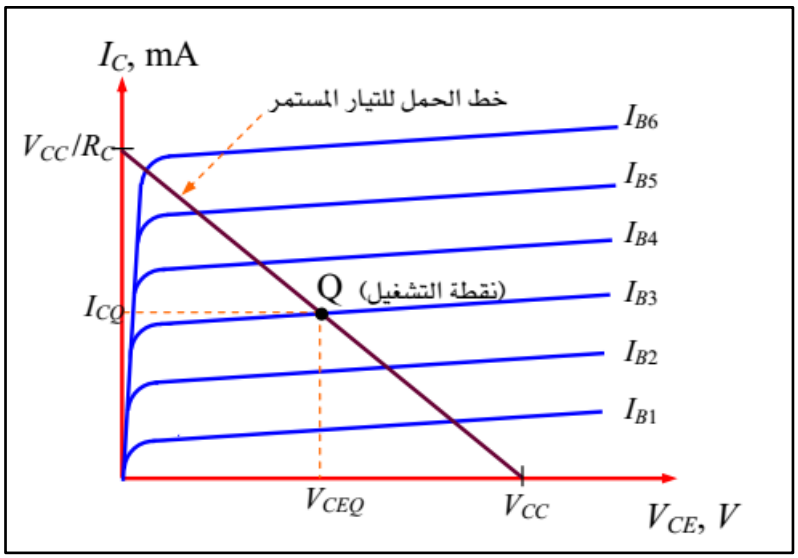
يوضح الشكل ٥-١ دائرة مكبر الباعث المشترك مع انحياز مجزئ الجهد ومكثفات الربط C1 و C3 في الدخل والخرج ومكثف التسريب C2 الموصل بين الأرضي وطرف الباعث للترانزستور والدائرة تحتوي على تركيبتين تشغيلية في حالة التيار المتردد والمستمر .

العلاقة بين تيار الباعث I_E وتيار القاعدة I_B:

يمكن إيضاحها من خلال العلاقة التالية : $I_B = \frac{I_E}{I_C}$

$$\therefore \quad I_E \cong I_C$$

نقطة التشغيل :



شكل ٢-٥

برسم خط الحمل على منحنى الخصائص نلاحظ أن نقطة تقاطع الخط مع المنحنى تعتمد على قيمة التيار I_B والتي تحدد عن طريق ضبط قيمة الجهد V_{BB} بالتالي يمكن تحديد نقطة التشغيل كما هو موضح بالشكل رقم ٢-٥.

حساب نسبة التكبير والكسب :

كسب التيار:

يكون من القاعدة إلى المجمع بواسطة العلاقة $A_i = \frac{I_C}{I_B}$ أو $A_i = \beta_{AC}$ وعليه يكون الكسب الكلي للتيار لدائرة المكبر هو : $A_i = \frac{I_C}{I_S}$

حيث إن I_S هو التيار الكلي.

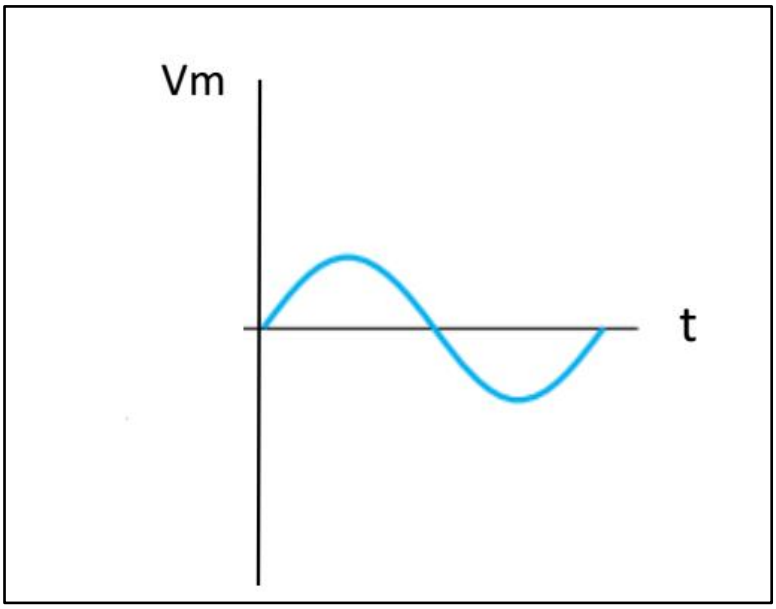
كسب الجهد : $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{V_C}{V_B}$

تأثير مكثف التمرير (bypass Capacitor) على عملية التكبير:

يعمل على زيادة كسب الجهد للإشارة المتغيرة المطلوب تكبيرها ، حيث يمرر الإشارة المتغيرة على طريق المقاومة Re2 (R-emitter) إلى الطرف الأرضي وبالتالي يمنع التغذية العكسية السالبة للإشارة المتغيرة والتي تسبب خفض كسب المكبر

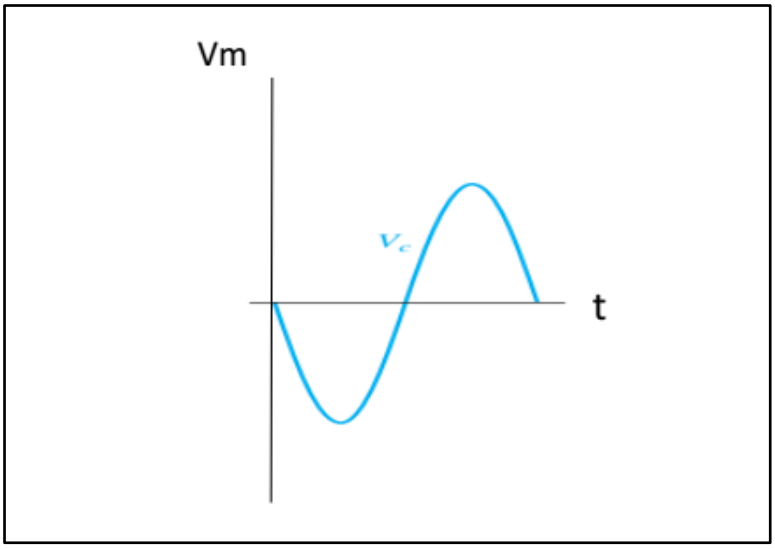
أشكال موجات الدخل والخرج :

موجة الدخل:



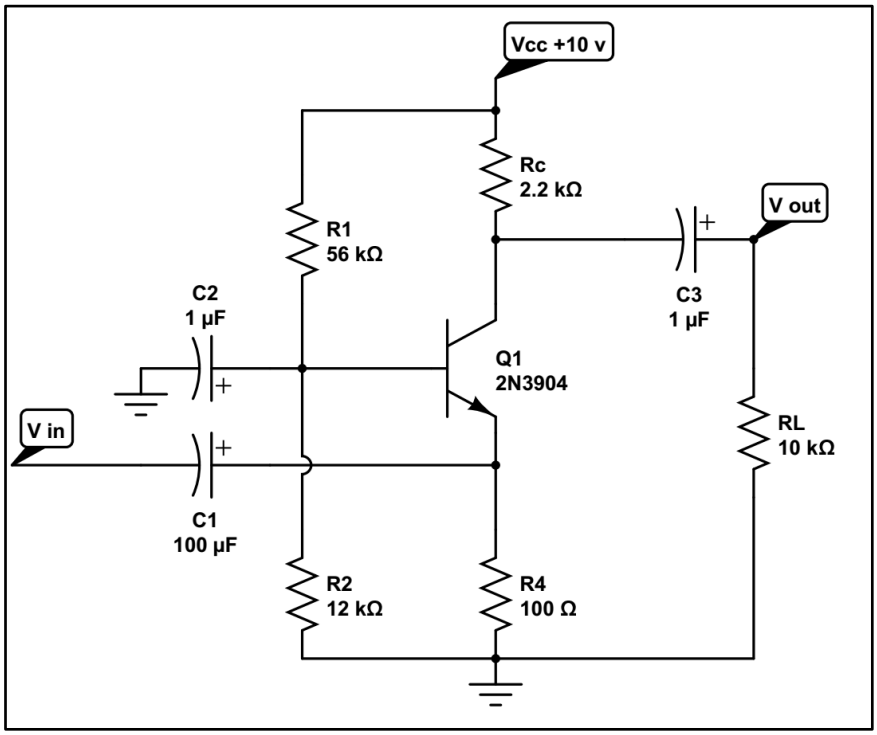
شكل ٥-٣

موجة الخرج:



شكل ٥-٤

مكبر القاعدة المشتركة CB (Common – Base Amplifier) :



شكل ٥-٥

شرح الدائرة الأساسية:

يوضح الشكل رقم ٥-٥ دائرة مكبر القاعدة المشتركة حيث إن القاعدة هي الطرف المشترك . وإشارة الدخل موصلة بطرف الباعث عن طريق المكثف C1 والخرج موصل مع المجمع عن طريق مكثف C3 إلى مقاومة الحمل RL.

عملية التكبير في الدائرة :

في هذه الدائرة معامل تكبير التيار يكون أقل من 1 .

والسبب في كون الكسب أقل من 1 هو قيمة المقاومة العالية بالخرج بسبب التوصيل العكسي لدائرة المجمع وتكون مقاومة الدخل صغيرة لأن دائرة الباعث في وضع انحياز أمامي .

انحياز الترانزستور:

كما هو موضح بالشكل (٥-٥) والذي يبين توصيل أطراف الترانزستور حيث إنه في وصلة (الباعث - القاعدة) يكون الترانزستور في وضع انحياز أمامي.

وفي وصلة (المجمع - القاعدة) يكون الترانزستور منحازا انحيازا عكسيا.

حساب نسبة التكبير والكسب:

كسب الجهد :

يكون كسب الجهد للدائرة بين طرف الباعث والمجمع : $A_V = \frac{V_{OUT}}{V_E} = \frac{V_C}{V_E}$

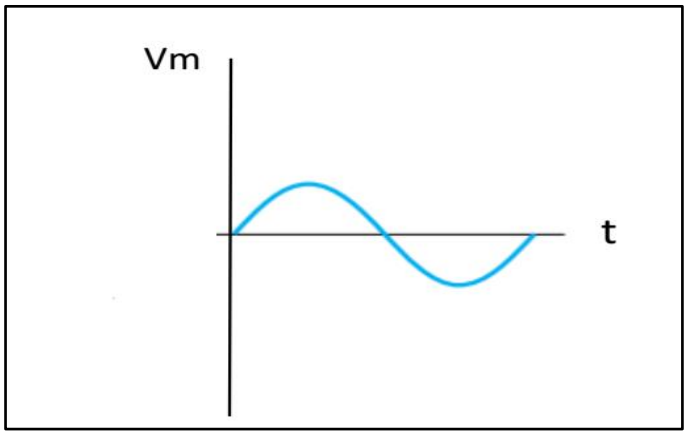
كسب التيار :

هو عبارة عن تيار الخرج I_C مقسوماً على تيار الدخل المتردد I_E .حيث إنه هنا

$$I_E \cong I_C$$
$$A_i \cong 1$$

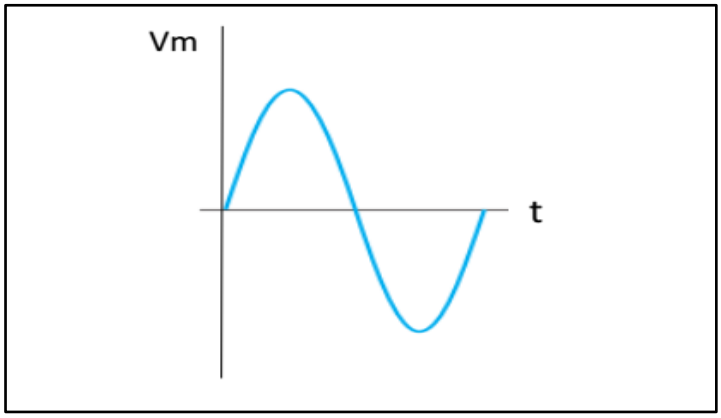
أشكال موجات الدخل والخرج :

إشارة الدخل:



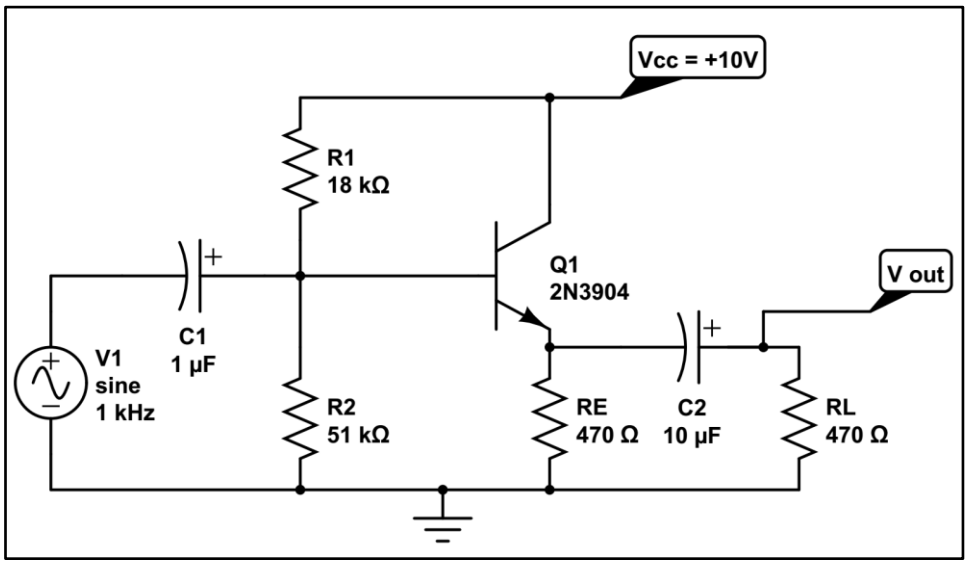
شكل ٥-٦

إشارة الخرج:



شكل ٥-٧

مكبر المجمع المشترك CC (Common – Collector Amplifier):



شكل ٥-٨

شرح الدائرة الأساسية:

دائرة المجمع المشترك تسمى تابع الباعث (Emitter Follower) .

دائرة تابع الباعث مع مجزئ الجهد والموضحة بالشكل ٥-٨ نلاحظ أن الدخل مرتبط مع القاعدة عن طريق المكثف C1 وكذلك الخرج متصل بالباعث عن طريق المكثف C2.

انحياز الترانزستور:

كما هو موضح بالشكل (٥-٨) والذي يبين توصيل أطراف الترانزستور حيث إنه في وصلة (الباعث - القاعدة) يكون الترانزستور في وضع انحياز أمامي.

وفي وصلة (المجمع - القاعدة) يكون الترانزستور منحازا انحيازا عكسيا.

عملية التكبير في الدائرة:

في هذه الدائرة معامل تكبير التيار يكون مساويا للـ1 .

والسبب في كون الكسب مساويا لـ 1 هو قيمة المقاومة العالية بالدخل بسبب التوصيل العكسي لدائرة المجمع وتكون مقاومة الخرج صغيرة لأن دائرة الباعث في وضع انحياز أمامي.

حساب نسبة التكبير والكسب:

كسب الجهد :

كما هو الحال في جميع المكبرات فإن كسب الجهد يساوي:

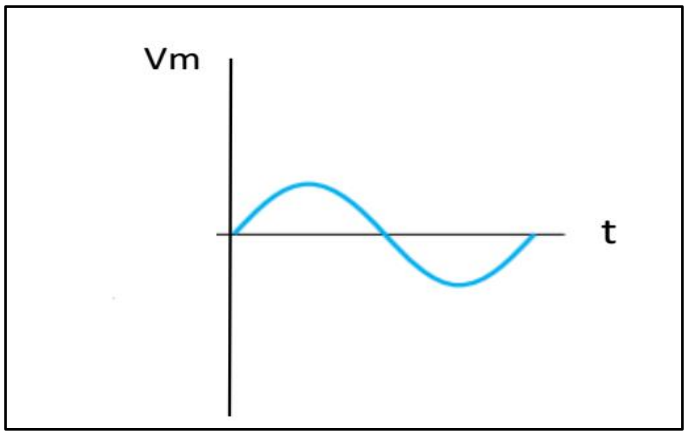
$$A_V = \frac{V_O}{V_I}$$

كسب التيار :

كسب التيار الكلي للدائرة هو : $A_I = \frac{I_E}{I_{IN}}$

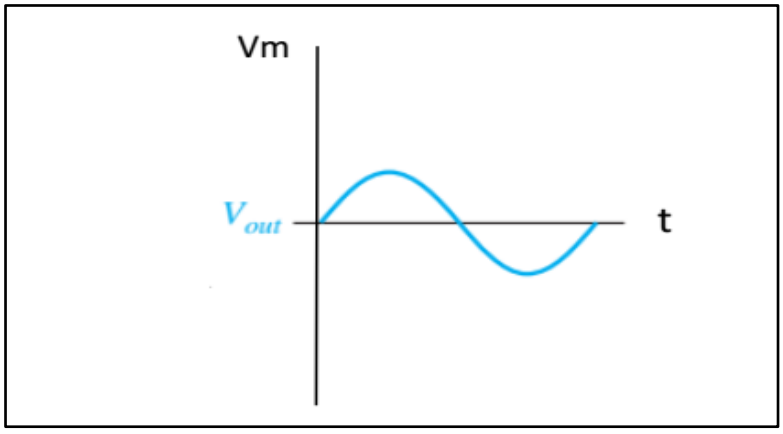
أشكال موجات الدخل والخرج :

إشارة الدخل:



شكل ٥-٩

إشارة الخرج:



شكل ٥-١٠

مقارنة توصيلات مكبرات الترانزستور:

المقارنة:

توصيلات الترانزستور وجه المقارنة	مكبر الباعث	مكبر المجمع	مكبر القاعدة
مقاومة الدخل	من 100Ω إلى 10KΩ	من 10Ω إلى 100KΩ	من 100Ω إلى 10KΩ
مقاومة الخرج	من 1KΩ إلى 10KΩ	من 100Ω إلى 10KΩ	من 10Ω إلى 100KΩ
تكبير الجهد	من 20 إلى 100 ضعف	مساويا للـ 1	من 100 إلى 1000 ضعف
تكبير التيار	من 10 إلى 50 ضعف	من 10 إلى 4000ضعف	أقل من 1
فرق الإزاحة للإشارة (الدخل - الخرج)	180^0	0^0	0^0
التأثر بالحرارة	كبير	صغير	صغير
الاستخدام	- المكبرات الصوتية - مكبرات القدرة - مكبرات التردد	- دوائر العزل - دوائر الموآء مة	- مكبرات الترددات العالية

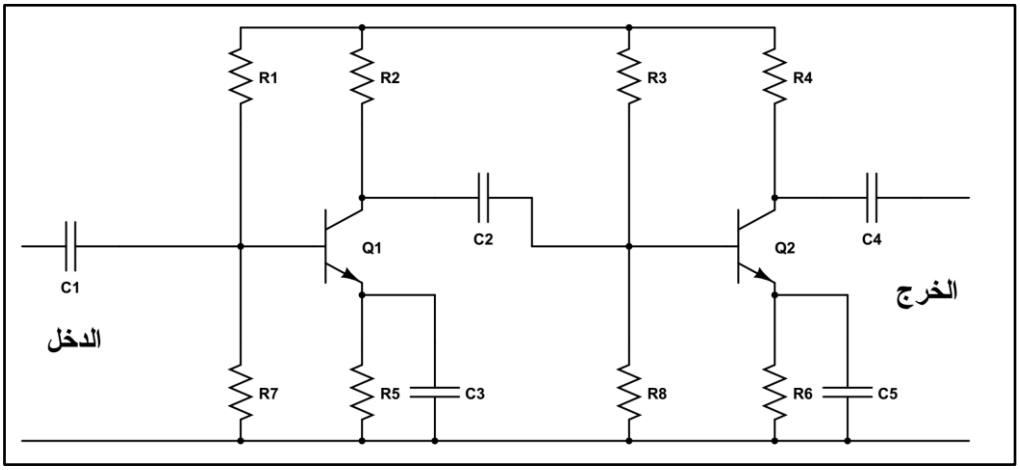
جدول ٥-١

مكبر متعدد المراحل:

فكرة المكبر متعدد المراحل:

تحتاج بعض الأجهزة الإلكترونية لإحداث تكبير (تضخيم عال جداً)على الإشارات حيث لا يوجد أي ترانزستور يستطيع عمل ذلك التكبير .

ويمكن عمل هذا التكبير على عدة مراحل بحيث يتم تكبير الإشارة في المراحل الأولى ثم تدخل هذه الإشارة على مرحلة أخرى من أجل التكبير وهكذا إلى أن يتم الحصول على التكبير المطلوب . وتسمى هذا الطريقة من التكبير متعدد المراحل أو (التعاقبي)Cascaded Amplifier ويسمى كل جزء تكبير من الدائرة الكلية مرحلة (Stage) .كما هو موضح بالشكل ٥-١١



شكل ٥-١١

حساب نسبة التكبير الكلي A_V :

$$A_V = A_{V1} X A_{V2}$$

ترانزستور ثنائي دارلينجتون Darlington transistor :

عبارة عن ترانزستورين ثنائيي القطبية موصلين على التوالي. بحيث يكون كسب الجهد الكلي قريب جدا من الواحد وزيادة كبيرة في ممانعة الدخل وأيضا انخفاض كبير في ممانعة الخرج.

التركيب:

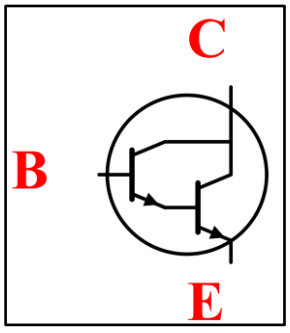
عبارة عن ترانزستورين ثنائيي القطبية موصلين على التوالي ولهما ثلاثة أطراف هي :

١ . الباعث E.

٢ . المجمع C .

٣ . القاعدة B.

الرمز :



شكل ٥-١٢

الاستخدام:

يستخدم هذا النوع من الترانزستورات في :

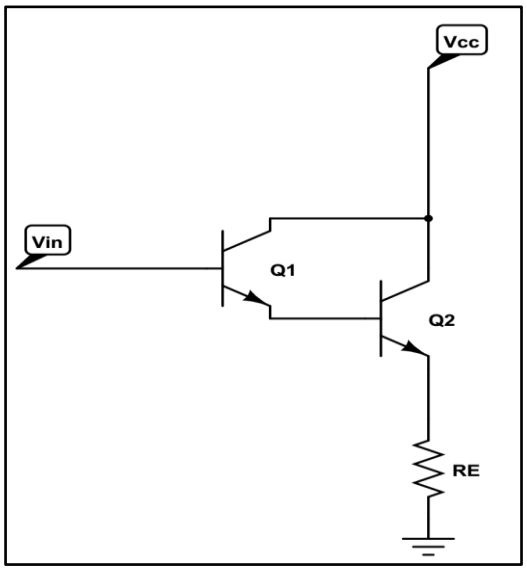
١ . دوائر منظمات الجهد.

٢ . دوائر مكبرات الصوت.

٣ . دوائر تقوية الإشارة في أجهزة الإرسال.

٤ . دوائر الحساسات الضوئية وحساسات اللمس .

الدائرة النظرية:



شكل ٥-١٣

تمارين الوحدة الخامسة : دوائر مكبرات الترانزستور ثنائي القطبية BJT :

التمرين الأول : تجربة مكبر الباعث المشترك .

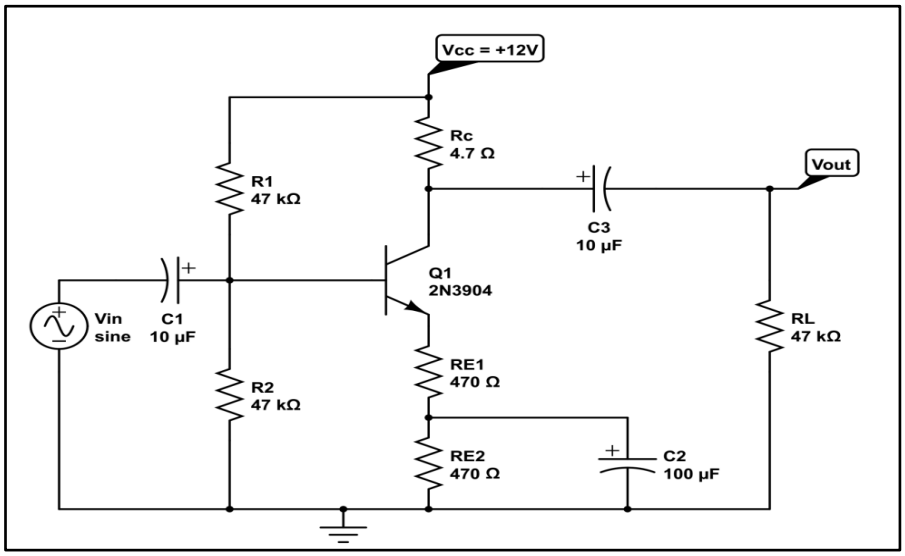
التمرين الثاني: تجربة مكبر القاعدة المشتركة .

التمرين الثالث: تجربة مكبر المجمع المشترك .

التمرين الرابع: تجربة مكبر ترانزستور دارلينجتون .

التمرين الأول :

تجربة : مكبر الباعث المشترك.



المطلوب:

- دراسة خصائص مكبر الباعث المشترك ورسم أشكال موجة الدخل والخرج .

العدد والخامات والأجهزة المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل .
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر (A.V.O).
- عدد (١) مصدر جهد مستمر (power supply).
- عدد (١) مولد الإشارة (function generator).
- عدد (١) جهاز راسم الإشارة (oscilloscope).
- عدد (٢) مقاومة ثابتة 470Ω.
- عدد (٣) مقاومة ثابتة 47KΩ.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 4.7KΩ.
- عدد (١) ترانزستور 2N3904.
- عدد (١) مكثف كيميائي 100µF.
- عدد (٢) مكثف كيميائي10µF.

خطوات التنفيذ:

١- استخدم جهاز القياس الافوميتر وأكمل الجدول:

الجهد	V_C	V_E	V_B
القيمة المقاسة			

٢- باستخدام النتائج السابقة احسب القيم التالية:

الكمية	I_E	V_{CE}	V_{BE}
القيمة المقاسة			

٣- اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية لها $f= 10KHz$ ، $V_{PP} = 10mV$ ثم وصله بدخل الدائرة .

٤- ارسم إشارة الدخل والخرج للدائرة.

إشارة الدخل:

إشارة الخرج:

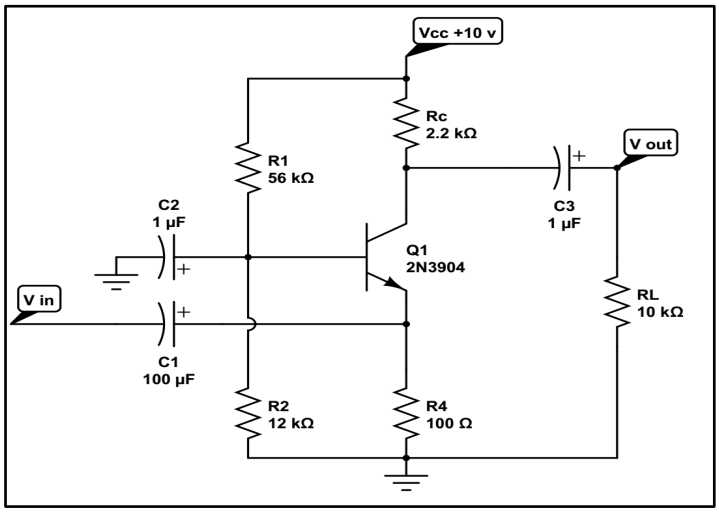
٥- من جهاز راسم الإشارة سجل القيم التالية:

الكمية	A_V	$V_{P_{out}}$	$V_{P_{in}}$
القراءة المسجلة			

٦- ارسم شكل إشارة الخرج بعد إزالة مكثف التمرير C3.

التمرين الثاني:

تجربة : مكبر القاعدة المشتركة .



المطلوب:

- دراسة خصائص مكبر القاعدة المشتركة ورسم أشكال موجة الدخل والخرج .

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة :

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر (A.V.O).
- عدد (١) مصدر تغذية مستمر (power supply).
- عدد (١) جهاز رسام الإشارة (oscilloscope).
- عدد (١) جهاز مولد الإشارة (function generator).
- عدد (١) ترانزستور 2N3904.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 100Ω .
- عدد (١) مقاومة ثابتة 2.2KΩ.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 10KΩ.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 12KΩ.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 56KΩ.
- عدد (١) مكثف كيميائي 100µF.
- عدد (٢) مكثف كيميائي 1µF.

خطوات التنفيذ:

١ . استخدم جهاز الافوميتر وأكمل الجدول :

الجهود	V_E	V_C	V_B
القيمة المقاسة			

٢ . اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية لها $f= 10KHz$ ، $V_{PP} = 10mV$ ثم وصله بدخل الدائرة .

٣ . ارسم إشارة الدخل والخرج للدائرة.

إشارة الدخل:

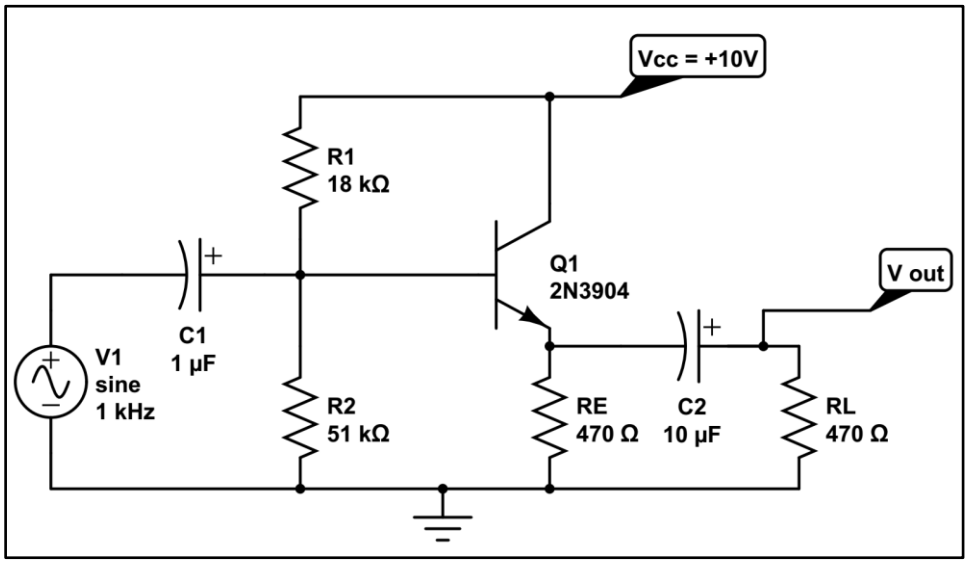
إشارة الخرج:

٤ . من جهاز راسم الإشارة أكمل الجدول التالي:

الكمية	A_V	$V_{P_{out}}$	$V_{P_{in}}$
القراءات			

التمرين الثالث:

تجربة : مكبر المجمع المشترك .



المطلوب:

- دراسة خصائص مكبر القاعدة المشتركة ورسم أشكال موجة الدخل والخرج .

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

- عدد (١) لوحة توصيل.
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر (A.V.O).
- عدد (١) جهاز راسم الإشارة(oscilloscope).
- عدد (١) جهاز مصدر تغذية مستمرة (power supply).
- عدد (١) مولد الإشارة (function generator).
- عدد (١) ترانزستور 2N3904.
- عدد (١) مكثف كيميائي 1µF.
- عدد (١) مكثف كيميائي 10µF.
- عدد (٢) مقاومة ثابتة 470Ω.
- عدد (١)مقاومة ثابتة 18KΩ.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 51KΩ.

خطوات التنفيذ:

١ . استخدم جهاز الافوميتر وأكمل الجدول التالي:

الجهود	V_E	V_C	V_B
القيمة المقاسة			

٢ . باستخدام النتائج السابقة احسب القيم التالية:

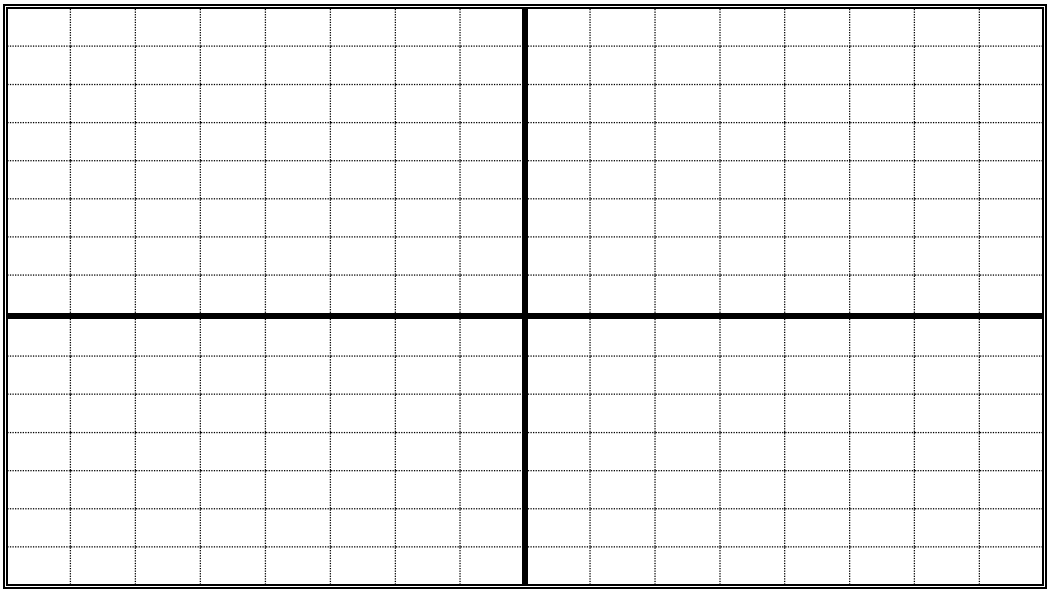
الكمية	I_E	V_{CE}	V_{BE}
القيمة المقاسة			

٣ . اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية لها $f= 10KHz$ ، $V_{PP} = 10mV$ ثم وصله بدخل الدائرة .

٤ . ارسم إشارة الدخل والخرج للدائرة.

إشارة الدخل:

إشارة الخرج:

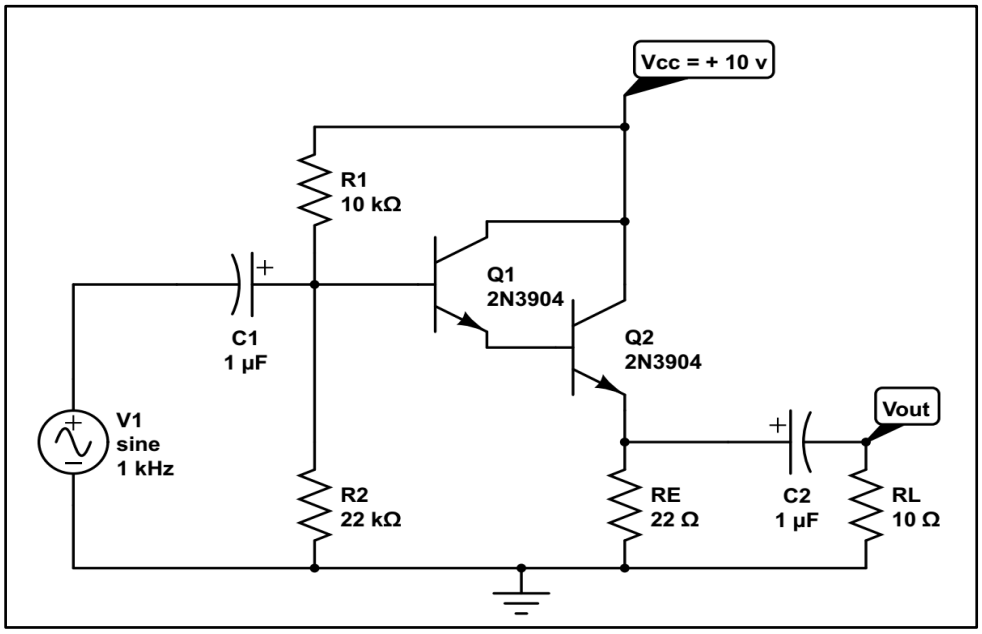


٥ . من جهاز راسم الإشارة أكمل الجدول التالي:

الكمية	A_V	$V_{P_{out}}$	$V_{P_{in}}$
القراءات			

التمرين الرابع:

تجربة : مكبر ترانزستور دارلنجتون .



المطلوب :

- دراسة خصائص مكبر ترانزستور دارلنجتون ورسم أشكال موجة الدخل والخرج .

العدد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

- عدد (١) لوحة التوصيل.
- عدد (١) جهاز قياس افوميتر (A.V.O).
- عدد (١) جهاز راسم الإشارة (oscilloscope).
- عدد(١)جهاز مولد الإشارة (function generator).
- عدد (١) جهاز تغذية مستمر (power supply).
- عدد (٢) ترانزستور 2N3904.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 10 KΩ.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 10Ω.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 22 KΩ.
- عدد (١) مقاومة ثابتة 22 Ω.
- عدد (٢) مكثف كيميائي 1µF.

خطوات التنفيذ:

١ . باستخدام جهاز الافوميتر أكمل الجدول :

الجهود	V_E	V_C	V_B
القيمة المقاسة			

٢ . باستخدام جهاز الافوميتر أكمل الجدول :

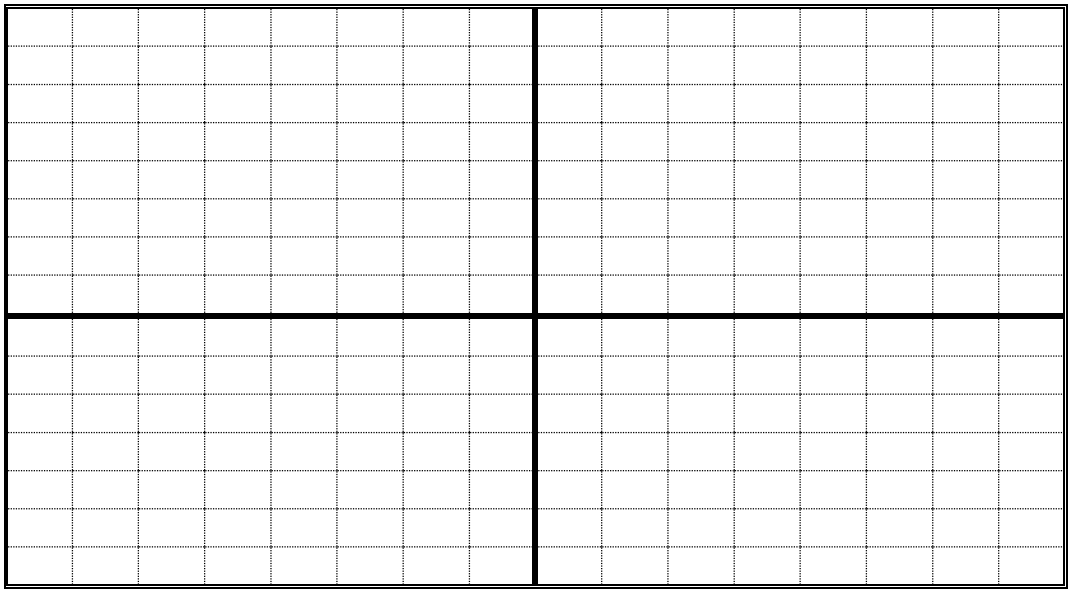
الكمية	I_E	V_{CE}	V_{BE}
القيمة المقاسة			

٣ . اضبط مولد الإشارة على موجة جيبية لها $f= 10KHz$ ، $V_{PP} = 10mV$ ثم وصله بدخل الدائرة .

٤ . ارسم إشارة الدخل والخرج للدائرة:

إشارة الدخل:

إشارة الخرج:



٥ . من جهاز راسم الإشارة أكمل الجدول التالي:

الكمية	A_V	$V_{P_{out}}$	$V_{P_{in}}$
القراءات			

تمارين الوحدة

س١ : عرف التكبير .

س٢ : عدد مايلي:

١- شروط التكبير.

٢-أنواع التكبير.

٣ - دوائر التكبير.

س٣ : ارسم الرمز العام لترانزستور دارلينجتون . مع كتابة أسماء أطرافه .

س٤ : ما أبرز استخدامات ترانزستور دارلينجتون ؟

س٥ : أكمل الجدول التالي:

المكبر وجه المقارنة	مكبر الباعث	مكبر القاعدة	مكبر المجمع
مقاومة الدخل			
مقاومة الخرج			
فرق الإزاحة بين إشارة الدخل والخرج			
الاستخدام			

نموذج تقييم المتدرب لمستوى أدائه

يعبأ من قبل المتدرب نفسه وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة

بعد الانتهاء من التدرب على وحدة .**دوائر مكبرات الترانزستور ثنائي القطبية** BJT. قيم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقييم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة، وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته، وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.

م	العناصر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
١	معرفة مفهوم التكبير في دوائر الترانزستور وأنواعه				
٢	التعرف على دوائر التكبير للترانزستور وخصائصها				
٣	التمكن من تصميم وتوصيل دوائر مكبر الترانزستور				
٤	القدرة على صيانة أعطال دوائر المكبرات				

يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.

نموذج تقييم المدرب لمستوى أداء المتدرب

يعبأ من قبل المدرب وذلك بعد الانتهاء من تمارين الوحدة الخامسة : (دوائر مكبرات الترانزستور)

اسم المتدرب :	التاريخ: .....
رقم المتدرب :	المحاولة : ١ ٢ ٣ ٤ العلامة : ....

كل بند أو مفردة يقيم بـ ١٠ نقاط

الحد الأدنى: ما يعادل ٨٠٪ من مجموع النقاط. الحد الأعلى: ما يعادل ١٠٠٪ من مجموع النقاط.

م	بنود التقييم	النقاط (حسب رقم المحاولات)			
		١	٢	٣	٤
١	معرفة مفهوم التكبير في دوائر الترانزستور وأنواعه				
٢	التعرف على دوائر التكبير للترانزستور وخصائصها				
٣	التمكن من تصميم وتوصيل دوائر مكبر الترانزستور				
٤	القدرة على صيانة أعطال دوائر المكبرات				
٥					
٦					
المجموع					

ملحوظات:

.....

توقيع المدرب: .....

مصطلحات المقرر

الوحدة	م	المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الوحدة الأولى	٠١	مواد موصلة	Conductors
	٠٢	مواد عازلة	Insulators
	٠٣	مواد شبه موصلة	Semiconductors
	٠٤	السيليكون	Silicon
	٠٥	الجرمانيوم	Germanium
	٠٦	البلورة	Crystal
	٠٧	الترابط التساهمي	Covalent bonding
	٠٨	مبادئ بولي للاستبعاد	Pauli's exclusion principle
	٠٩	حزم	Bands
	١٠	حزمة تكافؤ	Valence band
	١١	حزمة توصيل	Conduction band
	١٢	الحزمة الممنوعة	band Forbidden
	١٣	القوة الدافعة الكهربائية	Electro motive force
	١٤	الوصلة	Types
	١٥	الشوائب المانحة	Donor Impurity
	١٦	فجوة	Hole
	١٧	الكاسبة	Acceptor
	١٨	المهبط	Anode
	١٩	المصعد	Cathode
	٢٠	الانحياز لأمامي	Forward Bias
	٢١	الانحياز العكسي	Reverse Bias
	٢٢	دائرة مفتوحة	Open Loop
	٢٣	جهاز قياس متعدد الأغراض	Multimeter
	٢٤	جهاز راسم الإشارة	Oscilloscope

الوحدة	م	المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الوحدة الثانية	٠١	دائرة توحيد نصف موجة	Half Wave Rectification
	٠٢	شحن	Charge
	٠٣	تفريغ	Discharge
	٠٤	دائرة توحيد موجة كاملة	Full wave rectifier
	٠٥	دوائر مضاعفات الجهود	Voltage Multipliers Circuits

الوحدة	م	المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الوحدة الثالثة	٠١	ثنائي الزينر	Zener Diode
	٠٢	منظم الجهد	Voltage Regulator
	٠٣	متغير السعة	Variable Capacitance
	٠٤	ثنائي الفاريكاب	Varicab Diode

الوحدة	م	المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الوحدة الرابعة	٠١	الترانزستور	Transistor
	٠٢	الدوائر المتكاملة	Integrated Circuit (IC)
	٠٣	النقل	Transfer
	٠٤	المقاومة	Resistor
	٠٥	ترانزستور ثنائي القطبية	Bipolar Junction Transistors
	٠٦	ترانزستور تأثير المجال	Field Effect Transistors
	٠٧	المجمع	Collector
	٠٨	الباعث	Emitter
	٠٩	القاعدة	Base
	١٠	الجهد الحائل (الحاجز)	Barrier Potential
	١١	وصلة القاعدة المشتركة	Common Base Configuration
	١٢	وصلة الباعث المشترك	Common Emitter Configuration
	١٣	وصلة المجمع المشترك	Common Collector Configuration

الوحدة	م	المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الوحدة الرابعة	١٤	منطقة القطع	Cutting Area
	١٥	المنطقة الفعالة	Effective Area
	١٦	منطقة الإشباع	Saturation Area
	١٧	الممانعة المتوافقة	Impedance Matching

الوحدة	م	المصطلح العربي	المصطلح الإنجليزي
الوحدة الخامسة	٠١	التكبير	Amplifier
	٠٢	مكبر الإشارة الصغيرة	Small Signal Amplifier
	٠٣	مكبر القدرة	Power Amplifier
	٠٤	مكبر الباعث المشترك	Common – Emitter Amplifier
	٠٥	مكبر القاعدة المشتركة	Common – Base Amplifier
	٠٦	مكبر المجمع المشترك	Common – collector Amplifier
	٠٧	تابع الباعث	Emitter Follower
	٠٨	مكثف التمرير	bypass Capacitor
	٠٩	المكبر التعاقبي	Cascaded Amplifier
	١٠	المرحلة	Stage
	١١	ترانزستور ثنائي دارلينجتون	The Darlington transistor

المراجـع

م	المرجع
١	Electronics Devices and Circuit Theory/11th Edition – Robert Bolysted/Louis Nashelsky-2013
٢	Electronics Fundamentals Circuit Devices and Applications/8th -Thomas Floyed/David L Busha-2014.
٣	Grab,s Basic Electronics/11th Edition-Mitchel E.Schel E.Schuttz-2011.
٤	Theroy and Problems of Electronics Device and Circuits/2sd Edition-Jimmie J.Cathey-2002.
٥	Electronic Devices and Circuits Theroy /10th Edition-Robert Boylestad /Louis Nashelsky-2008
٦	ا لإلكترونيات من البداية إلى الاحتراف م/خير شواهين ٢٠١٦م
٧	مقدمة إلى الإلكترونيات - دون كانون