

## مقدمة

تنقسم المواد من حيث قدرتها علي توصيل الكهرباء إلي ثلاث أنواع وهي كالآتي:

### المواد الموصلة:

تلك المواد التي يمكن لالكترونات المدار الخارجي فيها أن تتحرر من ذراتها وتتحرك حركة عشوائية بين الذرات وإذا تعرضت لفرق جهد – أي الالكترونات – كومت تيارا كهربياً. وهذه المواد تتميز بصغر مقاومتها النوعية.

من أمثلة المواد الموصلة كهربياً: الفضة، النحاس، الالومنيوم وعموم المعادن

### المواد العازلة:

تلك المواد التي تشتد فيها قوة جذب النواة لالكترونات المدار الخارجي فلا تستطيع الإفلات من الذرة. وهذه المواد تتميز بكبر مقاومتها النوعية. ومن أمثلة المواد العازلة للكهرباء: الورق، الزجاج، الميكا، البلاستيك، المطاط وغيرها.

### المواد شبه الموصلة:

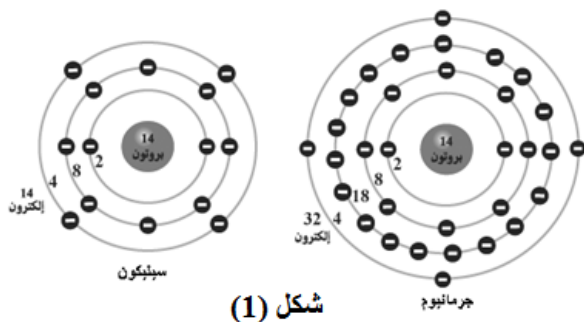
هذه المواد تكون مقاومتها النوعية أقل بكثير من المواد العازلة ولكنها أكبر بكثير من المواد الموصلة وتنفرد أشباه الموصلات بأن مقاومتها النوعية تتناقص بزيادة درجة الحرارة عكس المواد الموصلة التي تزداد مقاومتها مع ازدياد درجة الحرارة.

### أشباه الموصلات النقية:

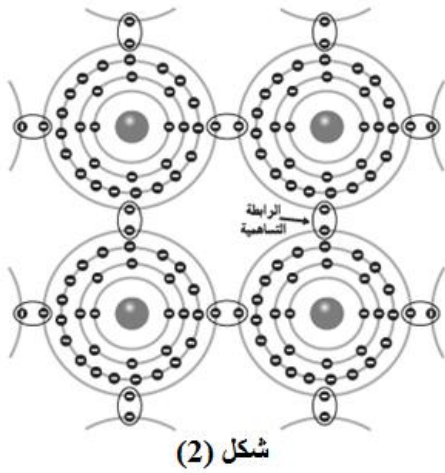
أشباه الموصلات النقية هي عبارة عن مادة شبه موصل كالسيليكون والجرمانيوم النقي، ولكي نتعرف علي كيفية مرور التيار داخل هذا النوع من شبه الموصل ندرس التركيب الداخلي

لهذه المواد. تنتمي كلاً من مادتي السيليكون والجرمانيوم إلي عناصر المجموعة الرابعة وبالتالي يحتوي المدار الخارجي لذرات هذه المواد علي أربعة إلكترونات تكافؤ شكل (1) ترتبط هذه الذرات فيما بينها بروابط تساهمية

ويتكون نتيجة لذلك بلورات ذات شكل



شكل (1)



مكعبي. ترتبط داخله كل ذرة بأربعة ذرات أخرى بأربعة روابط تساهمية وتحتوي كل رابطة علي إلكترونين كما في شكل ( 2). ومما تقدم نجد أن بلورة الجرمانيوم أو السيلكون عند درجة الصفر المطلق لا تحتوي علي إلكترونات حرة يمكنها أن تساهم في التوصيل ولكن عند درجات الحرارة الأعلى من الصفر كدرجة حرارة الغرفة مثلاً فإن بعض الإلكترونات تكتسب كمية من الطاقة

وتتحرر من الرابطة وتتحرك بطريقة عشوائية داخل البلورة وبالتالي عند تطبيق فرق جهد علي العينة تكتسب هذه الإلكترونات طاقة حركة وتساهم في التوصيل الكهربى.

ومع زيادة درجة الحرارة ينكسر عدد أكبر من الروابط التساهمية ويزداد عدد الإلكترونات الحرة وبالتالي يزداد التوصيل وهذا يعني أن مقاومة شبه الموصل تتناسب عكسياً مع درجة الحرارة.

مع خروج إلكترون من الرابطة التساهمية تفقد الرابطة شحنة سالبة وتصبح شحنتها موجبة وتسمى هذه المنطقة بفجوة Hole ويمكن لهذه الفجوة أن تكتسب إلكترون من الإلكترونات المتحررة من الروابط التساهمية وتعرف هذه العملية بإعادة الاتحاد أو الضم recombination ويؤدي إلي نقص إلكترون وفجوة. وعند درجة حرارة معينة يكون معدل إنتاج الإلكترونات مساوي لمعدل الاتحاد وبذلك يبقى العدد الكلي للفجوات والإلكترونات الحرة ثابت.

ويعتبر كل من الإلكترون والفجوة في شبه الموصل هم حوامل الشحنة ( Charge carrier ) المسؤولة عن التوصيل داخل بلورة شبه الموصل حيث تعتبر الفجوة لها حركة عكس حركة الإلكترونات.

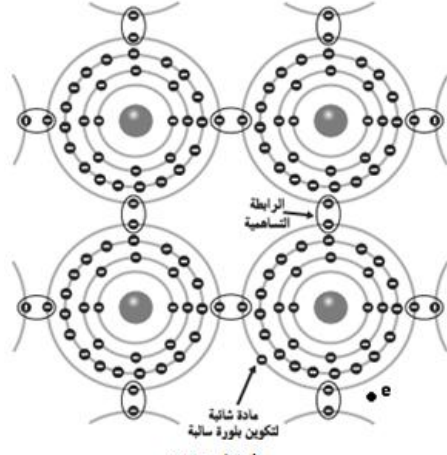
### أشباه الموصلات الشائبة:

إذا طعمنا بلورة السيليكون بكمية صغيرة جداً من مادة أخرى, كل من ذرات هذه المادة سوف يأخذ مكان ذرة من ذرات السيليكون داخل الشبكة البلورية. وحيث أن عدد الذرات الشائبة أصغر بكثير من عدد ذرات السيليكون لهذا يمكن أن نفترض أنه لن يحدث اضطراب في الشبكة

البلورية. وبالتالي تكون كل ذرة من ذرات المادة الشائبة محاطة بأربعة ذرات من مادة السيليكون.

وتنقسم أشباه الموصلات الشائبة إلى نوعين حسب المادة التي يتم بها التطعيم.

### البلورة السالبة (N-type):



شكل (3)

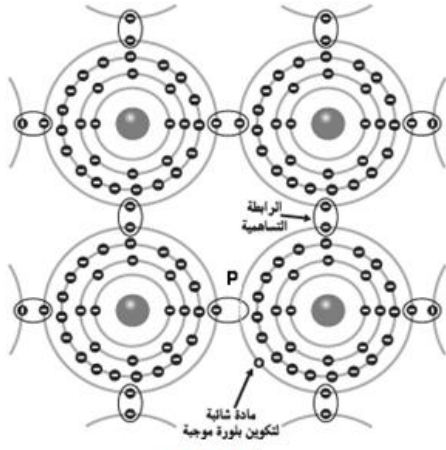
إذا كانت المادة التي يتم بها التطعيم مادة خماسية التكافؤ مثل الزرنيخ فإن كل ذرة من ذرات هذه المادة ترتبط مع أربعة ذرات من مادة الجيرمانيوم بروابط تساهمية داخل الشبكة البلورية، وبالتالي يبقى إلكترون من المادة الخماسية غير مرتبط بأي رابطة فيكون له القدرة على الحركة بحرية داخل الشبكة البلورية

شكل (3). ولهذا نجد أن إضافة هذه المادة خماسية التكافؤ تعمل على زيادة نسبة الإلكترونات

الحرية. داخل البلورة مع بقاء عدد الفجوات كما هو. وتسمى الحاملات N في هذه الحالة

بالحاملات الأغلبية والحاملات من النوع P بالحاملات الأقلية. وتدعى البلورة من النوع N وهذه الزيادة في عدد الإلكترونات الحرية تعمل على زيادة التوصيل لبلورة شبه الموصل N عن البلورة النقية.

### البلورة الموجبة (P-type):



شكل (4)

إذا تم تطعيم البلورة بمادة ثلاثية التكافؤ فإن ثلاثة فقط من ذرات الجيرمانيوم رباعية التكافؤ مع ذرات المادة الشائبة وتبقى ذرة من ذرات الجيرمانيوم غير مرتبطة ينقصها إلكترون فتكون فجوة Hole في الرابطة الرابعة شكل (4) وبالتالي يزداد عدد الفجوات

داخل البلورة وتكون الحاملات P هي الحوامل الأغلبية. والحاملات N هي الحوامل الأقلية وتدعى البلورة بلورة من النوع P وتعمل هذه الزيادة في الحاملات P أيضاً على زيادة الموصلية للبلورة.

## تعيين المعامل الحراري لمقاومة موصل

### الهدف من التجربة:

تعيين المعامل الحراري لمقاومة موصل "ملف نحاسي".

### نظرية التجربة:

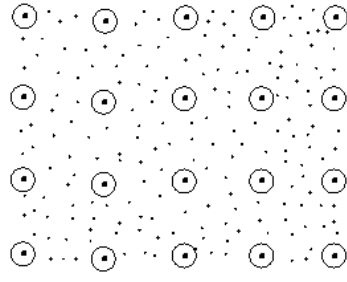
تنقسم المواد الصلبة من حيث القدرة على التوصيل الكهربى إلى موصلات وأشباه موصلات ومواد عازلة. المقاومة الكهربائية في أشباه الموصلات أعلى منها في حالة الموصلات وأقل منها في حالة العازلات. فالمقاومة النوعية لشبه موصل مثل الجرمانيوم النقي هي تقريباً  $0.6 \Omega.m$  بينما المقاومة النوعية لموصل جيد مثل النحاس هي  $1.72 \times 10^{-8} \Omega.m$  أما المواد العازلة فتقع مقاومتها بين  $10^8 \Omega.m$  و  $10^{14} \Omega.m$  وذلك إذا تم القياس عند درجة حرارة الغرفة. أي أن الموصلية الكهربائية للمواد جيدة التوصيل الكهربى أعلى منها في حالة أشباه الموصلات عند نفس درجة الحرارة.

الرابطه التي تجمع ذرات المواد الموصلة هي الرابطه الفلزية. وحاملات الشحنة الكهربائية في الموصلات هي الإلكترونات الحرة سالبة الشحنة. والعلاقة بين فرق الجهد  $V$  بين طرفي موصل وشدة التيار  $I$  المار فيه هي علاقة خطية تحقق قانون أوم .

تتكون الموصلات المعدنية من مجموعة من الذرات الثابتة في مكانها مرتبه في ترتيب هندسى يعرف باسم النظام البلورى Crystal Lattice ويختلف هذا الترتيب أو النظام من معدن إلى آخر ، وكل ذرة تحتوى على عدد من الإلكترونات بعضها قريب من نواة الذرة ومرتبطة بها ارتباطاً قوياً وتسمى الإلكترونات المقيدة Bound Electrons والبعض الآخر يدور في مدارات بعيدة نسبياً عن نواة الذرة ومثل هذه الإلكترونات ضعيفة الارتباط بذراتها وهى لذلك يمكن أن تنتقل من ذرة إلى أخرى تجاورها وتسمى الإلكترونات الموجودة في المدار الخارجى للذرة باسم الكترونات التكافؤ .

فى الموصل المعدنى تقترب الذرات المكونة للنظام البلورى إلى مسافات تسمح لكل نواه ذرة بأن تؤثر بقوى الكتروستاتيكيه على الكترونات تكافؤ ذرة أخرى بدرجة تقارن بالقوة التى تؤثر بها ذره ما على الكترونات تكافؤها الاصيليه . ونظراً لان كل ذره يحيط بها ذرات أخرى فى اتجاهات مختلفه فقد يتصادف أن تتعادل جميع القوى المؤثرة على أحد الكترونات التكافؤ. ومتى تعادلت هذه القوى أصبح هذا الإلكترون بدون قوه تربطه بأية ذرة أى يصبح إلكترونات

حرراً Free Electron، ويسمح مثل هذا الإلكترون في الفراغات بين الذرات في شكل حركة عشوائية نتيجة لتغير القوى المؤثرة عليه في الاتجاهات المختلفة إذا ما اقترب من ذرة أو أخرى. وقد تجذب ذرة ما إلكترونات حرراً وتقيده ولكن بجانب ذلك ينطلق الكترونات حرة في أى لحظه ولا بد أن يكون عدد هذه الالكترونات ثابتاً ما لم تحدث تغيرات طبيعية كارتفاع درجة الحرارة مثلاً. وفي الشكل (1) تمثل الدوائر ذرات الموصل بالكتروناتها المقيدة وتمثل النقط بين



شكل (1)

هذه الدوائر الالكترونات الحرة التي تسبح بين الذرات وحركة الالكترونات الحرة بين الذرات تشبه إلى حد كبير حركة جزيئات غاز يتحرك حركة عشوائية بين كرات ثابتة.

وإذا ما وضع موصل في مجال كهربائي خارجي فان الالكترونات الحرة تتحرك في اتجاه عكس المجال وتتراكم عند

طرف الموصل بينما يبقى الطرف الآخر ينقصه بعض الالكترونات. وهذا يفسر ظاهرة شحن الموصل بشحنات تأثيرية إذا ما وضع في مجال كهربائي. وإذا كان من الممكن تغذية أحد أطراف الموصل بالالكترونات و سحبها من الطرف الآخر (كأن يتصل الموصل بقطبي بطارية) فإنه من الممكن أن يمر تيار كهربائي في الموصل.

من هنا نرى أن مرور تيار كهربائي في موصل هو نتيجة لحركة الالكترونات الحرة (السالبة) ولذا تعتبر الالكترونات الحرة بأنها حاملة الشحنات Charge Carrier. وفي موصل جيد مثل النحاس تكون كثافة الذرات  $(8.4 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3)$  وقد أثبتت التجارب أن عدد

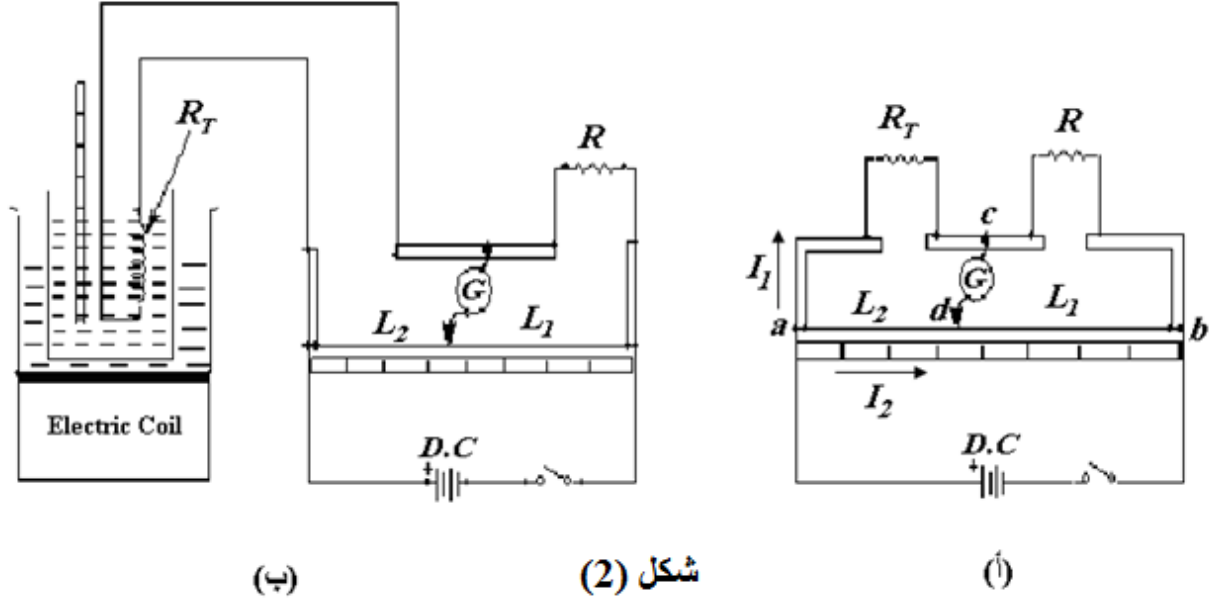
الالكترونات الحرة  $(11 \times 10^{22} \text{ electrons/cm}^3)$  أى أن كل ذرة لا ينطلق منها سوى 1.3 إلكترون حر في المتوسط من 29 إلكترون هي مجموع الالكترونات في كل ذرة نحاس. تزيد مقاومة الموصلات بزيادة درجة الحرارة. وتتغير المقاومة الكهربائية للموصلات المعدنية مع درجة الحرارة طبقاً للعلاقة:

$$R_T = (1 + \alpha T) R_o \quad (1)$$

حيث  $R_T$  تمثل مقدار المقاومة عند درجة حرارة  $T^\circ C$  و  $R_o$  هي مقدارها عند  $0^\circ C$  و  $\alpha$  هو المعامل الحراري للمقاومة.

لتحقيق ذلك عملياً نستخدم القنطرة المترية المبينة بالشكل (2-ب) لحساب المقاومة  $R_T$  عند كل درجة حرارة  $T^\circ C$ .

وتتكون القنطرة المترية من سلك منتظم المقطع  $ab$  طوله متر مثبت على قاعدة خشبية ،  
و يتصل الطرفان  $a, b$  عبر مقاومتين  $R, R_T$  كما هو مبين بالشكل (2- أ).



وعندما يشير الجلفانومتر  $G$  إلى وضع الاتزان (حيث يكون المؤشر على الصفر) فإن  
الجهد عند النقطة  $c$  يساوى الجهد عند النقطة  $d$  أي أن:

$$V_{bd} = V_{bc} \quad , \quad V_{ad} = V_{ac}$$

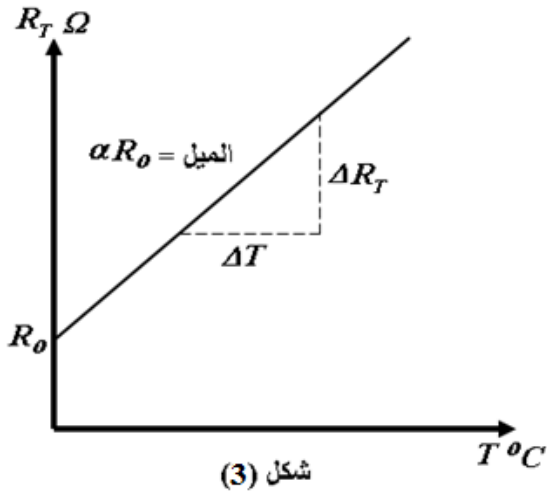
وبتطبيق قانون أوم نحصل على:

$$\sigma L_1 I_2 = R I_1 \quad , \quad \sigma L_2 I_2 = R_T I_1 \quad (2)$$

حيث  $\sigma$  تمثل المقاومة لوحدة الأطوال. و بقسمة المعادلتين في العلاقة (2) ينتج:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{R_T}{R} \quad (3)$$

أي أنه عندما يشير الجلفانومتر إلى وضع الاتزان فإنه يمكن معرفة المقاومة المجهولة  $R_T$  بمعرفة كل من  $L_1, L_2, R$ . ومن المعادلة (1) يتم يتعين معامل التوصيل الحراري  $\alpha$  ،  
حيث  $R_0$  هي قيمة المقاومة  $R_T$  عند درجة حرارة  $T = 0^\circ C$  .



تلاحظ من المعادلة (1) أنه برسم العلاقة بين  $R_T$  علي المحور الرأسى وبين  $T$  علي المحور الأفقى نحصل علي خط مستقيم ميله هو  $\alpha R_0$  ويقطع جزءاً من محور الصادات هو  $R_0$  كما هو موضح بالشكل (3).

### الأدوات المستخدمة:

قنطرة متريّة- مقاومة معلومة- سخان كهربى-  
ترمومتر- كأس ماء- ملف نحاسى- أسلاك  
توصيل - مصدر تيار مستمر.

### خطوات العمل:

- 1 - وصل الدائرة كما في شكل (2- ب)
- 2 - اغمر الملف النحاسى والترمومتر في إناء به ماء
- 3 - عين موضع الاتزان على القنطرة المتريّة ودون قيمة الأطوال  $L_1$  ,  $L_2$  قبل التسخين واحسب قيمة  $R_T$  (مقاومة الملف) عند درجة حرارة الغرفة مستخدماً المعادلة (3)، علماً بأن  $R = 5.6 \Omega$ .
- 4 - شغل السخان الكهربائى واترك درجة الحرارة ترتفع حتى  $(85^\circ C)$ .
- 5 - احسب قيمة المقاومة  $R_T$  كما في الخطوة (3).
- 6 - احسب قيمة المقاومة  $R_T$  عند درجات حرارة مختلفة وليكن كل خمس درجات ودون النتائج في الجدول المرفق.
- 7 - ارسم علاقة بيانية بين درجة الحرارة على المحور السينى والمقاومة  $R_T$  على المحور الصادى فتحصل على خط مستقيم كما في الشكل (3) ومنه احسب الميل وقس طول الجزء المقطوع من محور الصادات  $R_0$ ، ثم احسب معامل التوصيل الحرارى  $\alpha$ .

## النتائج:

$T(^{\circ}C)$	$L_1(cm)$	$L_2(cm)$	$R_T = R L_2/L_1$

$R_o = \dots\dots \Omega$  = الجزء السالب المقطوع من محور السينات

$\alpha R_o = \dots\dots \Omega^{\circ}C^{-1}$  = ميل الخط المستقيم

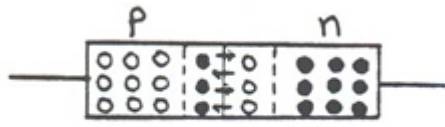
$\alpha = \dots\dots ^{\circ}C^{-1}$  = المعامل الحراري للمقاومة

## تعيين طاقة التنشيط لثنائي الوصلة

### الغرض من التجربة:

تعيين طاقة التنشيط لثنائي الوصلة.

### نظرية التجربة:



شكل (1)

ثنائي الوصلة يتكون من قطبين متلاصقين من النوع  $p, n$  كما هو موضح بالشكل (1). حيث يحتوي النوع  $p$  على ثغوب موجبة الشحنة والنوع  $n$  على إلكترونات سالبة الشحنة.

تعرف طاقة التنشيط ( $E$ ) للوصلة الثنائية ( $p-n$ ) بأنها الطاقة اللازمة لرفع الإلكترون من مستوى التكافؤ إلى مستوى التوصيل. ونتيجة لهذه الطاقة يمر تيار خلال ثنائي الوصلة يعطي بالعلاقة :

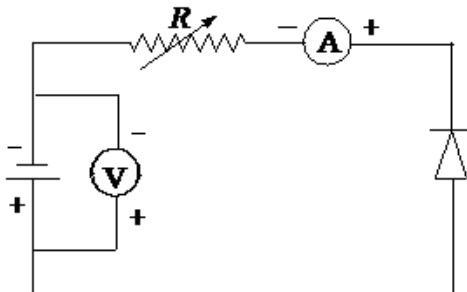
$$I = I_0 \exp (-E/2kT) \quad (1)$$

حيث :

$I_0$ : يسمى تيار التشبع،  $k$ : ثابت بولتزمان ( $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}^0$ )،  $T$ : درجة الحرارة المطلقة. يمكن كتابة المعادلة (1) على الصورة :

$$\ln I = -\left(\frac{E}{2k}\right) \frac{1}{T} + \ln I_0 \quad (2)$$

المعادلة (2) تمثل خط مستقيم ميله يساوي  $\left(\frac{-E}{2k}\right)$  حيث يمكن تعيين طاقة التنشيط  $E$  منها.



شكل (2)

### خطوات العمل:

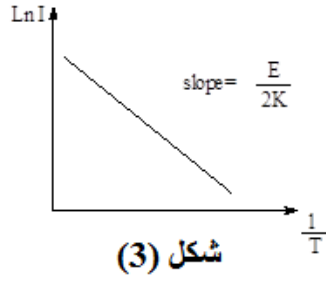
1- صل الدائرة الموضحة بالشكل (2) بعد غمر ثنائي الوصلة في أنبوبة مملوءة بالزيت.

2 - ارفع درجة حرارة الوصلة حتى تصل إلى 90 م°.

3 - ثبت فرق الجهد عند قيمة مناسبة بحيث يكون

التيار طرديا مع درجة الحرارة خلال التجربة ثم ابدأ في تبريد ثنائي الوصلة وسجل درجة الحرارة المطلقة  $T (K^0)$  وشدة التيار  $I$  المار في الوصلة الثنائية.

4- ارسم العلاقة (2) بياني، حيث  $\ln(I)$  علي المحور الرأسي،



$\frac{1}{T}$  علي المحور الأفقي نحصل علي خطأ مستقيماً ميله

سالِب كما هو موضح بالشكل (3).

5- احسب طاقة التنشيط بوحدة الإلكترون فولت (e.v.) علماً بأن

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

شحنة الإلكترون

ضع نتائجك في جدول كالآتي :

$t ^\circ c$	$T = t + 273 ^\circ K$	$\frac{1}{T} (x10^{-3})$	$I (\mu A)$	$\ln I$
90				
85				
80				
75				
.				
.				
40				

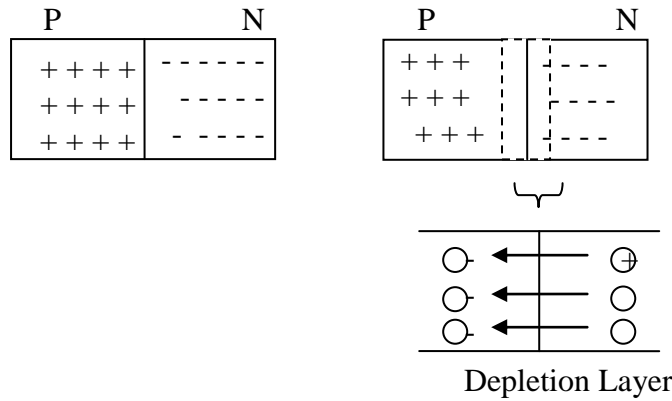
ملاحظة : عند حساب  $\ln I$  لا نأخذ في الاعتبار تحويل الوحدة.

## دراسة المنحني المميز للوصلة الثنائية

### I – V characteristic

#### نظرية التجربة:

إذا اتصلت بلورتان من بلورات شبه الموصلة الشائبة أحدهما من النوع P والأخر من النوع N تنتقل حاملات الشحنة (الالكترونات والفجوات) من المنطقة ذات التركيز الأعلى إلى المنطقة ذات التركيز الأقل فتنتشر الالكترونات من المنطقة N إلى المنطقة P والفجوات من المنطقة P إلى المنطقة N (وفكرة الانتشار هذه هي نفس ما يحدث في الغازات أو السوائل من انتشار من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل) وبسبب هذا الانتشار لحاملات الشحنة علي جانبي منطقة الاتصال بين البلورتين شحنتان فراغيتان مختلفتا الإشارة فتظهر شحنة موجبة علي المنطقة N نتيجة لانتقال الالكترونات وتظهر شحنة سالبة علي المنطقة P نتيجة لانتقال الفجوات شكل (1).



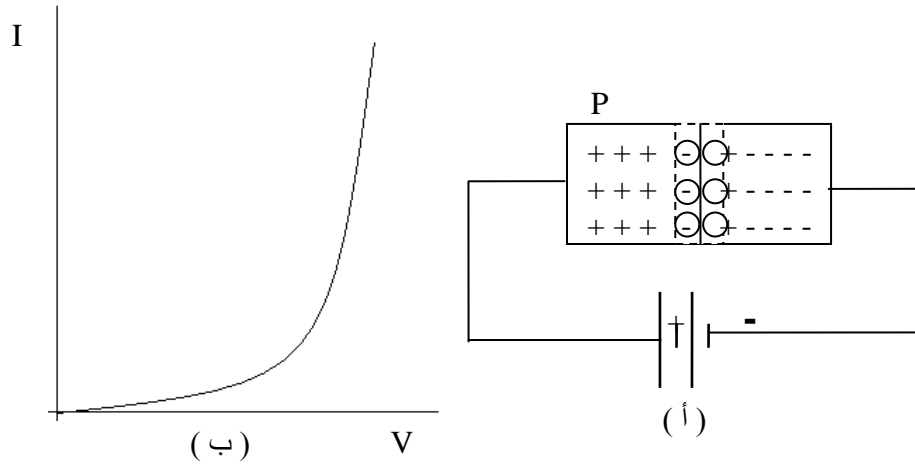
شكل (1)

وتعمل هذه الشحنتان المتكونة علي جانبي الوصلة كحاجز جهد والذي يعمل علي سحب الشحنتان في الاتجاه المعاكس للانتشار والتيار الناتج في هذه الحالة يسمى تيار الانسياب Drift Current ونتيجة لذلك تحدث حالة أتران عند منطقة الاتصال . ويتوقف انتشار الحاملات داخل الوصلة ويبقي حاجز الجهد في منطقة صغيرة لا يتعدى سمكها  $10^{-3}$  سم شكل (5) .

#### التحيز الأمامي للجهد:

عند تطبيق فرق الجهد علي طرفي وصلة ثنائية (P-N) بحيث يتصل الطرف الموجب للجهد بالمنطقة P والطرف السالب بالمنطقة N يسمى التوصيل في هذه الحالة بالتوصيل

الأمامي كما هو واضح في شكل (a-2) يكون الجهد الموضوع علي طرفي الوصلة معاكس للجهد الناشئ عند منطقة الملتقي (depletion layer) وبالتالي يعمل الجهد المطبق في هذه الحالة علي خفض حاجز الجهد مما يعمل علي نمو تيار الانتشار (المكون من الحوامل الأغلبية) ويكون التيار الكلي الناتج محصلة انتشار تيار الكترونات والتيار الفجوات, ويتلاشى حاجز الجهد. وهذه القيمة تكون مساوية 0.6 فولت في حالة السيلكون و 0.2 فولت في حالة الجيرمانيوم. ولذلك يزداد التيار المار في الوصلة زيادة كبيرة عندما يصل الجهد المطبق إلي هذه القيمة. والعلاقة ناتجة بين الجهد والتيار في حالة التوصيل الأمامي تكون كما في الشكل ( 2 - ب).

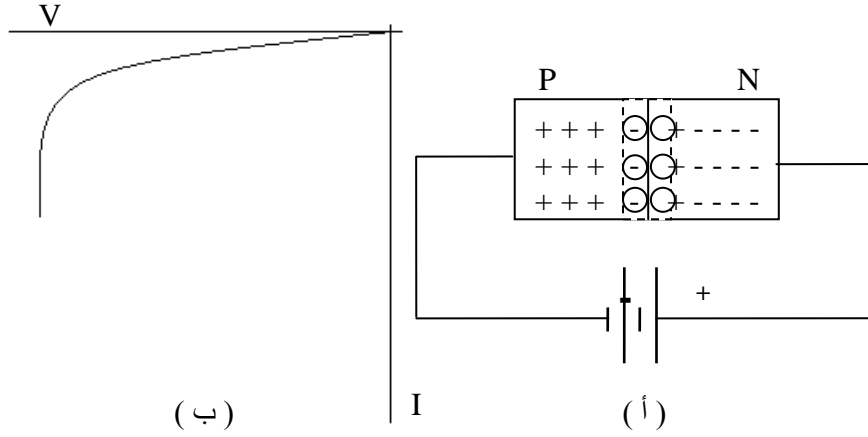


شكل ( 2 )

### التحيز العكسي للجهد:

عند تطبيق الجهد علي طرفي الوصلة عكس الحالة الأولي بأن يكون الجهد الموجب علي القطعة N والسالب علي القطعة P في هذه الحالة يسمى التوصيل بالتحيز العكسي أنظر شكل (3-أ) يعمل الجهد المطبق علي الوصلة في هذه الحالة علي زيادة الجهد الحاجز عند الملتقي فلا يسمح لتيار الانتشار ( المكون من الحوامل الأغلبية ) من المرور خلال الوصلة وتكون قيمة التيار الناشئة ناتجة من تيار الانسياب المكون من الحوامل الأقلية وتكون له قيمة صغيرة جداً ( بالميكروأمبير ) ويطلق علي التيار الناشئ في هذه الحالة بتيار التشبع العكسي Reverse Saturation current حيث تظل قيمة التيار ثابتة مع زيادة الجهد العكسي علي الوصلة وهذا يرجع إلي أن التيار العكسي ناشئ من مرور الحوامل الأقلية وهي ذات عدد

محدود نسبياً . فمع زيادة الجهد لا يمكن أن يمر عدد أكبر من الشحنات مما يعمل علي ثبات التيار شكل (3-ب) .

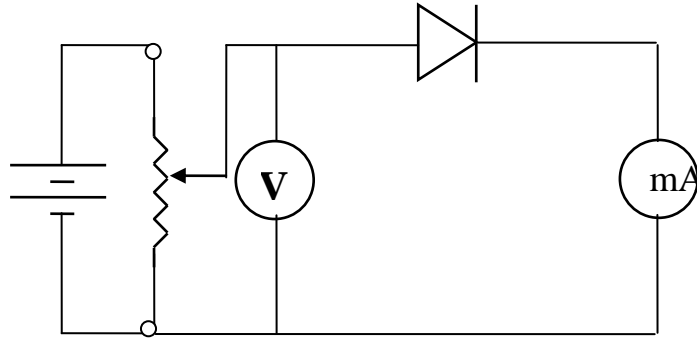


شكل ( 3 )

### خطوات العمل:

#### أولاً: دراسة المنحني المميز

1 في الدائرة التي أمامك شكل ( 4 ) وصل الطرف الموجب للبطارية بالمنطقة P والطرف السالب بالمنطقة N فتكون الوصلة محيضة أمامياً .



شكل (4)

2 لبدأ في زيادة فرق الجهد الواقع علي الوصلة باستخدام موزع الجهد، فتبدأ بقيم صغيرة ، 0.1 ، ... ، 0.2 ثم عين قيمة التيار المقابل كل قيمة للجهد ودون نتائجك في الجدول التالي

3 - احسب قيمة مقاومة الوصلة من قانون أوم  $R = V/I$

4 - مثل بيانياً العلاقة بين الجهد علي المحور الأفقي والتيار علي المحور الرأسي للحصول علي المنحني المميز في حالة التوصيل الأمامي.

التوصيل الأمامي			التوصيل الخلفي		
$V$	$I$	$R$	$V$	$I$	$R$

في حالة التوصيل الأمامي  $R_D$  بيانياً = أوم

في حالة التوصيل الخلفي  $R_D$  بيانياً = أوم

في حالة التوصيل الأمامي  $R_D$  بالقياس = أوم

في حالة التوصيل الخلفي  $R_D$  بالقياس = أوم

**ثانياً: علاقة شدة التيار بفرق الجهد المطبق علي الوصلة الثنائية:**

في حالة التحيز الأمامي تعطي بالعلاقة التالية

$$I = I_o \exp\left(\frac{V}{\eta V_T}\right) \quad (1)$$

$$V_T = \frac{KT}{e}$$

حيث  $\eta$  ثابت يعتمد علي نوع مادة شبه الموصل. ويسمي الجهد المكافئ لدرجة الحرارة  $T$  ,

درجة الحرارة المطلقة للغرفة,  $K$  ثابت بولتزمان,  $e$  شحنة الإلكترون.

من المعادلة (1) يمكن الحصول علي

$$\ln I = \frac{1}{\eta V_T} V + \ln I_o$$

برسم العلاقة بين  $\ln I$  علي المحور الرأسي وفرق الجهد  $V$  علي المحور الأفقي نحصل علي

خط مستقيم ميله  $\frac{1}{\eta V_T}$

ميل الخط المستقيم  $= \frac{1}{\eta V_T}$

درجة الحرارة المطلقة للغرفة  $T = 300$  كيلفن تقريباً

حيث أن  $K = 1.38066 \times 10^{-23}$  J/k و  $e = 1.60218 \times 10^{-19}$  C

$$= \frac{KT}{e} = V_T$$

أذن  $\eta$

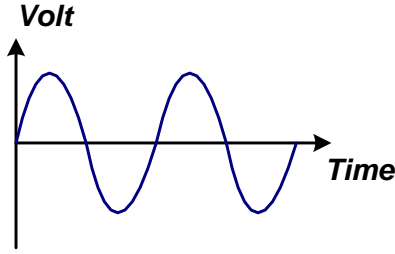
## التقويم النصف موجي

### الغرض من التجربة:

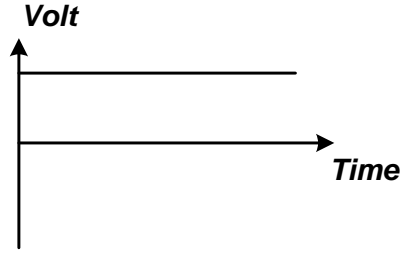
- 1 - عمل دائرة تقويم نصف موجي.
- 2 - التعرف على كيفية عمل ترشيح للموجة المقومة.

### نظرية التجربة:

كلمة تقويم تعنى الحصول على جهد او تيار مستمر من مصدر جهد او تيار متردد، والتيار (أو الجهد) المتردد هو تيار متغير الشدة والاتجاه بمرور الزمن كما يوضح شكل (1-a)، أما التيار (أو الجهد) المستمر فهو تيار ثابت الشدة والاتجاه بمرور الزمن كما يوضح شكل (1-b).



شكل (1-a)

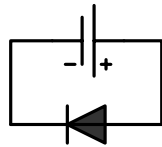


شكل (1-b)

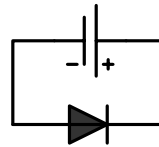
وسوف نستخدم لهذا الغرض وصلة ثنائية بناء على الخواص الكهربائية التي تتميز بها

الوصلة الثنائية حيث أن لها نوعين من التوصيل الكهربائي وهما:

- التوصيل الأمامي الموضح في شكل رقم (2-a) وفيه يكون القطب الموجب للبطارية متصلاً بالقطعة  $P$  والقطب السالب متصلاً بالقطعة  $N$  وعند زيادة جهد البطارية سيصبحها زيادة في التيار تبعا لعلاقة أسية تزايدية كما درسنا سابقاً.



شكل (2-a)



شكل (2-b)

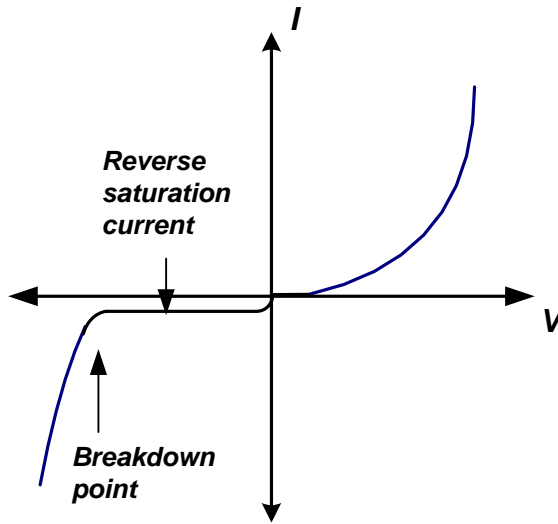
- التوصيل الخلفي الموضح في شكل رقم (2-b) وفيه يكون القطب السالب للبطارية

متصلاً بالقطعة  $P$  والقطب الموجب متصلاً بالقطعة  $N$  وعند زيادة جهد البطارية لا يمر تيار (يكون التيار صغير جداً في حدود الميكروأمبير ويسمى تيار التشبع العكسي) في الوصلة.

أي أن الوصلة الثنائية تسمح بمرور التيار الكهربائي في اتجاه دون الآخر وبالتالي يمكن استغلال هذه الظاهرة في تقويم التيار المتردد، مع ملاحظة أن زيادة الجهد الخلفي المطبق على الوصلة عن حد معين يسمى جهد الإنهيار  $V_{Breakdown}$  نجد حدوث زيادة كبيرة جداً في التيار العكسي ( وهذا بالطبع يسبب تلف الوصلة ) ويرجع هذا إلى تأثيرين وهما:

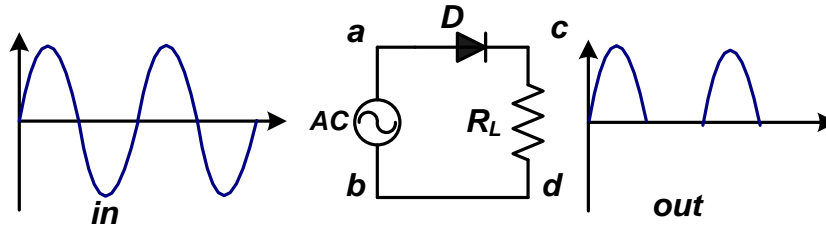
- تأثير زينر وفيه تكون قوة المجال الكهربائي عبر الوصلة الثنائية كبيرة جداً تكفي لكسر الروابط التساهمية.

- تأثير الإنهيار وفيه تتعجل حاملات الشحنة إلى حد يجعلها قادرة على كسر الروابط التساهمية. ويوضح شكل رقم ( 3 ) الخواص الكهربائية للوصلة الثنائية في التوصيلين الأمامي والخلفي.



شكل (3)

ولعمل دائرة تقويم نصف موجي نستخدم وصلة ثنائية ومصدر للتيار المتردد ومقاومة حمل كما في الشكل رقم ( 4 ) والذي يوضح أيضاً شكل كل من الموجة الداخلة والموجة التي تم تقويمها باستخدام دائرة التقويم. ففي نصف الدورة الأول عندما تكون  $a$  موجبة بالنسبة إلى  $b$  فتكون الوصلة في حالة تحييز أمامي و يمر التيار خلالها مما يؤدي لمرور التيار خلال المقاومة  $R_L$  وبالتالي يتكون على طرفي المقاومة فرق جهد وتصبح  $c$  موجبة بالنسبة لـ  $d$ .



شكل (4)

اما في نصف الدورة الثاني للموجة فان  $b$  تكون موجبة بالنسبة إلى  $a$  وتصبح الوصلة في حالة تحيز خلفي و لا يمر تيار خلالها و بالتالي لا يمر تيار خلال  $R_L$  و يصبح فرق الجهد بين  $c$  و  $d$  صفر أي لا يسمح بمرور نصف الدورة الثاني ولذلك سُمي بالتقويم النصف موجي. ويجب مراعاة أن هناك حدوداً لا بد من الحفاظ عليها إذا أردنا الحصول على تقويم جيد وتعتمد هذه الحدود على الوصلة الثنائية والجهد المراد تقويمه وتتلخص هذه الحدود في الشرط الآتي:

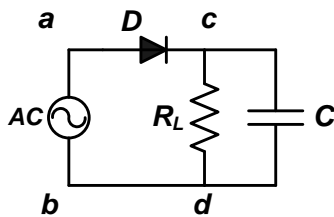
$$V_{max} < V_{Breakdown}$$

حيث  $V_{max}$  هي جهد القمة للجهد المتردد.

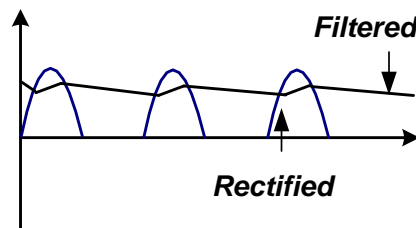
ونلاحظ أن التيار أو الجهد الناتج يكون موحد الاتجاه ومتغير الشدة حيث تتراوح قيمته من قيمه عظمى إلى الصفر ولذلك نقوم باستخدام دوائر الترشيح لتثبيت الشدة.

### دائرة الترشيح:

دوائر ترشيح التيار لها أشكال متعددة وسوف نقوم بدراسة أحد أشكالها وهي دائرة كالمكونة في شكل رقم ( 5-a ) والتي يكون الحمل فيها عبارة عن مقاومة ومكثف على التوازي.



شكل (5-a)



شكل (5-b)

و لفهم عملية الترشيح نتتبع عملية شحن و تفريغ المكثف خلال الدورة الأولى ففي ربع الدورة الاول يتم شحن المكثف من الصفر إلى قيمة عظمى وبالتالي يكون الجهد على كل من المقاومة والمكثف يكون له نفس وفي ربع الدورة الثاني يبدأ الجهد على المقاومة في الانخفاض من قيمة عظمى مقترباً من الصفر، عندئذ يبدأ المكثف في تفريغ شحنته إلى المقاومة أثناء انخفاض

الجهد عليها. ويظل هذا التفريغ في الربعين الثالث والرابع (حيث يكون جهد الموجة الداخلة يساوي الصفر) وبالتالي لن تنخفض قيمة الجهد على المقاومة إلى الصفر كما في الشكل رقم ( 5-b ) بسبب زيادة الجهد مرة أخرى في الدورة التالية.

ولذلك يتم اختيار قيم المكثف والمقاومة بحيث يكون الثابت الزمني للدائرة  $R_L C$  أكبر من نصف الزمن الدوري للموجة المراد ترشيحها.

### خطوات العمل:

#### أولاً: رسم الموجة الداخلة والخارجة

- 1- صل الدائرة كما بالشكل رقم (4) وأجعل المقاومة  $R_L$  تساوى  $1000$  أوم .
- 2- صل أطراف راسم الذبذبات بحيث يكون القناة الأولى على النقطة  $a$  والارضى على  $d$  والثانية على الطرف  $c$  .
- 3- ارسم الموجة الداخلة على ورقة الرسم البياني كما هي على راسم الذبذبات .
- 4- عين تردد الموجة الداخلة  $f = \dots \text{Hz}$  .
- 5- ارسم الموجة الخارجة على ورقة الرسم البياني كما هي على راسم الذبذبات .
- 6- أكتب تعليقك على كل من الداخلة والخارجة.

#### ثانياً : ترشيح الجهد.

- 1 -صل مكثف ذا سعة معينة ولتكن  $C_1$  على التوازي مع مقاومة الحمل.
- 2 -ارسم الموجة الخارجة بعد توصيل المكثف .
- 3 -كرر الخطوة 2، 1 مع مكثف آخر ذي سعة أكبر  $C_2$  .
- 4 -أكتب تعليقك عن تأثير المكثف على شكل الموجة.

## التقويم الموجي الكامل

### الغرض من التجربة:

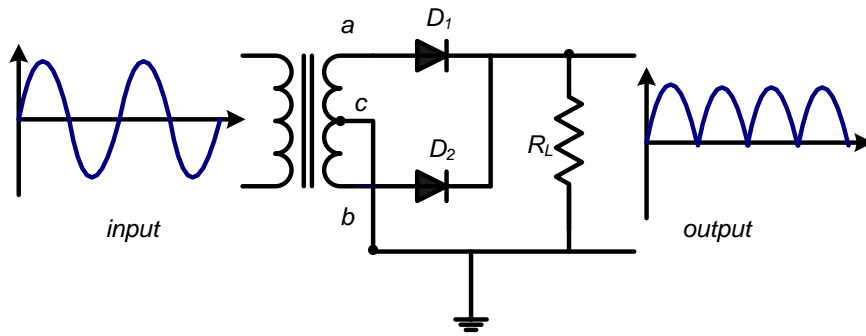
1 - كيفية عمل دائرة تقويم موجي كامل.

2 - عمل ترشيح للموجة الناتجة.

### نظرية التجربة:

تعتبر عملية التقويم الموجي الكامل بمثابة عمليتين للتقويم النصف موجي يحدثان في آن واحد لموجتين متماثلتين وبينهما فرق في الطور مقداره نصف دورة وذلك باستخدام وصلتين ثنائيتين.

فبالنظر إلى الدائرة المبينة بشكل رقم ( 1 ) فإنه يمكن الحصول على موجتين متماثلتين و فرق الطور بينهما هو نصف دورة و ذلك باستخدام محول له نقطة ارتكاز (center tap) و هي  $c$ .



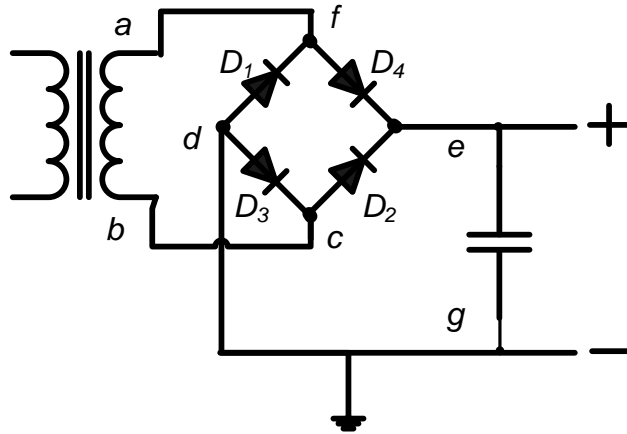
شكل (1)

ففي نصف الدورة الاول وعندما تكون  $a$  موجبة بالنسبة إلى  $c$  فيصبح الدايمود  $D_1$  في حالة تحييز امامي و يمرر التيار و ياخذ التيار المسار  $aedca$  و يمر تيار خلال المقاومة  $R_L$ . في نفس الوقت تكون  $b$  سالبة بالنسبة إلى  $c$  و بالتالي يكون  $D_2$  في حالة تحييز خلفي و لا يمرر تيار خلاله.

اما في نصف الدورة الثاني فهنا تكون  $a$  سالبة بالنسبة إلى  $c$  وبالتالي يكون  $D_1$  في حالة تحييز خلفي ( قطع ) و تكون ايضا  $b$  موجبة بالنسبة إلى  $c$  فيمر تيار خلال  $D_2$  لانه يكون في حالة تحييز امامي و ياخذ التيار المسار  $bedcb$  و يمر التيار خلال  $R_L$  في نفس الاتجاه الذي مر به في نصف الدورة الاول.

يلاحظ هنا ان تردد الموجة الداخلة يساوى نصف تردد الموجة الخارجة فاذا كان تردد الموجة الداخلة هو  $f$  فان الموجة الخارجة يكون ترددها هو  $2f$  و بالتالى الزمن الدورى للموجة الخارجة يساوى نصف الزمن الدورى للموجة الداخلة.

كما يمكن استخدام محول بنقطتين فقط ولكن في هذه الحالة سوف نستخدم أربع وصلات ثنائية ، كما في الدائرة الموضحة بشكل ( 2 ) وتسمى هذه الدائرة باسم القنطرة الرباعية.



شكل (2)

وبالنظر إلى هذه الدائرة نجد أنه في نصف الدورة الأول تكون النقطة  $a$  موجبة بالنسبة للنقطة  $b$  ويكون الثنائيان  $D_4, D_3$  في حالة توصيل أمامي ويمر التيار في الاتجاه  $afegdcba$  . وفي نصف الدورة الثاني تكون النقطة  $b$  موجبة بالنسبة للنقطة  $a$  ويكون الثنائيان  $D_1, D_2$  في حالة توصيل أمامي ويمر التيار في الاتجاه  $bcegdafab$  . وبالتالي نجد أن التيار يمر في كلتا الحالتين في الاتجاه  $eg$  في المكثف أي أن التيار الخارج له اتجاه واحد فقط .

ونلاحظ كما في حالة التقويم النصف موجى فان الموجة الخارجة تكون متغيرة الشدة من قيمة عظمى الى صفر و بالتالى يلزمنا اجراء عملية الترشيح كما تم في حالة التقويم النصف موجي. وبصفة عامة فإن التقويم الموجي الكامل يتميز عن التقويم النصف موجي بما يلي:

- العمل بكفاءة أكبر.

- صغر جهد التآرجح مما يعطي وحدة التقويم ثبات أكبر.

## خطوات العمل:

### أولاً: رسم الموجة الداخلة والخارجة:

- 1- صل الدائرة كما بالشكل رقم ( 1 ) وأجعل المقاومة  $R_L$  تساوى 1000 أوم .
- 2- صل أطراف راسم الذبذبات بحيث يكون القناة الاولى على النقطة  $a$  والارضى على  $d$  والثانية على الطرف  $c$  .
- 3- أرسم الموجة الداخلة على ورقة الرسم البياني كما هي على راسم الذبذبات .
- 4- عين تردد الموجة الداخلة  $f = \dots \text{Hz}$  .
- 5- أرسم الموجة الخارجة على ورقة الرسم البياني كما هي على راسم الذبذبات .
- 6- أكتب تعليقك على كل من الداخلة والخارجة.

### ثانياً : ترشيح الجهد.

- 7 - صل مكثف ذا سعة معينة ولتكن  $C_1$  على التوازي مع مقاومة الحمل
- 8 - ارسم الموجة الخارجة بعد توصيل المكثف.
- 9 - كرر الخطوة 1،2 مع مكثف آخر ذي سعة أكبر  $C_2$  .
- 10 - أكتب تعليقك عن تأثير المكثف على شكل الموجة.

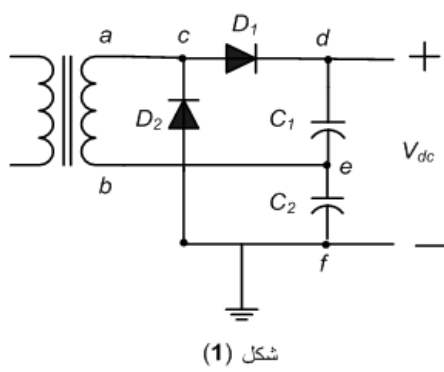
## مضاعف الجهد

### الغرض من التجربة:

- 1 -الحصول على جهد مقوم و كامل الترشيح ومضاعف.
- 2 -قياس المقاومة الداخلية والقوة الدافعة الكهربائية وتعيين نسبة التنظيم.

### نظرية التجربة:

لفهم عمل دائرة مضاعف الجهد فانه يمكن اعتبار أنها عبارة عن دائرتين من دوائر التقويم النصف موجى متصلتين معاً ، مع استبدال مقاومة الحمل فى كل منهما بمكثفين يعملان عمل مصدرين ثانويين للجهد حينما يحدث لهما تفريغ و ذلك كالآتى:



بالنظر إلى شكل رقم ( 1 ) نجد أنه في نصف

الدورة الأولى تكون النقطة  $a$  موجبة بالنسبة للنقطة  $b$  ويكون الثنائي  $D_1$  في حالة توصيل والثنائي  $D_2$  في حالة قطع ويمر التيار في الاتجاه  $acbdeba$  ويشحن المكثف  $C_1$  إلى جهد القمة للمصدر المتردد.

في نصف الدورة الثاني عندما تكون النقطة  $b$

موجبة بالنسبة للنقطة  $a$  يكون الثنائي  $D_2$  في حالة توصيل والثنائي  $D_1$  في حالة قطع ويمر التيار في الاتجاه  $befcab$  ويشحن المكثف  $C_2$  إلى جهد القمة للمصدر المتردد وبالتالي يكون الجهد الخارج هو مجموع فرق الجهد عبر المكثفين  $C_1, C_2$  أي ضعف قيمة جهد القمة للمصدر المتردد.

وبالتالي فإن:

$$V_{dc} = 2V_{max} = 2\sqrt{2}V_{rms}$$

ويتميز مضاعف الجهد بأنه وسيلة سهلة للحصول على جهد مستمر مضاعف ومن

عيوبه أن فرق الجهد الخارج يعتمد اعتماداً كبيراً على قيمة مقاومة الحمل الموضوعة في دائرة المخرج ( أى أن نسبة التنظيم لهذه الدائرة نسبة عالية ).

## خطوات العمل:

- 1- صل الدائر المبينة في الشكل رقم (1).
- 2- عين قيمة الجهد الداخل  $V_{ac}$  بين النقطتين  $a, b$  باستخدام الفولتميتر.
- 3- عين الجهد الخارج  $V_{dc}$  بين النقطتين  $d, f$ .

$$V_{max} = \quad \text{volts}$$

$$V_{dc} = \quad \text{volts}$$

$$V_{dc}/V_{max} =$$

هل حصلت على التضعيف المطلوب؟!!

تعيين القوة الدافعة والمقاومة الداخلية:

- 4- صل مقاومة متغيرة بين النقطتين  $d, f$ .
- 5- ابدأ في زيادة المقاومة  $R_L$  ثم عين قيمة فرق الجهد  $V_{dc}$ .
- 1 - احسب  $1/R_L$ ،  $1/V_{dc}$  وسجل ذلك في الجدول المرفق.
- 2 - ارسم العلاقة بين  $1/V_{dc}$  على المحور الأفقي  $1/R_L$  على المحور الرأسى.
- 3 - من الرسم عين كلا من  $E, r$ .

$R_L$									
$V_{dc}$									
$1/R_L$									
$1/V_{dc}$									

$$1/r =$$

$$r = \quad \Omega$$

$$\text{Slope} = E/r =$$

$$E = \quad \text{volts}$$

## تعيين القوة الدافعة الكهربائية ونسبة التنظيم لمصدر جهد

### الغرض من التجربة:

1- تعيين القوة الدافعة الكهربائية لمصدر جهد مستمر.

2- تعيين المقاومة الداخلية للمصدر.

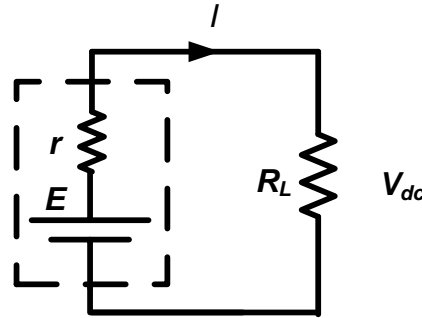
3- تعيين نسبة التنظيم في الجهد للمصدر.

### نظرية التجربة:

بفرض ان لدينا وحدة تقويم باستخدام الوصلة الثنائية (موجى او نصف موجى) وبالتالى

فإن هذه الوحدة تعتبر بمثابة مصدر للجهد المستمر ويلزما معرفة القوة الدافعة الكهربائية و المقاومة الداخلية لهذا المصدر.

نلاحظ أن الدائرة أياً كانت يمكن اختزالها إلى مصدر للقوة الدافعة الكهربائية  $E$  متصلة على التوالي مع مقاومة  $r$  و التى تمثل المقاومة الداخلية للدائرة او للمصدر، وهذه الدائرة تكون متصلة على طرفيها مقاومة الحمل  $R_L$  كما في شكل رقم ( 1 ).



شكل (1)

وبفرض انه عند توصيل الدائرة اصبح فرق الجهد على طرفى  $R_L$  هو  $V_{dc}$ . بالتالى فان

شدة التيار المار فى مقاومة الحمل هو:

$$I = V_{dc} / R_L \quad \dots (1)$$

كذلك فانه من المعلوم ان :

$$I = E / (r + R_L) \quad \dots (2)$$

و من (1) و (2) فان:

$$E R_L = V_{dc} (r + R_L)$$

$$(E - V_{dc}) R_L = V_{dc} r$$

$$(E - V_{dc}) / V_{dc} r = 1 / R_L$$

$$1 / R_L = (E / r) (1 / V_{dc}) - 1 / r \quad \dots (3)$$

حيث نلاحظ انه بتغيير  $R_L$  تتغير قيمة  $V_{dc}$  و عند رسم العلاقة بين  $1 / R_L$  على الرأسى و  $(1 / V_{dc})$  على الأفقى فنحصل على خط مستقيم يقطع جزء سالب قيمته  $1 / r$  و ميله يساوى  $(E / r)$ .

و بالتالى يمكننا تعيين المقاومة الداخلية  $r$  و القوة الدافعة الكهربائية  $E$  للمصدر الذى لدينا .  
 بصفة عامة فان المصدر الذى يعتمد الجهد الخارج منه اعتمادا كبيرا على قيمة مقاومة الحمل فانه يعتبر مصدر غير جيد و بالتالى فانه يلزمنا تعريف قيده اخرى تسمى بنسبة التنظيم **Regulation (C)** للمصدر هى تعتبر مقياس لمدى تغير فرق الجهد على طرفى مقاومة الحمل تبعا لتغير قيمة مقاومة الحمل، وتعطى من:

$$Regulation (C) = (V_{no-load} - V_{load}) / V_{no-load}$$

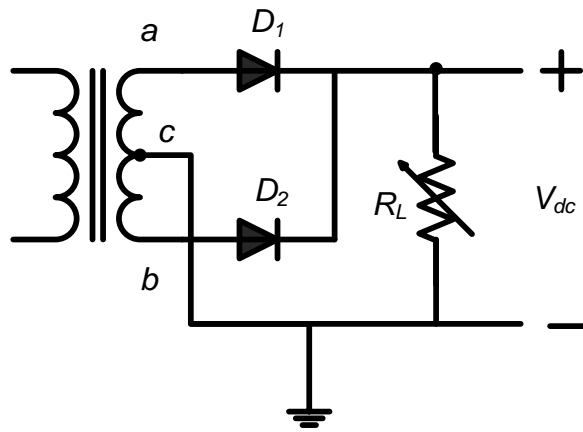
حيث  $V_{no-load}$  فرق الجهد على طرفى مقاومة الحمل عندما يكون التيار المستهلك من الدائرة اقل ما يمكن اى عندما  $R_L = \infty$  ،  $V_{load}$  هى فرق الجهد على طرفى  $R_L$  عندما يكون التيار المستهلك من الدائرة اكبر ما يمكن و ذلك يكون عندما  $R_L = smallest\ value \approx 10\ \Omega$  ، و بالتالى فانه يفضل المصدر الذى له قيم صغيرة لنسبة التنظيم.

### خطوات العمل :

- 4 -صل الدائرة المبينة فى الشكل رقم ( 2 ) .
- 5 -ابداً فى زيادة المقاومة  $R_L$  ثم عين قيمة فرق الجهد  $V_{dc}$  .
- 6 -أحسب  $1/R_L$  ،  $1/V_{dc}$  وسجل ذلك فى الجدول المرفق .
- 7 -ارسم العلاقة بين  $1/V_{dc}$  على المحور الأفقى  $1/R_L$  على المحور الرأسى .

8 -من الرسم عين كلا من  $E$  ،  $r$  .

9 -عين نسبة التنظيم.



شكل (2)

$R_L$									
$V_{dc}$									
$1/R_L$									
$1/V_{dc}$									

$$1/r =$$

$$r = \quad \Omega$$

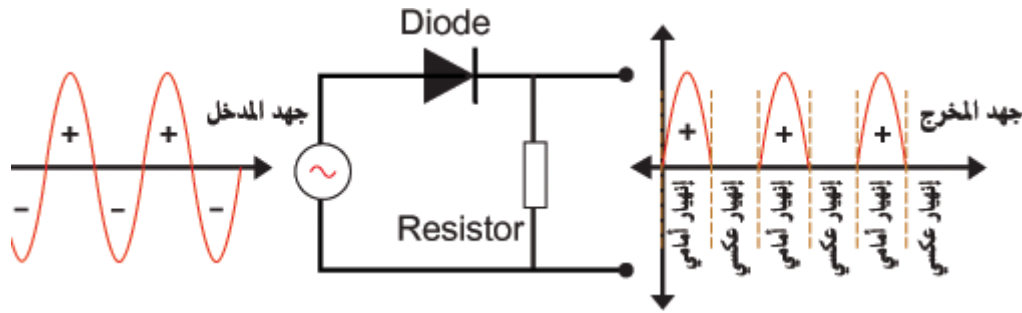
$$Slope = E/r =$$

$$E = \quad \text{volts}$$

## تعيين معامل التموج لدائرة تقويم نصف موجي

### نظرية التجربة:

يعتبر التقويم الخاصية الهامة التي تتمتع بها الثنائيات من أشباه الموصلات من حيث القدرة على توحيد الاتجاه . بمعنى أنها تستطيع التوصيل في اتجاه معين بسهولة أكثر منه في الاتجاه الآخر. ويوضح الشكل التالي دائرة تقويم نصف موجي حيث يتم توصيل ثنائي الوصلة بمصدر للتيار المتردد المراد تقويمه . ونلاحظ أن موجات التيار المتردد لا تستطيع أن تمر بشكل كامل خلال الثنائي وإنما تمر فقط أنصاف الموجات . فإذا كان الثنائي ذو انحياز أمامي فإن أنصاف الموجات الموجبة فقط هي التي سوف تمر خلال هذا الثنائي كما موضح بالشكل.



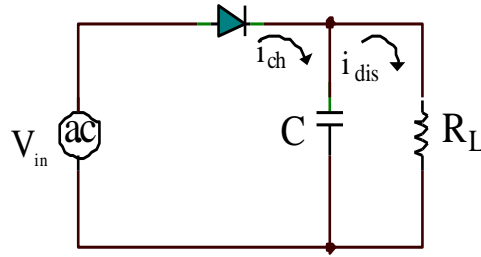
ويجب أن نعلم أن النتيجة المرجوة من عملية التقويم هي الحصول على تيار ثابت. ولكن التيارات الناتجة من دوائر التقويم تحتوي على مركبات مترددة كبيرة بالإضافة إلى مركبات التيار المستمر. ولكي نقيس فعالية عملية التقويم نستخدم ما يسمى بمعامل التموج (r) ;

$$r = \frac{I_{ac}}{I_{dc}} = \frac{V_{ac}}{V_{dc}}$$

ومن ثم فإن الدائرة التي تقوم بعملية التحويل من التيار المتردد إلى التيار المستمر بكفاءة عالية تكون ذات معامل تموج منخفض وكلما انخفضت قيمة (r) كلما تحسنت كفاءة التحويل والعكس صحيح .

ومن المعروف أن أجهزة القياس مثل ( A.C Voltmeter و A.C Ammeter ) تعير لكي تقرأ القيمة الفعالة ( جذر متوسط مربع القيمة r.m.s ) . بينما أجهزة القياس ( D.C Voltmeter و D.C Ammeter ) تقرأ القيمة الثابتة لكل من الجهد والتيار المستمر .

ويمكن أن نخفض قيمة عامل التموج ( $r$ ) إلى درجة عالية وذلك باستخدام مرشح مكون من مكثف يتصل على التوازي مع مقاومة الحمل كما هو موضح بالرسم التالي :



حيث يستخدم المكثف في هذه الحالة كخزان يتم فيه تخزين الشحنة خلال فترة توصيل الثنائي ثم يتم إطلاقها إلى مقاومة الحمل  $R_L$  خلال فترة عدم التوصيل. لاحظ شكل الجهد الناتج من خلال راسم الذبذبات.

### خطوات العمل:

- 1- كون الدائرة الموضحة بالشكل الأول
- 2- قارن بين جهد الدخل  $V_{in}$  وجهد الخرج  $V_{out}$  باستخدام راسم الذبذبات ودون ملاحظتك.
- 3- عين قيمة  $V_{ac}$  و  $V_{dc}$  لجهد الخرج عبر مقاومة الحمل  $R_L$  باستخدام A.C Voltmeter و D.C Voltmeter على الترتيب ثم استنتج قيمة ( $r$ ).
- 4- ضع قيم مختلفة للمقاومة  $R_L$  ثم كرر الخطوتين السابقتين وقارن بين النتائج التي حصلت عليها مفسرا إياها.
- 5- كون الدائرة الموضحة بالشكل الثاني.
- 6- كرر الخطوة رقم (2) ثم قارن بين ما شاهدته في الحالتين موضحا سبب الاختلاف.
- 7- غير قيم المقاومة  $R_L$  ثم أكمل الجدول التالي:

$R_L(k\Omega)$	10	20	30	40	50	60	70	80
$V_{ac}$								
$V_{dc}$								
$r$								
$1/r$								

8- ارسم علاقة بيانية بين كل من  $1/r$  على المحور الرأسي و  $R_L$  على المحور الأفقي ثم أوجد ميل الخط الناتج حيث أن الميل يساوي  $(3.5Cf)$  ومن ثم أوجد قيمة سعة المكثف  $C$  المستخدم في الدائرة حيث أن تردد المصدر  $(f=60Hz)$ .

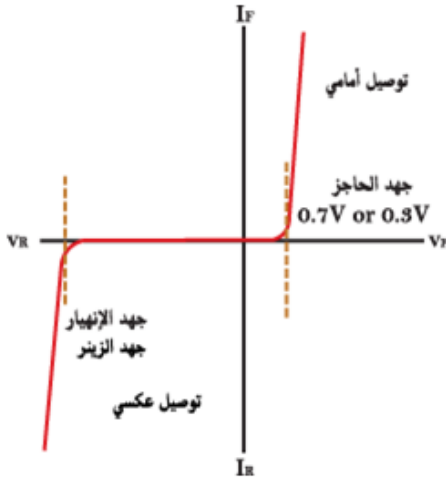
## ثنائي الزينر Zener Diode

### الهدف من التجربة:

1- رسم المنحنى المميز لثنائي الزينر.

2- تعيين جهد زينر.

### نظرية التجربة:



شكل (1)

يعمل الزينر كثنائي عادي إذا وصل توصيلاً أمامياً

أما إذا وصل توصيلاً عكسياً فإن التيار العكسي يزداد

بصورة مفاجئة وشديدة بالرغم من ثبوت جهد زينر مع

زيادة جهد المصدر كما هو موضح بالشكل (1) وفي هذه

الحالة يعرف جهد زينر بجهد الانهيار ويعتمد جهد الزينر أساساً على كمية الشوائب التي

طعمت بها المادة المصنوع منها ثنائي الزينر .

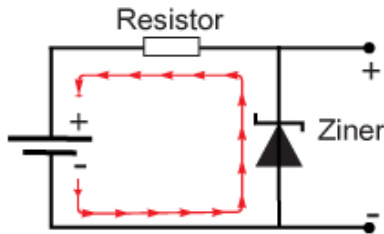
### والنقاط التالية جديرة بالذكر:

- يستغل جهد الانهيار العكسي لثنائي الزينر كجهد مرجعي في دوائر تثبيت الجهد .
- يوصل ثنائي الزينر دائماً عكسياً أما إذا وصل توصيلاً أمامياً فإن خواصه تكون مثل الموحد العادي.

عند دخول ثنائي الزينر منطقة الانهيار فإنه لن يتلف أو يحترق حيث أن الدائرة الخارجية الموصلة به تحد التيار ليكون أقل من القيمة التي تسبب تلفه.

### تنظيم الجهد بواسطة موحد الزينر Zener Voltage Regulator:

يوضح الشكل (2) دائرة بسيطة تشرح كيفية استخدام ثنائي الزينر



شكل (2)

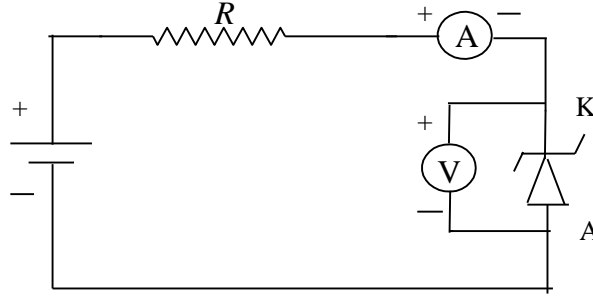
في تنظيم الجهد المقاومة R تحد من قيمة التيار و جهد الخرج

ثابت ويساوى جهد انهيار الزينر بغض النظر عن تغير جهد

الدخل أو تغير التيار المسحوب بواسطة الحمل .

## خطوات العمل:

1 - وصل الدائرة المستخدمة في أحد الاتجاهين أمامي أو عكسي كما هو موضح بالرسم



2 - غير في جهد المصدر ثم عين التيار المار خلال الزينر والجهد بين طرفيه ودون القراءات في الجدول التالي:

I(mA)									
V(volt)									

3- اقلب ثنائي الوصلة ليكون في حالة توصيل معاكس للحالة الأولى وسجل القراءات في الجدول التالي:

I(mA)									
V(volt)									

4- ارسم المنحنى المميز لثنائي زينر في الاتجاهين الأمامي والخلفي ثم أوجد:

الجهد الحاجز (الأمامي)  $V_b$  = ..... ، المقاومة الأمامية  $r$  = .....

جهد الانهيار الخلفي  $V_z$  = ..... ، المقاومة الخلفية  $R$  = .....

## دوائر تنظيم الجهد

### Voltage Regulated Power Supply

#### الغرض من التجربة:

دراسة طريقة تشغيل دائرة لتنظيم الجهد، وكيف يمكن لهذه الدائرة تثبيت الجهد الخارج منها مع تغير مقاومة الحمل عليها، وكذلك مع تغير الجهد الداخل إلى الدائرة.

#### مقدمة:

تحتاج كثير من الأجهزة الإلكترونية إلى مصدر قدرة له قيمة ثابتة الجهد ولا تتغير هذه القيمة بتغير مقاومة الحمل الموضوعة على المصدر ولا بتغير الجهد الداخل إلى المصدر. وهذه الخواص لا تعطيها مصادر الجهد المستمر العادية كدوائر التقويم والترشيح لذلك للحصول على هذا الجهد المنتظم نستخدم لهذا الغرض دوائر أخرى يمكنها إعطاء هذه الخواص. وفي هذه التجربة سوف نقوم بدراسة دائرة من أبسط أنواع هذه الدوائر.

#### نظرية التجربة:

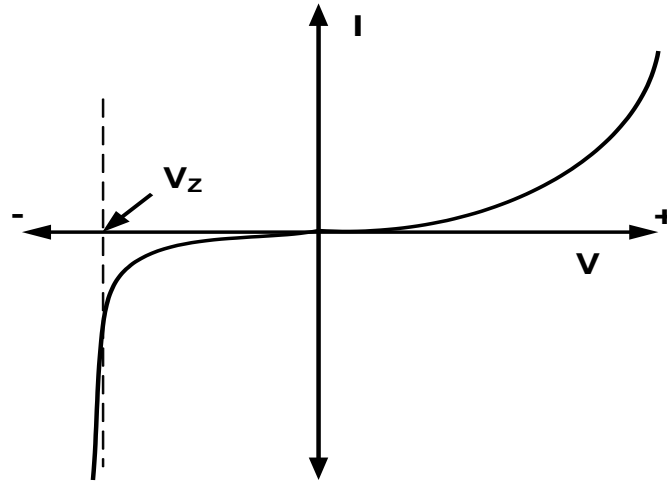
نستخدم في هذه التجربة وصلة ثنائي الزينير (zener diode) للحصول على خاصية التثبيت للجهد في الدائرة.

ووصلة الزينير هي عبارة عن وصلة ثنائية من بلورات شبه الموصل (P-N) وتشبه الوصلة الثنائية العادية في حالة التوصيل الأمامي وتختلف عنها في حالة التوصيل الخلفي، حيث تظل قيمة التيار ضعيفة مع زيادة الجهد العكسي على الوصلة العادية إلى قيمة معينة يحدث عندها انهيار داخلي يعمل على تلف الوصلة وتسمى هذه القيمة للجهد بجهد الانهيار، أما في وصلة الزينير فعندما يصل الجهد العكسي إلى جهد الانهيار تحدث زيادة كبيرة في قيمة التيار مع ثبوت قيمة الجهد الواقع على الوصلة، أي تقل قيمة المقاومة الداخلة للوصلة حتى تقترب من الصفر. وفي هذه الحالة لا يحدث تلف للوصلة وتعود إلى حالتها الأولى برفع الجهد المطبق عليها.

وهذه الوصلة للزينير ترجع إلى التركيب الداخلي لهذه الوصلة، حيث تطعم الوصلة بعدد أكبر من الشوائب عن الوصلة العادية. وهذا يجعل مستويات الطاقة في البلورة تقترب من بعضها وهو ما يساعد على ظهور تأثيرات تعمل على زيادة التيار زيادة كبيرة.

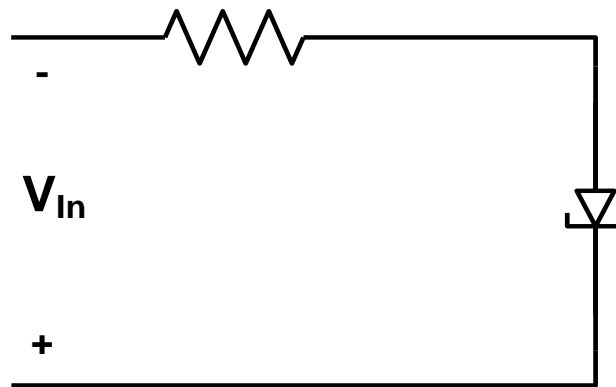
التأثير الأول يسمى تأثير الزينير (The zener effect)، حيث تعمل زيادة المجال الكهربى على سحب الكترونات من نفس الروابط التى تربط الذرة معاً.

التأثير الثانى هو تأثير الانهيار (The avalanche effect)، مع زيادة الجهد العكسى تزداد سرعة حاملات الشحنة خلال البلورة فتعمل على تأيين الذرات داخل البلورة بالأصطدام مما يحدث زيادة فى التيار.



شكل (1)

وشكل (1) يوضح لنا المنحنى المميز لوصلة الزينير (العلاقة بين الجهد والتيار). ونلاحظ فى حالة التوصيل العكسى الزيادة الكبيرة فى قيمة التيار عندما يصل الجهد على الوصلة على قيمة معينة تسمى جهد الزينير. وكل وصلة لها قيمة معينة لهذا الجهد. وتتراوح قيم الجهود من عدة فولتات إلى مئات الفولتات. ويمكن الاستفادة من خاصية ثبوت الجهد على طرفى وصلة الزينير لعمل دائرة لها القدرة على تنظيم الجهد.



شكل (2)

وفى الدائرة شكل (2) وصل الزينير على طرفى دائرة ترشيح توصيلاً عكسياً فيعمل على إلغاء التموج فى الجهد الخارج من هذه الدائرة إذا كان الحد الأدنى للأنخفاض فى الجهد الأعلى من جهد التثبيت للزينير. (علل ؟)

وفى هذه الحالة يكون الجهد الخارج من الدائرة مساوياً لجهد الزينير، وكذلك يكون له قيمة ثابتة لا تتأثر بتغير قيمة مقاومة الحمل أو تغير الجهد الداخل. وهنا ندرس كيف يمكن لهذه الدائرة تثبيت قيمة الجهد الخارج.

تبعاً لقانون كيرتشوف يكون الجهد الداخل  $V_{in}$  مساوياً للجهد الواقع على المقاومة  $R_s$  وكذلك الجهد الواقع على مقاومة الحمل  $R_L$  أى أن

$$v(in) + v(s) + v(out) \quad (1)$$

وكذلك التيار الكلى المار فى المقاومة  $R_s$  مساوياً

$$I(t) = I(I) + I(z) \quad (2)$$

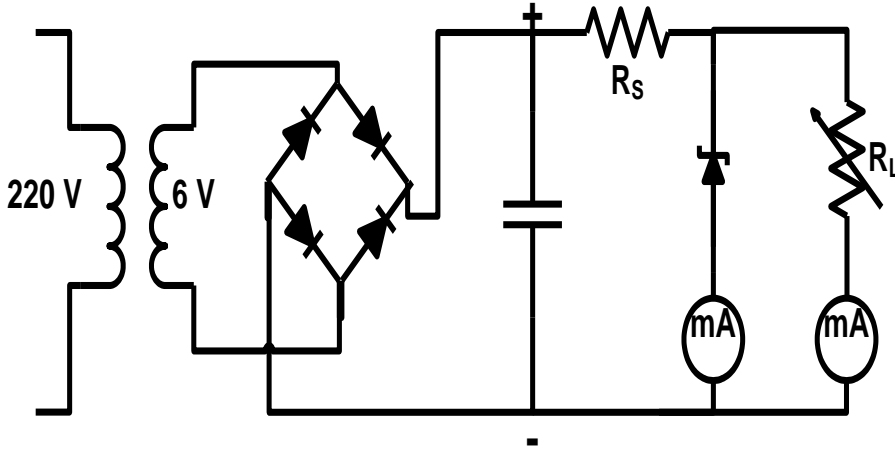
**ندرس أولاً عند تغير مقاومة الحمل:**

فى المعادلة (1) لدينا قيمة الجهد الداخل  $V_{in}$  ثابتة إذن لكى يظل الجهد الخارج قيمته ثابتة يجب أن يبقى الجهد  $V_s$  على المقاومة  $R_s$  ثابت، أى يجب ألا يحدث تغير فى قيمة التيار  $I_t$  المار فى هذه المقاومة. ولكن تغير قيمة مقاومة الحمل فى الدائرة تعمل على تغير التيار  $I_L$ . ومن المعادلة (2) حتى تظل قيمة التيار الكلى ثابتة يجب أن يظل المجموع  $I(I) + I(z)$  قيمة ثابتة لذلك فالتغيرات التى تحدث فى تيار المقاومة تكافئها تغيرات فى تيار الزينير نتيجة لتغير مقاومته بتغير الجهد الواقع عليه. وبذلك يبقى التيار الكلى ثابت مما يعمل على بقاء الجهد الخارج ثابت.

**ثانياً: إذا حدث زيادة فى الجهد الداخل (مع ثبوت مقاومة الحمل).**

فى هذه الحالة يزداد الجهد الخارج  $V_{out}$  مما يعمل على زيادة التيار  $I_L$  ومن المعادلة (2) يزداد تبعاً لذلك التيار الكلى  $I_L$  فيزيد الجهد  $V_s$  الواقع على المقاومة  $R_s$  وهذه الزيادة تعادل الزيادة فى الجهد الداخل فتتخفض قيمة الجهد الخارج إلى القيمة الأولى الثابتة. وبالمثل عند نقص قيمة الجهد الداخل يحدث نقص فى قيمة التيار  $I_t$  فتتخفض قيمة الجهد  $V_s$  وتظل قيمة الجهد الخارج ثابتة.

## عملي التجربة:



شكل (3)

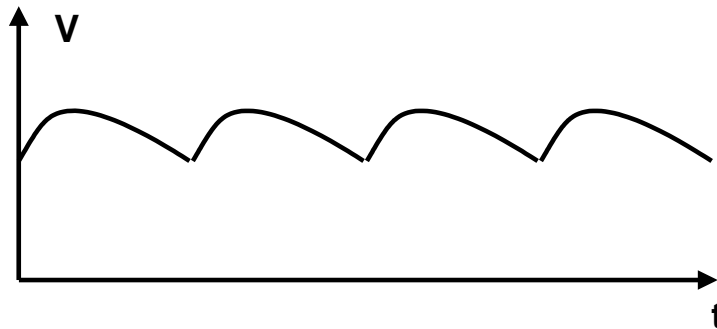
مكونات الدائرة المستخدمة كالتالي:- (مرتبة بدءاً من اليسار)

- 1 - محول خافض للجهد.
- 2 - قنطرة رباعية.
- 3 - مكثف.
- 4 - مقاومة.
- 5 - ثنائى زينير.
- 6 - مقاومة الحمل.

## طريقة عمل الدائرة:

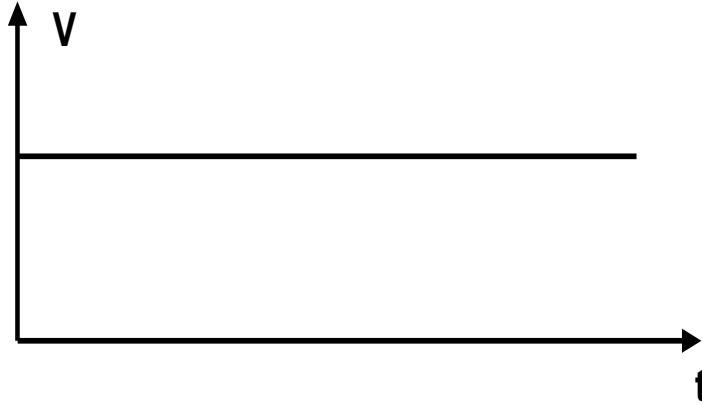
فى هذه الدائرة شكل (3) يعمل المحول على خفض قيمة الجهد المتردد الخارج من المصدر الرئيسى من سعة 320 فولت إلى سعة 6 أو 3 فولت.

بعد ذلك يطبق هذا الجهد المنخفض على قنطرة رباعية للحصول على تقويم موجى كامل. (سبق دراسة فكرة عمل القنطرة) ويعمل المكثف على ترشيح الجهد الخارج من القنطرة. لذلك يكون الجهد الخارج من الدائرة عند النقطتين س، ص كما بالشكل الموضح بالرسم.



وهذا الجهد المرشح تتراوح سعته بين قيمتين للجهد عظمى وصغرى، وكذلك لا يكون هذا الجهد ثابتاً مع تغير مقاومة الحمل، ومع تغير الجهد الداخلى عليه.

وللحصول على الجهد المنتظم يتصل ثنائى الزينير توصيلاً عكسياً على طرفى دائرة الترشيح وتوصل معه المقاومة  $R_s$  على التوالى، ويكون شكل الجهد الخارج بين الطرفين المقاومة  $R_s$  الموضوعه على التوالى مع الزينير كما بالرسم:



يمكن حساب قيمتها بمعرفة أقصى قيمة للتيار يتحملها الزينير للمرور خلاله من المعادلة

$$v(in) = [I(d) + I(I)] R(s) + v(out) \quad (3)$$

وتكون أعلى قيمة للتيار  $I(d \max)$  يتحملها الزينير عندما يكون التيار مساوياً للصفر أى قيمة  $R_L$  لانهاية. ولهذا تكون أدنى قيمة للمقاومة هي

$$R(s) = v(in) - v(out) / I(d \max) \quad (4)$$

قيمة محددة بحيث ينخفض الجهد الواقع على الزينير أقل من جهد الزينير.

### خطوات العمل:

أولاً: لدراسة تغيرات الحيوذ فى الدائرة.

1 - وصل الدائرة التى أمامك كما هو واضح بالشكل (3).

2 - باستخدام راسم ذبذبات أكشف عن شكل وقيمة الحيوذ الموضحة بالجدول التالى:

م	طرفى القياس	أعلى سعة للجهد	أقل سعة للجهد	شكل الموجة
1	طرفى المحول			
2	طرفى القنطرة			
3	طرفى المكثف			
4	طرفى الزينير			
5	طرفى الحمل			

3 - من النتائج التي لديك اوجد:

قيمة جهد الزينير المستخدم في الدائرة

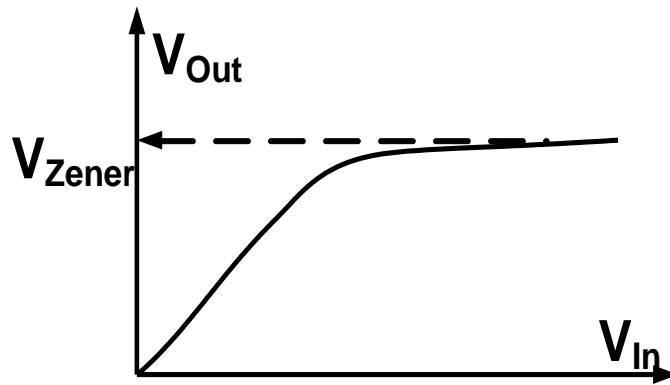
جهد الزينير = (فولت)

قيمة المقاومة  $R_{(s)}$  المفروض و وضعها في الدائرة باعتبار أن القيمة العظمي لـ  $I[d \max]$  مللي امبير

$R_{(s)} = \text{اوم.}$

4 - إ فصل المكثف من الدائرة ثم أوجد شكل الجهد على طرفي الزينير (باستخدام راسم ذبذبات).

كيف تفسر سبب ظهور هذا الشكل من خلال دراستك للدائرة؟



## المنحنيات المميزة للترانزستور

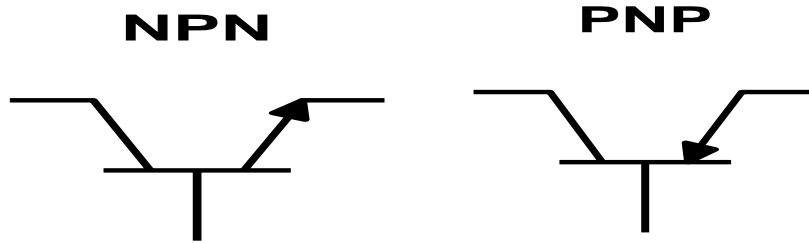
### الغرض من التجربة:

رسم المنحنيات المميزة لدائرة الترانزستور كباعث مشترك.

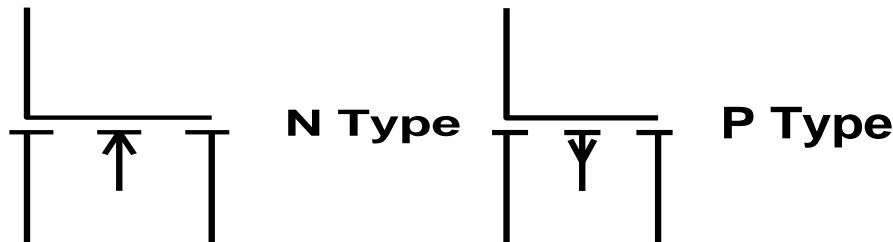
### مقدمة:

الترانستور هو وصلة لها ثلاثة اطراف و كلمة ترانزستور *Transistor* هي اختصار لكلمة *Transfer Resistor* اي مقاومة التحويل بمعنى أن تغيير مقاومة لمرور التيار بين اثنين من طرفيه يمكن تحويلها او تغييرها بواسطة تغيير التيار المار في طرفين اخرين. ويوجد نوعان من الترانزستور:

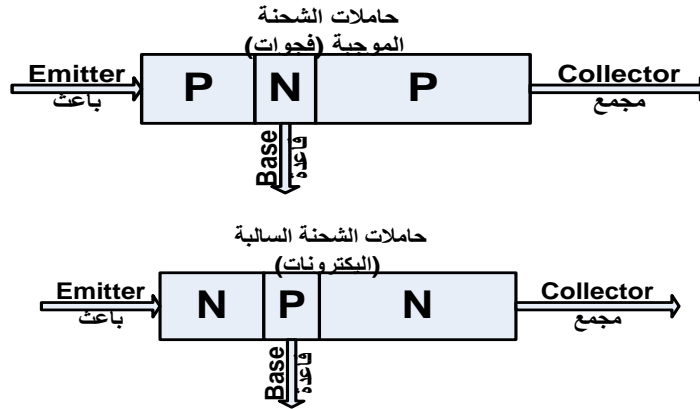
- ترانزستور ثنائى القطب (*BJTs*) : و فيه يعتمد تغيير المقاومة على تغيير الاليكترونات و الفجوات الموجودة في اشباه الموصلات سواء من النوع *N* او من النوع *P* و يوجد منه نوعين اما *NPN* و *PNP*.



- ترانزستور التأثير المجالى (*FETs*) : و يتحكم في سريان التيار هنا مجالا كهربائيا بداخل الترانزستور و هذا النوع يكون احادى القطب اما *N* و *P*.

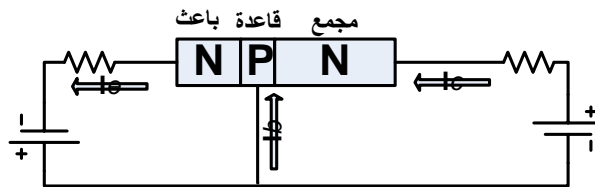


وهو يتكون من ثلاث شرائح من اشباه الموصلات إما  $NPN$  او  $PNP$  بحيث تعرف المناطق الثلاث بالباعث ( $Emitter$ ) والقاعدة ( $Base$ ) و المجمع ( $Collector$ ) على الترتيب.



حيث يقوم الباعث ببعث حوامل الشحنة خلال القاعدة، والقاعدة هي عبارة عن شريحة رقيقة تتحكم في عدد حوامل الشحنة التي تمر خلالها و ذلك عن طريق تغيير فرق الجهد بين الباعث و القاعدة و تتجمع حوامل الشحنة اخيرا في المجمع.

وبدراسة طريقة عمل الترانزستور من النوع  $NPN$  (نفس الشرح لـ  $PNP$  مع تغيير اقطاب الجهد) فعند توصيل الجهد كما بالشكل التالي:



فان في هذا النوع تتكون حوامل الشحنة السالبة في الباعث (الإلكترونات) وتتجه الى القاعدة ( منطقة ارتفاع في الجهد بالنسبة للباعث) ونظرا لصغر منطقة القاعدة فان غالبية حوامل الشحنة السالبة تستكمل طريقها الى المجمع ويكون الجزء الخارج من القاعدة صغير جدا.

نلاحظ بالتالي أنه بزيادة فرق الجهد بين القاعدة و الباعث سوف يؤدي إلى زيادة عدد حوامل الشحنة التي تتكون في الباعث وتنتقل الى القاعدة والتي تأخذ طريقها بعد ذلك الى المجمع.

بمعنى آخر انه يمكن زيادة تيار المجمع بصورة كبيرة عند زيادة تيار القاعدة، وبالتالي في تيار المجمع هو صورة لتيار القاعدة و قد كان الاستخدام الاول للترانزستور هو تكبير التيار بهذه الكيفية.

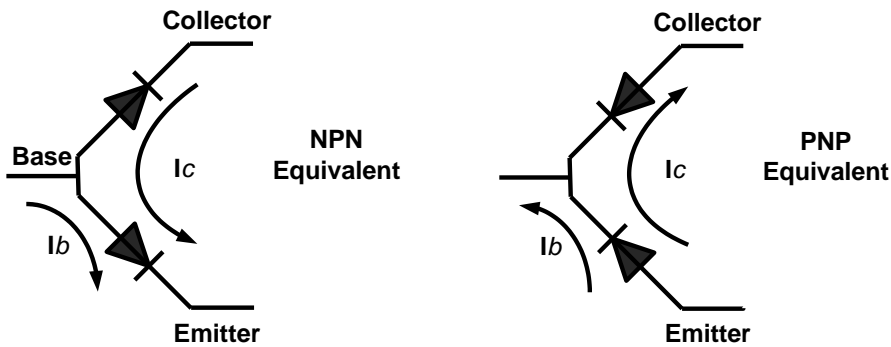
وبالتالى فان تيار المجمع  $I_C$  يتناسب مع تيار القاعدة  $I_B$  اى ان:

$$I_C = \beta I_B$$

حيث  $\beta$  تسمى بمعامل التكبير فى التيار فى هذه الحالة

وتوجد عدة قواعد اساسية يجب الالتزام بها عند تكوين دوائر الترانزستور كالاتى:

- يجب ان يكون جهد المجمع موجب بالنسبة لجهد القاعدة و جهد القاعدة يجب ان يكون موجب بالنسبة لجهد الباعث.
- يمكن اعتبار الترانزستور عبارة عن وصلتين ثنائيتين و ماخوذ منهما ثلاثة اطراف وذلك فقط عند دراسة كل طرفين على حدة كما بالشكل:



- عند تكوين دائرة الترانزستور يجب الحصول على دائرتين من اطرافه الثلاثة هما دائرة المدخل و دائرة المخرج وبالتالي يمكن للترانزستور ان يكون له ثلاثة اوضاع مختلفة تبعا لنوع الطرف المشترك فإما قاعدة مشتركة أو باعث مشترك أو مجمع مشترك و لكل نوع خصائصه المميزة فى تكبير التيار او الجهد او الاثنين معا و فى قيم مقاومة دائرة المدخل و المخرج.
- للترانزستور الواحد قيم مميزة لتيارات القاعدة و المجمع و كذلك لقيم الجهود المطبقة حيث لا يعمل الترانزستور إلا عند هذه القيم او فى حدودها و يرجع ذلك لتصميم الترانزستور نفسه وتركيز حوامل الشحنة الموجوده به.

- نلاحظ ان تيار الباعث  $I_E$  يتم تقسيمه الى تيار القاعدة  $I_B$  و تيار المجمع  $I_C$ . أى أن:

$$I_E = I_B + I_C$$

ولكن:

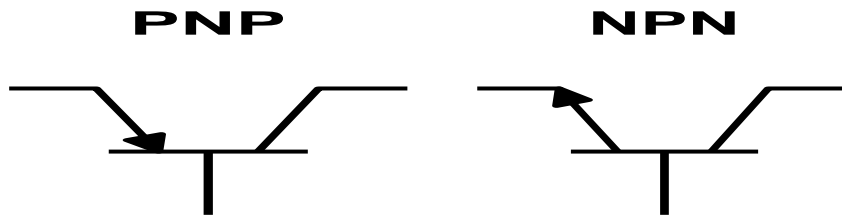
$$I_c \gg I_b$$

و بالتالى يكون تقريبا

$$I_e = I_c$$

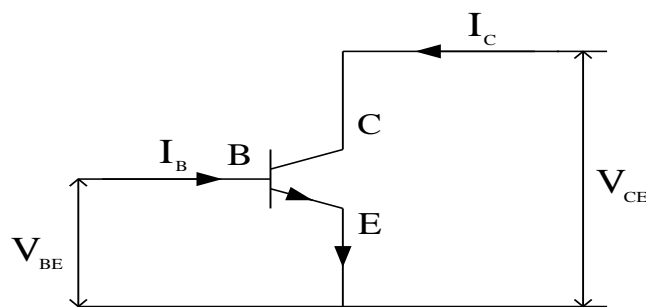
- اخيرا يجب ملاحظة انه عند رسم الترانزستور من النوع  $NPN$  فى دائرة كهربية فإنه يرسم بالشكل التالى حيث يميز السهم الخارج من الترانزستور منطقة الباعث والمنطقة السفلى تمثل منطقة القاعدة والمنطقة العليا من على اليسار هى المجمع.

و كذلك الحال مع النوع  $PNP$  و لكن يختلف اتجاه السهم فيصبح متجه الى داخل منطقة الباعث كما بالشكل



نظرية التجربة:

البرامترات الهجينية للترانزستور ( hybrid Parameters )



ويسمى توصيل الترانزستور في الدوائر الإلكترونية عندما يكون في هذا الوضع المبين بالشكل بالترانزستور ذو الباعث المشترك حيث أن الباعث E يمثل القطب المشترك بين دائرة الدخل ذو الجهد  $V_{BE}$  ( فرق الجهد بين القاعدة والباعث ) ودائرة الخرج ذو الجهد  $V_{CE}$  ( فرق الجهد

بين المجمع والباعث ( ) وترتبط المتغيرات السابقة  $(V_{CE}, V_{BE})$  ، وكذلك تيار القاعدة  $I_B$  ،  
وتيار المجمع  $I_C$  من خلال العلاقتين التاليتين :

$$V_{BE} = h_{11} I_B + h_{12} V_{CE}$$

$$I_C = h_{21} I_B + h_{22} V_{CE}$$

وتسمى كل من  $h_{22}, h_{21}, h_{12}, h_{11}$  بالبرامترات الهجينية للترانزيستور ذو الباعث المشترك والتي يمكن تعريفها كالتالي :

1 - الكسب في التيار ( $\beta$ )

$$\beta = h_{21} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE}=\text{const.}}$$

2 - معاوقة الدخول ( $R_i$ )

$$R_i = h_{11} = \left. \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE}=\text{const.}}$$

3 - موصلية الخروج

$$h_{22} = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}} \right|_{I_B=\text{const.}}$$

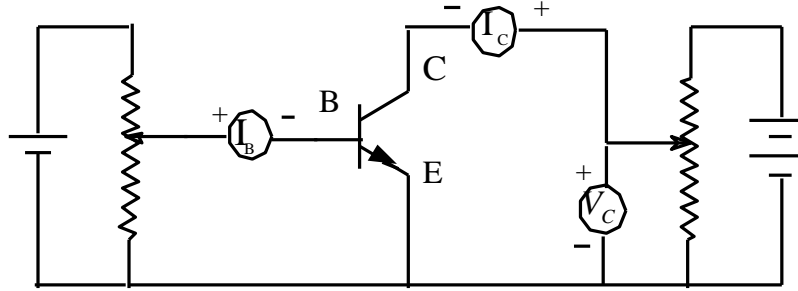
4- معامل إنتقال الجهد

$$h_{12} = \left. \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}} \right|_{I_B=\text{const.}}$$

ويلاحظ في البرامترات استخدام الرقم ( 1 ) وهو يعني دائرة الدخول والرقم ( 2 ) ويعني دائرة الخروج . ويمكن تعيين كل من  $h_{21}$ ,  $h_{22}$  عملياً وذلك من الخطوات التالية :

### خطوات العمل:

1 - صل الدائرة الموضحة بالشكل مستخدماً ترانزستور من النوع NPN .



2- ثبت تيار القاعدة عند القيمة  $(I_B = 80\mu A)$  وغير في قيمة الجهد  $V_{CE}$  وسجل قيم

تيار المجمع  $I_C$  المقابلة على النحو التالي:

$(I_B = 80\mu A)$	$V_{CE} (V)$	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
	$I_C (mA)$										

3- ارسم العلاقة بين  $V_{CE}$  و  $I_C$  ثم استنتج البارامتر  $h_{22}$  عند ثبوت تيار القاعدة عند القيمة  $(80\mu A)$  .

4- ثبت الجهد  $V_{CE}$  عند القيمة ( 1 Volt ) وغير قيمة تيار القاعدة  $I_B$  حسب الجدول التالي

ثم عين القيمة المناظرة لتيار المجمع  $I_C$  في كل مرة .

$V_{CE} = 1V$	$I_B (\mu A)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	$I_C (mA)$									

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5- ارسم العلاقة البيانية بين كل من  $I_C$  و  $I_B$  ثم أوجد البارامتر  $h_{21}$  عند ثبوت الجهد  $V_{CE}$ .

## المنحنيات المميزة لدائرة الترانزستور كقاعدة مشتركة

### Characteristic curves of common base transistor

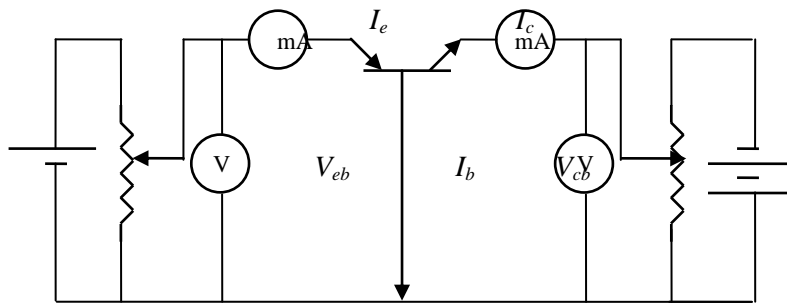
#### الهدف من التجربة:

دراسة المنحنيات المميزة للترانزستور عن توصيله كدائرة قاعدة مشتركة. (أي العلاقة بين الجهد والتيار في أجزاء الدائرة المختلفة)

#### نظرية التجربة:

نستخدم في هذه التجربة دائرة كالمبينة شكل (1) والترانزستور المستخدم في هذه الدائرة من النوع PNP وينطبق نفس الشرح بالنسبة للنوع NPN ويكون الاختلاف الوحيد في إشارات الجهود المستخدمة. وسوف ندرس في هذه الدائرة العلاقات التالية:

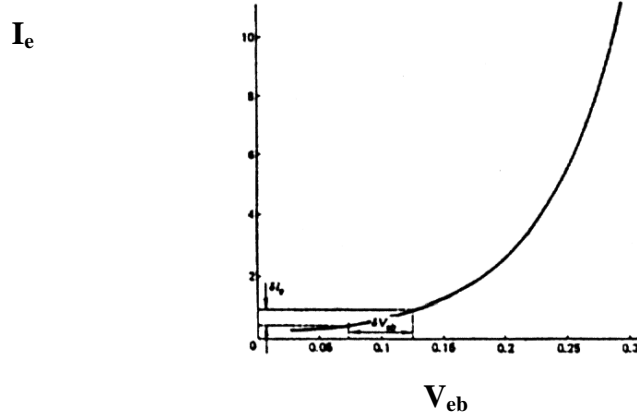
- 1 - تغير تيار الباعث  $I_e$  مع تغير الجهد بين الباعث والقاعدة  $V_{eb}$  وذلك عند ثبوت جهد المجمع - قاعدة  $V_{cb}$  وتسمي هذه المنحنيات بمنحنيات دائرة المدخل .
- 2 - تغير تيار المجمع  $I_c$  مع تغير الجهد بين المجمع والقاعدة  $V_{cb}$  عند ثبوت جهد الباعث - قاعدة  $V_{eb}$  وتسمي بمنحنيات دائرة المخرج.
- 3 - تغير تيار المجمع  $I_c$  مع تغير تيار الباعث  $I_e$  عند ثبوت جهد المجمع - قاعدة  $V_{cb}$  وتسمي المنحنيات الانتقالية.



شكل (1)

أولاً: منحنيات دائرة المدخل:

ولكي نحصل علي هذه المنحنيات نقوم بتثبيت جهد المجمع - قاعدة  $V_{cb}$  عند قيمة مناسبة ثم نبدأ في زيادة جهد الباعث - قاعدة  $V_{eb}$  بقيم معينة. والعلاقة التي نحصل عليها في هذه الحالة تكون كما في شكل (2) ومن الواضح أنها تعطي نفس الشكل في



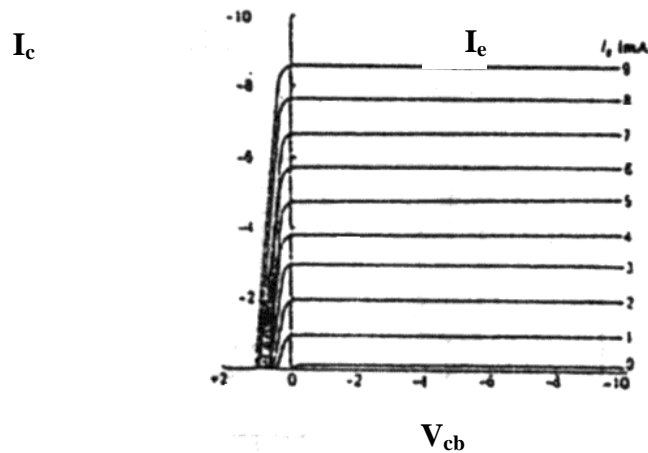
شكل (2)

حالة الوصلة الثنائية المحيضة أمامياً وفي هذا الشكل يمكن تعيين قيمة المقاومة الداخلية لدائرة حيث هي عبارة عن:

$$R_m = \frac{\delta V_{eb}}{\delta I_e}$$

**ثانياً: منحنيات دائرة المخرج:**

هذه المنحنيات توضح الكيفية التي يتغير بها تيار المجمع  $I_c$  عند تغير فرق الجهد بين المجمع - القاعدة  $V_{cb}$  عند ثبوت تيار الباعث  $I_e$  وحيث أن هذه الدائرة محيضة تحيزاً عكسياً فمن المتوقع أن يكون تغير تيار المجمع تغيراً ضعيفاً مع تغير جهد المجمع. والمنحنيات التي نحصل عليها تكون كما في شكل (3) عند قيم مختلفة لتيار الباعث.

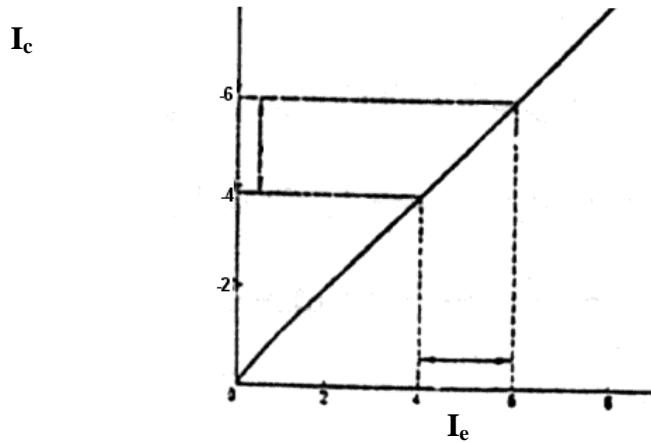


شكل (3)

### ثالثاً: المنحنيات الانتقالية:

توضح هذه المنحنيات الكيفية التي يتغير بها تيار المجمع  $I_c$  مع تغير تيار الباعث  $I_e$  وذلك عند ثبوت جهد المجمع - قاعدة  $V_{cb}$ , وهذه العلاقة تكون كما في شكل ( 4 ) ومن الواضح أن تيار المجمع يتأثر تأثيراً كبيراً بتغير تيار الباعث. وميل هذه المنحنيات يعطي ما يسمى بمعامل الكسب في التيار (Current gain) ويرمز له بالرمز  $h_{fb}$

$$h_{fb} = \frac{\delta I_c}{\delta I_e}$$



شكل (4)

### خطوات العمل والنتائج:

أولاً: للحصول علي منحنيات دائرة المدخل والمنحنيات الانتقالية:

- 1 نثبت فرق الجهد بين المجمع والقاعدة عند قيمة مناسبة .
- 2 ونبدأ في تغير فرق الجهد بين الباعث والقاعدة .
- 3 نرصد التغير في تيار الباعث  $I_e$  وفي تيار المجمع  $I_c$  .
- 4 دون النتائج التي حصلت عليها في الجدول (1)
- 5 لرسم العلاقة بين  $I_e$  ,  $V_{eb}$  للحصول علي المنحنيات المميزة لدائرة المدخل. ومن هذه

المنحنيات عين قيمة المقاومة  $R_{in}$

- 6 لرسم العلاقة بين  $I_e$  ,  $I_c$  للحصول علي المنحنيات الانتقالية. ومن هذا المنحني عين قيمة  $h_{fb}$  للترانزستور.

### ثانياً: للحصول علي منحنيات دائرة المخرج:

1 - ثبت تيار الباعث  $I_e$  عند قيمة مناسبة.

2 - ابدأ في تغيير فرق الجهد بين المجمع والقاعدة  $V_{cb}$  ثم ارصد التغيرات المقابلة في تيار المجمع  $I_c$ .

3 - كرر الخطوة رقم (2) عند قيم أخرى ثابتة لتيار الباعث  $I_e$  وارصد النتائج في الجدول (2).

4 - ارسم العلاقة بين  $V_{cb}$  ,  $I_c$  عند القيم المختلفة لتيار الباعث  $I_e$  للحصول علي منحنيات دائرة المخرج.

### النتائج:

جدول (1)

$V_{eb}$	$I_e$	$I_c$

جدول (2)

$V_{cb}$	$I_c$	$V_{cb}$	$I_c$	$V_{cb}$	$I_c$

قيمة المقاومة  $R_{in} =$

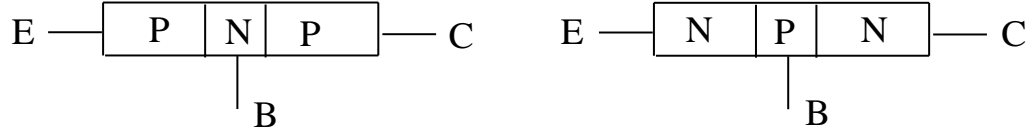
قيمة المقاومة  $R_{out} =$

قيمة  $h_{fb}$  للترانزستور =

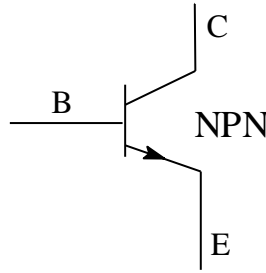
## الترانزستور كمكبر للجهد المتردد

### مقدمة:

الترانزستور هو قطعة إلكترونية ذو ثلاثة أطراف وهي: المجمع (C) والقاعدة (B) والباعث (E).

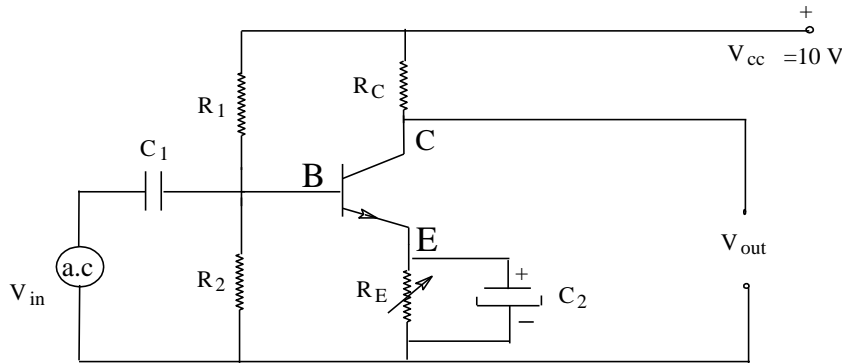


الترانزستور المستخدم هو من نوع NPN ذو الباعث المشترك تعرف أطرافه الثلاثة كما هو موضح بالرسم التالي ويستخدم في حالات كثيرة ومنها تكبير الجهد المتردد.



### خطوات العمل:

1- صل الدائرة الموضحة بالرسم التالي:



- حيث  $R_E, R_C, R_2, R_1$  مقاومات و  $C_1$  مكثف اقتران بالدائرة و  $C_2$  مكثف كيميائي موازي للمقاومة المتغيرة  $R_E$  و  $V_{in}$  مصدر جهد متردد تردده  $f=1\text{kHz}$  و  $V_{CC}$  مصدر جهد مستمر
- 2- وصل جهد الدخل  $V_{in}$  والخرج  $V_{out}$  براسم الذبذبات لمعايتهما على المدخلين  $ch_1, ch_2$
- 3- غير من قيمة المقاومة  $R_E$  إلى أن نحصل على جهد خرج  $V_{out}$  جيبي غير مشوه على شاشة راسم الذبذبات وله أكبر سعة ممكنة .
- 4- أوجد معامل كسب الجهد في هذه الحالة :

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

5- استبدل المقاومة الثابتة  $R_C$  بصندوق مقاومات لتحقيق العلاقة بين معامل كسب الجهد

ومقاومة الحمل  $R_C$  والتي تعطي من العلاقة .

$$A_v = \left(-\frac{h_{21}}{h_{11}}\right)R_c$$

حيث  $h_{21}$  و  $h_{11}$  هما معامل كسب التيار ومقاومة الدخل للترانزيستور على الترتيب .

6 - أكمل الجدول التالي :

$R_c(k\Omega)$	1	2	3	4	5	6	.....	10
$V_{out}$								
$V_{in}$								
$A_v = \frac{V_o}{V_i}$								

- 7- ارسم العلاقة البيانية بين  $A_v$  على محور الصادات و  $R_c$  على محور السينات
- 8- من الرسم البياني عين قيمة المقاومة  $R_c$  عندما يكون معامل كسب الجهد مساو للقيمة 70
- 9- إذا افترضنا أن معامل كسب التيار  $h_{21}=150$  أوجد مقاومة الدخل  $h_{11}$  للترانزيستور.

## مرشحات المرور العالي

### مرشحات RC

#### الهدف من التجربة:

- 1 ترشيح الجهود ذات الترددات العالية باستخدام مرشحات المرور العالي.
- 2 تعيين تردد القطع  $f_c$  لدائرة تحتوي على مقاومة و مكثف في حالة مرشحات المرور العالي.

#### مقدمة:

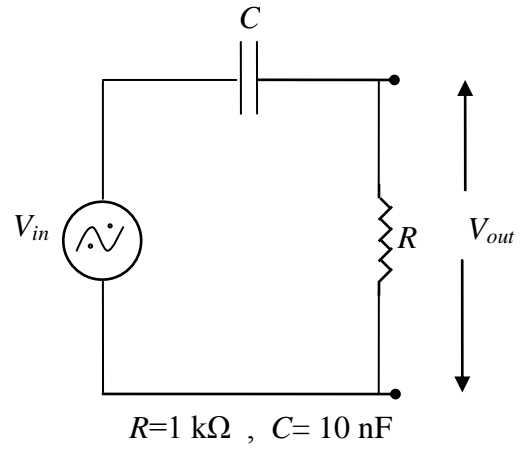
بتغير تردد المصدر الكهربائي يتغير سلوك الدوائر الكهربائية التي تحتوي على مكثف أو ملف نظراً لاعتماد الممانعة لهذه المكونات على قيمة التردد.

فالممانعة السعوية ( $X_C = -\frac{j}{2\pi fC}$ ) تقل بزيادة التردد أما الممانعة الحثية ( $X_L = j2\pi fL$ ) تزداد بزيادة المصدر.

وبالتالي فإنه باختيار عناصر الدائرة وقيمها المناسبة وكذلك توصيلها مع بعضها البعض بشكل مناسب يمكن الحصول على مدي معين من الترددات المرغوبة من الإشارات الداخلة. وتسمى الدوائر الكهربائية التي تعتمد على التردد بالمرشحات. وتنقسم هذه الدوائر إلى مرشحات تمرر الترددات العالية (مرشحات المرور العالي) ومرشحات تمرر الترددات المنخفضة (مرشحات المرور المنخفض).

#### نظرية التجربة:

باستخدام دائرة RC الموضحة بالشكل (1) حيث يكون الخرج  $V_{out}$  على أطراف المقاومة  $R$  يمكننا تمرير الجهود ذات الترددات العالية فقط واستبعاد الجهود ذات الترددات المنخفضة. ولذلك تكون هذه الدائرة من دوائر مرشحات المرور العالية. بالنظر إلى الشكل (1) نجد أن الجهد الداخل  $V_{in}$  يتوزع على المقاومة والمكثف وباستخدام قانون أوم نجد أن شدة التيار الكلية في الدائرة  $I$  هي:



شكل (1)

$$I = \frac{V_{in}}{Z_t} \quad (1)$$

حيث  $Z_t$  هو الممانعة الكلية للدائرة

$$Z_t = R + X_C = R - \frac{j}{\omega c} \quad (2)$$

حيث  $C$  سعة المكثف,  $\omega = 2\pi f$  التردد الزاوي,  $j = \sqrt{-1}$ . وبالتعويض من المعادلة (2) في (1) نحصل علي.

$$I = \frac{V_{in}}{R - \frac{j}{\omega c}} \quad (3)$$

بالضرب في المرافق  $R + \frac{j}{\omega c}$  بسيطاً و مقاماً نجد أن.

$$I = \frac{V_{in} \left( R + \frac{j}{\omega c} \right)}{R^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2}} \quad (4)$$

وحيث أن الجهد الواقع على المقاومة  $R$  وهو الجهد الخارج ويتعين من.

$$V_{out} = I \cdot R = \frac{V_{in} \left( R + \frac{j}{\omega c} \right) R}{R^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2}} \quad (5)$$

وحيث أن  $V_{out}$  يمثل عدد مركب وقيمة العددية هي

$$|V_{out}| = \sqrt{V_{out} \cdot V_{out}^*}$$

حيث  $V_{out}^*$  هو مرافق العدد المركب  $V_{out}$ .

$$|V_{out}| = \left[ \frac{V_{in} \left( R + \frac{j}{\omega c} \right) R}{R^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2}} \cdot \frac{V_{in} \left( R - \frac{j}{\omega c} \right) R}{R^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2}} \right]^{1/2}$$

$$|V_{out}| = \frac{R}{\left( R^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2} \right)^{1/2}} V_{in} \quad (6)$$

وبضرب المعادلة (6) في  $\omega c$  بسيطاً ومقاماً نحصل على

$$|V_{out}| = \frac{\omega RC}{[(\omega RC)^2 + 1]^{1/2}} V_{in}$$

بالقسمة علي  $V_{in}$  نحصل علي

$$\frac{|V_{out}|}{V_{in}} = \frac{2\pi f RC}{[1 + (2\pi f RC)^2]^{1/2}} \quad (7)$$

المعادلة (7) يتضح منها أن قيمة  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}}$  تعتمد على قيمة التردد  $f$  للجهد المستخدم.

ويمكن تقسيم مدي التردد الداخل إلي ثلاث مناطق كالاتي:

1 عندما يكون  $f = 0$  فإن  $X_C \rightarrow \infty$  وهذا يعني أن الدائرة مفتوحة بين طرفي المكثف, ومن ثم

لا يمر تيار في المقاومة  $R$  ويصبح جهد الخرج بين طرفي المقاومة صفراً, كما هو موضح

في الشكل (2-أ). ويتضح ذلك من المعادلة (7) إذا عوضنا عن  $f = 0$  فإن  $V_{out} = 0$ .

2 عندما يكون  $f > 0$  فإن الجهد الداخل وهو مقدار ثابت يتوزع علي كلاً من المقاومة والمكثف

( $V_{in} = V_C + V_R$ ), وبزيادة التردد تقل الممانعة السعوية ( $X_C \propto \frac{1}{f}$ ) فيقل الجهد علي طرفي

المكثف ( $V_X = I X_C$ ), وبالتالي يزداد تدريجياً جهد الخرج علي المقاومة ( $V_{out} = V_R = IR$ )

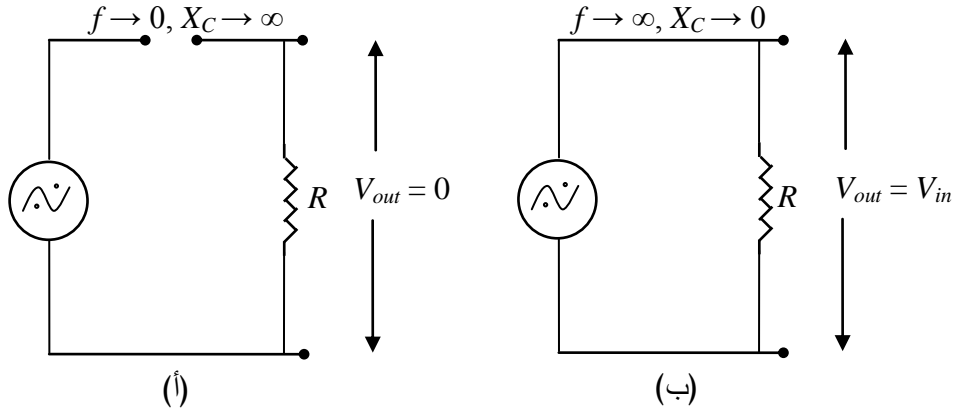
كما بالشكل (1).

3 عندما تكون  $f \rightarrow \infty$  فإن  $X_C \rightarrow 0$  وهذا يعني أن الدائرة مغلقة بين طرفي المكثف, ومن ثم

فإن الجهد حول طرفي المكثف يساوي صفراً, ويصبح جهد الدخل يساوي جهد الخرج حول

طرفي المقاومة  $R$ , كما بالشكل (2-ب). ويتضح ذلك من المعادلة (7) عندما تكون  $f$  كبيرة

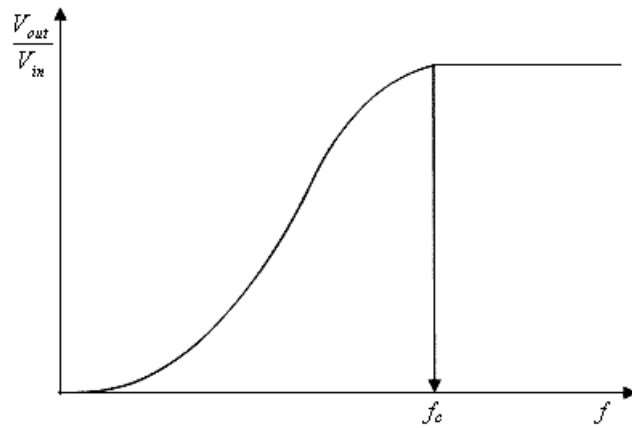
جداً فإنه في المقام نهمل الواحد مقارنة بالمقدار  $(2\pi f RC)^2$  فيكون  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}} = \frac{2\pi f RC}{2\pi f RC} = 1$  أي



شكل (2)

أن  $V_{out} = V_{in}$ .

عند رسم العلاقة بين التردد  $f$  وبين القيمة  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}}$  نحصل على المنحنى المبين في الشكل (3) والذي يوضح ما سبق.



شكل (3)

ومن شكل (3) يتضح أن الجهد الخارج  $V_{out}$  في حالة الترددات الصغيرة يكون صغير جداً بالنسبة للجهد الداخل  $V_{in}$  ويبدأ الجهد الخارج  $V_{out}$  في الاقتراب من الجهد الداخل بزيادة التردد،

وعند تردد معين يتساوى الجهد الداخل والجهد الخارج أي  $\left(\frac{|V_{out}|}{V_{in}} = 1\right)$  وهذا التردد يسمى تردد

القطع لهذه الدائرة.

### خطوات العمل:

1. لدخل إشارة جهد مترددة من مولد الذبذبات عند تردد  $f = 1 \text{ kHz}$ .
  2. غير التردد  $f$  بزيادة قدرها  $1 \text{ kHz}$  في كل مرة, وسجل قراءة  $V_{in}$ ,  $V_{out}$  من راسم الذبذبات من القمة للقمة وسجل القراءات في الجدول التالي.
  3. لرسم العلاقة بين  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}}$  على المحور الرأسي و  $f$  على المحور الأفقي.
  4. عين تردد القطع من الرسم البياني.
- النتائج:

$f \text{ kHz}$	$V_{in}$	$V_{out}$	$ V_{out} /V_{in}$

kHz

تردد القطع  $f_c =$

## مرشحات المرور المنخفض

### مرشحات RC

#### الهدف من التجربة:

- 1 ترشيح الجهود ذات الترددات العالية باستخدام مرشحات المرور المنخفض.
- 2 تعيين تردد القطع  $f_c$  لدائرة تحتوى على مقاومة ومكثف في حاله مرشحات المرور المنخفض.

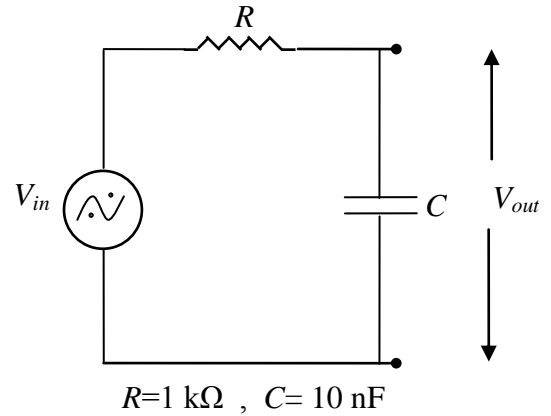
#### نظرية التجربة:

أولاً لبد لك من مراجعة المقدمة الواردة في التجربة السابقة.

باستخدام دائرة  $RC$  الموضحة بالشكل (1) حيث يكون الخرج  $V_{out}$  علي أطراف المكثف  $C$  يمكننا تمرير الجهود ذات الترددات المنخفضة فقط واستبعاد الجهود ذات الترددات المرتفعة.

ولذلك تكون هذه الدائرة من دوائر مرشحات المرور المنخفض.

بالنظر إلي الشكل (1) نجد أن الجهد الداخل  $V_{in}$  يتوزع علي المقاومة والمكثف وباستخدام قانون أوم نجد أن شدة التيار الكلية في الدائرة  $I$  هي:



شكل (1)

$$I = \frac{V_{in}}{Z_t} \quad (1)$$

حيث  $Z_t$  هو الممانعة الكلية للدائرة

$$Z_t = R + X_C = R - \frac{j}{\omega C} \quad (2)$$

حيث  $C$  سعة المكثف،  $\omega = 2\pi f$  التردد الزاوي،  $j = \sqrt{-1}$ . وبالتعويض من المعادلة (2) في (1) نحصل على:

$$I = \frac{V_{in}}{R - \frac{j}{\omega C}} \quad (3)$$

وحيث إن الجهد الخارج  $V_{out}$  على المكثف هو

$$V_{out} = \frac{I}{j\omega C} \quad (4)$$

بالتعويض من (3) في (4) نحصل على:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{j\omega CR + 1} \quad (5)$$

وحيث أن  $V_{out}$  يمثل عدد مركب وقيمة العددية هي

$$|V_{out}| = \sqrt{V_{out} \cdot V_{out}^*} \quad (6)$$

حيث  $V_{out}^*$  هو مرافق العدد المركب  $V_{out}$ .

$$|V_{out}| = \left[ \frac{V_{in}}{1 + j\omega CR} \cdot \frac{V_{in}}{1 - j\omega CR} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$|V_{out}| = \frac{V_{in}}{\left[ 1 + (\omega CR)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{|V_{out}|}{V_{in}} = \frac{1}{\left[ 1 + (2\pi f RC)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

المعادلة (7) يتضح منها أن قيمة  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}}$  تعتمد على قيمة التردد  $f$  للجهد المستخدم.

ويمكن تقسيم مدي التردد الداخل إلى ثلاث مناطق كالآتي:

1 عندما يكون  $f = 0$  فإن  $X_C \rightarrow \infty$  وهذا يعني أن الدائرة مفتوحة بين طرفي المكثف، ويصبح جهد الخرج بين طرفي المكثف  $V_{out}$  يساوي جهد المدخل  $V_{in}$  كما هو موضح في الشكل (2)-

(أ). ويتضح ذلك من المعادلة (7) إذا عوضنا عن  $f = 0$  فإن  $\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1$  أي أن  $V_{out} = V_{in}$ .

2 عندما يكون  $f > 0$  فإن الجهد الداخل وهو مقدار ثابت يتوزع علي كلاً من المقاومة والمكثف

( $V_{in} = V_C + V_R$ )، وبزيادة التردد تقل الممانعة السعوية ( $X_C \propto \frac{1}{f}$ ) فيقل الجهد علي طرفي

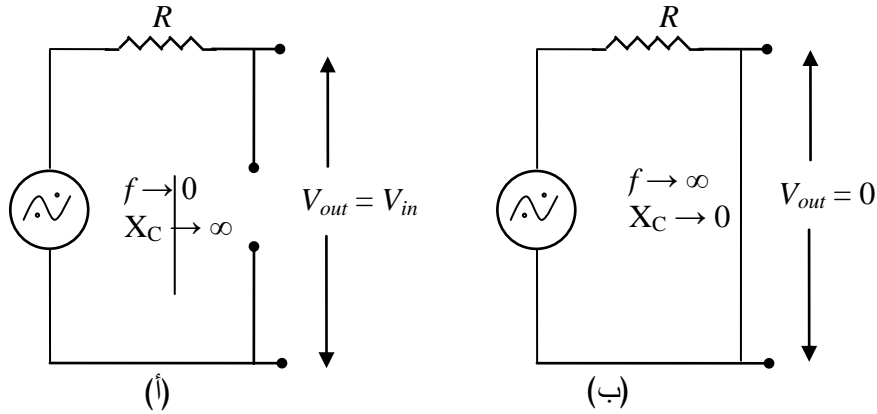
المكثف ( $V_{out} = V_X = I X_C$ ) وبالتالي يقل تدريجياً جهد الخرج علي المكثف كما بالشكل (1).

3 عندما تكون  $f \rightarrow \infty$  فإن  $X_C \rightarrow 0$  وهذا يعني أن الدائرة مغلقة بين طرفي المكثف، ومن ثم

فإن الجهد حول طرفي المكثف يساوي صفر، ويصبح جهد الخرج حول طرفي المكثف

يساوي صفر، كما بالشكل (2-ب). ويتضح ذلك من المعادلة (7) عندما تكون  $f$  كبيرة جداً

فإنه في المقام نهمل الواحد مقارنة بالمقدار  $(2\pi f RC)^2$  فيكون  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}} = \frac{1}{\infty} = 0$  أي أن  $V_{out} = 0$ .



شكل (2)

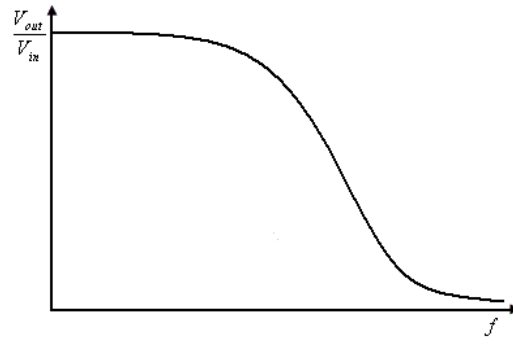
عند رسم العلاقة بين التردد  $f$  وبين القيمة  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}}$  نحصل على المنحنى المبين في الشكل (3)

والذي يوضح أن الجهد الخارج  $V_{out}$  في حالة الترددات الكبيرة يكون صغير جداً بالنسبة للجهد

الداخل  $V_{in}$ ، ويبدأ الجهد الخارج  $V_{out}$  في الاقتراب من الجهد الداخل بتقليل التردد، وعند تردد

معين يتساوى الجهد الداخل والجهد الخارج أي  $\left(\frac{|V_{out}|}{V_{in}} = 1\right)$  وهذا التردد يسمى تردد القطع لهذه

الدائرة.



شكل (3)

### خطوات العمل:

- 1 لدخل إشارة جهد مترددة من مولد الذبذبات عند تردد  $f = 1 \text{ kHz}$ .
- 2 غير التردد  $f$  بزيادة قدرها  $1 \text{ kHz}$  في كل مرة, وسجل قراءة  $V_{out}$ ,  $V_{in}$  من راسم الذبذبات من القمة للقمة وسجل القراءات في الجدول التالي.
- 3 لرسم العلاقة بين  $\frac{|V_{out}|}{V_{in}}$  على المحور الرأسي و  $f$  على المحور الأفقي.
- 4 عين تردد القطع من الرسم البياني.

### النتائج:

$f \text{ kHz}$	$V_{in}$	$V_{out}$	$V_{out}/V_{in}$

تردد القطع من الرسم البياني  $f_c =$

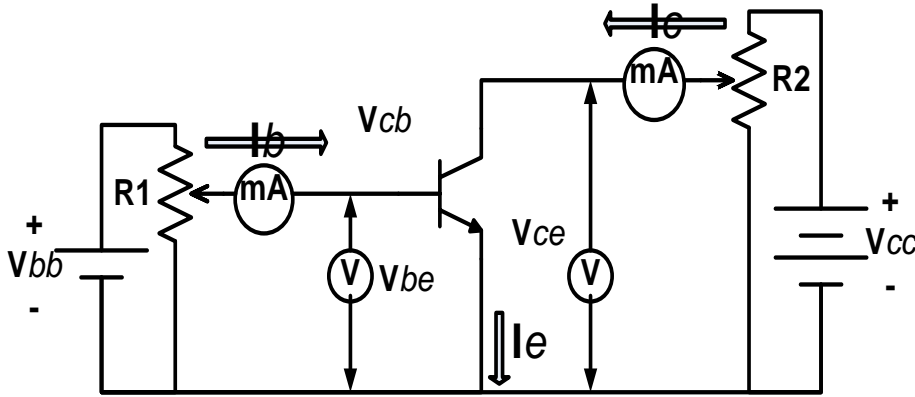
## المنحنيات المميزة لدائرة الترانزستور كباعث مشترك

### الغرض من التجربة:

- 1- تعيين منحنيات دائرة المدخل.
- 2- تعيين منحنيات دائرة المخرج.
- 3- تعيين المنحنيات الانتقالية و تعيين معامل التكبير فى التيار.

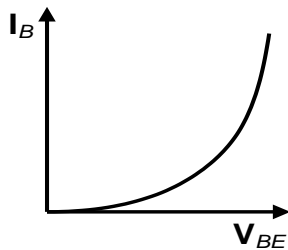
### نظرية التجربة:

بفرض ان لدينا ترانزستور من نوع  $NPN$  و بتكوين دائرة كما بالشكل:



حيث أن الطرف المشترك هنا هو الباعث مع مراعاة أنه عند التوصيل يجب أن يكون فى دائرة المدخل القاعدة وفى دائرة المخرج المجمع وذلك حتى يكون هناك تكبير لأن تيار القاعدة صغير جداً بالنسبة لتيار المجمع. كذلك يجب أن تكون دائرة المدخل محيضة لتحيز أمامى حتى يكون جهد القاعدة اكبر من جهد الباعث.

وفى دائرة المخرج يجب ان يكون الباعث متصل بالطرف السالب للتحيز و المجمع متصل بالطرف الموجب. وأخيراً يجب أن يكون فرق الجهد بين



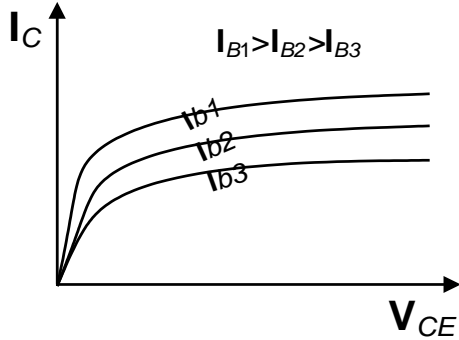
الباعث و القاعدة أقل من فرق الجهد بين الباعث و المجمع. عند استكمال الدائرة باجهزة القياس المطلوبة يمكننا دراسة المنحنيات المميزة.

**اولا منحنيات دائرة المدخل:**

وهي تعطى المنحنى المميز للوصلة الثنائية في حالة التحيز الأمامي وذلك عن طريق تغيير فرق الجهد بين الباعث والقاعدة  $V_{BE}$  وتعيين تيار القاعدة  $I_B$  نلاحظ هنا ان قيم تيار المدخل ( القاعدة ) تكون صغيرة جدا.

### ثانياً منحنيات دائرة المخرج

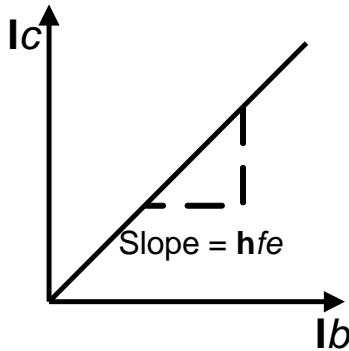
بتغيير فرق الجهد بين الباعث و



المجمع  $V_{CE}$  و تعيين شدة تيار المجمع  $I_C$  ونلاحظ أنه بزيادة فرق الجهد فان هذا يؤدي إلى زيادة عدد حوامل الشحنة التي تصل إلى المجمع وهذا يؤدي إلى زيادة تيار المجمع ثم بزيادة فرق الجهد بين الباعث والمجمع يحدث

امتصاص تام لحوامل الشحنة بواسطة المجمع وبالتالي فان زيادة الجهد لا تؤدي إلى زيادة التيار وهذا يعنى انه لزيادة تيار المجمع في هذه المرحلة يلزم زيادة التيار الداخل من القاعدة لزيادة حوامل الشحنة المتكونة من الباعث.

### ثالثاً المنحنيات الانتقالية:



وهذه المنحنيات توضح العلاقة بين تيار القاعدة وتيار المجمع وبالطبع فان أى زيادة في تيار القاعدة سوف تزيد من حوامل الشحنة التي تتكون في الباعث و بالتالى سوف يزداد تيار القاعدة والعلاقة طردية بين تيار دائرة المخل  $I_B$  و تيار دائرة المخرج  $I_C$ .

$$I_C = h_{fe} I_B$$

حيث  $h_{fe}$  هي معامل التكبير في التيار.

### خطوات العمل:

أولاً: لتعيين منحنيات دائرة المدخل و المنحنيات الانتقالية:

1 - نثبت  $V_{CE}$  عند قيمة مناسبة ولتكن 15 فولت.

2 -نبدأ فى تغيير فرق الجهد بين القاعدة باعث عن طريق تغيير المقاومة  $R_I$  .

3 -نرصد التغيير الحادث فى تيار القاعدة وتيار المجمع فى الجدول التالى:

$V_{BE}$								
$I_B$								
$I_C$								

4 -نرسم العلاقة بين  $V_{BE}$  على الراسى و  $I_B$  على الأفقى للحصول على منحنيات دائرة المدخل.

5 -نرسم العلاقة بين  $I_B$  على المحور الافقى و  $I_C$  على المحور الرأسى للحصول على المنحنيات الانتقالية و نعين قيمة  $h_{fe}$  بمعلومية ميل الخط المستقيم .

**ثانيا: للحصول على منحنيات دائرة المخرج:**

1 -نثبت تيار القاعدة  $I_B$  عند قيمة مناسبة

2 -نبدأ فى تغيير فرق الجهد بين المجمع باعث  $V_{CE}$  ونعين التغيير الحادث فى تيار المجمع.

3 -نكرر الخطوة السابقة عند قيم اخرى لتيار القاعدة ونسجل النتائج فى الجدول التالى:

$I_B$	$V_{CE}$							
=	$I_C$							

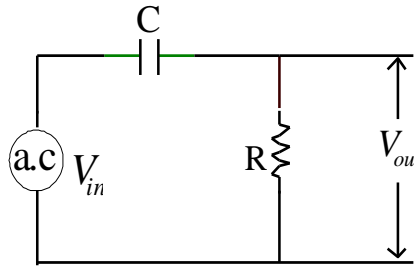
$I_B$	$V_{CE}$							
=	$I_C$							

4 -نرسم العلاقة بين  $V_{CE}$  على المحور الافقى و  $I_C$  على المحور الراسى عند قيم مختلفة لتيار القاعدة  $I_B$  .

## المرشحات: filters:

تستخدم المرشحات في الدوائر الكهربائية مثل دوائر الاستقبال في الراديو للتخلص من الترددات التي قد تشوش على الإشارة المراد التقاطها وتكبيرها وتتكون المرشحات الكهربائية من مقاومة ومكثف موصلين على التوالي. يمكن ترشيح الترددات العالية High-pass filter أو الترددات المنخفضة Low-pass filter وذلك من خلال طريقة توصيل المقاومة مع المكثف كما سنرى فيما يلي:

### مرشح الترددات العالية



توضح الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل فكرة عمل مرشح الترددات العالية High-pass filter. يحدث أن المصدر متصل مع المكثف والمقاومة على التوالي ويكون الجهد الناتج على طرفي المقاومة.

القيمة العظمى للجهد  $V_{in}$  تعطى بالعلاقة:

$$V_{in} = I_m Z = I_m \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (1)$$

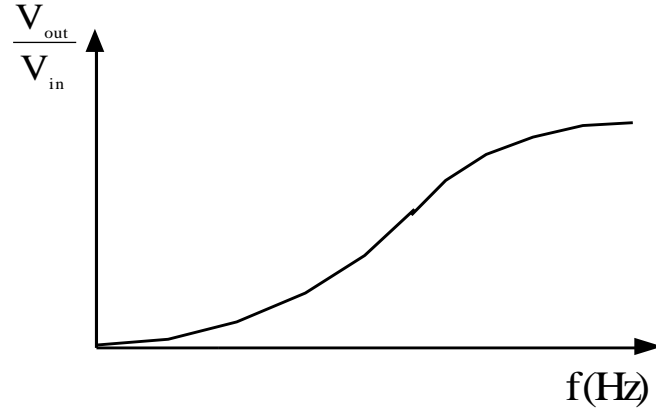
وقيمة الجهد الناتج على طرفي المقاومة يعطى من خلال قانون أوم:  $V_{out} = I_m R$

بقسمة العلاقتين السابقتين نحصل على المعادلة التالية:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (2)$$

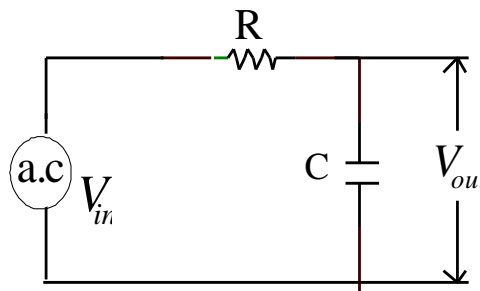
وبالتالي يكون:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{cut}}{f}\right)^2}}$$



من المعادلات السابقة نلاحظ أنه عند الترددات المنخفضة تكون قيمة الجهد  $V_{out}$  اقل بكثير من  $V_{in}$  وعند الترددات المرتفعة تكون قيمتي الجهد متساويتين  $V_{in}=V_{out}$ . وهذا يعني ان الدائرة تمرر فقط الترددات المرتفعة ولذلك سميت High-pass filter بينما الترددات المنخفضة توقف ولا تمرر كما في الرسم البياني السابق.

### مرشح الترددات المنخفضة



في حالة توصيل المخرج على طرفي المكثف بدلا من المقاومة يصبح عمل المرشح هو تمرير الترددات المنخفضة وحجب الترددات العالية

وقيمة الجهد الناتج على طرفي المكثف يعطى كالتالي:

$$V_{out} = I_m X_c = \frac{I_m}{\omega C}$$

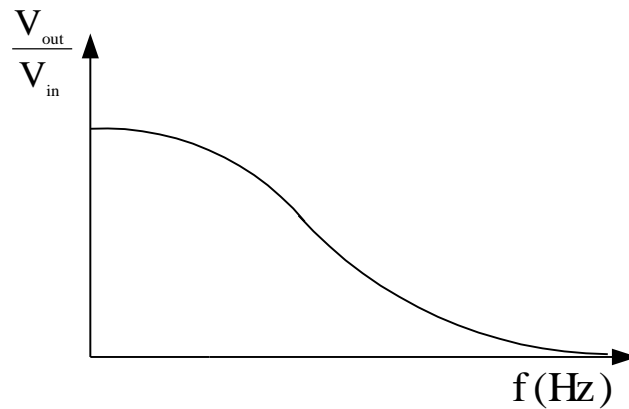
(3)

بقسمة المعادلة (3) على المعادلة (1) نحصل على :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1/\omega C}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

وبالتالي يكون:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{cut}}\right)^2}}$$



من المعادلات السابقة نلاحظ أن عند الترددات المنخفضة تكون قيمتي الجهد  $V_{in}$  و  $V_{out}$  متساويتين بينما عند الترددات المرتفعة قيمة الجهد  $V_{out}$  أقل بكثير من  $V_{in}$  وهذا يعني ان الدائرة تمرر فقط الترددات المنخفضة ولذلك سميت Low-pass filter بينما الترددات المرتفعة توقف ولا تمرر كما هو موضح بالشكل البياني السابق.

### تردد القطع (Cut off Frequency) :

تردد القطع هو التردد الذي يبدأ عنده المرشح بعمله فمثلاً في مرشح إمرار الترددات المنخفضة تردد القطع هو ذلك التردد الذي يبدأ بعده المرشح بمنع الترددات العالية من المرور . ويمكن حساب تردد القطع للمرشح بالقانون التالي :

$$f_{cut} = \frac{1}{2\pi RC}$$

## خطوات العمل:

- 1- وصل الدائرة الكهربائية المطلوبة والموضحة سابقا ثم غير من تردد المصدر وعين قيمة جهد الخرج  $V_{out}$  في كل مرة مع تثبيت جهد الدخل عند القيمة  $V_{in}=2 \text{ volt}$
- 2- سجل القراءات في الجدول التالي:

f(Hz)	50	100	150	200	.....	1000
$V_{out}$						
$V_{in}$						
$V_{out}/V_{in}$						

- 3- ارسم علاقة بيانية بين  $\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$  على محور الصادات والتردد f على محور السينات

- 4- عين قيمة تردد القطع  $f_{cut}$  عمليا عندما يكون :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

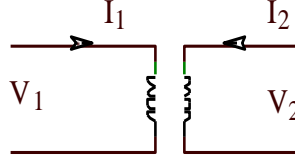
- 2 قارن القيمة التي تحصلت عليها بقيمتها النظرية من العلاقة :

$$f_{cut} = \frac{1}{2\pi RC}$$

## الحث الذاتي والمتبادل بين ملفين

### مقدمة :

عند مرور تيار كهربائي في ملف متصل بدائرة كهربائية ( ملف ابتدائي ) ينشأ عن هذا التيار فيض مغناطيسي يمكن أن يؤثر هذا الفيض على ملف آخر بالقرب منه ( ملف ثانوي ) فيتولد في هذا الملف بفعل التأثير الكهرومغناطيسي تيار كهربائي ولذلك تعرف هذه الظاهرة ، بظاهرة الحث الكهرومغناطيسي .



### نظرية التجربة :

الفيض المغناطيسي  $\phi$  المتولد داخل كل من الملفين يكون على النحو التالي :

$$\phi_1 = L_1 I_1 + M_{12} I_2$$

$$\phi_2 = L_2 I_2 + M_{21} I_1$$

حيث  $L_1$  و  $L_2$  هما الحث الذاتي للملفين الابتدائي والثانوي على الترتيب ويمثل  $M_{12}$  و  $M_{21}$  ( الحث المتبادل بينهما )

وتكون القوة الدافعة الكهربائية (  $\epsilon$  ) المتولدة في الملفين كالآتي :

$$\epsilon_1 = \frac{-d\phi_1}{dt} = -L_1 \frac{dI_1}{dt} - M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

$$\epsilon_2 = \frac{-d\phi_2}{dt} = -L_2 \frac{dI_2}{dt} - M_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

عند وضع مصدر جهد متردد في دائرة الملف الابتدائي حيث أن  $I_1 = I \cos(\omega t)$  و التيار  $I_2$  ثابت مع الزمن فإن قوى الدفع الكهربائية المتولدة في الملفين تكون على النحو التالي :

$$\epsilon_1 = L_1 \omega I \sin(\omega t)$$

$$\epsilon_2 = M_{12} \omega I \sin(\omega t)$$

وبقياس القيمة الفعالة لهما نحصل على الجهد بين  $V_1$  و  $V_2$  حيث :

$$V_2 = M_{12} \omega I \quad , \quad V_1 = L_1 \omega I$$

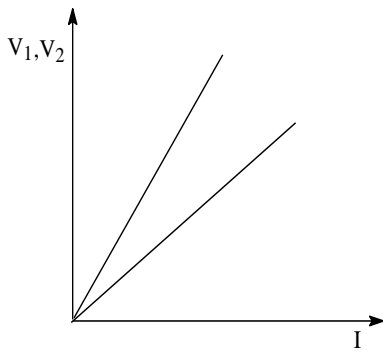
علما بأن  $I$  هي القيمة الفعالة للتيار المتردد المار في الملف الابتدائي ،  
 $\omega = 2\pi f$

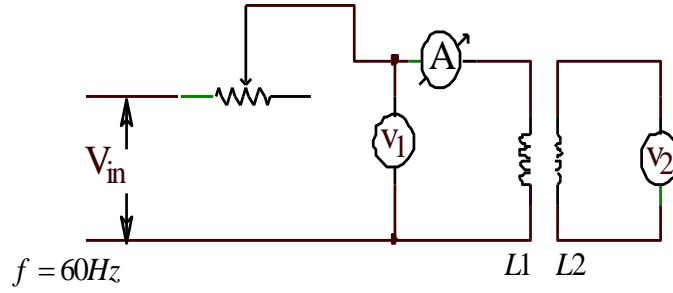
$$V_1 = (2\pi f L_1) I$$

حيث  $f$  هو تردد المصدر . وبالتالي فإن:

$$V_2 = (2\pi f M_{12}) I$$

من العلاقتين السابقتين نلاحظ أن  $V_1$  ،  $V_2$  تتناسباً طردياً مع التيار كما هو موضح بالرسم ومن ثم نستطيع حساب معامل الحث الذاتي  $L_1$  والمتبادل  $M_{12}$ .





### خطوات العمل :

- (1) وصل الدائرة الموضحة بالرسم السابق.
- (2) سجل القراءات المطلوبة في الجدول التالي :

I (A)	0.1	0.2	0.3	.....	1
V <sub>1</sub> (volt)					
V <sub>2</sub> (volt)					

- (3) ارسم العلاقة البيانية بين كل من التيار I مع الجهد V<sub>1</sub> وكذلك I مع الجهد V<sub>2</sub> واحسب الميل في كل حالة

- (4) أوجد معامل الحث الذاتي L<sub>1</sub> والمتبادل M<sub>12</sub> من العلاقتين الآتيتين

$$M_{12} = \frac{\left( \frac{\Delta V_2}{\Delta I} \right)}{2\pi f}$$

$$L_1 = \frac{\left( \frac{\Delta V_1}{\Delta I} \right)}{2\pi f}$$

علما بأن التيار I<sub>2</sub> ثابت

ملحوظة: بعكس دور كل من الملفين الابتدائي والثانوي يمكن تعيين L<sub>2</sub> و M<sub>21</sub> بنفس الطريقة السابقة.