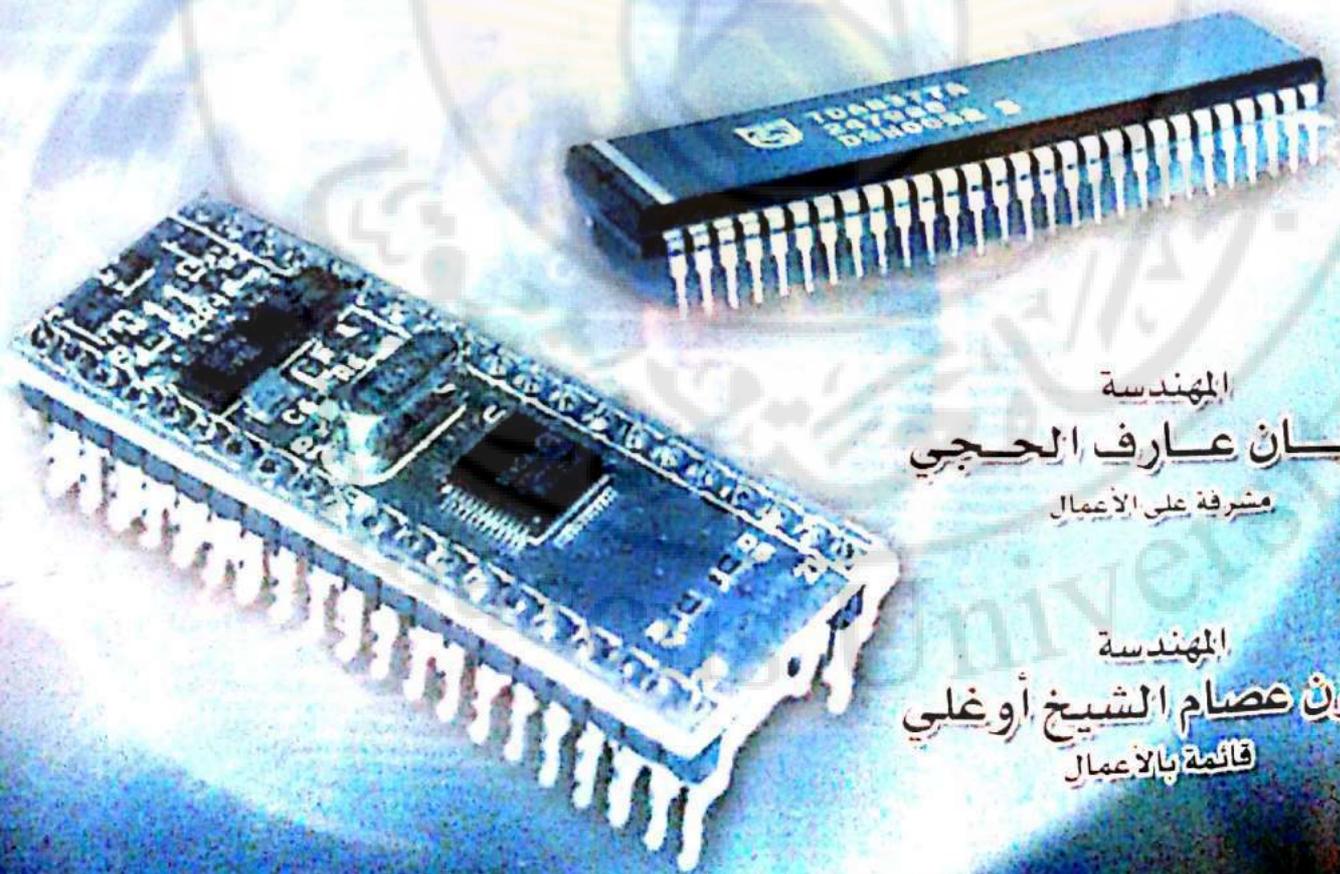


# عملي

## الدارات الكهربائية والإلكترونية



المهندسة

جهان عارف الحجري

مشرفة على الأعمال

المهندسة

فتون عصام الشيخ أوغلي

قائمة بالأعمال

١٩٧٤ - ١٩٧٥ هـ  
٢٠١٣ - ٢٠١٤ م

جامعة دمشق

## الفهرس

13	❖	مقدمة
15	❖	واحدات القياس الأساسية في الجملة الدولية SI
16	❖	المحددات المضاعفة Prefix Multipliers
17	❖	برنامج المحاكاة Workbench
18		1. واجهة برنامج Workbench
18		2. قوائم البرنامج
18	➤	قائمة الملفات File
19	➤	قائمة تحرير الملفات Edit
19	➤	قائمة الدارات Circuits
20	➤	قائمة التحليل Analysis
21	➤	قائمة Windows
22		3. أشرطة الأدوات
28	•	مساحة نافذة التصميم
28		4. تغيير مواصفات أي عنصر في دارة
29		5. كيفية اختيار المكونات اللازمة لبناء الدارة
29		6. كيفية توصيل العناصر في دارة معينة
30		7. كيفية قياس الجهد الهابط على عنصر في دارة معينة
31		8. كيفية قياس التيار المار في عنصر في دارة معينة
33		9. كيفية توليد الإشارات الجيبية والمربعة والمثلثية
36		10. مقياس راسم الإشارة Oscilloscope
39		11. راسم مخطط بود

# الفصل الأول : قسم الدارات الكهربائية

## ❖ التجربة الأولى : المفاهيم الأساسية في نظرية الدارات (1)

- 41 1-1 الهدف من التجربة
- 41 2-1 المبدأ النظري للتجربة
- 41 3-1 لمحة عن المقاومة والناقلية
- 42 4-1 قانون أوم
- 43 5-1 مفهوم الإستطاعة في الدارات الكهربائية
- 43 6-1 توصيل المقاومات
- 43 1-6-1 توصيل المقاومات على التسلسل
- 45 2-6-1 الإستطاعة في الدارات التسلسلية
- 46 3-6-1 توصيل المقاومات على التوازي (التفرع)
- 49 4-6-1 الاستطاعة في الدارات على التوازي
- 50 7-1 الدارات المركبة
- 50 1-7-1 تحويل من الشكل المثلثي ( $\Delta$ ) إلى الشكل النجمي (Y)
- 51 2-7-1 معادلات التحويل
- 52 3-7-1 تحويل من الشكل النجمي (Y) إلى الشكل المثلثي ( $\Delta$ )
- 55 • القسم العملي للتجربة
- 55 ➤ نص التجربة
- 56 ➤ خطوات الحل

## ❖ التجربة الثانية : المفاهيم الأساسية في نظرية الدارات (2)

- 59 1-2 الهدف من التجربة
- 59 2-2 المبدأ النظري للتجربة
- 59 3-2 قانون كيرشوف للجهد (KVL) Kirchhoff's voltage Law

60	قانون كيرشوف للتيار (قانون العقدة) (KCL)	4-2
61	وصل منابع الجهد على التسلسل	5-2
63	مقسم (مجزئ) الجهد	6-2
64	مقسم التيار	7-2
65	تحويل منابع	8-2

68	القسم العملي للتجربة	
68	➤ نص التجربة	
69	➤ خطوات الحل	

### ❖ التجربة الثالثة : دائرة ثيفنن ودائرة نورتون

71	الهدف من التجربة	1-3
71	المبدأ النظري للتجربة	2-3
71	نظرية التركيب (التضيد) Superposition Theorem	3-3
75	نظرية ثيفنن Thevenin's Theorem	4-3
82	نظرية نورتون Norton's Theorem	5-3
87	القسم العملي للتجربة	
87	➤ نص التجربة	
88	➤ خطوات الحل	

### ❖ التجربة الرابعة : دراسة الدارات الكهربائية الخطية في المستوى

#### الزماني

91	الهدف من التجربة	1-4
91	المبدأ النظري للتجربة	2-4

- 91 3-4 طرق تمثيل الممانعة Z والمعامل العقدي J
- 92 4-4 دراسة الدارات الخطية من الدرجة الأولى
- 92 1-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التسلسل مع ملف
- 94 2-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التسلسل مع مكثف
- 95 1-2-4-4 شحن المكثف و تفريره
- 96 3-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التفرع مع مكثف
- 97 4-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التفرع مع ملف
- 98 5-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التسلسل مع ملف و مكثف
- 99 1-5-4-4 ظاهرة الرنين
- 100 6-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التفرع مع مكثف و ملف

- 103 القسم العملي للتجربة
- 103 ➤ نص التجربة
- 104 ➤ خطوات الحل

## ❖ التجربة الخامسة : دراسة الدارات الكهربائية الخطية من الدرجة الأولى في المستوى الترددي.

- 107 1-5 الهدف من التجربة
- 107 2-5 المبدأ النظري للتجربة
- 107 3-5 التيار و الجهد المتناوب
- 107 4-5 شرح معادلات إشارات الدخل و الخرج
- 109 5-5 القيمة المنتجة لموجة جيبية
- 109 6-5 زاوية الطور
- 111 7-5 سلوك الدارات الكهربائية الخطية في المستوى الترددي
- 111 1-7-5 الوحدات اللوغارتمية

112

2-7-5 مخطط بود

113

3-7-5 تردد القطع

114

4-7-5 مرشحات التمرير

117

القسم العملي للتجربة

117

➤ نص التجربة

118

➤ خطوات الحل

## الفصل الثاني : قسم الدارات الإلكترونية:

### ❖ التجربة السادسة : الثنائيات نصف الناقلية

121

1-6 الهدف من التجربة

121

2-6 المبدأ النظري للتجربة

121

3-6 لمحة مبسطة عن فيزياء أنصاف النواقل وطريقة عمل الثنائي

122

4-6 آلية العمل

122

5-6 ثنائي الوصلة p-n الديود

124

6-6 منحني الخواص ، وجهد العتبة للثنائي

125

7-6 تطبيقات الثنائي (الديود) :

125

1-7-6 استخدام الثنائي كمقوم

125

1-1-7-6 مقوم نصف الموجة (Half Rectifier) :

126

2-1-7-6 مقوم نصف الموجة باستخدام المحول (Transformer)

126

3-1-7-6 مقوم موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة منتصف

127

4-1-7-6 مقوم موجة كاملة باستخدام جسر التقويم (Bridge)

128

2-7-6 استخدام الثنائي كمرشح

129

3-7-6 استخدام الثنائي كبوابة منطقية

130

• القسم العملي للتجربة

130

➤ نص التجربة

## ❖ التجربة السابعة : الترانزستورات ثنائية القطبية BJT

135	1-7	الهدف من التجربة
135	2-7	المبدأ النظري للتجربة
135	3-7	مبدأ عمل الترانزستورات ثنائية القطبية BJT
138	1-3-7	معاملات ، وعلاقات الترانزستور
140	2-3-7	منحنيات الخواص في نمط الباعث المشترك
141	3-3-7	مناطق تشغيل الترانزستور
143	4-3-7	خط الحمل للتيار المستمر
144	5-3-7	استخدامات الترانزستور
145	1-5-3-7	الترانزستور ثنائي القطبية كمكبر
150	2-5-3-7	الترانزستور ثنائي القطبية كمفتاح
150		القسم العملي للتجربة
150		➤ نص التجربة
153		➤ خطوات الحل

## ❖ التجربة الثامنة : الترانزستورات ذات الأثر الحقلّي FET

155	1-8	الهدف من التجربة
155	2-8	المبدأ النظري للتجربة
155	3-8	الترانزستور ذو الأثر الحقلّي FET
155	4-8	مدخل إلى نظرية عمل الترانزستور ذي الأثر الحقلّي ذي الوصلة JFET
156	5-8	آلية عمله
157	6-8	معاملات الترانزستور ذي الأثر الحقلّي JFET
158	7-8	المنحنيات المميزة للترانزستور ذي الأثر الحقلّي
158	1-7-8	منحني خواص المصرف

159	2-7-8 منحني خواص التحويل
159	8-8 تحليل دارة المكبر FET تشكيلة المنبع المشترك
161	9-8 الاختلافات بين الترانزستور ذو الأثر الحثلي FET وثنائي القطبية BJT
162	10-8 أهم تطبيقات الترانزستور FET :
162	1-10-8 استخدام الترانزستور FET كقاطع
162	2-10-8 استخدام الترانزستور JFET كمقاومة متحكم بها بالجهد
163	القسم العملي للتجربة
163	➤ نص التجربة
166	➤ خطوات الحل

## ❖ التجربة التاسعة : مكبرات العمليات

167	1-9 الهدف من التجربة
167	2-9 المبدأ النظري للتجربة
167	3-9 مبادئ عمل مكبر العمليات Operational Amplifier
168	4-9 التغذية الخلفية لمكبر العمليات (Feedback)
169	5-9 تطبيقات مضخم العمليات الخطية:
169	1-5-9 Inverting Amplifier المضخم العاكس
170	2-5-9 Non Inverting Amplifier المضخم غير العاكس
171	3-5-9 Comparator Amplifier المضخم المقارن
173	4-5-9 Summing Amplifier المضخم الجامع
174	5-5-9 Sub Amplifier المضخم الطارح
175	6-5-9 Differentiator Amplifier المضخم المفاضل
176	7-5-9 Integrator Amplifier المضخم المكامل
177	8-5-9 Buffer Amplifier المضخم العازل

179

القسم العملي للتجربة

179

➤ نص التجربة

181

➤ خطوات الحل

## ❖ التجربة العاشرة : المرشحات

183 1-10 الهدف من التجربة

183 2-10 المبدأ النظري للتجربة

183 3-10 المرشحات

183 1-3-10 المرشحات السلبية (غير الفاعلة أو غير الفعالة) (passive)

183 2-3-10 المرشحات النشطة

183 4-10 أنواع المرشحات السلبية في الدارات الكهربائية

184 1-4-10 مرشح التمرير المرتفع High Pass Filter

185 2-4-10 مرشح التمرير المنخفض Low Pass Filter

186 3-4-10 مرشح تمرير حزمة Band Pass filter

187 4-4-10 مرشح حذف حزمة Band Stop filter

187 5-4-10 مرشح تمرير جميع الترددات All Pass Filter

187 5-10 تردد القطع Cut off Frequency

187 6-10 استخدامات المرشحات

188 7-10 استجابة المرشحات الفاعلة (النشطة) (Active Filter Response):

189 1-7-10 مرشح تمرير الترددات المنخفضة Low Pass Filter

190 2-7-10 مرشح تمرير الترددات العالية High Pass Filter

191 • القسم العملي للتجربة

191 ➤ نص التجربة

193 ➤ خطوات الحل

195 ❖ مسرد المصطلحات

203 ❖ المراجع

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## مقدمة:

تُعدُّ مادتا الدارات الكهربائية والإلكترونية من المواد الأساسية التي تبني الفكر الهندسي عند الطالب ، حيث إن دراسة العناصر الكهربائية والإلكترونية بشكل مفصل تؤهل الطالب لفهم البنية الأساسية لمعظم الأجهزة الإلكترونية المستخدمة في مجال التحكم ، والاتصالات ، والحواسيب .

من جهة أخرى ، فإن فهم هاتين المادتين ، والخوض في التجارب العملية والتي تعتمد بشكل أساسي على برنامج محاكاة الدارات باستخدام الحاسب، يساعد طالب الهندسة المعلوماتية على متابعة دراسته في المواد التخصصية .

يحتوي هذا الكتاب مجموعة من التجارب ، حيث إن القسم الأول منها خاص بالدارات الكهربائية والقسم الثاني منها يخص الدارات الإلكترونية ، وقد استعرضنا في كل تجربة الهدف منها ، والمبدأ النظري الذي تعتمد عليه بأسلوب خالٍ من التعقيد دون الإخلال بالمحتوى العلمي ، ليتمكن الطالب من تطبيق التجربة حتى ولو لم يكن لديه فكرة نظرية سابقة عنها ، كما عززنا الشرح النظري للتجربة ببعض الأمثلة التطبيقية ، ليتمكن الطالب من تنفيذ التجربة بكل يسرٍ ، وسهولة .

تضمن الكتاب لمحة عن برنامج المحاكاة Workbench ، وطريقة التعامل مع نوافذه ، وقوائمته المستخدمة في تجاربنا العملية.

كما عرضنا الواحدات ، و تعريفاتها ، ومضاعفاتها وأجزائها ، ووضعنا مسرداً لأهم المصطلحات المستخدمة في الكتاب باللغة الانكليزية .

وأخيراً نرجو من الله أن يحقق الكتاب الغاية المرجوة منه في نفع الطالب ورفد

مسيرة التعليم.

## واحدات القياس الأساسية في الجملة الدولية SI

### الأمبير [A] Amper:

وهو واحدة شدة التيار الكهربائي المار بمقاومة واحد أوم عندما يطبق عليها فرق كمون مقداره واحد فولت .

### الكولون [C] Coulomb:

الكولون هو الشحنة الكهربائية المتحركة عند مرور تيار كهربائي قيمته واحد أمبير خلال ثانية واحدة .

### الفولت [V] Volt:

هو واحدة فرق الكمون . ويعرف الفولت بأنه فرق الكمون بين مرتبطين نقطتين خلال انتقال شحنة كهربائية قدرها واحد كولون تحت تأثير قوة عملها جول واحد بين هاتين النقطتين .

### الأوم [Ω] Ohm:

هو واحدة المقاومة الكهربائية. والأوم هو مقاومة الناقل الذي إذا مر فيه تيار كهربائي شدته واحد أمبير كان هبوط الجهد على طرفيه يساوي فولتاً واحداً.

### الفاراد [F] Farad:

هو واحدة السعة . وهو سعة المكثف الكهربائي الذي إذا كان على لبوسيه شحنات كهربائية مقدارها واحد كولون كان فرق الجهد بين لبوسيه فولتاً واحداً.

### الهنري [H] Henri:

هو واحدة عامل التحريض الذاتي . هو عامل التحريض الذاتي للملف الذي إذا تغيرت فيه شدة التيار بمعدل 1 أمبير في الثانية تسبب في توليد قوة محرّكة كهربائية متحرّضة مقدارها 1 فولت .

### الواط [W] Watt:

هو واحدة الاستطاعة وهو القدرة المبذولة لإنجاز عمل قيمته جول واحد خلال ثانية واحدة.

### الجول [J] Joul:

هو قيمة العمل الذي تنجزه قوة شدتها نيوتن واحد خلال انتقال نقطة تأثيرها بمسافة متر واحد في اتجاه، ومنحى القوة.

## المحددات المضاعفة Prefix Multipliers

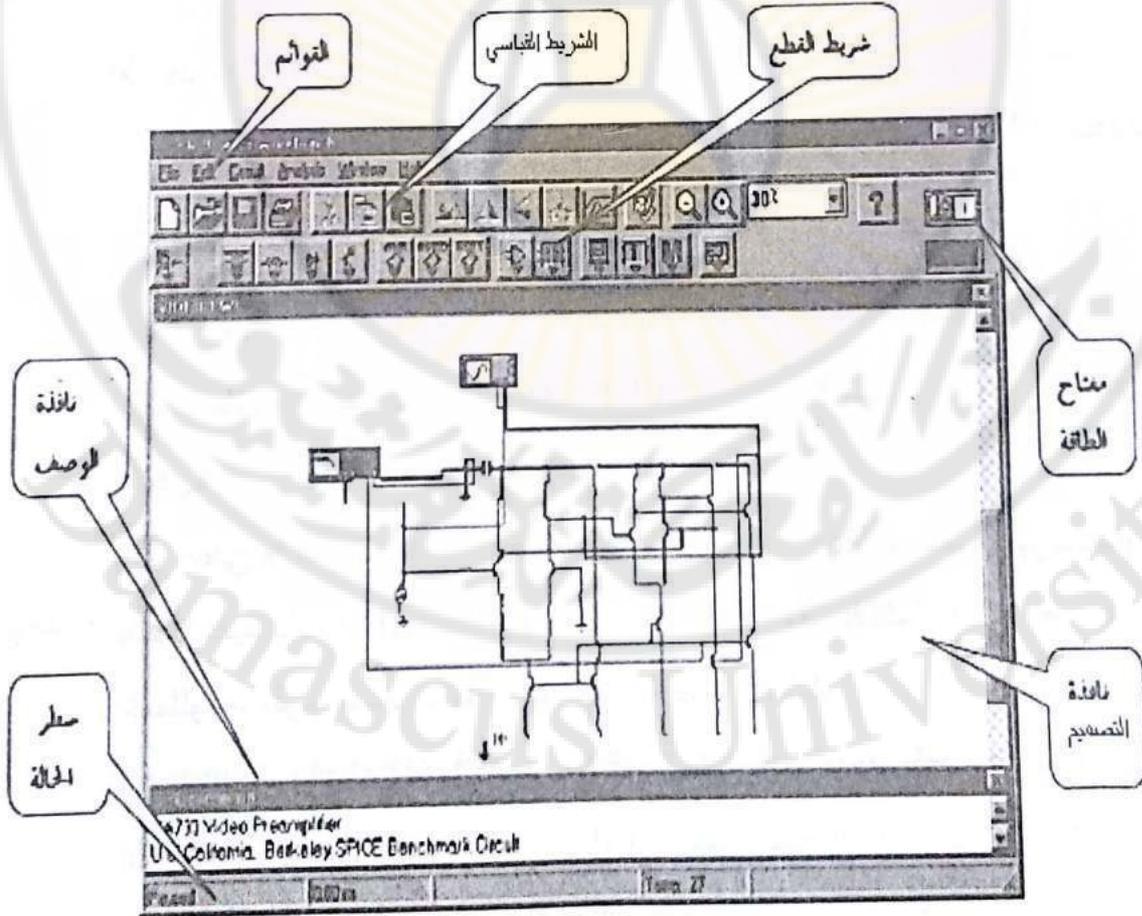
يمكن التعبير عن أية واحدة على شكل وحدات أصغر أو أكبر ، كمضاعفات أو أجزاء من  
الوحدات الأساسية. تمثل هذه المضاعفات والأجزاء بالنظام العشري ( بالرفع للقوة 10 ) ،  
وتمثل هذه المضاعفات والأجزاء بالنظام الثنائي ( بالرفع للقوة 2 ) كما في الجدول الآتي:

المحدد	الرمز	النظام العشري	النظام الثنائي
Atto-	A	$10^{-18}$	$2^{-60}$
Femto-	F	$10^{-15}$	$2^{-50}$
Pico-	P	$10^{-12}$	$2^{-40}$
Nano-	N	$10^{-9}$	$2^{-30}$
Micro-	$\mu$	$10^{-6}$	$2^{-20}$
Milli-	M	$10^{-3}$	$2^{-10}$
Centi-	C	$10^{-2}$	-
Deci-	D	$10^{-1}$	-
-	-	$10^0$	$2^0$
Deka-	D أو da	$10^1$	-
Hecto-	H	$10^2$	-
Kilo-	K	$10^3$	$2^{10}$
Mega-	M	$10^6$	$2^{20}$
Giga-	G	$10^9$	$2^{30}$
Tera-	T	$10^{12}$	$2^{40}$
Peta-	P	$10^{15}$	$2^{50}$
Exa-	E	$10^{18}$	$2^{60}$

## برنامج المحاكاة Workbench

هناك العديد من برامج محاكاة الدارات الكهربائية والإلكترونية منها :  
( crocodile 7.2 - proteus - spice - workbench..... )  
نعرض في هذا الكتاب برنامج workbench المستخدم لمحاكاة الدارات الكهربائية والإلكترونية ، و يتميز هذا البرنامج بالميزات التالية:

- يحتوي على عدد كبير من القطع الكهربائية ، والإلكترونية ، والمنطقية .
- يحتوي على معظم أجهزة القياس المستخدمة في المخبر ، والمعامل .
- يحتوي على وسائل عديدة للتحليل .
- سهل الاستخدام ( طريقة السحب ، والإفلات ) .
- إمكانية تخزين الدارات ، وإعادة استخدامها في تصميمات لاحقة .



الشكل (1)

## 1. واجهة برنامج Workbench :

تتألف واجهة البرنامج حسب الشكل (1) مما يلي :

- قوائم البرنامج .
- الشريط القياسي للدارات.
- شريط القطع الإلكترونية ، والكهربائية ، والمنطقية.
- مساحة تصميم الدارات.
- نافذة الوصف.
- سطر الحالة .
- مفتاح الطاقة.

## 2. قوائم البرنامج:

سنشرح بعض أوامر القوائم التي نحتاجها في تجاربنا .

### ➤ قائمة الملفات Files:

تحتوي هذه القائمة على الأوامر الخاصة بإدارة ملفات الدارات (إنشاء ملفات جديدة، وحفظها ، وفتحها ، وطباعتها .....).

### مثال (1) :

إنشاء ملف ، وتخزينه باسم ( دائرة 1 ) في القرص الصلب \: c ثم إعادة فتحه .

### الحل:

ننقر على قائمة الملفات Files ، ونختار: جديد New ، سيقوم البرنامج بإنشاء ملف جديد باسم untitled (من دون عنوان) ، بعد الانتهاء من تصميم الدارة المطلوبة، نقوم بحفظ الملف ، وذلك من قائمة الملفات File نختار: حفظ باسم save as، ونحفظه باسم ( دائرة 1 ) في المكان الذي نريده (هنا تم حفظه في \: c).  
لفتح الملف : من قائمة الملفات File ، نختار فتح open ونختار الملف (دائرة 1) الذي تم حفظه في القرص الصلب \: c .

## ➤ قائمة تحرير الملفات Edit :

تحتوي هذه القائمة على الأوامر التالية:

- **Select All** : تحديد القطع جميعها من نافذة التصميم .
- هناك طريقة أخرى لتحديد مجموعة من القطع : قم برسم مربع حولها بالضغط المستمر على مفتاح الفأرة الأيسر ، اترك المفتاح عندها سيتحول لون القطع المختارة إلى اللون الأحمر ، وهذا يعني أن القطع تم اختيارها.
- **Delete** الحذف : مسح العنصر المختار أو مجموعة العناصر المختارة ذات اللون الأحمر نهائياً.
- **Copy** النسخ : أخذ نسخة من الجزء المختار .
- **Cut** القص : قص الجزء المختار .
- **Paste** اللصق : لصق الجزء المنسوخ أو المقصوص .

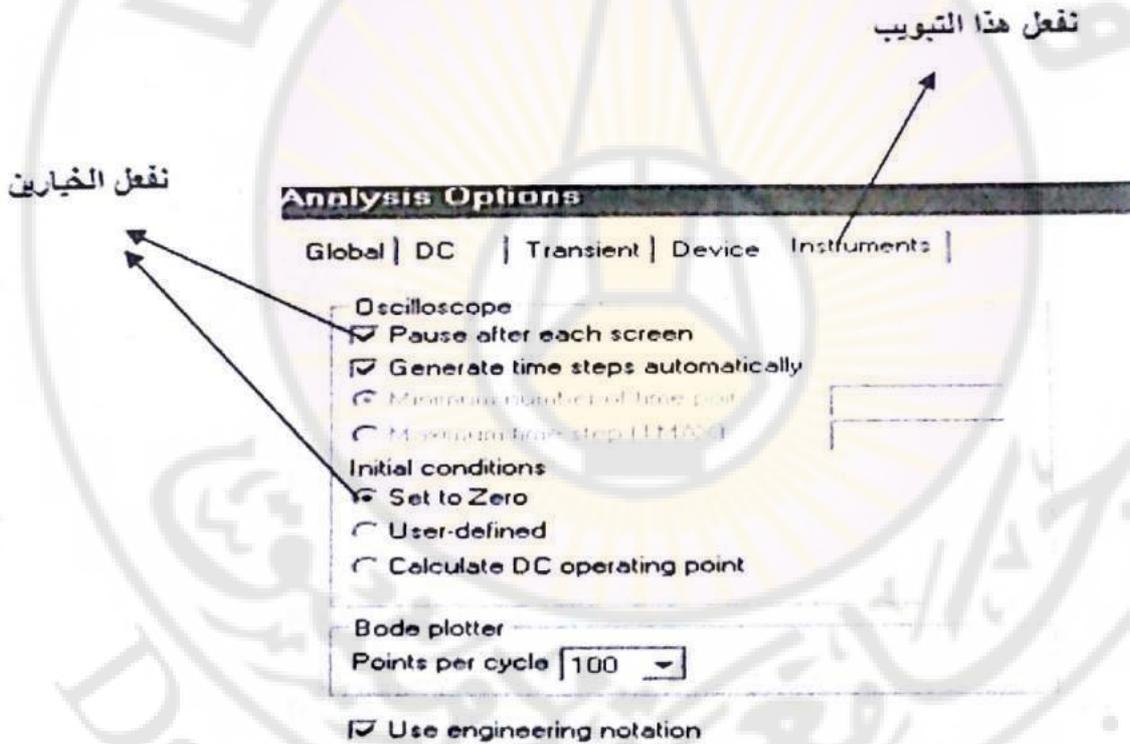
## ➤ قائمة الدارات Circuits :

- تستخدم للتحكم بالدارة أو القطع المكونة لها . يتم ذلك عن طريق الأوامر الملحقة بالقائمة وهي باختصار كالاتي :
- **Rotate** دوران : تدوير أي قطعة موجودة في نافذة التصميم 90 درجة مع عقارب الساعة.
  - **Flip Horizontal** انعكاس أفقي : قلب العنصر المختار بالاتجاه الأفقي.
  - **Flip Vertical** انعكاس عمودي : قلب العنصر المختار بالاتجاه العمودي.
  - **Component Properties** خصائص القطعة : لتسمية القطعة أو تحديد مواصفاتها مثل تسمية المقاومة وتغيير قيمتها.....
  - **Created Sub circuit** إنشاء دارة جزئية : تجميع قطع عدة مع توصيلاتها في دارة جزئية منفصلة عن الدارة الرئيسية.
  - **Zoom In** تكبير : لتكبير الدارة داخل نافذة التصميم .
  - **Zoom Out** تصغير : لتصغير الدارة داخل نافذة التصميم .

## ➤ قائمة التحليل Analysis :

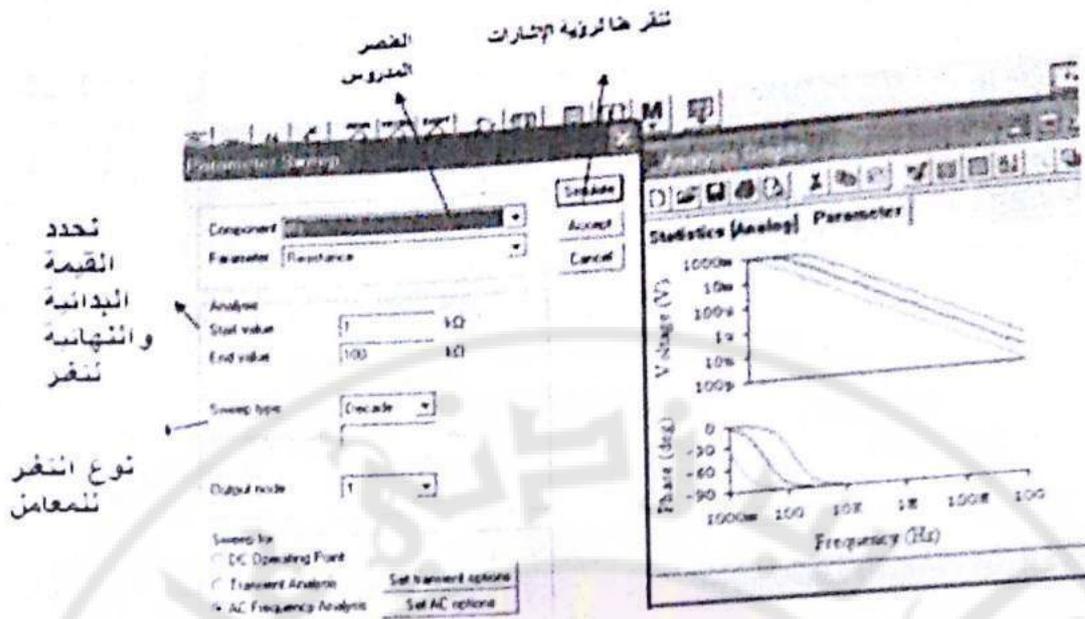
- تحتوي الدارة على الأوامر الخاصة بتشغيل الدارات الموجودة في نافذة التصميم ، وتحليلها .  
نعرض في هذه القائمة على بعض الأوامر التي نحتاجها في تجاربنا .
- تفعيل Active : مفتاح الطاقة يكون فاعلاً لتشغيل الدارة .
  - إيقاف Stop : مفتاح الطاقة يكون في وضع عدم التشغيل .
  - خيارات التحليل Analysis Options : نتحكم في خيارات عرض الإشارات .

فمثلاً عند رسم أية إشارة تظهر لنا الإشارة بشكل مستمر وسريع ، فإذا أردنا لقطة ثابتة للإشارة تبدأ من لحظة الصفر ، فمن خيارات التحليل Analyses Options نختار التبويب Instrument ، ونحدد الخيارين التاليين حسب الشكل (2):



الشكل (2)

- مسح مجال المعامل "Parameter Sweep" للتحكم في عنصر من عناصر الدارة الكهربائية المرافق لتغيير معامل معين، ورسم الإشارة المرافقة لذلك. فمثلاً لدراسة تغيير الجهد في دارة بالنسبة لقيم مختلفة للتردد من أجل مقاومات مختلفة على الرسم البياني نفسه كما في الشكل (3).



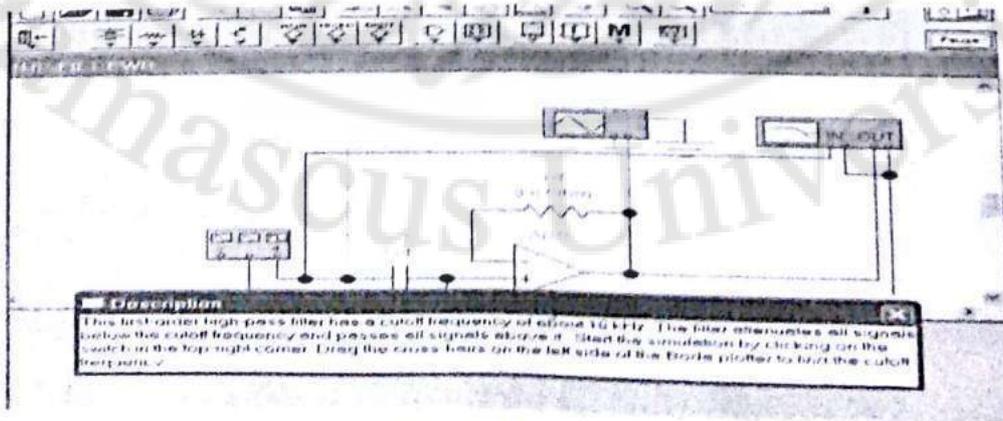
الشكل (3)

- إظهار المنحنيات البيانية Display Graphs لرؤية الإشارات النهائية لأية توصيلات في الدارة .

فمثلاً في الشكل (3) نقرنا على الخيار Simulate لرؤية الإشارة النهائية ، ويمكن أن ننقر على Display Graphs لرؤية الإشارة بشكل نهائي بعد تحديد الخيارات المطلوبة.

### ➤ قائمة Windows :

- للتحكم بما يعرض في نافذة التصميم .
- الوصف Description : تظهر لنا نافذة الوصف في أسفل نافذة التصميم ، لوصف عمل الدارة المصممة ، وفهمها عند الرجوع إليها لاحقاً .



الشكل (4)

### 3. أشرطة الأدوات

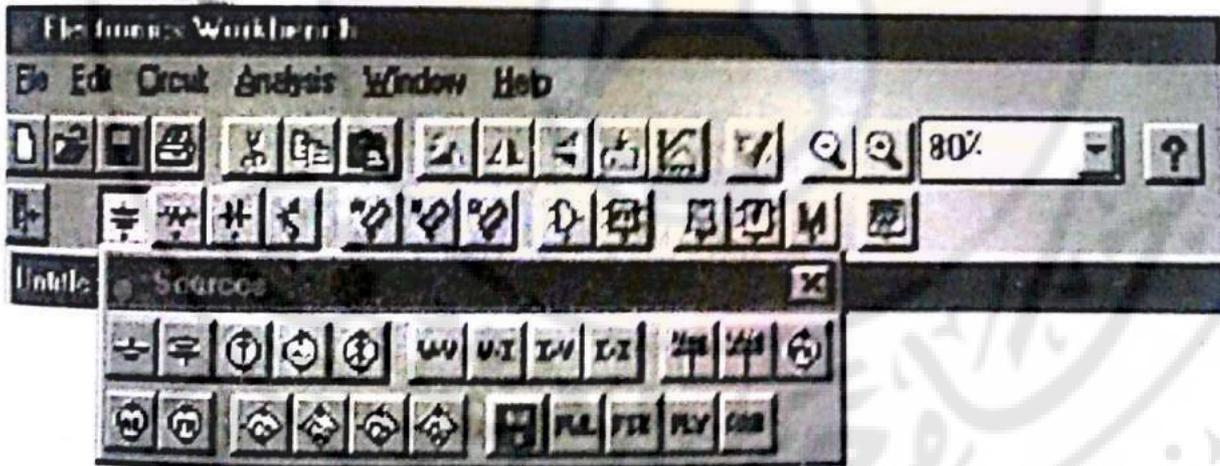
- الشريط القياسي: وهو الشريط الاعتيادي الموجود في برامج الحاسوب التطبيقية جميعها، وهو عبارة عن أزرار للتحكم بالدارة. مع العلم أن الأوامر المنفذة جميعها بواسطة هذه الأزرار موجودة ضمن إحدى القوائم المشروحة سابقاً (الفتح - الحفظ - الطباعة - التكبير والتصغير - التلوين .....).

### • شريط القطع الإلكترونية:

هو عبارة عن عدة أشرطة تحتوي على جميع القطع الكهربائية والإلكترونية والمنطقية وأجهزة القياس مرتبة كما يلي:

#### 1- شريط المصادر Sources:

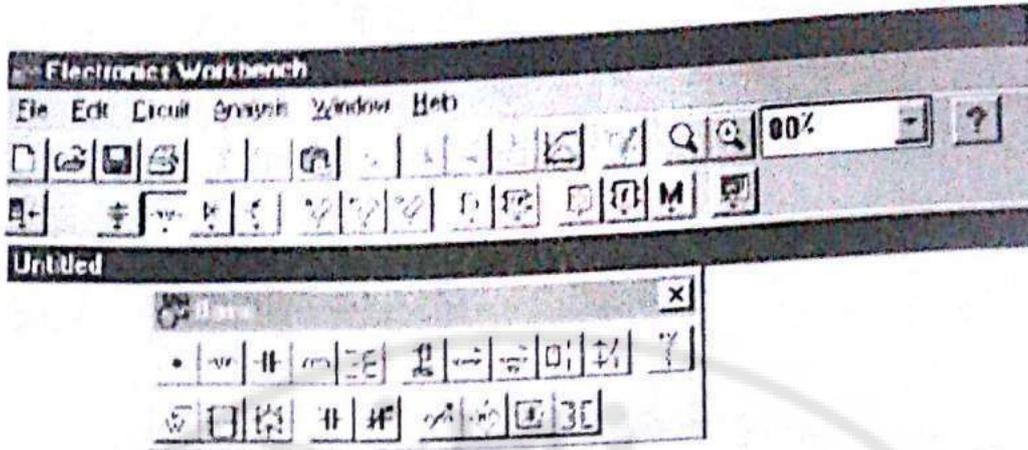
يحتوي على عدة أنواع من مصادر الطاقة، والترددات، مثل: منبع الجهد المستمر والمتناوب، ومنبع التيار المستمر، والمتناوب، والتأريض، ومولد الإشارة المربعة. كما في الشكل (4).



الشكل (4)

#### 2- شريط القطع الأساسية Basic:

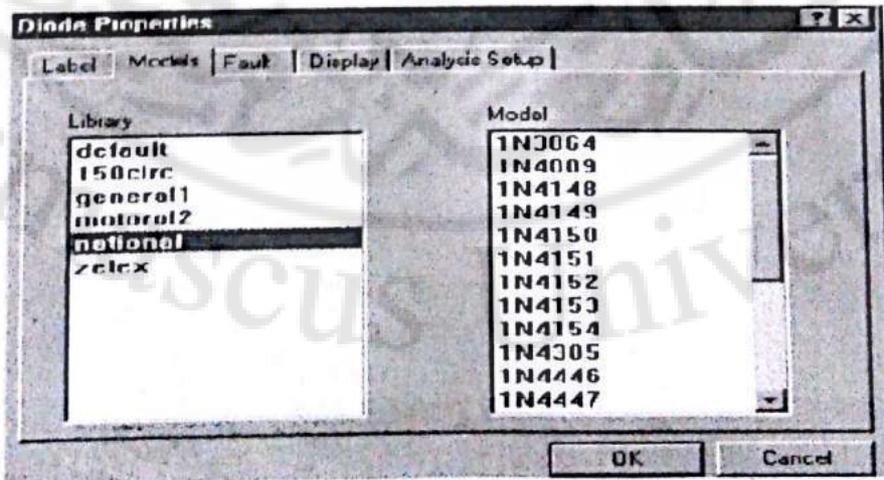
يشمل هذا الشريط القطع الأساسية المكونة لمعظم الدارات، مثل: المقاومات، والمكثفات، والوشائع، والمفاتيح، والمحولات ..... كما في الشكل (5).



الشكل (5)

### 3- شريط الثنائيات (الديودات) Diodes:

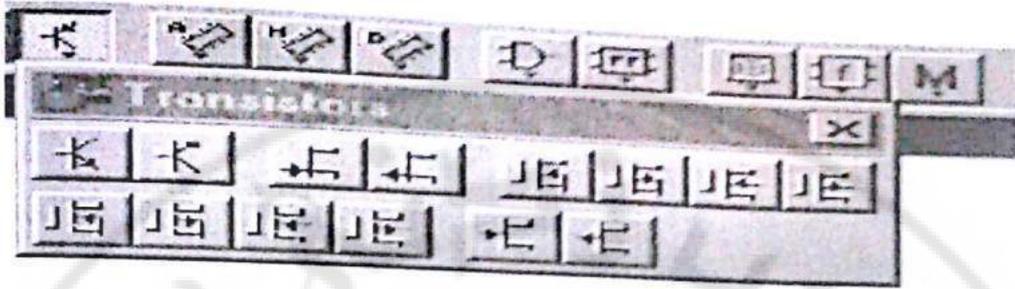
يتم من خلاله اختيار الثنائي وتحديد مواصفاته (النقر المزدوج على الثنائي)، واختيار الثنائي المثالي (ideal diode)، أو اختيار ديود آخر من خلال تحديد رقمه واسم الشركة المصنعة كما في الشكل (6).



الشكل (6)

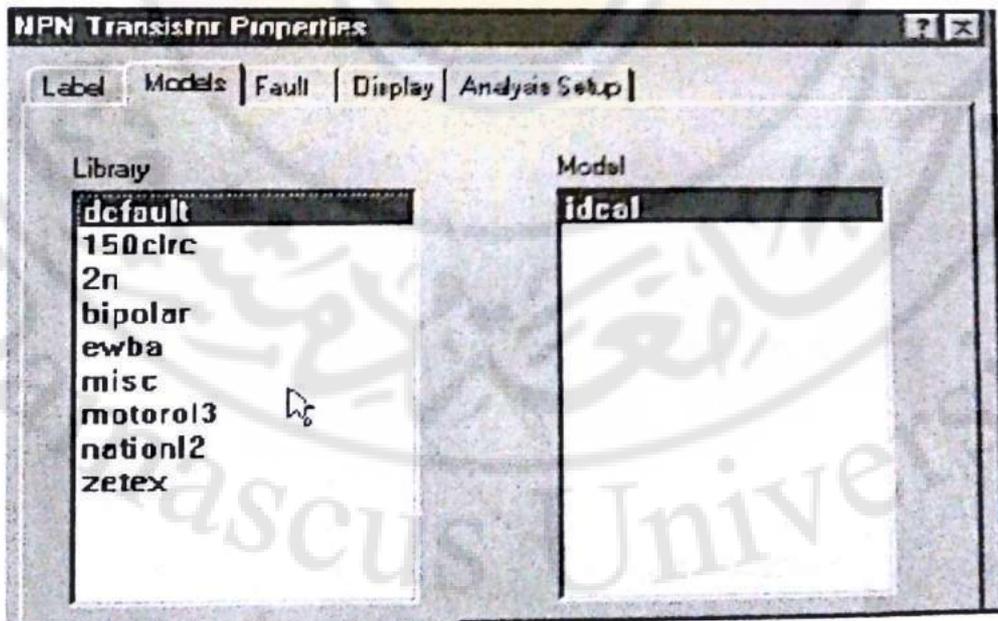
#### 4- شريط الترانزستور Transistors:

يتم من خلاله اختيار الترانزستور وتحديد مواصفاته (النقر المزدوج على الترانزستور)،



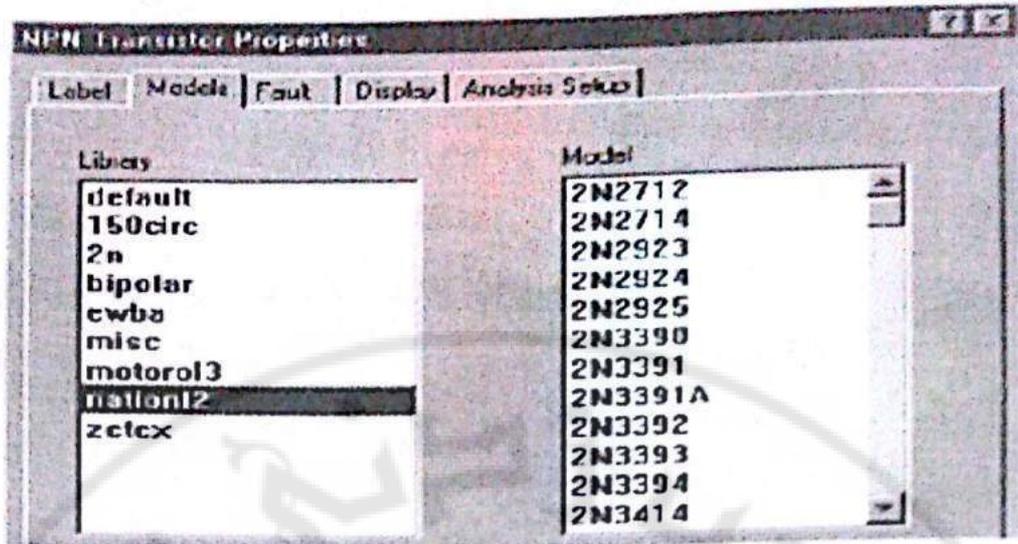
الشكل (7)

واختيار الترانزستور المثالي، أو اختيار ترانزستور آخر من خلال تحديد رقمه واسم الشركة المصنعة، بشكل مشابه للثنائي. بالنقر المزدوج على الترانزستور نحدد الترانزستور المثالي كما في الشكل (8).



الشكل (8)

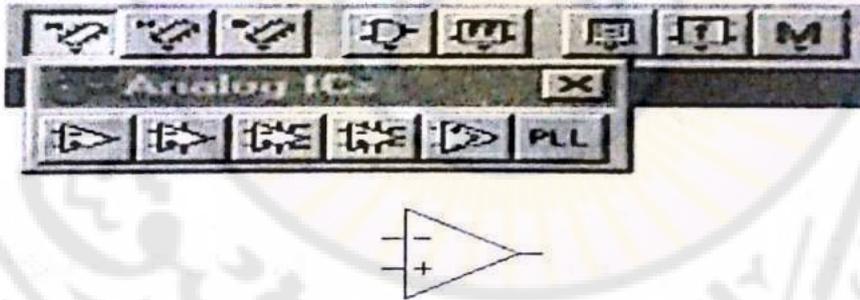
إذا أردنا اختيار أنواع أخرى للترانزستور نتبع الخطوات حسب الشكل (9):



الشكل (9)

### 5- شريط الدارات التماثلية المتكاملة (Analog Integrated Circuits (ICs):

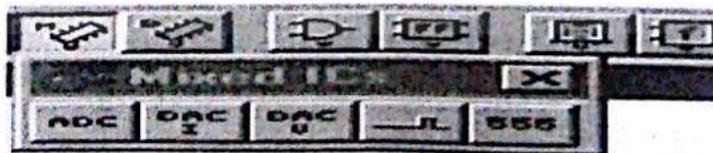
يتم من خلاله اختيار مواصفات المضخم (النقر المزدوج على المضخم)، واختيار المضخم المثالي، أو اختيار مضخم آخر من خلال تحديد رقمه، واسم الشركة المصنعة، بشكل مشابه للثنائي، والترانزستور كما في الشكل (10).



الشكل (10)

### 6- شريط الدارات التماثلية والرقمية المختلطة (Mixed ICs):

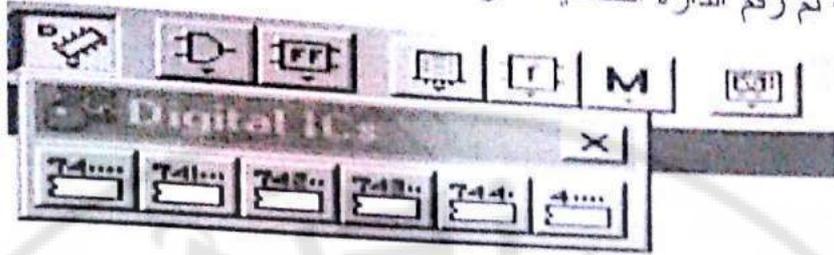
تشمل دارات التحويل من رقمي إلى تماثلي، وبالعكس كما في الشكل (11).



الشكل (11)

7- شريط الدارات الرقمية Digital ICs:

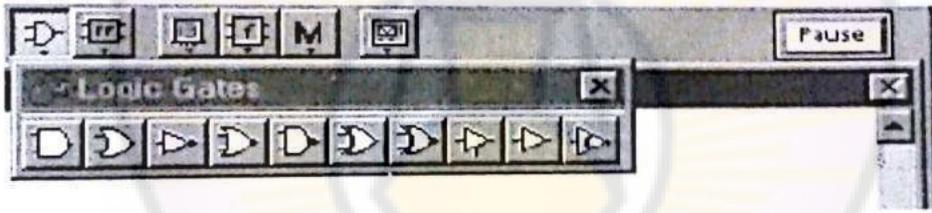
تُشمل على معظم الدارات التكاملية الرقمية ، وهي مرتبة بحسب رقم القطعة حيث نختار مجموعة معينة ثم رقم الدارة التكاملية المراد استخدامها ، كما في الشكل (12) :



الشكل (12)

8- شريط البوابات المنطقية Logic Gate:

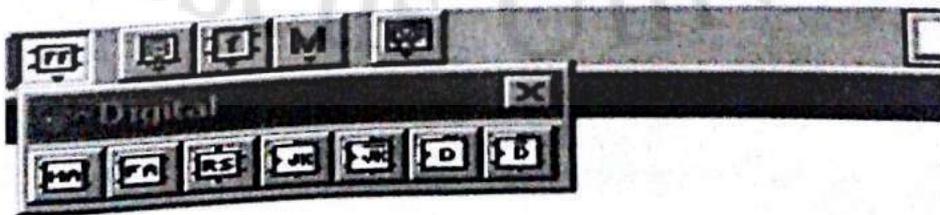
يحتوي على معظم البوابات المنطقية (AND - OR - XOR - XNOR ..... ) كما في الشكل (13).



الشكل (13)

9- شريط الدارات التكاملية متوسطة الكثافة أو النطاق Medium Scale Integration (MSI):

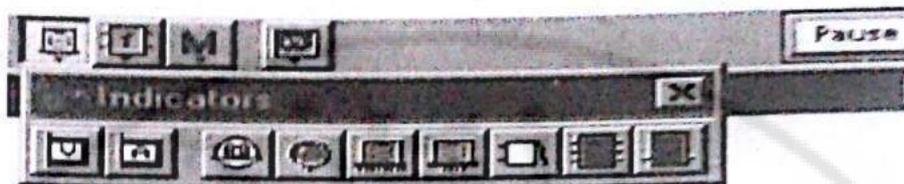
يشمل القلابات (Flip Flops) ، ودارة الجامع الكامل (Adders) ، وغيرها كما في الشكل (14).



الشكل (14)

10- شريط المؤشرات Indicators:

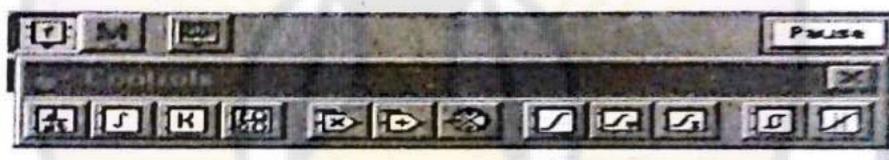
يحتوي على عدة وسائل لفحص البيانات ( مقياس الجهد Voltmeter ومقياس التيار Ammeter وشاشة الإظهار سباعية المقاطع seven segment ... ) كما في الشكل (15)



الشكل (15)

11- شريط التحكم Controls:

يحتوي على بعض الدارات المستخدمة في التحكم (مكبر الجهد، مفاضل الجهد، مكامل الجهد ... ) كما في الشكل (16).



الشكل (16)

12- شريط القطع المتنوعة Miscellaneous:

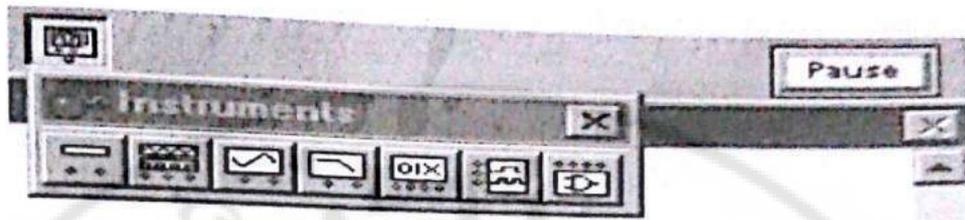
يشمل خطوط نقل مثالية وأخرى قابلة لفقد المعلومات وفيوزات، بالإضافة إلى قطع أخرى كما في الشكل (17).



الشكل (17)

13- شريط أدوات القياس Instruments:

يشمل أهم الأجهزة ( جهاز متعدد القياسات ومولد الإشارات و راسم الإشارة وراسم مخطط بود ومولد الكلمات والنبضات ..... ) كما في الشكل (18).



الشكل (18)

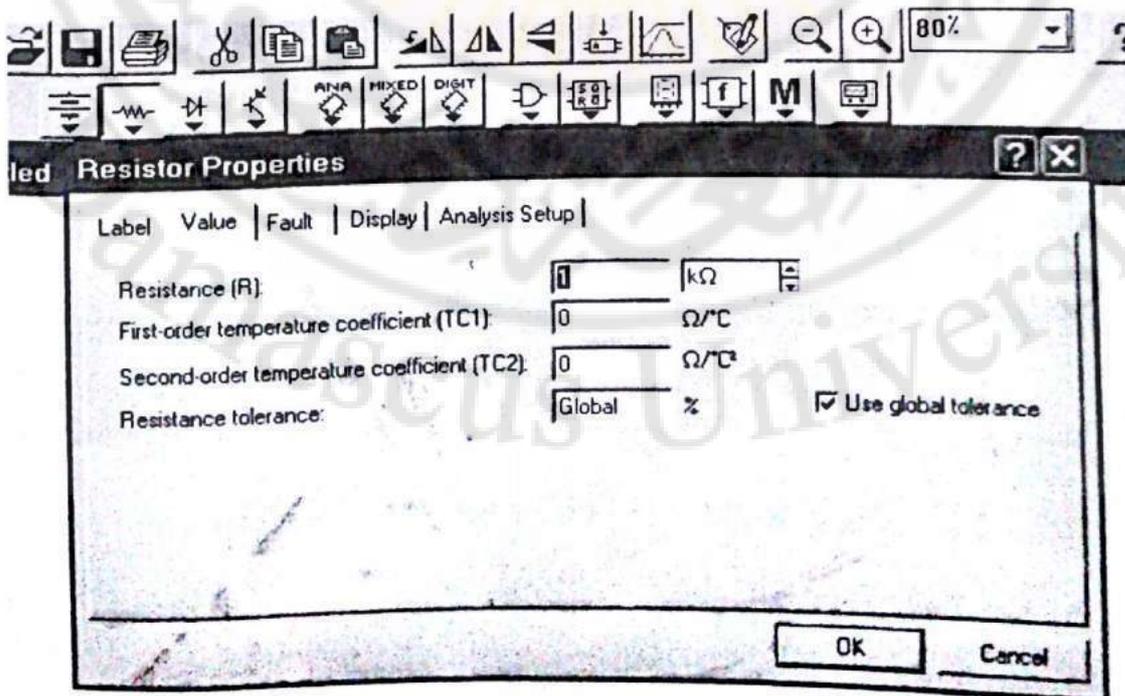
• مساحة نافذة التصميم :

يتم فيها بناء الدارات المراد محاكاتها وتصميمها.

4. لتغيير مواصفات أي عنصر في دائرة :

ننقر نقرة مزدوجة على العنصر، فنغير اسمه بالنقر على صفحة اللصاقة label ، ونغير قيمته بالنقر على تبويب value.

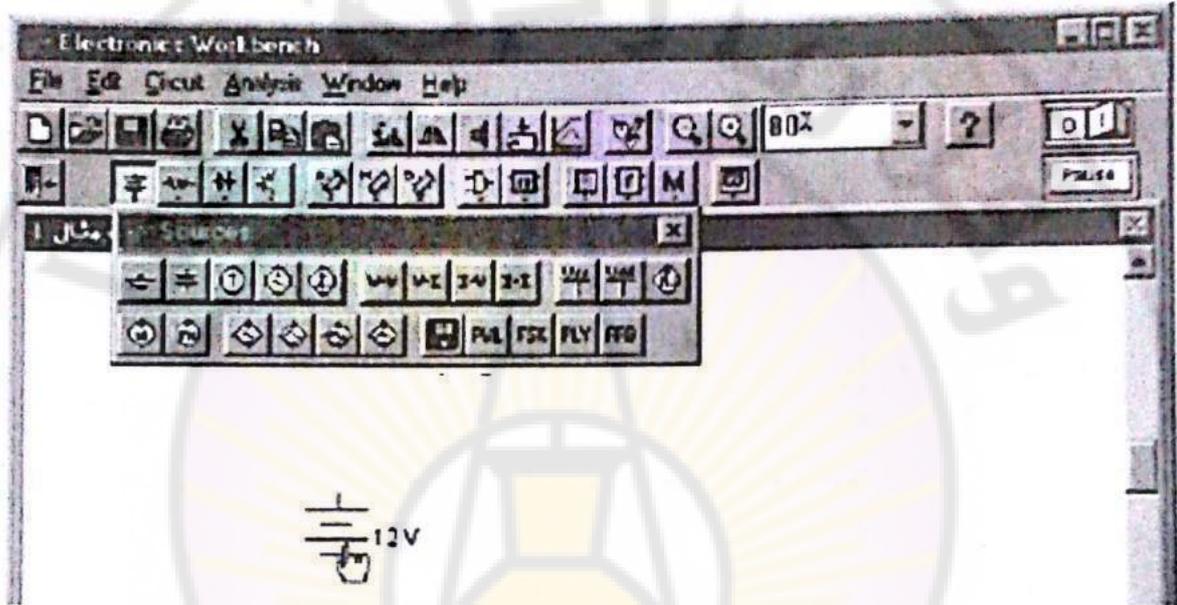
مثلاً لتغيير مواصفات مقاومة ننقر نقرة مزدوجة على المقاومة، ونغير اسم المقاومة بالنقر على صفحة اللصاقة label ، ونغير قيمتها وواحدتها بالنقر على التبويب value حيث تظهر النافذة التالية:



## 5. كيفية اختيار المكونات اللازمة لبناء الدارة :

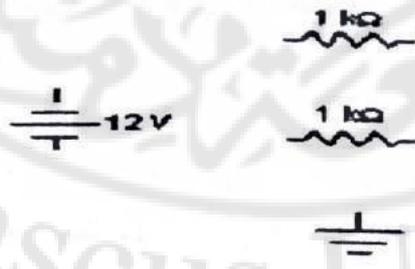
نحدد العنصر المراد استخدامه في الدارة ، و لنقل العنصر من شريطه إلى نافذة التصميم نستخدم طريقة السحب ، والإفلات .

مثلاً لو وضع منبع الجهد المستمر (البطارية) في نافذة التصميم ، نضغط بشكل مستمر على رمز المنبع من شريط المنابع بواسطة الزر الأيسر للفأرة ونسحبه لمكانه المخصص ضمن نافذة التصميم ، ثم نرفع يدنا عن الفأرة فيظهر الشكل (19).



الشكل (19)

وبالطريقة نفسها نسحب مقاومتين ، ورمز الأرضي من أماكنهم ضمن الأشرطة السابقة كما في الشكل (20).

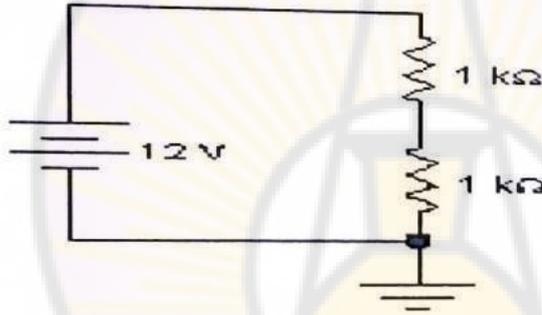


الشكل (20)

## 6. كيفية توصيل العناصر في دارة معينة :

لكي تتم عملية التوصيل بشكل منتظم ، يجب تحريك العناصر ، وتدويرها حسب ترتيب الدارة المطلوبة.

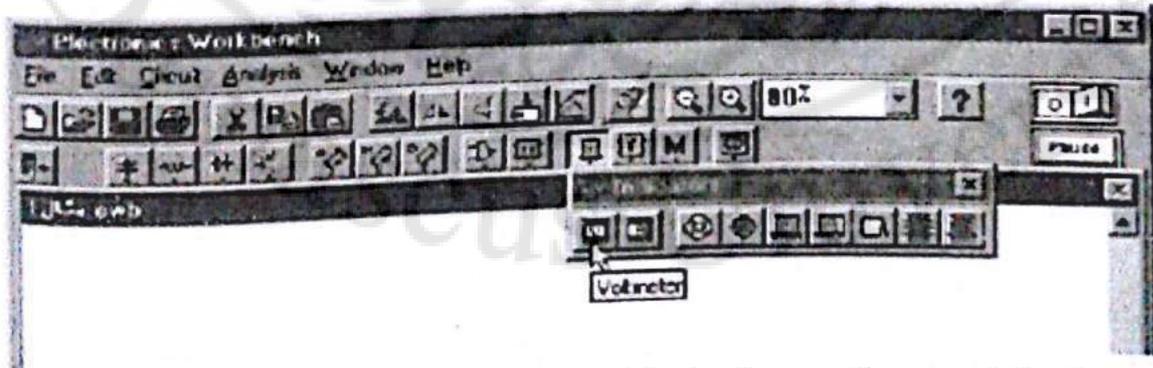
- تتم عملية التحريك للعنصر بطريقة السحب ، والإفلات.
  - تتم عملية الدوران بتحديد العنصر ، فيتحول لونه إلى أحمر ، ثم نأخذ أمر الدوران من الشريط القياسي أو من قائمة الدارات Circuits .
  - نقوم بتوصيل العناصر بعضها مع بعض ، فعند توجيه الفأرة على طرف أي عنصر تظهر نقطة سوداء ، وتدعى الموصل، وبالضغط المستمر على زر الفأرة الأيسر على الموصل نرسم خطاً أسود يصل إلى النقطة السوداء في طرف العنصر الآخر .
- بعد الانتهاء من توصيل أطراف العناصر جميعها ستظهر لنا الدارة كما في الشكل (21).



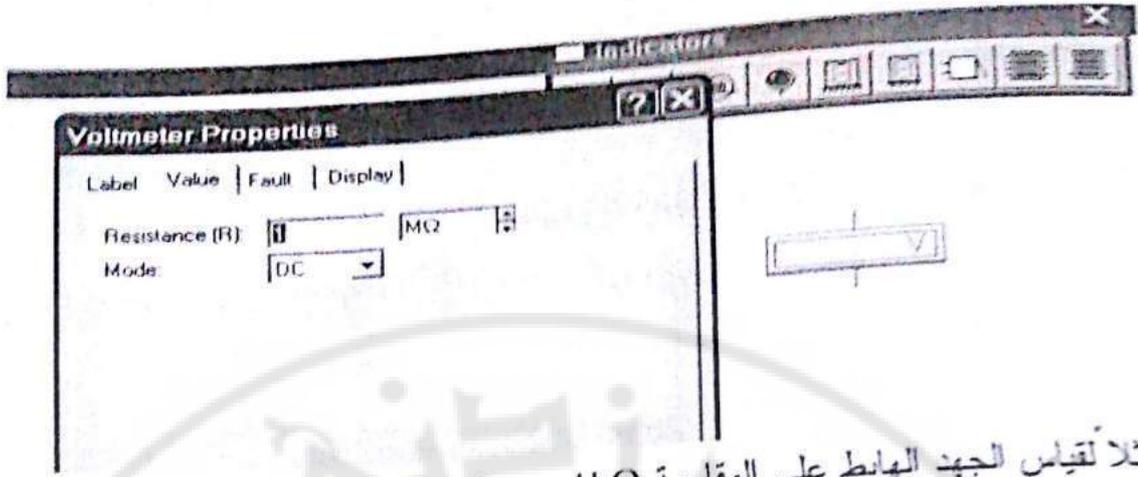
الشكل (21)

## 7. كيفية قياس الجهد الهابط على عنصر في دارة معينة :

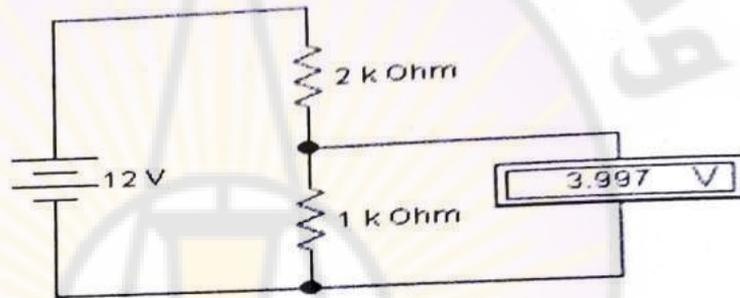
باستخدام جهاز قياس الجهد Voltmeter من شريط المؤشرات Indicators .



نصله على التفرع مع العنصر المراد قياس الجهد الهابط عليه؛ لأن المقاومة الداخلية لمقياس الجهد كبيرة من رتبة  $M\Omega$  ، والجهد في الوصل التفرعي هو نفسه للعناصر جميعها . ويمكن أن نتحقق من ذلك بنقرة مزدوجة على مقياس الفولت ، كما في الشكل التالي .

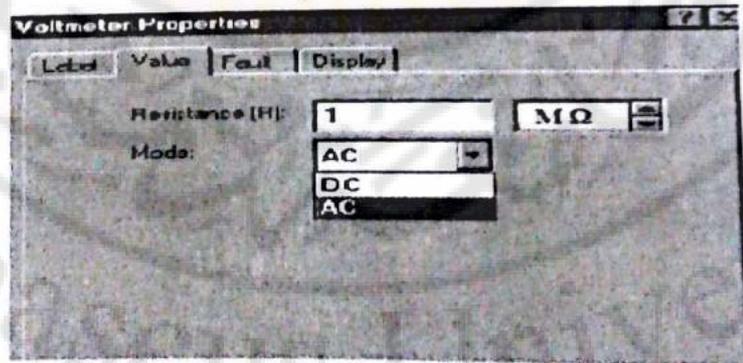


مثلاً لقياس الجهد الهابط على المقاومة  $1\text{ k}\Omega$  ، نصل المقياس كما في الشكل (22) .  
بعد ذلك نشغل مفتاح الطاقة لنحصل على النتيجة المطلوبة :



الشكل (22)

ملاحظة : عند اختيار مقياس الجهد يمكن قياس الجهد المتناوب AC أو الجهد المستمر DC ، وذلك بالنقر عليه نقرة مزدوجة لتظهر النافذة التالية :

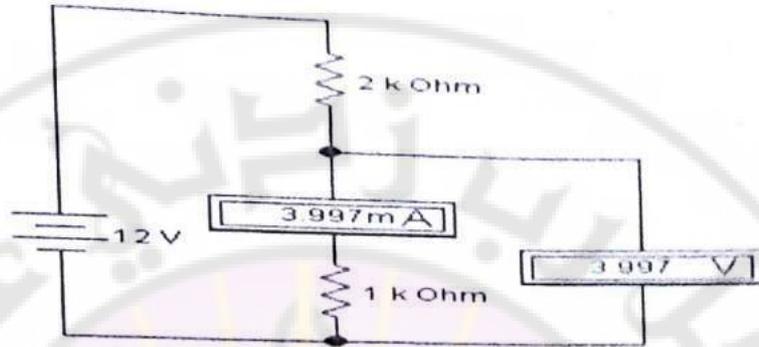


### 8 . كيفية قياس التيار المار في عنصر في دائرة معينة :

يمكن قياس التيار وذلك باستخدام جهاز قياس التيار Ammeter من شريط المؤشرات Indicators المجاور لمقياس الجهد، ووصله على التسلسل مع العنصر المراد قياس التيار المار فيه ؛ لأن

المقاومة الداخلية للمقياس صغيرة من رتبة  $\mu\Omega$  ، كما أن التيار في الوصل التسلسلي هو نفسه للعناصر التسلسلية جميعها.

مثلاً لقياس التيار المار في المقاومة  $1k\Omega$  نصل المقياس كما في الشكل (23).



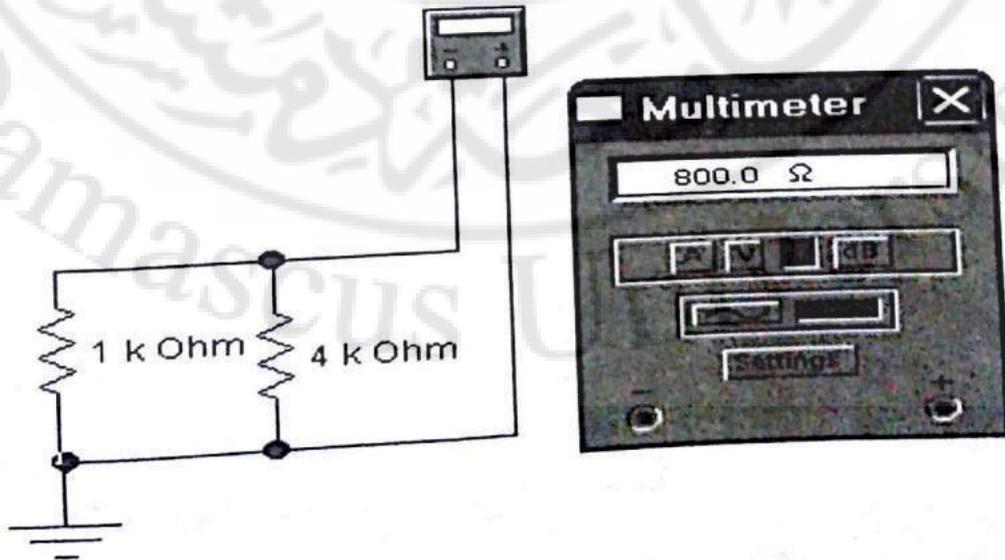
الشكل (23)

ملاحظة: مقياس التيار تم تجهيزه لقياس التيار المتردد AC أو التيار المستمر DC وذلك بالنقر عليه نقرة مزدوجة بشكل مشابه لمقياس الجهد .

هناك مقياس آخر لقياس الجهد، والتيار والمقاومة بالوقت نفسه :

من شريط الأجهزة Instruments نختار أيقونة جهاز متعدد القياسات Multimeter الذي يمكننا من قياس الجهد ، والتيار والمقاومة المكافئة لشبكة مقاومات.

فمثلاً يبين الشكل (24) طريقة ربط جهاز متعدد القياسات لقياس المقاومة المكافئة لمقاومات مربوطة على التفرع.



الشكل (24)

يجب ملاحظة الآتي عند استخدام جهاز متعدد القياسات لقياس المقاومة:

- فصل أي مصدر طاقة.
- توصيل شبكة المقاومات بالأرضي.
- فصل أي مكون مربوط بالجهاز أو مع شبكة المقاومات.
- ضبط الجهاز على الوظيفة DC.



9. كيفية توليد الإشارات الجيبية ، والمربعة ، والمثلثية :

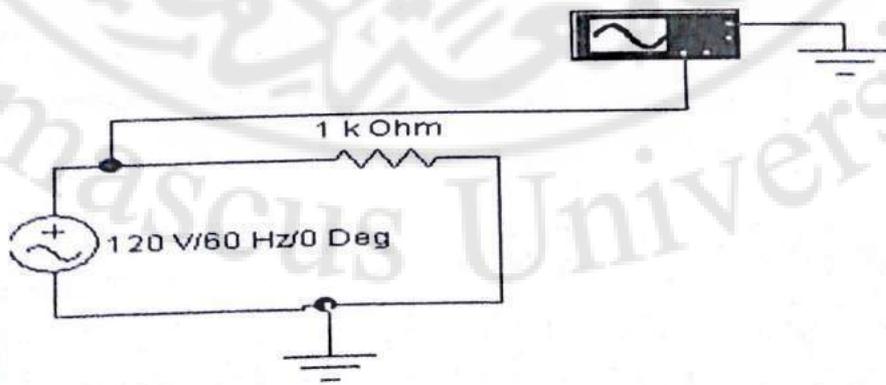
• توليد إشارة جيبية Sine Wave:

نستخدم في الدخل مولد جهد متناوباً AC Voltage Source من شريط المنابع كما في الشكل (25).



الشكل (25)

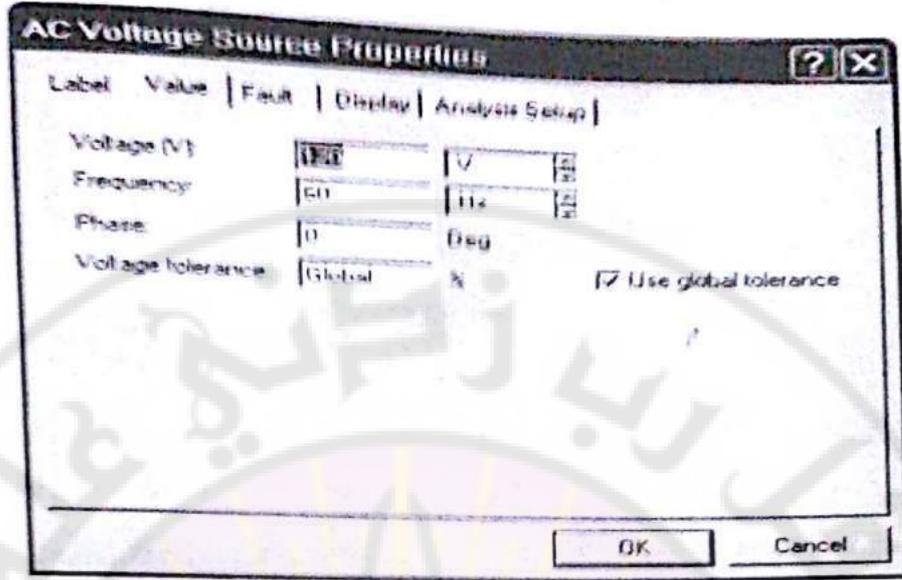
لتكن الدارة التالية:



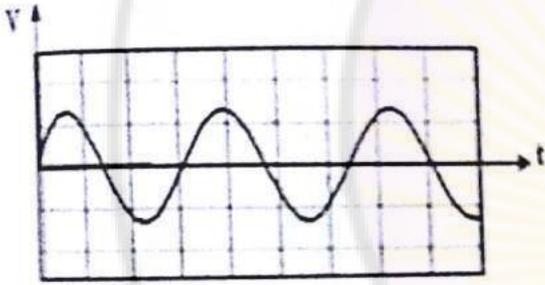
الشكل (A-25)

نحدد مواصفات منبع الجهد المتناوب بالنقر المزدوج عليه (تغير قيمة الجهد والتردد).

120 V/60 Hz/0 Deg



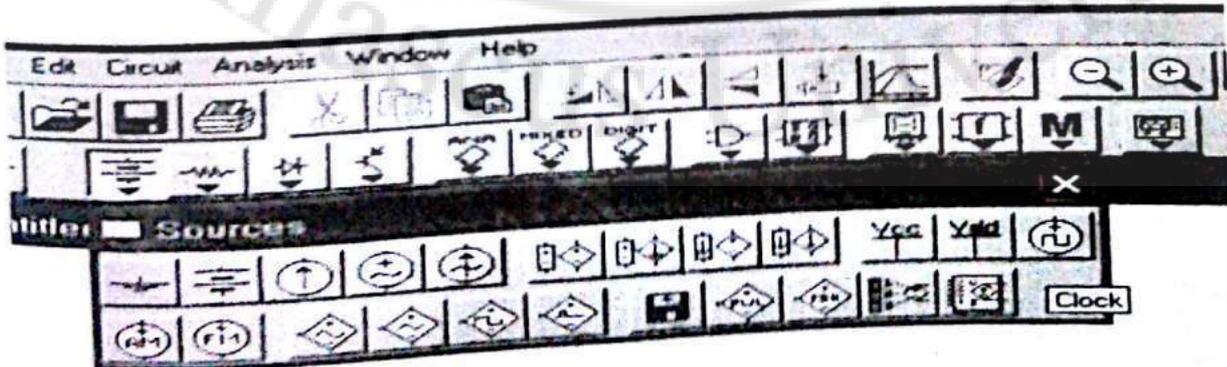
باستخدام راسم الإشارة نرسم إشارة الدخل (مولد الجهد المتناوب) والذي سننتعرف لاحقاً بطريقة توصيله، فنحصل على إشارة الدخل التالية :



الشكل (B- 25)

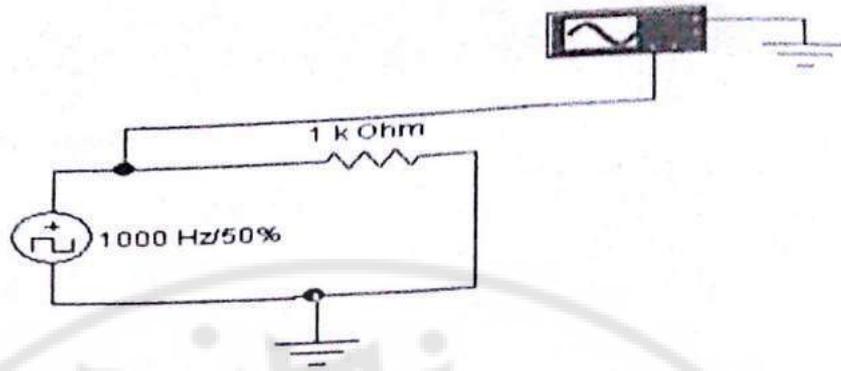
• توليد إشارة مربعة Square Wave :

نستخدم في الدخل مولد إشارة مربعة (نبضات الساعة) Clock ، من شريط المنابع كما في الشكل (26):

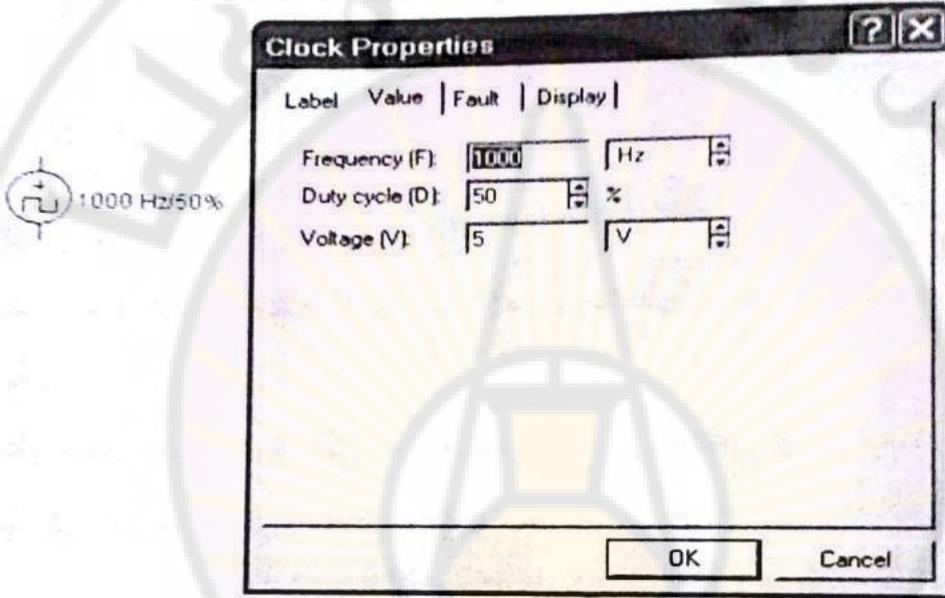


الشكل (26)

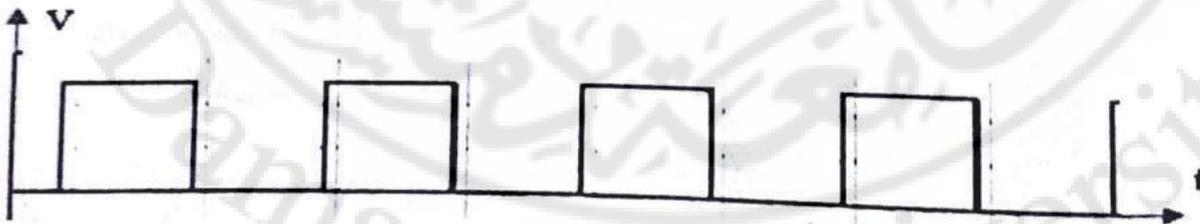
لتكن الدارة التالية:



نغير مواصفات مولد الإشارة المربعة بالنقر المزدوج عليه (نغير قيمة الجهد والتردد).

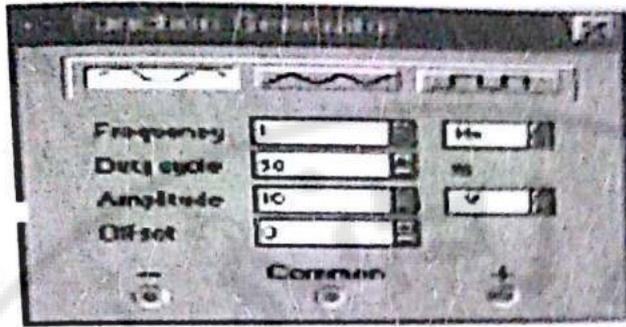


باستخدام راسم الإشارة نرسم إشارة الدخل (مولد الإشارة المربعة)، فنحصل على إشارة الدخل المربعة التالية:



### • توليد إشارة مثلثية Triangular Wave:

لا يوجد جهاز منفرد لتوليد الإشارة المثلثية، وإنما لدينا جهاز مولد التتابع Function Generator من شريط الأجهزة Instruments. يمكن لهذا الجهاز توليد الإشارات الآتية (جيبية - مربعة - مثلثية).

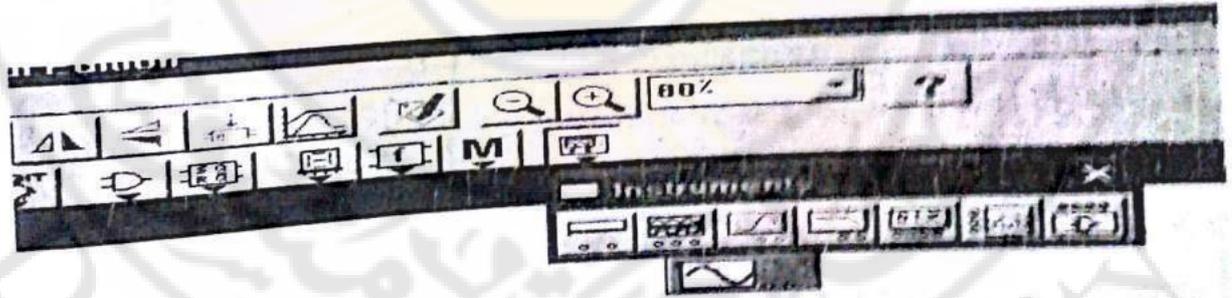


الشكل (27)

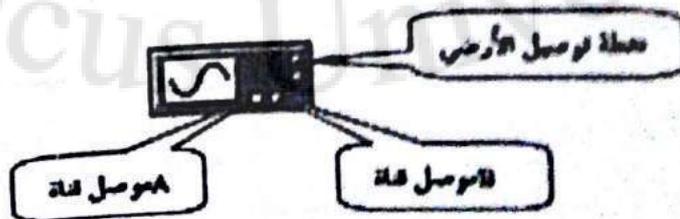
10 . مقياس راسم الإشارة Oscilloscope :

يرسم مقياس راسم الإشارة علاقة الجهد مع الزمن ويستخدم لإظهار التغيرات بين الإشارات الإلكترونية .

يحتوي على قناتين منفصلتين A , B لعرض إشارتين مختلفتين ومقارنتها، ويمكن اختيار هذا الراسم في شروط الأجهزة Instruments .

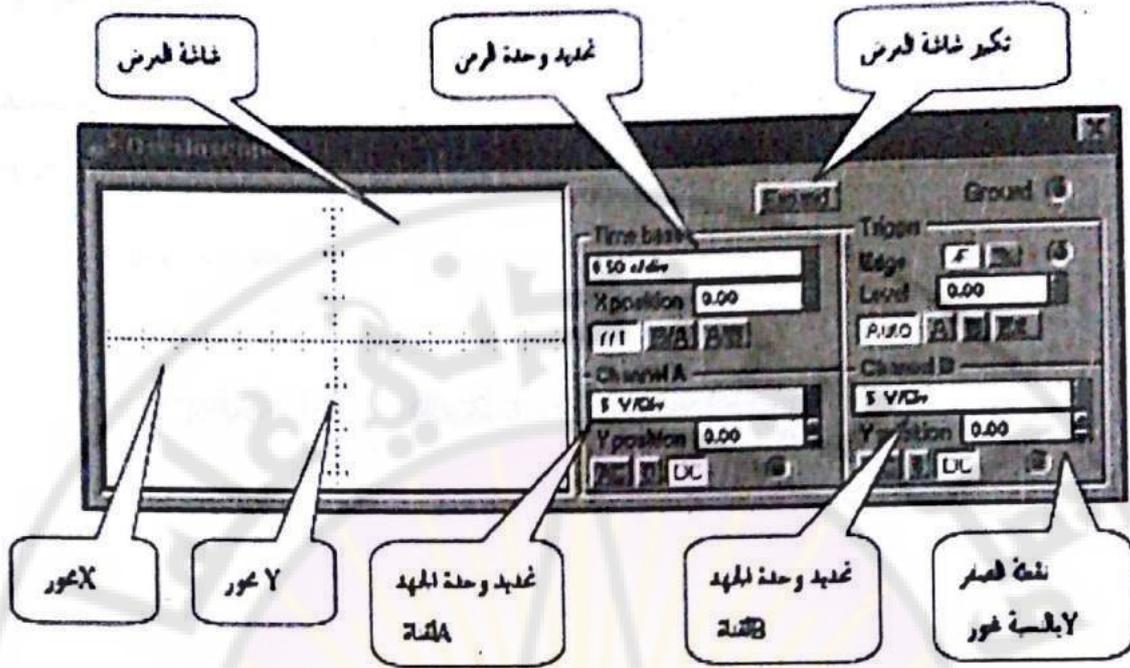


الشكل (28)



الشكل (29)

إذا نقرنا نقرة مزدوجة على راسم الإشارة نحصل على النافذة كما في الشكل (30).



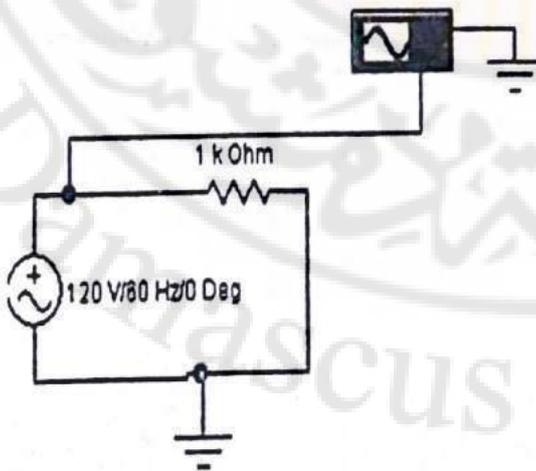
الشكل (30)

• كيفية وصل راسم الإشارة لرسم إشارة واحدة :

نوصل القناة A مع مدخل العنصر المراد رسم الإشارة له ، ونوصل رمز الأرضي مع نقطة توصيل الأرضي ضمن مقياس راسم الإشارة في المقياس (النقطة العلوية للمقياس).

مثال (3):

ارسم إشارة الدخل للدائرة التالية :



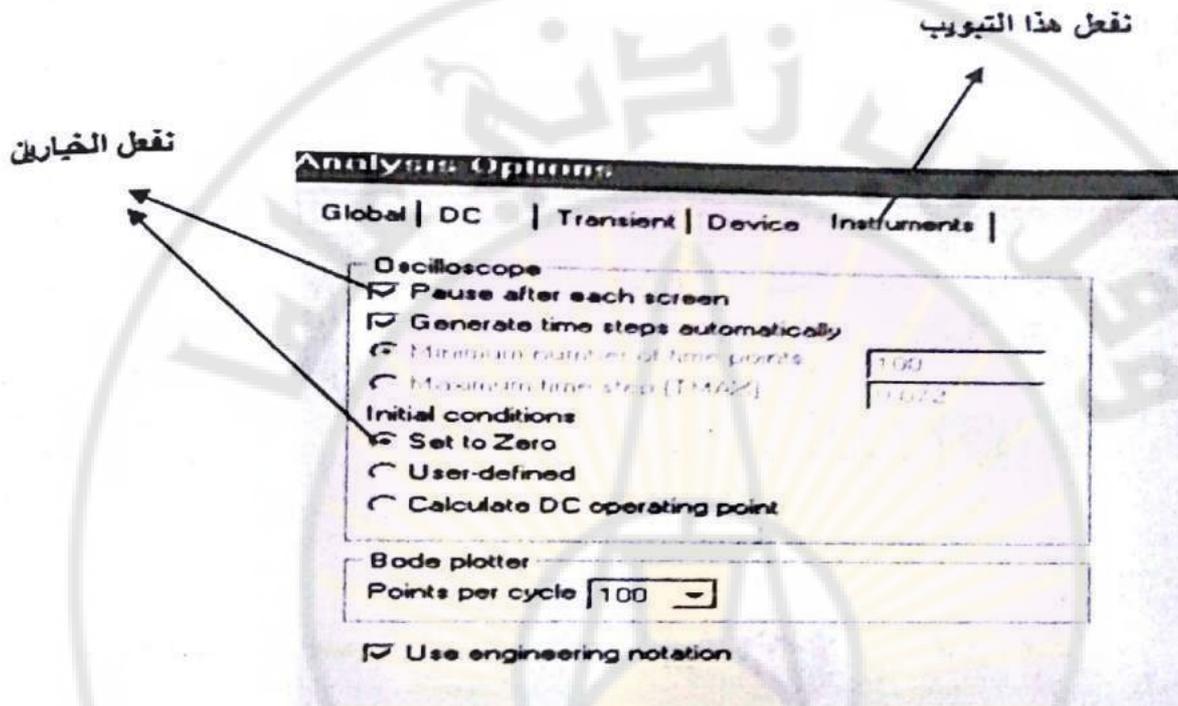
نلاحظ أن المراد هنا رسم إشارة الدخل، والدخل عبارة عن مولد الجهد المتناوب، عندها نصل القناة A مع مدخل المولد المتناوب ، ونوصل رمز الأرضي مع أرضي المقياس .

لرؤية الإشارة :

• ننقر نقرة مزدوجة على راسم الإشارة ، فتظهر نافذته .

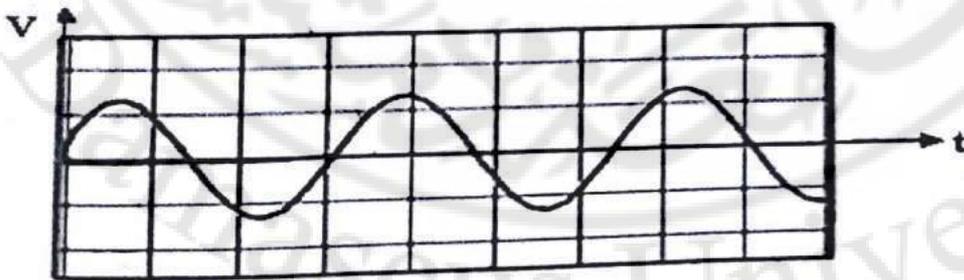
- ضبط قاعدة الزمن Time base بالتوافق مع القناة A (Channel A) للحصول على إشارة متأرجحة .

للحصول على إشارة ثابتة مع بدء الزمن (كما شرح سابقاً) من خيارات التحليل Analysis Options نختار Instrument ونحدد الخيارين التاليين حسب الشكل (31).



الشكل (31)

نشغل مفتاح الطاقة فنحصل على الإشارة الجيبية كما في الشكل (32).



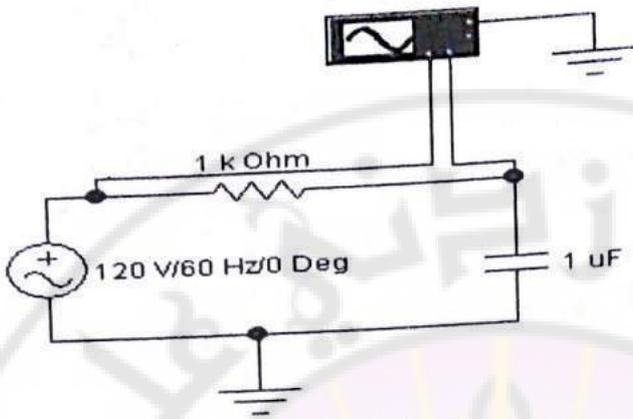
الشكل (32)

- كيفية وصل راسم الإشارة لرسم إشارتين على المحاور نفسها:

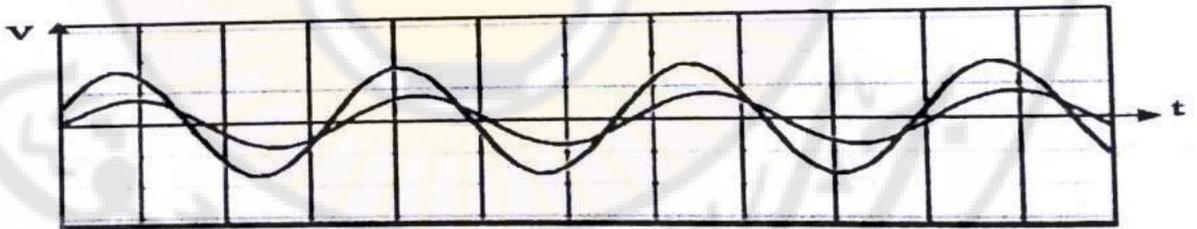
نوصل القناة A مع مدخل العنصر المراد رسم الإشارة له ، ونوصل القناة B مع مدخل العنصر الآخر المراد رسم الإشارة لديه ، ونوصل رمز الأرضي مع أرضي المقياس .

مثال (4):

ارسم كلاً من إشارتي الدخل والخرج .  
نلاحظ أن المراد هنا رسم إشارة الدخل ، وهنا الدخل عبارة عن مولد متناوب ، عندها نصل القناة A مع مدخل المولد المتناوب . ولرسم إشارة الخرج نجد الخرج عبارة عن مكثف ، عندها نصل القناة B أعلى المكثف ، ونصل رمز الأرضي مع نقطته في المقياس (النقطة العلوية) .  
لرؤية الإشارة :

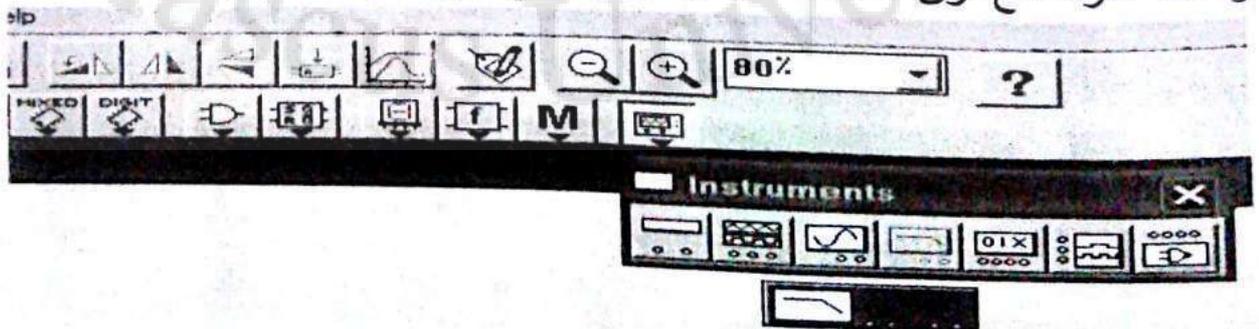


الخطوات السابقة نفسها مع اختلاف وحيد وهو ضبط قاعدة الزمن Time base بالتوافق Channel A - Channel B للحصول على إشارة مقبولة كما في الشكل (33).



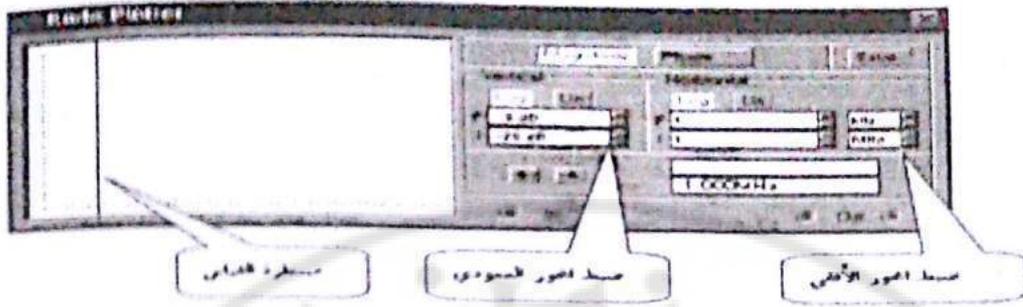
الشكل (33)

11. راسم مخطط بود Bode Plotter: يفيد هذا الجهاز في رسم علاقة التردد مع الربح وعلاقة التردد مع فرق الصفحة . يمكن أن نجده في شريط أدوات القياس Instruments .



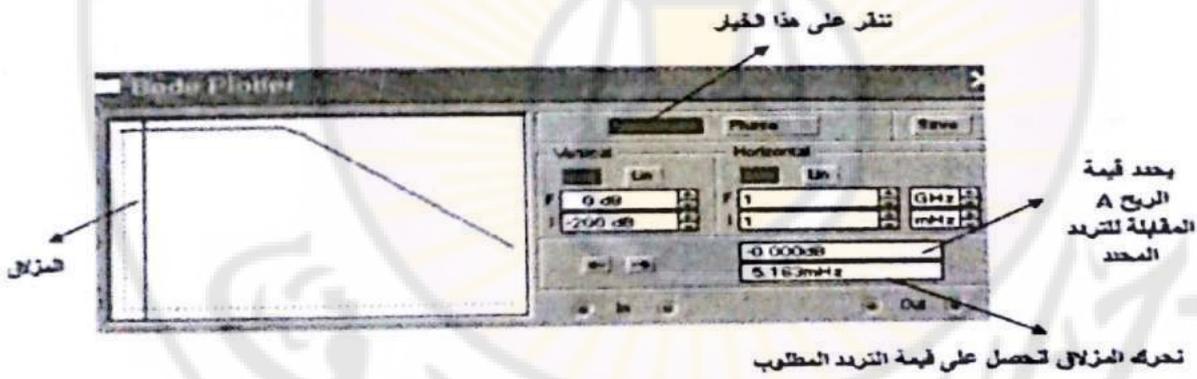
الشكل (A -34)

لضبط راسم بود نتبع الخطوات حسب الشكل (B -34) :



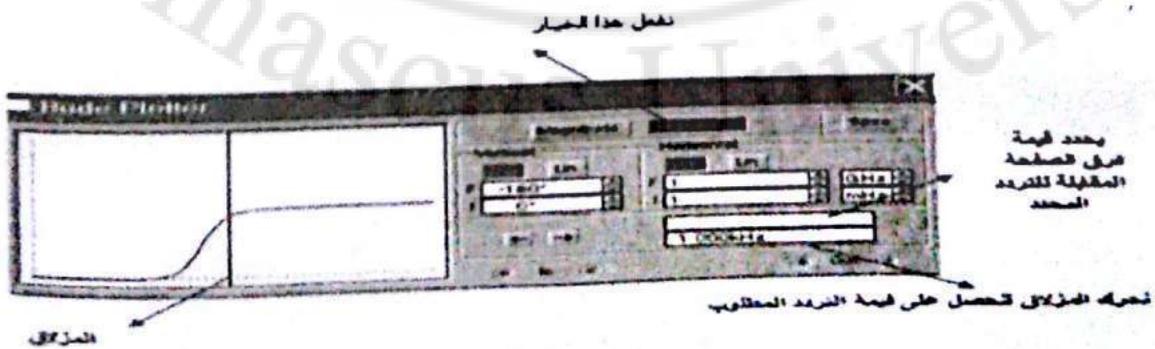
الشكل (B -34)

المحور الأفقي : لتحديد بداية التردد ونهايته.  
 المحور العمودي : لتحديد قيم هذا المحور على التردد المطلوب قياسه.  
 نلاحظ في نافذة بود تبويبين :  
 • نافذة المطال Magnitude :



الشكل (34)

• نافذة الطور Phase :



الشكل (35)

# الفصل الأول : قسم الدارات الكهربائية

## ❖ التجربة الأولى :

### المفاهيم الأساسية في نظرية الدارات ( 1 )

#### 1-1 الهدف من التجربة :

- تعرف كيفية قياس التيار، وفرق الكمون، والعلاقة بينهما عملياً ونظرياً وبيانياً.
- حساب الاستطاعة.
- كيفية إيجاد المقاومة المكافئة للدارات التسلسلية، والتفرعية عملياً، ونظرياً.

#### 2-1 المبدأ النظري للتجربة:

- شرح قانون أوم مع تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية.
- لمحة عن المقاومة، و الناقلية.
- دراسة مبادئ وصل المقاومات (تسلسلياً و تفرعياً) مع تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية.
- كيفية تحويل المقاومات من الشكل النجمي إلى الشكل المثلثي، وبالعكس.

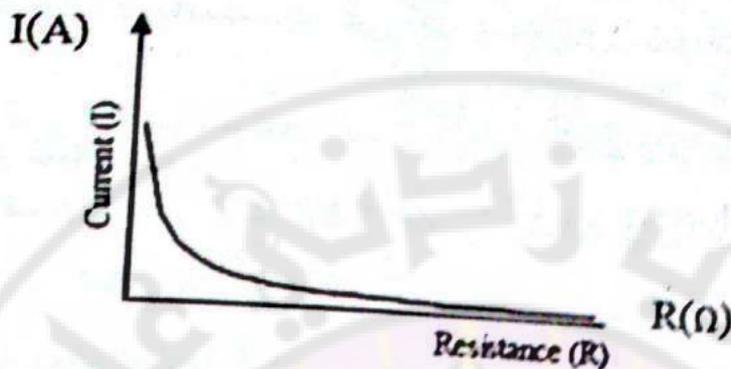
#### 3-1 لمحة عن المقاومة، و الناقلية:

#### 1-3-1 المقاومة Resistance ( R ) :

تُعد المقاومة من العناصر الرئيسة المكونة للدارة الكهربائية، حيث تعتمد عليها قيمة بقية العناصر في الدارة .

أثبت العالم أوم Ohm أن النسبة بين الجهد والتيار المار في ناقل معدني، ثابتة من أجل درجة حرارة معينة، تدعى هذه النسبة المقاومة، وتقاس بالأوم Ohm ( $\Omega$ ) وكلما ازدادت قيمة المقاومة تقل كمية التيار المار فيها، والعكس صحيح. فمثلاً بعض المواد مثل البلاستيك، والمطاط، والخشب لها مقاومة كبيرة جداً لانتهائية، وبالتالي فهي تمنع مرور التيار خلالها. بعكس النحاس، والذهب، والفضة التي لها مقاومة صغيرة جداً، وبالتالي

فهو يسمح بمرور التيار من خلالها ؛ لذلك العلاقة بين المقاومة والتيار علاقة عكسية من أجل جهد محدد، ويمكن توضيح ذلك بالشكل (1-1):



الشكل (1-1) العلاقة بين المقاومة والتيار.

### 2-3-1 الناقلية Conductance:

هي مقلوب المقاومة ، وتُقاس بالسيمنس Siemens الذي يكافئ أمبير لكل فولت أي أن :

$$G = 1 / R$$

ولذلك نجد أنه مع زيادة قيمة الناقلية أو (G) فإن المقاومة تقل ، والعكس صحيح .

### 4-1 قانون أوم Ohm's Law :

ينص قانون أوم على أن التيار المار في مقاومة يتناسب طردياً مع الجهد المطبق على المقاومة، ويتناسب عكساً مع قيمة المقاومة.

### قانون (صيغة) التيار Current Formula:

تمثل علاقة التيار ببساطة كما استنتجها أوم بالصورة الرياضية التالية :

$$I = \frac{V}{R}$$

حيث إن:

I: يمثل شدة التيار ويقاس بالأمبير (A).

V: يشير إلى هبوط الجهد على المقاومة Voltage Drop ، ويقاس بالفولت V .

مثال (1-1):

إذا كان التيار المار في مقاومة ما  $50 \mu A$  ، وقيمة هبوط الجهد عليها  $100 \text{ mV}$  ، احسب قيمة هذه المقاومة ؟

الحل:

بتطبيق قانون أوم نجد أن :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{100 * 10^{-3}}{50 * 10^{-6}} = 2 * 10^3 = 2 \text{ k}\Omega$$

### 5-1 مفهوم الاستطاعة في الدارات الكهربائية Power in Electric Circuits

تمثل الاستطاعة Power إحدى عناصر الكميات الكهربائية . وهناك ارتباط بين الاستطاعة وبقية عناصر الدارة الكهربائية مثل التيار، والجهد، والمقاومة . تعرف الاستطاعة بالعلاقة التالية :

$$P = V \cdot I$$

حيث أن :

**P** : تمثل الاستطاعة وتقاس بالواط Watt .

**I** : يمثل التيار، ويقاس بالأمبير A.

**V** : يمثل قيمة الجهد ويقاس بالفولت V.

بتعويض قانون أوم  $V = I \cdot R$  في علاقة الاستطاعة نحصل على الشكل التالي للاستطاعة التي تسمى الاستطاعة الأنية:

$$P = V \cdot I = I \cdot R \cdot I = I^2 \cdot R$$

$$P = V \cdot I = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

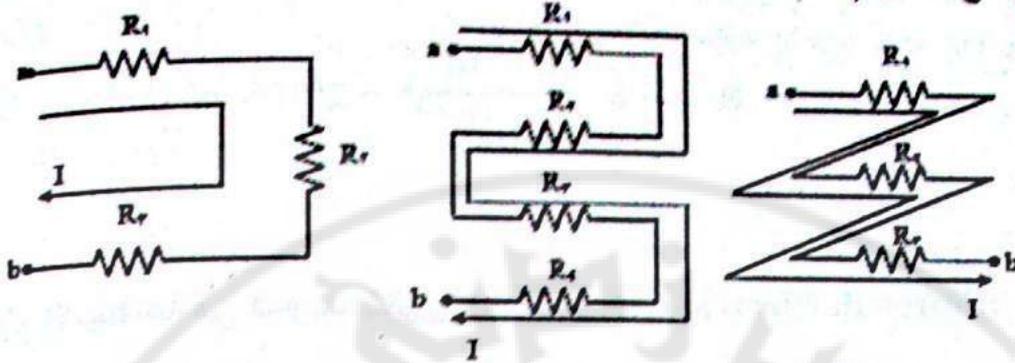
### 6-1 توصيل المقاومات :

هناك نوعان لتوصيل المقاومات:

#### 1-6-1 توصيل المقاومات على التسلسل Resistance in Series Connection

عندما تشكل مجموعة من المقاومات مساراً واحداً لمرور التيار ، وقيمة التيار ثابتة في المقاومات جميعها ، عندها نعد هذه المقاومات متصلة على التسلسل:

بوضح الشكل (2-1) حالات مختلفة من هذا التوصيل:



الشكل (2-1)

المقاومة الكلية (Total Resistance  $R_T$ ) للمقاومات الموصولة على التسلسل عبارة عن مجموع المقاومات أي أن:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

في حال تساوي المقاومات تصبح المقاومة المكافئة:

$$R_T = N * R$$

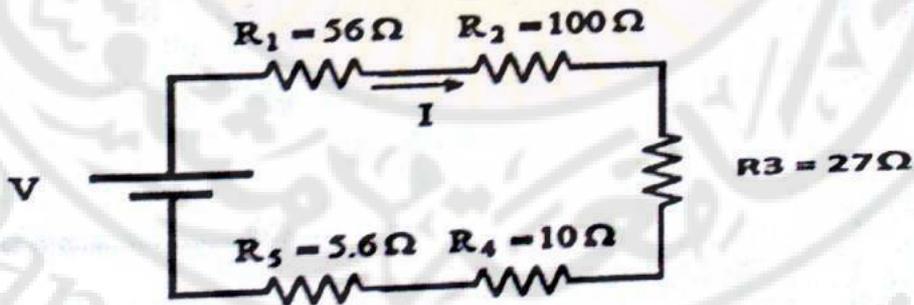
حيث إن :

$R$  : إحدى المقاومات

$N$  : عدد المقاومات

مثال (2-1):

أوجد قيمة المقاومة المكافئة للدائرة التالية :



الشكل (3-1)

الحل:

نجد أن هناك خمس مقاومات على التسلسل نصب المقاومة المكافئة  $R_T$  :

$$R_T = 56 + 100 + 27 + 10 + 5.6 = 198.6 \Omega$$

مثال (3-1):

أوجد قيمة المقاومة المكافئة لتسعة مقاومات متساوية متصلة على التسلسل حيث تساوي قيمة المقاومة الواحدة  $12 \Omega$  ؟

الحل:

$$R_T = N * R = 9 * 12 = 108 \Omega$$

2-6-1 الاستطاعة في الدارات التسلسلية : Power in a Series Circuit

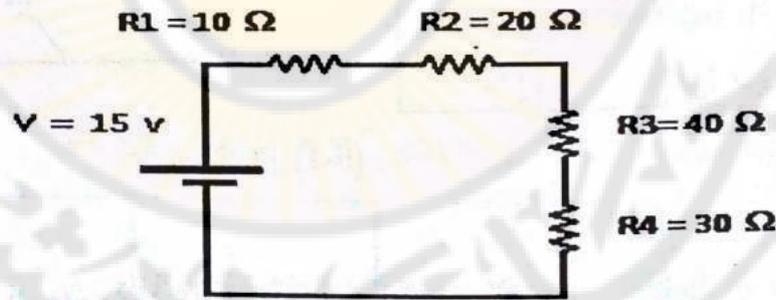
الاستطاعة في الدارات التسلسلية تساوي مجموع الاستطاعات التي تستهلك في كل مقاومة ،  
فياخذ قانون الاستطاعة أحد أشكال العلاقات التالية:

$$P_T = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$$

$$P_T = \frac{V^2}{R_T} \quad , \quad P_T = I^2 \cdot R_T$$

مثال (4-1):

أوجد قيمة الاستطاعة الكلية في الدارة التالية ؟



الشكل (4-1)

الحل:

نحسب أولاً قيمة المقاومة الكلية :

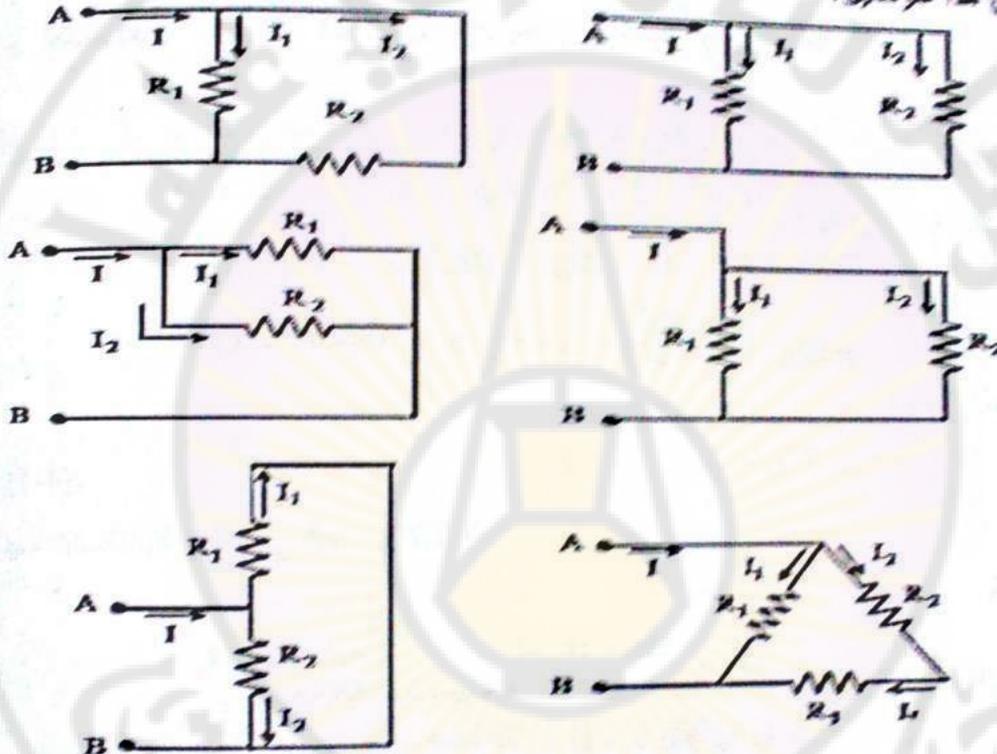
$$R_T = 10 + 20 + 40 + 30 = 100 \Omega$$

ثم نحسب الاستطاعة الكلية ، وذلك باستخدام إحدى علاقات الاستطاعة :

$$P_T = \frac{V^2}{R_T} = \frac{(15)^2}{100} = 2.25W$$

3-4-1 توصيل المقاومات على التوالي (التسلسل) Resistance in a Parallel Circuits

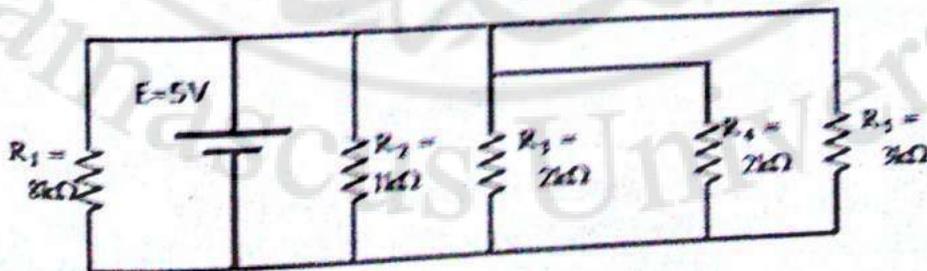
يعرف التوالي بوجود أكثر من فرع (مقاومة) بين نقطتين، عندها يكون الجهد بين هاتين النقطتين يكون متساوياً في جميع الفروع (المقاومات). يوضح الشكل (5-1) حالات مختلفة من هذا التوصيل.



الشكل (5-1)

مثال (5-1):

أوجد قيمة الجهد على كل مقاومة في دائرة لتالية ؟



الشكل (6-1)

الحل:

من الشكل نجد أن المقاومات الخمس جميعها محصورة بين نقطتين، إذن يطبق الجهد نفسه على المقاومات جميعها.

$$E = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = 5 \text{ V}$$

المقاومة الكلية ( $R_T$ ) للمقاومات الموصولة على التوازي كالتالي:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

أو:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

في حال تساوي المقاومات:

$$R = R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$$

عندها تصبح المقاومة المكافئة  $R_T$  كما يلي:

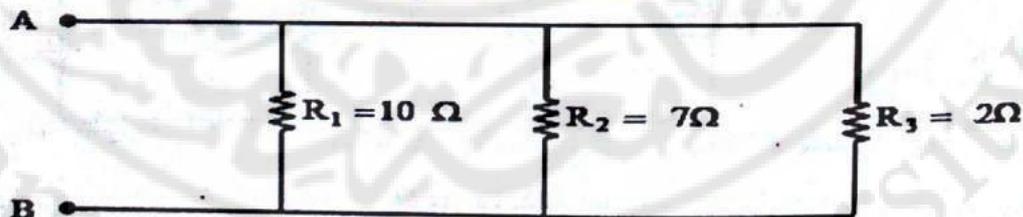
$$R_T = \frac{1}{N} * R$$

حيث  $R$ : إحدى المقاومات

$N$ : عدد المقاومات

مثال (6-1):

أوجد قيمة المقاومة المكافئة بين النقطتين A, B في الدارة التالية؟



الشكل (7-1)

$$R_T = R_1 // R_2 // R_3$$

الحل:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

$$R_T = \frac{10 * 7 * 2}{10 * 7 + 10 * 2 + 7 * 2}$$

$$R_T = 1.3 \Omega$$

مثال (7-1):

أوجد قيمة المقاومة المكافئة لست مقاومات متساوية متصلة على التوازي يساوي

كل منها  $60 \Omega$ .

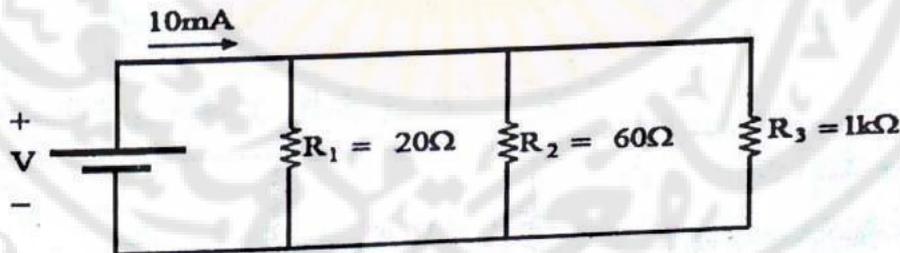
الحل:

$$R_T = \frac{1}{N} * R = \frac{1}{6} * 60 = 10 \Omega$$

مثال (8-1):

أوجد قيمة الجهد المطبق على مجموعة مقاومات موصولة على التوازي للدارة في

الشكل (8-1):



الشكل (8-1)

الحل:

نحسب المقاومة المكافئة:

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

$$R_T = \frac{20 \cdot 60 \cdot 1000}{20 \cdot 60 + 20 \cdot 1000 + 60 \cdot 1000} = 14.8 \Omega$$

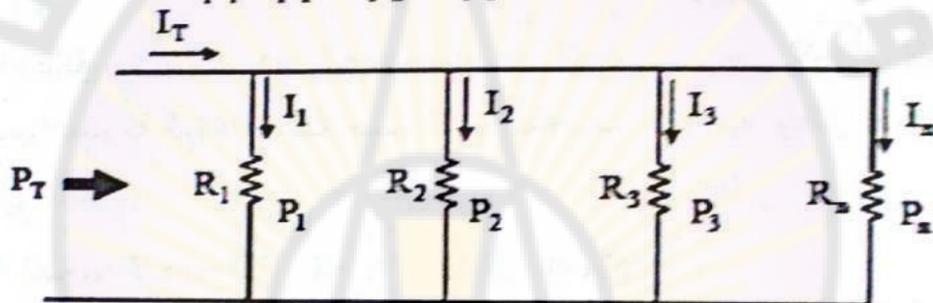
$$V = I_T \cdot R_T$$

$$V = (10 \cdot 10^{-3}) \cdot 14.8 = 0.148 \text{ V}$$

#### 4-6-1 الاستطاعة في الدارات على التوالي : Power in a Parallel Circuits

الاستطاعة في الدارات الموصولة على التوالي تساوي مجموع الاستطاعات التي تستهلك في كل مقاومة فيأخذ القانون أحد الأشكال الآتية:

$$P_T = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$$



الشكل (9-1)

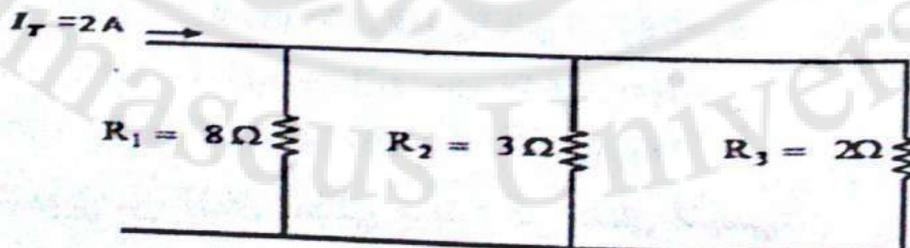
$$P_T = \frac{V^2}{R_T}$$

$$P_T = I_T^2 \cdot R_T$$

حيث  $I_T$  : يمثل التيار الكلي للدارة.

مثال (9-1):

احسب قيمة الاستطاعة الكلية للدارة في الشكل (10-1):



الشكل (10-1)

الحل:

نحسب أولاً المقاومة للمقاومات الثلاث الموصولة على التفرع:

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

$$R_T = \frac{8 * 3 * 2}{8 * 3 + 8 * 2 + 3 * 2}$$

$$R_T = 1.04 \Omega$$

عندئذ يمكن حساب الاستطاعة الكلية وفق العلاقة التالية  $R_T$  .  $P_T = I_T^2 \cdot R_T$

$$P_T = 2^2 \cdot 1.04$$

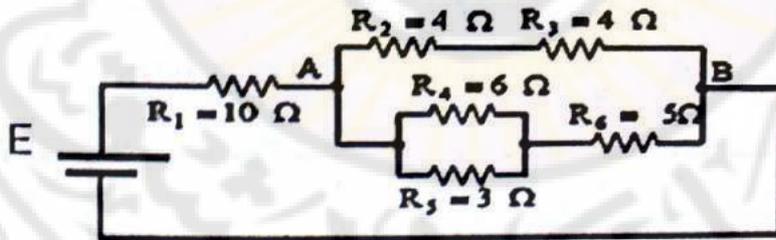
$$P_T = 4.16 \text{ W}$$

### 7-1 الدارات المركبة:

وهي دارة مكونة من عناصر كهربائية موصولة على التسلسل ، وعلى التوازي (التفرع) .  
عندئذ تحسب المقاومة المكافئة الكلية حسب تتابع المقاومات التسلسلية والتفرعية في الدارة .

مثال (10-1):

أوجد قيمة المقاومة المكافئة للدارة في الشكل (11-1) :



الشكل (11-1)

الحل:

$$R_T = ((R_2 + R_3) // (R_6 + (R_4 // R_5))) + R_1$$

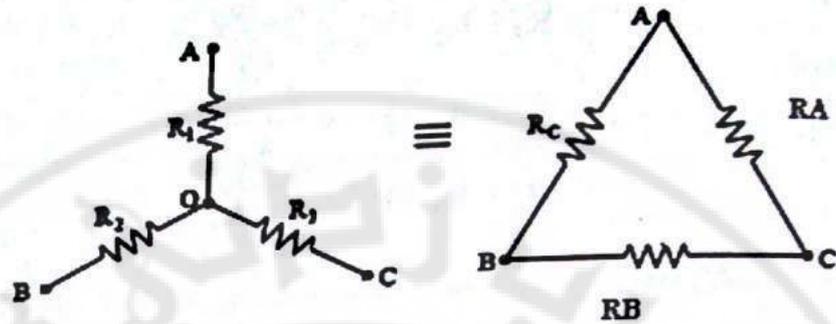
$$R_T = ((4 + 4) // (5 + (6 // 3))) + 10$$

$$R_T = ((8) // (7)) + 10 = 14 \Omega$$

7-1-1 التحويل من الشكل المثلثي (دلتا) إلى الشكل النجمي:

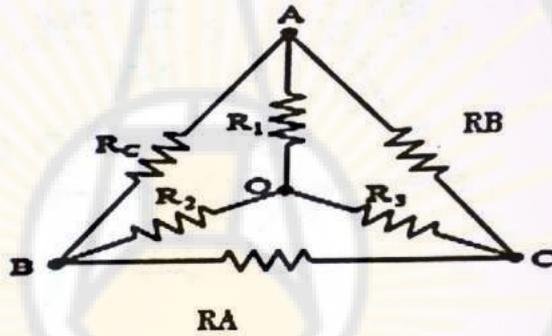
(Conversion from  $\Delta$  to Y)

نجد في بعض الدارات صعوبة في حساب المقاومة المكافئة، لذلك تبرز أهمية التحويل من لشكل المثلثي إلى الشكل النجمي:



الشكل (12-1) الشكل المثلثي والنجمي

لكي تكون المقارنة بينهما سهلة يفضل إدخال التوصيلة النجمية داخل التوصيلة المثلثية، حيث نجد أن كلا التوصيلتين تتحصر بين ثلاث نقاط:



الشكل (13-1)

2-7-1 معادلات التحويل من الشكل المثلثي إلى الشكل النجمي :

نجد أن كل مقاومة في حالة التوصيل النجمي تساوي حاصل ضرب المقاومتين المتجاورتين في التوصيل المثلثي مقسوماً على مجموع المقاومات الثلاث في التوصيل المثلثي.  
بالنالي نجد أن :

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

$$R_1 = \frac{R_B \cdot R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A \cdot R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_3 = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

3-7-1 التحويل من الشكل النجمي إلى الشكل المثلثي :

4-7-1 معادلات التحويل من الشكل النجمي إلى الشكل المثلثي:

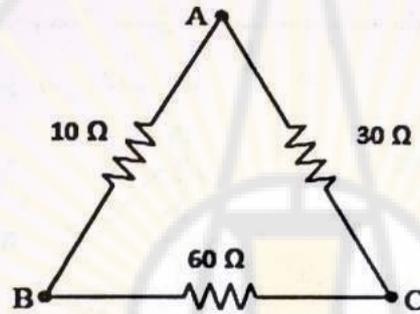
$$R_A = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

$$R_B = R_1 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

$$R_C = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

مثال (11-1):

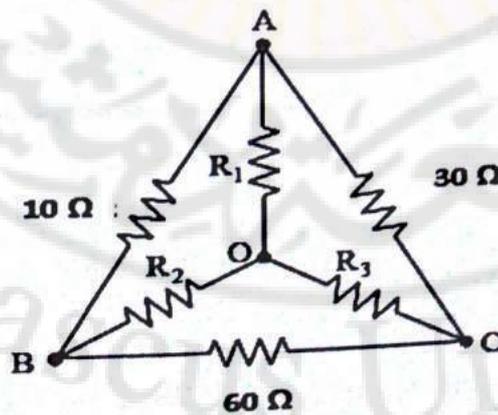
حول التوصيلة المثلثية التالية إلى التوصيلة النجمية المكافئة لها .



الشكل (14-1)

الحل:

يفضل رسم التوصيلة النجمية داخل التوصيلة المثلثية كما في الشكل (15-1):



الشكل (15-1)

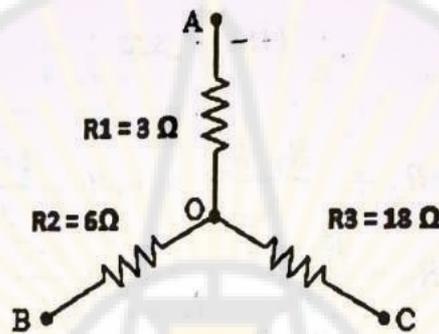
عندها نحسب المقاومات حسب قوانين التحويل:

$$R_1 = \frac{10 \cdot 30}{10 + 30 + 60} = 3 \Omega$$

$$R_2 = \frac{10 \cdot 60}{10 + 30 + 60} = 6 \Omega$$

$$R_3 = \frac{60 \cdot 30}{10 + 30 + 60} = 18 \Omega$$

ويمكن تمثيل توصيلة النجمة المكافئة كما في الشكل (16-1):

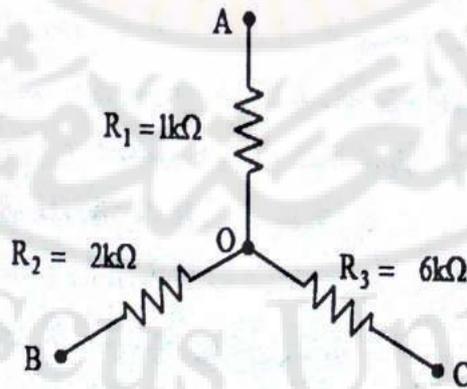


الشكل (16-1)

مثال (12-1):

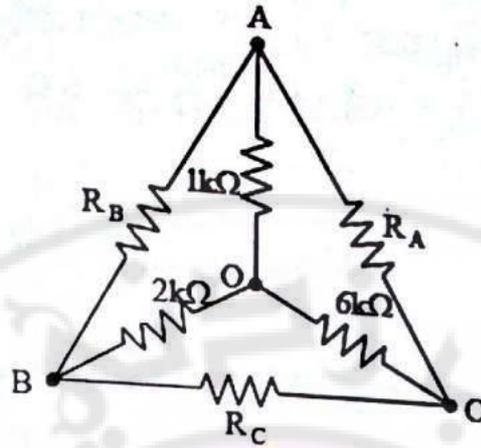
حول التوصيلة النجمية التالية إلى التوصيلة المثلثية المكافئة .

الحل:



الشكل (17-1)

نرسم التوصيلة المثلثة مركبة على التوصيلة النجمية كما في الشكل (18-1) :



الشكل (18-1)

$$R_B = R_1 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} = 1 + 6 + \frac{1 \cdot 6}{2} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3} = 1 + 2 + \frac{1 \cdot 2}{6} = 3.34 \text{ k}\Omega$$

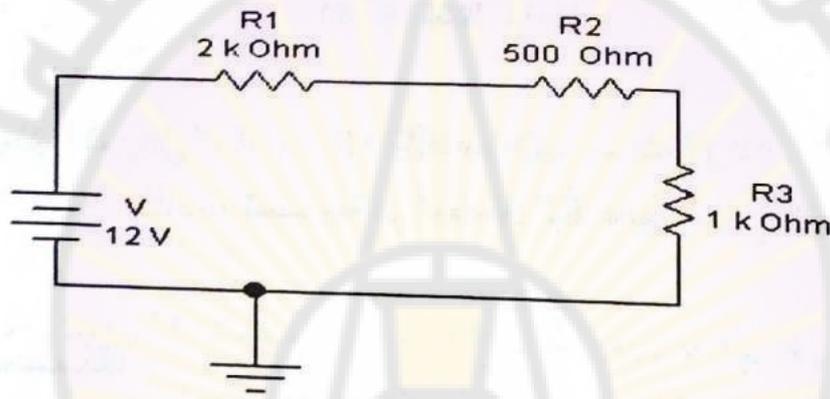
$$R_A = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} = 2 + 6 + \frac{2 \cdot 6}{1} = 20 \text{ k}\Omega$$

القسم العملي للتجربة :

التجربة الأولى : المفاهيم الأساسية في نظرية الدارات  
الكهربائية

نص التجربة :

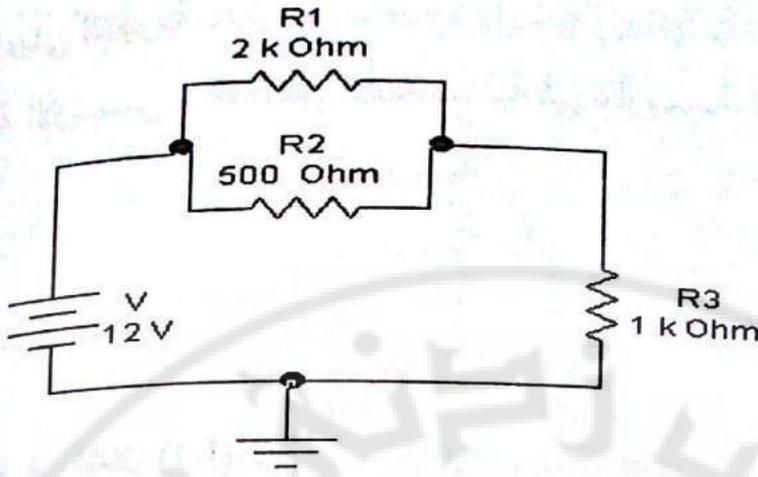
أ - لتكن الدارة في الشكل (1-1):



الشكل (1-1)

- 1- قس التيار المار بالمقاومة  $R_3$  وكذلك فرق الكمون الهابط عليها واحسب الاستطاعة المصروفة فيها .
- 2- غير قيمة المولد من 0 حتى 12 V بخطوة 2 V ، و قس التيار المار في المقاومة  $R_3$  وكذلك الجهد الهابط عليها من أجل كل قيمة ، ارسم  $V_R$  بدلالة  $I_R$  ، ماهو ميل المستقيم الناتج ، وما علاقة ميل المستقيم بقيمة المقاومة  $R_3$  ولماذا؟
- 3- قس فرق الكمون على طرفي المقاومة  $R_2$  ، وتأكد منه بالحساب النظري .
- 4- استبدل بالمقاومتين  $R_1, R_2$  المقاومة المكافئة لهما ، وأعد القياس الأول .
- 5- ماذا تصبح قيمة الاستطاعة المصروفة في المقاومة  $R_3$  عندما تصبح قيمتها  $2.5 K\Omega$

ب - أعد الطلبين 1 ، 3 للدارة في الشكل (2-1):



الشكل (2-1)

- 1- قس التيار المار في المقاومة  $R_2$  ، وتأكد منه بالحساب النظري .
- 2- ماذا تصبح الاستطاعة المصروفة في المقاومة  $R_3$  عندما تصبح تكون قيمتها  $400\Omega$  .

#### العناصر المستخدمة:

- 1- ثلاث مقاومات : وتؤخذ من أحد أزرار شريط القطع الأساسية Basic.
- 2- مولد وأرضي : ويؤخذ من أحد أزرار شريط المصادر Sources.
- 3- مقياس أمبير : ويؤخذ من أحد أزرار شريط المؤشرات Indicators.
- 4- مقياس فولت : ويؤخذ من أحد أزرار شريط المؤشرات Indicators.

#### خطوات الحل :

- 1- نقيس التيار المار بالمقاومة  $R_3$  باستخدام مقياس أمبير على التسلسل معها، ونقيس فرق الكمون الهابط عليها باستخدام مقياس فولت على التفرع معها، ونحسب الاستطاعة العملية المصروفة فيها حسب قوانين الاستطاعة المعروفة، وباستخدام قيمة التيار، واللجند المقيسين سابقاً .

2- نرتب القيم في الجدول (1-1) :

V	$V_{R3}$	$I_{R3}$
0V		
12V		

الجدول (1-1)

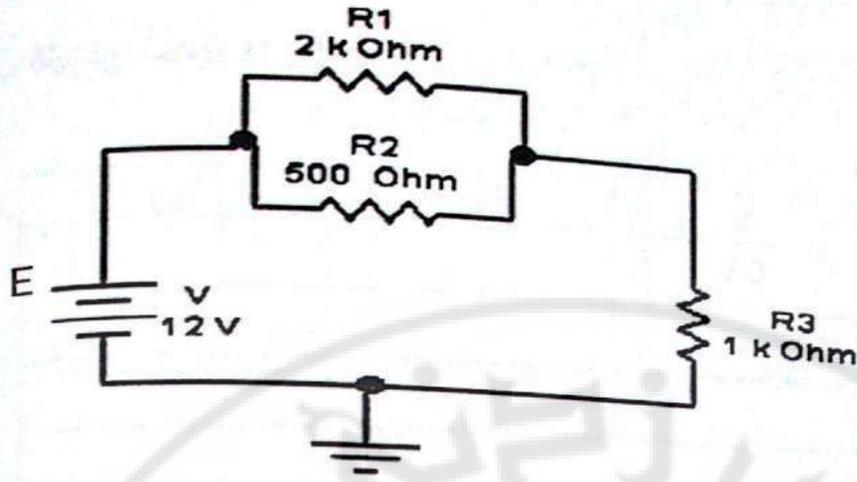
نرسم  $V_{R3}$  بدلالة  $I_{R3}$ ، نوجد ميل المستقيم الناتج ، وهو ظل الزاوية ، ونستنتج علاقة ميل المستقيم بقيمة المقاومة  $R_3$  من خلال قانون أوم .

3- نقيس فرق الكمون على طرفي المقاومة  $R_2$  باستخدام مقياس فولت على التفرع معها، ونتأكد من ذلك بالحساب النظري دون استخدام القيم العملية .

4- نستبدل بالمقاومتين  $R_1, R_2$  المقاومة المكافئة لهما، نلاحظ أن هاتين المقاومتين على التسلسل ، نحسب قيمتها نظرياً ، ونعوضها كمقاومة مكافئة في الدارة ، ونعيد القياس في الطلب الأول.

5- نغيّر قيمة المقاومة  $R_3$  بالقيمة  $2.5 \text{ k}\Omega$  ونقيس قيم التيار ، والجهد على طرفي المقاومة  $R_3$  ، ونحسب الاستطاعة العملية المصروفة فيها.

ب - نعيد الطلبين 1، 3 على الدارة في الشكل (3-1) :



الشكل (3-1)

- 1- نقيس التيار المار عبر المقاومة  $R_3$  حسب ما سبق ، ونحسب الاستطاعة العملية المصروفة فيها ، ثم نستبدل بالمقاومتين  $R_1, R_2$  المقاومة المكافئة لهما، ونوجد قيمتها نظرياً ونعوضها كمقاومة مكافئة في الدارة ، ونعيد القياسات المطلوبة في الطلب الأول.
- 2- نقيس التيار المار في المقاومة  $R_2$ ، ونتأكد من قيمته بالحساب النظري دون استخدام القيم المقاسة .
- 3- نبدل بقيمة المقاومة  $R_3$  القيمة  $400\Omega$  ، نحسب قيم التيار والجهد بالقياس ، نحسب الاستطاعة العملية المصروفة فيها .

## ❖ التجربة الثانية : المفاهيم الأساسية في نظرية الدارات (2)

### 1-2 الهدف من التجربة:

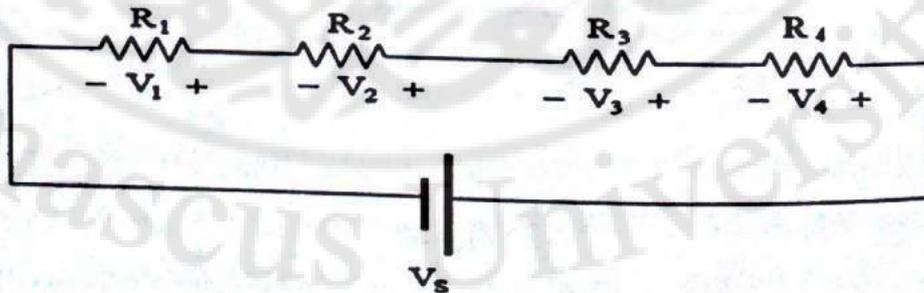
- تعرف قوانين كيرشوف للجهد والتيار.
- تعرف مقسم الجهد ومقسم التيار للدارات التسلسلية والتفرعية.
- كيفية وصل منابع الجهد على التسلسل.
- التحويلات بين منابع الجهد والتيار.

### 2-2 المبدأ النظري للتجربة:

- قوانين كيرشوف للجهد ، والتيار مع تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية.
- شرح مقسم الجهد ومقسم التيار للدارات التسلسلية والتفرعية مع تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية.
- كيفية وصل منابع جهد على التوالي مع تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية.
- تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية للتعرف إلى كيفية التحويل بين منابع الجهد والتيار.

### 3-2 قانون كيرشوف للجهد (KVL) Kirchhoff's voltage Law:

يُعد قانون كيرشوف للجهد من القوانين الأساسية للدارات الكهربائية ، وينص أن المجموع الجبري للجهود في دائرة أو مسار مغلق يساوي الصفر، أي أن جهد المنبع يساوي مجموع هبوطات الجهد على مقاومات المسار المتتالية ، كما هو موضح بالشكل (1-2):

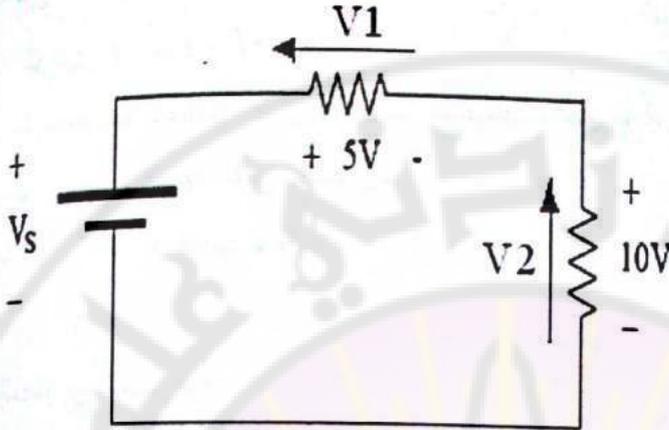


الشكل (1-2)

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

مثال (1-2):

احسب قيمة منبع الجهد إذا علمت أن الجهد المطبق على المقاومات كما في الشكل (2-2):  
الحل:



الشكل (2-2)

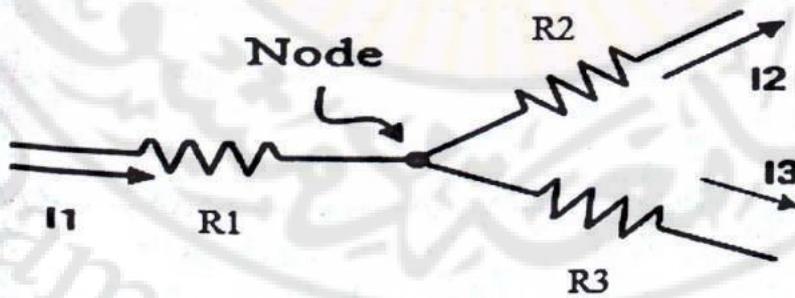
بتطبيق قانون كيرشوف للجهد:

$$V_s = V_1 + V_2$$

$$V_s = 5 + 10 = 15v$$

2-4 قانون كيرشوف للتيار (KCL):

يتطبق عند وجود عقدة في دائرة كهربائية ، فيكون مجموع التيارات الداخلة للعقدة يساوي مجموع التيارات الخارجة منها ، كما هو مبين بالشكل (2-3):



الشكل (2-3)

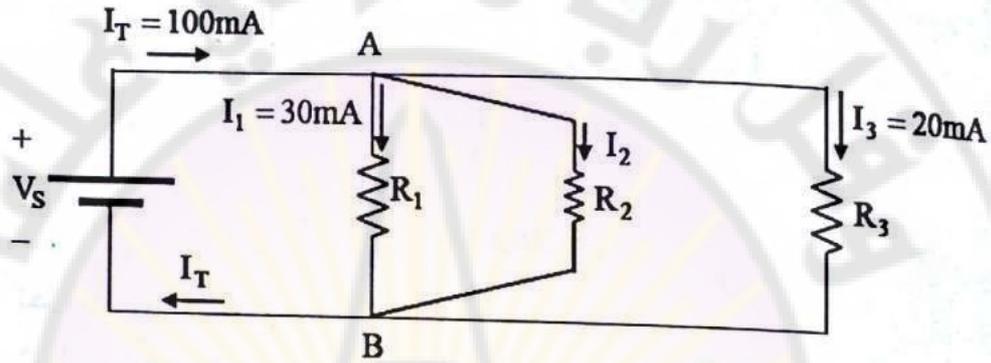
$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

أي أن المجموع الجبري للتيارات الداخلة والخارجة من العقدة يساوي الصفر .  
 يستخدم قانون كيرشوف للتيار في حال وجود مقاومات موصولة على التفرع في دائرة  
 كهربائية ، كما في المثال (2-2).

مثال (2-2):

لحسب قيمة التيار المار في المقاومة R2 حسب القيم المبينة في الشكل (4-2) :



الشكل (4-2)

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$100 \text{ mA} = 30 \text{ mA} + I_2 + 20 \text{ mA}$$

$$I_2 = 100 \text{ mA} - 50 \text{ mA} = 50 \text{ mA}$$

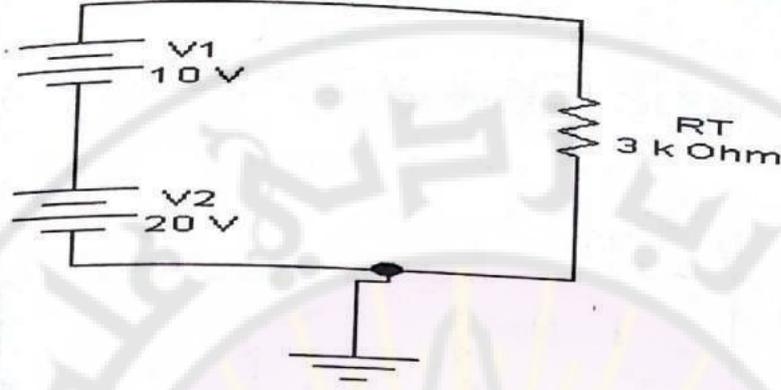
### 5-2 وصل منابع الجهد على التسلسل :

عندما تحوي دائرة كهربائية أكثر من منبع جهد موصولين على التسلسل ، فإن قيمة الجهد الكلي للدائرة يساوي مجموع قيم منابع الجهد ، مع الأخذ بعين الاعتبار جهة التوصيل ، فإذا كان الطرف الموجب للمنبع الأول موصولاً مع الطرف السالب للمنبع الثاني يكون الناتج مساوياً لجمع قيمتي المنبعين ، أما إذا كان الطرف الموجب للمنبع الأول متصلاً مع الطرف الموجب للمنبع الثاني أو الطرف السالب للمنبع الأول موصولاً مع الطرف السالب للمنبع الثاني يكون الناتج طرح قيمتي المنبعين ، وبكلمات أخرى ينبغي الأخذ بعين الاعتبار اتجاهات التيار الخارجة من المنابع ، أي إذا كان المنبعان متفقين بالجهة فالمنبع المكافئ

يساوي ناتج جمعهما ، أما إذا كانا مختلفين بالجهة فالمنبع المكافئ يساوي ناتج طرحهما  
وجهته هي نفس جهة المنبع الأكبر قيمة .

مثال (3-2):

احسب التيار المار في المقاومة  $R_T$  حسب القيم المبينة في الشكل (5-2) .



الشكل (5-2)

الحل:

نلاحظ أن منبعي الجهد موصولان على التسلسل ، فتكون القيمة الكلية لمنبع الجهد  
المكافئ  $V$  تساوي مجموع قيمتي المنبعين ؛ لأنهما متفقان بالجهة :

$$V = V_1 + V_2$$

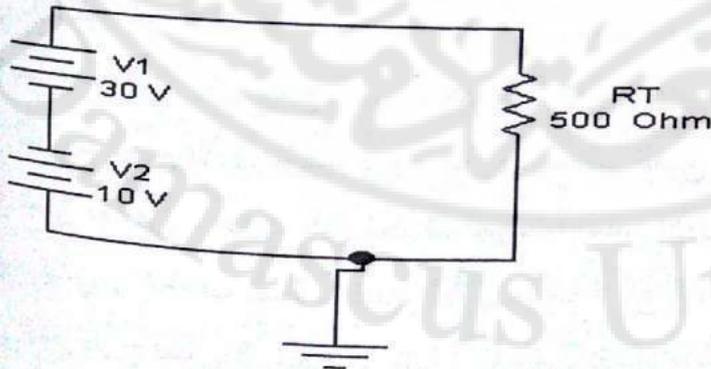
$$V = 10 + 20 = 30\text{v}$$

وبتطبيق قانون أوم :

$$I = V / R_T = 30 / 3000 = 10 \text{ mA}$$

مثال (4-2) :

احسب التيار المار في المقاومة  $R_T$  حسب القيم المبينة في الشكل (6-2)



الشكل (6-2)

الحل :

في هذا المثال نجد أن المنبعين موصولان بطريقة عكسية، فيكون الجهد الناتج عنهما:

$$V = V_1 - V_2 = 30 - 10 = 20 \text{ v}$$

$$I = V / R_T = 20 / 500 = 40 \text{ mA}$$

وتكون جهة المنبع المكافئ من جهة المنبع الأكبر قيمة أي  $V_1$ .

## 2-6 مقسم (مجزئ) الجهد :

يطبق مقسم الجهد في الدارات التسلسلية ، حيث إن جهد المنبع يتجزأ بين المقاومات جميعها الموصولة على التسلسل حسب القانون التالي:

$$V_X = \left( \frac{R_X}{R_T} \right) V_S$$

الجهد الجزئي = الجهد الكلي × مقاومة الفرع نفسه مقسوماً على المقاومة الكلية

$V_X$  : الجهد المطبق على المقاومة  $R_X$ .

$R_X$  : مقاومة ما في الدارة رمزها  $X$ .

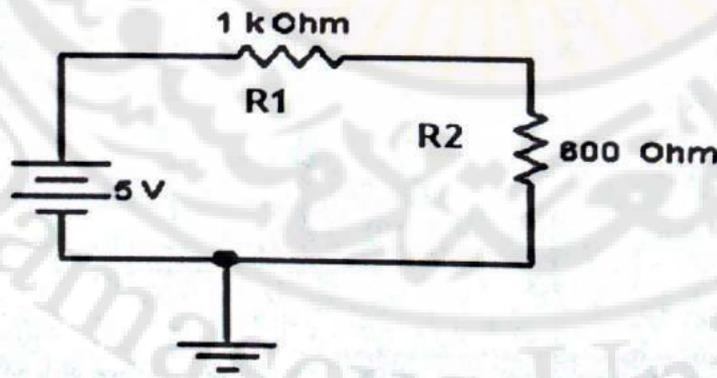
$R_T$  : المقاومة المكافئة للدارة .

$V_S$  : جهد المنبع .

مثال (2-5):

احسب الجهد  $V_1, V_2$  في الدارة التالية باستخدام علاقة مقسم الجهد:

الحل:



الشكل (2-7)

نستخدم قانون مقسم الجهد:

$$V_X = \left( \frac{R_X}{R_T} \right) V_S$$

$$V_1 = \frac{R_1}{R_T} \cdot V_S$$

بما أن المقاومتين  $R_1, R_2$  موصولتان على التسلسل ، فالمقاومة المكافئة لهما تساوي :

$$R_T = R_1 + R_2$$

$$R_T = 1000 + 600 = 1600\Omega$$

$$V_1 = (1000 / 1600) \times 5 = 3.125V$$

وبالتالي:

$$V_2 = (600/1600) \times 5 = 1.875V$$

وللتأكد يمكن حساب  $V_2$  باستخدام قانون كيرشوف للجهد أي:

$$V_2 = V_s - V_1 = 5 - 3.125 = 1.875V$$

### 2-7 مقسم التيار:

نستخدم قاعدة مقسم التيار لحساب التيار المار في أي فرع من دارة تفرعية حسب القانون التالي: التيار الجزئي = التيار الكلي  $\times$  المقاومة الكلية مقسومة على مقاومة الفرع نفسه أي:

$$I_X = I \frac{R_T}{R_X}$$

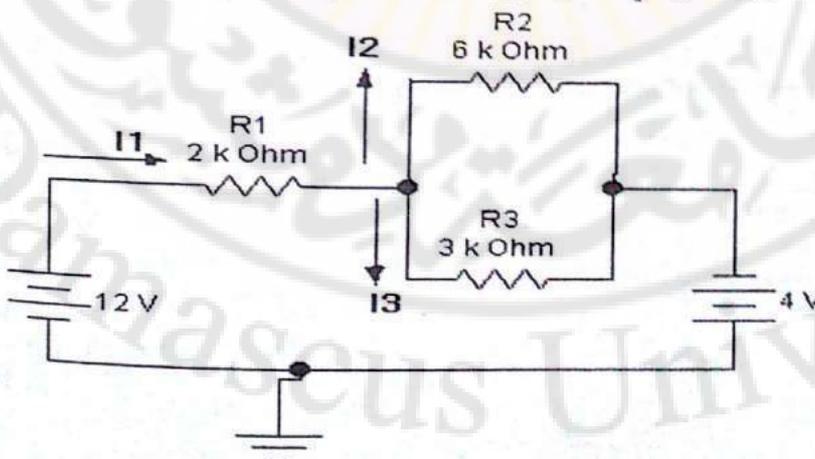
X : هو رقم المقاومة ، والتيار المار فيها.

$R_T$  : المقاومة الكلية المكافئة للدارة.

I : التيار الكلي.

مثال (2-6):

احسب التيار المار في المقاومتين  $R_2$  ,  $R_3$  في الشكل (2-8) باستخدام علاقة مقسم التيار:



الشكل (2-8)

الحل:

نلاحظ أن المقاومتين  $R_2$  ,  $R_3$  موصولتان على التفرع ، وبالتالي المقاومة المكافئة لهما:

$$R_A = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2 \text{ k}\Omega$$

وهما موصولتان على التسلسل مع  $R_1$  ومنه :

$$R_T = R_1 + R_A = 2 + 2 = 4 \text{ k}\Omega$$

ونستبدل منبعي الجهد بالمنبع المكافئ:

$$E = E_1 + E_2 = 12 + 4 = 16 \text{ V}$$

فيكون التيار الكلي:

$$I_1 = \frac{E}{R_T} = \frac{16}{4} = 4 \text{ mA}$$

وحسب علاقة مقسم التيار:

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 4 \cdot \frac{3}{3 + 6} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3} \text{ mA}$$

$$I_3 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 4 \cdot \frac{6}{3 + 6} = \frac{24}{9} = \frac{8}{3} \text{ mA}$$

ويمكن التأكد من النتيجة السابقة حسب قانون كيرشوف للتيار  $I_1 = I_2 + I_3$  فنجد:

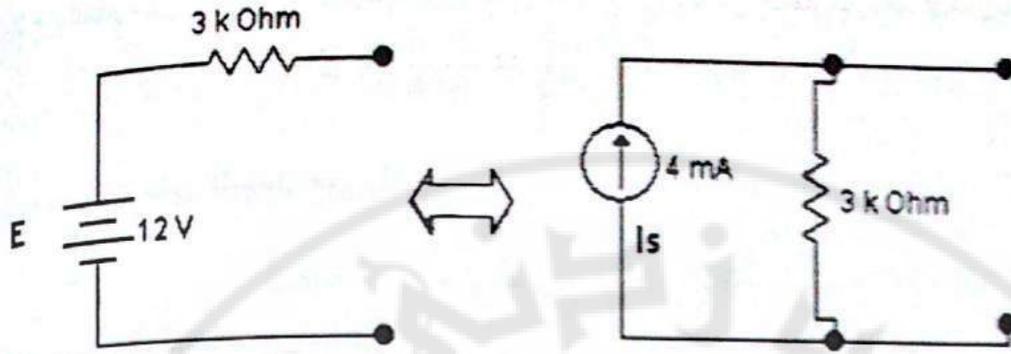
$$I_3 = I_1 - I_2 = 4 - \frac{4}{3} = \frac{12}{3} - \frac{4}{3} = \frac{8}{3} \text{ mA}$$

## 8-2 تحويل المصادر :

يوجد لدينا في معظم الدارات الكهربائية والالكترونية مصادر جهد أو مصادر تيار أو مصادر مختلطة (جهد وتيار) ، ويمكن حل الدارات بتحويل مصادر الجهد إلى تيار ، وبالعكس من خلال نظرية تحويل المصادر التي تنص أنه :

يمكن تحويل منبع الجهد مع المقاومة الموصولة معه على التسلسل إلى منبع تيار مع مقاومة موصولة معه على التفرع ، حيث تساوي قيمة منبع التيار حاصل قسمة قيمة منبع الجهد على

المقاومة الموصولة معه على التسلسل ، وقيمة منبع الجهد تساوي حاصل ضرب قيمة منبع التيار بقيمة المقاومة الموصولة معه على التفرع.



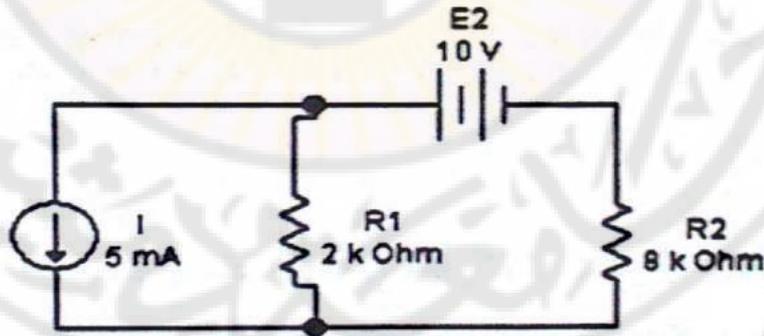
الشكل (10-2)

الشكل (9-2)

ومنرى في التجربة القادمة أن هذه المقاومة في حالة وصلها مع منبع للجهد كما في الشكل (10-2) تسمى مقاومة ثيفينن  $R_{Th}$  ، ومنبع الجهد نسميه منبع ثيفينن  $E_{Th}$  . وتسمى المقاومة في حال وصلها على التفرع ، كما في الشكل (9-2) بمقاومة نورتن ، ولها قيمة مقاومة ثيفينن نفسها ، أما منبع التيار نسميه منبع نورتن  $I_n$  .

مثال (7-2):

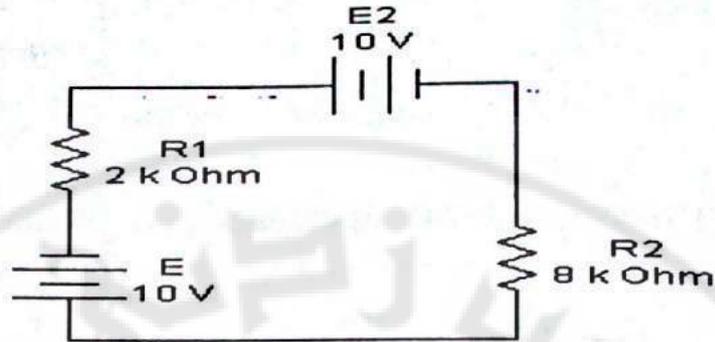
احسب التيار المار في المقاومة  $R_2$  في الشكل (11-2) باستخدام نظرية تحويل المنابع :



الشكل (11-2)

الحل:

بتطبيق نظرية تحويل المصادر ،وتحويل منبع التيار إلى منبع جهد نحصل على الشكل (2-12):



الشكل (2-12)

$$E = I \cdot R1 = 5 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega = 10 \text{ V}$$

أصبحت المقاومة R1 على التسلسل مع E ، ونحصل على المنبع المكافئ  $E_{eq}$  للدارة ،  
بجمع المنبعين E , E2 لأنهما بالاتجاه نفسه :

$$E_{eq} = E + E2$$

$$E_{eq} = 10 + 10 = 20 \text{ V}$$

R1, R2 موصولتان على التسلسل فإن:

$$R_{eq} = R1 + R2 = 2 + 8 = 10 \text{ k}\Omega$$

وبما أن الدارة تسلسلية فإن التيار واحد في أجزاء الدارة جميعها ومنه:

$$I_2 = \frac{E_{eq}}{R_{eq}}$$

$$I_2 = \frac{20}{10} = 2 \text{ mA}$$

أي أن التيار المار في R2 يساوي 2 ميلي أمبير.

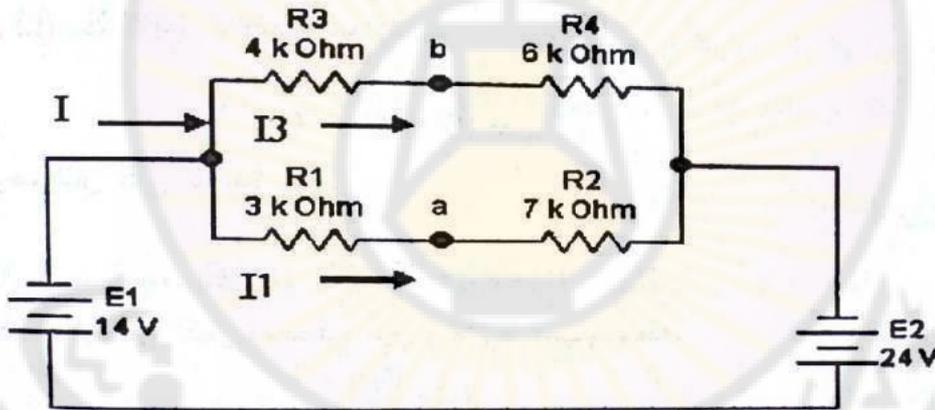
القسم العملي للتجربة :

نص التجربة:

السؤال الأول :

ليكن لدينا الدارة التالية التي تحوي منبعين للجهد  $E1=14V$ ,  $E2=24V$  وأربع مقاومات قيمتها موضحة بالشكل (1) والمطلوب :

1. قس عملياً باستخدام برنامج workbench قيمة الجهد المطبق على المقاومة  $R1, R2$  وكذلك قيمة الجهد  $V_{ab}$ .
2. قس عملياً قيمة التيار الكلي  $I$  والتيارات الفرعية  $I1, I3$ .
3. تحقق نظرياً من القيم المطلوبة المقاسة عملياً في الطلبين الأول والثاني.

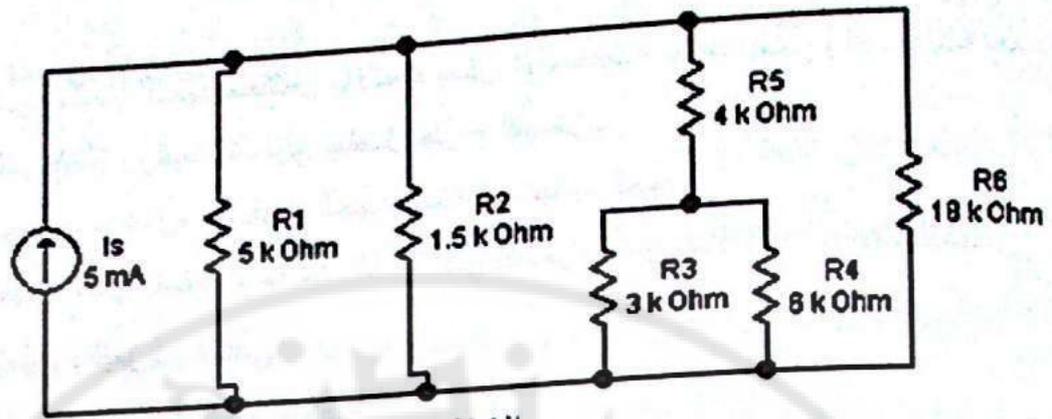


الشكل (1)

السؤال الثاني:

لنكن لدينا الدارة المبينة في الشكل (2) إذا علمت أن قيمة منبع التيار  $I_s=5mA$  وقيمة المقاومة  $R1=5 k\Omega$

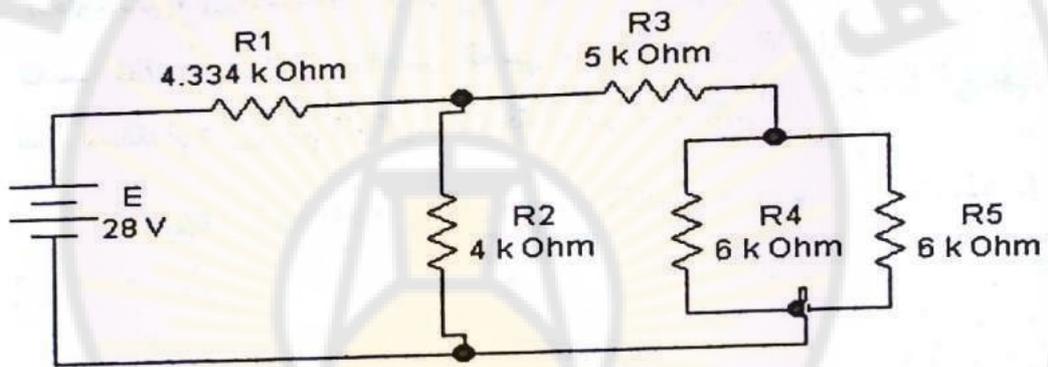
- قس عملياً قيمة التيار العار في المقاومة  $R1$  ، وقيمة الجهد المطبق على  $R6$ .
- تأكد نظرياً من قيمة التيار  $I1$ .



الشكل ٢

### السؤال الثالث:

لتكن الدارة في الشكل (3) قس عملياً، واحسب نظرياً قيمة التيارات  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$



الشكل (3)

ثم قارن بين القيم النظرية والعملية.

### العناصر المستخدمة :

مقاومة Resistor - منبع جهد مستمر DC Voltage Source - أرضي Ground  
 منبع تيار Dc Current Source - مقياس الجهد voltmeter - مقياس التيار Ammeter.

### خطوات الحل:

فيما يتعلق بالسؤال الأول:

- لدينا منبعان للجهد مختلفان بالاتجاه يمكن الاستعاضة عنهما بمنبع واحد له جهة المنبع الأكبر قيمة ، وقيمته تساوي حاصل طرح القيمتين .
- نعيد رسم الدارة ، ونقيس الجهد باستخدام مقياس الجهد .
- نقيس التيار باستخدام مقياس التيار الذي نستخرجه من النافذة .Indicators

فيما يتعلق بالسؤال الثاني:

- نقوم بحساب المقاومة المكافئة .
- نستخدم مقسم التيار .
- نستخدم للقياس العملي مقياسي الفولت ، والأمبير حيث تكون جهة الخط الأسود الغامق دائماً باتجاه الأرضي .

أما فيما يتعلق بالسؤال الثالث:

- نحسب المقاومة المكافئة ، وللقياس العملي نستخدم مقياس الأمبير .
- نحل باستخدام قانون أوم ، وكيرشوف للتيار ، ومقسم التيار .

## ❖ التجربة الثالثة :دائرة ثيفنن ودائرة نورتون

### 1-3 الهدف من التجربة:

- تعرف نظرية التركيب في الدارات الكهربائية.
- إمكانية تحويل أية دائرة كهربائية إلى دائرة مبسطة باستخدام دائرة ثيفنن أو دائرة نورتون.
- دراسة تأثير تغيير مقاومة الحمل على الاستطاعة المستهلكة.

### 2-3 المبدأ النظري للتجربة:

- شرح نظرية ثيفنن مع تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية.
- شرح نظرية نورتون مع تطبيقات عملية على بعض الدارات النظرية.

### 3-3 نظرية التركيب Superposition Theorem:

تستخدم هذه النظرية عندما يكون هناك أكثر من منبع تغذية، سواء منبع جهد أو منبع تيار أو كليهما معاً في الدارة نفسها.

وتنص هذه النظرية:

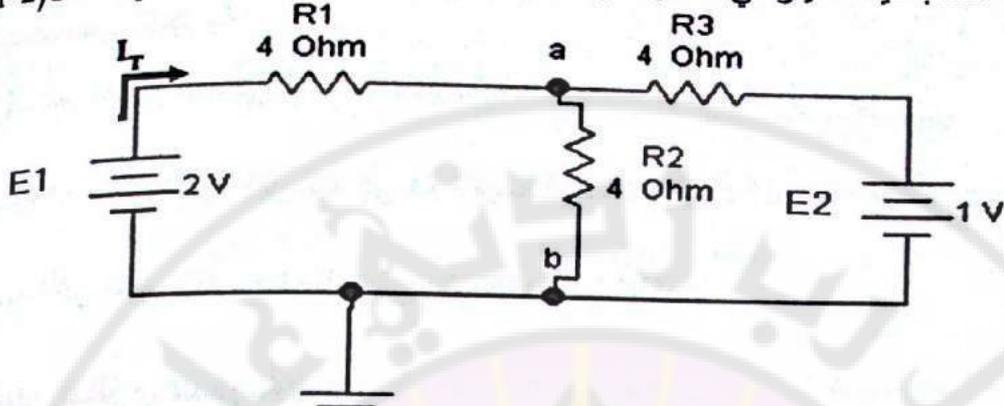
أن التيار المار في أي فرع من فروع دائرة كهربائية تحتوي على أكثر من منبع للطاقة الكهربائية (منبع الجهد أو منبع للتيار) يساوي المجموع الجبري للتيارات الجزئية المارة في ذلك الفرع ، عندما تعمل هذه المصادر كلاً على حدة.

والجهد المطبق على فرع من فروع دائرة كهربائية تحتوي على أكثر من منبع للطاقة الكهربائية (منبع الجهد أو منبع للتيار) يساوي المجموع الجبري للجهود الجزئية المطبقة على ذلك الفرع ، عندما تعمل هذه المصادر كلاً على حدة.

عندئذ نتعامل مع تلك الدارات على أنها مؤلفة من دارتين كل منها لها منبع تغذية واحد، مع ملاحظة قصر مصادر الجهد المستقلة ، وفتح مصادر التيار المستقلة عند حساب الجهود أو التيارات الجزئية.

مثال (1-3) :

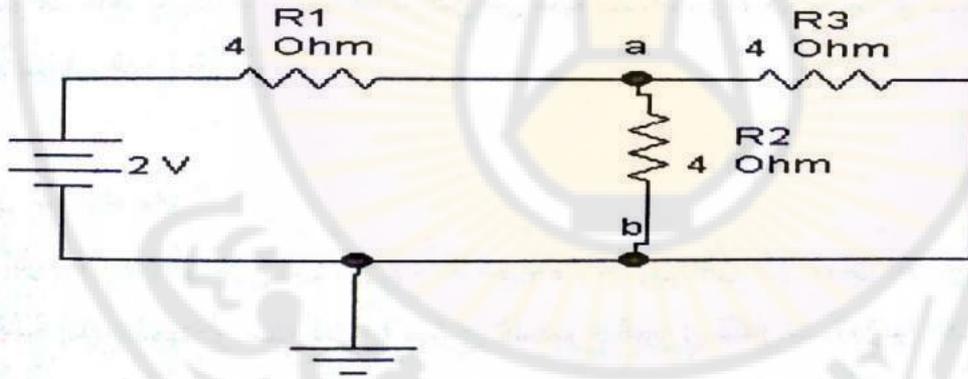
احسب قيمة التيار في المقاومة  $R_2$  باستخدام نظرية التركيب للدارة في الشكل (1-2):



الشكل (1-3)

الحل :

نُعد الدارة عبارة عن دارتين كل منها يحتوي على منبع تغذية واحد حسب نظرية التركيب. تحتوي الدارة الأولى على منبع التغذية 2V بعد قصر المنبع الثاني كما في الشكل:



الشكل (2-3) - أ

لحساب التيار المار في المقاومة  $R_2$  في هذه الدارة نوجد أولاً التيار الكلي بعد العثور على قيمة المقاومة المكافئة :

$$R_T = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_T = 4 + (4 \cdot 4) / (4 + 4) = 6 \Omega$$

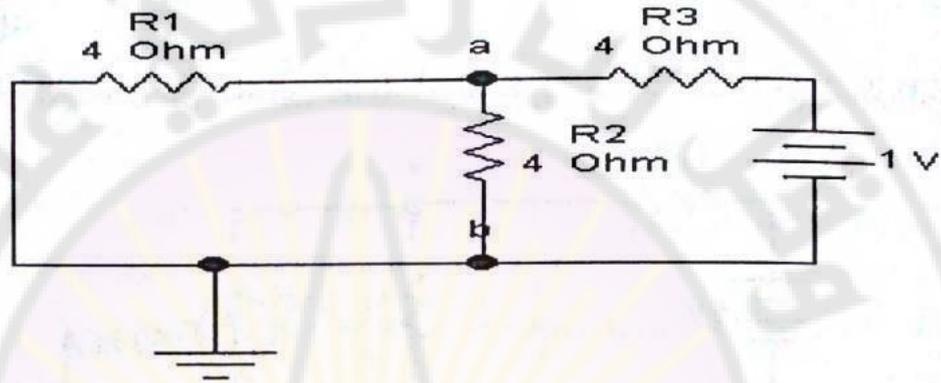
$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = \frac{2}{6} = 333.3 \text{ mA}$$

لحساب التيار المار في المقاومة  $R_2$  في الفرع ab نطبق علاقة مقسم التيار:

$$I_{ab1} = 333.3 * \frac{4}{4+4} = 166.65 \text{ mA}$$

تحتوي الدارة الثانية على منبع التغذية 1V بعد قصر المنبع الأول كما الدارة في الشكل (2-3)-ب:



الشكل (2-3)-ب

لحساب التيار المار في المقاومة  $R_2$  لهذه الدارة نحسب أولاً التيار الكلي بعد إيجاد قيمة المقاومة المكافئة لهذه الدارة:

$$R_T = R_3 + \frac{R_2 * R_1}{R_2 + R_1}$$

$$R_T = 4 + (4 * 4) / (4 + 4) = 6 \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = \frac{1}{6} = 167 \text{ mA}$$

لحساب التيار المار في المقاومة  $R_2$  في الفرع ab نطبق علاقة مقسم التيار:

$$I_{ab2} = 167 * \frac{4}{4+4} = 83.5 \text{ mA}$$

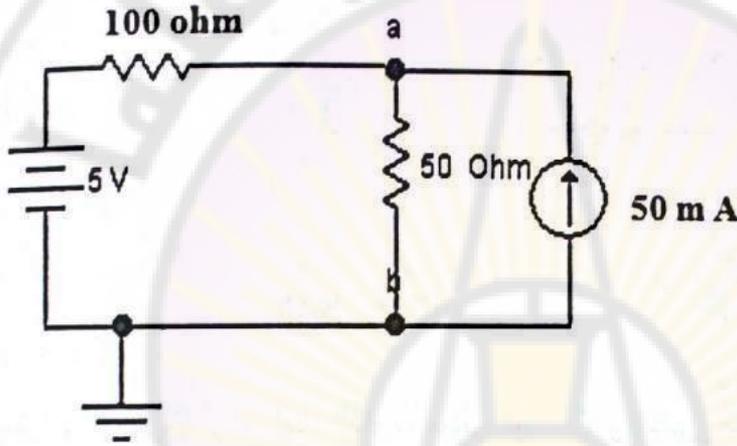
نحسب قيمة التيار الكلي الناتج عن وجود المنبعين:

$$I_{ab} = 83.5 + 166.65 = 250.15 \text{ mA}$$

نلاحظ أن كلا التيارين  $I_{ab1}$  و  $I_{ab2}$  لهما الاتجاه نفسه لذلك تم جمعهما . أما في حال كان المنبعان متعاكسين بالاتجاه ، فيكون التياران متعاكسين، عندها نطرح الأصغر من الأكبر، وتكون جهة التيار بنفس جهة التيار الأكبر.

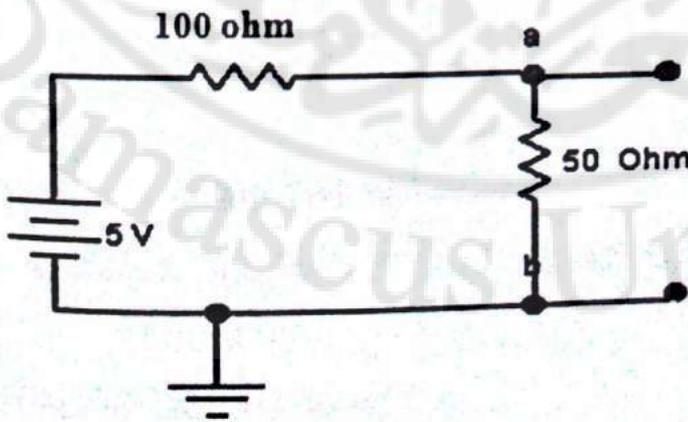
مثال (2-3):

احسب قيمة التيار المار بين العقدتين ab باستخدام نظرية التركيب للدارة في الشكل (3-3)؛



الشكل (3-3)

نعد الدارة عبارة عن دارتين، كل منها يحتوي على منبع تغذية واحد .  
تحتوي الدارة الأولى على منبع تغذية 5 V بعد فتح منبع التيار:



الشكل (4-3)

لحساب التيار المار في الفرع ab لهذه الدارة ، نحسب أولاً التيار الكلي بعد العثور على قيمة المقاومة المكافئة للدارة السابقة:

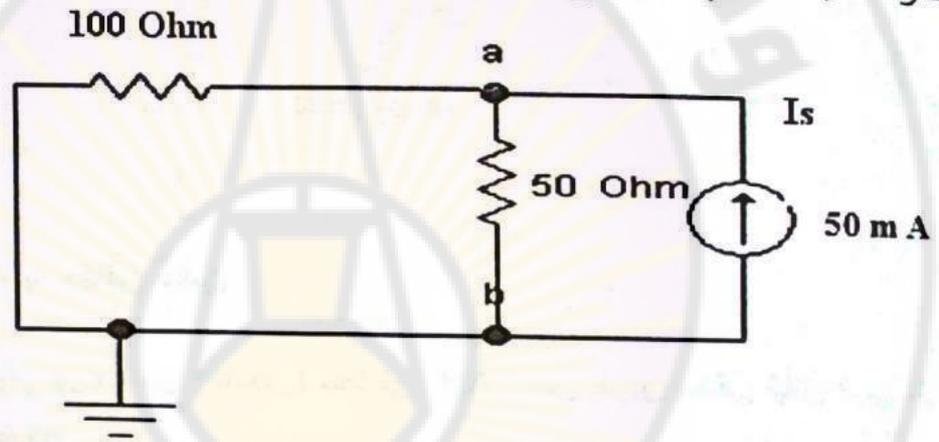
$$R_T = 100 + 50 = 150\Omega$$

$$I_T = \frac{V}{R_T}$$

$$I_T = \frac{5}{150} = 33.3 \text{ mA}$$

وهو التيار المار في الفرع ab .

الدارة الثانية تحتوي على منبع تيار 50 mA بعد قصر منبع التغذية.



الشكل (5-3)

لحساب التيار المار في الفرع ab نطبق علاقة مقسم التيار.

$$I_{ab} = 50 * \frac{100}{100+50} = 33.3 \text{ mA}$$

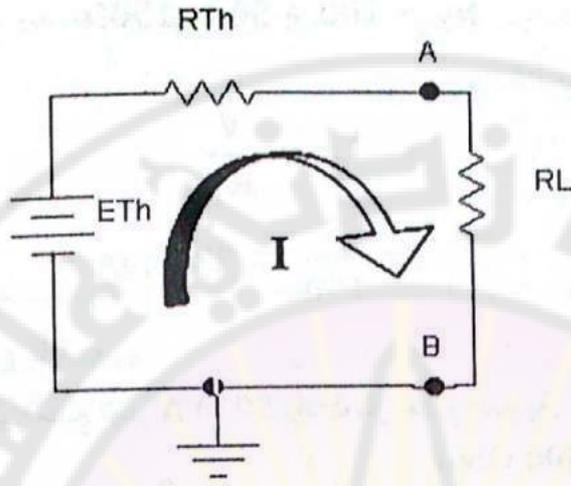
نحسب قيمة التيار نتيجة وجود المنبعين:

$$I_{ab} = 33.3 + 33.3 = 66.6 \text{ mA}$$

#### 4-3 نظرية ثيفنن Thevenin's Theorem :

- وهي من النظريات المهمة في الدارات الكهربائية ؛ لأنها تبسط وتختصر أية دارة كهربائية - مهما كانت معقدة- إلى دارة مبسطة تسمى بمكافئ ثيفنن Thevenin Equivalent Circuit تستخدم نظرية ثيفنن لحساب التيار أو الجهد بين نقطتين (A,B) في دارة كهربائية .

يمثل مكافئ ثيفنن بمنبع جهد  $E_{Th}$  موصل على التسلسل مع المقاومة  $R_{Th}$  ، والدارة التالية  
 تمثل مكافئ ثيفنن متصلاً مع الحمل  $R_L$ .



الشكل (6-3)

### 1-4-3 كيفية حساب مكافئ ثيفنن:

لحساب جهد أو تيار بين نقطتين (عقدتين) محددين  $AB$  ، عن طريق مكافئ ثيفنن في دارة  
 نتبع الخطوات التالية:

#### 1-4-3-1- الخطوة الأولى:

نحسب مقاومة ثيفنن  $R_{Th}$  :

1- إزالة الفرع (المقاومة) المحصورة بين النقطتين المحددين  $AB$  المراد حساب التيار  
 أو الجهد بينهما .

2- قصر منابع الجهد وفتح منابع التيار بشرط أن تكون مستقلة (تعويضهما بالمقاومة  
 الداخلية إن وجدت).

3- ننظر من جهة النقطتين المحددين  $AB$  ، للعثور على المقاومة المكافئة للدارة بين  
 هاتين النقطتين والتي تكافئ مقاومة ثيفنن.

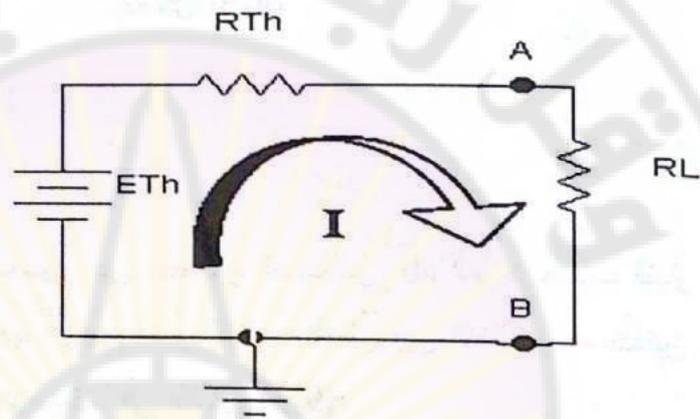
#### 1-4-3-2 الخطوة الثانية:

حساب جهد ثيفنن  $V_{Th}$  ( $E_{th}$ ) بين النقطتين  $AB$  المحددين :

نعيد وصل منابع التغذية والتيار ورسم الدارة على هذا الوضع ، ثم نطبق نظرية كيرشوف أو مقسم الجهد أو نظرية التركيب لحساب الجهد  $(E_{th})V_{Th}$  .

### 3-1-4-3 الخطوة الثالثة :

نرسم مكافئ ثيفنن  $(E_{th})$  ، مع وصل المقاومة التي تمت إزالتها في الخطوة الأولى (التي تعتبر مقاومة حمل ) حسب الشكل (7-3):



الشكل (7-3)

عندئذ التيار يحسب حسب العلاقة التالية:

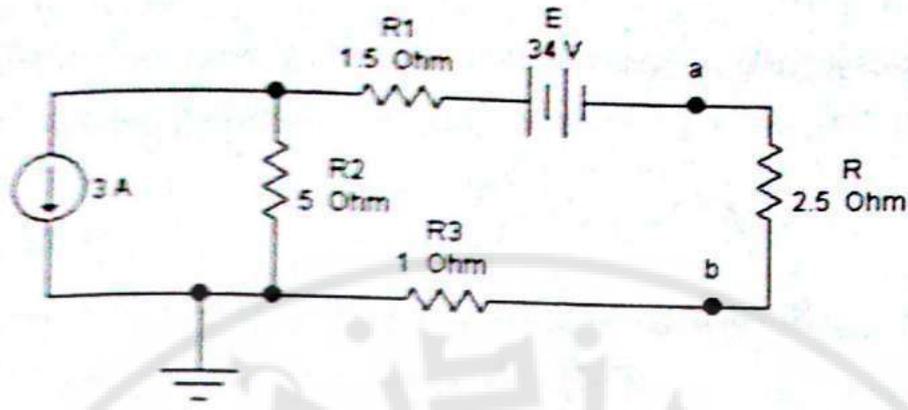
$$I_{th} = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L}$$

ملاحظة : عندما تكون قيمة مقاومة الحمل مساوية لمقاومة ثيفنن، يتم استجرار أعظم استطاعة وفق العلاقة التالية :

$$P_{max} = \frac{E_{th}^2}{4R_{th}}$$

مثال (3-3):

احسب التيار المار في المقاومة R بين النقطتين ab للدارة في الشكل (8-3):



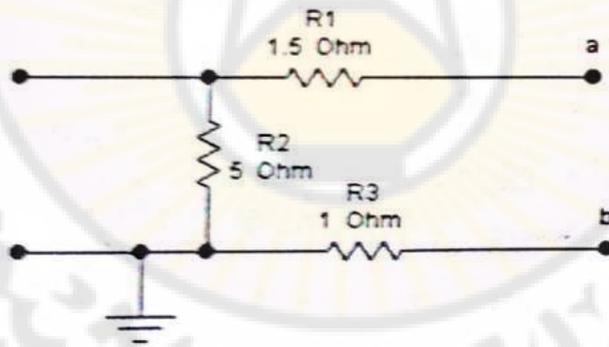
الشكل (8-3)

الحل:

الخطوة الأولى:

نحسب مقاومة ثيفنن  $R_{Th}$ :

نزول الفرع (المقاومة R) المحصور بين النقطتين المحددتين ab لمراد حساب تيار لمر فيها، بعد أن يتم قصر منبع الجهد، وفتح منبع التيار، وننظر بين النقطتين المحددتين ab لأن المنبعين مستقلان ، فتصبح الدارة كما في الشكل (9-3):



الشكل (9-3)

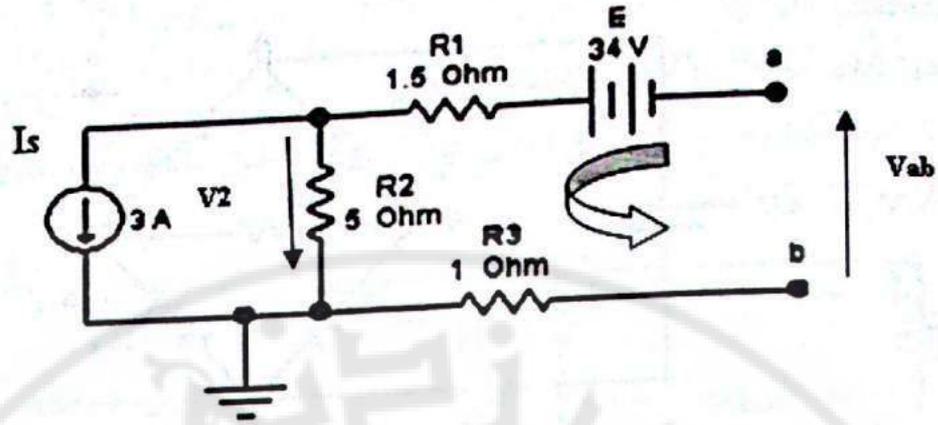
$$R_{th} = R_{ab} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{th} = R_{ab} = 1.5 + 5 + 1 = 7.5\Omega$$

الخطوة الثانية:

حساب جهد ثيفنن  $(E_{th})V_{Th}$  بين النقطتين ab :

نعيد وصل منبعي التغذية والتيار ورسم الدارة على هذا الوضع ، ثم نطبق نظرية كيرشوف لحساب الجهد  $V_{Th}$ .



الشكل (10-3)

$$V_2 = I * R_2$$

$$V_2 = 3 * 5 = 15 \Omega$$

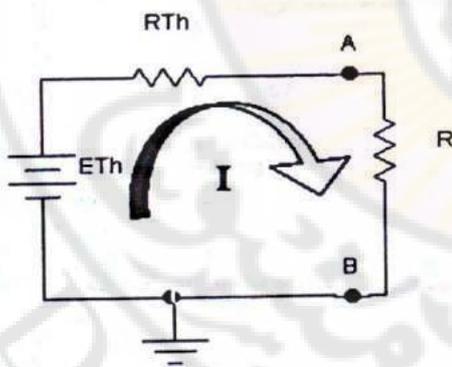
ولكن لا يوجد تيار في المقاومة R1 , R3 لأن الدارة مفتوحة؛  
بالتالي وحسب نظرية كيرشوف:

$$\sum V = 0$$

$$0 = E + V_{ab} + V_2$$

$$V_{th} = V_{ab} = -34 - 15 = -49 V$$

الخطوة الثالثة :



الشكل (11-3)

نرسم مكافئ ثيفنن بعد وصل المقاومة التي تم إزالتها  
في الخطوة الأولى حسب الشكل التالي :  
يُحسب عندها التيار حسب العلاقة التالية:

$$I_{th} = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L}$$

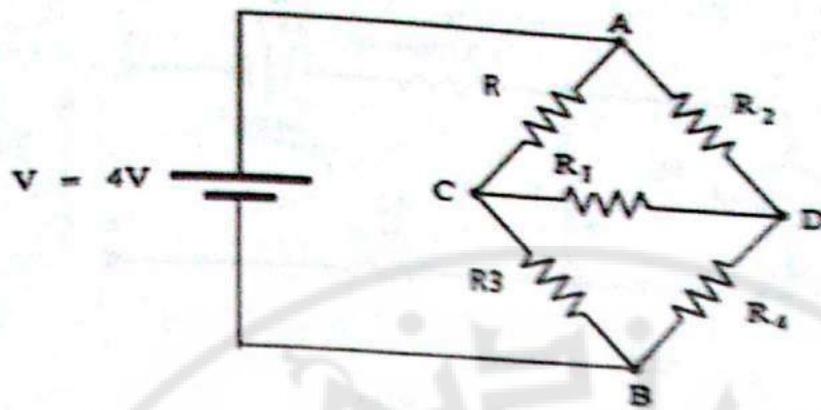
$$I_{th} = \frac{-49}{7.5 + 2.5}$$

$$I_{th} = -4.9 A$$

مثال (4-3):

احسب التيار المار بين النقطتين CD في الحمل R1 للدارة في الشكل (12-3):  
مع العلم أن :

$$R = 1 \Omega , R_1 = 4 \Omega , R_2 = 10 \Omega , R_3 = 4 \Omega , R_4 = 10 \Omega$$



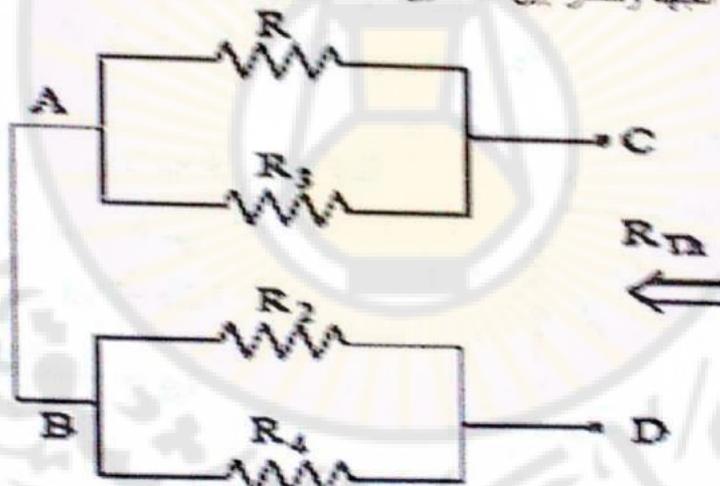
الشكل (12-3)

الحل:

الخطوة الأولى:

نحسب مقاومة ثيفان  $R_{th}$ :

نزيل فرع المقاومة  $R_1$  المحصورة بين النقطتين CD المراد حساب التيار المر فيها ،  
وتنقسم منبع الجهد وتنظر بين النقطتين المحددتين CD :



الشكل (13-3)

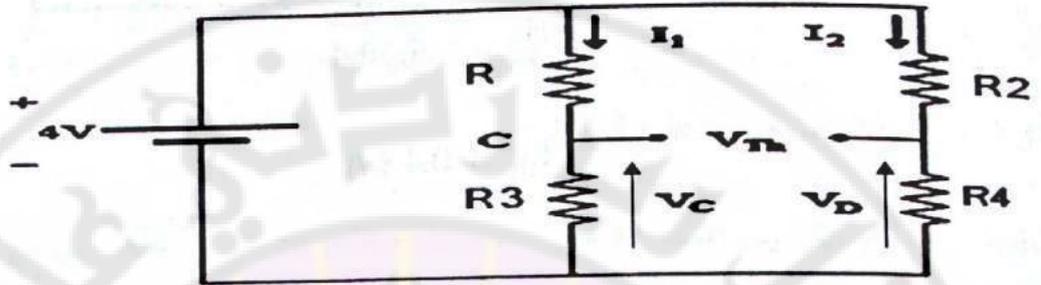
$$R_{th} = R_{cd} = R // R_3 + R_2 // R_4$$

$$R_{th} = R_{cd} = \frac{1 \cdot 4}{4+4} + \frac{10 \cdot 10}{10+10}$$

$$R_{th} = R_{cd} = 5.5 \Omega$$

الخطوة الثانية :

حساب جهد ثيفنن  $V_{Th}$  ( $E_{Th}$ ) بين النقطتين CD .  
 نعيد وصل منبع التغذية ، ورسم الدارة على هذا الوضع . نطبق علاقة مقسم الجهد لحساب الجهد  $V_{Th}$  .



الشكل (14-3)

$$V_{th} = V_C - V_D$$

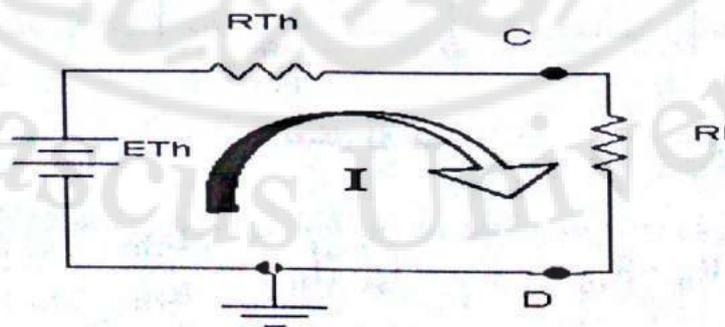
$$V_{th} = \left( \frac{R_3}{R_3+R} \right) * V - \left( \frac{R_4}{R_4+R_2} \right) * V$$

$$V_{th} = \left( \frac{4}{4+1} \right) * 4 - \left( \frac{10}{10+10} \right) * 4$$

$$V_{th} = 3.2 - 2 = 1.2 \text{ V}$$

الخطوة الثالثة :

نرسم مكافئ ثيفنن بعد وصل المقاومة التي تمت إزالتها في الخطوة الأولى حسب الشكل (15-3):



الشكل (15-3)

بحسب عندها التيار حسب العلاقة التالية:

$$I_{th} = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_1}$$

$$I_{th} = \frac{1.2}{5.5+4}$$

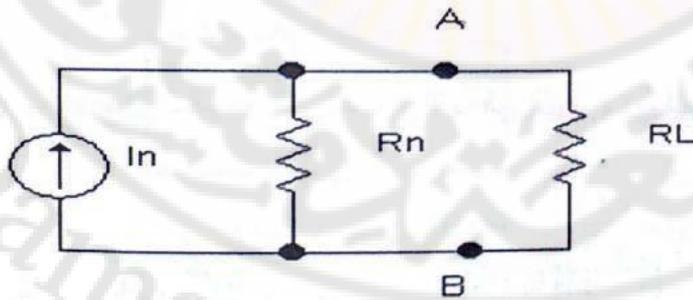
$$I_{th} = 0.13 \text{ A}$$

### 5-3 نظرية نورتن Norton's Theorem:

وهي من النظريات المهمة في الدارات الكهربائية؛ لأنها تبسط، وتختصر أية دارة كهربائية مهما كانت معقدة، إلى دارة مبسطة نتعامل معها بكل يسر وسهولة، تسمى دارة نورتن المكافئة Norton's Equivalent Circuit.

تستخدم نظرية نورتن في حساب التيار المار بين النقطتين (A,B) في دارة كهربائية، كما هو الحال في نظرية ثيفنن.

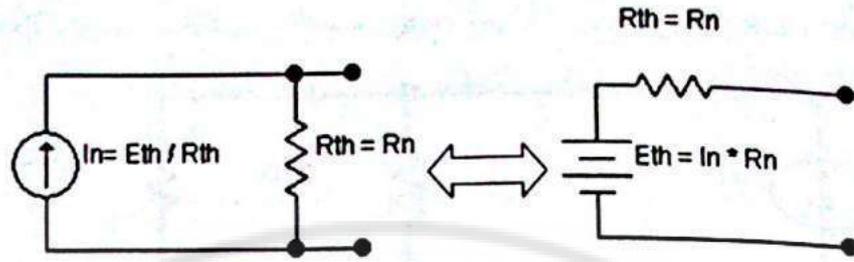
يمثل مكافئ نورتن بمنبع تيار  $I_{sc}$  ( $I_n$ ) متصل على التفرع مع مقاومة مكافئة تمثل مقاومة نورتن  $R_n$  بين النقطتين المحددتين. ويمكن وصل الحمل  $R_L$  مع مكافئ نورتن كما في الشكل (16-3):



الشكل (16-3)

مع ملاحظة أن:  $I_{sc} (I_n) = \frac{E_{th}}{R_{th}}$  و  $R_n = R_{th}$

يمكن إذن تحقيق التكافؤ بين مكافئ ثيفنن؛ ومكافئ نورتن كالتالي:



الشكل (17-3)

### 1-5-3 طريقة حساب مكافئ نورتن :

لحساب جهد أو تيار بين نقطتين (عقدتين) محددتين AB عن طريق مكافئ نورتن في دائرة ،  
تتبع الخطوات التالية:

#### 1-1-5-3 الخطوة الأولى:

نحسب مقاومة نورتن ، وهي تساوي مقاومة ثيفنن  $R_{Th} = R_n$  :

- 1- إزالة الفرع (المقاومة) المحصورة بين النقطتين المحددتين AB المراد حساب التيار المار فيها .
- 2- قصر منابع الجهد المستقلة ، وفتح منابع التيار المستقلة (تعويضهما بالمقاومة الداخلية إن وجدت) .
- 3- النظر بين النقطتين المحددتين AB لإيجاد المقاومة المكافئة للدائرة بين هاتين النقطتين التي تكافئ مقاومة نورتن .

#### 2-5-3 الخطوة الثانية :

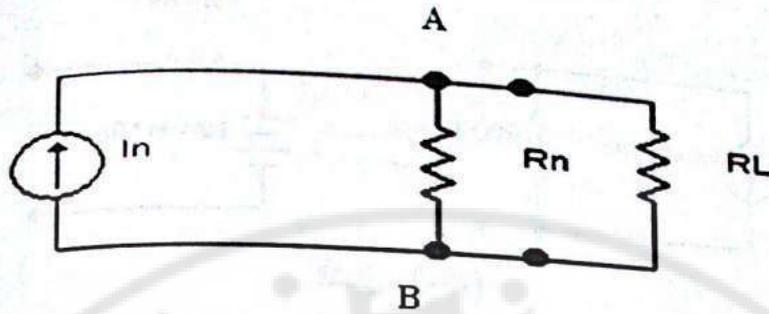
إيجاد تيار القصر  $(I_{sc})I_n$  بين النقطتين AB المحددتين :

1. نعيد وصل منابع التغذية ، والتيار ، ورسم الدارة على هذا الوضع .
2. نقصر النقطتين المحددتين AB ثم نطبق علاقة مقسّم التيار أو نظرية التركيب لحساب تيار القصر  $(I_{sc})I_n$  .

#### 3-5-3 الخطوة الثالثة :

نرسم مكافئ نورتن بعد وصل المقاومة التي تمت إزالتها في الخطوة الأولى حسب الشكل

(18-3):



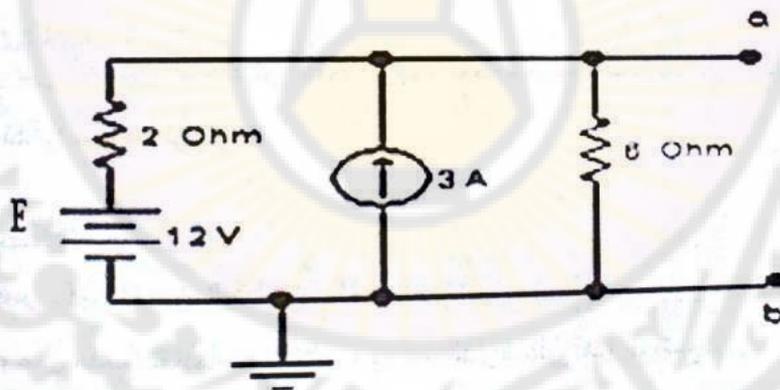
الشكل (18-3)

عندها يمكن حساب التيار المار في الحمل المحصور بين النقطتين المحددتين AB، بحسب  
حسب العلاقة التالية:

$$I_{RL} = I_n * \frac{R_n}{R_n + R_L}$$

مثال (5-3) :

أوجد مكافئ نورتن للدارة التالية ، ثم استنتج مكافئ ثيفنن .

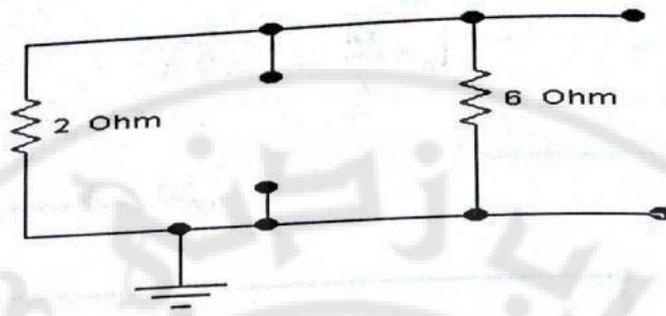


الشكل (19-3)

الخطوة الأولى:

نحسب مقاومة نورتن ، وهي تساوي مقاومة ثيفنن  $R_{Th} = R_n$  :  
لا يوجد فرع محصور بين النقطتين المحددتين ab .

نقصر منبع الجهد، ونفتح منبع التيار ، لأنهما منبعان مستقلان ، وننظر بين النقطتين ab لإيجاد المقاومة المكافئة للدارة بين هاتين النقطتين التي تكافئ مقاومة نورتن.



الشكل (20-3)

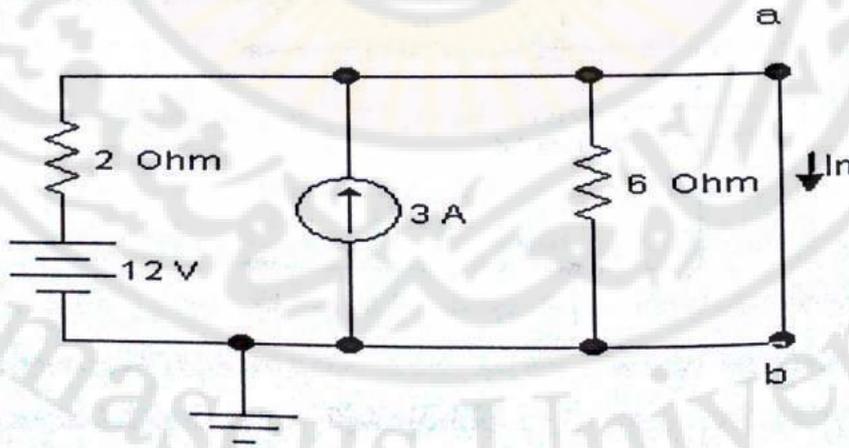
$$R_n = \frac{6 \cdot 2}{6 + 2}$$

$$R_n = 1.5 \Omega$$

الخطوة الثانية :

حساب تيار القصر  $I_n(I_{sc})$  بين النقطتين ab :

نعيد وصل منبعي التغذية ، ونرسم الدارة على هذا الوضع ، ثم نقصر النقطتين ab ، ونطبق نظرية التركيب لحساب تيار القصر  $I_n(I_{sc})$ .



الشكل (21-3)

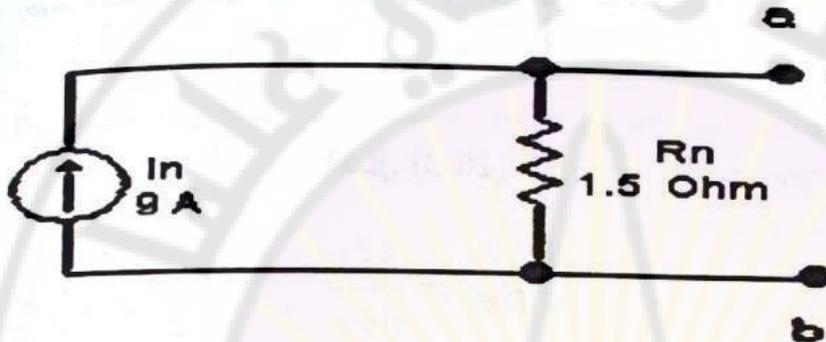
يحسب

نلاحظ المقاومة  $6 \Omega$  قد قصرت لوجود السلك بين النقطتين  $ab$  ولا يمر تيار فيها.  
 يكون التيار  $I_n$  عبارة عن مجموع مركبتين، الأولى: هي التيار الناتج عن الجهد، والثانية:  
 هي التيار الناتج عن منبع التيار.

$$I_n = \frac{12}{2} + 3 = 9 \text{ A}$$

الخطوة الثالثة :

نرسم مكافئ نورتن حسب الشكل التالي.



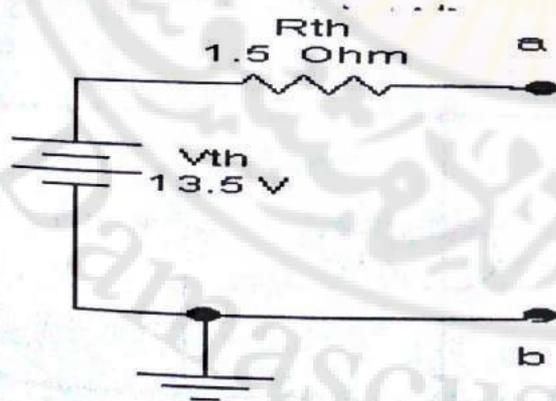
الشكل (22-3)

لرسم مكافئ ثيفنن المكافئ للدارة في الشكل (22-3) ، نحسب مايلي:

$$R_{Th} = R_n = 1.5 \Omega$$

$$V_{th} = R_n * I_n$$

$$V_{th} = 1.5 * 9 = 13.5 \text{ v}$$



الشكل (23-3)

## القسم العملي للتجربة:

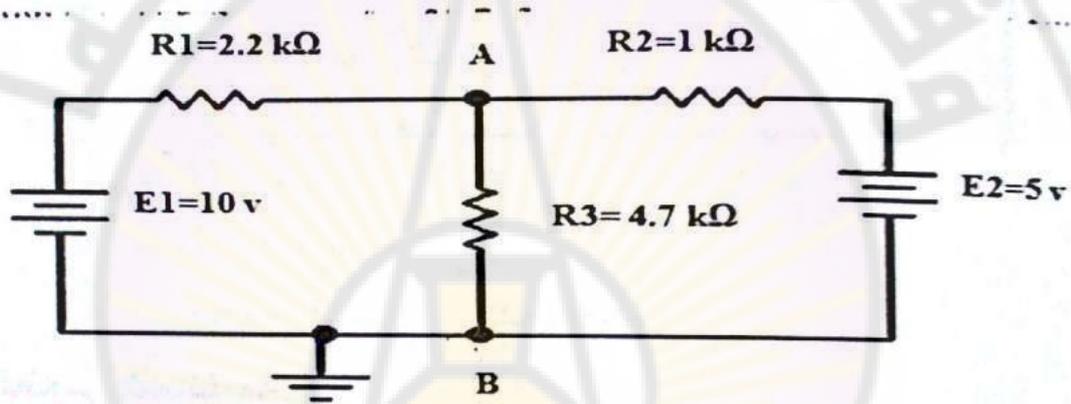
❖ المفاهيم الأساسية في الدارات الكهربائية

دارة ثيفنن ، ودارة نورتن

نص التجربة:

السؤال الأول:

نتكّن لدينا للدارة التالية :



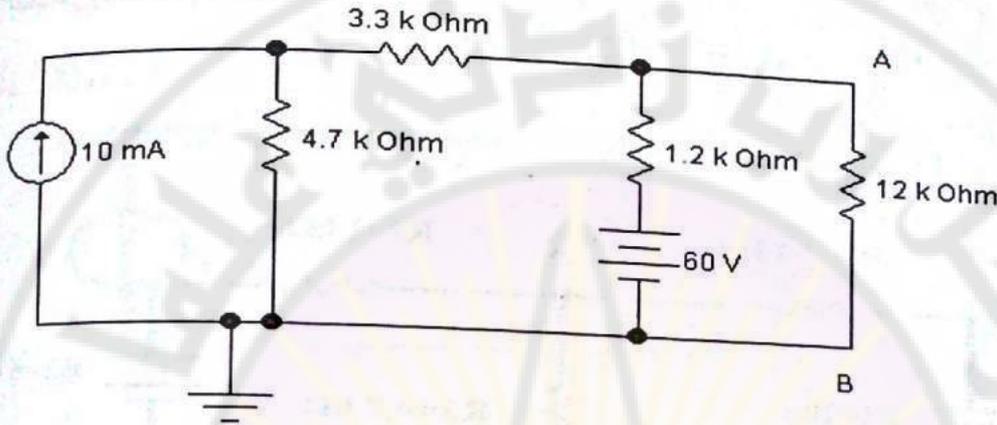
الشكل (1-3)

1. ارسم دارة ثيفنن المكافئة بين النقطتين A, B مبيناً عليها قيم جهد ثيفنن، ومقاومة ثيفنن؛ باعتبار المقاومة  $R_3$  هي مقاومة الحمل (عن طريق قياس كل من جهد الفتح ، وتيار قصر بين A , B) . تأكد من ذلك بالحساب النظري.
2. ارسم دارة نورتن المكافئة بين النقطتين A , B , مع وضع قيمة مولد التيار، والمقاومة المكافئة على الرسم
3. صل مقاومة الحمل بين النقطتين A , B و قس كلاً من التيار في مقاومة الحمل، والجهد الهابط عليها ، وتأكد من ذلك بالحساب النظري.
4. افرض جهد ثيفنن هو 6V ومقاومة ثيفنن  $1.5k\Omega$  غير قيمة مقاومة الحمل من ( $1k\Omega$  إلى  $2k\Omega$ ) بخطوة  $100\Omega$  . وارسم الاستطاعة المستجدة بدلالة تغير المقاومة  $R_L$  ، ماهي قيمة المقاومة الموافقة لسحب الاستطاعة الأعظمية (من المنحني)؟

قارن القيمة التي حصلت عليها مع قيمة المقاومة المكافئة لدارة ثيفنن، ماذا تستنتج؟

### السؤال الثاني:

أوجد دارة نورتن المكافئة بين نقطتي وصل المقاومة  $12\text{k}\Omega$  في الشكل التالي :



الشكل (2-3)

### العناصر المستخدمة:

مقاومة Resistor - منبع جهد مستمر DC Voltage Source - أرضي Ground  
منبع تيار Dc Current Source - مقياس الجهد voltmeter - مقياس التيار Ammeter

### خطوات الحل :

فيما يتعلق بالسؤال الأول:

- 1- لقياس جهد ثيفنن نجد ضرورة قياس الجهد بين A-B فنضع مقياس فولت بين النقطتين ، و لقياس تيار القصر نقصر بين A-B و نضع مقياس أمبير ونحسب مقاومة ثيفنن العملية حسب القانون ، ثم نتأكد بالحساب النظري.
- 2- نرسم دارة نورتن حسب القيم التي تم حسابها سابقاً .

- 3- لقياس الجهد الهابط على  $R_L$  الجديدة نضع مقياس فولت على التفرع مع هذه المقاومة ، و لقياس التيار المار فيها نضع مقياس أمبير على التسلسل مع هذه المقاومة ، وحسب القوانين المناسبة نتأكد نظرياً وذلك من خلال دارة مكافئ نيفن .
- 4- نرسم الجدول (1-1): ونسجل عليه تغيرات الاستطاعة، ثم نرسم تغيرات الإستطاعة المستجرة بدلالة تغير المقاومة  $R_L$ . ونحدد على المنحني الناتج أعظم استطاعة ، وعند أي مقاومة حققت تلك الاستطاعة العظمى .

ونقارن هذه المقاومة مع مقاومة نيفن ونسجل النتيجة في الجدول (1-1):

$V_{th}$	$R_{th}$	$R_L$	$P_{RL}$

الجدول (1-1)

فيما يتعلق بالسؤال الثاني :

- نقصر منبع الجهد ، ونفتح منبع التيار ، لأنهما منبعان مستقلان ، ونحذف الحمل ، ونحسب المقاومة المكافئة المنظورة بين النقطتين AB التي تمثل مقاومة نورتن .
- نحسب تيار القصر عن طريق نظرية التركيب .
- نرسم دارة نورتن حسب القيم التي تم حسابها سابقاً .

## ❖ التجربة الرابعة:

دراسة الدارات الكهربائية الخطية في المستوى الزمني.

### 1-4 الهدف من التجربة:

- دراسة الدارات الكهربائية الخطية بتشكيلاتها المختلفة بالنسبة للزمن ، ورسم المخططات الشعاعية لها.
- تعرف العلاقات الأساسية بين التيار، والجهد ، والتردد في الدارات المتقاوبة ، وتمثيل الممانعات وفهم دور ثابت الزمن.
- تأثير تغير نوع إشارة الدخل على إشارة الخرج.

### 2-4 المبدأ النظري للتجربة:

- دراسة نظرية للدارات الكهربائية الخطية المكونة من (مقاومة ، ملف ، مكثفة) بالنسبة للزمن ، ووصلها على التسلسل، والتفرع، ومعادلاتها التفاضلية، ومخططاتها الشعاعية .
- طرق تمثيل الممانعات، والمعامل  $J$  مع مثال نظري.
- شرح ظاهرة الرنين. وعرض مثال نظري عنها.
- دراسة ثابت الشحن، ومنحني الشحن للمكثف وتحديد شرط اعتبار الدارة دارة مكامل.

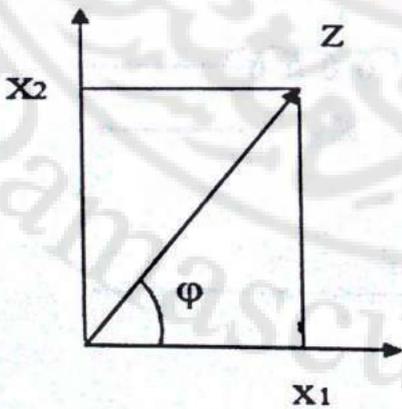
### 3-4 طرق تمثيل الممانعة $Z$ والمعامل $J$ :

- يمكن تمثيل الممانعة  $Z$  في صيغة الإحداثيات المتعامدة ، تكون بمركبة حقيقية ومركبة تخيلية كالآتي:

$$Z = X_1 + JX_2$$

- حيث المعامل  $J$  هو متجه مطاله يساوي الواحدة وقيمه  $J = \sqrt{-1}$

أي إذا ضربنا العدد الصحيح  $X$  في  $J$  مرتين فالعدد الصحيح يدور مرتين في كل مرة



الشكل (1-4)

بمقدار 90 درجة ، أي أنه يدور 180 درجة ومن هنا تنتج الإشارة السالبة:

$$X \cdot J \cdot J = -X$$

$$Z = \sqrt{X_1^2 + X_2^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X_2}{X_1}$$

• تمثيل Z أسياً :  $\vec{Z} = Ze^{j\varphi}$

• تمثيل Z قطبياً :  $\vec{Z} = Z \angle \varphi$

4-4 دراسة الدارات الخطية من الدرجة الأولى :

1-4-4 دراسة دارة تحوي مقاومة موصولة على التسلسل مع ملف (L/R) :

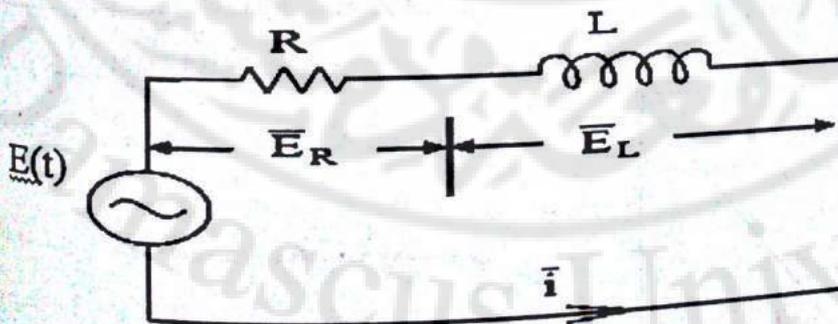
ليكن لدينا دارة RL تسلسلية ، وفيها المنبع  $E(t)$  ، ولنفرض أننا ندرس الدارة عند اللحظة  $t=0$  .

نطبق قانون كيرشوف للجهد على الدارة ، فنحصل على :

$$E(t) = R \cdot i + E_L(t)$$

حيث:

$$E_L(t) = L \cdot \frac{di}{dt}$$



الشكل (2-4)

ومنه تصبح المعادلة التفاضلية:

$$E(t) = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

ويحل هذه المعادلة نحصل على عبارة التيار :

$$i(t) = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

ويعطى الجهد بين طرفي الوشيعه بالعلاقة:

$$E_L(t) = E \cdot e^{-\frac{R}{L}t}$$

والثابت الزمني لهذه الدارة يعطى بالعلاقة :

$$\tau = \frac{L}{R}$$

لما عن تمثيل الممانعات في هذا النمط من الدارات؛ فيكون:

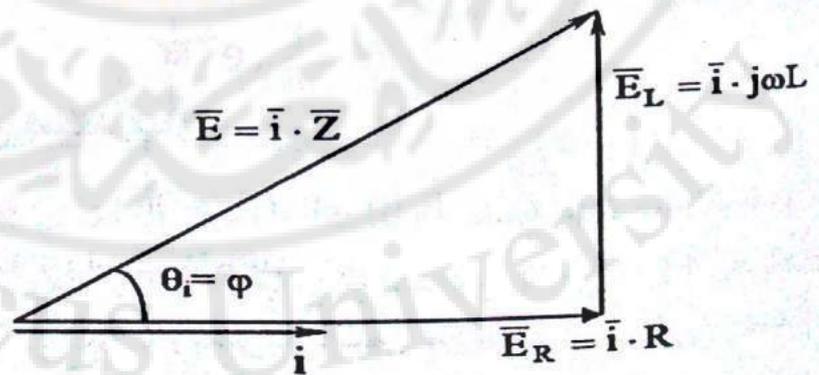
$$\bar{Z} = R + X_L$$

$$\bar{Z} = R + j\omega L$$

$$|Z| = \sqrt{(R^2 + (\omega L)^2)}$$

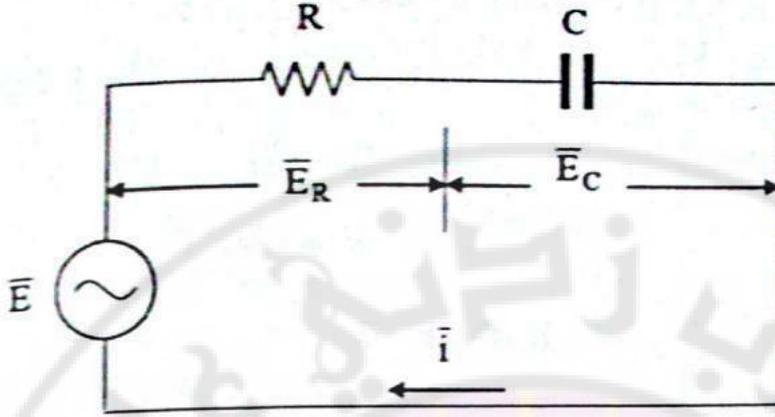
$$\angle \theta_Z = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

ويمثل شعاعياً بالشكل (3-4) :



الشكل (3-4)

2-4-4 دراسة دائرة تحتوي مقاومة موصولة على التسلسل مع مكثف (R,C):



الشكل (4-4)

لدينا دائرة (R C) تسلسلية ، فيها المنبع  $E(t)$  ، كما في الشكل (4-4) ، ولنفرض أننا ندرس الدائرة عند تطبيق منبع جهد خطوي يوافق قيمة معنومة عندما  $t < 0$  وقيمة ثابتة عندما  $t \geq 0$ .

نطبق قانون كيرشوف للجهد على الدائرة ؛ فنحصل على :

$$E = R \cdot i + E_C(t)$$

$$E_C(t) = \frac{1}{C} \int i dt$$

ومنه تصبح المعادلة التفاضلية التي تحكم عمل الدائرة:

$$E = R \cdot i + \frac{1}{C} \int i dt$$

وبحل هذه المعادلة نحصل على عبارة التيار:

$$i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

ويعطى الجهد بين طرفي المكثف بالعلاقة:

$$E_C(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

أما الثابت الزمني لهذه الدائرة ؛ فيعطى بالعلاقة:

$$\tau = R \cdot C \text{ ويسمى ثابت شحن المكثف.}$$

ونظرياً يتحقق شرط التكامل عندما :

$$RC \gg T \text{ حيث } T \text{ دور إشارة الدخل.}$$

أما عن تمثيل الممانعات في هذا النمط من الدارات فيكون:

$$Z = R + X_C$$

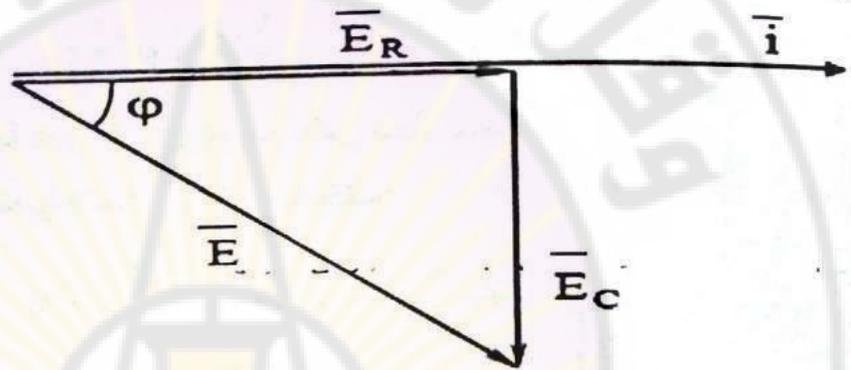
ومنه:

$$\bar{Z} = R - j \frac{1}{\omega C}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\angle \theta_Z = \tan^{-1} \left( \frac{-1}{\omega CR} \right)$$

ويمثل شعاعياً بالشكل (5-4) :



الشكل (5-4)

#### 4-4-2-1 شحن المكثف وتفريغه:

إذا استخدمنا منبع جهد مستمر نحصل على العلاقة التالية :  $V_C(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$  وتكون علاقة تيار الشحن كما يلي:

$$I_C = \frac{(E - V_C)}{R} = \frac{\left(E - E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)\right)}{R} = \frac{E}{R} \left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

أما إذا فصلنا منبع الجهد المستمر، وأجرينا دائرة قصر بين طرفي الدارة فعندها يمر تيار كهربائي في الدارة نتيجة تفريغ الشحنة الكهربائية للمكثف في المقاومة، ويبدأ التيار، والجهد بالانخفاض إلى أن يصل إلى الصفر:

$$V_C + I_d \cdot R = 0$$

حيث  $I_d$  : تيار التفريغ للمكثف.

يمكن كتابة المعادلة السابقة كما يلي:

$$V_c + R \cdot C \cdot \frac{dV_c}{dt} = 0$$

وبحل هذه المعادلة التفاضلية نجد:

$$V_c = V_{Ci} \cdot \left( e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

حيث  $V_{Ci}$  هو الجهد المطبق على المكثف عند بداية التفريغ.

ومنه فإن تيار التفريغ  $I_d$  يحسب كما يلي:

$$I_d = -\frac{V_c}{R} = -\frac{V_{Ci}}{R} \cdot \left( e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

حيث إن الإشارة السالبة تشير إلى أن التفريغ عكس اتجاه الشحن.

والشكل (6-4) يبين منحنى الشحن ، والتفريغ للمكثف:



الشكل (6-4)

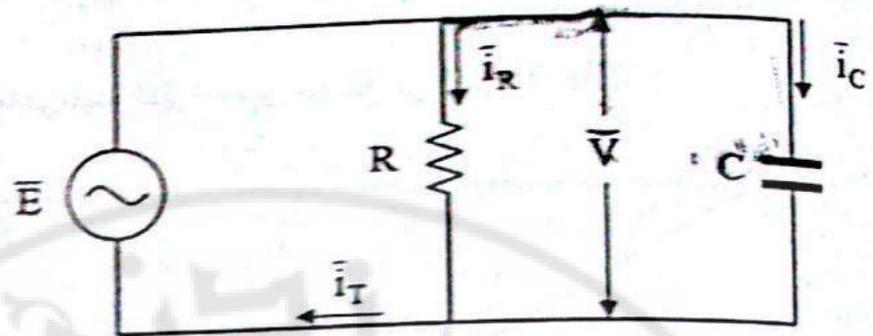
3-4-4 دراسة دارة تحتوي مقاومة موصولة على التفرع مع مكثف (R,C):

تعطى سماحيتها بالعلاقة:

$$\bar{Y} = \frac{1}{R} + j\omega C$$

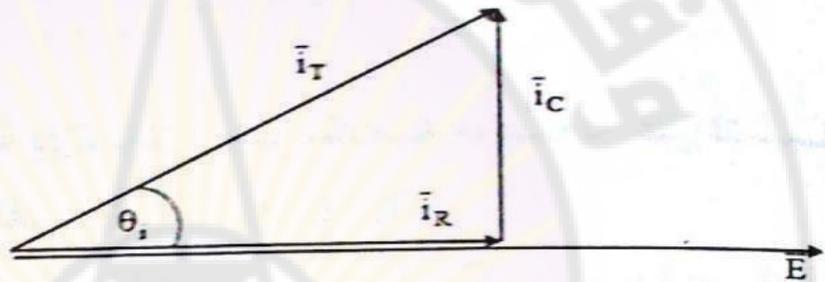
$$|Y| = \sqrt{\frac{1}{R^2} + C^2 \omega^2}$$

$$\angle \theta = \tan^{-1}(\omega CR)$$



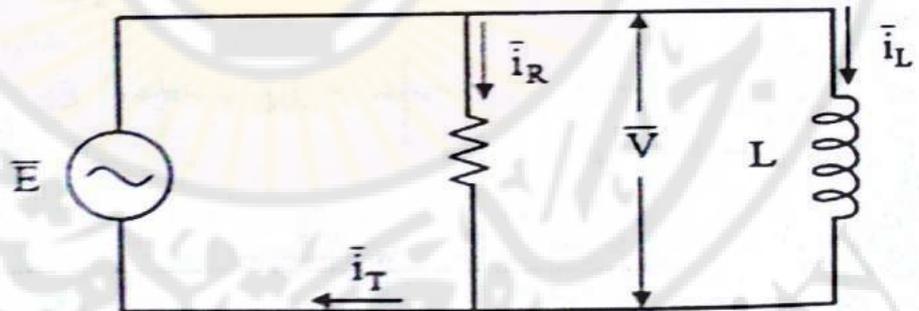
الشكل (7-4)

لما عن التمثيل الشعاعي ، فهو موضح في الشكل (8-4) :



الشكل (8-4)

4-4-4 دراسة دائرة تحتوي مقاومة موصولة على التفرع مع ملف (R,L) :



الشكل (9-4)

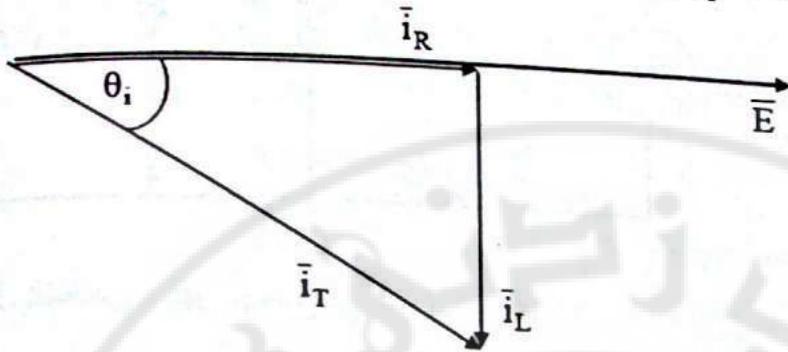
تعطى سماحياتها بالعلاقة:

$$\bar{Y} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L}$$

$$|Y| = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{\omega^2 L^2}}$$

$$\angle\theta = \tan^{-1}\left(-\frac{R}{L\omega}\right)$$

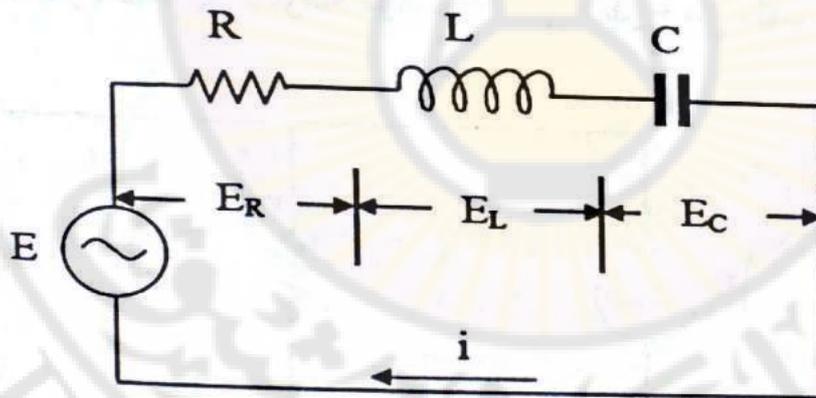
أما عن التمثيل الشعاعي لهذه الدارة ، فهو موضح في الشكل (10-4):



الشكل (10-4)

5-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التسلسل مع ملف ، و مكثف ( R , L , C ) :

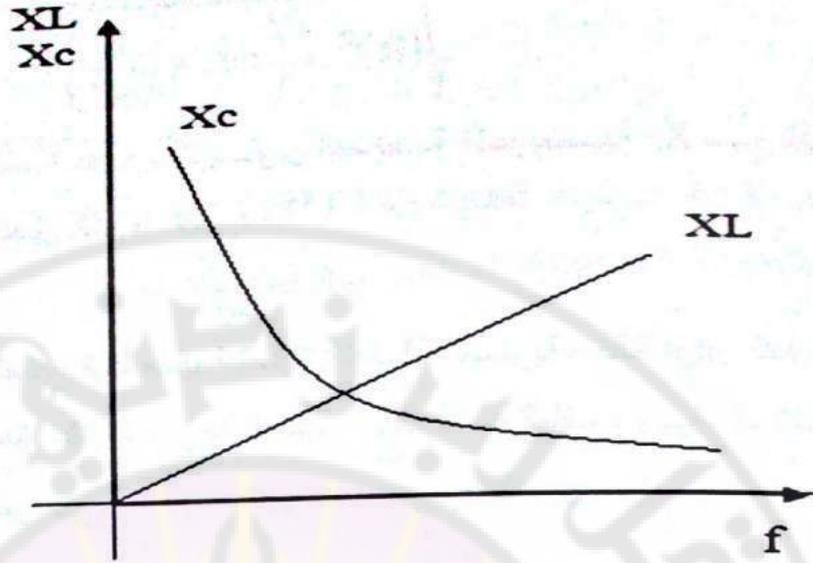
ليكن لدينا الدارة التسلسلية ( RLC ) كما في الشكل (11-4) وفيها المنبع الجيبي  $E(t)$  وسنرى طريقة تمثيل الممانعة  $Z$  والتمثيل الشعاعي للدارة.



الشكل (11-4)

بما أن العناصر في الدارة موصولة على التسلسل ، عندها تساوي الممانعة الكلية للدارة  $Z$  مجموع ممانعات العناصر الثلاثة في الدارة ، حيث أن  $\omega = 2\pi f$  (  $f$  تردد المنبع الجيبي ) ، ومنه ممانعة الملف  $X_L$  تتناسب طردياً مع التردد ، وممانعة المكثف  $X_C$  تتناسب عكساً مع التردد كما في الشكل (11):

ومنه فإن الممانعة الكلية  $Z$  :

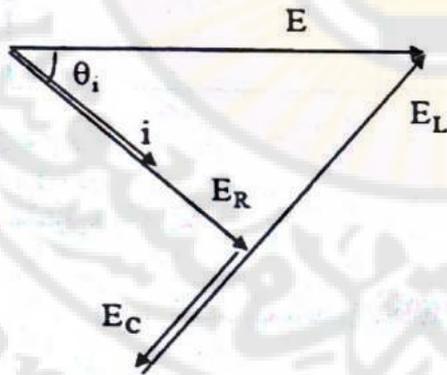


الشكل (12-4)

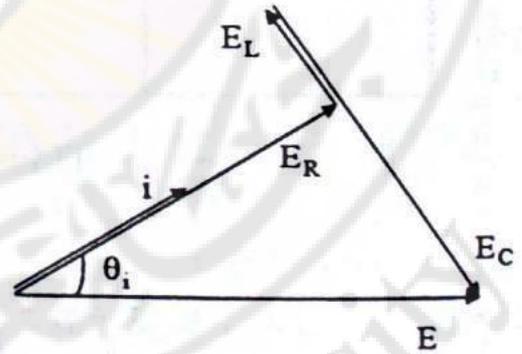
$$\bar{Z} = \left( R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} \right) = R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

$$|\bar{Z}| = \sqrt{(R)^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

وتمثل شعاعياً كما في الشكل (13-4) حيث نُعد الجهد E مرجعاً للتمثيل:



الشكل (13-4) - ب -



الشكل (13-4) - أ -

1-5-4-4 ظاهرة الرنين :

يعطى في الدارة السابقة التيار الكلي i المار في الدارة بالعلاقة التالية:

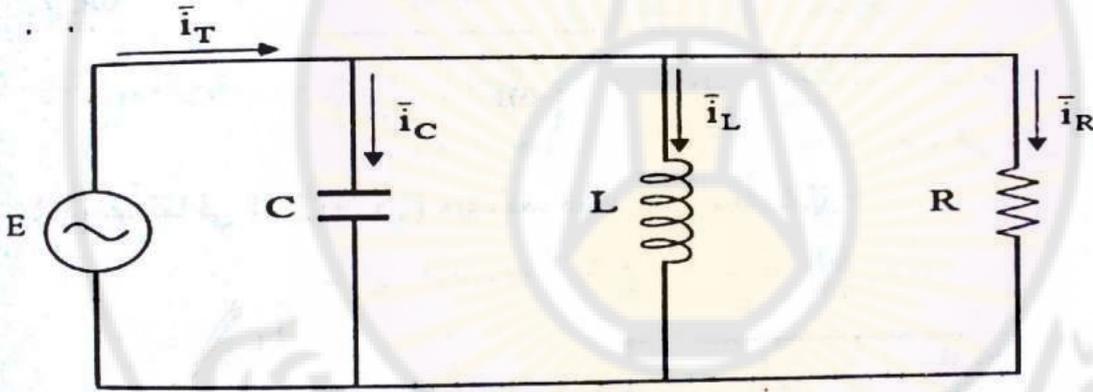
$$\bar{i} = \frac{E}{\sqrt{(R)^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

تكون قيمة هذا التيار أعظمية عندما تتساوى الممانعة التحريضية  $X_L$  مع الممانعة السعوية  $X_C$  أي عند تحقق الشرط التالي:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

وتسمى هذه الحالة التي تصبح فيها ممانعة الدارة التسلسلية أصغرية، حالة الرنين للدارة. يتعلق الرنين حسب ما سبق بالتردد وبسعة المكثف وبتحريضية الملف، ويتم التحكم في الرنين بتغيير أحد العناصر الثلاثة السابقة وثبتت العنصرين الآخرين.

#### 6-4-4 دراسة دارة تحتوي على مقاومة موصولة على التفرع مع مكثف وملف (R,L,C):



الشكل (4-14)

تعطى سماحيته بالعلاقة:

$$\bar{Y} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C$$

$$\bar{Y} = \sqrt{G^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

حيث:

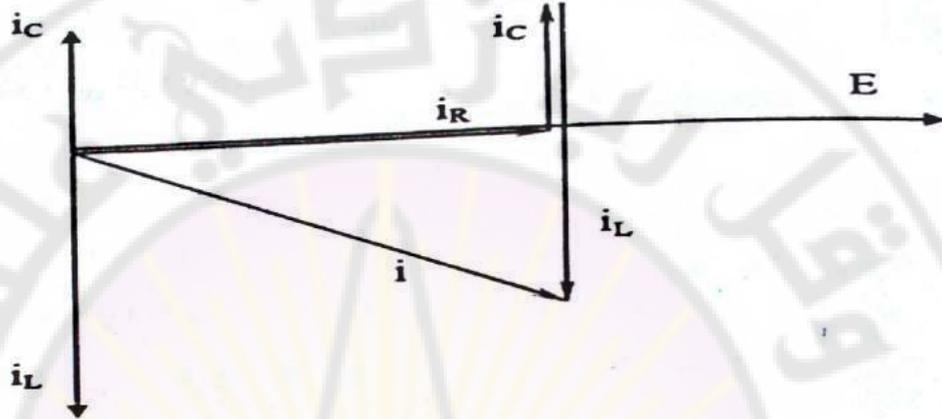
وتصبح سماحية الدارة أصغر ما يمكن عندما  $\left(\omega C = \frac{1}{\omega L}\right)$

أي أن الرنين يحدث في الدارة عندما:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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

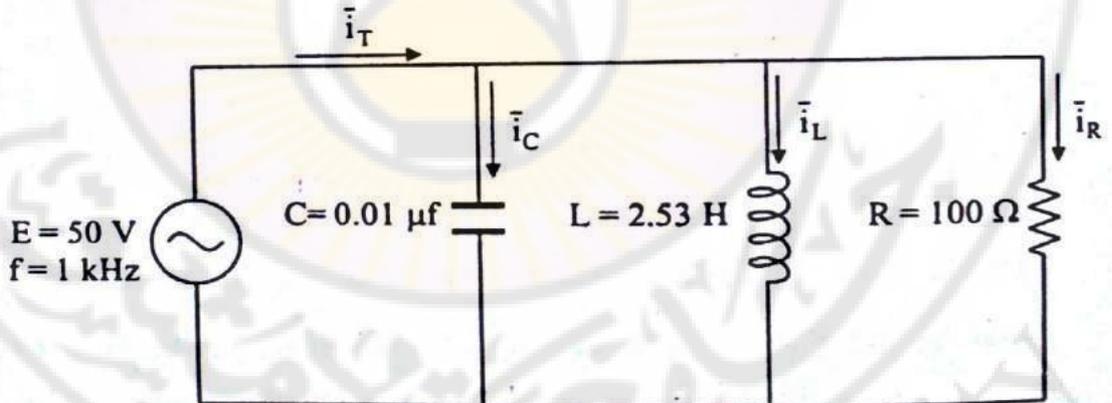
حيث يسمى هذا التردد بتردد القطع لدارة (RLC). ويوضح الشكل (15-4) التمثيل الشعاعي لدارة (RLC):



الشكل (15-4)

مثال (1-4):

برهن أن الدارة المبينة في الشكل (16-4) هي دارة رنين تفرعية:



الشكل (16-4)

نطبق شرط الرنين:

$$\omega C = \frac{1}{\omega L}$$

$$\omega = 2\pi f$$

بتعويض قيمة التردد  $f=1\text{kHz}$  تكون قيمة  $\omega = 6283.18 \text{ kHz}$

بالتعويض في شرط الرنين:

$$\omega C = 6283.18 \times 0.01 \times 10^{-6} \approx 6.3 \times 10^{-5}$$

$$\frac{1}{\omega L} = \frac{1}{6283.18 \times 2.53} = \frac{1}{15896.45} \approx 6.3 \times 10^{-5}$$

نلاحظ أن:

$$\omega C = \frac{1}{\omega L}$$

ومنه هذه الدارة هي دارة رنين.

جامعة دمشق  
Damascus University

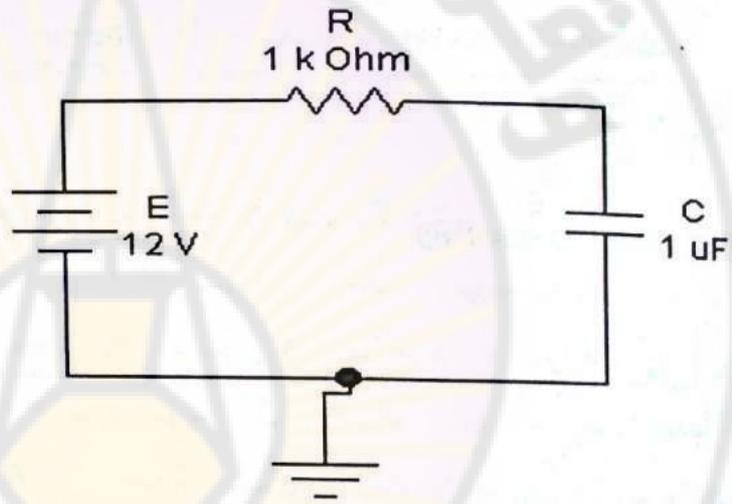
## القسم العملي للتجربة:

التجربة الرابعة: دراسة الدارات الكهربائية الخطية في المستوى الزمني

### نص التجربة:

#### السؤال الأول:

ليكن لدينا الدارة المبينة في الشكل (1) والمطلوب:



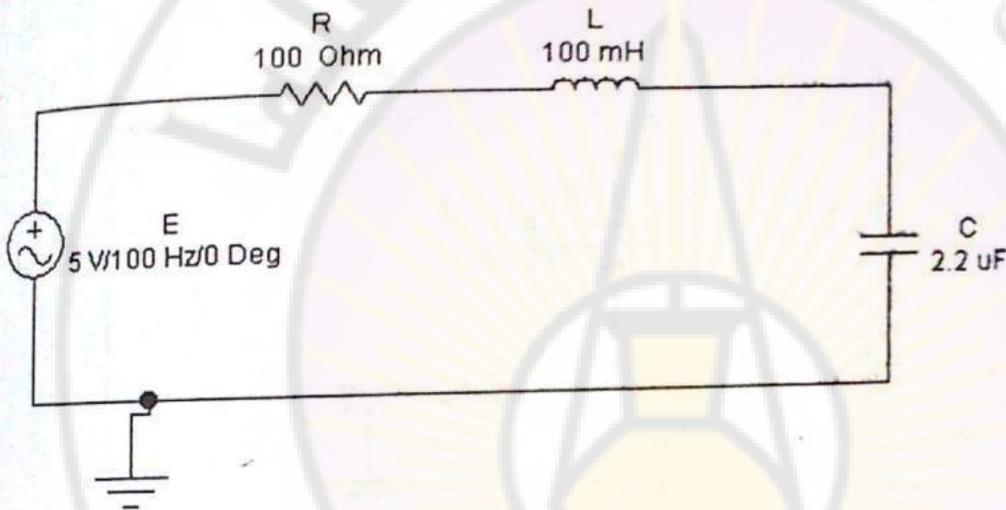
الشكل (1)

- 1- اكتب المعادلات التفاضلية للدارة السابقة ، واحسب ثابت الزمن .
- 2- باستخدام راسم الإشارة ارسم كلاً من  $V_C$  ,  $I_C$  بدلالة الزمن من أجل القيم الموضحة في الشكل، ومن خلال المخطط الناتج احسب ثابت الزمن عملياً ، ماذا تستنتج ؟
- 3- باستخدام راسم الإشارة ارسم  $V_C$  من أجل قيم المقاومات التالية ،  $R=100\Omega$  ,  $1k\Omega$  ,  $10k\Omega$  ، واستخدم قاعدة زمن مناسبة، واحسب قيمة  $V_C$  عند الزمن  $t=2ms$  على المخططات الثلاثة ، ماذا تستنتج؟ ولماذا؟
- 4- نضع مكان مولد الجهد المستمر مولد إشارة مربعة ، ونضع التردد على القيمة  $1kHz$  ونترك المطال ، وبقية المعاملات كما هي ، وباستخدام راسم الإشارة عند قاعدة زمن مناسبة:

- ارسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) ، والجهد  $V_C$  (إشارة الخرج) دون أن نغير من قيمة المقاومة.
- من أجل قيم  $C$  التالية :  $10\mu F$  ,  $100nF$  ومن خلال المخططات الناتجة ما هي قيمة المكثف المناسبة من أجل اعتبار إشارة الخرج هي تكامل إشارة الدخل؟
- ما هو الشرط اللازم لاعتبار الدارة السابقة مكافئاً؟

**السؤال الثاني:**

لتكن لدينا الدارة التالية المبينة في الشكل (2):



الشكل (2)

- 1- نغير تردد منبع التغذية من 100Hz إلى 1000Hz بخطوة 50Hz ونقيس كلاً من  $I, V_L, V_C$  ونضع القيم في جدول ، ثم ارسم على ورق ميللمتري منحنيات تغير كل من  $I, V_L, V_C$  بدلالة التردد .
- 2- استنتج من منحنى تغير  $I$  بدلالة التردد تردد الرنين عملياً ، وتحقق منه نظرياً .
- 3- ما هي قيمة  $V_L, V_C$  عند تردد الرنين ؟ علل ذلك .

**خطوات الحل:**

العناصر المستخدمة :

مقاومة Resistor - مكثف Capacitor - ملف Inductor - أرضي Ground - منبع جهد متناوب AC Voltage Source - منبع جهد مستمر DC Voltage Source - مقياس الجهد voltmeter - مقياس التيار Ammeter - راسم إشارة Oscilloscope .

فيما يتعلق بالسؤال الأول :

1- نكتب المعادلة التفاضلية لدارة R-C ونحدد ثابت الزمن حسب العلاقة الخاصة به .

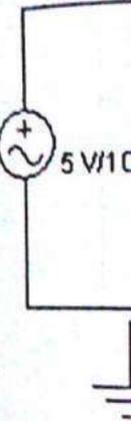
2- باستخدام راسم الإشارة لرسم  $V_C$  وبوضع مقاومة قيمتها  $1\Omega$  على التسلسل مع المكثف، وبقياس الجهد المطبق عليها نكون قد قسنا  $I_C$ ؛ لأن قيمة الجهد المطبق على المقاومة هو نفسه قيمة التيار المار فيها بعد تطبيق قانون أوم، وهو نفسه أيضاً التيار المار في المكثف؛ لأن التيار قيمته ثابتة في الدارة التسلسلية، ولاستنتاج ثابت الزمن عملياً نرسم مماساً للمنحنى  $V_C$  من مبدأ الإحداثيات يقطع امتداد الجهد المستمر في نقطة وبإسقاط عمود من هذه النقطة على محور الزمن نستنتج قيمة ثابت الزمن .

3- نرسم  $V_C$  من أجل المقاومات المطلوبة، ثم نحرك المحور الشاقولي (المزلاق) في راسم الإشارة إلى قيمة الزمن المطلوبة، ونسجل قيمة الجهد الموافقة له .

4- نستبدل المنبع المستمر بمنبع متناوب إشارته مربعة، ونرسم إشارة الدخل والخرج من أجل قيمتي المكثف المطلوبتين، ونجد أن إحدى قيمتي المكثفين موافقة لدارة المكامل؛ لأنه من جهة شكلها مثلثي، ومن جهة أخرى تحقق نظرياً شرط التكامل  $RC \gg T$  حيث  $T$  هو دور إشارة الدخل .

خرج) دون أن نغير

ات الناتجة ما هي



50Ω ونقيس كلاً

حنيات تغير كل

منه نظرياً .

فيما يتعلق بالسؤال الثاني :

1- نغير تردد منبع التغذية من مئة هرتز إلى ألف هرتز بخطوة خمسين هرتز ثم نقيس كلاً من  $I, V_L, V_C$  ثم نسجل النتائج في جدول كالتالي :

التردد Hz	I mA	$V_L$ V	$V_C$ V
100Hz			
↓			
1000Hz			

الجدول (1-4)

ثم نرسم على ورق ميليمتري منحنيات تغير كل من  $I, V_L, V_C$  بدلالة التردد.

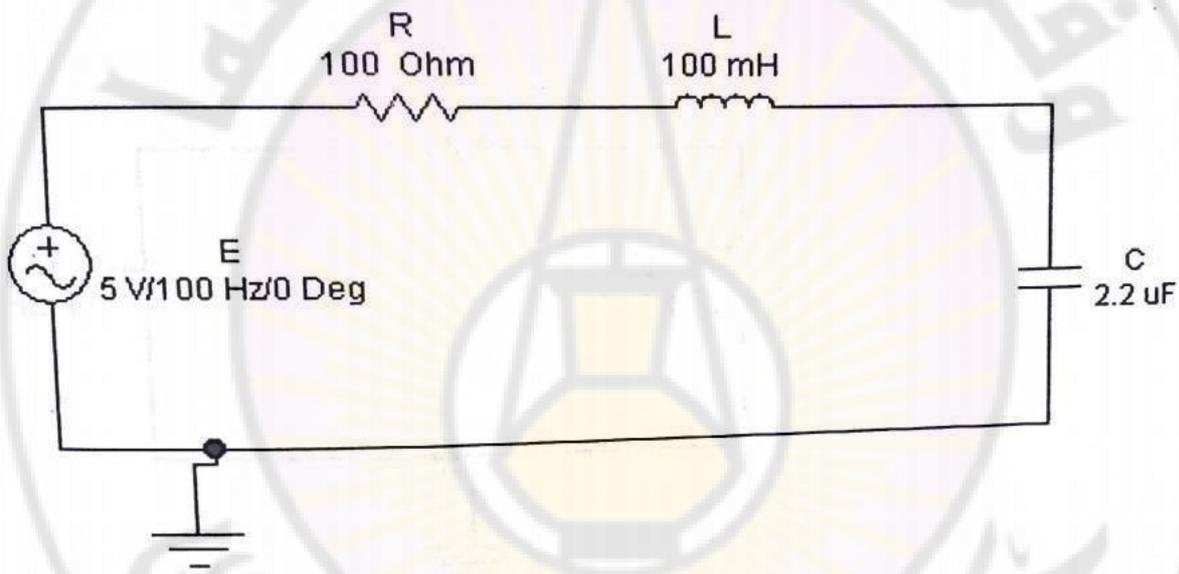
2- بعد رسم المنحنيات نستنتج قيمة تردد الرنين عملياً ونقارنها بالقيمة النظرية لتردد الرنين التي نستنتجها من شرط الرنين .

3- نسجل قيمة  $V_L, V_C$  عند تردد الرنين ، ونعلل السبب .

- ارسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) ، والجهد  $V_C$  (إشارة الخرج) دون أن نغير من قيمة المقاومة.
- من أجل قيم  $C$  التالية :  $10\mu F$  ,  $100nF$  ومن خلال المخططات الناتجة ما هي قيمة المكثف المناسبة من أجل اعتبار إشارة الخرج هي تكامل إشارة الدخل؟
- ما هو الشرط اللازم لاعتبار الدارة السابقة مكافئاً؟

**السؤال الثاني:**

لتكن لدينا الدارة التالية المبينة في الشكل (2):



الشكل (2)

- 1 نغير تردد منبع التغذية من  $100\text{Hz}$  إلى  $1000\text{Hz}$  بخطوة  $50\text{Hz}$  ونقيس كلاً من  $I, V_L, V_C$  ونضع القيم في جدول ، ثم ارسم على ورق ميللمتري منحنيات تغير كل من  $I, V_L, V_C$  بدلالة التردد .
- 2 استنتج من منحنى تغير  $I$  بدلالة التردد تردد الرنين عملياً ، وتحقق منه نظرياً .
- 3 ما هي قيمة  $V_L, V_C$  عند تردد الرنين ؟ علل ذلك .

**خطوات الحل:**

العناصر المستخدمة :

مقاومة Resistor - مكثف Capacitor - ملف Inductor - أرضي  
Ground - منبع جهد متناوب AC Voltage Source - منبع جهد مستمر DC  
Voltage Source - مقياس الجهد voltmeter - مقياس التيار Ammeter - راسم إشارة  
Oscilloscope .

فيما يتعلق بالسؤال الأول :

1- نكتب المعادلة التفاضلية لدارة R-C ونحدد ثابت الزمن حسب العلاقة الخاصة به .

2- باستخدام راسم الإشارة نرسم  $V_C$  وبوضع مقاومة قيمتها  $1\Omega$  على التسلسل مع المكثف، وبقياس الجهد المطبق عليها نكون قد قسنا  $I_C$ ؛ لأن قيمة الجهد المطبق على المقاومة هو نفسه قيمة التيار المار فيها بعد تطبيق قانون أوم، وهو نفسه أيضاً التيار المار في المكثف؛ لأن التيار قيمته ثابتة في الدارة التسلسلية، ولاستنتاج ثابت الزمن عملياً نرسم مماساً للمنحني  $V_C$  من مبدأ الإحداثيات يقطع امتداد الجهد المستمر في نقطة وبإسقاط عمود من هذه النقطة على محور الزمن نستنتج قيمة ثابت الزمن .

3- نرسم  $V_C$  من أجل المقاوومات المطلوبة، ثم نحرك المحور الشاقولي (المزلاق) في راسم الإشارة إلى قيمة الزمن المطلوبة، ونسجل قيمة الجهد الموافقة له .

4- نستبدل المنبع المستمر بمنبع متناوب إشارته مربعة، ونرسم إشارة الدخل والخرج من أجل قيمتي المكثف المطلوبتين، ونجد أن إحدى قيمتي المكثفين موافقة لدارة المكامل؛ لأنه من جهة شكلها مثلثي، ومن جهة أخرى تحقق نظرياً شرط التكامل  $RC \gg T$  حيث  $T$  هو دور إشارة الدخل .

فيما يتعلق بالسؤال الثاني :

- 1- تغيير تردد منبع التغذية من مئة هرتز إلى ألف هرتز بخطوة خمسين هرتز ثم نقيس كلاً من  $I, V_L, V_C$  ثم نسجل النتائج في جدول كالتالي :

التردد Hz	I mA	$V_L$ V	$V_C$ V
100Hz			
↓			
1000Hz			

الجدول (1-4)

ثم نرسم على ورق ميليمتري منحنيات تغير كل من  $I, V_L, V_C$  بدلالة التردد.

2- بعد رسم المنحنيات نستنتج قيمة تردد الرنين عملياً ونقارنها بالقيمة النظرية لتردد الرنين التي نستنتجها من شرط الرنين .

3- نسجل قيمة  $V_L, V_C$  عند تردد الرنين ، ونعلل السبب .

## ❖ التجربة الخامسة :

دراسة الدارات الكهربائية الخطية من الدرجة الأولى في المستوى الترددي

### 1-5 الهدف من التجربة :

- دراسة علاقة تأثير التردد في قيم المطال ، و فرق الصفحة لجهد الخرج.
- فهم دور مخطط بود.
- التعرف إلى مرشحات التمرير المختلفة .

### 2-5 ابدأ النظري للتجربة :

- شرح معادلات إشارات الدخل والخرج.
- شرح مخطط بود بالنسبة للمطال ، و فرق الصفحة ، وتطبيقاته على معادلة إشارة الخرج.
- شرح تردد القطع عملياً ونظرياً.

### 3-5 التيار ، و الجهد المتناوب :

يكون التيار أو الجهد متناوباً إذا تغير اتجاهه ، و قيمته بصفة دورية منتظمة مع الزمن  $t$  ، بحيث تتكرر الإشارة في كل دور  $T$  .  
إذا كان هذا التغير مع الزمن على شكل موجة جيبية ، فنقول إن التيار أو الجهد متناوب جيبياً ، حيث نسمي نصف الموجة فوق المحور الأفقي نصف الموجة الموجب ، و نسمي نصف الموجة تحت المحور الأفقي نصف الموجة السالب .

### 4-5 شرح معادلات إشارات الدخل والخرج :

عندما نطبق موجة جيبية متناوبة على مقاومة خطية  $R$  ، فإن التيار يتناسب طردياً مع الجهد وفقاً لقانون أوم ، و تكون موجة التيار جيبية أيضاً .  
و تعطى القيمة الآنية للجهد في اللحظة  $t$  بالعلاقة :

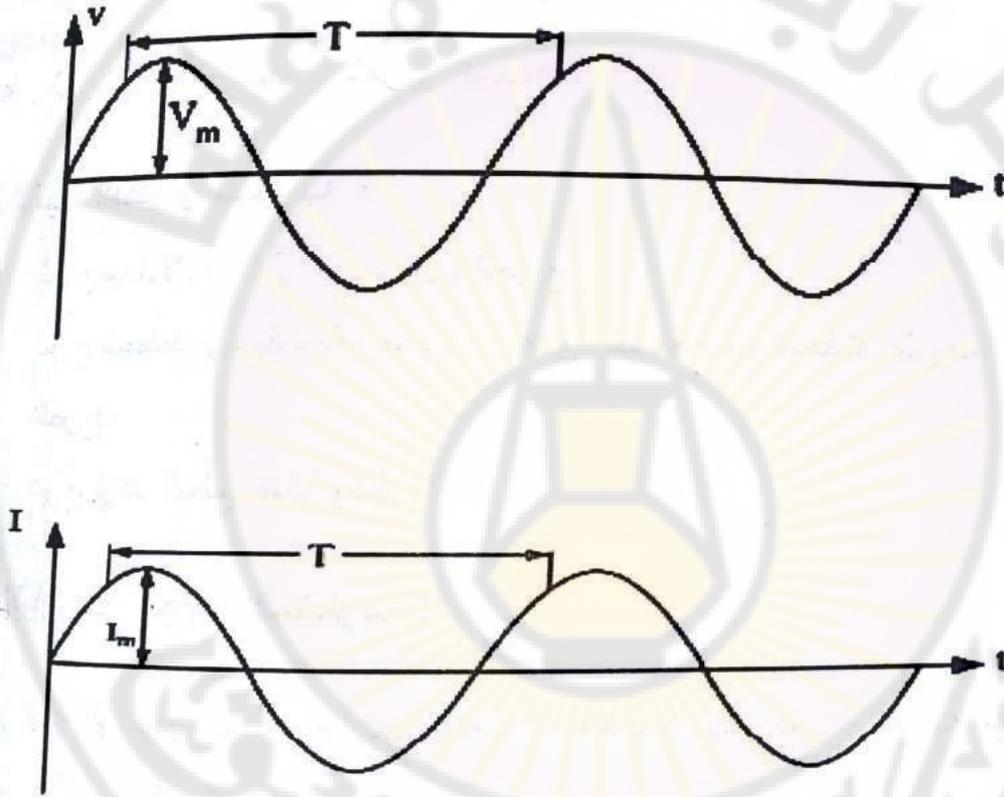
$$V(t) = V_m \sin \omega t$$

حيث  $\omega$  النبض (التردد الزاوي) و واحدته rad / s (راديان في الثانية).

أما القيمة الآنية للتيار فيعطى وفقاً لقانون أوم بالعلاقة :

$$I(t) = \frac{V}{R} = \frac{V_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$

حيث إن  $V_m$  ،  $I_m$  هي القيمة العظمى لكل من التيار، والجهد .



الشكل (1-5)

حيث  $T$  الدور الزمني للموجة ويقدر بالثانية (s) . يعبر عنه بالعلاقة التالية :

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

يعبر عن تردد الموجة الجيبية بعدد الدورات في الثانية، ويرمز له ب  $f$  ويقدر بالهرتز (Hz) ، وهو مقلوب الدور ويعطى بالعلاقة التالية :

$$f = \frac{1}{T}$$

أما النبض (التردد الزاوي) يعبر عنه بالعلاقة التالية :

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

### 5-5 القيمة المنتجة لموجة جيبية :

نعرف القيمة المنتجة أو قيمة الجذر المتوسط التربيعي لتيار متناوب ، بأنها قيمة التيار المستمر الذي إذا مر في مقاومة قدم إليها الاستطاعة نفسها التي يقدمها التيار المتناوب.

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

ونجد بطريقة مماثلة أن القيمة المنتجة للجهد هي :

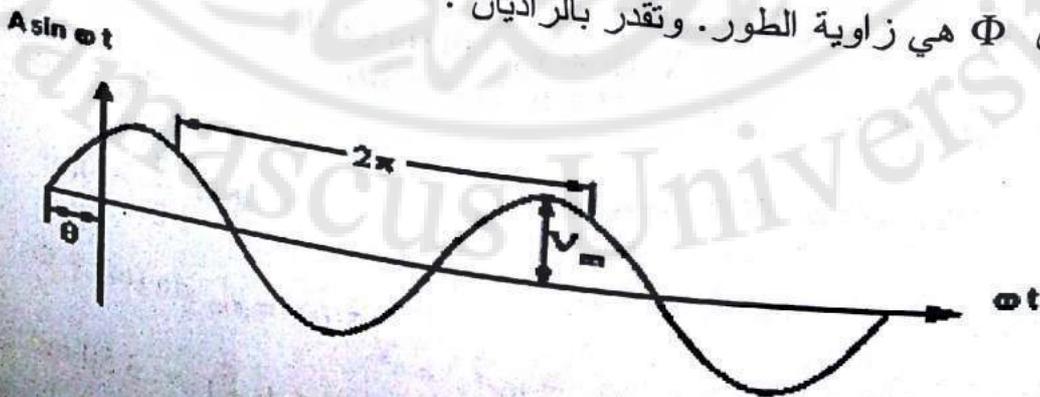
$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m$$

### 6-5 زاوية الطور :

تعطى المعادلة العامة للجهد ذات زاوية الطور  $\Phi$  بالعلاقة :

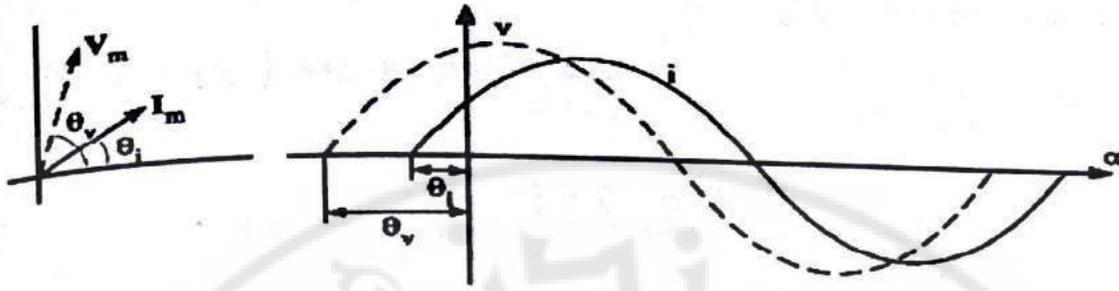
$$V(t) = V_m \sin(\omega t + \Phi) = \sqrt{2} V \sin(\omega t + \Phi)$$

حيث إن  $\Phi$  هي زاوية الطور. وتقدر بالراديان .



الشكل (2-5)

ويمكن تمثيل كل من موجة التيار، والجهد بالشكل (3-5):



الشكل (3-5)

مثال (1-5):

إذا كانت معادلة موجة الجهد كالتالي :

$$V(t) = 10 \sin \left( 77 t + \frac{\pi}{2} \right)$$

1. ما هي القيمة العظمى للجهد ؟
2. ما هي زاوية الطور عند بداية الزمن ؟
3. ما هي المعادلة اللحظية للجهد عند اللحظة  $t = 0.025$  ؟

الحل :

بالمقارنة مع المعادلة العامة للموجة الجيبية:

$$V(t) = V_m \sin (\omega t + \Phi)$$

$$V_m = 10V$$

$$\Phi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

$$V(t) = V_m \sin (\omega t + \Phi)$$

$$(\omega t + \Phi) = \left( 77 t + \frac{\pi}{2} \right) = (77 * 0.025 + \frac{\pi}{2}) = 3.50 \text{ rad}$$

$$= 3.50 * \frac{180}{\pi} = 200 \text{ deg}$$

$$V(t) = 10 \sin 200^\circ$$

7-5 سلوك الدارات الكهربائية الخطية في المستوى الترددي:

1-7-5 الوحدات اللوغارتمية :

نجد عادة الاستطاعة في مسائل الدارات الكهربائية على شكل نسبة  $P_o / P_i$ .  
إذا حسبنا اللوغاريتم العشري لهذه النسبة ، وضربناه بعشرة أي  $10 \log P_o / P_i$  ، عندها  
نسمي هذا المقدار بالربح (Gain) A ويقدر بالديسيبل (dB).

$$A(\text{dB}) = 10 \log P_o / P_i$$

$$P_i = R I_i^2 = \frac{V_i^2}{R}$$

ولكن

$$P_o = R I_o^2 = \frac{V_o^2}{R}$$

وكذلك

بالتعويض نجد :

$$A(\text{dB}) = 10 \log P_o / P_i = 10 \log V_o^2 / V_i^2 = 10 \log I_o^2 / I_i^2$$

$$A(\text{dB}) = 10 \log P_o / P_i = 20 \log V_o / V_i = 20 \log I_o / I_i$$

إذا كان التيار والجهد موجة جيبية عندها تصبح العلاقة :

$$A(\text{dB}) = 20 \log V_{mo} / V_{mi} = 20 \log I_{mo} / I_{mi}$$

ويمكن أن تكتب العلاقة بالشكل التالي:

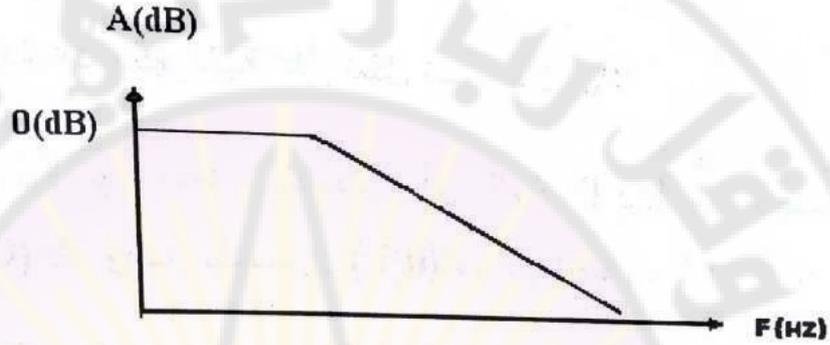
$$A / 20 = \log V_{mo} / V_{mi} = \log I_{mo} / I_{mi}$$

$$V_{mo} / V_{mi} = I_{mo} / I_{mi} = 10^{\frac{A}{20}}$$

## 2-7-5 مخطط بود:

يتم فيه دراسة علاقة الربح (dB) بالتردد (Hz) F . كلما غيرنا تردد إشارة الدخل نحصل على إشارة خرج مختلفة من حيث المطال والربح.

ويمثل الشكل (4-5) مخطط بود :



الشكل (4-5)

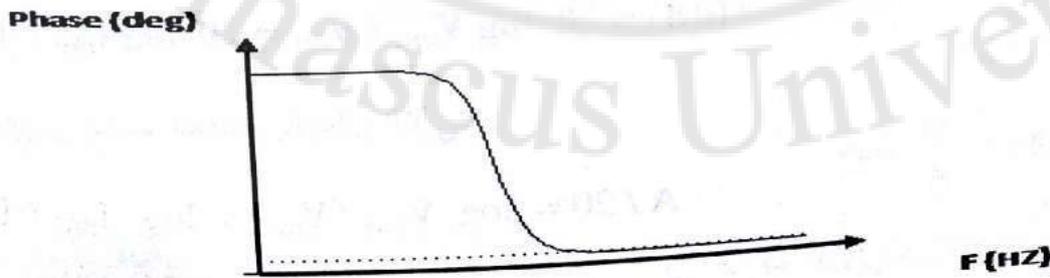
نلاحظ أن أعلى قيمة للربح هي الصفر، ويتحقق ذلك عندما يكون:

$V_{mo} = V_{mi}$  أو  $I_{mo} = I_{mi}$  ، بالتعويض بعلاقة الربح نجد أن :

$$A(\text{dB}) = 20 \log 1 = 0 \quad (\text{لان } \log 1 = 0)$$

ومنه قيمة الربح محصورة بين قيمة الصفر والقيم السالبة للربح .

كما أن مخطط بود يدرس علاقة فرق الصفحة (Phase(deg) بالتردد (Hz) F . كلما غيرنا تردد إشارة الدخل نحصل على إشارة خرج مختلفة بفرق الصفحة.



الشكل (5-5)

مثال (2-5):

احسب القيمة العظمى للخروج في حال كانت معادلة الدخل:  $V_i = 0.5 \sin(55t - 30)$   
حيث قيمة الربح  $-1.445 \text{ db}$

الحل:

$$V_{mo} / V_{mi} = 10^{\frac{A}{20}}$$

$$V_{mo} / 0.5 = 10^{\frac{-1.445}{20}}$$

$$V_{mo} = 0.5 * 0.8467$$

$$V_{mo} = 0.42V$$

3-7-5 تردد القطع (Cutoff Frequency):

وهو التردد الذي ينخفض عنده الربح بمقدار  $-3 \text{ dB}$ .

$$A(\text{dB}) = 20 \log V_{mo} / V_{mi}$$

$$-3(\text{dB}) = 20 \log V_{mo} / V_{mi}$$

$$V_{mo} / V_{mi} = 10^{\frac{-3}{20}}$$

$$V_{mo} / V_{mi} = 1/\sqrt{2}$$

أي بتعبير آخر، هو التردد الذي يصبح عنده جهد الخرج يساوي  $1/\sqrt{2}$  من جهد الدخل.  
أي قدرة الخرج للمرشح تساوي نصف قدرة الدخل.  
وذلك لأن:

$$A(\text{db}) = 20 \log I_{mo} / I_{mi}$$

$$-3 \text{ (db)} = 20 \log I_{mo} / I_{mi}$$

$$I_{mo} / I_{mi} = 10^{\frac{-3}{20}}$$

$$I_{mo} / I_{mi} = 1 / \sqrt{2}$$

$$P_{mo} = V_{mo} * I_{mo} = (1 / \sqrt{2} * V_{mi}) * (1 / \sqrt{2} * I_{mi})$$

$$P_{mo} = \frac{1}{2} P_{mi}$$

•  $\frac{1}{2\pi RC}$  يساوي ولقد وضحنا في تجربة سابقة أن تردد القطع في دائرة (RC) يساوي

•  $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  وتردد القطع في دائرة (RLC) يساوي

#### 4-7-5 مرشحات التمرير:

توضح هذه التجربة بشكل بسيط مرشحات التمرير. نشرح بشكل مفصل المرشحات في التجربة العاشرة.

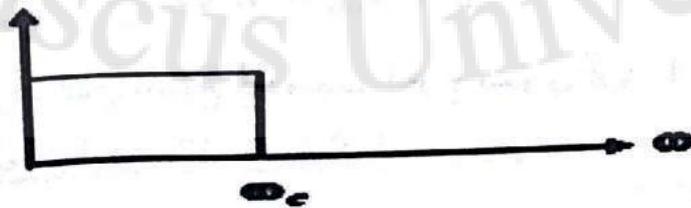
تصنف المرشحات حسب مجال تمريرها إلى:

#### 1-4-7-5 مرشح التمرير المنخفض (LPF):

حيث يمرر الترددات المنخفضة ، ويحجب باقي الترددات .

الحد الفاصل بين حزمتي التمرير، والقطع عند تردد القطع  $\omega_c$  يحدد حزمة التمرير والقطع .

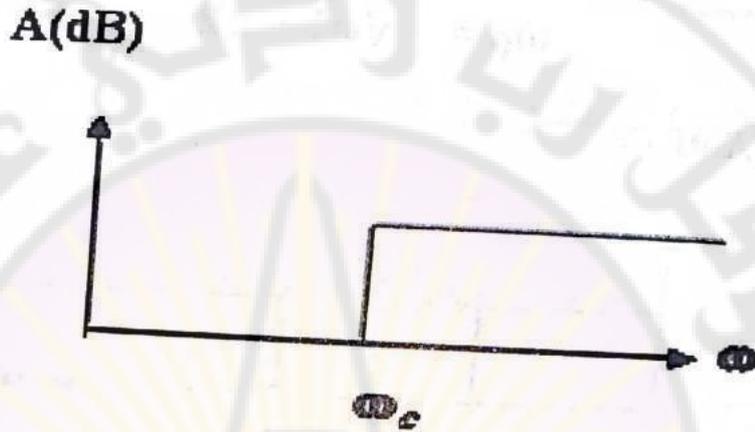
A(dB)



الشكل (6-5)

## 5-7-4-2 مرشح التمرير المرتفع (HPF):

حيث يتم حجب الترددات جميعها ويمرر الترددات العالية ، تعرف أيضاً من خلال تحديد تردد القطع كحد فاصل بين حزمتي التمرير، والقطع . أما عرض حزمة تمريرها فيكون لانهائياً نظرياً .



الشكل (7-5)

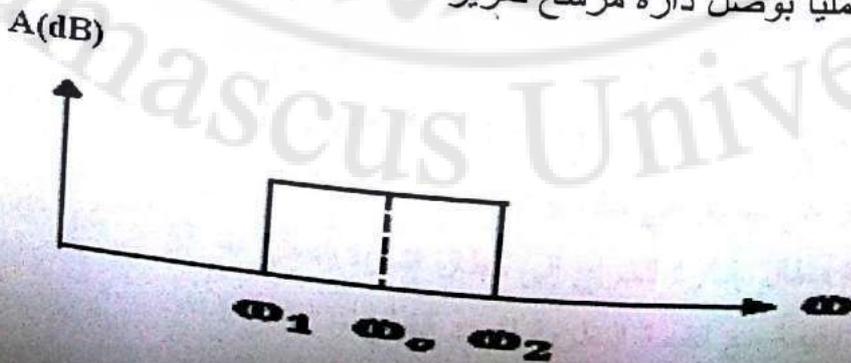
## 5-7-4-3 مرشحات تمرير حزمة (BPF):

تتميز بتمرير حزمة من الترددات فقط ، وتحجب الترددات الواقعة أعلى وأسفل هذه الحزمة . يتميز هذا النوع بتحديد تردد منتصف حزمة التمرير  $\omega_0$  ، وعرض حزمة التمرير  $B_\omega$ :

$$B_\omega = \omega_2 - \omega_1$$

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 * \omega_2}$$

ونحصل عليه عملياً بوصل دائرة مرشح تمرير منخفض مع مرشح تمرير مرتفع عالٍ .



الشكل (8-5)

#### 4-4-7-5 مرشحات حذف حزمة (S.B.F):

ويتم حذف حزمة من الترددات وتمير ما تبقى منها. يعرف هذا النوع من خلال تحديد عرض حزمها، والتردد المركزي لحزمة المنع:

$$B_{\omega} = \omega_2 - \omega_1$$

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 * \omega_2}$$



الشكل (9-5)

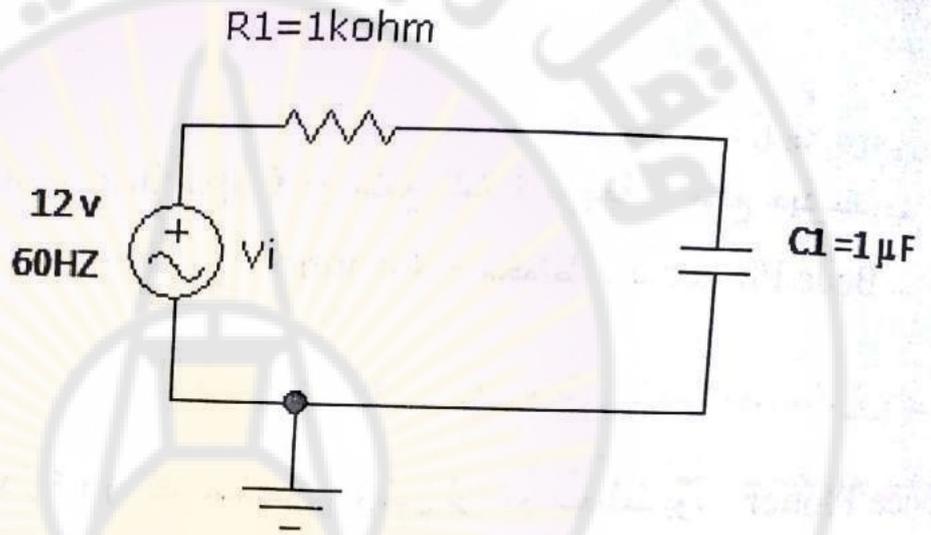
من الجدير بالذكر أن المواصفات المذكورة في الرسوم السابقة هي مثالية لا يمكن إنجازها ، إلا إننا نحاول أن نقرب قدر الإمكان حسب حدية مواصفات المرشح من المميزات المثالية.

التجربة الخامسة :

دراسة الدارات الكهربائية الخطية من الدرجة الأولى في المستوى الترددي

نص التجربة:

نرس جهد الخرج  $V_C$  للدارة في الشكل (1-5):



الشكل (1-5)

1. ارسم منحنى بود للدارة .
2. اكتب المعادلة المعبرة عن الخرج من أجل الترددات ( 100 Hz , 1 kHz )  
 $V_i = \sin(2\pi f t)$  ، وذلك بفرض أن  $V_i = \sin(2\pi f t)$
3. حدد تردد القطع للدارة من خلال منحنى بود الناتج ، وقارنه بالقيمة النظرية .
4. ارسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) وجهد الخرج (إشارة الخرج) وذلك من أجل القيم التالية لتردد إشارة المولد (10 Hz , 160 Hz, 1500 Hz) ماهي الفروق بين المنحنيات الناتجة؟ وما السبب في ذلك برأيك .
- a. ماهي نسبة مطال إشارة الخرج إلى مطال إشارة الدخل عند التردد 160 Hz ؟
- b. قارن هذه القيمة مع القيمة النظرية لتردد القطع .

5. ارسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) وجهد الخرج (إشارة الخرج) عند تطبيق إشارة مربعة بدلاً من الإشارة الجيبية عند التردد 160 Hz ، متى يمكن اعتبار الدارة السابقة مكافئاً؟

6. باستخدام إمكانية مسح المعاملات Parameter Sweep ارسم منحنى بود للدارة السابقة من أجل قيم  $R_1$  التالية :

(1 k $\Omega$  , 10 k $\Omega$  , 100 k $\Omega$ ) وذلك على المحاور نفسها ، ماهي التغيرات الطارئة على هذه المنحنيات مقارنة مع المنحنى في الطلب الأول.

### العناصر المستخدمة :

مقاومة Resistor - مكثف Capacitor - منبع إشارة مربعة - منبع جهد متناوب جيبى AC Voltage Source - أرضي Ground - مخطط بود Bode Plotter .

### خطوات الحل :

1- نرسم منحنى بود للدارة ؛ وذلك باستخدام مقياس لرسم مخطط بود Bode Plotter ويؤخذ من أحد أزرار أشرطة الأدوات Instruments .

حيث نصل مدخل الدخل IN الأول للمقياس Bode Plotter مع دخل منبع التغذية المتناوب في الدارة .

نصل مدخل الخرج OUT الأول للمقياس Bode Plotter مع دخل المكثف في الدارة .  
نوصل مدخل الدخل IN الثاني ، ومدخل الخرج OUT الثاني للمقياس Bode Plotter مع الأرضي.

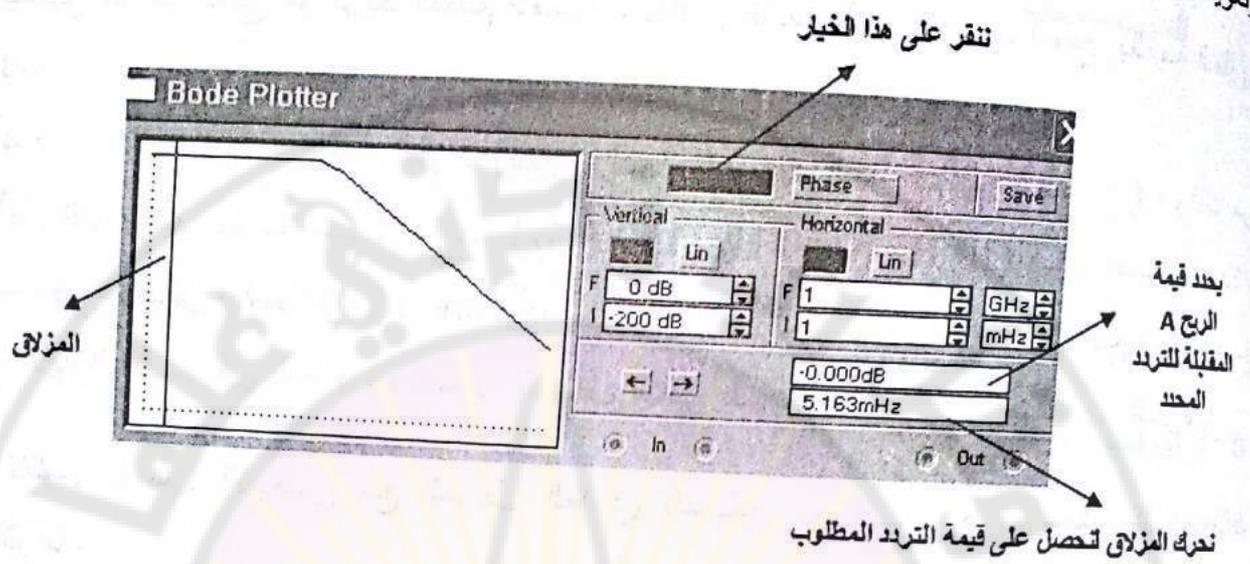
عندها نحصل على مخطط بود المطلوب عند تشغيل الدارة .

2- وجدنا في النظري  $V_{mo} / V_{mi} = 10^{\frac{A}{20}}$

ولكن من شروط التجربة  $V_i = \sin 2\pi f t$  ، نجد من المعادلة السابقة أن  $V_{mi} = 1V$  بالتعويض نجد :

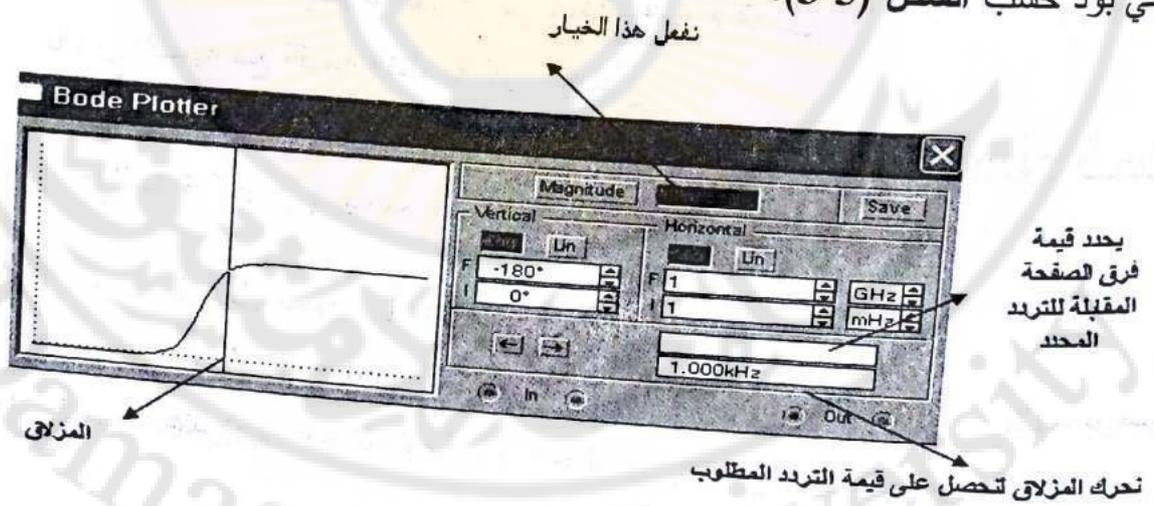
$$V_{mo} = 10^{\frac{A}{20}}$$

نحسب من مخطط بود قيم  $V_{mo}$  ، وذلك بأخذ قيم الربح A عند كل تردد مطلوب ،  
وتعويضها بالمعادلة السابقة حسب الشكل (2-5) .



الشكل (2-5)

نوجد فرق الصفحة للمعادلة المعبرة عن الخرج من أجل الترددات المحددة ، وذلك من  
منحني بود حسب الشكل (3-5):



الشكل (3-5)

ملاحظة : تقدر قيمة فرق الصفحة من مخطط بود بالدرجات ، لذا يجب أن نحولها لراديان  
لكي نعوضها ضمن معادلة الخرج:

$$V_0 = V_{mo} \sin (2\pi f t + \Phi)$$

3- وجدنا في النظري أن تردد القطع هو التردد الذي ينخفض عنده الربح بمقدار 3 dB - ، عندها ديسبل ، لذلك من مخطط بود نحرك المزلاق لنحصل على قيمة الربح 3 dB - ، عندها يصبح التردد الناتج هو تردد القطع العملي . نقارن القيمة العملية لتردد القطع بالقيمة النظرية له .

4- نرسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) وجهد الخرج (إشارة الخرج) ، وذلك من أجل القيم التالية لتردد إشارة المولد (10 Hz , 160 Hz, 1500 Hz) كلاً على حدة ، باستخدام مقياس راسم الإشارة Oscilloscope نصل المدخل الأول للمقياس مع دخل منبع التغذية المتناوب في الدارة ، ونوصل المدخل الثاني للمقياس مع دخل المكثف في الدارة .

لاننسى وصل الأرضي مع المدخل العلوي للمقياس . عندها نحصل على المخططات اللازمة.

نستنتج الفرق بين المخططات السابقة ، و نعلل سبب حدوثها.

a. نحرك المزلاق إلى ذروة المنحني المعبر عن إشارة الدخل ونقرأ قيمة مطال إشارة الدخل. نحرك المزلاق إلى ذروة المنحني المعبر عن إشارة الخرج ونقرأ قيمة مطال إشارة الخرج. نحسب نسبة مطال إشارة الخرج إلى مطال إشارة الدخل .

b. نقارن النسبة مع القيمة النظرية لتردد القطع.

5- نطبق مولد إشارة مربعة على الدخل . نرسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) وجهد الخرج (إشارة الخرج) ، باستخدام راسم الإشارة كما في الطلب السابق .

نتأكد من أن شرط التكامل محقق  $T \gg \tau$  .

6- من القائمة تحليل analysis نختار مسح المعاملات Parameter Sweep . نرسم المحنيات اللازمة عند تغيير قيم المقاومة ، ونلاحظ ماذا نستنتج ؟

# الفصل الثاني

## قسم الدارات الإلكترونية

### ❖ التجربة السادسة: الثنائيات نصف الناقلية (Semi Conductor Diodes)

#### 1-6 الهدف من التجربة:

- التعرف إلى الثنائي (الديود) ، وعمله.
  - دراسة خواص الثنائي ، وتحديد جهد العتبة.
  - دراسة بعض التطبيقات الأساسية للثنائي:
- (1) التقويم (Rectify).
  - (2) قص الإشارة ، والترشيح (Filter and clipper) .
  - (3) استخدام الديود كبوابات منطقية (Logic Gates) .

#### 2-6 المبدأ النظري:

- لمحة مبسطة عن فيزياء أنصاف النواقل، وطريقة تصنيع الثنائي.
- منحني خواص الديود ، واستنتاج جهد العتبة.
- عمل الثنائي في التقويم .
- عمل الثنائي في الترشيح.
- عمل الثنائي كبوابات منطقية مع لمحة مبسطة عن البوابات المنطقية الأساسية ، وجداول الحقيقة الخاصة بها.

#### 3-6 لمحة مبسطة عن فيزياء أنصاف النواقل وطريقة عمل الثنائي:

تقسم الأجسام الصلبة بشكل عام إلى ثلاثة أقسام أساسية:

1. مواد ناقلة للكهرباء (Conductor): مقاومتها النوعية صغيرة جداً، وتعود ناقليتها العالية لغناها بالالكترونات السطحية الحرة مثل النحاس والحديد .

2. مواد عازلة للكهرباء (Dielectric): مقاومتها النوعية كبيرة جداً مثل الزجاج، والخشب.

3. مواد نصف ناقلة (Semiconductor): تقع مقاومتها وسط بين العوازل والنواقل في ظروف درجة الحرارة العادية ، وتحوي عدداً ضئيلاً من الإلكترونات الحرة أو الثقوب وهي الأساس في تركيب الديودات ، والترانزستورات ، والدارات المتكاملة. أهم المواد نصف الناقلة السيلكون (Si) والجرمانيوم (Ge).

#### 4-6 آلية العمل :

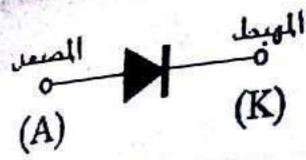
تتعدم ناقلية أنصاف النواقل في درجة حرارة الصفر المطلق ، وترتبط الإلكترونات السطحية مع بعضها ، وعند إعطائها طاقة مناسبة يتحرر الإلكترون ويترك مكانه ثقباً (hole) (فجوة) فيكون زوج (ثقب - إلكترون) ، وهكذا يتكون لدينا عدة أزواج من الإلكترونات والثقوب ، ويقوم الإلكترون بتعديل الثقب ليأخذ مكانه إلكترون آخر متحرر ؛ أي يحدث انتقال للثقوب بعكس جهة حركة الإلكترونات.

للحصول على نصف ناقل هجين من النوع N نحقنه بشوائب خماسية التكافؤ ، أي تحوي خمسة إلكترونات سطحية ، مثل: الفسفور، والزرنيخ .

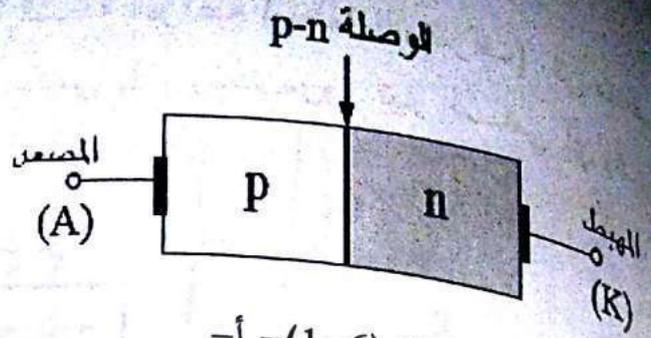
للحصول على نصف ناقل هجين من النوع P نحقنه بشوائب ثلاثية التكافؤ؛ أي تحوي ثلاثة إلكترونات سطحية ، مثل: الأنديموم والألمنيوم ، وتسمى عملية الإشابة هذه التطعيم أو الحقن.

#### 5-6 ثنائي الوصلة p-n (الديود):

عندما نستخدم نوعي الحقن P , n على شريحة نصف ناقلة نحقن أحد جانبي الشريحة بشوائب مانحة من النوع n ويسمى المهبط ، والجانب الآخر بشوائب آخذة من النوع P ويسمى المصعد ، ويرمز للديود بالشكل التالي :



الشكل (1-6) - ب -

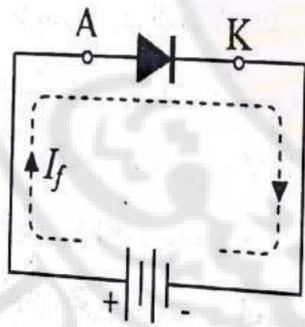


الشكل (1-6) - أ -

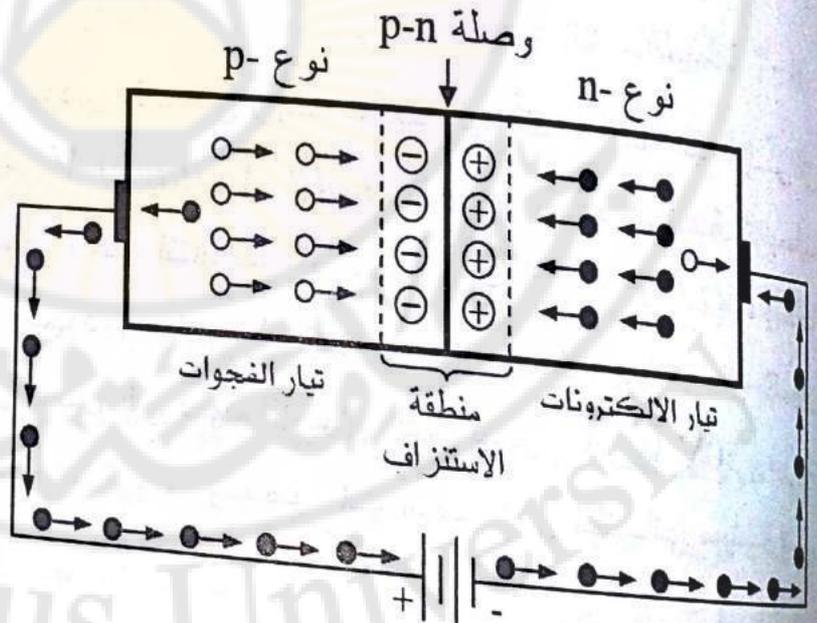
يوجد نوعان من الانحياز الذي يطبق على الثنائي :

### الانحياز الأمامي (Forward Bias):

1. يتم توصيل الثنائي بمصدر جهد مستمر ، بحيث يكون الطرف P موصولاً مع القطب الموجب للمصدر ، والطرف n موصولاً مع القطب السالب للمصدر .  
تسمح هذه الحالة بتمرير التيار لضيق منطقة الوصلة p-n أي منطقة الشحنة الفراغية (منطقة الاستنزاف) والذي يسمى بالتيار الأمامي  $I_f$  .



الشكل (2-6) - ب -

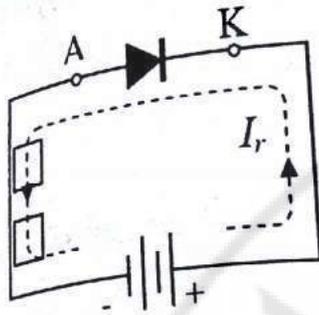


الشكل (2-6) - أ -

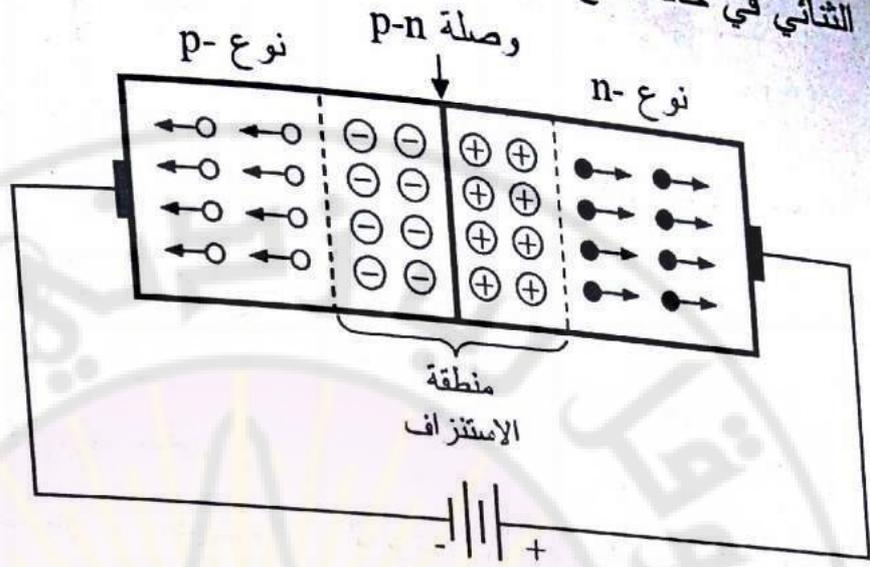
### 2. الانحياز العكسي (Reverse Bias):

2. يتم توصيل الثنائي بمصدر جهد مستمر ، بحيث يكون الطرف P موصولاً مع القطب السالب للمصدر ، والطرف n موصولاً مع القطب الموجب للمصدر .

تؤدي هذه الحالة إلى ازدياد عرض منطقة الشحنة الفراغية (منطقة الاستنزاف) في منطقة الوصلة، ويؤدي ذلك لمرور تيار إشباع عكسي  $I_r$ ، وعدم مرور تيار أمامي أي يكون الثنائي في حالة قطع.



الشكل (3-6) ب-

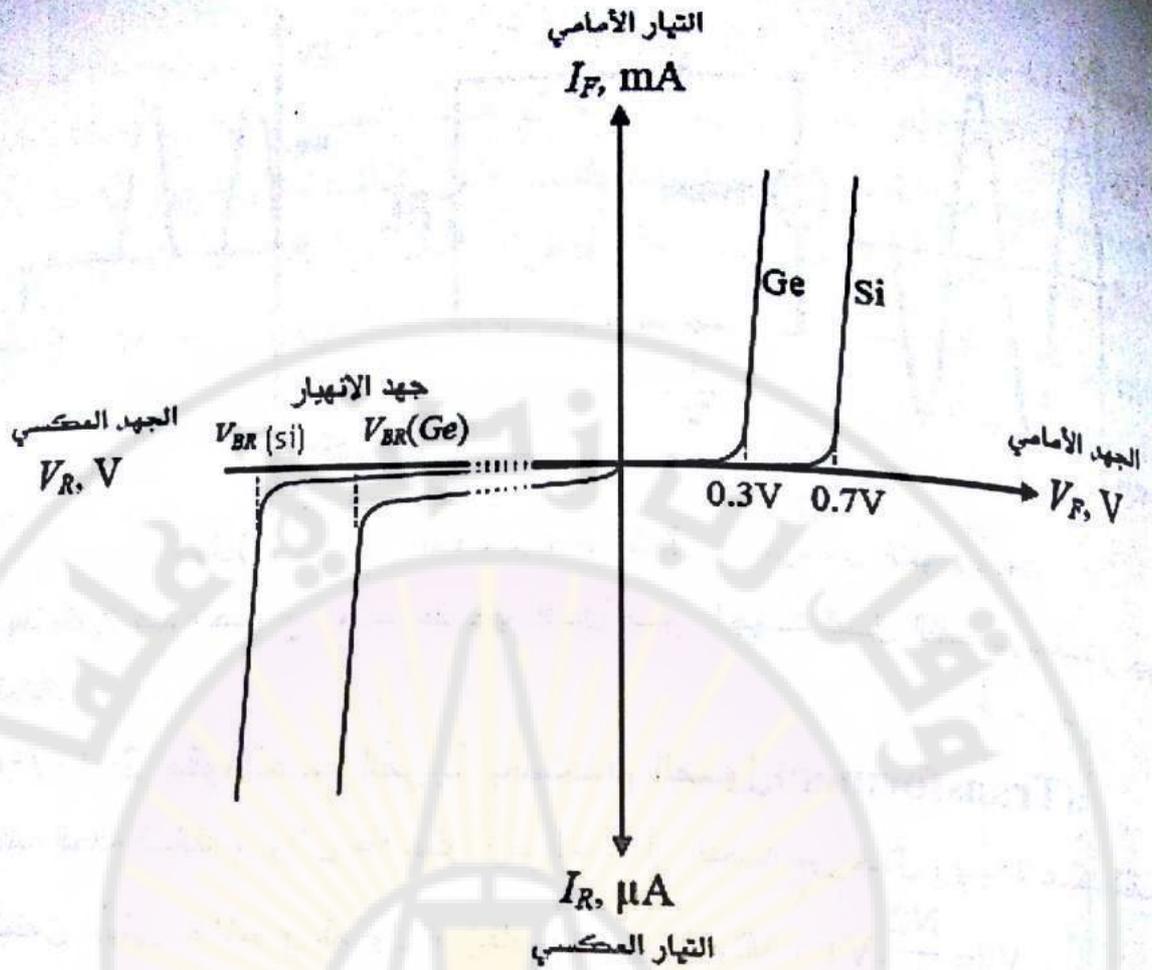


الشكل (3-6) أ-

### 6-6 منحنى الخواص وجهد العتبة للثنائي :

يمثل منحنى الخواص للثنائي ، بالمنحنى البياني الذي يمثل التيار المار في الثنائي بدلالة الجهد المطبق عليه سواءً كان في حالة الانحياز الأمامي أو العكسي .  
ففي حالة الانحياز الأمامي :

نزيد الجهد المطبق على الديود، ويؤدي ذلك إلى زيادة بسيطة في التيار المار فيه إلى أن نصل إلى قيمة تسمى جهد العتبة  $V_T$  (Threshold Voltage) (جهد العتبة لثنائيات السيليكون حوالي  $0.7 V$  ، وجهد العتبة لثنائيات الجرمانيوم حوالي  $0.3 V$  ) ، وهنا التيار يزداد زيادة كبيرة مع زيادة الجهد ، أما في الجزء الأيسر من منحنى الخواص يكون التيار تقريباً مساوياً للصفر إلى أن نصل إلى جهد الانهيار الذي يساوي تقريباً  $50V$  ، فيزداد التيار زيادة كبيرة تؤدي إلى تدمير الثنائي ، ومنحنيات الخواص للثنائي مبينة في الشكل (4-6):



الشكل (4-6) منحنى الخواص للتنائي

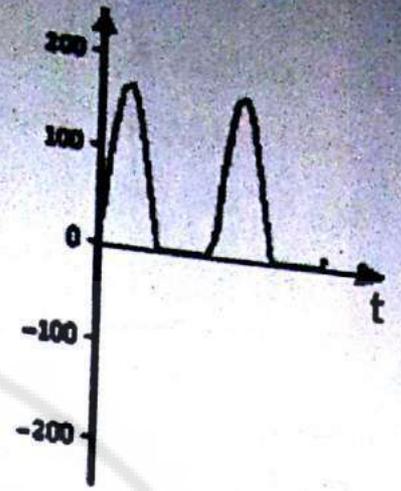
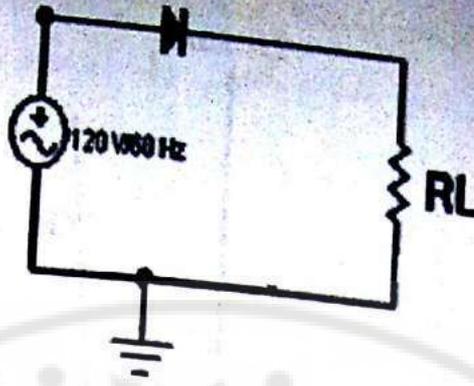
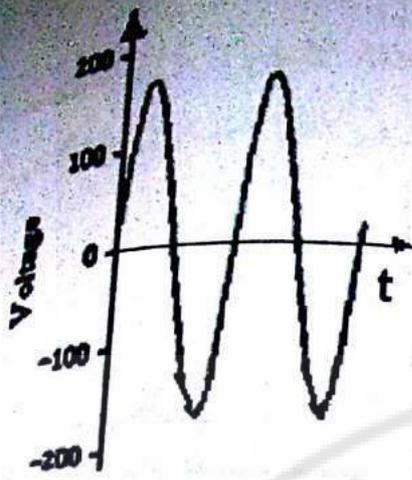
### 7-6 تطبيقات الثنائي (الديود) (Diode Applications):

#### 1-7-6 استخدام الثنائي كمقوم:

يسمح الديود بمرور التيار باتجاه واحد ، ويمنعه في الاتجاه المعاكس. من هنا جاءت أهمية استخدامه كمقوم ، وهناك أنواع عدة من المقومات.

#### 1-1-7-6 مقوم نصف الموجة (Half Rectifier):

يقوم مقوم نصف الموجة بتحويل الموجة الجيبية المتناوبة التي لها نصف موجة موجبة، ونصف موجة سالبة ، إلى موجة جيبية ذات اتجاه واحدة (موجب أو سالب). يتم ذلك باستخدام ثنائي واحد حيث نصل الطرف الموجب للثنائي (المصعد) بمنبع الجهد المتناوب ، والمهبط مع مقاومة الحمل . عند تطبيق نصف الموجة الموجب للمنبع ، يكون للديود في حالة انحياز أمامي ، ويمرر نصف الموجة الموجبة، وعندما يطبق نصف الموجة السالبة للمنبع، يكون الديود في حالة انحياز عكسي ولا يمرر نصف الموجة السالب فنحصل على الشكل التالي:



الشكل (5-6) مقوم نصف موجة، وشكل الإشارة قبل التقويم وبعده  
وهنا يكون جهد الخرج بعد التقويم أقل من الجهد قبل التقويم بمقدار جهد  
العتبة.

### 6-7-1-2 مقوم نصف الموجة باستخدام المحول (Transformer):

تشبه الحالة السابقة، ولكن هنا يمكن رفع الجهد أو خفضه من خلال زيادة عدد اللفات  
للملفين الأولي، والثانوي للمحول أو إنقاصها حسب العلاقة:  $V_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot V_1$

حيث:

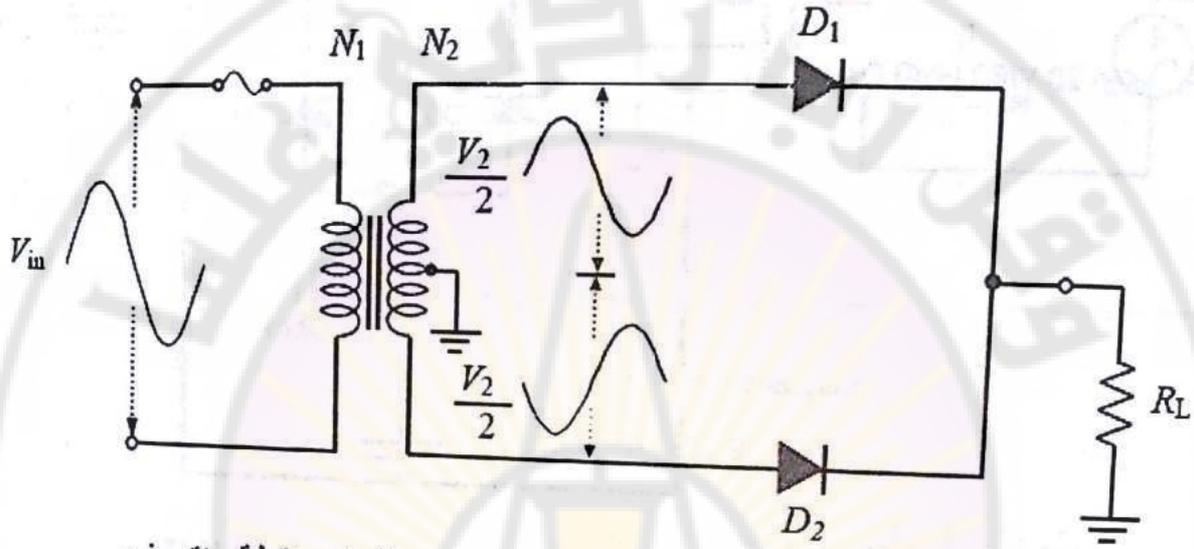
- .  $N_1$  : عدد لفات الملف الأولي للمحول .
- .  $N_2$  : عدد لفات الملف الثانوي للمحول .
- .  $V_1$  : الجهد الأولي قبل دخوله إلى المحول .
- .  $V_2$  : الجهد بعد المحول .

### 6-7-1-3 مقوم موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة منتصف:

يختلف مقوم الموجة الكاملة عن مقوم نصف الموجة، بأنه يسمح بتقويم كامل للموجة؛  
أي نحصل في الخرج على موجة كاملة لكل نصف دور لجهد الدخل أي تردد جهد الخرج  
يساوي ضعف تردد جهد الدخل  $f = 1/T$  .  
أي يساوي عدد الموجات في حالة الموجة المقومة تقويمياً كاملاً ضعف عدد الموجات في  
حال التقويم النصف موجة .

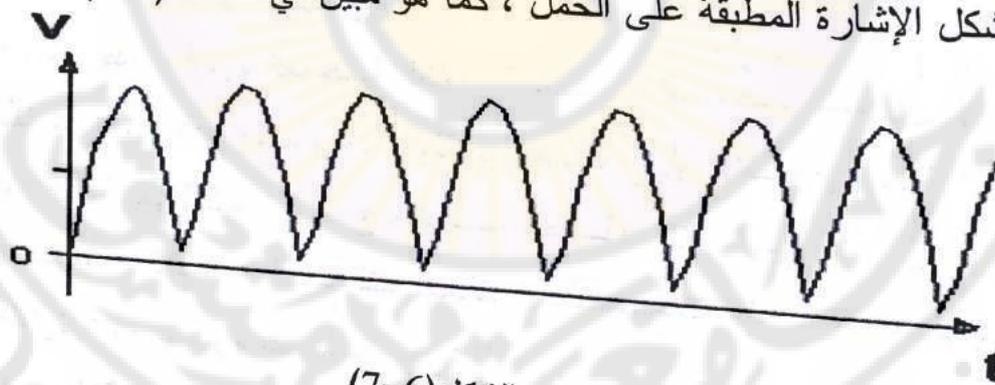
نحصل على مقوم موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة منتصف، فخلال نصف الموجة  
الموجبة للمنبع، يكون جهد نقطة المنتصف موجياً بالنسبة لأعلى ملف المحول، وسالِباً

بالنسبة لأسفله ، وبالتالي يكون الثنائي الأول في حال انحياز أمامي، والثاني في حال انحياز عكسي، فيمر التيار عبر الثنائي الأول ، أما خلال النصف السالب لموجة الدخل فتنعكس القطبية ،ويصبح جهد نقطة المنتصف سالباً بالنسبة لأعلى الملف، وموجباً بالنسبة لأسفله؛ وبالتالي يكون الثنائي الأول في حال انحياز عكسي ، والثاني في حال انحياز أمامي، فيمر التيار إلى الحمل عبر الثنائي الثاني ، ويكون الجهد المطبق على الحمل نصف جهد الدخل مطروحاً منه جهد العتبة .



الشكل (6-6) مقوم موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة منتصف

ويكون شكل الإشارة المطبقة على الحمل ، كما هو مبين في الشكل (6-7):

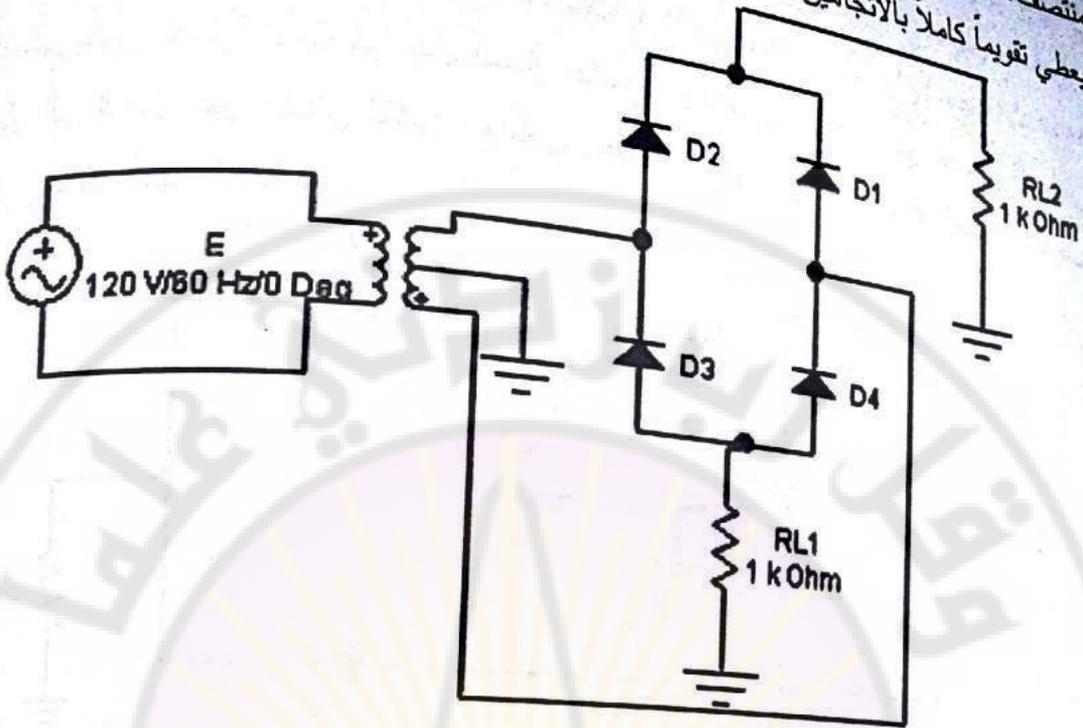


الشكل (6-7)

#### 6-7-1-4 مقوم موجة كاملة باستخدام جسر التقويم (Bridge):

جسر التقويم عبارة عن أربعة ثنائيات ، فالثنائيان الأول والثاني يمرران القسمين الموجبين للموجة الجيبية بعد تمريرها على محول ذي نقطة منتصف ، ويظهر لدينا تقويم بالاتجاه الموجب على الحمل  $RL_2$  ، والثنائيان الثالث والرابع يمرران القسمين السالبين للموجة الجيبية بعد تمريرها على محول ذي نقطة

منتصف، فيظهر لدينا تقويم بالاتجاه السالب على الحمل RL1، أي أن جسر التقويم يعطي تقويماً كاملاً بالاتجاهين الموجب والسالب.



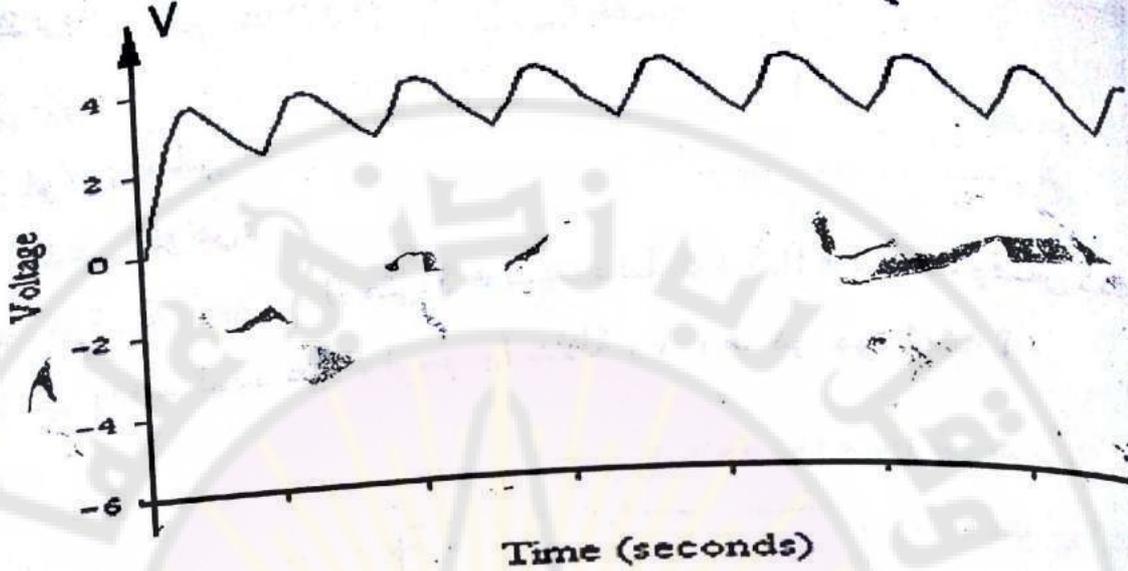
الشكل (8-6) مقوم موجة كاملة باستخدام جسر التقويم

## 2-7-6 استخدام الثنائي كمرشح:

رأينا أنه باستخدام مقوم الموجة الكاملة سواء باستخدام ثنائيين أو أربعة ثنائيات، حصلنا على جهد ذي اتجاه واحد، ولكنه متعرج أو متموج، ولتقليل هذه التعرجات نضع مكثفة على التفرع مع مقاومة الحمل  $RL2$  في الشكل السابق، فنرى كلما ازدادت سعة المكثفة قلت التعرجات، وأصبحت الإشارة أنعم إلى أن نحصل على إشارة شبه مستمرة عند قيمة محددة للمكثف.

يتم شرح ذلك من خلال ربع الدور الأول لإشارة الدخل يمر تيار يشحن المكثف، ومع زيادة قيمة جهد الدخل يزداد الجهد على طرفي المكثف إلى أن يصل إلى القيمة العظمى مطروحاً منها قيمة جهد العتبة 0.7 فولت تقريباً، وخلال ربع الدور الثاني ينخفض جهد الدخل، ويصبح الثنائي بحالة انحياز عكسي، فيبدأ المكثف بتفريغ شحنته عبر الحمل، ويتعلق معدل التفريغ بثابت الشحن (ثابت الزمن)  $\tau = R.L.C$ ، وهذا الثابت الزمني يكون أكبر من نصف دور الإشارة؛ لذلك لا تصل الإشارة إلى الصفر، ويستمر التفريغ فقط إلى أن يبدأ جهد

للعمل بالزيادة من جديد وهكذا ، ومنه نستنتج كلما ازدادت سعة المكثفة ازداد  $\tau$  وبالتالي تقل التفرجات وتصبح الإشارة شبه مستمرة ويمثل ذلك كما في الشكل (6-9) والذي يمثل الإشارة على الحمل في الشكل (6-8) بعد أن نصل مكثفة على التفرع مع الحمل.



الشكل (6-9)

استخدام الثنائي كبوابة منطقية:

3-7-6

A	B	And	OR	NAND	NOR	XOR	XNOR
0	0	0	0	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1

الجدول (1)

نظراً في الجدول (I) جداول الحقيقة لأهم البوابات المنطقية بمدخلين ، ويمكن الحصول على البوابات المنطقية بتشكيلات معينة من الثنائيات ، حيث إن الصفر المنطقي يقابل تقريباً صفر فولت والواحد المنطقي يقابل تقريباً 5 فولت .

❖ التجربة السادسة: الثنائيات نصف الناقل

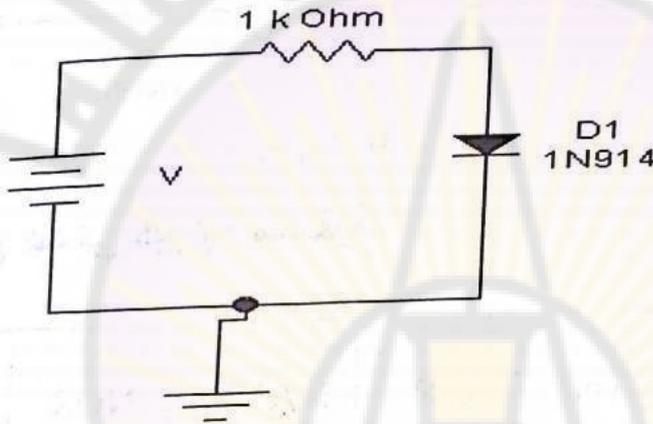
نص التجربة:

السؤال الأول:

دراسة خواص الثنائي:

1- منحنى الخواص:

قم بتغيير قيمة مولد الجهد من 0 حتى 5 فولت بخطوة 0.5 فولت ، وقس كلاً من تيار الثنائي، والجهد الهابط عليه ، ارسم  $I_d$  بدلالة  $V_d$  ، ما هو جهد العتبة ؟



الشكل (1)

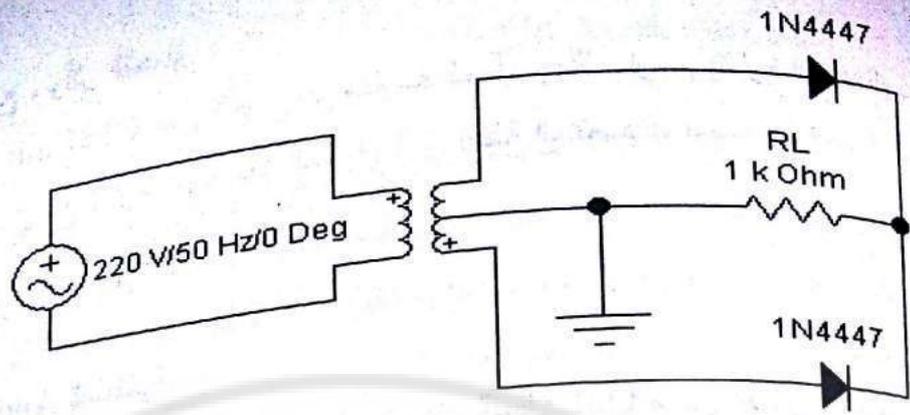
2- أزمنة القطع والوصل:

ضع مكان مولد الجهد مولد إشارة مربعة على تردد 10MHz ، و مطال 2V ، وارسم كلاً من إشارة الدخل ، والجهد  $V_d$  ، ماذا تلاحظ ؟

السؤال الثاني:

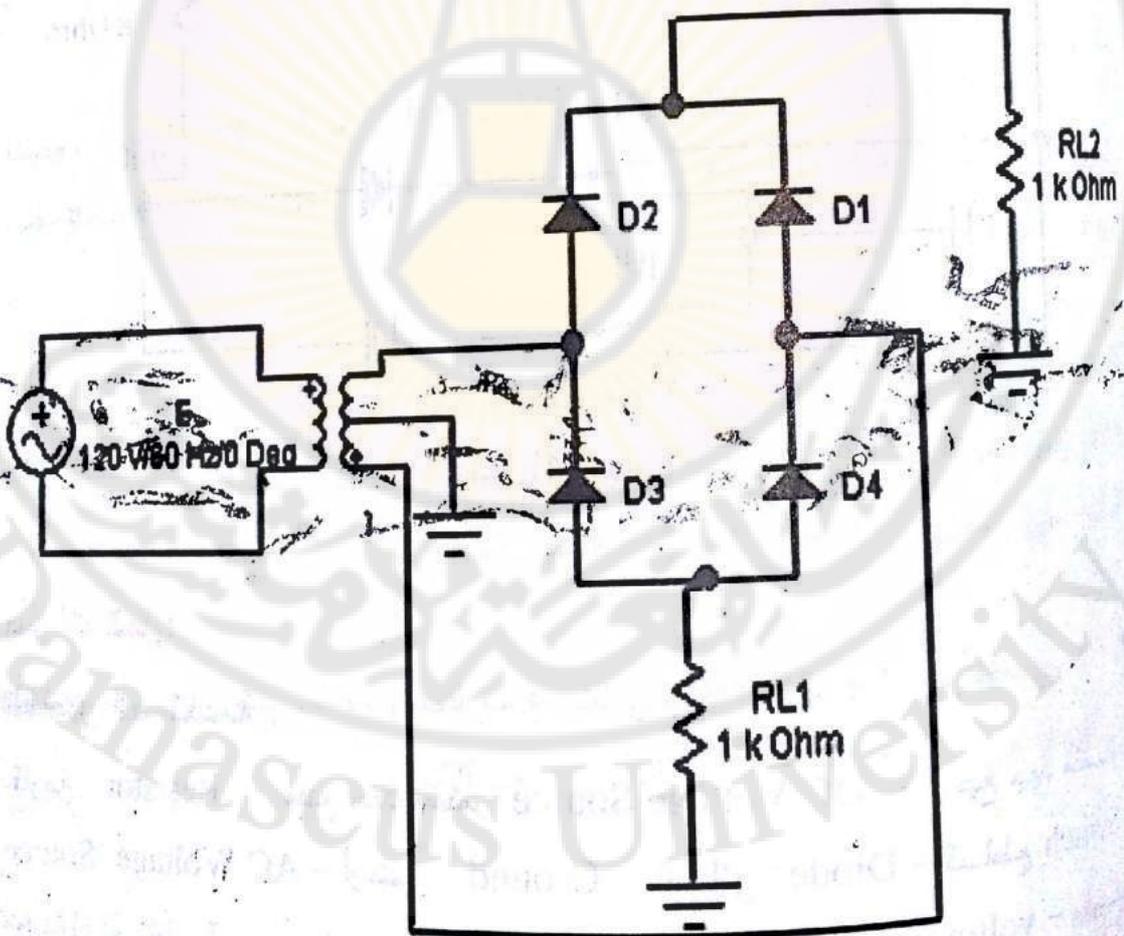
التطبيقات الأساسية للثنائي:

1- تقويم موجة كاملة باستخدام ثنائيين ، ومحول ذي نقطة منتصف :  
نفذ الدارة التالية وارسم كلاً من إشارة المولد بعد المحول ، وإشارة الجهد الهابط على مقارنته الحمل ، ماذا تلاحظ ؟



الشكل (2)

2- تقويم موجة كاملة باستخدام جسر التقويم:  
 ارسم كلاً من إشارة المولد بعد المحول، وإشارة الجهد الهابط على مقاومتي الحمل  $R_{L1}$ ، ثم  $R_{L2}$  ماذا تلاحظ؟ وما هي - برأيك - مميزات جسر التقويم؟



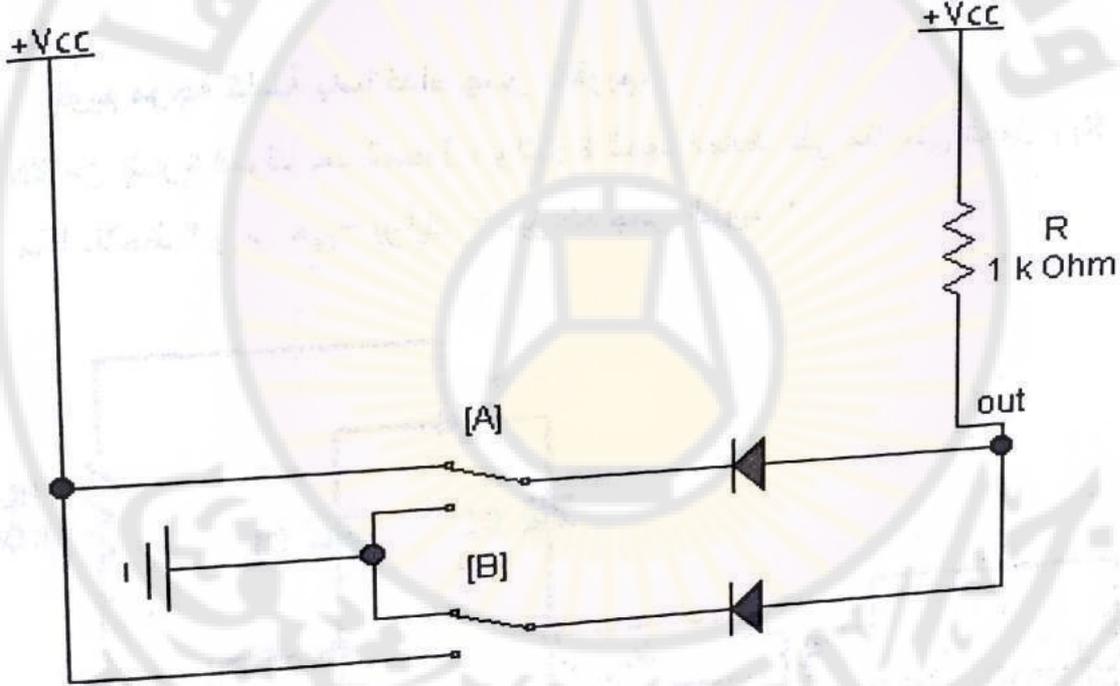
الشكل (3)

3- الترشيح ، وأثر التحميل :

بإضافة مكثف  $C1=10\mu F$  على التفرع مع مقاومة الحمل  $R_{L2}$  ، ارسم إشارة الجهد الهابط على مقاومة الحمل مع إشارة المولد بعد المحول فوق نقطة المنتصف، فسّر النتيجة التي تحصل عليها.

4- بوابة And المنطقية:

نفذ الدارة المبينة في الشكل اللاحق ، وقس الجهد عند النقطة Out من أجل الاحتمالات الأربعة للقاطعين ، نظم النتيجة في جدول ، ماذا تستنتج ؟ برهن نظرياً على إحدى الحالات.



الشكل (4)

خطوات الحل:

العناصر المستخدمة :

مقاومة Resistor - منبع جهد مستمر DC Voltage Source - منبع جهد متناوب AC Voltage Source - أرضي Ground - ثنائي Diode - قاطع Switch - محول ذو نقطة منتصف Transformer - مقياس الجهد voltmeter - مقياس التيار Ammeter.

## 1- فيما يتعلق بالسؤال الأول:

1-1- نغير قيمة مولد الجهد المستمر بعد النقر المزدوج على رمز مولد الجهد في برنامج workbench ثم من نافذة value نضع قيمة الجهد 0V ثم نقيس تيار الثنائي، والجهد المطبق عليه ثم نسجل القيم ، ومن جديد نغير قيمة الجهد بخطوة 0.5V أي من نافذة value نضع قيمة الجهد 0.5V ثم نقيس تيار الثنائي ، والجهد المطبق عليه، ونسجل القيم الناتجة في الجدول، وهكذا إلى أن نصل لقيمة منبع الجهد 5V، ومن ثم نرسم على ورق ميللمتري التيار المار في الثنائي بدلالة الجهد المطبق عليه .

2-2- نستخدم مولد إشارة مربعة من النافذة sources في برنامج workbench ونستخدم راسم إشارة من نافذة instruments ليساعدنا في رسم الإشارة ، ونسجل ملاحظتنا .

## 2- فيما يتعلق بالسؤال الثاني:

1-1- نستخدم محولاً ذا نقطة منتصف من نافذة Basic في برنامج workbench ، ونستخدم الديود من نافذة Diodes ، وبالضغط المزدوج على الديود ومن مكتبة national نختار نموذج الديود ، ورقمه .

2-2- نستخدم مولد إشارة جيبيية من النافذة sources في برنامج workbench ، ونستخدم راسم إشارة من نافذة instruments ، ونصل القناة الأولى فوق نقطة المنتصف ، والقناة الثانية على الحمل ، ونلاحظ شكل الإشارة على الخرج .

3-3- نضع مكثفاً من النافذة Basic على التفرع مع الحمل ، ونقوم بتجريب زيادة سعة المكثفة من  $10\mu F$  إلى  $50\mu F$  ونرى تأثير ذلك على تعميم الإشارة .

4- نصل مقياس فولت من النافذة indicators أو من النافذة instruments إلى النقطة Out ونقيس جهود الخرج عند الحالات الأربع للقواطع حيث  $V_{cc}=5V$  ونضعها في جدول، ونقارنها بالجدول (1) لمعرفة البوابة المنطقية المقابلة لتشكلية الثنائيات ، ونبرهن المطلوب .



# التجربة السابعة : الترانزستورات الثنائية القطبية BJT

## The Bipolar Junction Transistors

### 1-7 الهدف من التجربة:

تعرف منحني خواص الدخل ، والخرج للترانزستور .

• تحديد مناطق العمل .

• بعض التطبيقات الأساسية للترانزستور .

• عمله من الناحية الترددية .

### 2-7 المبدأ النظري:

شرح عمل الترانزستور، وتشكيلاته وأهم تطبيقاته كاستخدامه كمضخم ، وتحديد مناطق العمل ، ورسم خط الحمل الساكن .

### 3-7 مبادئ الترانزستورات ثنائية القطبية BJT:

يعد الترانزستور أحد العناصر نصف الناقله التي تم اكتشافها في العصر الحديث ، وأدى صغر حجمه ، وسهولة تصنيعه ، وقلة تكاليفه ، واستهلاكه القليل للطاقة الكهربائية لانتشاره بشكل كبير .

يوجد نوعان رئيسان من الترانزستورات وهما:

الترانزستور ثنائي القطبية Bipolar Junction Transistor والترانزستور ذو الأثر الحقلية Field Effect Transistor .

ستناول في هذه التجربة دراسة النوع الأول : (الترانزستور الثنائي القطبية) ، في حين ننصص التجربة الثامنة لدراسة النوع الثاني .

يتألف الترانزستور ثنائي القطبية من ثلاث مناطق أساسية ، وهي:

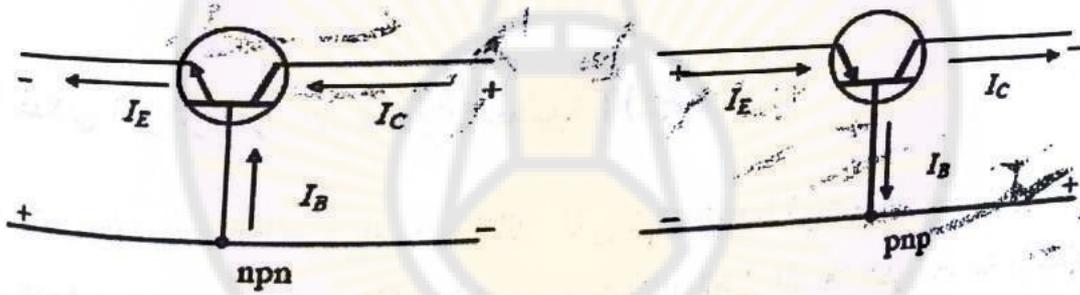
(الباعث Emitter ويرمز له بـ ( E ) - القاعدة Base ويرمز لها بـ ( B ) -  
المجمع Collector ويرمز له بـ ( C )

يتكون الترانزستور الثنائي القطبية من وصليتي pn، ويوجد نوعان : النوع npn،  
والنوع pnp. وفي التطبيقات الخطية يجب أن تكون إحدى هذه الوصلات منحازة عكسياً بينما تكون الأخرى  
منحازة أمامياً. بتطبيق جهد مستمر على الترانزستور ؛ فإن وصلة المجمع - القاعدة تكون  
منحازة عكسياً (مقاومة عالية) ، بينما وصلة القاعدة - الباعث تكون منحازة أمامياً .  
ونرمز للترانزستور بالرمز التالي المعبر عن كل نوع من أنواع الترانزستور ثنائي القطبية:



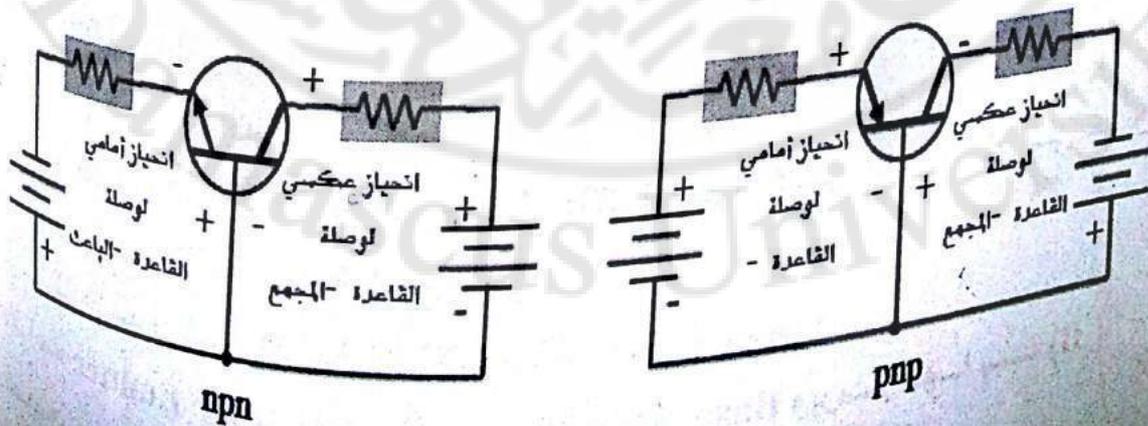
الشكل (1-7)

وبين الشكل (2-7) اتجاه تيارات الترانزستور في كل نوع من أنواع الترانزستور ثنائية  
القطبية:



الشكل (2-7)

الشكل (2-7) أ- يبين الانحياز المناسب لكل من الترانزستور npn ، والترانزستور pnp  
للعمل بشكل فاعل كمضخم.

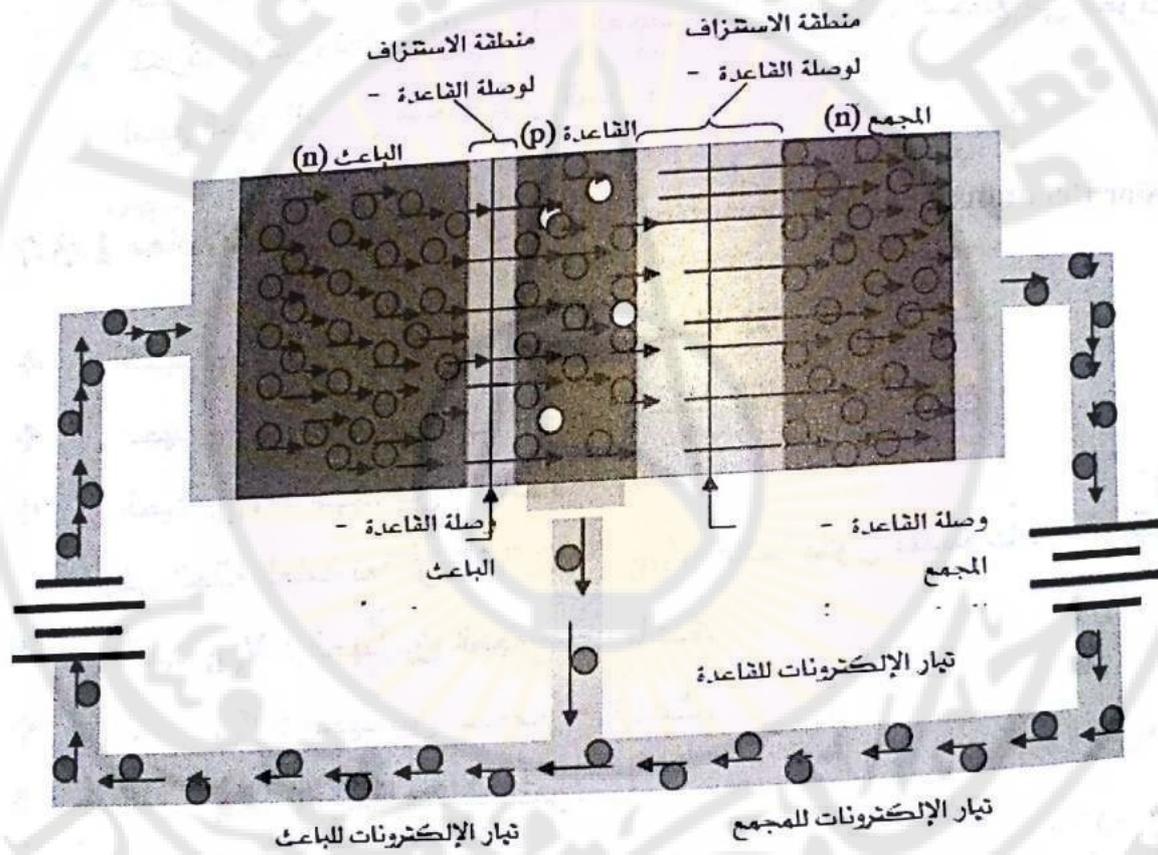


الشكل (2-7) أ-

من الشكل (2-7) - أ ، نلاحظ أن الانحياز الأمامي يتحقق دائماً لوصلة القاعدة - الباعث  
والانحياز العكسي لوصلة القاعدة - المجمع لكل من نوعي الترانزستور في وضع التشغيل  
كمضخم.

ولتوضيح عمل الترانزستور ، لا بد أولاً من استعراض ما يحدث داخل الترانزستور ذي  
النوع npn كي يعمل كمضخم ، أي دراسة توصيله في حالة انحياز أمامي - عكسي .  
ويمكن تلخيص العمل الأساسي للترانزستور في النقاط التالية :

➤ الانحياز الأمامي من القاعدة إلى الباعث يجعل منطقة الاستنزاف (منطقة الشحنة  
الفراغية) بينهما تضيق ، و يؤدي الانحياز العكسي من القاعدة إلى المجمع إلى اتساع  
منطقة الاستنزاف بينهما كما هو موضح في الشكل (2-7) - ب



الشكل (2-7) - ب

➤ التطعيم (الحقن) الكثيف لمنطقة الباعث من النوع n يؤدي إلى زيادة كبيرة في عدد  
إلكترونات التوصيل التي تستطيع الانتشار بسهولة خلال وصلة القاعدة - الباعث  
ذات الانحياز الأمامي ، إلى منطقة القاعدة من النوع P حيث تصبح حاملات الشحنة  
أقلية ، كما في حالة الثنائي عندما يكون في وضع الانحياز الأمامي.

- التطعيم (الحقن) الخفيف لمنطقة القاعدة بالإضافة إلى سمكها الضيق ، يجعل عدد الثقوب فيها محدود جداً وهذا يجعل نسبة صغيرة من الإلكترونات الكلية تندفع من وصلة القاعدة - الباعث لتتحد مع الثقوب المتاحة في القاعدة.
- هذه الإلكترونات المتحددة القليلة نسبياً تندفع خارج طرف توصيل القاعدة كإلكترونات تكافؤ والتي تشكل تيار القاعدة الصغير .
- هذه الإلكترونات المندفعة من الباعث إلى منطقة القاعدة الضيقة وخفيفة التطعيم لا تتحد ، ولكن تنتشر إلى منطقة الاستنزاف بين القاعدة والمجمع .
- في هذه المنطقة يحدث لها انجذاب بفعل المجال الكهربائي المتكون من قوة التجاذب بين الأيونات السالبة ، والموجبة نتيجة الانحياز العكسي لوصلة القاعدة ، والمجمع .
- تتحرك الإلكترونات خلال منطقة المجمع خارجة خلال المجمع إلى الطرف الموجب لمنبع الجهد للمجمع مشكلة تيار المجمع .

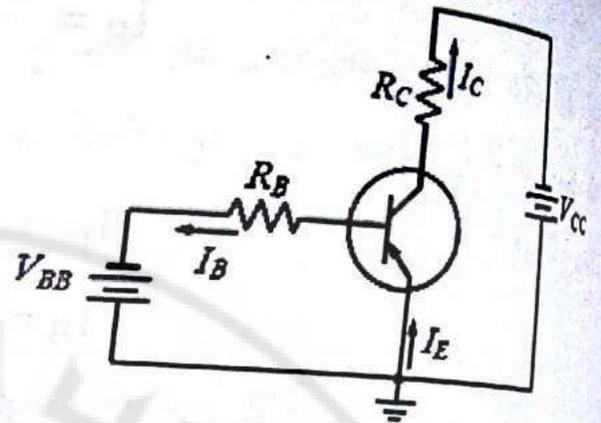
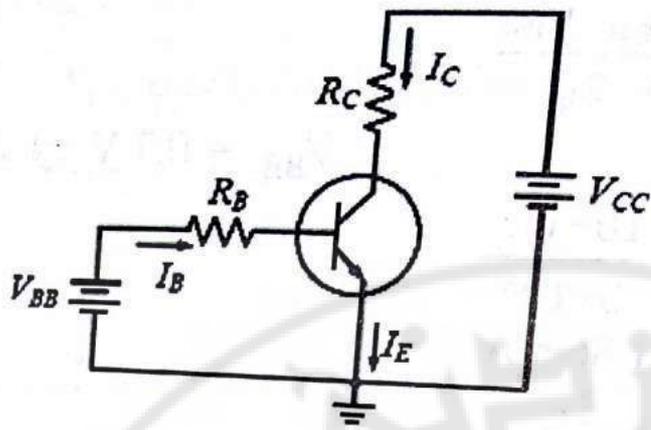
### 1-3-7 معاملات الترانزستور وعلاقاته Transistor Relationships and Parameters:

- ❖ الجهد  $V_{BB}$  : جهد الانحياز الأمامي لوصلة القاعدة - الباعث.
- ❖ الجهد  $V_{CC}$  : جهد الانحياز العكسي لوصلة القاعدة - المجمع .
- ❖ الجهد  $V_{BE}$  : الجهد بين القاعدة - الباعث.
- ❖ في الحالة العامة نعد أن  $V_{BE} = 0.7 V$  عندما يكون مصنوعاً من السيلكون .
- ❖ الجهد  $V_{CB}$  : الجهد بين المجمع - القاعدة.
- ❖ الجهد  $V_{CE}$  : الجهد بين المجمع - الباعث.
- ❖ التيار  $I_B$  : تيار القاعدة المستمر .
- ❖ التيار  $I_E$  : تيار الباعث المستمر .
- ❖ التيار  $I_C$  : تيار المجمع المستمر .
- ❖  $\beta$  : عامل التضخيم بين المجمع والقاعدة للترانزستور في حالة التيار المستمر ويساوي النسبة بين تيار المجمع المستمر  $I_C$  وتيار القاعدة المستمر  $I_B$  .

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

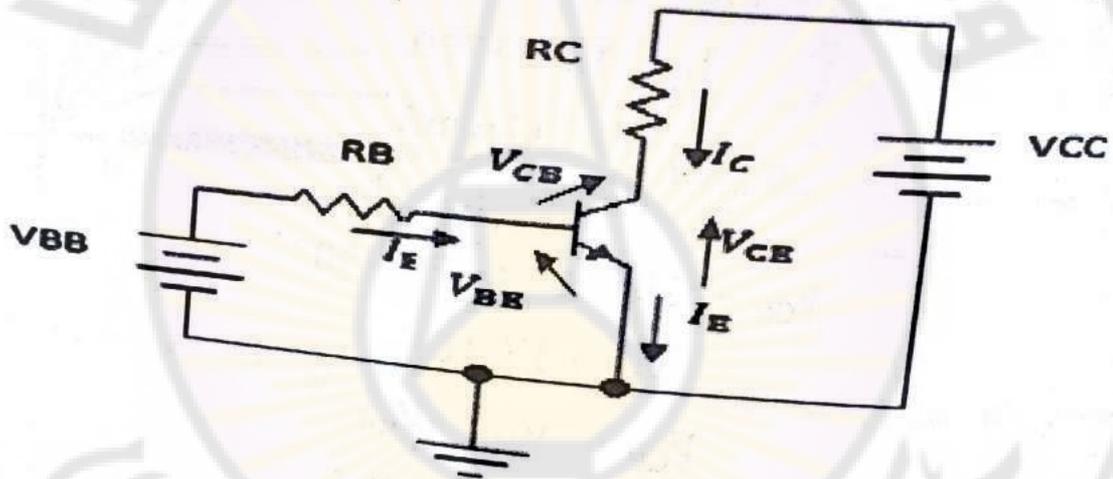
$$I_E = I_B + I_C$$

العلاقة بين تيارات الترانزستور:



الشكل (3-7)

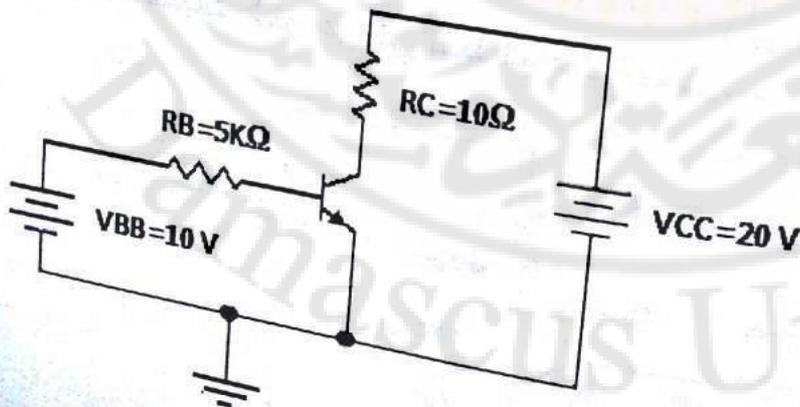
الشكل (4-7) يوضح توضع التيارات ، والجهود على الترانزستور:



الشكل (4-7)

مثال (1-7):

لتكن الدارة التالية :



احسب كلاً من  $I_C$  ،  $I_B$  ،

$V_{CB}$  ،  $V_{CE}$  ،  $I_E$

مع العلم أن  $\beta = 150$  ؟

الشكل (5-7)

الحل :

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

نعلم أن:  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$

$$I_B = \frac{10 - 0.7}{5 \cdot 10^3}$$

$$I_B = 1.86 \text{ mA}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_C = 150 \cdot 1.86 \text{ mA} = 279 \text{ mA}$$

$$I_E = 1.86 + 279$$

$$I_E = 280.86 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C$$

$$V_{CE} = 20 - 10 \cdot 279 \cdot 10^{-3}$$

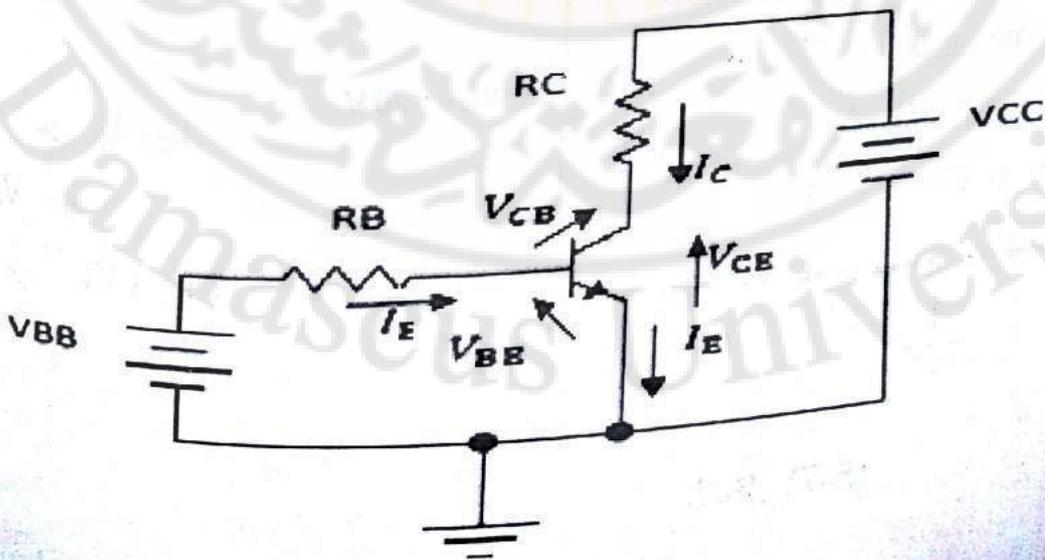
$$V_{CE} = 17.21 \text{ V}$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$$

$$V_{CB} = 17.21 - 0.7$$

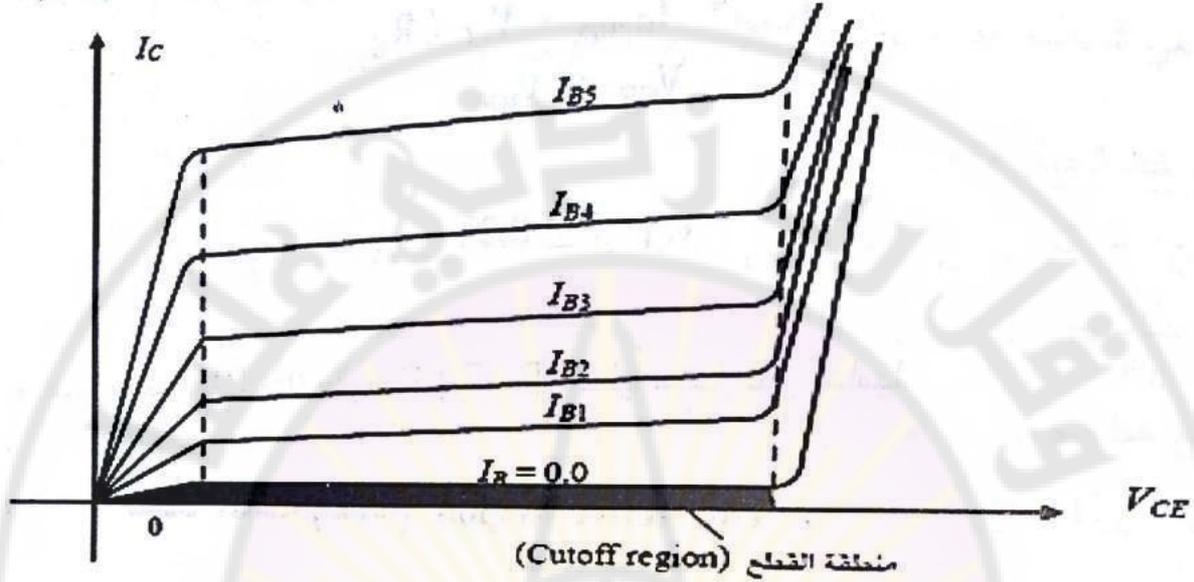
$$V_{CB} = 16.51 \text{ V}$$

2-3-7 منحنيات الخواص في نمط الباعث المشترك:



الشكل (6-7)

تبين منحنيات الخواص كيفية تغير تيار المجمع  $I_C$  مع الجهد بين الباعث والمجمع  $V_{CE}$  عند قيم ثابتة لتيار القاعدة  $I_B$  ، مع ملاحظة أن مصادر التغذية  $V_{CC}$  ،  $V_{BB}$  ذات جهد متغير القيمة :



الشكل (7-7)

هناك منحنى خواص يوضح علاقة  $V_{BE}$  ،  $I_B$  وسندرسه في الجزء العملي للتجربة.

### 3-3-7 مناطق تشغيل الترانزستور Transistor Operation Regions

#### • منطقة القطع Cutoff Region :

نعد الترانزستور في حالة قطع : إذا كان تيار القاعدة يساوي الصفر ،  $V_{CE} = V_{CC}$  (على اعتبار تيار المجمع المتسرب صغيراً جداً) .  
 عملياً تكون الوصلة (E - B) والوصلة (B - C) منحازتين عكسياً ، يكون عندئذ التيار في هذه الحالة مهملاً .

#### • منطقة الإشباع Saturation Region :

نعد الترانزستور في حالة إشباع: عند زيادة تيار المجمع ليصبح ذا قيمة أعظمية (تيار الإشباع  $I_{Csat}$ ) نتيجة زيادة تيار القاعدة ، وانخفاض قيمة  $V_{CE}$  لتصبح قريبة للصفر (جهد الإشباع  $V_{CEsat}$ ) عندها :

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C * I_C$$

$$0 = V_{CC} - R_C \cdot I_C$$

$$V_{CC} = R_C \cdot I_C$$

ومنهُ نُعدُ الترانزستور في حالة إشباع عندما :

$$I_{Csat} = I_{Cmax} = V_{CC} / R_C$$

$$V_{CE} < V_{BE}$$

$$V_{CEsat} \leq 0.2V$$

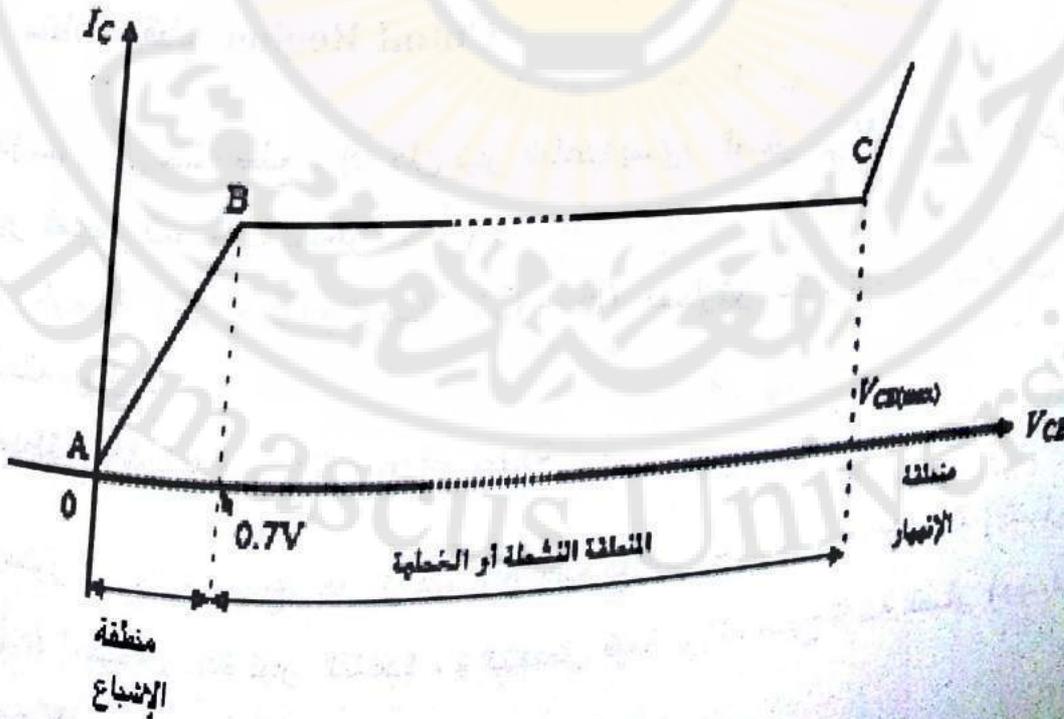
و تكون الوصلة (E- B) والوصلة (B- C) عملياً منحازتين أمامياً .

• المنطقة الفاعلة (الفعالة) : The Active Region :

هي المنطقة النشطة الخطية من منحنى الخواص المحصورة بين القطع والإشباع التي يعمل فيها الترانزستور مضخماً.

تكون الوصلة E- B عملياً منحازة أمامياً والوصلة B- C منحازة عكسياً.

ويمكن تمثيل هذه المناطق عبر المخطط التالي عند قيمة واحدة  $I_B$  :



الشكل (8-7)

### 4-3-7 خط الحمل للتيار المستمر DC Load Line :

يرسم خط الحمل بين نقطة القطع التي يكون عندها (  $V_{CC} = V_{CE}$  ،  $I_B = 0$  ) وبين نقطة الإشباع التي يكون عندها (  $I_C = I_{Csat}$  ،  $V_{CE} = V_{CEsat}$  ). والمنطقة المحصورة بينهما هي المنطقة الفاعلة (الفعالة) التي يعمل الترانزستور كمضخم .

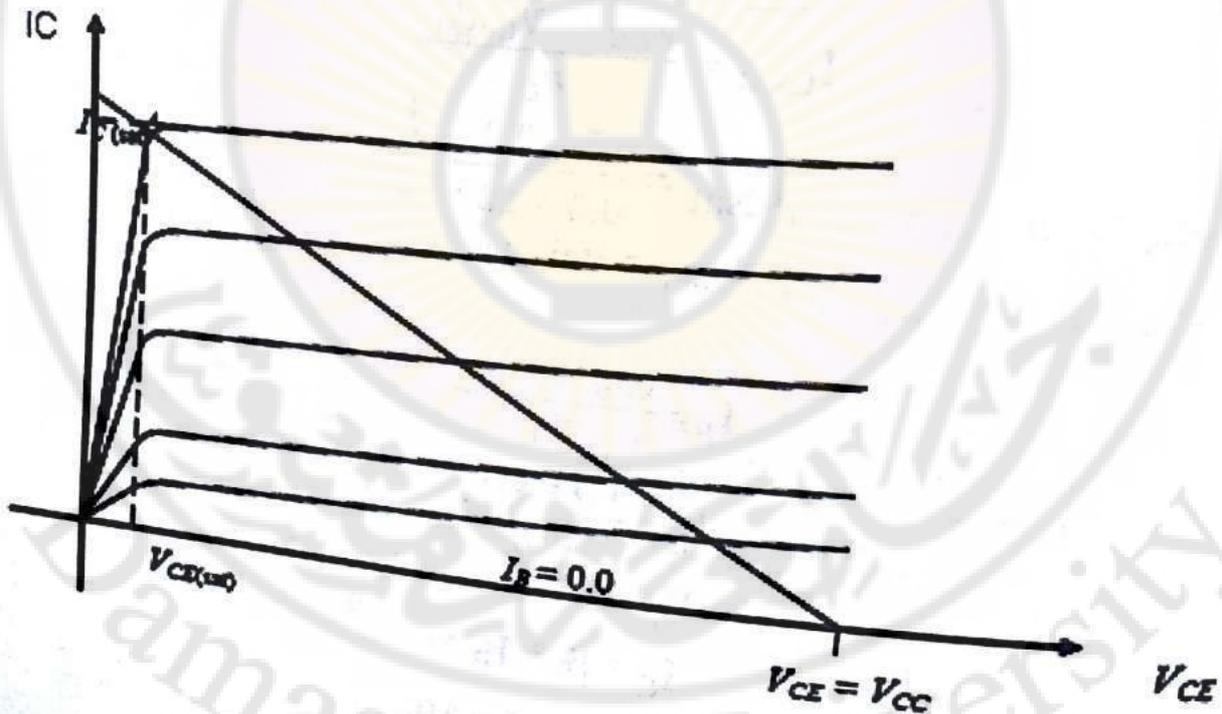
ولرسم خط الحمل فإنه:

يتقاطع خط الحمل مع المحور الذي يمثل التيار  $I_C$  ، عندما يكون  $V_{CE} = 0$  أي عندما

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

يتقاطع خط الحمل مع المحور الذي يمثل الجهد  $V_{CE}$  عندما يكون  $I_C = 0$  ؛ أي عندما

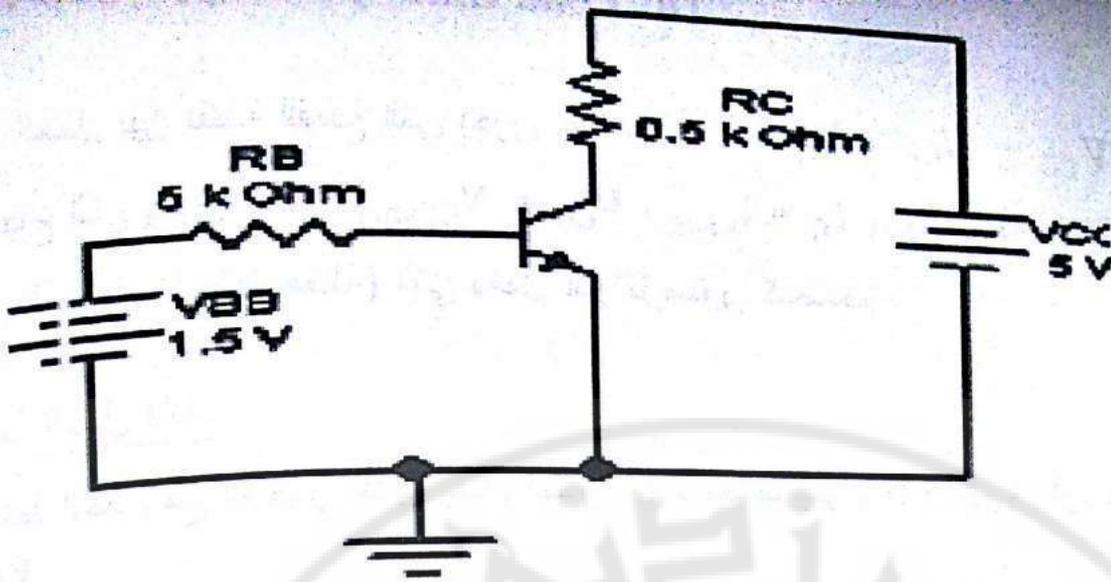
$$V_{CE} = V_{CC}$$



الشكل (7-9)

مثال (7-2):

برهن أن المنطقة التي يعمل الترانزستور فيها هي منطقة الإشباع مفترضاً أن:  
جهد الإشباع :  $V_{Cesat} = 0.2$  ،  $\beta = 50$  .



الشكل (7-10)

الحل :

نحسب تيار الإشباع كما يلي :

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC} - V_{Cesat}}{R_C}$$

$$I_{Csat} = \frac{5 - 0.2}{0.5 * 10^3}$$

$$I_{Csat} = 9.6 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_B = \frac{1.5 - 0.7}{5 * 10^3}$$

$$I_B = 0.16 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta * I_B$$

$$I_C = 50 * 0.16 * 10^{-3}$$

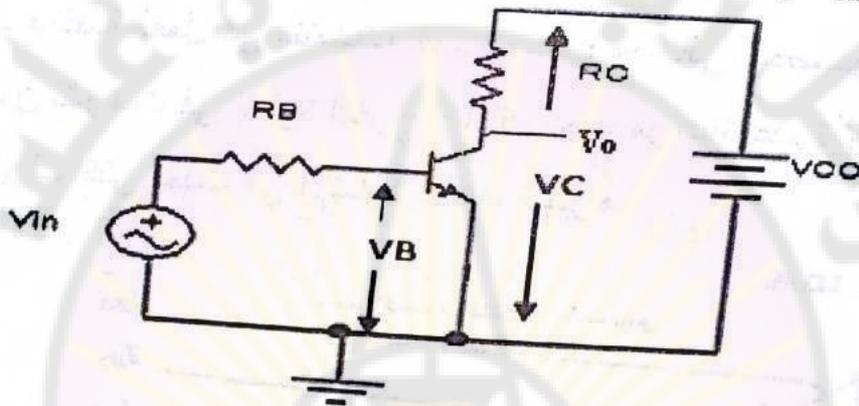
$$I_C = 8 \text{ mA}$$

ومن النتائج السابقة نجد  $I_C \sim I_{Csat}$  ونستنتج إذاً أن الترانزستور يعمل في منطقة الإشباع.  
5-3-7 استخدامات الترانزستور:

يعمل الترانزستور مضخماً في المنطقة الفعالة، وقاطعة إلكترونية في منطقة القطع، والإشباع.

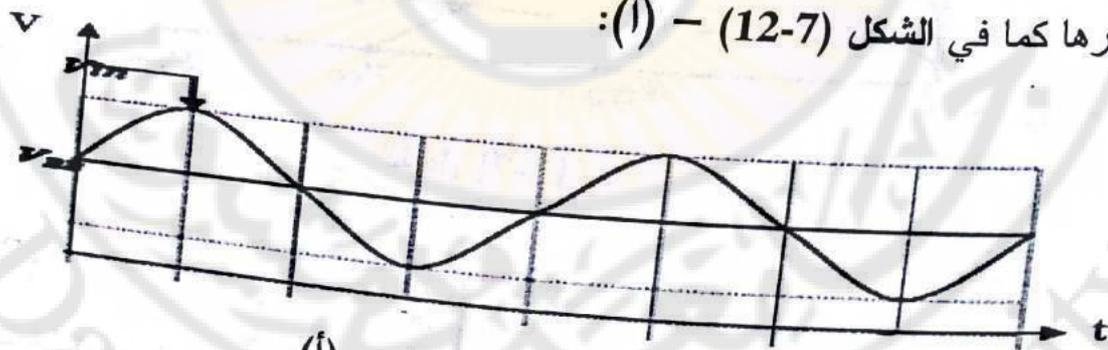
### 1-5-3-7 الترانزستور ثنائي القطبية كمضخم :The Bipolar Transistor as an Amplifier

مدرس تشكيلة الباعث المشترك، وفيه يكون الباعث مشتركاً بين الدخل والخرج ، حيث تدخل الإشارة بين الناهيتين B, E وتخرج بين الناهيتين C, E .  
 وجدنا سابقاً أن الترانزستور ثنائي القطبية يكبر التيار حسب العلاقة  $I_C = \beta * I_B$  (تيار القاعدة صغير جداً) . من هذا المنطلق سوف ندرس الترانزستور كمضخم، حيث نقوم بوصل منبع جهد متناوب  $V_{in}$  لإظهار تكبير إشارة الخرج بالمقارنة مع إشارة الدخل:

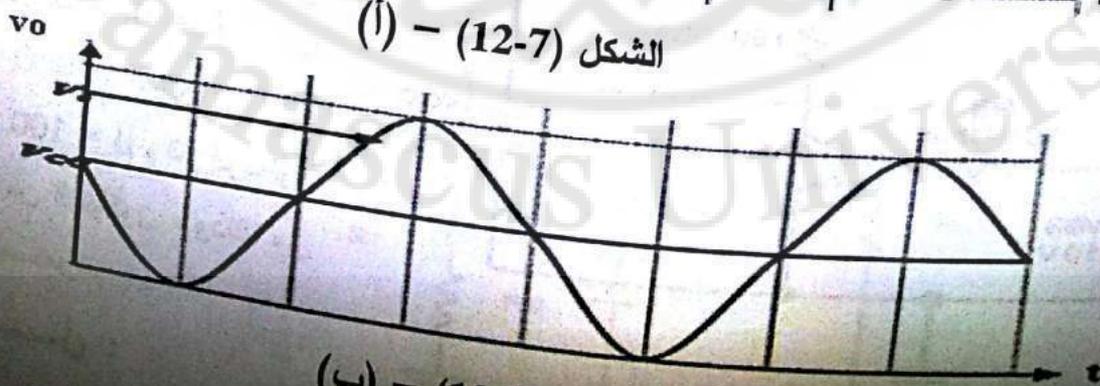


الشكل (11-7)

يظهر لنا عند رسم كل من إشارة الدخل  $V_{in}$  وإشارة الخرج  $V_o$  ، أن إشارة الخرج  $V_o$  قد تم تكبيرها كما في الشكل (12-7) - (أ):



الشكل (12-7) - (أ)



الشكل (12-7) - (ب)

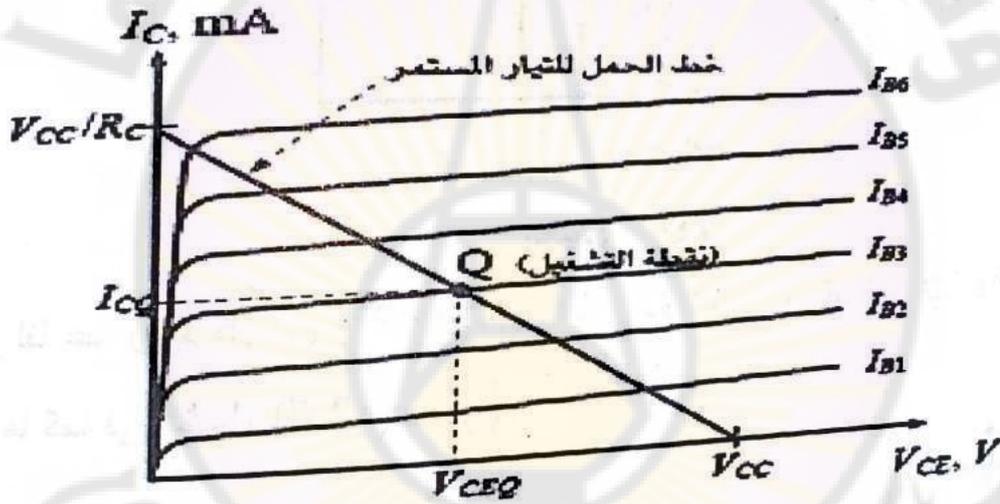
نجد في الشكل (11-7) أن :

الجهد المتناوب  $V_C$  يحسب من العلاقة:  $v_o = R_C * i_C$   
 ونجد أن:  $i_C = i_E$   
 $V_B = V_{in} - R_B * i_B$

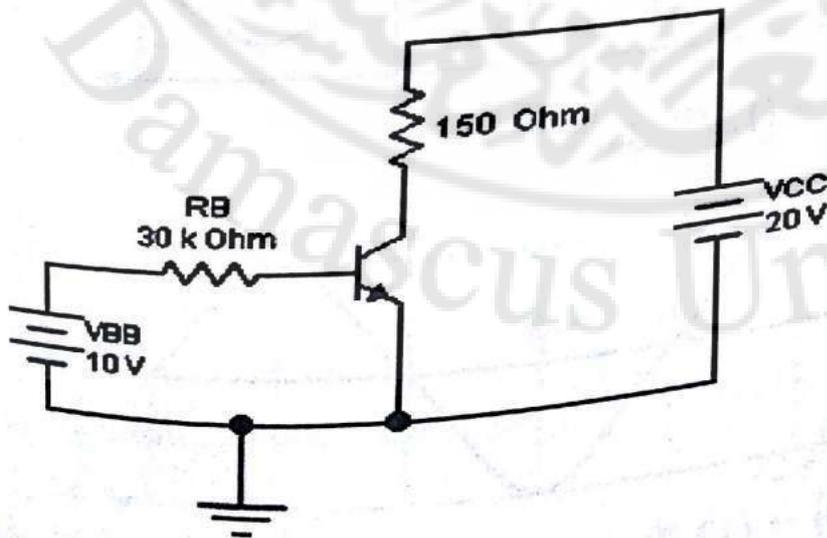
يحسب عامل التضخيم  $A_V$  من العلاقة التالية:

$$A_V = \frac{V_o}{V_i}$$

عند استخدام الترانزستور كمضخم ، يجب ضبط قيمة الجهد  $V_{BB}$  للحصول على قيمة التيار  $I_B$  اللازمة لوضع نقطة العمل في منتصف خط الحمل ؛ وبالتالي الحصول على أقصى تضخيم ممكن دون تشوهات في إشارة الخرج ؛ لذلك يجب مراعاة عدم تأثر موضع نقطة التشغيل إلا بالتغيرات التي تحدث في الإشارة المراد تكبيرها.



الشكل (7-13)



الشكل (14)

مثال (7-3):

حدد نقطة التشغيل (العمل)

Q-Point للدارة التالية:

بفرض  $\beta = 100$  والترانزستور

مصنوع من السيلكون ، وذلك من

الناحية المستمرة.

**الحل:**

تحدد نقطة العمل بقيم كل من:  $I_C$  ،  $V_{CE}$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E}$$

$$I_B = \frac{10 - 0.7}{30 \cdot 10^3}$$

$$I_B = 0.31 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_C = 100 \cdot 0.31 \cdot 10^{-3}$$

$$I_C = 31 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

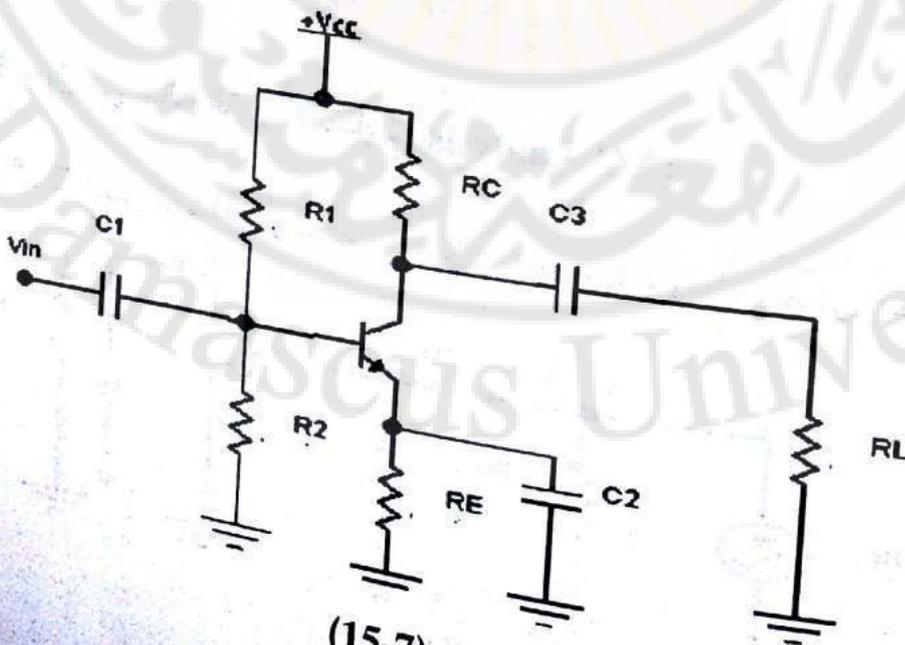
$$V_{CE} = 20 - 31 \cdot 10^{-3} \cdot 150$$

$$V_{CE} = 20 - 4.65$$

$$V_{CE} = 15.35 \text{ V}$$

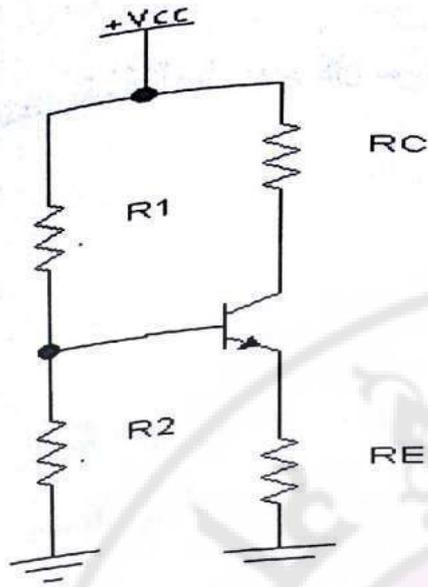
### 2-5-3-7 مكبر الباعث المشترك Common-Emitter Amplifier

توضح الدارة التالية مضخم الباعث المشترك مع انحياز مجزئ الجهد في الدخل ( $R_1$  ،  $R_2$ ) ، ومكثفات الربط  $C_1$  ،  $C_3$  ، ومكثف التسريب  $C_2$  من الباعث إلى الأرض ، ويمكن دراسة الدارة في حالة التيار المتناوب ، وحالة التيار المستمر .



الشكل (15-7)

## • التحليل في حالة التيار المستمر DC Analysis :



لتحليل دائرة المضخم السابقة ، يجب أن نحدد أولاً قيم انحياز التيار المستمر ، ولتحقيق ذلك يجب أن نرسم الدارة المكافئة من الناحية المستمرة ، وذلك بجعل المكثفات جميعها في الدارة مفتوحة وفتح المنابع المتناوبة.

الشكل (16-7) دائرة DC

حسب مقسّم الجهد نجد :

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

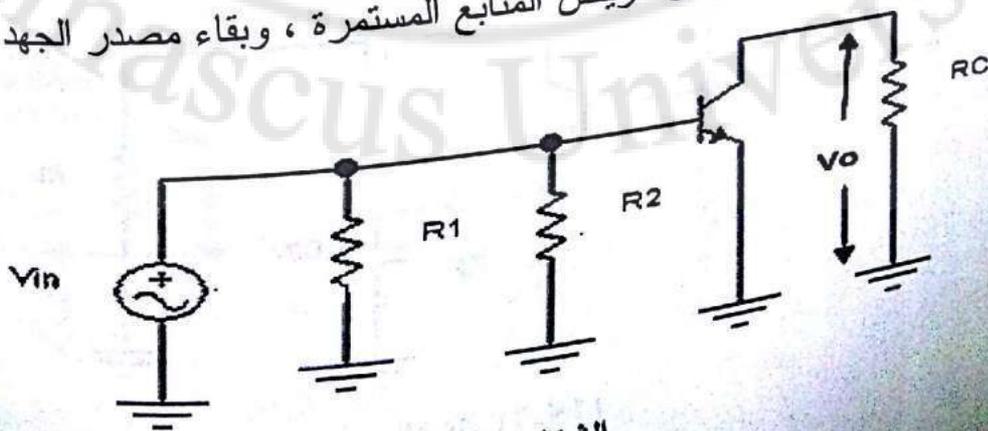
$$I_E \approx I_C$$

$$V_C = V_{CC} - I_C * R_C$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

## • التحليل في حالة التيار المتناوب AC Analysis :

يتم في هذه الحالة قصر المكثفات، و تأريض المنابع المستمرة ، وبقاء مصدر الجهد المتناوب:



الشكل (17-7)

تعطي مقاومة الدخل للمضخم  $R_{in}$ :

$$R_{in} = h_{ie} // R_1 // R_2$$

إذا كانت مقاومة الدخل للمضخم  $R_{in}$  أكبر بكثير من المقاومة الداخلية لمصدر الجهد المتناوب عندها:

$$V_b = V_{in} = I_b * R_{in}$$

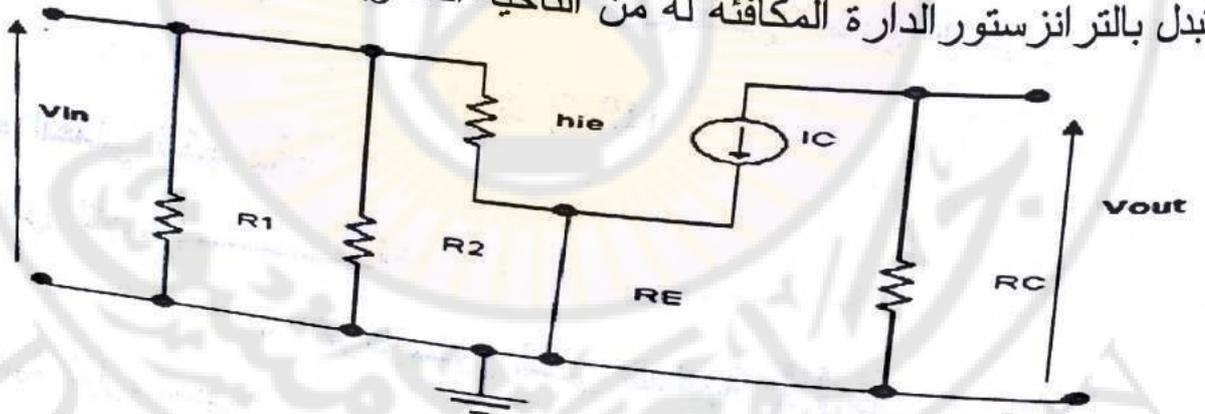
مقاومة الخرج للمكبر  $R_{out}$  تساوي مقاومة المجمع:

$$R_{out} = R_C$$

ولحساب التضخيم للمكبر:

$$A_V = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{V_C}{V_b}$$

نستبدل بالترانزستور الدارة المكافئة له من الناحية المتناوبة؛ فينتج لدينا:



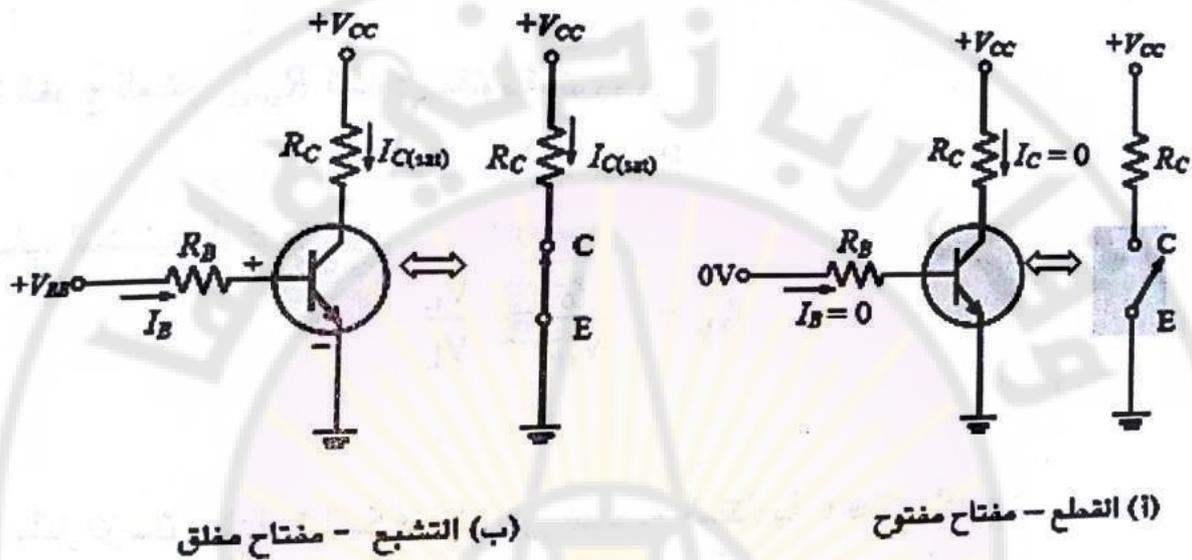
الشكل (18-1)

مقاومة الدخل لتشكيلة الباعث المشترك وهي من رتبة  $1\text{ k}\Omega$ .  
 أما في حالة وجود مقاومة الباعث من دون مكثفة فإن جهد الدخل يساوي:  
 $V_{in} = I_{in} ( R_1 // R_2 // ( h_{ie} + \beta * R_E ) )$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i}$$

### 3-5-3-7 الترانزستور ثنائي القطبية كقاطعة **The Bipolar Transistor as an Switch**

يُعد تشغيل الترانزستور كقاطعة إلكترونية من أهم تطبيقات الترانزستور في الدارات الإلكترونية، وخصوصاً في الدارات الرقمية؛ حيث يعمل الترانزستور كمفتاح وصل، وفصل في منطقة القطع ( $V_{CC} = V_{CE}$ ,  $I_B = 0$ ) ومنطقة الإشباع ( $I_C = I_{C_{sat}}$ ,  $V_{CE} = V_{CE_{sat}}$ ).



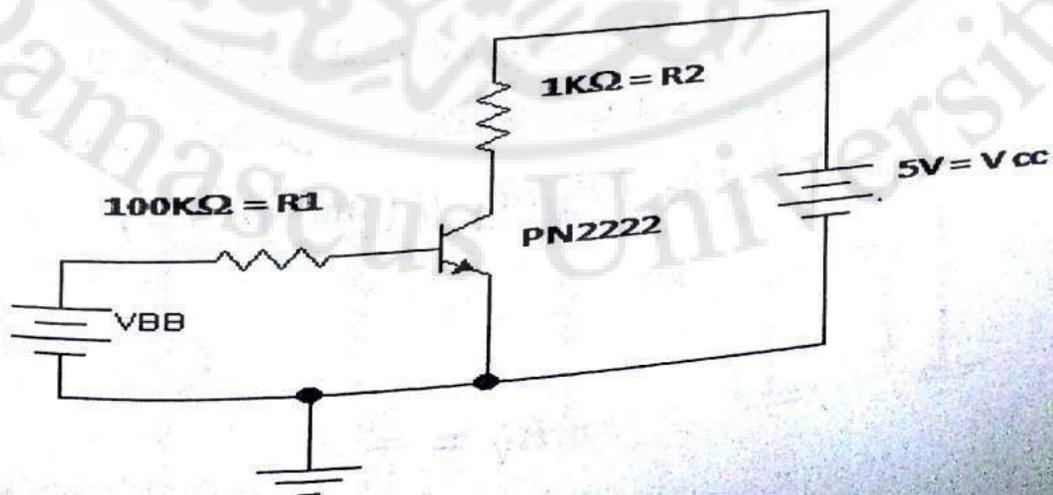
الشكل (7-19)

القسم العملي للتجربة:

7-1 نص التجربة:

❖ الترانزستور ثنائي القطبية BJT

لتكن لدينا الدارة التالية:



الشكل (7-1)

### 1-1-7 خواص الدخل :

- غير قيمة المولد  $V_{BB}$  من 0 V إلى 2 V بخطوة 4 V .
- قس كلاً من  $I_B$ ،  $V_{BE}$  .
- ارسم  $I_B$  بدلالة  $V_{BE}$  .
- قارن المنحني الناتج بالمنحني المميز للتثائي وعلل السبب .

### 2-1-7 خواص الخرج :

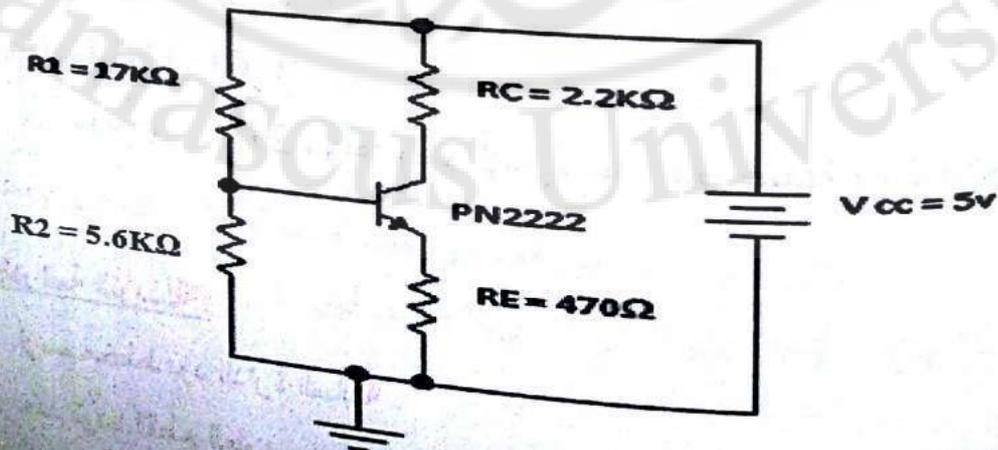
- من أجل  $V_{BB} = 2V$  غير قيمة المولد  $V_{CC}$  من 0 V إلى 5 V بخطوة 0.5 V
- وفس كلاً من  $V_{CE}$  ،  $I_C$
- كرر القياس السابق من أجل  $V_{BB} = 3V$  .
- ارسم على المحاور نفسها نتائج القياسات التي حصلت عليها ( $I_C$  بدلالة  $V_{CE}$ ) ، ماذا تستنتج ؟

### 3-1-7 مناطق العمل :

- قس نقطة العمل : ( $I_C$ ،  $V_{CE}$ ) ، ( $I_B$ ،  $V_{BE}$ ) من أجل  $V_{CC} = 5V$  ، ومن أجل ( $V_{BB} = 6V$  ،  $V_{BB} = 3V$  ،  $V_{BB} = 1V$ ) .
- حدد نظام عمل الترانزستور ، من أجل كل قيمة .

### 4-1-7 تطبيقات الترانزستور :

نفذ الدارة التالية:

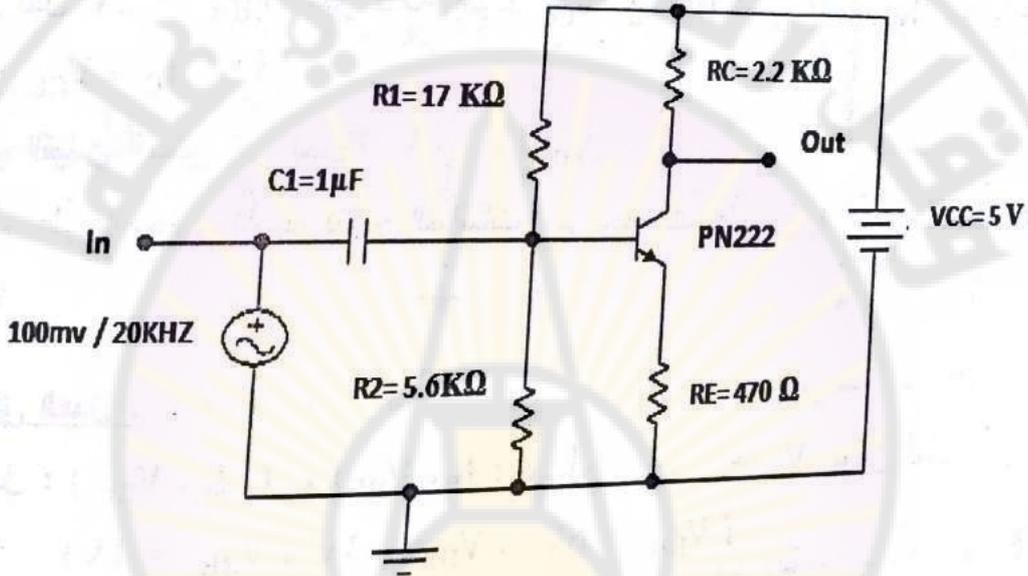


الشكل (2-7)

- قس نقطة العمل (  $I_C$  ،  $V_{CE}$  ) ، و (  $I_B$  ،  $V_{BE}$  ) ، واحسب  $\beta$  .
- تأكد من القيم المقيسة بالحساب النظري بفرض:  $\beta = 150$  ،  $V_{BE} = 0.7V$  .
- إذا فصلنا المقاومة  $R_2$  من الدارة ، ماهي قيمة  $R_1$  الجديدة للمحافظة على نقطة العمل السابقة؟

### 5-1-7 المضمخ من الناحية المتناوية :

أضف مكثفة  $C_1 = 1 \mu F$  ، ومولد إشارة متناوب عند القاعدة كما في الدارة التالية :



الشكل (3)

- ارسم الإشارة عند النقطتين In ، Out .
- احسب  $h_{ie}$  من خلال قياس تغير الجهد عند القاعدة وقياس تغير التيار المار فيها .
- احسب التضخيم عملياً ، وقارنه بالقيمة النظرية (عند الحساب النظري ، استخدم قيمة  $h_{ie}$  التي حصلت عليها عملياً) .
- ما مهمة المكثف  $C_1$  ؟
- غير التردد إلى 20 Hz ، وأعد رسم الإشارة عند النقاط السابقة ، ماذا تلاحظ؟ فسّر النتيجة .

### 6-1-7 الدراسة الترددية :

- ارسم مخطط بود للدارة السابقة .
- حدّد تردد القطع العلوي ، والسفلي على المخطط .

## 2-7 العناصر المستخدمة:

- مقاومة Resistor - مكثف Capacitor - أرضي Ground - منبع جهد متناوب AC  
 Voltage Source - منبع جهد مستمر DC Voltage Source - مقياس الجهد voltmeter -  
 مقياس التيار Ammeter - راسم مخطط بود Bode plotter - راسم إشارة Oscilloscope -  
 ترانزستور BJT.

## 3-7 خطوات الحل :

- خواص الدخل:

$V_{BB}$	$V_{BE}$	$I_B$
0V		
2V		

بعد أن نوجد القيم السابقة في الجدول، نرسم  $I_B$  بدلالة  $V_{BE}$ ، ونقارنه مع منحنى الثاني مع التعليل.

- خواص الخرج :

من أجل  $V_{BB} = 2V$  :

$V_{CC}$	$V_{CE}$	$I_C$

من أجل  $V_{BB} = 3V$

$V_{CC}$	$V_{CE}$	$I_C$

باستخدام راسم الإشارة نرسم على المحاور نفسها نتائج القياسات التي حصلت عليها  
 ( $I_C$  بدلالة  $V_{CE}$ ) من أجل  $V_{BB} = 2V$ ، ومن أجل  $V_{BB} = 3V$ .

3- مناطق العمل : وبوضع إحدى الحالات الثلاث  $V_{BB} = 1,3,6 \text{ V}$  بوضع قيمة  $V_{CC}$  على  $5 \text{ V}$  ، وقيس نقطة العمل  $(I_C, V_{CE})$  و  $(I_B, V_{BE})$  من أجل كل حالة ، ونحدد نظام عمل الترانزستور حسب القيم المقاسة الناتجة. نتأكد بالحساب النظري من القيم السابقة. نفصل المقاومة  $R_2$  ونحسب  $R_1$  عند نقطة العمل السابقة نفسها من الدارة.

#### 4- تطبيقات الترانزستور :

- نطبق الخطوات السابقة كما تم شرحها سابقاً.

#### 5- المضخم من الناحية المتناوبة :

- باستخدام راسم الإشارة ، نرسم إشارة الدخل ، والخرج .
- نحسب مقاومة الدخل  $h_{ie}$  ( من خلال نسبة تغير الجهد  $V_{be}$  على تغير التيار  $I_{be}$  ).
- من المخطط نحسب التضخيم عملياً  $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$  ، ونقارن هذه القيمة مع القيمة النظرية ( عند الحساب النظري نستخدم قيمة  $h_{ie}$  التي حصلت عليها عملياً ) .
- ما مهمة المكثف  $C_1$  ؟
- نغير التردد إلى  $20 \text{ Hz}$  ، ونعيد رسم الإشارة عند النقاط السابقة بواسطة راسم الإشارة ، ماذا تلاحظ ؟ فسّر النتيجة .

#### 6- الدراسة الترددية :

- نرسم مخطط بود للدارة السابقة بواسطة راسم مخطط بود ، ونحدد تردد القطع العلوي ، والسفلي على المخطط .

## 8-1 الهدف من التجربة :

- التعرف إلى منحنى خواص الدخل والخرج للترانزستور ذي الأثر الحقل.
- مبدأ عمل الترانزستور.
- بعض التطبيقات الأساسية للترانزستور.

## 8-2 المبدأ النظري :

- شرح عمل الترانزستور ومنحنياته المميزة.
- أهم تطبيقاته (قاطع ، ومقاومة متحكم بها).
- إظهار أهم الاختلافات بينه ، وبين الترانزستور ثنائي القطبية.

## 8-3 الترانزستور ذو الأثر الحقل FET :

هو عبارة عن عنصر نصف ناقل متحكم به بواسطة التيار وله نوعان أساسيان:

- الترانزستور ذو الأثر الحقل ذي الوصلة (ذو القناة n أو ذو القناة p) JFET
- الترانزستور ذو الأثر الحقل ذي المعدن الأكسيدي نصف الناقل (MOSFET) وله نوعان تعزيزي ، واستنزافي (إفكار أو إغناء) (ذوا القناة n أو ذوا القناة p).

## 8-4 مدخل إلى نظرية عمل الترانزستور ذي الأثر الحقل ذي الوصلة JFET

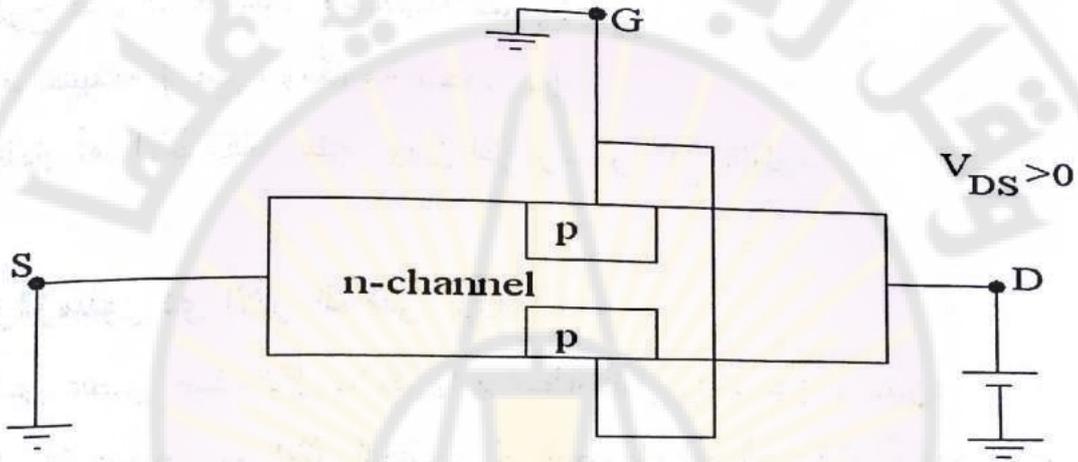
يبين الشكل (8-1) تخطيطاً للترانزستور JFET الذي يتألف من طبقة رقيقة من مادة نصف ناقلة نوع n مع تماسين أو ميين في نهاية الطبقة الرقيقة يدعيان المصرف D ، والمنبع S ، ولضعت على جانبي الطبقة الرقيقة طبقتان من المادة p تشكلان تماسي تقويم موصولين مع بعض ليشكلا ما يسمى بالبوابة G ، ويدعى الممر الناقل بين المنبع والمصرف بالقناة (channel) ويدعى هذا الترانزستور ذو القناة n ، وبالطريقة نفسها يصنع الترانزستور ذو

القناة p ومن هنا فإن للترانزستور ذي الأثر الحقلّي ذي الوصلة (ذو القناة n أو ذو القناة p) JFET ثلاث مناطق هي :

**المنبع (S)** : وهو طرف القضيب الذي تدخل منه حوامل الشحنات الأغلبية التي تكون تيار المنبع  $I_S$  .

**المصرف (D)** : وهو طرف القضيب الذي تخرج منه حوامل الشحنات الأغلبية التي تكون تيار المنبع  $I_D$  .

**البوابة (G)** : وهي عبارة عن المنطقتين الجانبيتين في القضيب اللتين تكونان مشوبتين بنوع مختلف عن شوائب القناة ، وبتركيز أعلى .



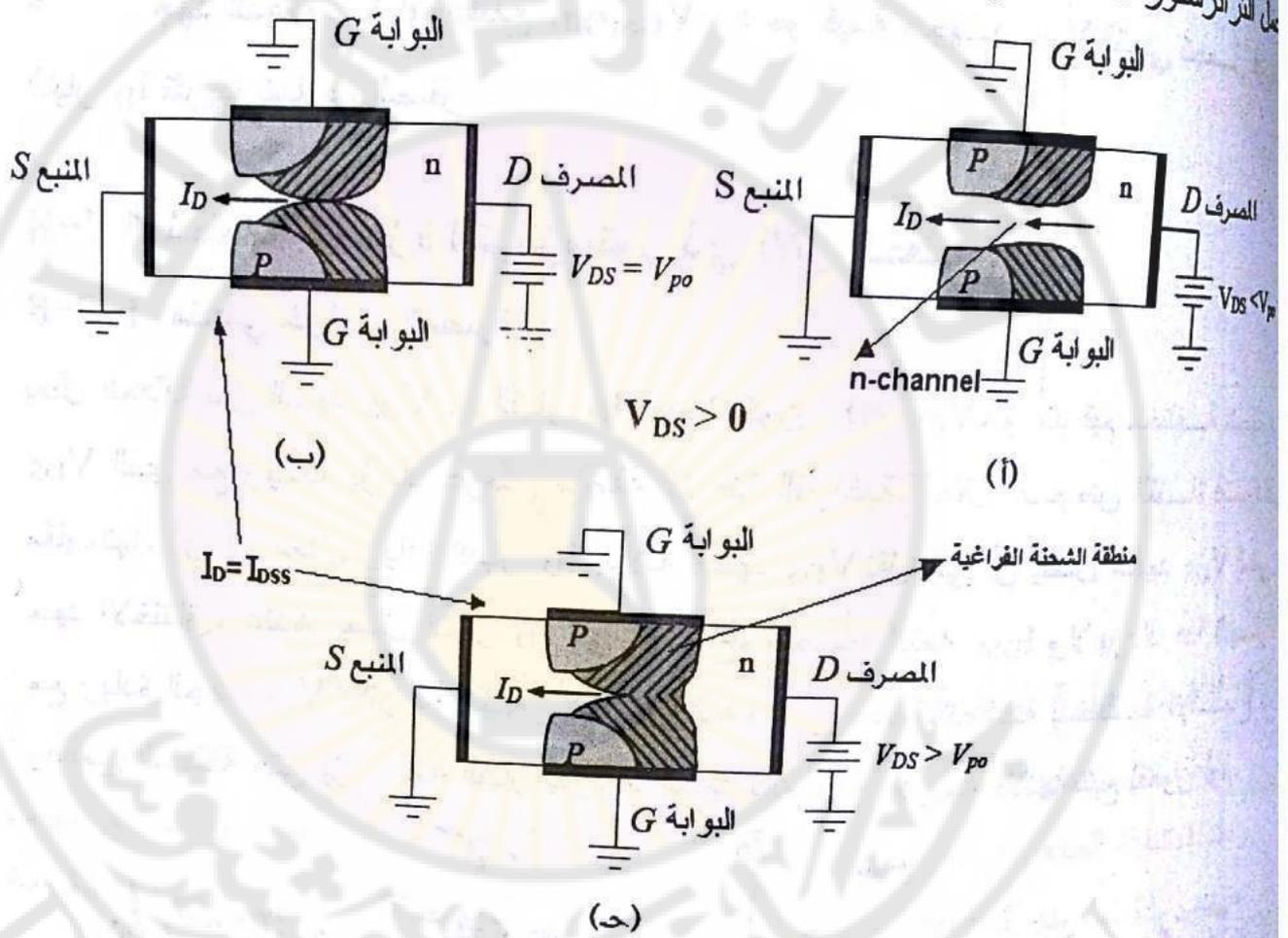
الشكل (1-8) تخطيط للترانزستور JFET

### 5-8 آلية عمله :

لفهم مبدأ عمل الترانزستور ذي الأثر الحقلّي JFET ، نقوم بتطبيق جهد موجب على المصرف فتندفق الإلكترونات باتجاه المصرف أي يمر تيار  $I_D$  من المصرف إلى المنبع ، ويعتمد هذا التيار على الجهد  $V_{DS}$  ، ومقاومة مادة القناة التي تعتمد على تركيز (عمق) الإشابة .

كلما زاد الجهد  $V_{DS}$  فإن الثنائي Pn المشكل من وصلة البوابة القناة ينحاز عكسياً فتشكل منطقة شحنة فراغية كما في الشكل (2) أ - تتزايد مسببة تضيق القناة ، وعندما  $V_{DS} = V_{PO}$  تتصل المنطقتان الفراغيتان بعضهما مع بعض كما في الشكل (2) ب - ويتوقف ازدياد التيار  $I_D$  الذي كان يزداد بشكل خطي قبل  $V_{PO}$  الذي يسمى جهد الاختناق ، وهذا من أجل

وعند تثبيت قيمة التيار يسمى  $I_{DSS}$  تيار الإشباع، أما عندما  $V_{GS} > 0$ ؛ فإن PN تكون منحازة عكسياً، فتزداد المنطقة الفقيرة (منطقة الشحنة الفراغية)، أي مقاومة القناة فيقل مرور التيار  $I_D$ ، وفي حال  $V_{GS} > 0$  فتصبح الوصلة PN منحازة عكسياً، ويتدفق تيار بين المنبع والبوابة، وللحيلولة دون ذلك نجعلها سالبة قليلاً أو صلبة قليلاً أي تقريباً بين -2 و +4 فولت. ويبين الشكل (2-8) رسوماً توضح مراحل عمل الترانزستور JFET ذي القناة n:



الشكل (2-8)

6-8 معاملات الترانزستور ذي الأثر الحقلّي JFET:

الناقلية التبادلية (التحويلية)  $g_m$ : هي عبارة عن معدل تغير تيار المصرف  $I_D$  بالنسبة لتغير الجهد  $V_{GS}$  عند ثبات الجهد  $V_{DS}$ ، وتعطى بالعلاقة:

$$g_m = 2 \cdot \frac{I_{DSS}}{|V_p|} \cdot \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} \quad \text{أو} \quad g_m = 2 \cdot \sqrt{\frac{I_D \cdot I_{DSS}}{V_p^2}}$$

$I_D$ : تيار المصرف ،  $I_{DSS}$ : تيار الإشباع ،  $V_p$ : جهد القطع

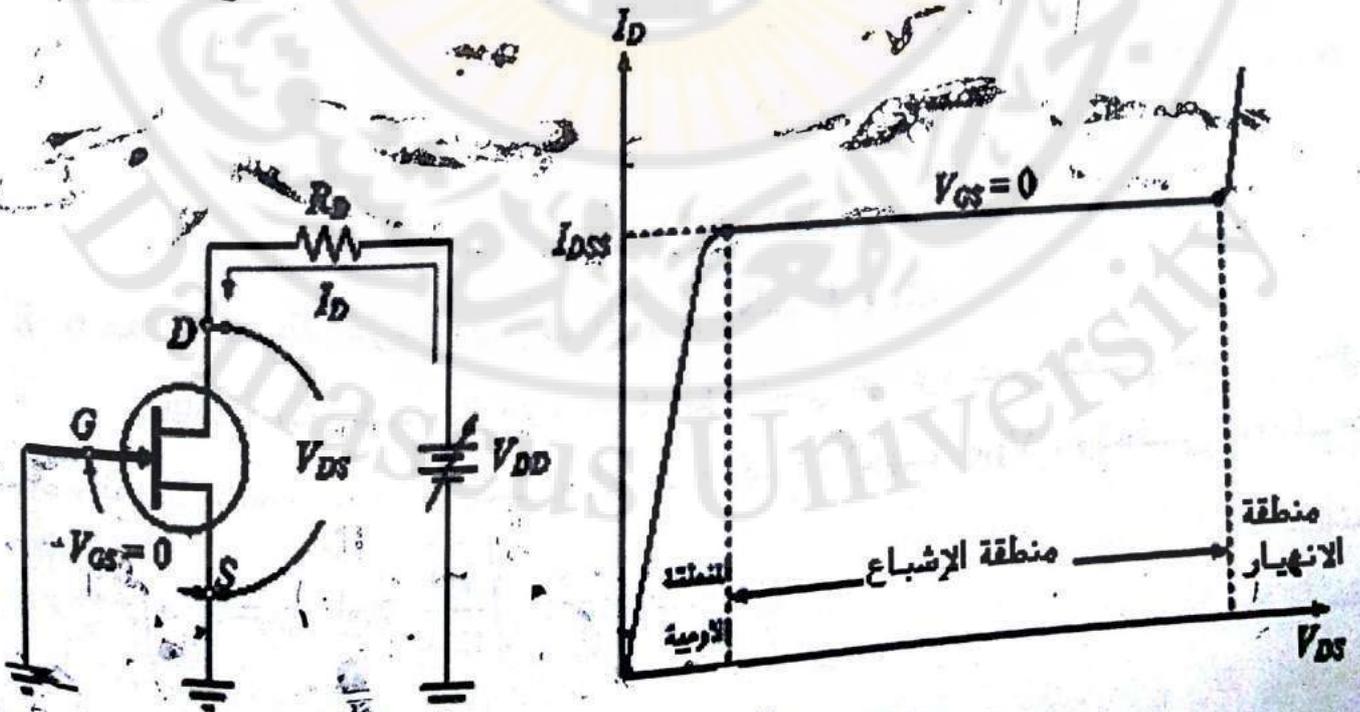
▪ مقاومة المصرف منبع  $r_{ds}$  : تمثل معدل تغير الجهد  $V_{DS}$  بالنسبة للتيار  $I_D$  عند ثبات الجهد  $V_{GS}$ .

- معامل التكبير  $\mu$  : ويعطى بالعلاقة :  $\mu = g_m \cdot I_D$
- جهد الاختناق  $V_{po}$  (Pinch-off) : وهو قيمة الجهد  $V_{DS}$  التي تثبت عندها تقريباً قيمة التيار  $I_D$ ، ويصبح اسمه  $I_{DSS}$ ، ويسمى عندئذٍ بتيار الإشباع .
- جهد التحكم  $V_p$  أو القطع  $V_{GS(off)}$  : هو قيمة الجهد  $V_{GS}$  التي تجعل قيمة التيار  $I_D$  تقريباً تساوي الصفر.

### 7-8 المنحنيات المميزة للترانزستور ذي الأثر الحثلي :

#### 1-7-8 منحنى خواص المصرف:

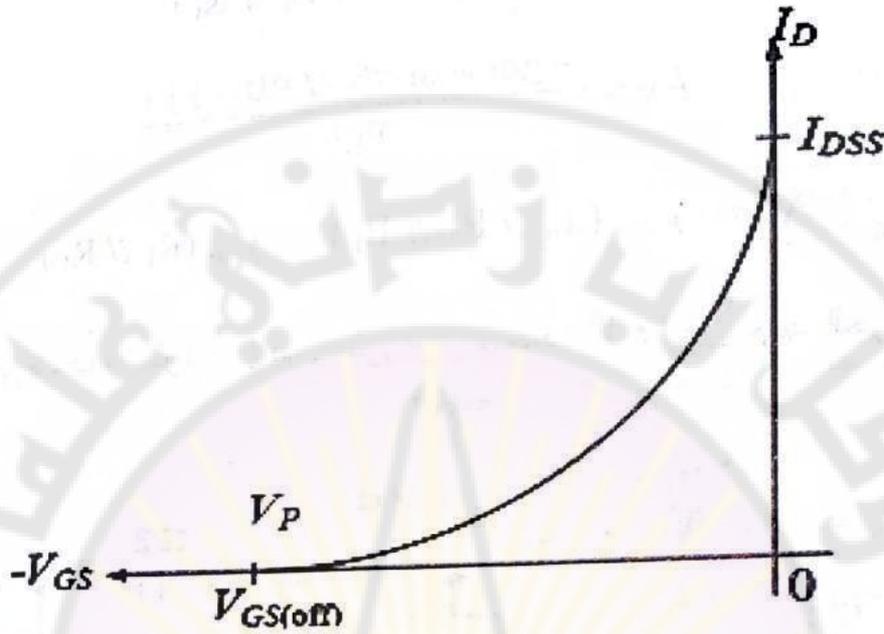
يمثل العلاقة بين الجهد  $V_{DS}$ ، والتيار  $I_D$  عندما تكون  $V_{GS} = 0$ ، وعند قيم مختلفة للجهد  $V_{DS}$  الذي مع زيادته يزداد عرض منطقة الشحنة الفراغية، فيقل عرض القناة فتزداد مقاومتها، أي أن معدل زيادة التيار  $I_D$  بدلالة الجهد  $V_{DS}$  تقل إلى أن يصل الجهد  $V_{DS}$  إلى جهد الاختناق، عندها يصل التيار  $I_D$  إلى الإشباع، ويصبح اسمه  $I_{DSS}$  ولا يزداد هذا التيار مع زيادة الجهد  $V_{DS}$  أكثر من جهد الاختناق؛ لذا تسمى هذه المنطقة بمنطقة الإشباع، وتسمى المنطقة التي يزداد فيه التيار بازدياد الجهد بالمنطقة الأومية؛ لأنها تتبع لقانون أوم.



الشكل (3-8) منحنى خواص المصرف

## 8-7-2 منحني خواص التحويل :

نستخدم الترانزستور FET في الغالب في منطقة الإشباع ، حيث التيار  $I_D$  لا يعتمد على الجهد  $V_{DS}$  ، بل يعتمد على انحياز جهد البوابة  $V_{GS}$  ، ومن هنا بإمكاننا رسم التيار  $I_D$  بدلالة الجهد  $V_{GS}$  كما في الشكل (4-8):



الشكل (4-8) منحني خواص التحويل

## 8-8 تحليل دائرة المضخم FET في تشكيلة المنبع المشترك :

سوف ندرس عمل دائرة المضخم ذي المنبع المشترك عند الترددات المتوسطة والمنخفضة وعند الإشارة الصغيرة ، مع رسم الدارة المكافئة باعتبار أن المضخم مقاد من منبع جهد متناوب  $E_g$  مقاومته الداخلية  $R_g$  مهملة بالنسبة لمقاومة الدخل للترانزستور ونستخدم المقاومة  $I_d$  (مقاومة المصرف) وندرس تحديداً:

(1) تكبير التيار : بما أن البوابة لا تسحب إلا تياراً صغيراً جداً ؛ لذلك فإن ربح التيار يقترب من اللانهاية :  $A_i \approx \infty$

(2) مقاومة الدخل: تعد المقاومة  $R_G$  موصولة على التفرع مع المقاومة المنظورة من البوابة التي تساوي اللانهاية تقريباً ؛ لذا فإن مقاومة دخل الدارة  $R_i = R_G$

(3) مقاومة الخرج: هي المقاومة المنظورة من خرج الترانزستور FET بعد رفع مقاومة الحمل  $R_L$  وجعل  $E_g$  تساوي الصفر (0) ؛ هذا يعني أن:  $V_{gs}=0$  والمولد:  $g_m \cdot V_{gs}$  لا يقدم أي تيار، وبذلك تكون:  $I_{ds}$  موصولة على التفرع مع  $R_D$ ، ونكتب  $R_O = I_{ds} // R_D$

(4) تضخيم الجهد :

يعبر عنه بالنسبة  $\frac{V_o}{V_i}$  التي تحسب كما يلي:

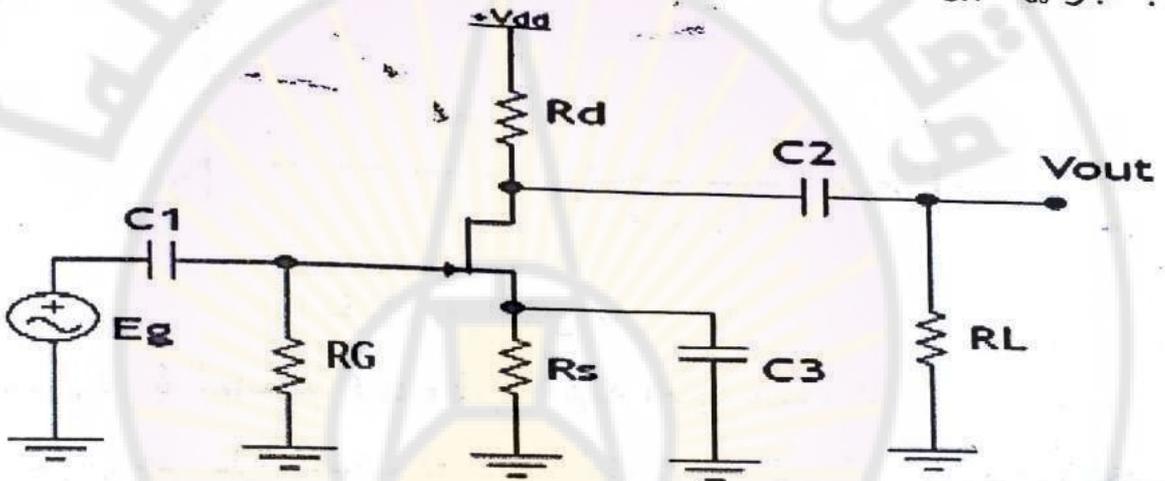
$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{gs}}$$

$$V_o = -g_m \cdot v_{gs} (r_{ds} // R_D // R_L)$$

$$A_V = \frac{-g_m \cdot v_{gs} (r_{ds} // R_D // R_L)}{V_{gs}}$$

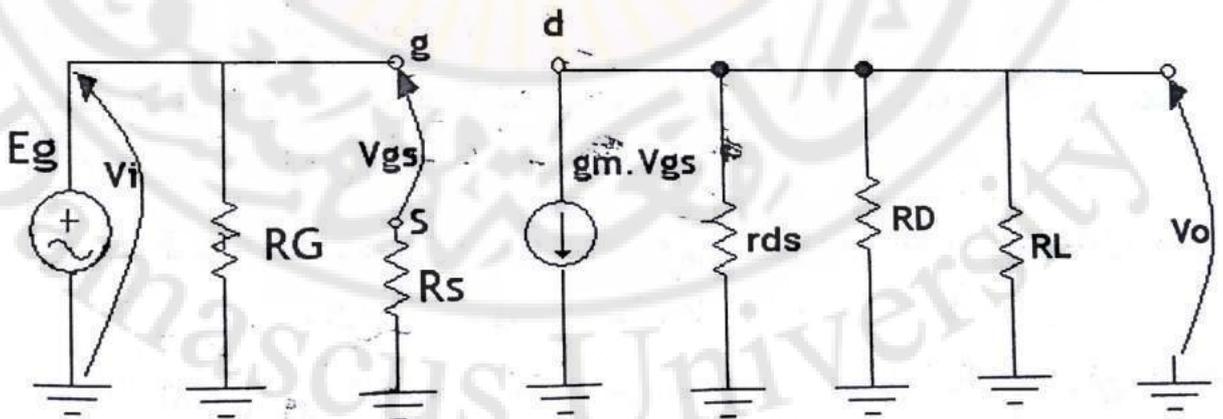
$$A_V = -g_m \cdot (r_{ds} // R_D // R_L) \approx -g_m \cdot (R_D // R_L)$$

باعتبار  $r_{ds}$  كبيرة جداً وإشارة (-) تدل على فرق صفحة  $180^\circ$  بين جهد الخرج ، والدخل.



الشكل (5-8)

والدارة المكافئة:



الشكل (6-8)

### مثال (8-1):

فيما يتعلق بالدائرة السابقة احسب كلاً من  $(A_v, R_i, R_o)$  للمضخم بفرض أن :  
 $R_G = 10M\Omega$  ,  $R_D = 10k\Omega$  ,  $R_L = 15k\Omega$  ,  $g_m = 4 \text{ mmho}$  ,  $g_D = 10\mu \text{ mho}$

الحل:

$$R_i = R_G = 10M\Omega \quad \triangleright$$

$$R_o = r_{ds} // R_D = \frac{1}{10^{-5}} // 10^4 = 9.9k\Omega \quad \triangleright$$

$$R_{L1} = R_D // R_L = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6k\Omega \quad \triangleright$$

$$A_v = -g_m \cdot R_{L1} = -0.004 \cdot 6000 = -24$$

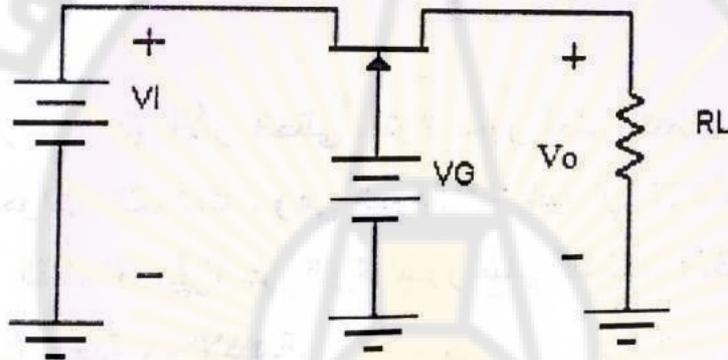
### 9-8 الاختلافات بين الترانزستور ذي الأثر الحقلّي FET وثنائي القطبية BJT:

- يعرف الترانزستور ذو الأثر الحقلّي بالترانزستور أحادي القطبية ، لأنه يعتمد على تدفق نوع واحد من حوامل الشحنات ، وهي الحوامل الأغلبية أي الإلكترونات في حالة القناة n ، والتقوب في حالة القناة P تمييزاً عن الترانزستور ثنائي القطبية BJT الذي يعتمد على نوعي حوامل الشحنات الأقلية ، والأغلبية.
- يتميز الترانزستور ذو الأثر الحقلّي FET بالاستقرار الحراري ، حيث لا يعتمد على الحوامل الأقلية التي تتأثر بتغير درجة الحرارة .
- يمتلك FET مقاومة دخل عالية من رتبة الميجا أوم؛ أي أن الثابت الزمني لدائرة الدخل كبير بشكل كاف ، فهو مفيد كعنصر تخزيني ، كما أنه متناظر، ولكن جداء الربح بعرض المجال صغير بالمقارنة مع الترانزستور BJT.
- يتميز الترانزستور ذو الأثر الحقلّي FET بأنه أقل ضجيجاً، وسهل التصنيع، ويصلح للترددات العالية ؛ لأن حاملات الشحنات في BJT تحتاج لزمان عبور غير مهملة؛ لذا فهو غير فاعل في الترددات العالية.
- يمكن استعمال FET كحمل فعال في الدارات المتكاملة ، وهو وسيلة حساسة للجهد، لأن تغير جهد البوابة يغير التيار، ويمتلك ممانعة دخل عالية جداً .
- يعد FET عنصر نصف ناقل متحكم به بواسطة التيار، أما BJT فهو متحكم به بواسطة الجهد، ويستخدم بشكل أساسي لتضخيم الإشارة .

## 10-8 أهم تطبيقات الترانزستور FET :

### 1-10-8 استخدام الترانزستور FET كقاطع (Switch) :

يمكن استخدام الترانزستور FET كقاطع مشابه في عمله لأربع ثنائيات، ولكنه أبطأ منها، ولا يمكن أن تكون له مقاومة فتح (ON) صفرية، وهو خطي بشكل تقريبي، ويبين الشكل قاطع FET حيث إن  $V_G$  هو جهد التحكم الذي يحول القاطع من حالة القطع (Off) إلى حالة الوصل (ON) أو بالعكس، فعندما يكون  $V_G$  جهداً موجباً كبيراً بشكل كاف؛ فإن الترانزستور يصبح بحالة وصل وهبوط الجهد عبر المقاومة  $RL$  يكون متناسباً مع  $V_i$  وبالعكس، فعندما يكون  $V_G$  جهداً سالباً كبيراً؛ فإن الترانزستور يقطع، ولن يتدفق تيار عبره، ويصبح جهد الخرج  $V_o$  المطبق على المقاومة  $RL$  مساوياً للصفر.



الشكل (7-8)

### 2-10-8 استخدام الترانزستور JFET كمقاومة متحكم بها بالجهد (VCR) :

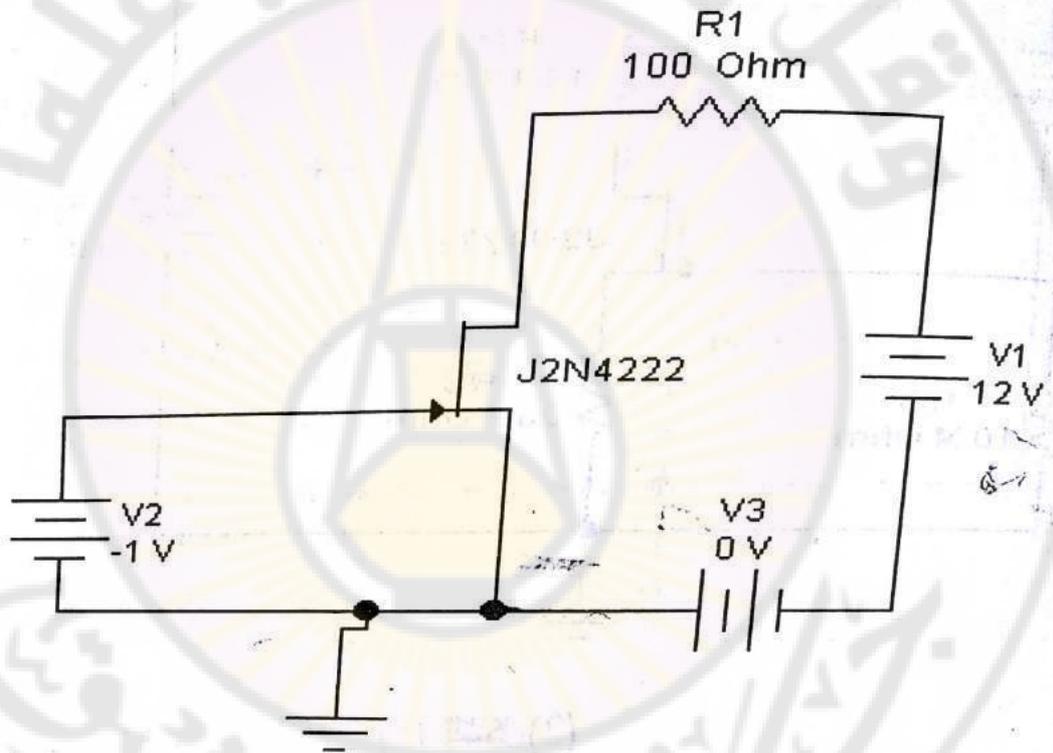
يعمل هذا الترانزستور في جزء التيار الثابت لمنحني خواص الخرج، حيث نعد الترانزستور FET يعمل في منطقة ما قبل الاختناق، حيث يكون  $V_{DS}$  صغيراً وفي هذه المنطقة يكون الترانزستور مفيداً كمقاومة متغيرة مع الجهد؛ أي أن مقاومة المصدر المتحكم فيها عن طريق جهد الانحياز  $V_{GS}$ .

كما يستخدم الترانزستور FET كمكبر بعدة تشكيلات أخرى.

# نظم العملي من التجربة: التجربة الثامنة : الترانزستورات ذات الأثر الحقلي FET

نظم التجربة :  
خواص الترانزستور: المنحنيات المميزة للترانزستور JFET:

1-  
نظ الدارة المبينة في الشكل (1):



الشكل (1)

من خلال الخيار (مسح التيار المستمر) DC Sweep الموجود في القائمة Analysis المطلوب:

(1) ارسم  $I_D$  بدلالة  $V_{DS}$  و  $V_{GS}$  من خلال تغيير كل من  $V_1$  من 0 حتى 10V بخطوة 2V و  $V_2$  من 0 حتى -4V بخطوة -0.5V ورسم التيار المار في المولد ذي القيمة المعدومة  $V_3$ .

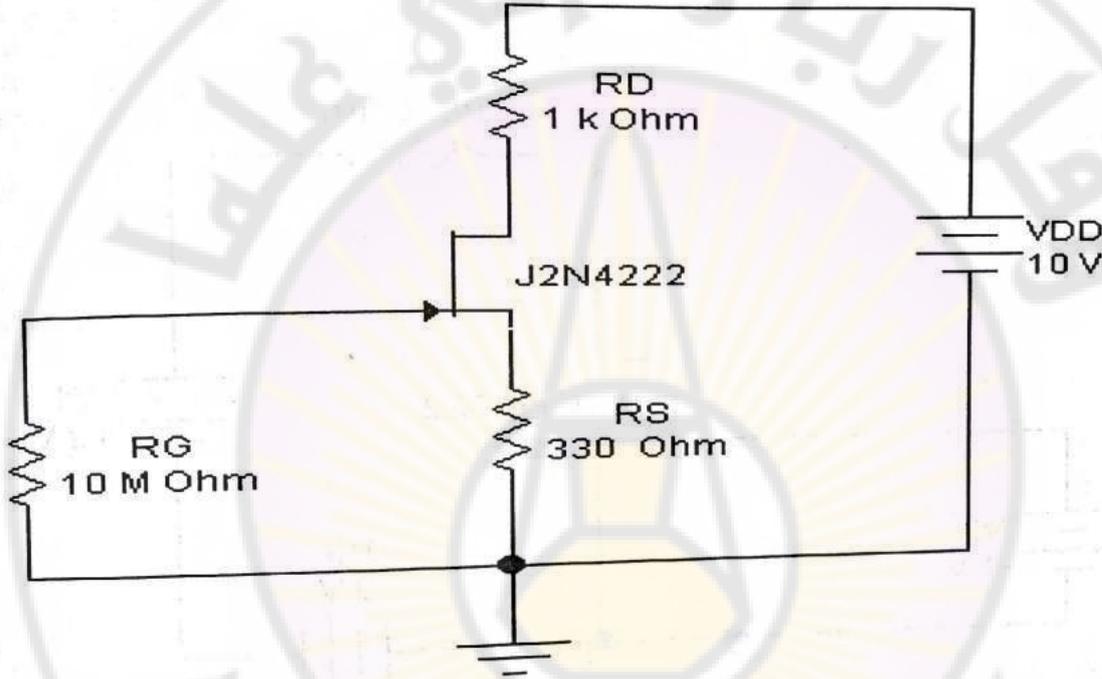
(2) ارسم  $I_D$  بدلالة  $V_{GS}$  من خلال تغيير كل من  $V_2$  من 0 حتى -6V بخطوة -0.5V ورسم التيار في المولد ذي القيمة المعدومة  $V_3$ ، استنتج قيمة كل من  $I_{DSS}$  و  $V_{P}$  ( $V_{GS(0)}$ ).

## 2- تطبيقات الترانزستور ذي الأثر الحقلّي FET:

سوف نركز في هذه التجربة على استخدامه كمكبر بتشكيلة منبع مشترك.

(1) نقطة العمل الساكنة:

نفذ الدارة المبينة في الشكل (2):

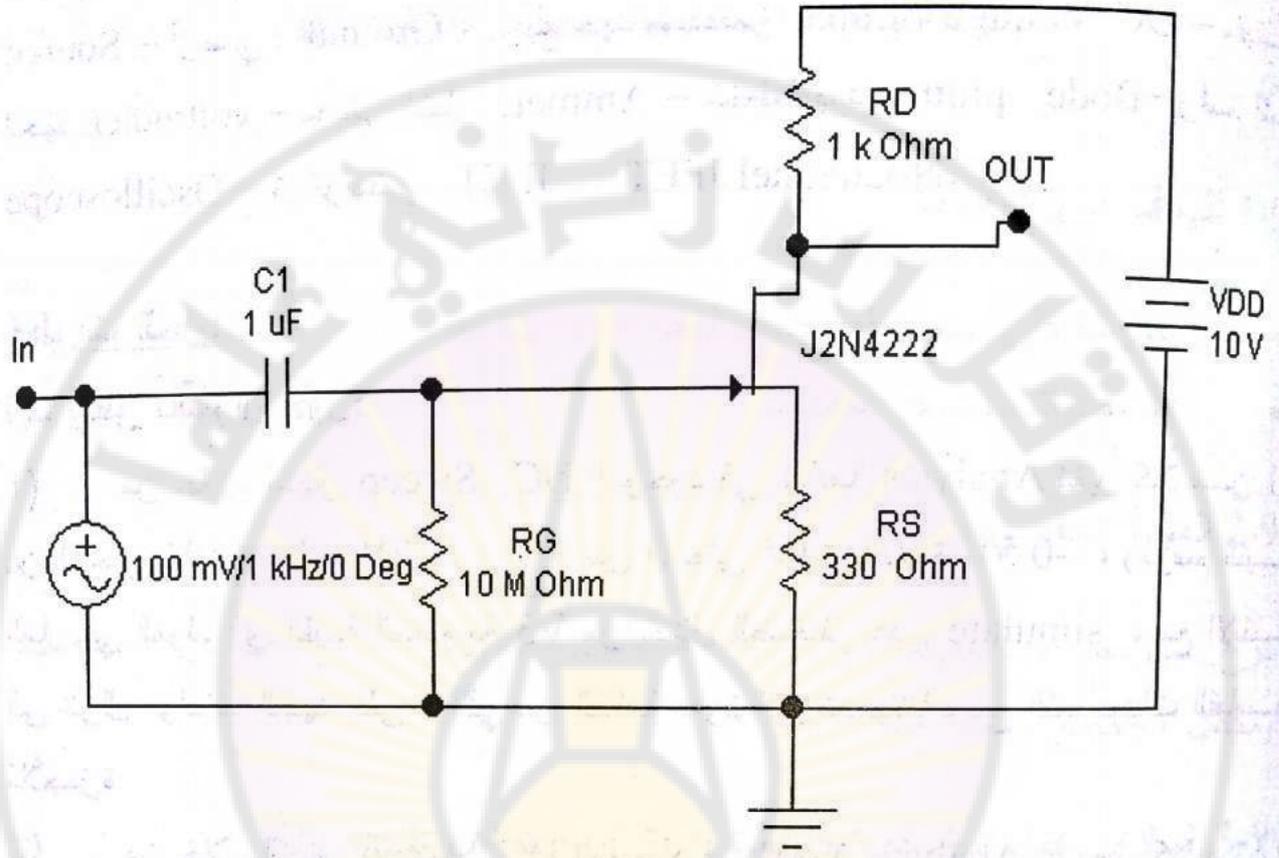


الشكل (2)

- قس نقطة العمل الساكنة  $(I_D, V_{DS})$ .
- قس الجهد  $V_{GS}$  ، ما هي مهمة المقاومة  $R_S$  ؟
- قارن النتيجة التي تحصل عليها مع القيمة النظرية (من أجل حساب نقطة العمل نظرياً ، استخدم قيمة كل من  $I_{DSS}$  و  $V_P$  التي حصلت عليها في الطلاب الأول ) ، وإذا علمت أن علاقة  $g_m$  هي:  $g_m = 2 \sqrt{\frac{I_D \cdot I_{DSS}}{V_P^2}}$  احسب قيمة  $g_m$ .

(2) المضخم في النظام المتناوب:

اضف المكثف  $C1=1\mu F$  ، ومولد جهد متناوب بمطال  $100mV$  ، وتردد  $1kHz$  للدارة السابقة ، كما في الشكل التالي :



الشكل (3)

- ارسم الإشارات عند الدخل ، والخرج ، ما هي قيمة التضخيم ؟
- احسب التضخيم نظرياً ، وقارنه مع القيمة المقاسة عملياً (ملاحظة عند حساب التضخيم نظرياً استخدم قيمة  $g_m$  التي حصلت عليها في الطلب السابق، اعتبر  $r_d$  كبيرة بشكل كاف).

(3) الدراسة الترددية (الاستجابة الترددية للمكبر JFET):  
 ارسم مخطط بود للدارة السابقة ، حدد عليه تردد القطع السفلي ، احسبه نظرياً ، قارن بين القيمتين.

## العناصر المستخدمة :

مقاومة Resistor - مكثف Capacitor - منبع جهد متناوب AC Voltage  
Source - أرضي Ground - منبع جهد مستمر DC Voltage Source - مقياس  
الجهد voltmeter - مقياس التيار Ammeter - مخطط بود Bode plotter - راسم إشارة  
Oscilloscope - ترانزستور JFET - N-Channel JFET.

## خطوات الحل:

### فيما يتعلق بالسؤال الأول:

(1) من خلال الخيار DC Sweep الموجود في القائمة Analysis نغير كلاً من V1 من 0 حتى 10V بخطوة 2V ، و V2 من 0 حتى 4V بخطوة 0.5V ، ونرسم التيار المار في المولد ذي القيمة المعدومة V3 من خلال الضغط على simulate ، مع الانتباه إلى إنزال مولدات الجهد على التتالي من القائمة ، وتوافق تسمياتنا مع التسميات القياسية للأجهزة.

(2) من خلال الخيار DC Sweep الموجود في القائمة Analysis ، نغير كلاً من V2 من 0 حتى 6V بخطوة 0.5V ونرسم التيار في المولد ذي القيمة المعدومة V3 ، من خلال الضغط على simulate مع الانتباه إلى إنزال مولدات الجهد على التتالي من القائمة ، وتوافق تسمياتنا مع التسميات القياسية للأجهزة ونستنتج قيمة كل من  $V_{GS(off)}$  و  $V_P$  و  $I_{DSS}$ .

### فيما يتعلق بالسؤال الثاني:

- 1) نستخدم مقياس الفولت والأمبير لقياس إحداثيات نقطة العمل ، مع الانتباه لوضع المقاومة الداخلية لمقياس الجهد أكبر من عشرة ميغا أوم ، ثم نتأكد من القيم نظرياً.
- 2) نرسم إشارة الدخل ، والخرج باستخدام راسم الإشارة ، ثم نحسب نسبة إشارة الخرج على الدخل لحساب التضخيم ثم نتأكد من قيمته نظرياً بعد رسم الدارة المكافئة من الناحية المتناوبة
- 3) من خلال مخطط بود نرسم منحنى بود للدارة ، ونستنتج تردد القطع السفلي للدارة ، ثم نتأكد من الجواب نظرياً باستخدام علاقة تردد القطع .

## ❖ التجربة التاسعة :

### مضخمات العمليات

### (OP-AMP) Operational Amplifier

#### 1-9 الهدف من التجربة:

- التعرف على مبدأ عمل مضخم العمليات واستخداماته.
- أهم تطبيقات مضخم العمليات .

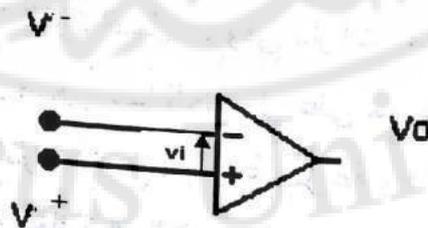
#### 2-9 المبدأ النظري:

شرح عمل مضخم العمليات ، واستخداماته الأساسية كعاكس ، وغير عاكس ، وكفاضل ومكامل ، وجامع ، وطراح.

#### 3-9 مبادئ عمل مضخم العمليات Operational Amplifier:

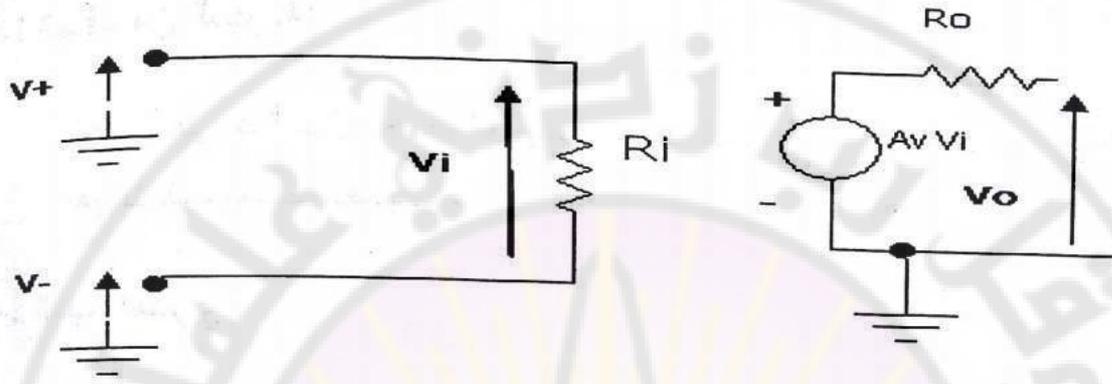
يُعدّ مضخم العمليات دائرة متكاملة ؛ لأن الدارة المتكاملة تحتوي على عدد كبير من الترانزستورات ، والمقاومات ، والمكثفات المدمجة في غلاف واحد. يتميز مضخم العمليات بدخلين (  $V^+$  ،  $V^-$  ) وخرج وحيد  $V_o$  ، ومن خواص هذه المداخل أن مقاومتها عالية جداً ، والخرج ناتج عن تضخيم إشارة الفرق بين المدخلين ؛ لذلك يعبر عن تضخيم المكبر بالعلاقة التالية:

$A_v = V_o / V_i$  ، حيث  $A_v$  كبير جداً ، ونرمز للمضخم بالشكل (1-9):



الشكل (1-9) رمز المضخم

يسمى المدخل الأول المدخل العاكس (-) ؛ لأنه إذا طبقنا إشارة على المدخل العاكس فإن قطبيتها سوف تتعكس عند الخرج . والمدخل الثاني يسمى المدخل غير العاكس (+) ، لأنه إذا طبقنا إشارة على المدخل غير العاكس ، فإن قطبيتها لن تتعكس عند الخرج . يمكن تمثيل المضخم بالدائرة المكافئة التالية:



الشكل (2-9) تمثيل دائرة المضخم

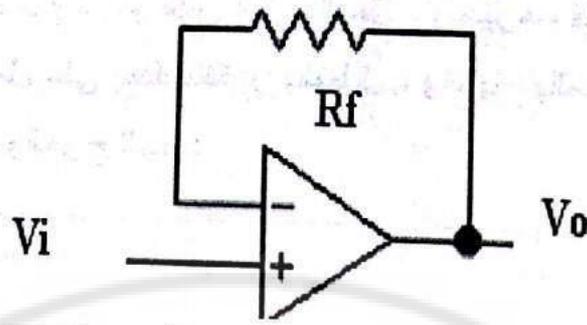
الحالة المثالية للمضخم هي عندما :

$$A_{v_o} = \infty \quad , \quad R_o = 0 \quad , \quad R_i = \infty$$

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{،} \quad V^+ = V^-$$

#### 4-9 التغذية الخلفية لمضخم العمليات (Feedback) :

التغذية الخلفية عبارة عن أخذ كل أو جزء من إشارة الخرج ، وإعادتها للدخل . وهناك نوعان من التغذية الخلفية ، تغذية خلفية سالبة تؤدي لتناقص إشارة الدخل ، وأخرى تغذية خلفية موجبة تؤدي لزيادة إشارة الدخل . وفي دارات مضخم العمليات نستخدم التغذية الخلفية السالبة ، حيث يكفي دخل صغير جداً للحصول على خرج كبير من المكبر ؛ لذا فإن التغذية الخلفية الموجبة ستدفع إشارة الخرج للإشباع بسرعة وهذا لن يكون ذا فائدة للمضخم . والشكل (3-9) يعبر عن التغذية الخلفية السالبة :

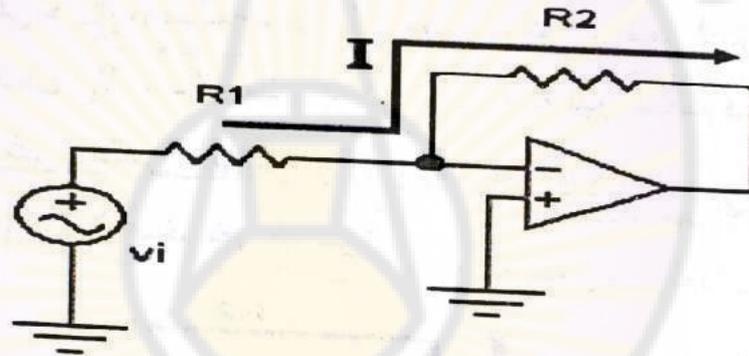


الشكل (3-9) التغذية الخلفية السالبة (OP- Amp)

5-9 تطبيقات مضخم العمليات الخطية:

1-5-9 المضخم العاكس Inverting Amplifier

يمثل الشكل (4-9) دائرة المضخم العاكس:



الشكل (4-9)

بما أن تيار الدخل للمضخم معدوم ، أي :  $i^+ = i^- = 0$  ،  $V^+ = V^-$  ،

نجد من الشكل أن :

$$I = (V^- - V_i) / R_1 = (V_o - V^-) / R_2$$

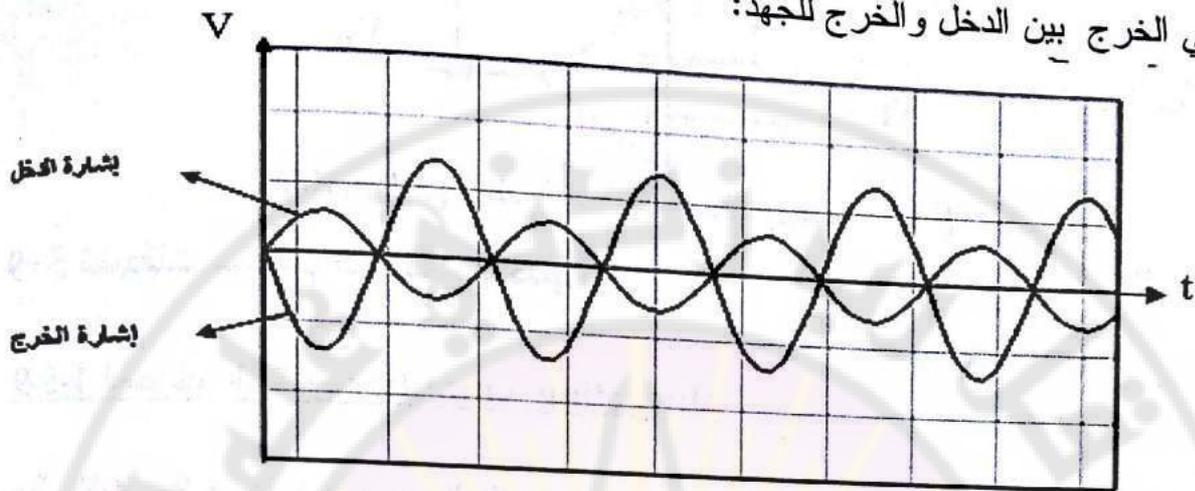
$$V^+ = V^- = 0$$

$$(0 - V_i) / R_1 = (V_o - 0) / R_2$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

وفي حال  $R_1 = R_2$  فإن  $V_o = -V_i$

ومنه نجد أن عمل هذه الدارة هو عكس إشارة الدخل ، وتكبيرها ، فإذا كان الدخل عبارة عن إشارة جيبية فإنها ستعمل على إحداث تكبير بالمطال ، وانزياح بالصفحة بمقدار 180 درجة في الخرج بين الدخل والخرج للجهد:

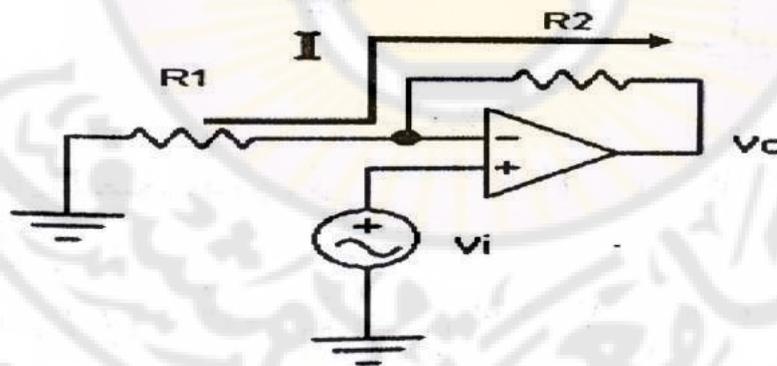


الشكل (5-9)

ومن جهة أخرى في حال  $R_2$  ممانعة حمل ما ، يمكن التحكم في قيمة التيار المار فيها بالتحكم في جهد الدخل  $V_i$  ؛ لذلك يمكن عدّ هذه الدارة منبع تيار متحكم فيه بالجهد.

### 2-5-9 المضخم غير العاكس Non Inverting Amplifier:

يمثل الشكل (6-9) دارة المضخم غير العاكس:



الشكل (6-9)

بما أن تيار الدخل للمضخم معدوم أي:  $i^+ = i^- = 0$  ،  $V^+ = V^-$  نجد من الشكل أن:

$$I = (V^- - 0) / R_1 = (V_o - V^-) / R_2$$

$$V^+ = V^- = V_i$$

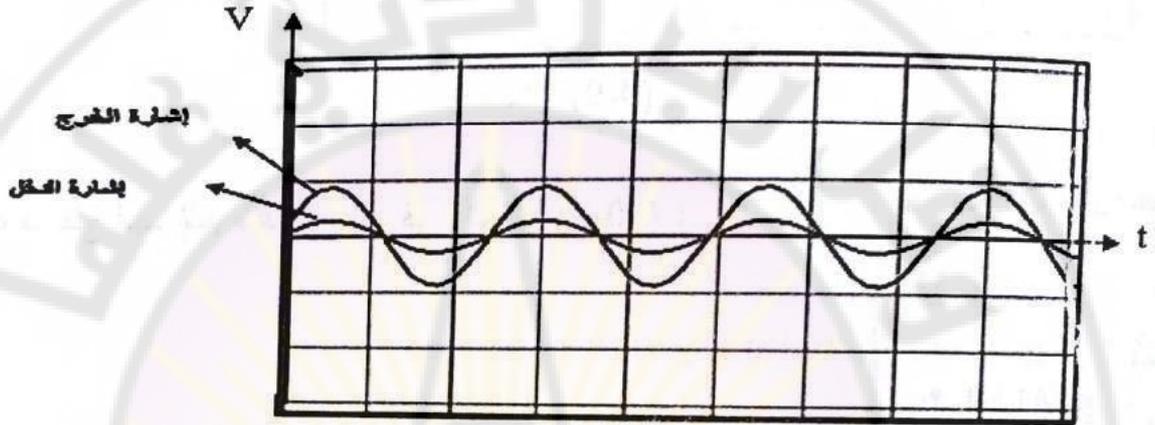
$$(V_i - 0) / R_1 = (V_o - V_i) / R_2$$

$$\frac{V_o}{R_2} = \frac{V_i}{R_1} + \frac{V_i}{R_2}$$

$$\frac{V_o}{R_2} = V_i \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

ومنه نجد أن عمل هذه الدارة هو تكبير إشارة الدخل دون عكسها. وتسمى أيضاً منبع جهد مقود بالجهد، حيث يتم التحكم بجهد الخرج عن طريق تغيير جهد الدخل:

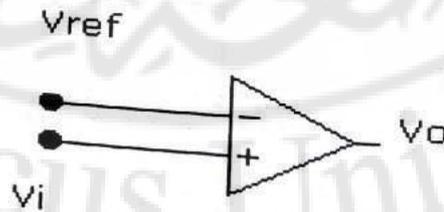


الشكل (7-9)

### 3-5-9 المضخم المقارن Comparator Amplifier :

الهدف من المضخم المقارن هو مقارنة الجهد على المدخلين ، والحصول على إشارة تدل على أكبر الجهدين.

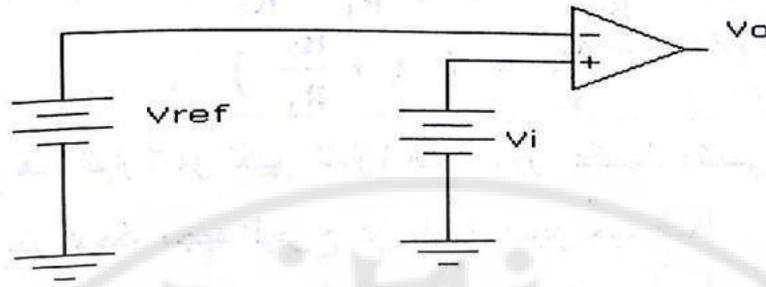
أي يقوم المضخم بمقارنة جهد الدخل مع الجهد المطبق على المدخل العاكس (نسميه الجهد المرجع  $V_{ref}$ ) ويوجد الفرق بينهما ، ويقوم بتكبيره بنسبة التكبير. فإذا كان جهد الدخل أكبر من الجهد المرجعي تكون إشارة الخرج موجبة ، وإذا كان جهد الدخل أصغر من الجهد المرجعي تكون إشارة الخرج سالبة :



الشكل (8-9)

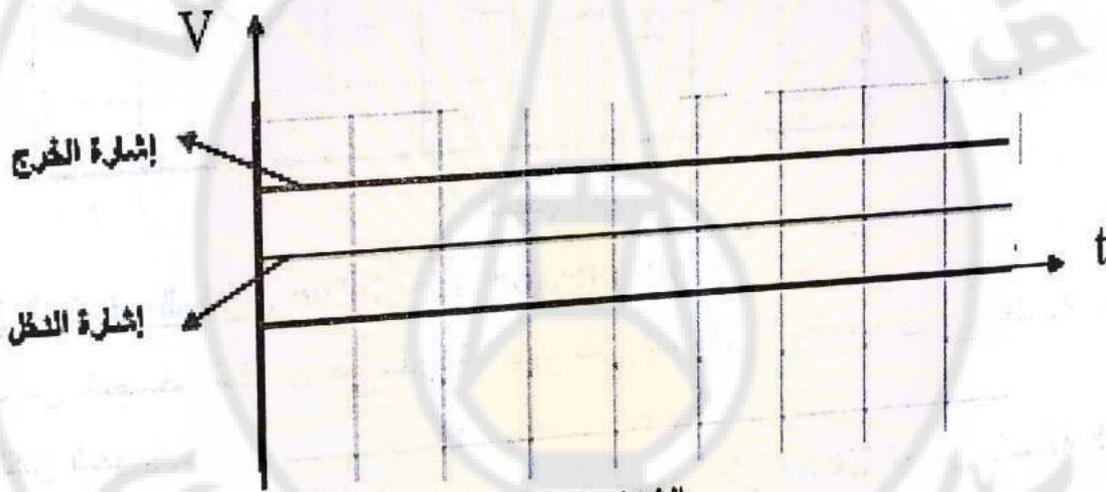
نلاحظ في هذا التطبيق أنه لا يتم استخدام التغذية الخلفية .

نطبق على كل من مدخل جهد الدخل ، ومدخل الجهد المرجعي إشارة مستمرة كما الدارة في الشكل (9-9):



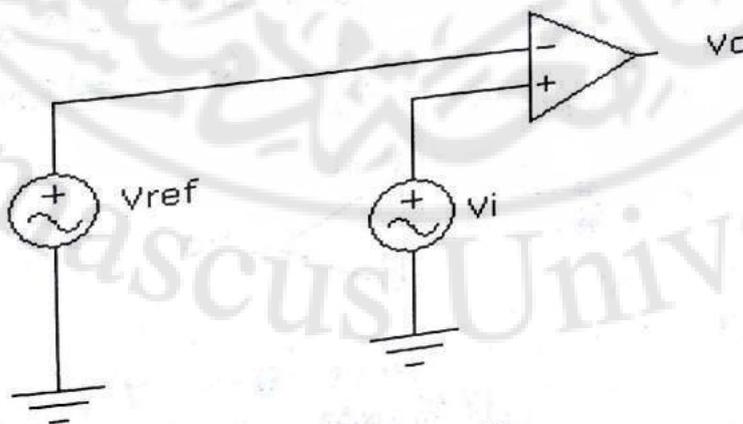
الشكل (9-9)

عندما ينتج لدينا إشارة الخرج كما في الشكل (10-9) :

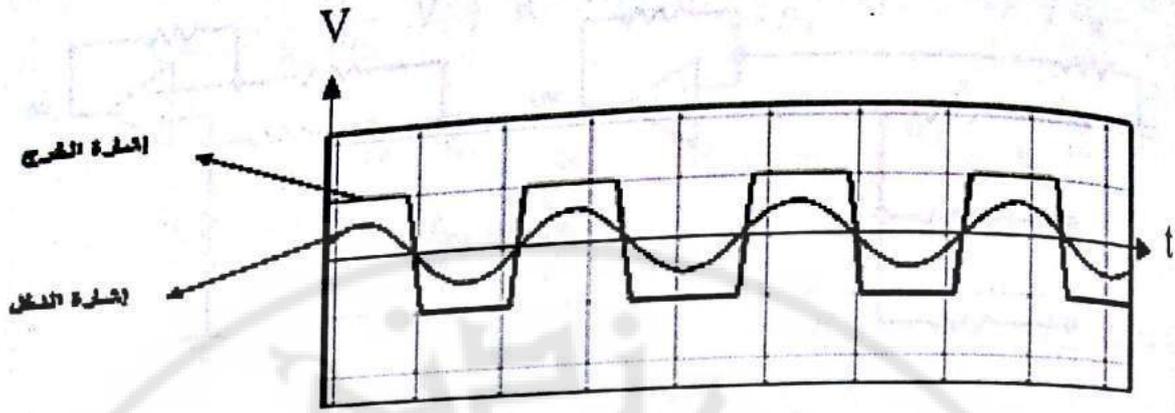


الشكل (10-9)

نطبق على كل من مدخل جهد الدخل ، ومدخل الجهد المرجعي إشارة متناوبة .



الشكل (11-9)

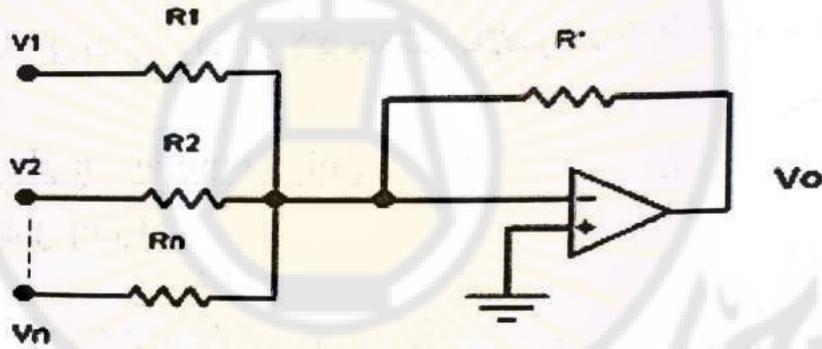


الشكل (9-12)

نلاحظ أن الدارة تولد إشارة مربعة من إشارة جيبية.

### 5-5-9 المضخم الجامع Summing Amplifier :

يقوم المكبر الجامع بجمع الجهود الموجودة على الدخل :



الشكل (9-13) دائرة مكبر جامع عاكس

$$\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{R_i} = - \frac{V_o}{R'}$$

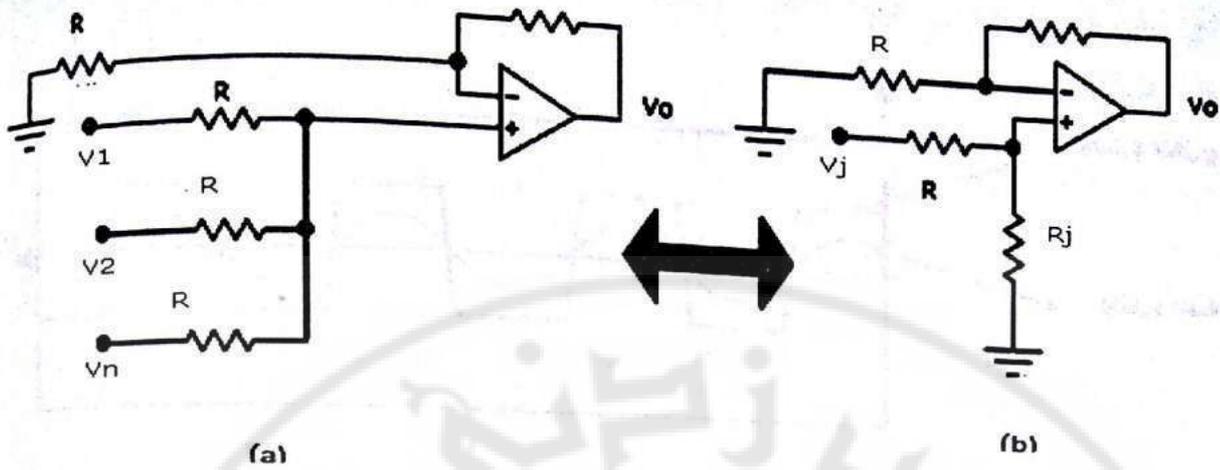
نكتب علاقة المضخم العاكس :

وإذا كانت المقاومات جميعها  $R_i$  متساوية وتساوي  $R$  عندها يكون :

$$V_o = - \frac{R'}{R} (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n)$$

تبين هذه المعادلة أن إشارة جهد الخرج هي تابع لمجموع جهود إشارات الدخل بعلاقة خطية (مع قلب في الطور).

وللتخلص من قلب طور الناتج فيمكن اعتماد الدارة التالية :



الشكل (14-9)

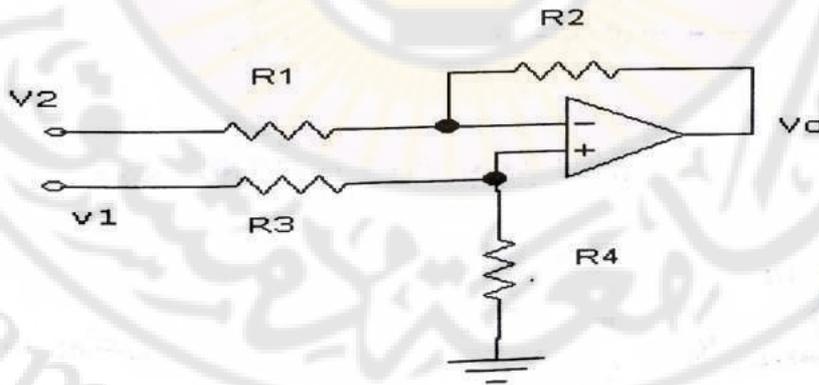
وبالبرهان نجد:

$$V_o = \left(1 + \frac{R'}{R}\right) \frac{1}{n} \sum_j V_j$$

نلاحظ أن الجمع يجري بإشارة زائد ، ولا يوجد قلب بالإشارة .

### 6-5-9 المضخم الطارح Sub Amplifier

لنأخذ الدارة في الشكل (15-9) :



الشكل (15-9)

وحسب علاقة مجزئ الجهد نجد :

$$V_+ = \frac{R_4}{R_4 + R_3} V_1$$

بما أن تيارات الدخل للمضخم معدومة نجد :  $(V_o - V_-) R_1 = (V_- - V_2) R_2$

وبما أن  $V^+ = V^-$  نجد :

$$(V_o - \frac{R_4}{R_4 + R_3} V_1) R_1 = (\frac{R_4}{R_4 + R_3} V_1 - V_2) R_2$$

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} (\frac{R_4}{R_4 + R_3} V_1 - V_2) + \frac{R_4}{R_4 + R_3} V_1$$

إذا كان:  $R_2 = R_4$  ،  $R_1 = R_3$

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} (V_1 - V_2)$$

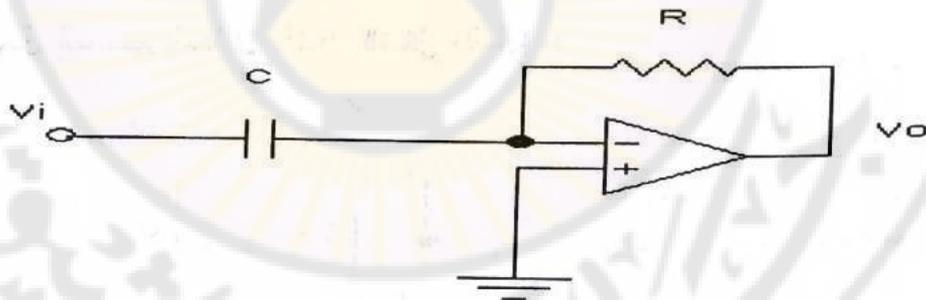
نلاحظ أن جهد الخرج هو تضخيم الفرق بين إشارتي الدخل .

### 7-5-9 المضخم المفاضل Differentiator Amplifier :

المفاضل دائرة كهربائية تقوم بإيجاد معدل تغير إشارة ما؛ أي أن إشارة خرج هي مشتق إشارة الدخل.

فإذا أخذنا دائرة المضخم العاكس، واستعضنا عن المقاومة  $R_1$  بمكثف  $C$  نحصل على المضخم التفاضلي .

عندها يمثل المضخم التفاضلي بالشكل التالي:



الشكل (9-16)

$$\frac{V_o}{V_i} = - \frac{R_2}{R_1}$$

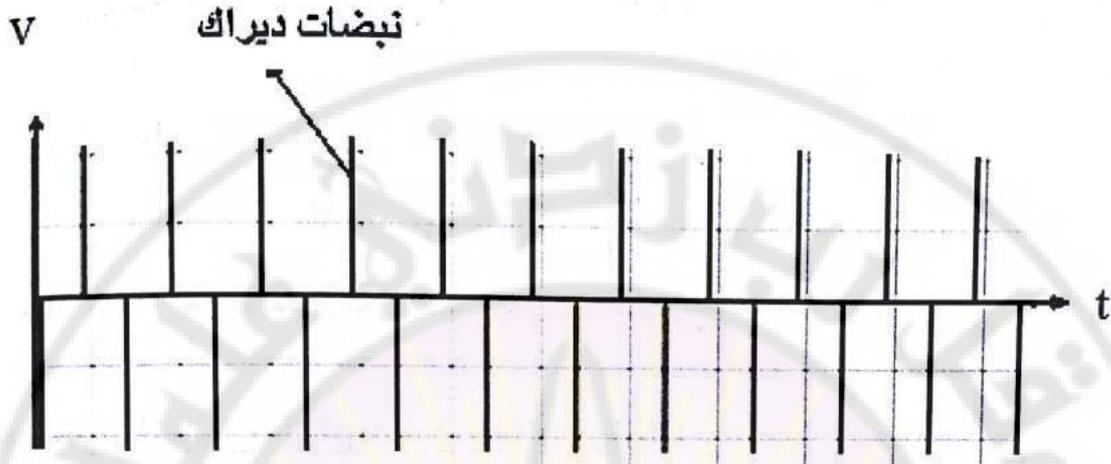
وبالمقارنة مع دائرة المفاضل نجد:

$$V_o = -R (j \omega c V_i)$$

حيث الضرب بـ  $(j \omega)$  يكافئ التفاضل (الإشتقاق):

$$V_o = -R c \frac{d V_i}{dt}$$

نلاحظ أن جهد الخرج هو تفاضل جهد الدخل .  
 فمثلاً: إذا طبقنا إشارة مربعة على الدخل ، نجد أن الخرج مجموعة نبضات ديراك  
 Dirac؛ لأن تفاضل الإشارة المربعة هو نبضة ديراك:

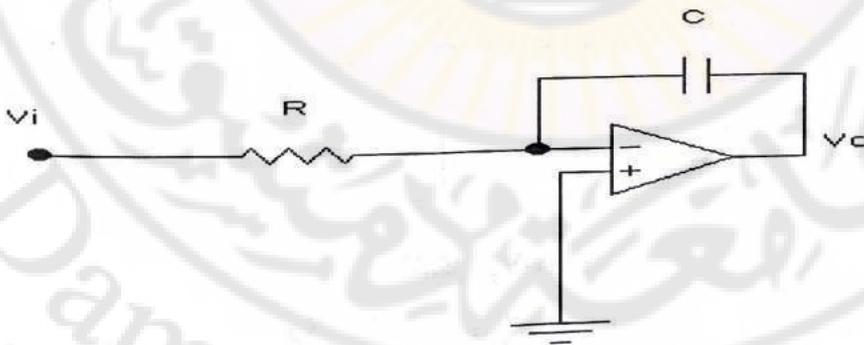


الشكل (17-9)

### 8-5-9 المضخم المكامل Integrator Amplifier :

يعطي إشارة خرج تمثل تكامل إشارة الدخل.  
 إذا أخذنا دائرة المضخم العاكس ، واستعضنا عن المقاومة  $R_2$  بمكثف  $C$  نحصل على  
 المضخم المكامل.

عندها يمثل المضخم المكامل بالشكل الشكل (18-9):



الشكل (18-9)

$$\frac{V_o}{V_i} = - \frac{R_2}{R_1}$$

بما أن المضخم عاكس ؛ فإن:  
 وبالمقارنة مع دائرة المكامل نجد:

$$V_o = - \left( \frac{1}{j \omega cR} V_i \right)$$

حيث التقسيم على  $(j\omega)$  يكافئ التكامل.

$$V_o = -\frac{1}{Rc} \int V_i dt$$

نلاحظ أن جهد الخرج هو تكامل جهد الدخل .

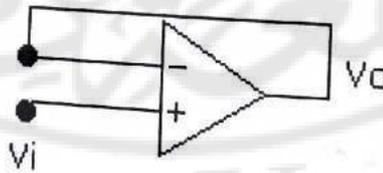
فمثلاً: إذا طبقنا إشارة مربعة على الدخل ، نجد على الخرج إشارة مثلثية؛ لأن تكامل الإشارة المربعة هو إشارة مثلثية:



الشكل (9-19)

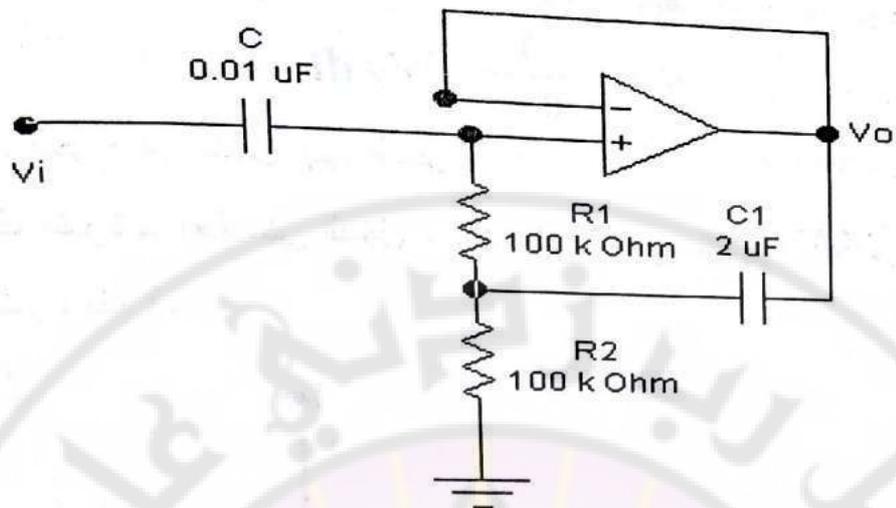
### 9-5-9 المضخم العازل Buffer Amplifier :

يستخدم هذا المضخم لنقل إشارة بين دارتين بحيث لا تؤثر أي من الدارتين على الأخرى، ومنه  $V_i = V_o$  حيث  $V_i$  ترى ممانعة دخل مضخم العمليات كبيرة جداً ؛ فلا تؤثر فيها ، في حين أن  $V_o$  ترى ممانعة خرج مضخم العمليات صغيرة جداً على التسلسل معها، فلا تتأثر بها. يوضح الشكل (9-20) إحدى تشكيلات هذا المضخم :



الشكل (9-20)

وتستخدم التشكيلة التالية لتضخيم الإشارات المتناوبة ، وعزل الإشارات المستمرة ، وإيقافها:



الشكل (21-9)

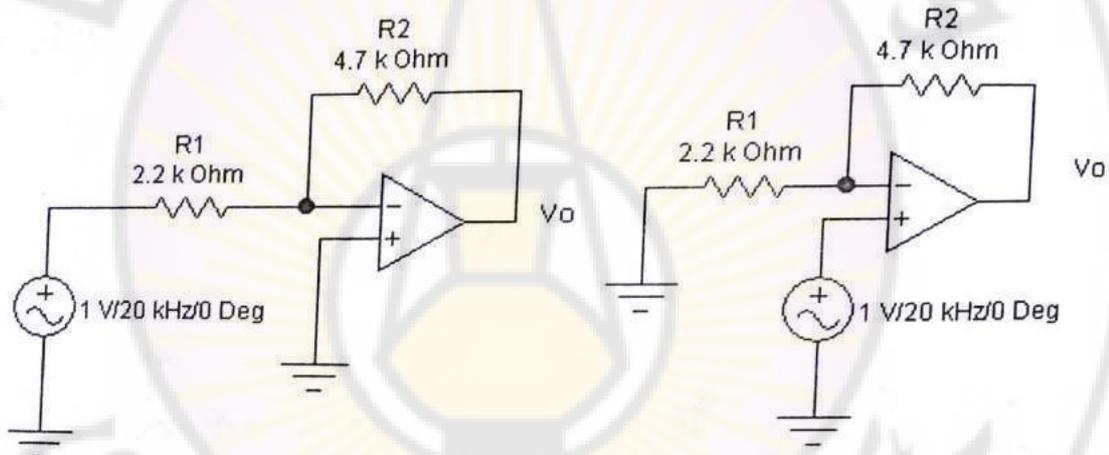
جامعة دمشق  
Damascus University

القسم العملي للتجربة:  
1-9 نص التجربة:

❖ مضخم العمليات Operational Amplifier

1-1-9 نفذ الدارتين التاليتين :

- حدد نوع كل مضخم .
- قس الربح في كليهما ، وقارنه مع القيمة النظرية.
- ارسم أشكال الإشارات عند الدخل ، والخرج .

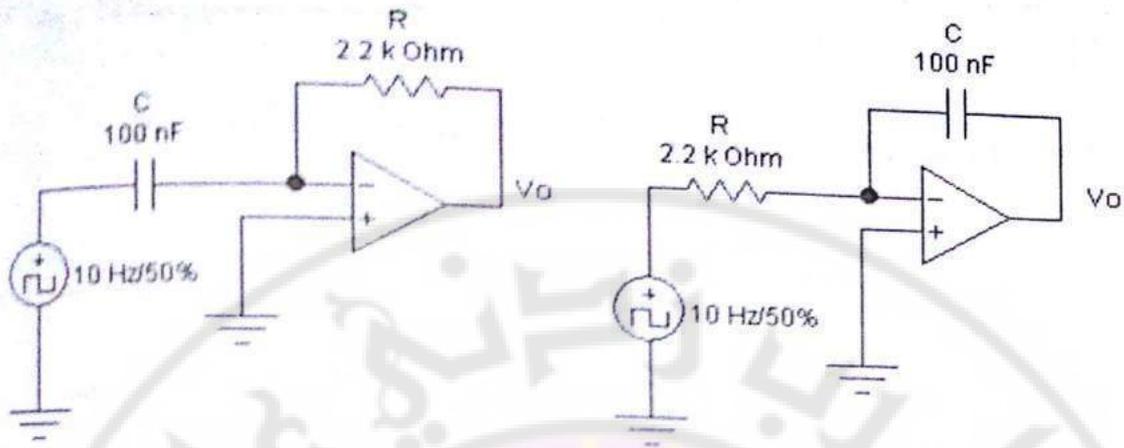


الشكل (1-9)

2-1-9 نفذ الدارتين التاليتين :

- حدد نوع كل مضخم على حدة.
- ماهو تابع التحويل لكل منهما ؟
- ارسم أشكال الإشارات عند الدخل ، والخرج .
- ماهو التردد الذي تصبح عنده القيمة المطلقة للربح مساوية للواحد ؟
- ماهو فرق الصفحة عند هذا التردد وقارن القيمة التي تحصل عليها بالقيمة النظرية ؟

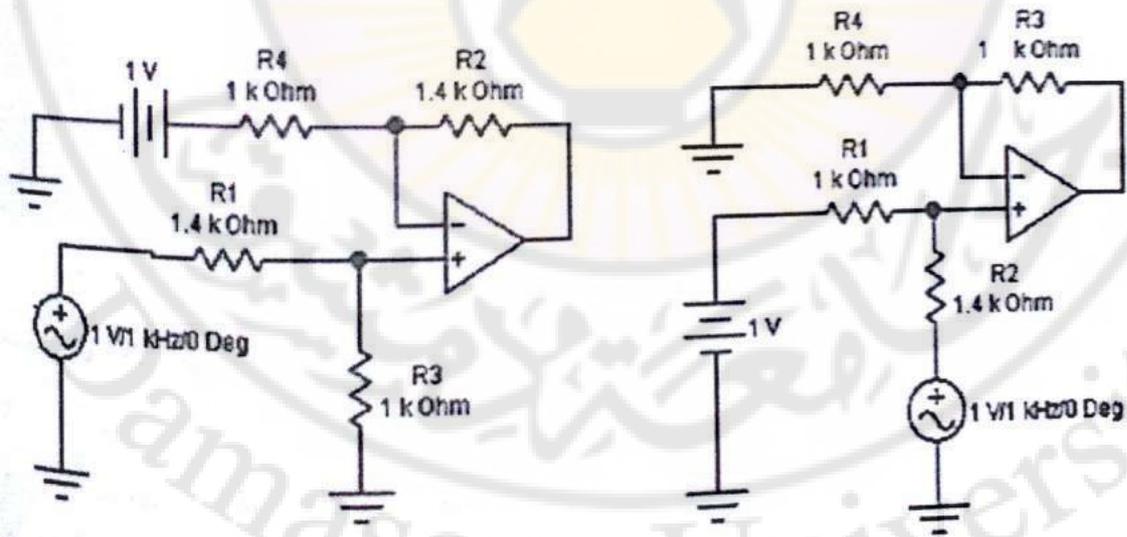
(ملاحظة : نطبق إشارة مربعة على الدخل بقيمة ( 100 mV/10Hz )



الشكل (2-9)

3-1-9 نفذ الدارتين التاليتين :

- حدد نوع كل مضخم على حدة.
- ماهو تابع التحويل لكل منها؟
- ارسم كلاً من إشارة الدخل ، والخرج.



الشكل (3-9)

## 2-9 العناصر المستخدمة:

- 5- مقاومات : وتأخذ من أحد أزرار شريط القطع الأساسية Basic
- 6- مقياس أمبير : ويؤخذ من أحد أزرار شريط المؤشرات Indicators
- 7- مقياس فولت : ويؤخذ من أحد أزرار شريط المؤشرات Indicators
- 8- مكبر عمليات : ويؤخذ من أحد أزرار شريط الدارات التماثلية Analog ICs
- 9- مقياس راسم الإشارة Oscilloscope : ويؤخذ من أحد أزرار شريط الأدوات Instruments
- 10- مولد (تيار مستمر - متناوب - إشارة مربعة ) وتأريض: ويؤخذان من أحد أزرار شريط المصادر Sources

## 3-9 خطوات الحل :

- 1- نرسم الدارتين في السؤال الأول .
  - نقيس كلاً من جهد الخرج ، وجهد الدخل باستخدام مقياس فولت ، ثم نطبق علاقة الربح.
  - نقارن النتيجة بالعلاقات الرياضية النظرية.
  - نرسم كلاً من إشارة الدخل ، والخرج باستخدام راسم الإشارة .
- 2- نرسم الدارتين في السؤال الثاني .
  - نحدد نوع كل من المضخمين .
  - بالحل النظري لكل دائرة نحسب تابع التحويل لكل مضخم .
  - نحسب التردد عندما تكون القيمة المطلقة للربح = 1 .
  - نقارن النتيجة بالعلاقات الرياضية النظرية.
  - نرسم كلاً من إشارة الدخل والخرج باستخدام راسم الإشارة .
- 3- نرسم الدارتين في السؤال الثالث .
  - نحدد نوع كل من المضخمين .
  - بالحل النظري لكل دائرة نحسب تابع التحويل لكل مضخم .
  - نرسم كلاً من إشارة الدخل ، والخرج باستخدام راسم الإشارة .



## ❖ التجربة العاشرة : المرشحات (Filters)

### 1-10 الهدف من التجربة:

- التعرف إلى المرشحات ، وميادين استعمالها ، ومكوناتها ، وأنواعها .
- دراسة الاستجابة الترددية للمرشحات المثالية.

### 2-10 المبدأ النظري:

- تعرف أنواع المرشحات (سلبية - نشطة فاعلة).
- بيان الفرق بين المرشحات المثالية والعملية .
- التعرف إلى منحنيات الاستجابة الترددية للمرشحات المثالية بأنواعها الخمسة:  
(APF), (HPF), (LPF) ، (BPF), (BSF)

### 3-10 المرشحات:

تستعمل المرشحات في ميادين الاتصالات جميعها ، وتقوم بتمرير نطاق ترددي ، وتمنع مرور آخر ، أي أنها تستطيع فصل الإشارة المرغوب بها عن الإشارة غير المرغوب بها. سنتعرف إلى بعض أنواع المرشحات واستخداماتها .

### 1-3-10 المرشحات السلبية (غير الفاعلة) (Passive):

تتكون من مقاومات ، ومكثفات ، وملفات.

### 2-3-10 المرشحات النشطة:

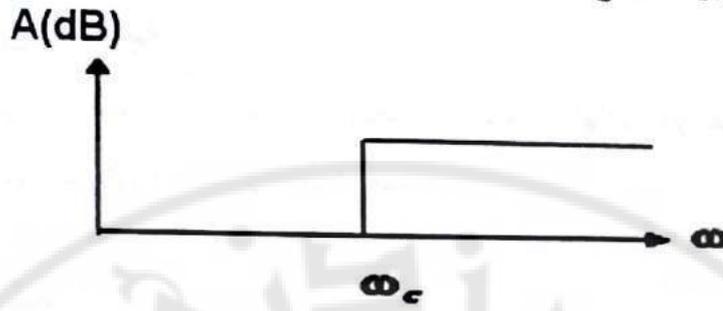
تتكون من مقاومات ، ومكثفات ، ومكبرات عمليات.

### 4-10 أنواع المرشحات السلبية في الدارات الكهربائية :

هناك خمسة أنواع رئيسة للمرشحات :

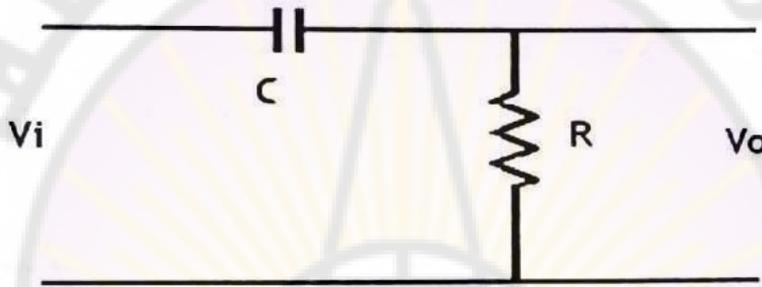
### 1-4-10 مرشح التمرير المرتفع High Pass Filter :

يمرر مرشح التمرير المرتفع الترددات العالية ويحجب بقية الترددات كما في الشكل (1-10):



الشكل (1-10)

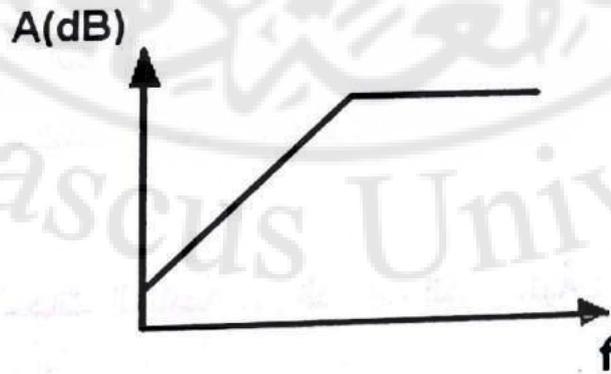
توضح الدارة التالية مرشح تمرير مرتفع (عال):



الشكل (2-10) مرشح تمرير عال

تكون مقاومة المكثف منخفضة عند الترددات العالية ، فيكون جهد الخرج مرتفعاً ، بينما تكون مقاومة المكثف عالية جداً عند الترددات المنخفضة ؛ مما يؤدي إلى جهد خرج منخفض. لذلك يسمح هذا المرشح للترددات العالية بالمرور، بينما لايسمح بمرور للترددات المنخفضة.

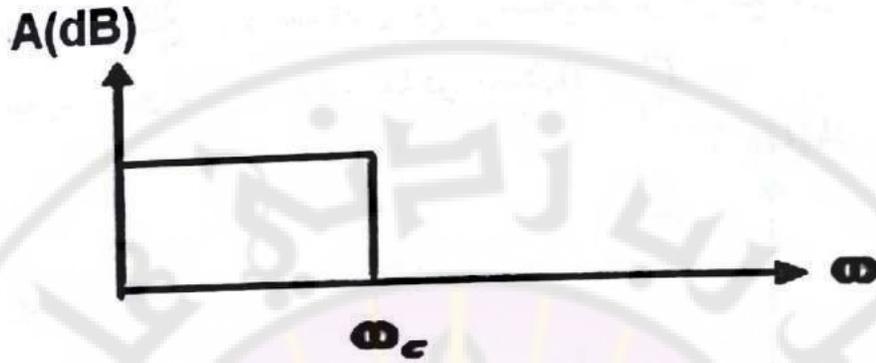
يُمثل مخطط بود لهذا المرشح بالشكل (3-10):



الشكل (3-10) مخطط بود لمرشح التمرير العالي

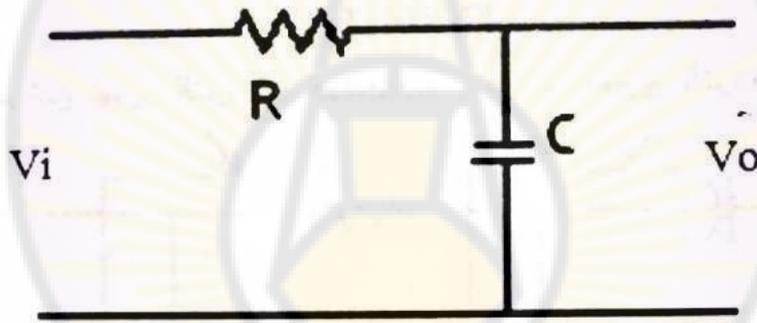
## 2-4-10 مرشح التمرير المنخفض Low Pass Filter.

يمرر مرشح التمرير المنخفض الترددات المنخفضة ، ويحجب بقية الترددات كما في الشكل (4-10):



الشكل (4-10)

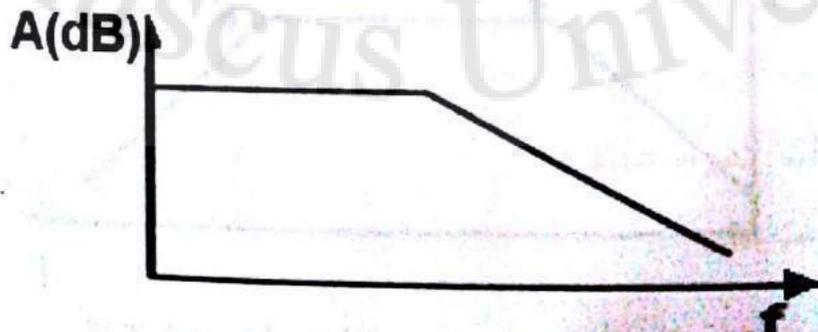
الدائرة في الشكل (5-10) توضح مرشح تمرير منخفض .



الشكل (5-10) مرشح تمرير منخفض

عند الترددات المنخفضة تكون مقاومة المكثف منخفضة ، ومنه يكون جهد الخرج مرتفعاً، بينما عند الترددات العالية تكون مقاومة المكثف عالية جداً، مما يؤدي لجهد خرج منخفض. ومنه هذا النوع من المرشحات يسمح للترددات المنخفضة بالمرور، بينما لا يسمح بمرور الترددات العالية .

يمثل مخطط بود لهذا المرشح بالشكل (6-10):

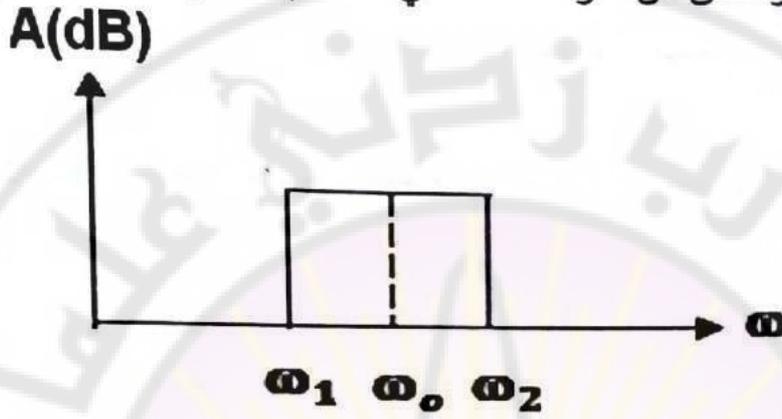


الشكل (6-10) مخطط بود لمرشح التمرير المنخفض

### 3-4-10 مرشح تمرير حزمة Band Pass filter :

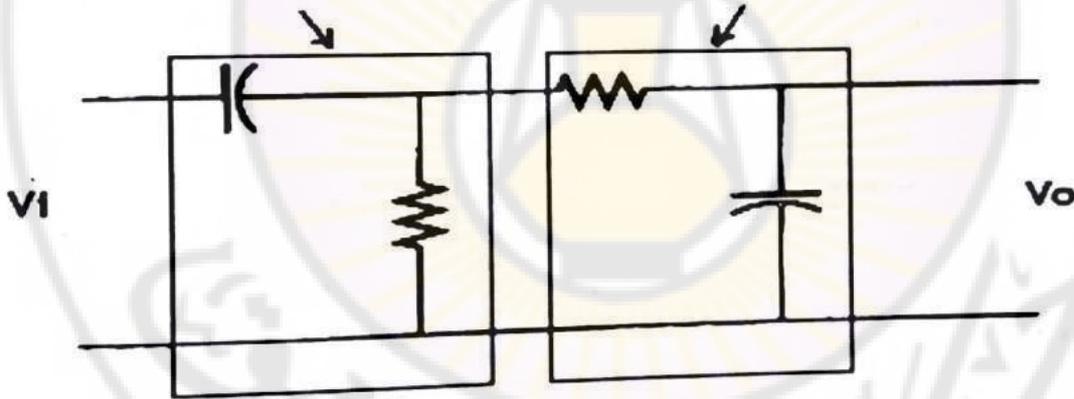
يتميز مرشح تمرير الحزمة بتمرير الحزمة بتمرير حزمة من الترددات فقط، ويحجب الترددات الواقعة أعلى هذه الحزمة وأسفلها.

ونحصل عليه بوصل مرشح تمرير منخفض مع مرشح تمرير مرتفع عالٍ، والنتيجة أن هذا المرشح يسمح بتمرير نطاق من الترددات كما في الشكل (7-10).



الشكل (7-10)

مرشح تمرير الترددات المنخفضة      مرشح تمرير الترددات المرتفعة



الشكل (8-10)

يمثل مخطط بود للربح لهذا المرشح بالشكل (9-10):

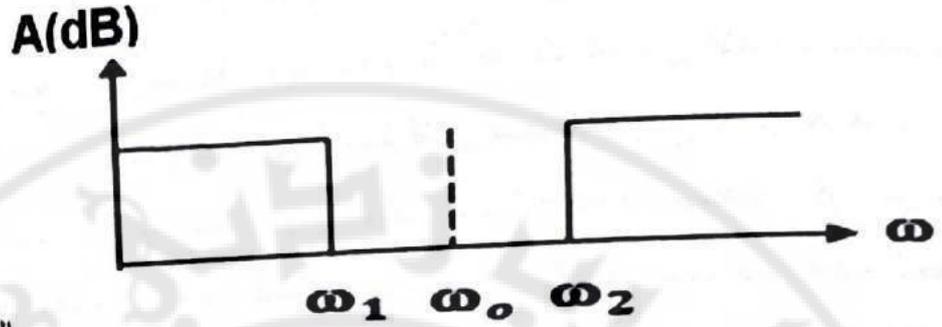
مرشح تمرير الترددات المنخفضة



الشكل (9-10) مخطط بود لمرشح تمرير الحزمة

#### 10-4-4 مرشح حذف حزمة Band Stop filter .

يتميز مرشح حذف حزمة بحجب حزمة من الترددات ، وتمرير ما تبقى منها كما في الشكل:



الشكل (10-10)

#### 10-4-5 مرشح تمرير جميع الترددات All Pass Filter .

يمرر جميع الترددات ولا يحجب أي منها .

#### 10-5 تردد القطع Cut off Frequency :

هو التردد الذي يبدأ عنده المرشح بعمله .

فمثلاً تردد القطع لمرشح التمرير المنخفض ، هو ذلك التردد الذي يبدأ بعده المرشح بمنع الترددات من المرور .

ويمكن حساب تردد القطع للمرشحات كافةً بالقانون التالي :

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC}$$

حيث  $\pi = 3.14159$

$R$  = قيمة المقاومة بالأوم

$C$  = سعة المكثف بالفاراد

#### 10-6 استخدامات المرشحات :

استخدامات المرشحات كثيرة :

يستخدم جهاز الاستقبال الراديوي مرشح تمرير حزمة حيث يمكننا اختيار إذاعة معينة للاستماع إليها.

جهاز التسجيل يسمح به تغيير الصوت من عالي الطبقة أو عميق النغمة أو أي مجال وسط بين الاثنين حسب نوع المرشح المستخدم ، فعندما نستمع إلى الصوت في وضع عالي الطبقة فنستخدم مرشح تمرير مرتفع ، وإذا حولنا إلى صوت عميق النغمة نستخدم مرشح تمرير منخفض ، أما إذا وضع الزر في الوسط فنحن نستخدم مرشح تمرير حزمة .

لتحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر ، نستخدم مرشح تمرير منخفض مكون من مكثفين على التوازي بينهما مقاومة أو ملف للتخلص من الترددات العالية المصاحبة لعملية التحويل . لإرسال أكثر من موجة على خط واحد ، فإننا نستخلص كل موجة على حدة في الاستقبال بواسطة مرشح تمرير حزمة خاص لكل موجة .

يمكن استنتاج نوع المرشح من تسلسل العناصر الإلكترونية في الدارة الكهربائية كالتالي :

- وجود المكثفات على التسلسل يعني أننا نسمح بمرور الترددات العالية ، ونمنع الترددات المنخفضة ، وذلك لأن ممانعة المكثفات للترددات تتخفض عند الترددات العالية ، والعكس بالنسبة للترددات المنخفضة .

- وجود الملفات على التسلسل يعني أننا نسمح بمرور الترددات المنخفضة ، ونمنع الترددات العالية عكس الحالة السابقة ، وذلك لأن ممانعة الملفات للترددات تزداد بزيادة التردد .

- وجود المكثفات على التوازي يعني أننا نتخلص من الترددات العالية ونمرر الترددات المنخفضة .

- وجود الملفات على التوازي يعني أننا نتخلص من الترددات المنخفضة ، ونمرر الترددات العالية .

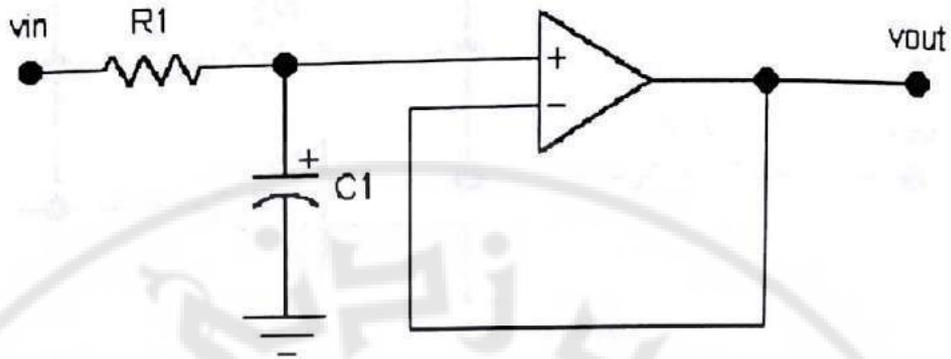
ومن هنا يمكن أن نستنتج أن الدارات التي تحوي ملفات على التسلسل تكافئ الدارة التي تحوي مكثفات على التوازي وبالعكس.

## 7-10 استجابة المرشحات الفاعلة (النشطة) (Active Filter Response):

تتكون من مقاومات ، ومكثفات ، ومكبرات عمليات.

سندرس المرشحات من الدرجة الأولى ، وتحوي هذه المرشحات مكثفاً واحداً فقط ، فهو إما أن يكون مرشح تمرير منخفض أو مرتفع.

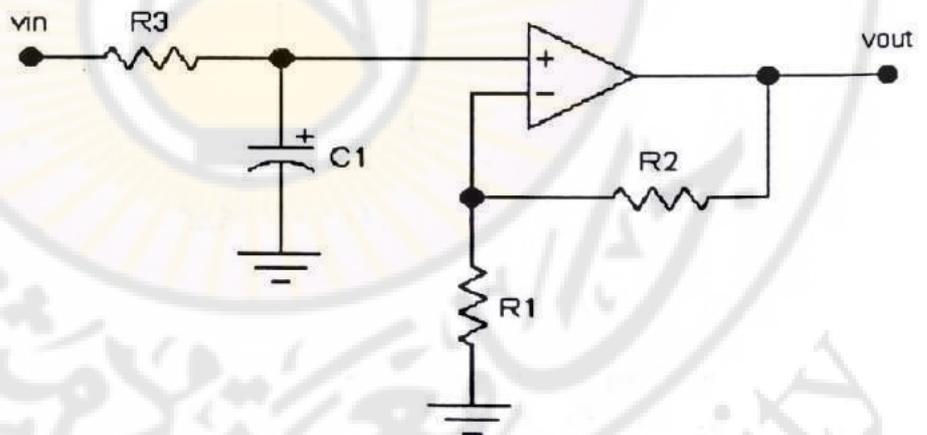
1-7-10 مرشح تمرير الترددات المنخفضة Low Pass Filter:



الشكل (10-11)

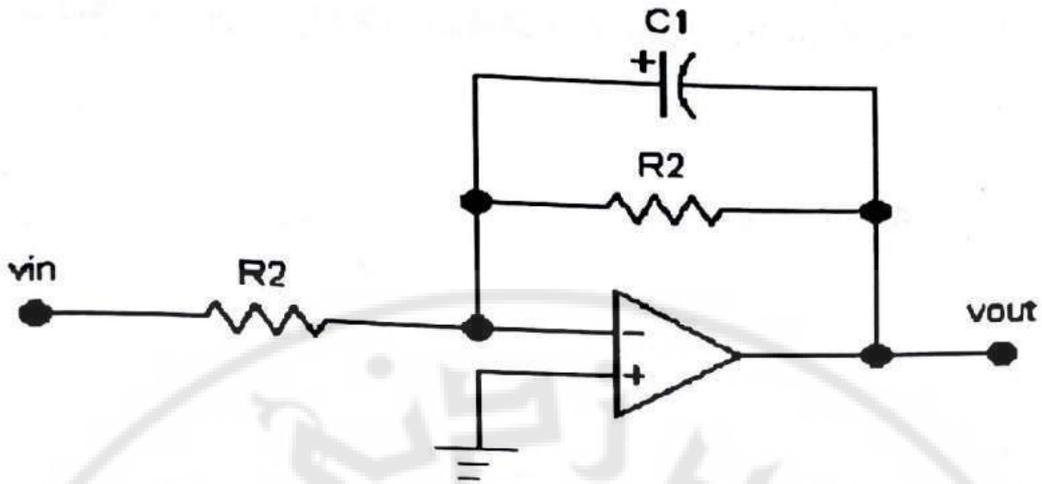
حيث يمثل الشكل (10-11) مرشح تمرير ترددات منخفضة نشطاً من الدرجة الأولى غير عاكس.

يمثل الشكل (10-12) مرشح تمرير منخفض نشط من الدرجة الأولى باستخدام مكبر غير عاكس بشكيلة أخرى:



الشكل (10-12)

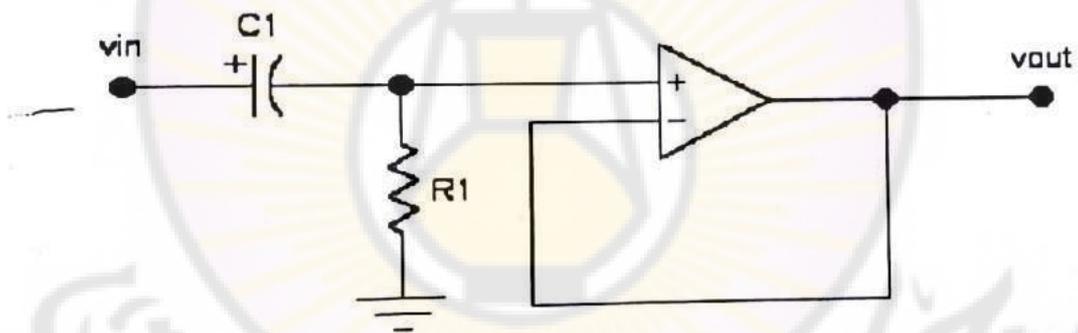
أما الشكل (10-13) فنرى مرشح تمرير منخفض نشط من الدرجة الأولى باستخدام مكبر عاكس.



الشكل (10-13)

2-7-10 مرشح تمرير الترددات العالية High Pass Filter :

يمثل الشكل (10-14) مرشح تمرير ترددات عالية نشط من الدرجة الأولى باستخدام مكبر غير عاكس :



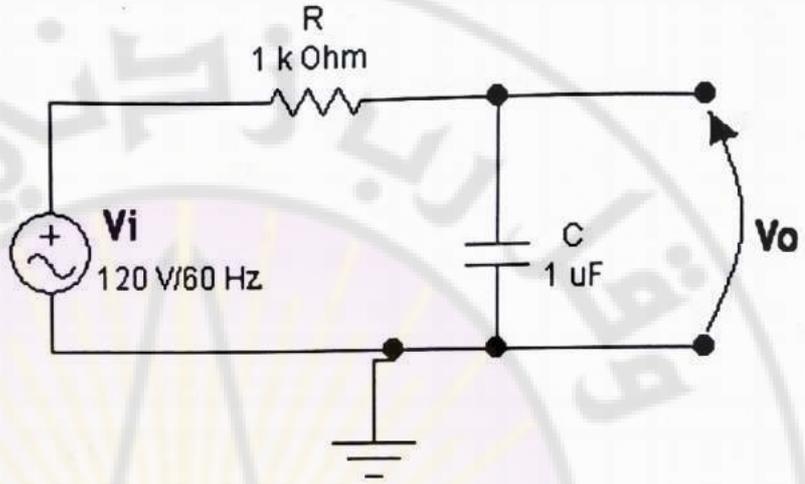
الشكل (10-14)

القسم العملي للتجربة:

نص التجربة:

السؤال الأول:

لنكن لدينا الدارة التالية المبينة في الشكل (1):

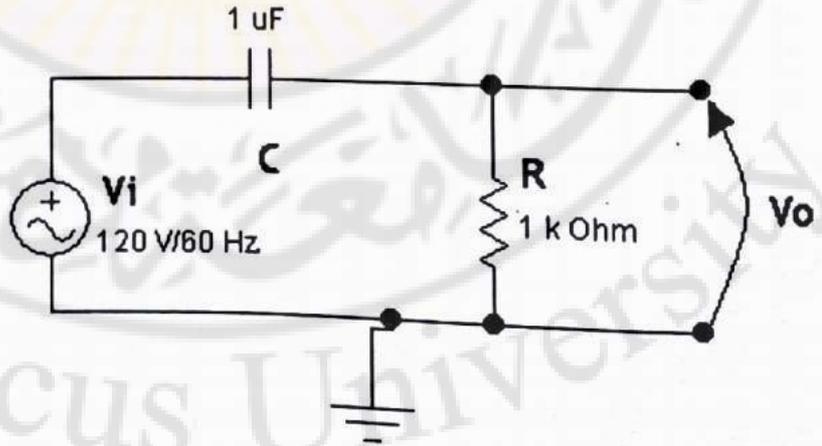


الشكل (1)

- حدد تردد القطع للدارة التالية من خلال مخطط بود ، ثم قارنه بالقيمة النظرية .
- ماذا تمثل هذه الدارة؟

السؤال الثاني :

نقوم بالتبديل بين المقاومة ، والمكثف في الدارة السابقة لنحصل على الدارة التالية :

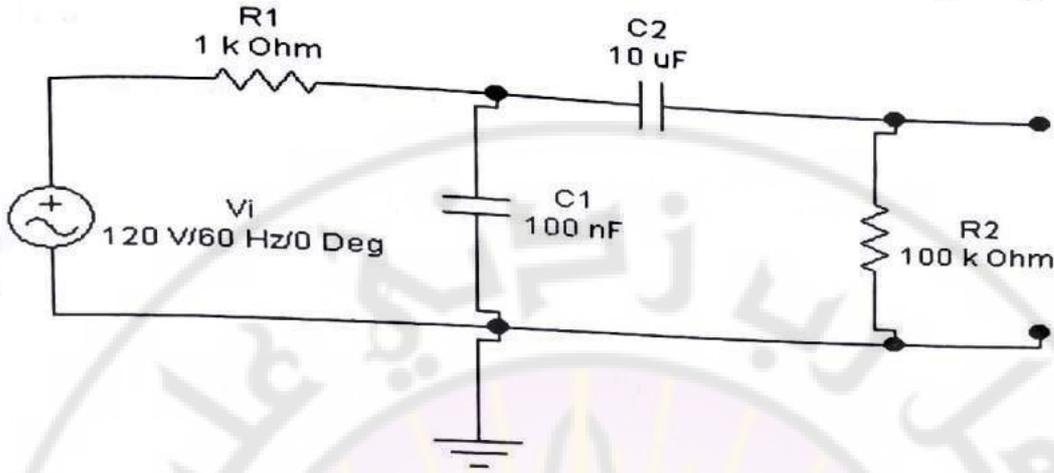


الشكل (2)

- ارسم منحنى بود للدارة بفرض أن جهد الخرج  $V_R$  .
- ماذا تمثل الدارة ، ولماذا؟

### السؤال الثالث :

لتكن لدينا الدارة التالية:

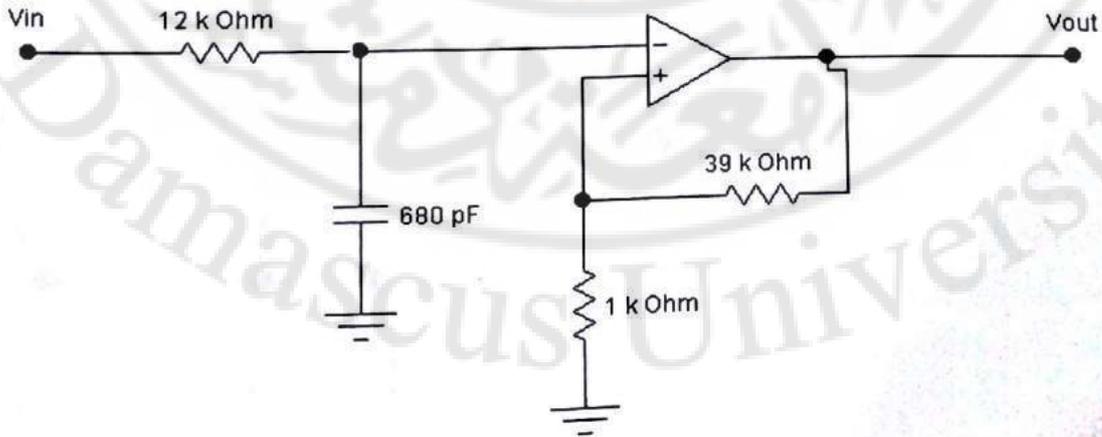


الشكل (3)

- ارسم مخطط بود للدارة آنفة الذكر.
- كيف يمكن أن نحصل على المنحني من خلال منحني الدارتين السابقتين .
- في حال بدلنا بالمقطع الثاني (C2 , R2) المقطع الأول (C1 , R1) هل يتغير المنحني ولماذا ؟ وأي نوع من أنواع المرشحات ينتج معنا ؟

### السؤال الرابع:

لتكن لدينا الدارة التالية:



الشكل (4)

- ارسم مخطط بود للمرشح التالي ، وبين ما هو نوع المرشح ؟

• احسب تردد القطع عملياً و نظرياً.

### العناصر المستخدمة :

مقاومة Resistor - مكثف Capacitor - منبع جهد متناوب AC Voltage  
Source - أرضي Ground - مكبر عمليات Open-Amplifier - مخطط بود  
Bode Plotter .

### خطوات الحل:

#### فيما يتعلق بجميع المسائل:

نستخدم المقاومة والمكثفة من نافذة العناصر الأساسية Basic ، ونحضر منبع الجهد المتناوب والجهد الأرضي من نافذة المنابع Sources ، ومكبر العمليات من النافذة Analog ICs ، ورسم مخطط بود من نافذة الأجهزة Instruments ، حيث نصل مدخله لدخل الدارة ، ومخرجه لخرج الدارة ، ونرى من الشكل منحنى الاستجابة الترددية ، ونستنتج نوع المرشح ، وتردد القطع.



## مسرد المصطلحات

Response	استجابة
Power	استطاعة
Power in a Series Circuit	الاستطاعة في الدارات التسلسلية
Power in a Parallel Circuits	الاستطاعة في الدارات التفرعية
Bipolar Junction Transistor	الترانزستور ثنائي القطبية
Field Effect Transistor	الترانزستور ذو الأثر الحقلية
Transistors	الترانزستورات
Feedback	التغذية الخلفية
Electric Current	التيار الكهربائي
Direct Current	التيار المستمر
ideal diode	الثنائي المثالي
Voltage	الجهد
DC Voltage	الجهد المستمر
Analog ICs	الدارات المتكاملة التماثلية
Digital ICs	الدارات المتكاملة الرقمية
Mixed ICs	الدارات المتكاملة المختلطة
Circuit	الدارة

Gain and Loss	الربح والضياع (الفقد)
Reactance Inductance	الردية التحريضية
Capacitive Reactance	الردية السعوية
Permittivity	السماحية
Flip Flops	القلابات
indicators	المؤشرات
Adders	المجمعات
Prefix Multipliers	المحددات المضاعفة
Filter Active	المرشحات الفعالة (الفاعلة)
Summing Amplifier	المضخم الجامع
Sub Amplifier	المضخم الطرح
Buffer Amplifier	المضخم العازل
Inverting Amplifier	المضخم العاكس
Differentiator Amplifier	المضخم المفاضل
Amplifier Comparator	المضخم المقارن
Integrator Amplifier	المضخم المكامل
Inverting Amplifier Non	المضخم غير العاكس
Magnitude	المطال
Resistance	المقاومة
Resistivity	المقاومة النوعية

Impedance	الممانعة
Complex Impedance	الممانعة العقدية
Active Region	المنطقة الفعالة (الفاعلة)
Conductance	الناقلية
Bias Forward	انحياز أمامي
Bias Reverse	انحياز عكسي
Instruments	أجهزة-أدوات
Ground	أرضي
Shift	إزاحة
Sine Wave	إشارة جيبية
Triangular Wave	إشارة مثلثية
Square Wave	إشارة مربعة
Created Sub circuit	إنشاء دائرة جزئية
Emitter	باعث
Gate	بوابة منطقية
Logic Gate	بوابة منطقية
Inductance	تحريضية
Analysis	تحليل
Frequency	تردد
Cutoff Frequency	تردد القطع

Zoom Out	تصغير
Applications	تطبيقات
Rectify	تقويم
Zoom In	تكبير
Series Connection in Resistace	توصيل المقاومات على التسلسل
Resistace in a Parallel Circuits	توصيل المقاومات على التفرع
Bridge	جسر
Voltage Threeshold	جهد العتبة
Load	حمل
Output	خرج
DC Load Line	خط الحمل للتيار المستمر
Integrated Circuit	دارة متكاملة
Open Circuit	دارة مفتوحة
Short Circuit	دارة مقصورة
Input	دخل
Period	دور
Rotate	دوران
Decible	ديسيبل
Oscilloscope	راسم الإشارة
Clock	ساعة (ميكاتية)

Capacitance	سعة
passive	سلبية
Phase	طور
Dielectric	عازل
Active	فاعلة (فعالة)
Hole	فجوة
Switch	قاطعة - مُبدّل
Base	قاعدة
Time base	قاعدة الزمن
Kirchhoff's voltage Law	قانون كيرشوف للجهد
and clipper Filter	قص الإشارة والترشيح
Flip Horizontal	قلب أفقي
Flip Vertical	قلب عامودي
Multimeter	متعدد القياسات
Collector	مجمع
Transformer	محول
Bode Plotter	مخطط بود
All Pass Filter	مرشح تمرير جميع الترددات
Band Pass Filter	مرشح تمرير حزمة
High Pass Filter	مرشح تمرير عالي الحزمة

Low Pass Filter	مرشح تمرير منخفض الحزمة
Band Stop filter	مرشح حذف الحزمة
Drain	مصرف
Amplifier	مضخم
Common- Emitter Amplifiers	مضخم الباعث المشترك
Operational Amplifier	مضخم العمليات
Wave Rectifier Full	مقوم موجة كاملة
rectifier half	مقوم نصف موجة
Ammeter	مقياس التيار
Voltmeter	مقياس الجهد
Thevenin Equivalent Circuit	مكافئ ثيفنن
Norton' s Equivalent Circuit	مكافئ نورتن
Sources	منابع
Transistor Operation Regions	مناطق عمل الترانزستور
Source	منبع
Saturation Region	منطقة الإشباع
Cutoff Region	منطقة القطع
AC Voltage Source	مولد جهد متناوب
DC Voltage Source	مولد جهد مستمر
Conductor	ناقل

conductor Semi	نصف ناقل
Norton's Theorem	نظرية نورتن





202

## المراجع:

### المراجع العربية:

- 1- د. م . محمد خالد شاهين ، الدارات الكهربائية ، منشورات جامعة دمشق ، كلية الهندسة المعلوماتية ، عام 2001.
- 1- د. م . أميمة دكاك ،الدارات الإلكترونية : منشورات جامعة دمشق ، كلية الهندسة المعلوماتية ، عام 2004 .
- 2- د. م . محمد قرضاب ،الدارات الكهربائية(1-2) تجارب مخبرية ، منشورات جامعة دمشق ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، عام 1982.
- 3- د. م . عبد الرزاق بدوية ، الهندسة الإلكترونية (1) و الهندسة الالكترونية (2) : منشورات جامعة دمشق ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، عام 1986.
- 4- د. م .عبد الرزاق بدوية - د . م . محمد الحسين - د . م . محمد مازن محاييري ، الهندسة الإلكترونية (1) ، منشورات جامعة دمشق ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، عام 1997.
- 6- د . م . حسن الحاجي ، مسائل في الهندسة الكهربائية ، منشورات دار شعاع ، عام 2006 .
- 5- م . عمار العريان ، دليل المهندس الالكتروني ، منشورات دار شعاع ، عام 2003.

### المراجع الأجنبية:

- 1- John Bird ، Electrical Circuit , Theory and Technology , Revised Edition , 2007
- 2- Tony R .Kuphaldt , Lessons in Electric Circuits , Sixth edition, 2003
- 3- Kharagpur , Basic Electrical Technology ,Version 2 EEIIT,2008.
- 4- Tomas L . Floyed , Electrical Engineering Fundamentals , Prentice Inc, - Sixth Edithon 2008.
- 5- Forreset M , Engineer's Mini – Notebook , Formulas , Tables and Basic Circuits , Mims III , 2009 .
- 6- Gene F . Franklin , Feed Back Control Of Dynamic Systems , et al ,Prentice Hall fifth edition 2006.

اللجنة العلمية:

د. محمد نوار العوا

د. محمد الحسين

د. مصطفى عنبوي



المدقق اللغوي:

د. فخري البوش

حقوق الطبع والنشر محفوظة للجمعية العلمية والكتاب والمطبوع