منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة المعلوماتية

عملي
الدارات الكهربائية والإلكترونية

المهندسة
جهان عارف الحجي
مشرفة على الأعمال

المهندسة
فتون عصام الشيخ أوغلي
قائمة بالأعمال

جامعة دمشق

١٤٣٨ - ١٤٣٥ هـ
٢٠١٧ - ٢٠١٨ م

Generated by CamScanner from intsig.com

الفهرس

- مقدمة 13
- واحدات القياس الأساسية في الجملة الدولية SI 15
- المحددات المضاعفة Prefix Multipliers 16
- برنامج المحاكاة Workbench 17

1. واجهة برنامج Workbench 18
2. قوائم البرنامج 18
   - قائمة الملفات File 18
   - قائمة تحرير الملفات Edit 19
   - قائمة الدارات Circuits 19
   - قائمة التحليل Analysis 20
   - قائمة Windows 21
3. أشرطة الأدوات 22
   - مساحة نافذة التصميم 28
4. تغيير مواصفات أي عنصر في دارة 28
5. كيفية اختيار المكونات اللازمة لبناء الدارة 29
6. كيفية توصيل العناصر في دارة معينة 29
7. كيفية قياس الجهد الهابط على عنصر في دارة معينة 30
8. كيفية قياس التيار المار في عنصر في دارة معينة 31
9. كيفية توليد الإشارات الجيبية والمربعة والمثلثية 33
10. مقياس راسم الإشارة Oscilloscope 36
11. راسم مخطط بود 39

Generated by CamScanner from intsig.com

الفصـــل الأول : قســـم الـــــدارات الكهربائيـــة

❖ التجـربـــة الأولى : المفاهيم الأساســية في نظرية الدارات (1)

1-1 الهدف من التجربة 41

2-1 المبدأ النظري للتجربة 41

3-1 لمحة عن المقاومة والناقلية 41

4-1 قانـــون أوم 42

5-1 مفهوم الإستطاعة في الدارات الكهربائية 43

6-1 توصيل المقاومات 43

1-6-1 توصيل المقاومات على التسلسل 43

2-6-1 الإستطاعة في الدارات التسلسلية 45

3-6-1 توصيل المقاومات على التوازي (التفرع) 46

4-6-1 الاستطاعة في الدارات على التوازي 49

7-1 الـــــــــــدارات المركبـــة 50

1-7-1 تحويل من الشكل المثلثي (Δ) إلى الشكل النجمي (Y) 50

2-7-1 معادلات التحويل 51

3-7-1 تحويل من الشكل النجمي(Y) إلى الشكل المثلثي (Δ) 52

- القسم العملي للتجربة 55
- ➢ نص التجربة 55
- ➢ خطوات الحل 56

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

1-2 الهدف من التجربة 59

2-2 المبدأ النظري للتجربة 59

3-2 قانون كيرشوف للجهد Kirchhoff's voltage Law (KVL) 59

Generated by CamScanner from intsig.com

2-4 قانون كيرشوف للتيار (قانون العقدة) (KCL) 60

2-5 وصل منابع الجهد على التسلسل 61

2-6 مقسم (مجزئ) الجهد 63

2-7 مقسم التيار 64

2-8 تحويل المنابع 65

القسم العملي للتجربة 68

- نص التجربة 68
- خطوات الحل 69

❖ **التجربـــــة الثـــــالثـــــة : دارة ثيفنن ودارة نورتون**

3-1 الهدف من التجربة 71

3-2 المبدأ النظري للتجربة 71

3-3 نظرية التركيب(التنضيد)Superposition Theorem 71

3-4 نظرية ثيفنن Thevenin`s Theorem 75

3-5 نظرية نورتن Norton`s Theorem 82

القسم العملي للتجربة 87

- نص التجربة 87
- خطوات الحل 88

❖ **التجربة الرابعة : دراسة الدارات الكهربائية الخطية في المستوى الزمني**

4-1 الهدف من التجربة 91

4-2 المبدأ النظري للتجربة 91

Generated by CamScanner from intsig.com

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

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

❖ التجـــربة الخامســـة : دراسة الدارات الكهربائية الخطية من الدرجة الأولى في المستوى الترددي.

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

Generated by CamScanner from intsig.com

5-7-2 مخطط بود 112
5-7-3 تردد القطع 113
5-7-4 مرشحات التمرير 114
القسم العملي للتجربة 117
➢ نص التجربة 117
➢ خطوات الحل 118

الفصل الثاني : قسم الدارات الإلكترونية:

❖ التجربة السادسة : الثنائيات نصف الناقلة

6-1 الهدف من التجربة 121
6-2 المبدأ النظري للتجربة 121
6-3 لمحة مبسطة عن فيزياء أنصاف النواقل وطريقة عمل الثنائي 121
6-4 آلية العمل 122
6-5 ثنائي الوصلة p-n الديود 122
6-6 منحني الخواص ، وجهد العتبة للثنائي 124
6-7 تطبيقات الثنائي(الديود) : 125
6-7-1استخدام الثنائي كمقوم 125
6-7-1-1 مقوم نصف الموجة(*Half Rectifier*): 125
6-7-1-2 مقوم نصف الموجة باستخدام المحول(*Transformer*) 126
6-7-1-3 مقوم موجة كاملة باستخدام محول ذي نقطة منتصف 126
6-7-1-4 مقوم موجة كاملة باستخدام جسر التقويم(*Bridge*) 127
6-7-2 استخدام الثنائي كمرشح 128
6-7-3 استخدام الثنائي كبوابة منطقية 129
• القسم العملي للتجربة 130
➢ نص التجربة 130

Generated by CamScanner from intsig.com

132
➢ خطوات الحل

❖ التجربة السابعة : الترانزستورات ثنائية القطبيةBJT

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

❖ التجربة الثامنة : الترانزستورات ذات الأثر الحقلي FET

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

❖ التجربـــــة التاســـعة : مكبرات العمليات

9-1 الهدف من التجربة 167
9-2 المبدأ النظري للتجربة 167
9-3 مبادئ عمل مكبر العمليات Operational Amplifier 167
9-4 التغذية الخلفية لمكبر العمليات(Feedback) 168
9-5 تطبيقات مضخم العمليات الخطية: 169
9-5-1 المضخم العاكسInverting Amplifier 169
9-5-2 المضخم غير العاكس Non Inverting Amplifier 170
9-5-3 المضخم المقارن Comparator Amplifier 171
9-5-4 المضخم الجامعSumming Amplifier 173
9-5-5 المضخم الطارح Sub Amplifier 174
9-5-6 المضخم المفاضل Differentiator Amplifier 175
9-5-7 المضخم المكامل Integrator Amplifier 176
9-5-8 المضخم العازل Buffer Amplifier 177
القسم العملي للتجربة 179

Generated by CamScanner from intsig.com

➢ نص التجربة 179
➢ خطوات الحل 181

❖ التجربة العاشرة : المرشحات

10-1 الهدف من التجربة 183
10-2 المبدأ النظري للتجربة 183
10-3 المرشحات 183
10-3-1المرشحات السلبية (غير الفاعلة أو غير الفعّالة)(passive) 183
10-3-2 المرشحات النشطة 183
10-4 أنواع المرشحات السلبية في الدارات الكهربائية 183
10-4-1 مرشح التمرير المرتفع High Pass Filter 184
10-4-2 مرشح التمرير المنخفضLow Pass Filter 185
10-4-3 مرشح تمرير حزمةBand Pass filter 186
10-4-4 مرشح حذف حزمة Band Stop filter 187
10-4-5 مرشح تمرير جميع التردداتAll Pass Filter 187
10-5 تردد القطع Cut off Frequency 187
10-6 استخدامات المرشحات 187
10-7 استجابة المرشحات الفاعلة(النشطة) (Active Filter Response): 188
10-7-1 مرشح تمرير الترددات المنخفضة Low Pass Filter 189
10-7-2 مرشح تمرير الترددات العالية High Pass Filter 190
• القسم العملي للتجربة 191
➢ نص التجربة 191
➢ خطوات الحل 193

❖ مسرد المصطلحات 195

❖ المراجع 203

Generated by CamScanner from intsig.com

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة:

تُعد مادتا الدّارات الكهربائية والإلكترونية من المواد الأساسية التي تبني الفكر الهندسي عند الطالب ، حيث إنّ 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 والّتي تعتمد بشكل أساسي على برنامج محاكاة الدارات باستخدام الحاسب، يساعد طالب الهندسة المعلوماتية على متابعة دراسته في المواد التخصصية .

يحوي هذا الكتاب مجموعة من التجارب ، حيث إنّ القسم الأول منها خاص بالدارات الكهربائية والقسم الثاني منها يخصّ الدارات الإلكترونية ، وقد استعرضنا في كل تجربة الهدف منها ، والمبدأ النظري الّذي تعتمد عليه بأسلوب خالٍ من التعقيد دون الإخلال بالمحتوى العلمي ، ليتمكن الطالب من تطبيق التجربة حتّى ولو لم يكن لديه فكرة نظرية سابقة عنها ، كما عزّزنا الشّرح النظري للتجربة ببعض الأمثلة التطبيقية ، ليتمكّن الطالب من تنفيذ التجربة بكل يسرٍ ، وسهولة .

تضمن الكتاب لمحة عن برنامج المحاكاة Workbench، وطريقة التعامل مع نوافذه ، وقوائمه 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.

Generated by CamScanner from intsig.com

واحدات القياس الأساسية في الجملة الدولية SI

الأمبير Amper [A]:

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

الكولون Coulomb[C]:

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

الفولت Volt[V]:

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

الأوم Ohm[Ω]:

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 Farad[F]:

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 Henri[H]:

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

الواط Watt[W]:

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

الجول Joul [J]:

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

Generated by CamScanner from intsig.com

المحددات المضاعفة Prefix Multipliers

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

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

Generated by CamScanner from intsig.com

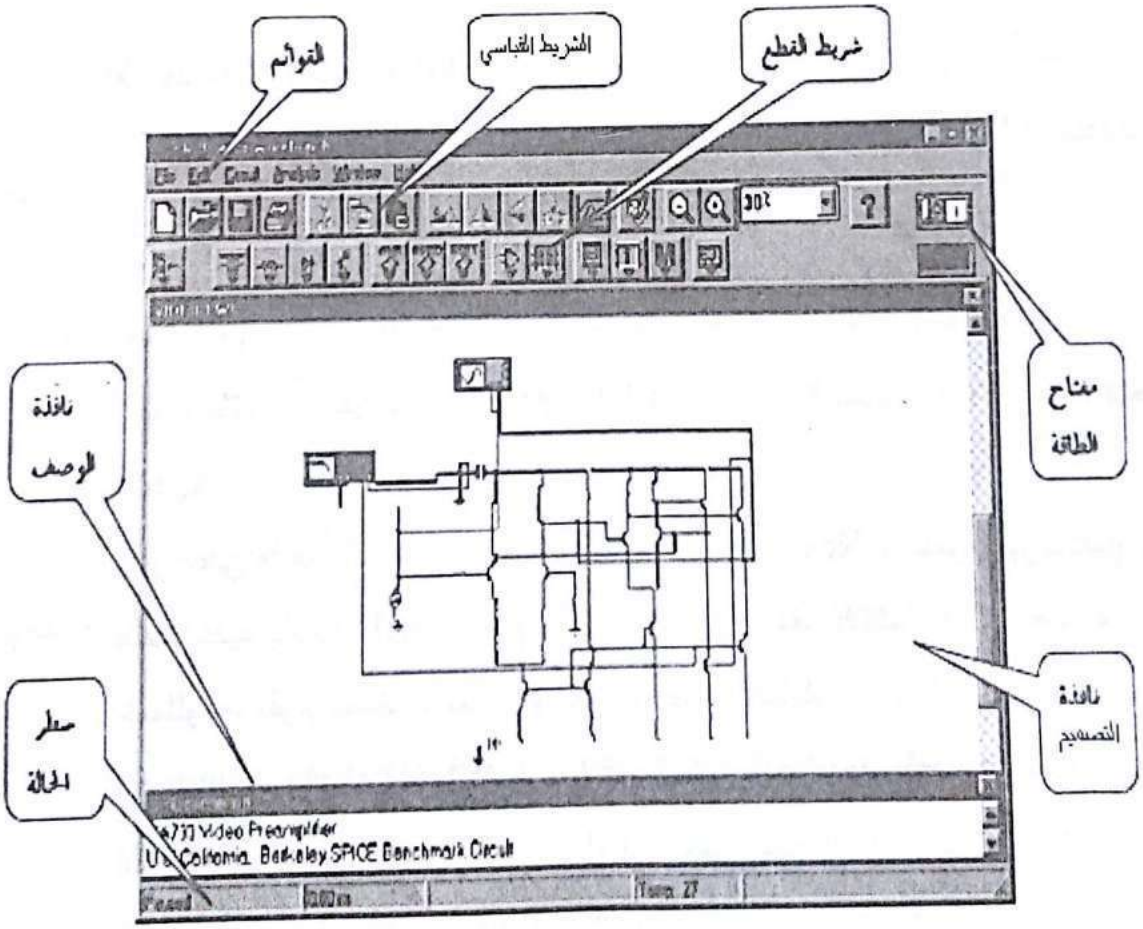
برنامج المحاكاة Workbench

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 بالمميزات التالية:

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



الشكل (1)

Generated by CamScanner from intsig.com

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 (دارة 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(دارة 1) في المكان الذي نريده (هنا تم حفظه في c:\).

لفتح الملف : من قائمة الملفات File ، نختار فتح open ونختار الملف (دارة 1) الذي تم حفظه في القرص الصلب c:\ .

Generated by CamScanner from intsig.com

➢ قائمة تحرير الملفات Edit :

تحتوي هذه القائمة على الأوامر التالية:

- Select All : تحديد القطع جميعها من نافذة التصـــميم .

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 الأحمـــر ، وهذا يعني أن القطع تم اختيارها.

- الحذف Delete : مسح العنصر المختار أو مجموعة العناصر المختارة ذات اللون الأحمر نهائياً.
- النسخ Copy: أخذ نسخة من الجزء المختار .
- القص Cut: قص الجزء المختار .
- اللصق Paste: لصق الجزء المنسوخ أو المقصوص .

➢ قائمة الدارات Circuits :

تستخدم للتحكم بالدارة أو القطع المكونة لها . يتم ذلك عن طريق الأوامر الملحقـــة بالقائمـــة وهي باختصار كالآتي :

- دوران Rotate : تدوير أي قطعة موجودة في نافذة التصميم 90 درجة مع عقارب الساعة.
- انعكاس أفقي Flip Horizontal : قلب العنصر المختار بالاتجاه الأفقي.
- انعكاس عمودي Flip Vertical: قلب العنصر المختار بالاتجاه العمودي.
- خصائص القطعة Component Properties : لتسمية القطعة أو تحديد مواصفاتها مثل تسمية المقاومة وتغير قيمتها..... .
- إنشاء دارة جزئية Created Sub circuit : تجميع قطع عدة مع توصيلاتها فـــي دارة جزئية منفصلة عن الدارة الرئيسة.
- تكبير Zoom In: لتكبير الدارة داخل نافذة التصميم .
- تصغير Zoom Out: لتصغير الدارة داخل نافذة التصميم .

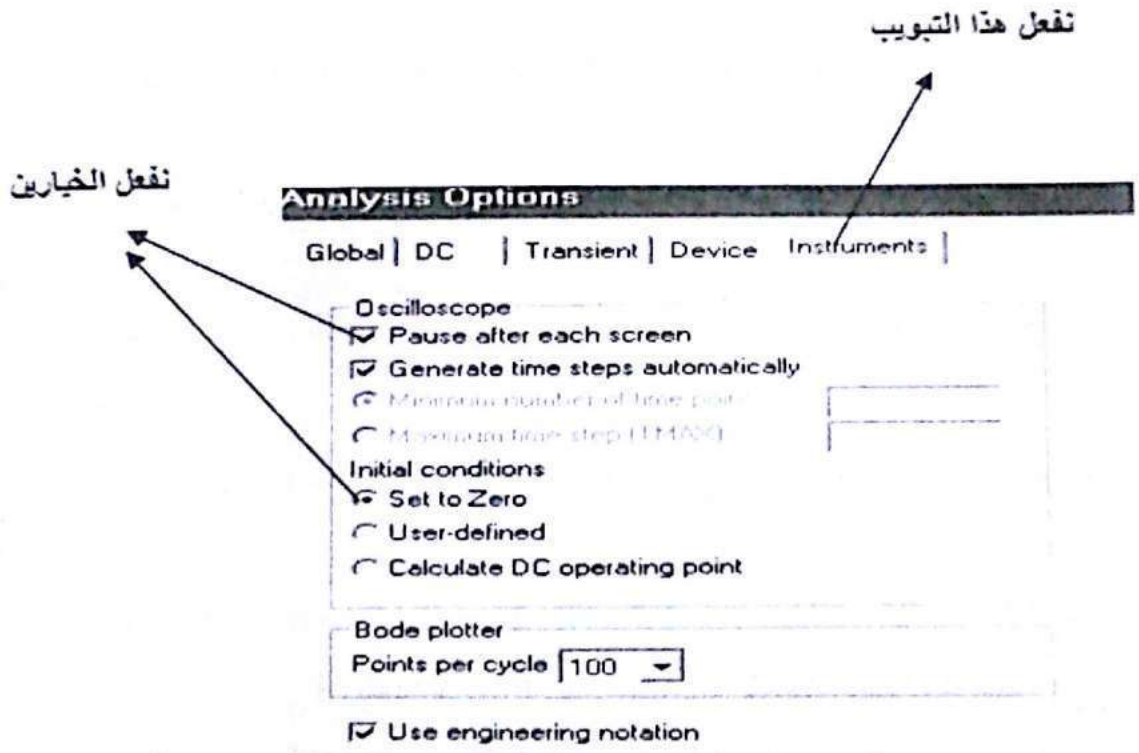
Generated by CamScanner from intsig.com

➢ 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.

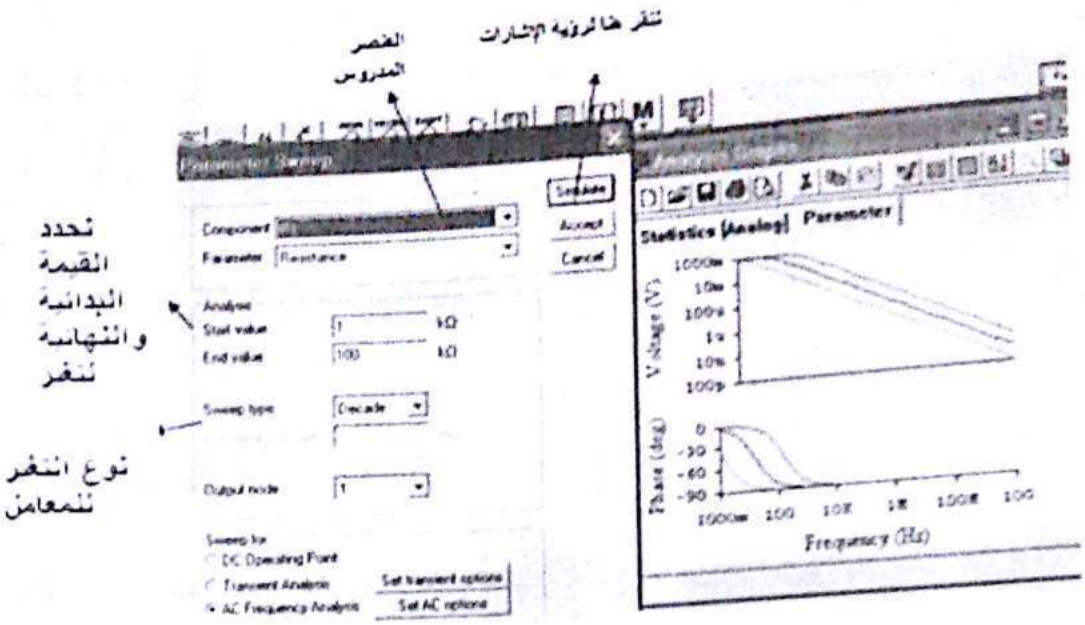
فمثلاً عند رسم أية إشارة تظهر لنا الإشارة بشكل مستمر وسريع ، فإذا أردنا لقطة ثابتة للإشارة تبدأ من لحظة الصفر ، فمن خيارات التحليل Analyses Options نختار التبويب Instrument ، ونحدد الخيارين التاليين حسب الشكل (2):



الشكل (2)

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

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل (3)

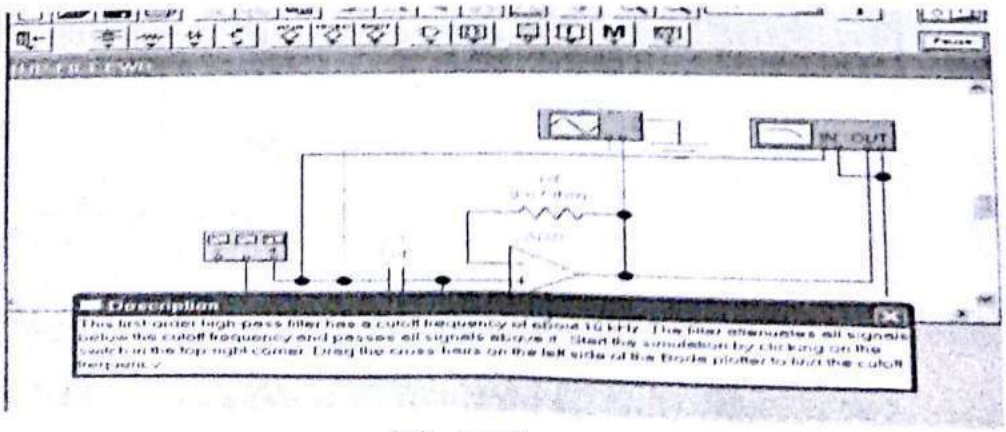
- إظهار المنحنيات البيانية Display Graphs لرؤية الإشارات النهائية لأية توصيلات في الدارة .

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)

Generated by CamScanner from intsig.com

3. أشرطة الأدوات

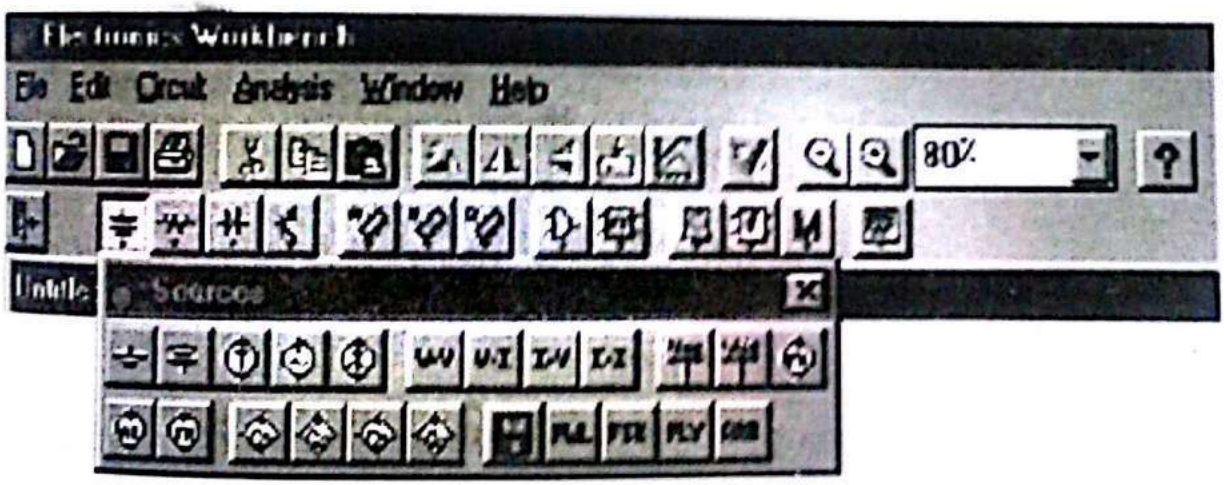
- **الشريط القياسي** :وهو الشريط الاعتيادي الموجود في برامج االحاسوب التطبيقية جميعها ، وهو عبارة عن أزرار للتحكم بالدارة . مع العلم أن الأوامر المنفذة جميعها بواسطة هذه الأزرار موجودة ضمن إحدى القوائم المشروحة سابقاً (الفتح – الحفظ – الطباعة – التكبير والتصغير – التدوير .....).

- **شريط القطع الإلكترونية :**

هو عبارة عن عدة أشرطة تحتوي على جميع القطع الكهربائيـــة والإلكترونيـــة والمنطقيـة وأجهزة القياس مرتبة كما يلي:

1- شريط المنابع Sources:

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

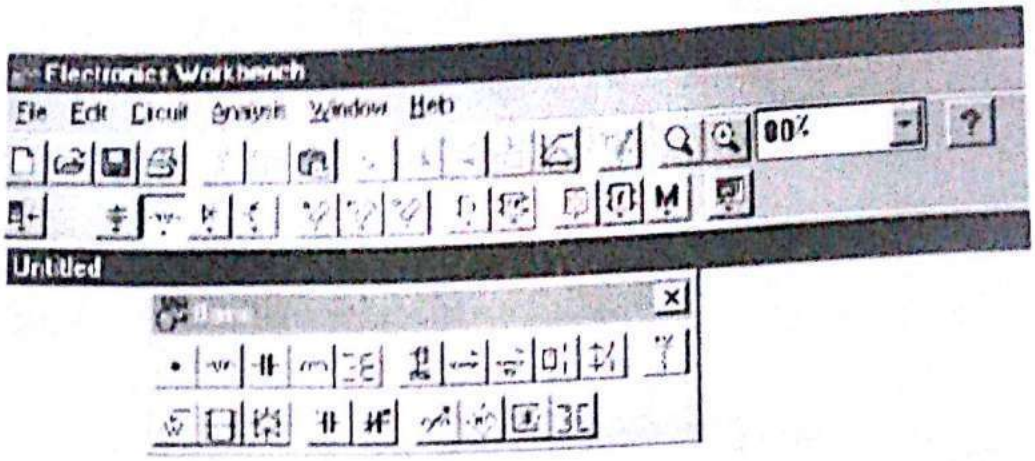


الشكل (4)

2- شريط القطع الأساسية Basic:

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

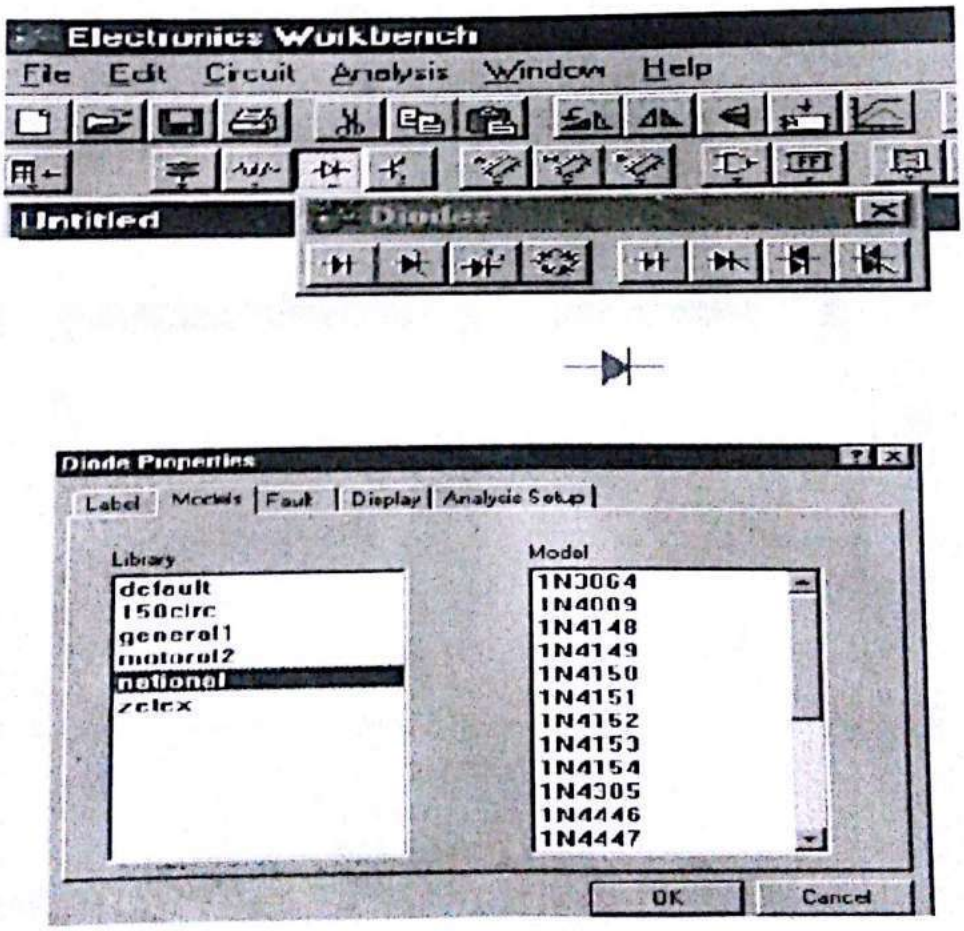
Generated by CamScanner from intsig.com



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).

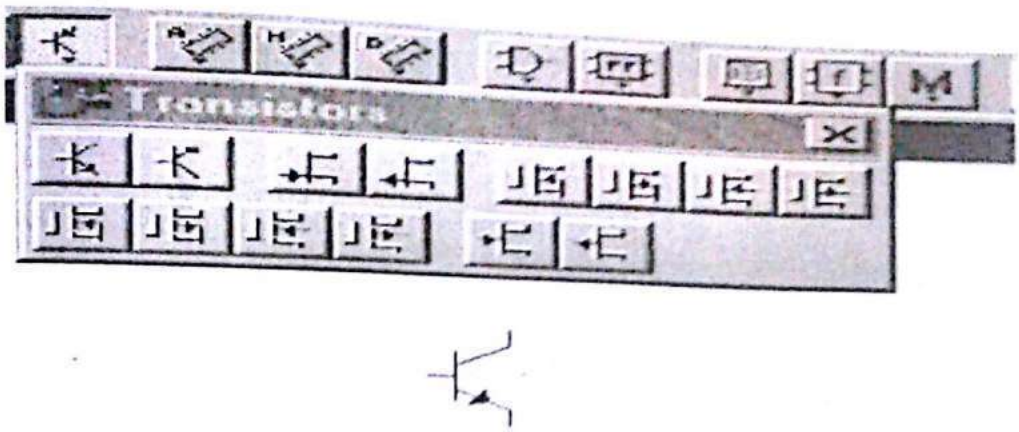


الشكل (6)

Generated by CamScanner from intsig.com

4- شريط الترانزستور Transistors:

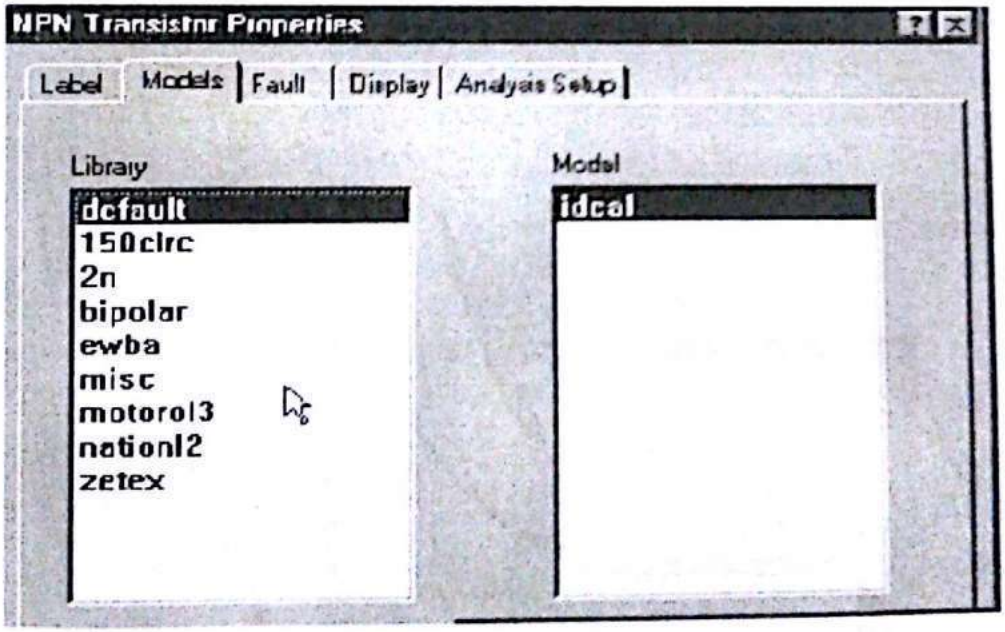
يتم من خلاله اختيار الترانزستور وتحديد مواصفاته (النقر المزدوج على الترانزستور)،



الشكل (7)

واختيار الترانزستور المثالي ، أو اختيار ترانزستور آخر من خلال تحديد رقمه واسم الشركة المصنعة ، بشكل مشابه للثنائي .

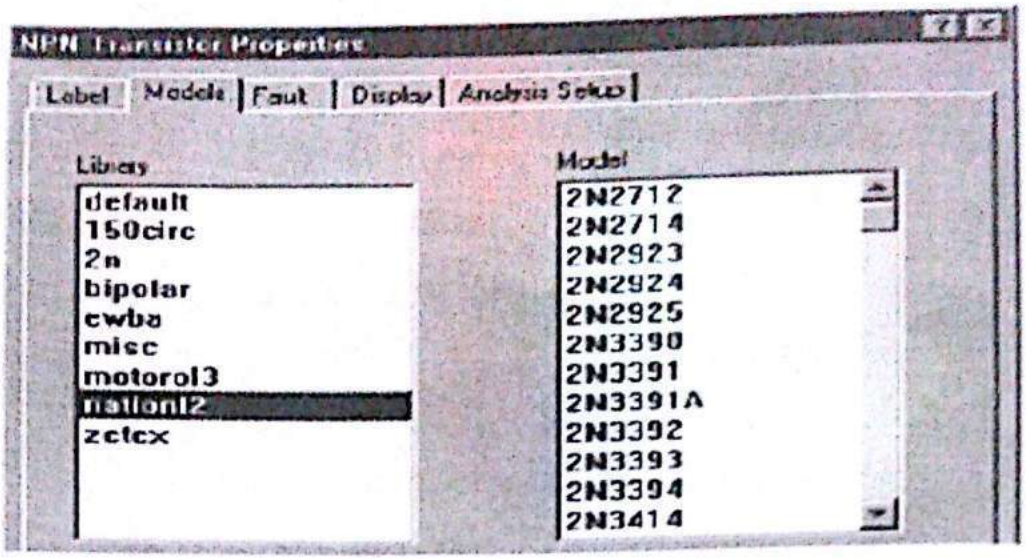
بالنقر المزدوج عل الترانزستور نحدد الترانزستور المثالي كما في الشكل (8).



الشكل (8)

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

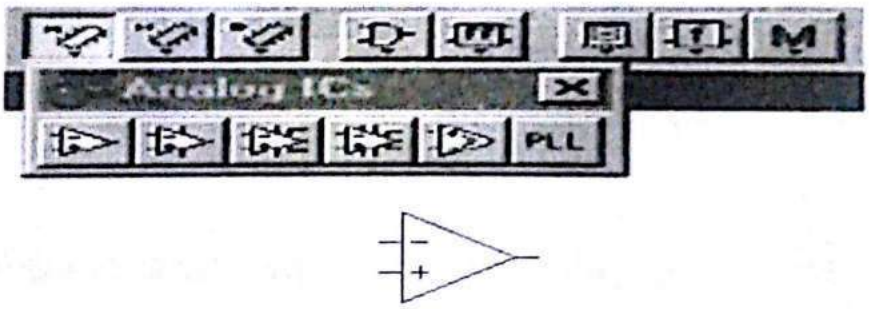
Generated by CamScanner from intsig.com



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:

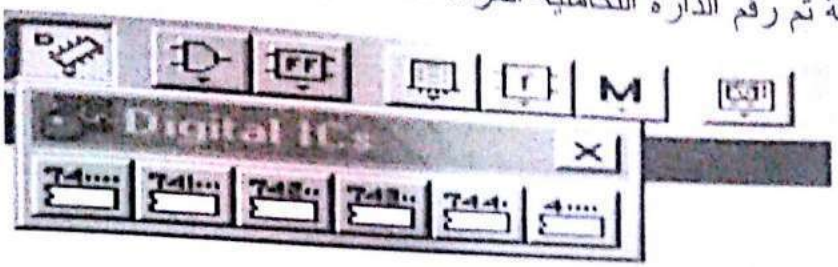
تشمل دارات التحويل من رقمي إلى تماثلي ، وبالعكس كما في الشكل (11).

الشكل (11)

Generated by CamScanner from intsig.com

7- شريط الدارات الرقمية Digital ICs:

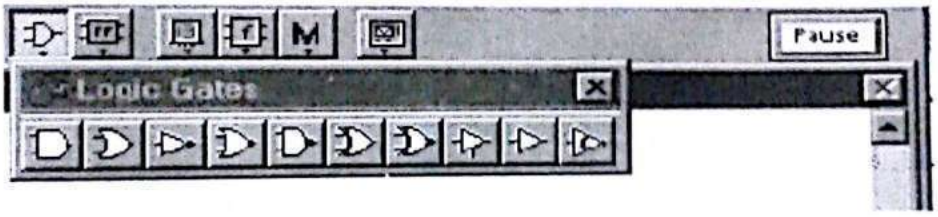
تشمل على معظم الدارات التكاملية الرقمية ، وهي مرتبة بحسب رقم القطعة حيث نختار مجموعة معينة ثم رقم الدارة التكاملية المراد استخدامها ، كما في الشكل (12) :



الشكل (12)

8- شريط البوابات المنطقية Logic Gate:

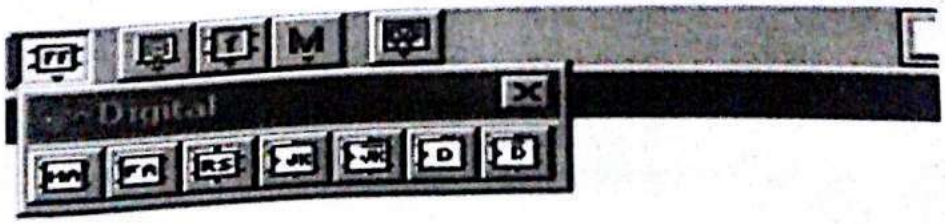
يحتوي على معظم البوابات المنطقية (AND - OR – XOR – XNOR .....) كما في الشكل (13).



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).

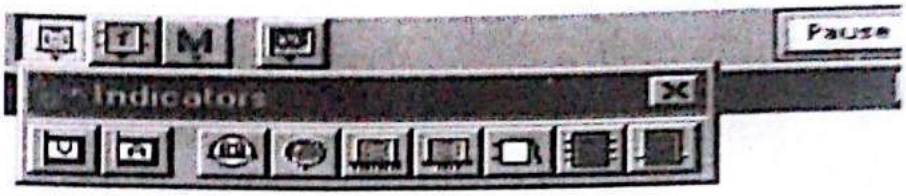


الشكل (14)

Generated by CamScanner from intsig.com

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:

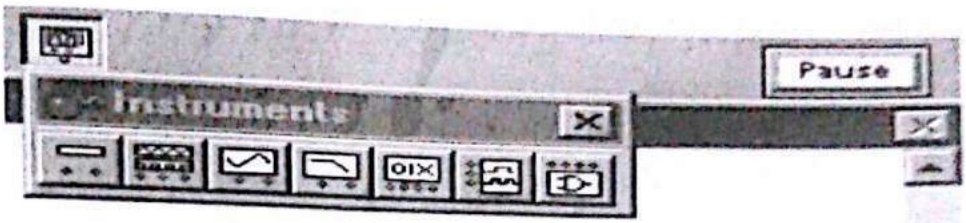
يشمل خطوط نقل مثالية وأخرى قابلة لفقد المعلومات وفيوزات، بالإضافة إلى قطع أخرى كما في الشكل (17).

الشكل (17)

13- شريط أدوات القياس Instruments:

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل (18)

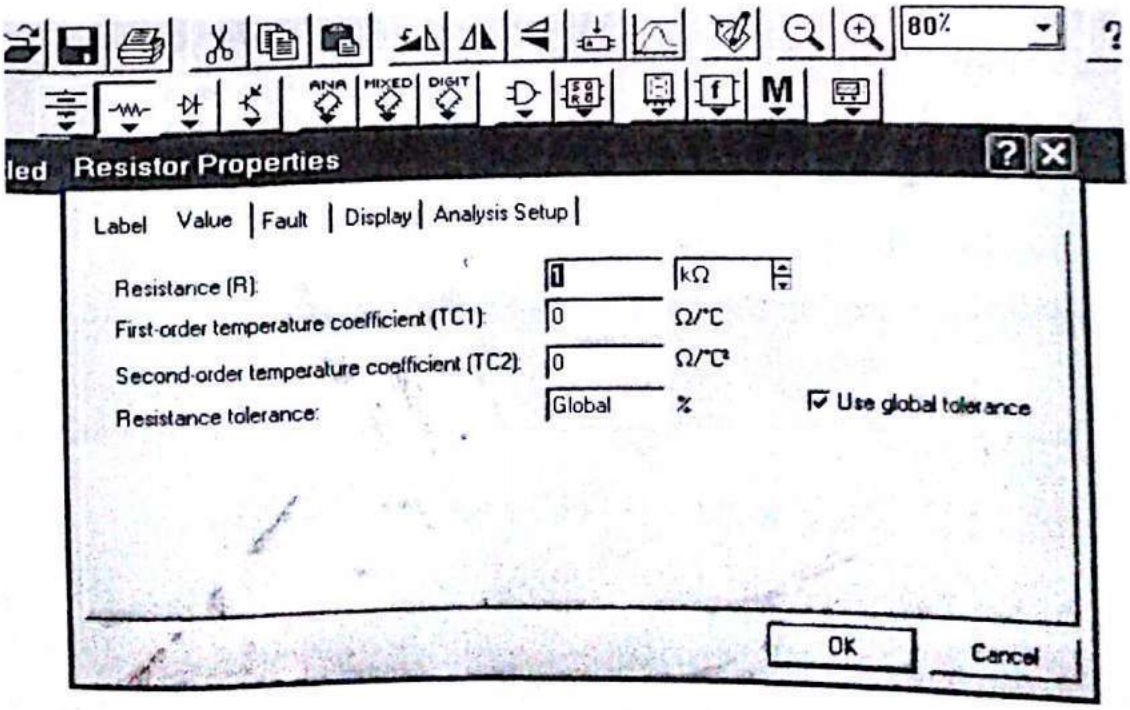
- **مساحة نافذة التصميم :**

يتم فيها بناء الدارات المراد محاكاتها وتصميمها.

4. لتغيير مواصفات أي عنصر في دارة :

ننقر نقرة مزدوجة على العنصر، فنغير اسمه بالنقر على صفحة اللصـــاقة label ، ونغيـــر قيمته بالنقر على تبويب value.

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

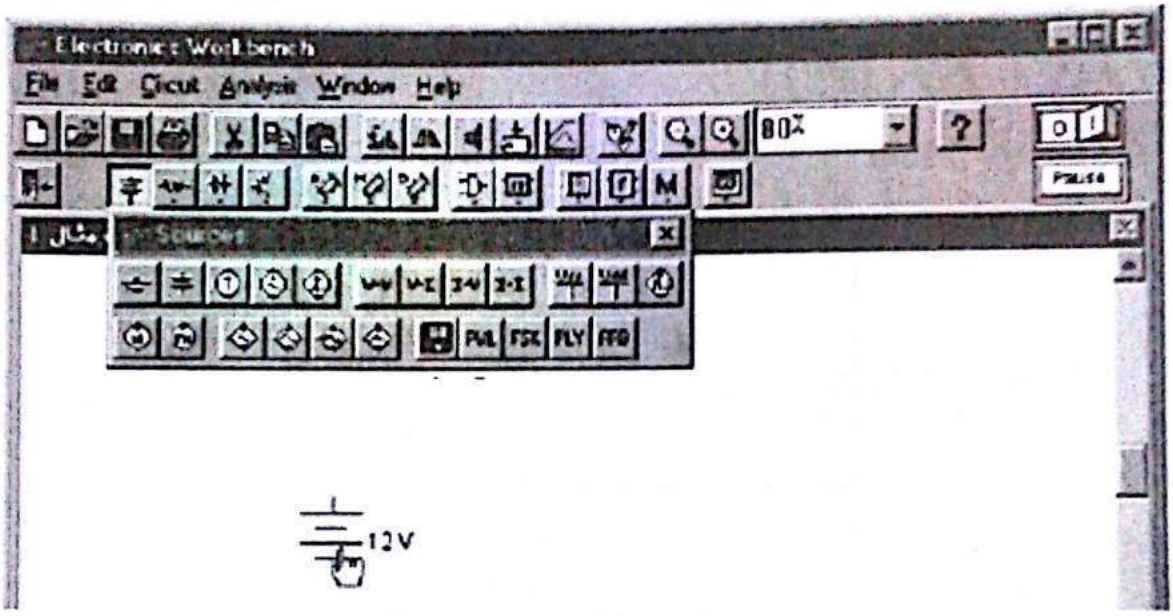


Generated by CamScanner from intsig.com

5 . كيفية اختيار المكونات اللازمة لبناء الدارة :

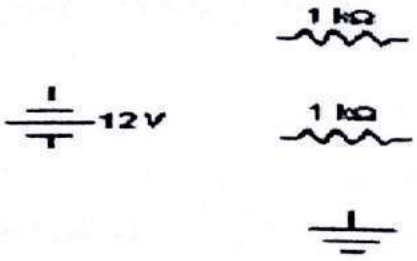
نحدد العنصر المراد استخدامه في الدارة ، و لنقل العنصر من شريطه إلى نافـدة التصـميم نستخدم طريقة السحب ، والإفلات .

مثلاً لوضع منبع الجهد المستمر (البطارية) في نافدة 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)

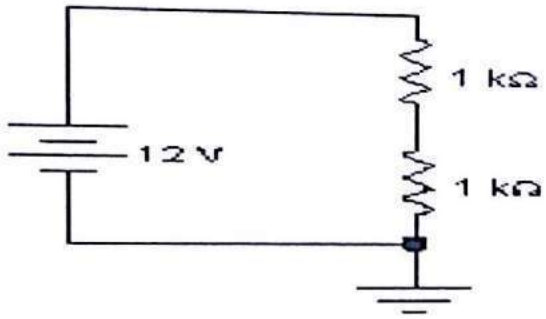
6 . كيفية توصيل العناصر في دارة معينة :

Generated by CamScanner from intsig.com

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 .

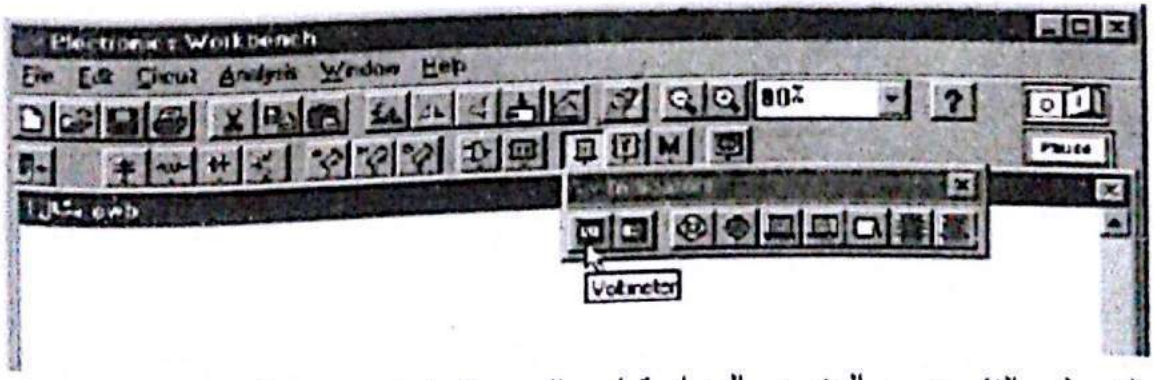
بعد الانتهاء من توصيل أطراف العناصر جميعها ستظهر لنا الدارة كما في الشكل (21).



الشكل (21)

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

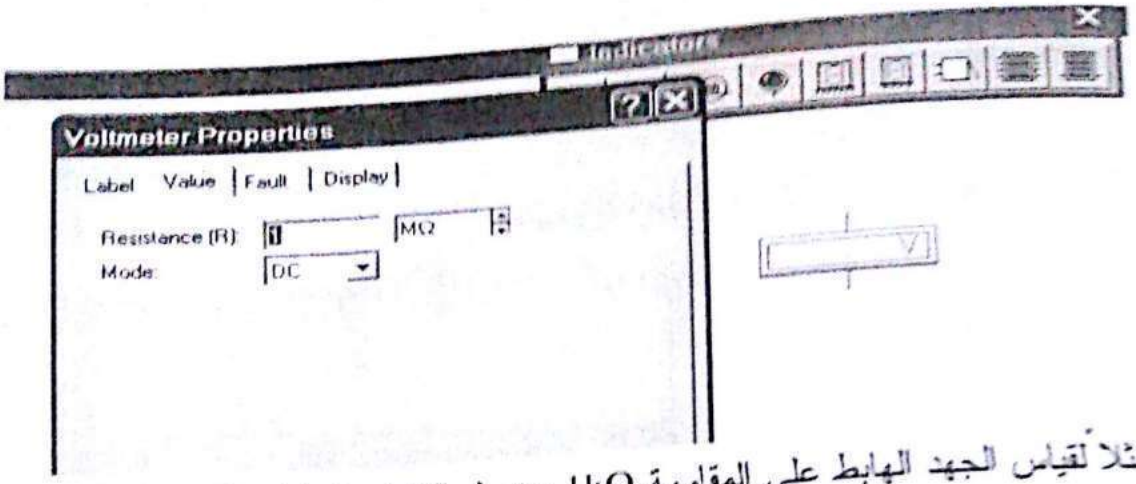
باستخدام جهاز قياس الجهد Voltmeter من شريط المؤشرات Indicators .



نصله على التفرع مع العنصر المراد قياس الجهد الهابط عليه؛ لأن المقاومة الداخلية لمقياس الجهد كبيرة من رتبة MΩ ، والجهد في الوصل التفرعي هو نفسه للعناصر جميعها .

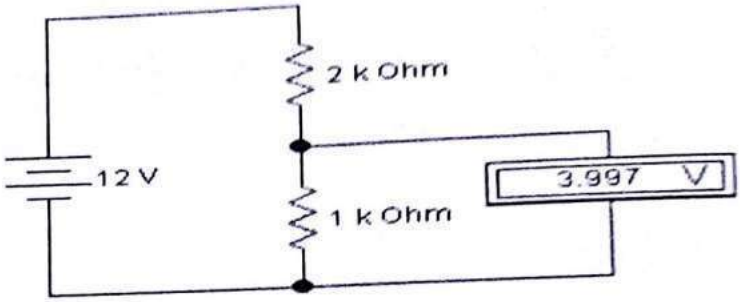
ويمكن أن نتحقق من ذلك بنقرة مزدوجة على مقياس الفولت ، كما في الشكل التالي .

Generated by CamScanner from intsig.com



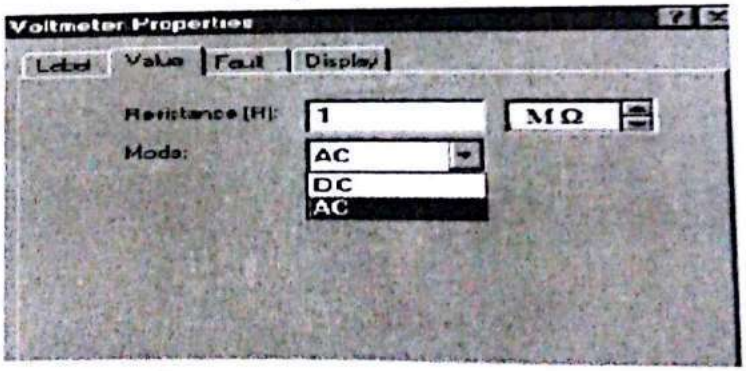
مثلاً لقياس الجهد الهابط على المقاومة $1k\Omega$ ، نصل المقياس كما في الشكل (22) .

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 :



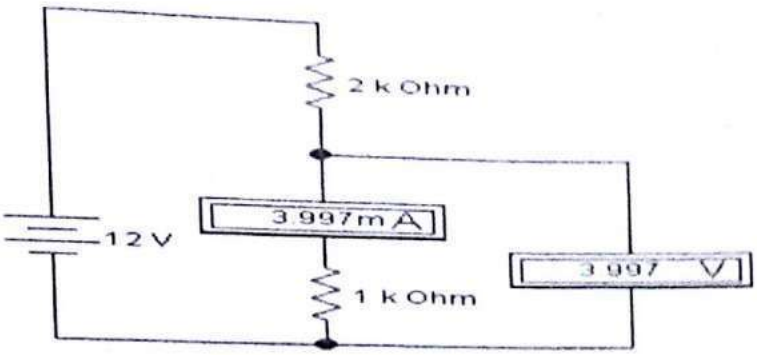
8 . كيفية قياس التيار المار في عنصر في دارة معينة :

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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).



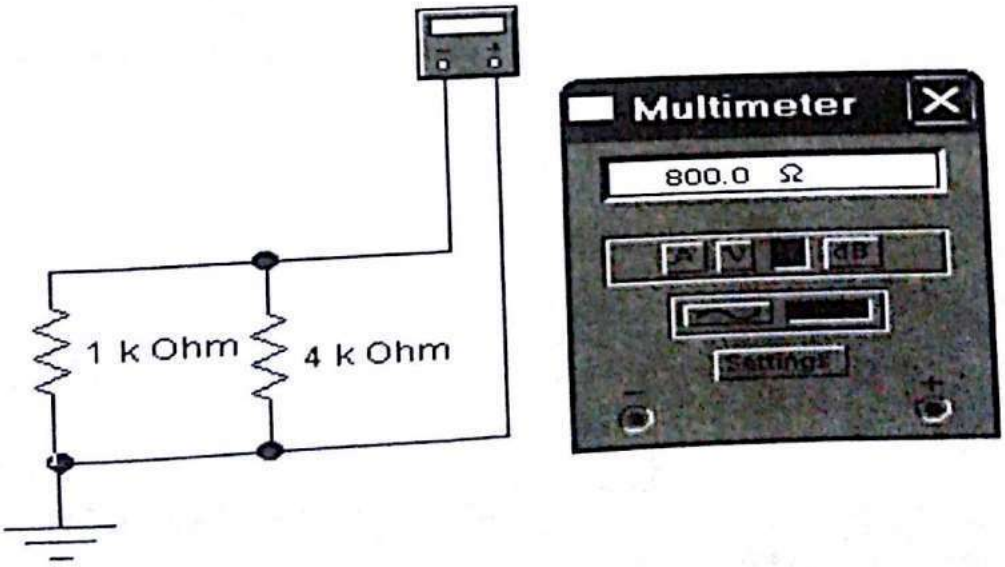
الشكل (23)

ملاحظة: مقياس التيار تم تجهيزه لقياس التيار المتناوب 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)

Generated by CamScanner from intsig.com

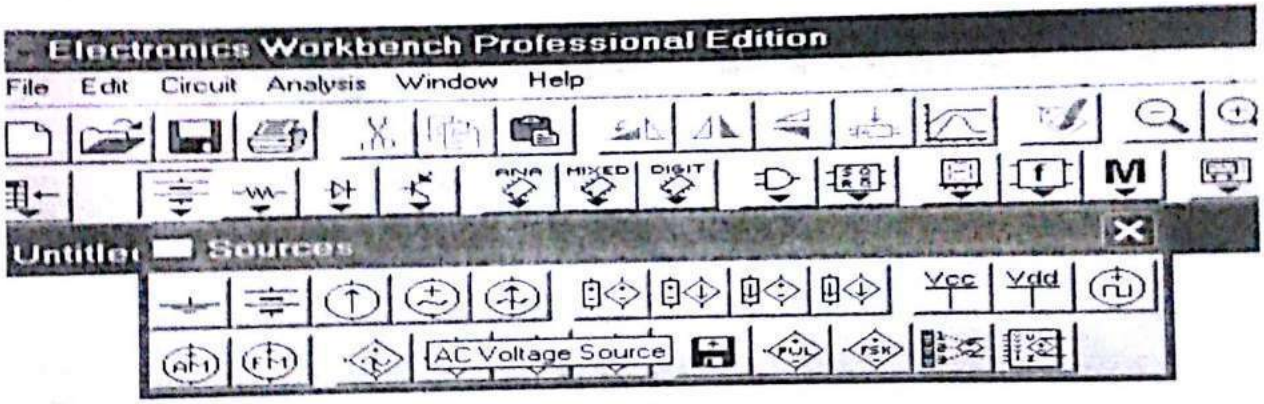
يجب ملاحظة الآتي عند استخدام جهاز متعدد القياسات لقياس المقاومة:

- 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 :

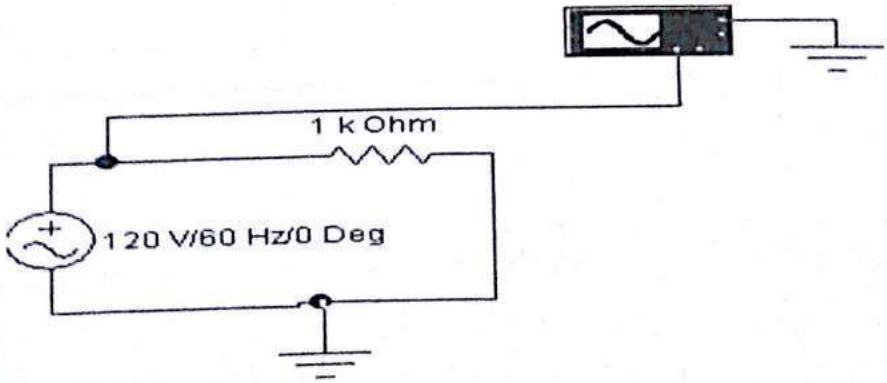
- **توليد إشارة جيبية Sine Wave:**

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



الشكل (25)

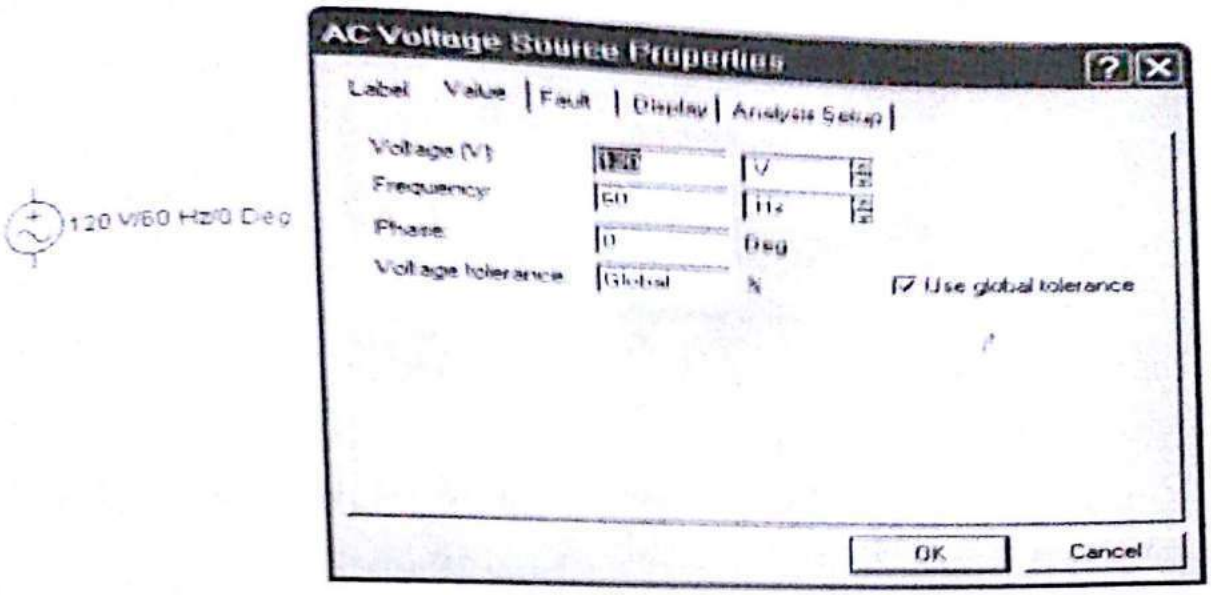
لتكن الدارة التالية:



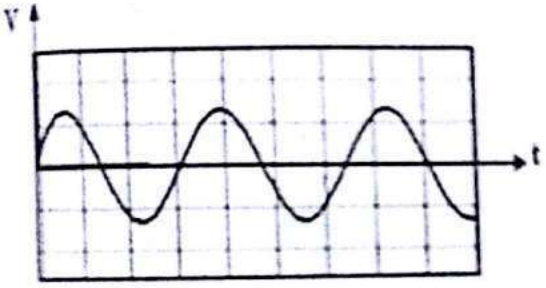
الشكل (A- 25)

Generated by CamScanner from intsig.com

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



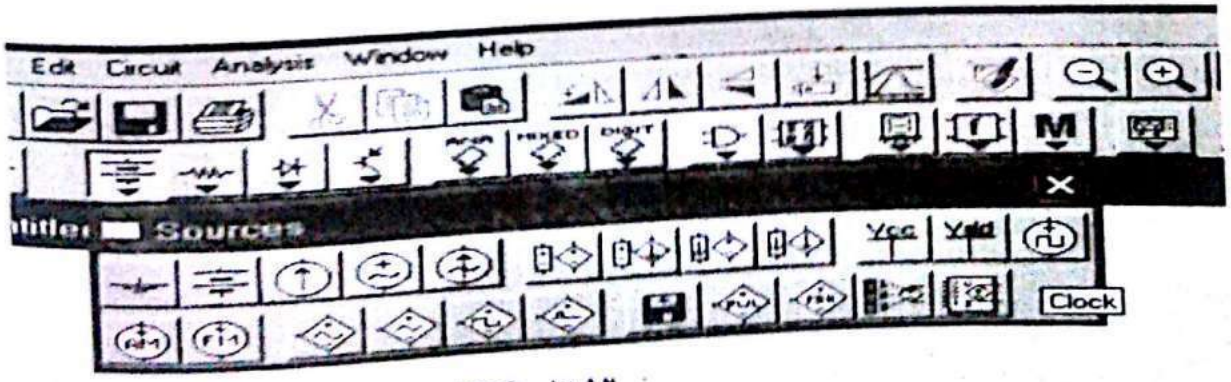
باستخدام راسم الإشارة نرسم إشارة الدخل (مولد الجهد المتناوب) والذي سنتعرف لاحقاً طريقة توصيله، فنحصل على إشارة الدخل التالية :



الشكل (B- 25)

- **توليد إشارة مربعة Square Wave :**

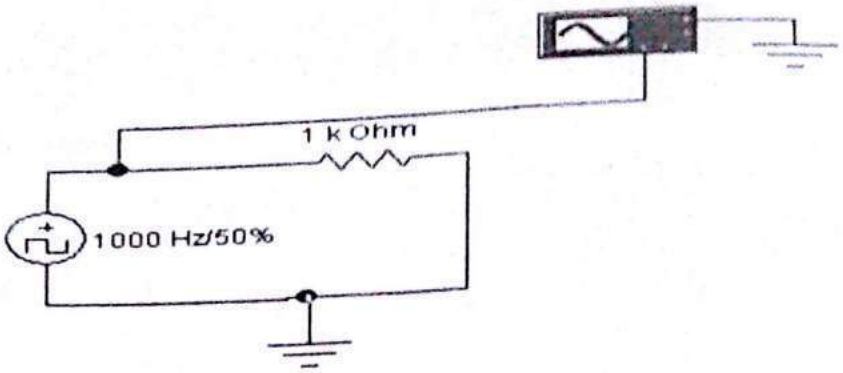
نستخدم في الدخل مولد إشارة مربعة(نبضات الساعة) Clock ، من شريط المنابع كما في **الشكل (26):**



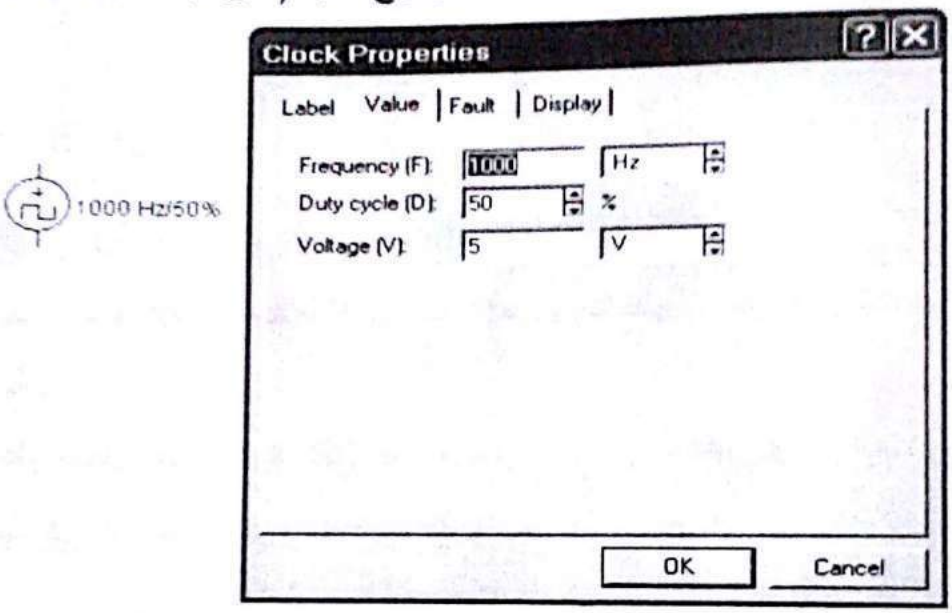
الشكل (26)

Generated by CamScanner from intsig.com

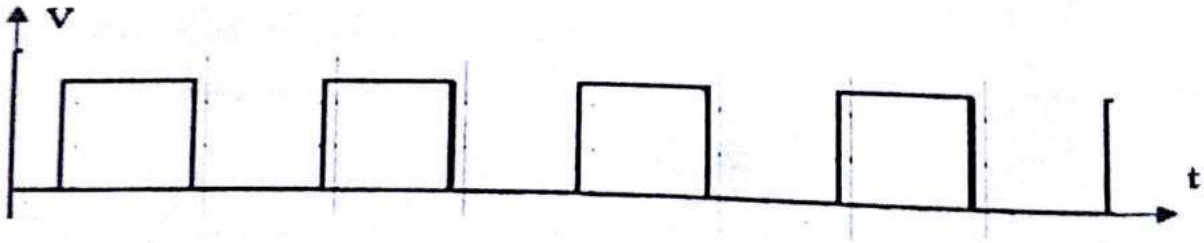
لتكن الدارة التالية:



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



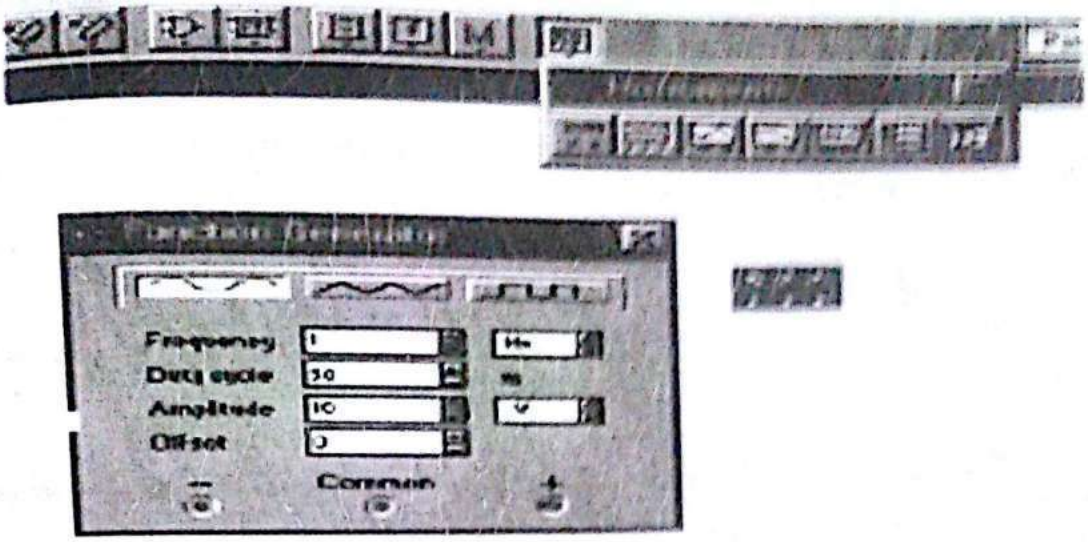
باستخدام راسم الإشارة نرسم إشارة الدخل (مولد الإشارة المربعة)، فنحصل على إشارة الدخل المربعة التالية :



- **توليد إشارة مثلثية Triangular Wave:**

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

Generated by CamScanner from intsig.com

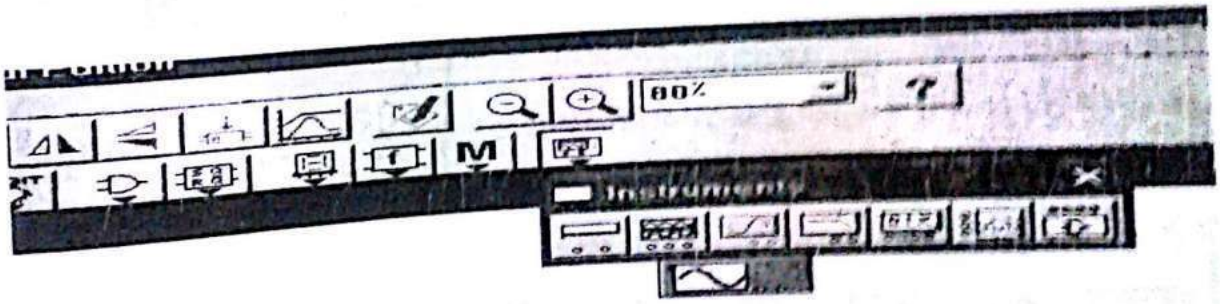


الشكل (27)

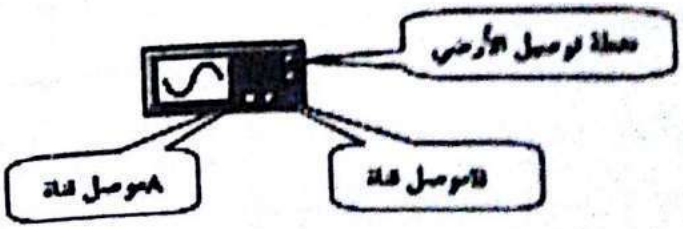
10 . مقياس راسم الإشارة Oscilloscope :

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 شريط الأجهزة Instruments .



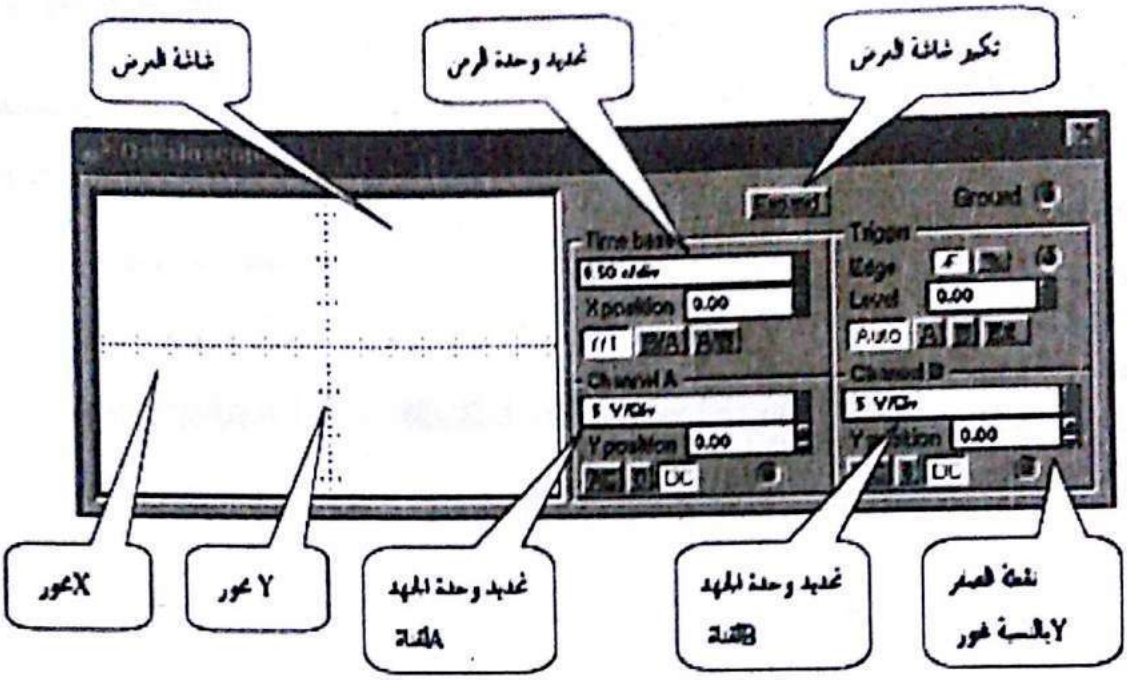
الشكل (28)



الشكل (29)

Generated by CamScanner from intsig.com

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



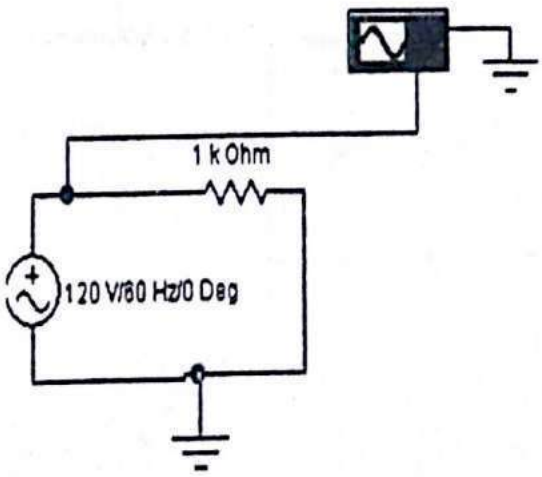
الشكل (30)

- **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 للدارة 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 .

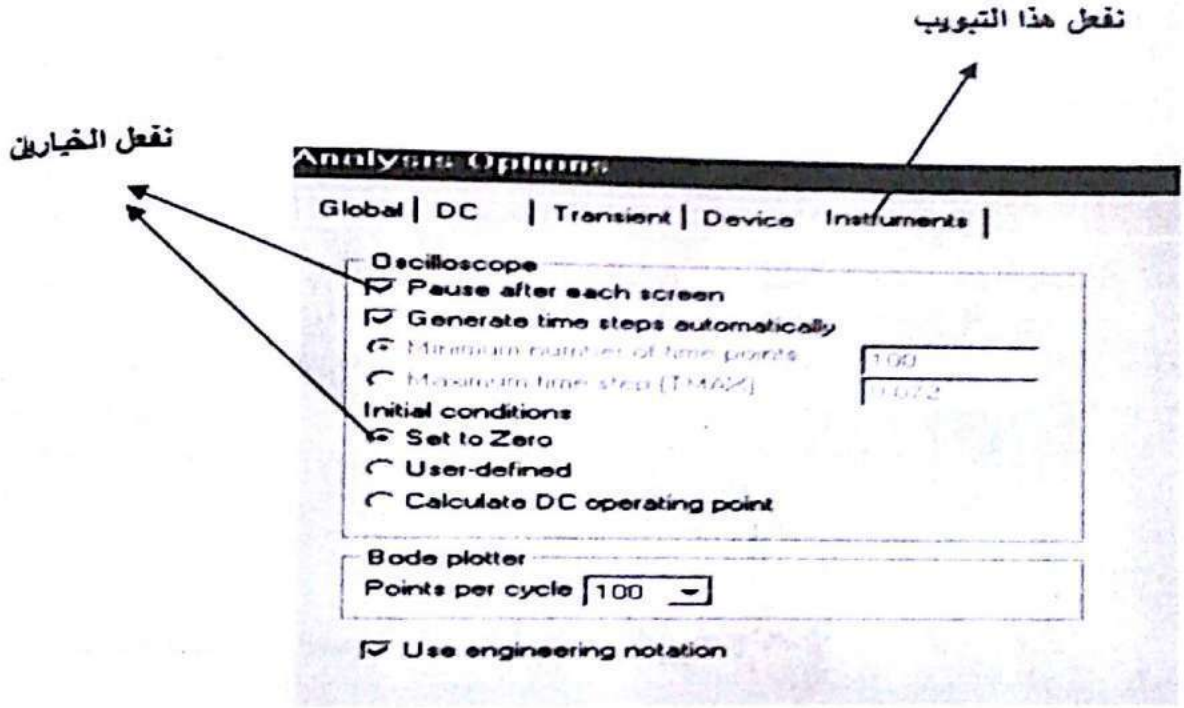
لرؤية الإشارة :

- ننقر نقرة مزدوجة على راسم الإشارة ، فتظهر نافذته .

Generated by CamScanner from intsig.com

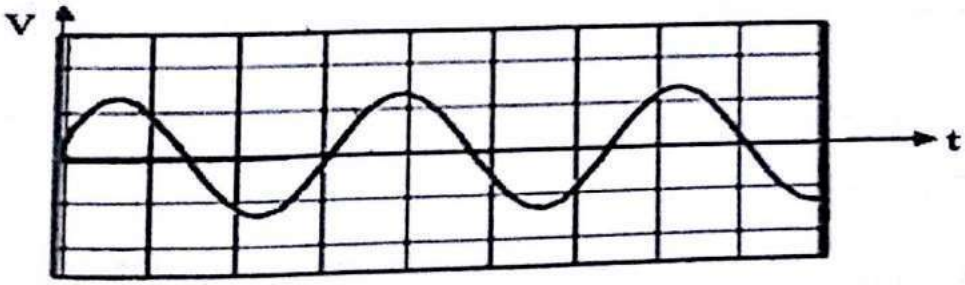
- نضبط قاعدة الزمن Time base بالتوافق مع القناة A (Channel A) للحصول على إشارة متأرجحة .

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)

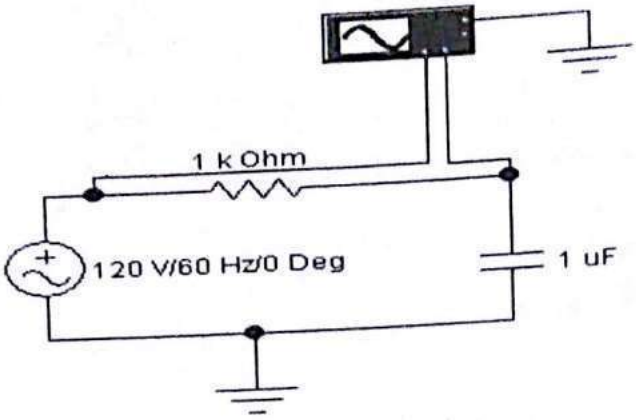
- **كيفية وصل راسم الإشارة لرسم إشارتين على المحاور نفسها:**

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 .

Generated by CamScanner from intsig.com

مثال (4):

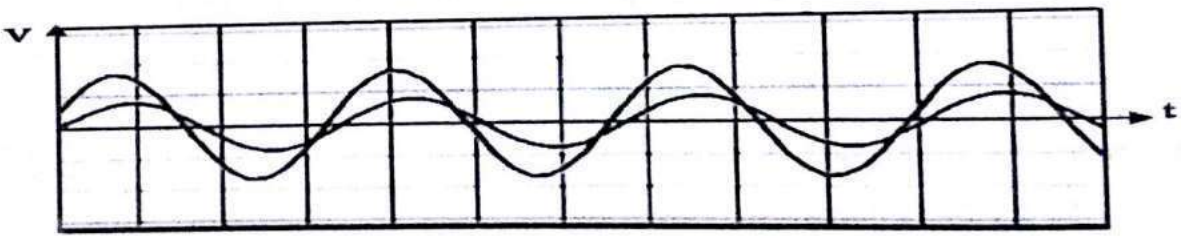
ارسم كلاً من إشارتي الدخل والخرج .



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).

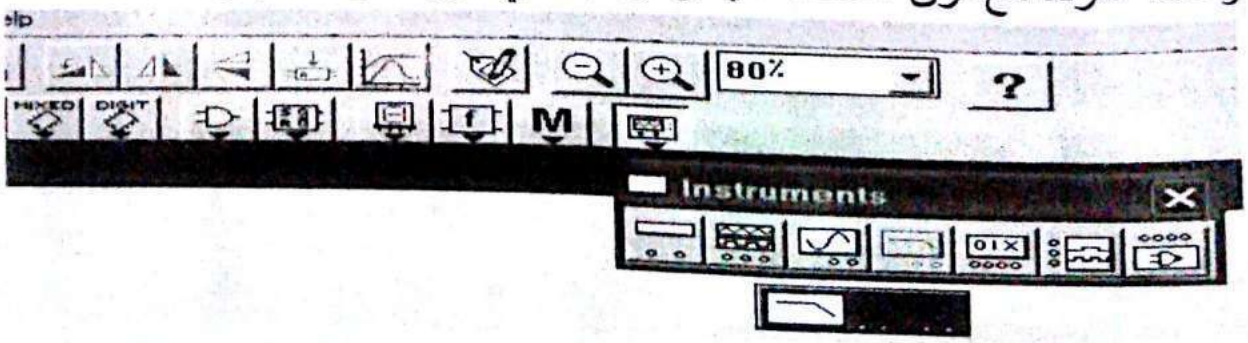
لرؤية الإشارة :

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



الشكل (33)

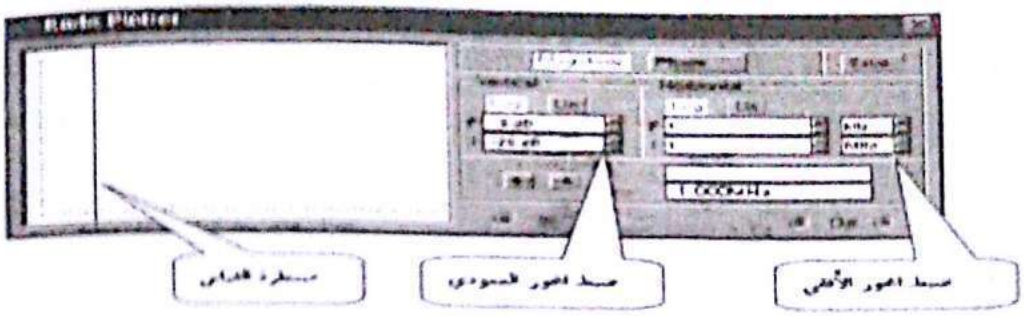
11. راسم مخطط بود Bode Plotter: يفيد هذا الجهاز في رسم علاقة التردد مع الربح وعلاقة التردد مع فرق الصفحة . يمكن أن نجده في شريط أدوات القياس Instruments.



الشكل (34- A)

Generated by CamScanner from intsig.com

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



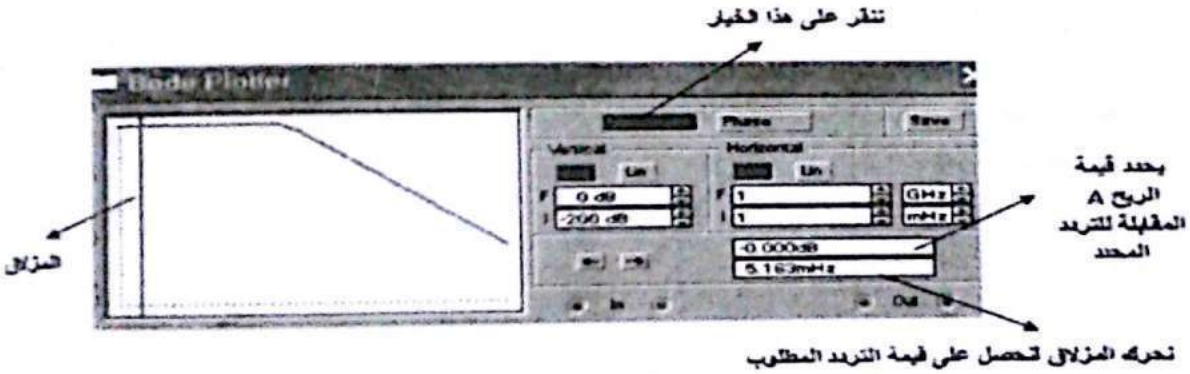
الشكل (34- B)

المحور الأفقي : لتحديد بداية التردد ونهايته.

المحور العمودي : لتحديد قيم هذا المحور على التردد المطلوب قياسه.

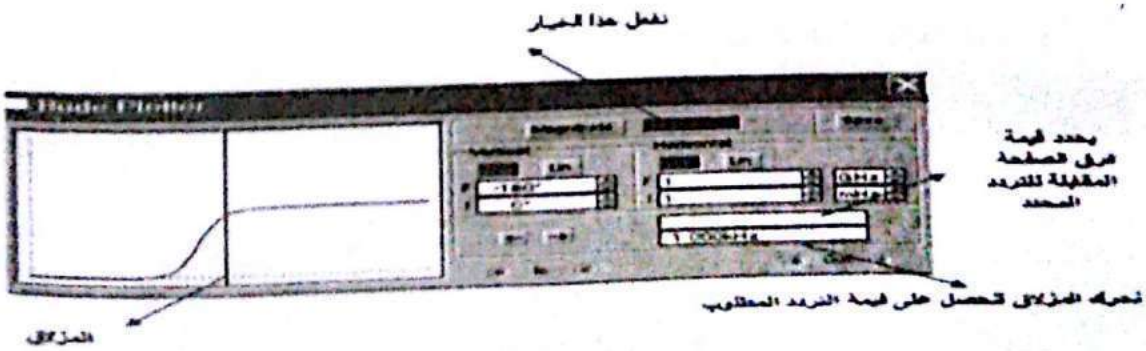
نلاحظ في نافذة بود تبويبين :

- نافذة المطال Magnitude :



الشكل (34)

- نافذة الطور Phase:



الشكل (35)

Generated by CamScanner from intsig.com

الفصـــــــل الأول : قســـم الـــدارات الكهربائيـــة

❖ التجـربـــــة الأولـــى :

المفاهيم الأساســـية في نظريـــة الـــدارات (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:

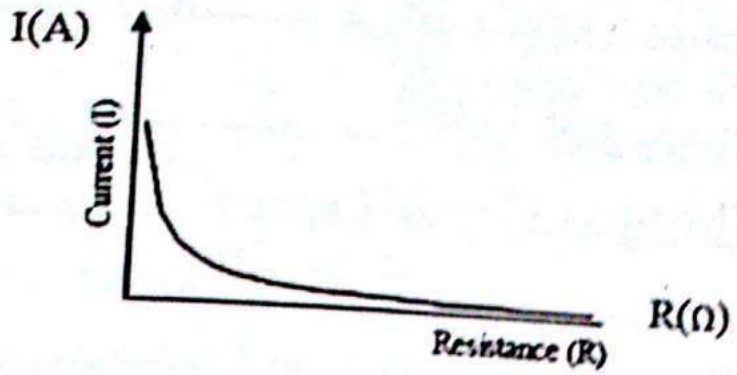
1-3-1 المقاومة Resistance (R) :

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

أثبت العالم أوم Ohm أن النسبة بين الجهد والتيار المار في ناقل معدني ، ثابتة مـــن أجـــل درجة حرارة معينة ، تدعى هذه النسبة المقاومة ، وتقاس بالأوم Ohm (Ω) وكلما ازدادت قيمة المقاومة تقل كمية التيار المار فيها ، والعكس صـــحيح. فمـــثلاً بعـــض المـــواد مثـــل البلاستيك، والمطاط ، والخشب لها مقاومة كبيرة جداً لانهائية، وبالتالي فهي تمنـــع مـــرور التيار خلالها . بعكس النحاس ، والذهب ، والفضة التي لها مقاومة صغيرة جداً ، وبالتـــالي

Generated by CamScanner from intsig.com

فهي تسمح 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 ، وتقاس 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 قانـــــــــون أوم Ohm's Law :

ينص قانون أوم على أن التيار المار في مقاومة يتناسب طرداً 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 .

مثـــــال(1-1):

إذا كان التيار المار في مقاومة ما 50 μA , وقيمة هبوط الجهد عليهـا 100 mv ، احسب قيمة هذه المقاومة ؟

Generated by CamScanner from intsig.com

الحـــــل:

بتطبيق قانون أوم نجد أن :

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

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 . تُعرف الاستطاعة بالعلاقة التالية :

$$P = V . I$$

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. R في علاقة الاستطاعة نحصل على الشكل التالي للاستطاعة التي تسمى الاستطاعة الآنية:

$$P = V. I = I . R . I = I^2 . R$$

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

6-1 توصيل المقاومـــــــــات :

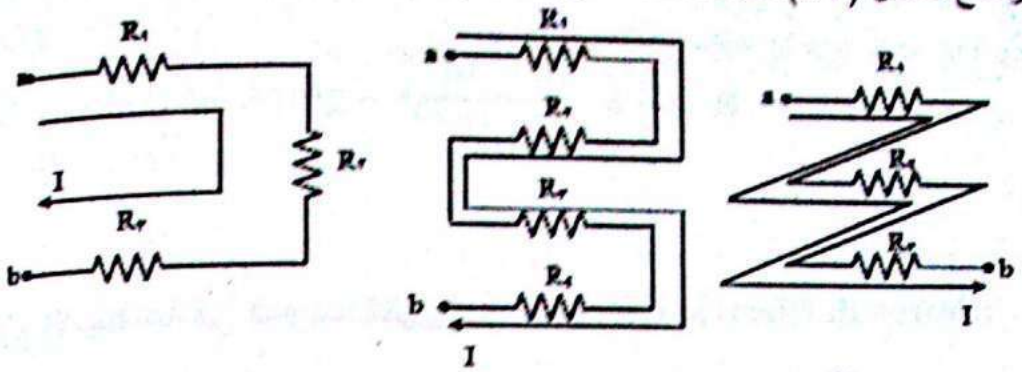
هناك نوعان لتوصيل المقاومات:

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

عندما تشكل مجموعة من المقاومات مساراً واحداً لمرور التيار ، وقيمة التيـــار ثابتـــة فـــي المقاومات جميعها ، عندها نعد هذه المقاومات متصلة على التسلسل:

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل (1-2)

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

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

في حال تساوي المقاومات تصبح المقاومة المكافئة: $R_T = N * R$

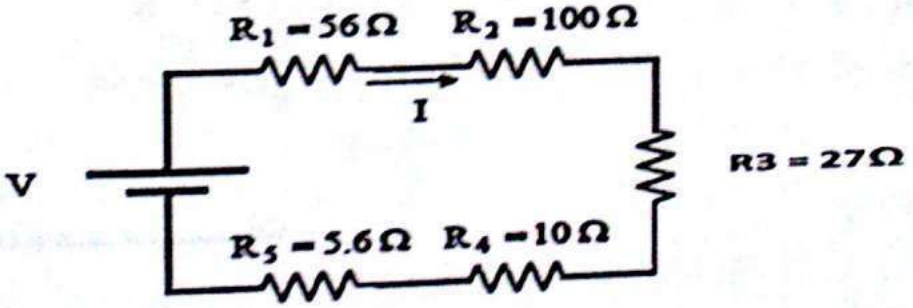
حيث إن :

R : إحدى المقاومات

N: عدد المقاومات

مثـــال(1-2):

أوجد قيمة المقاومة المكافئة للدارة التالية :



الشكل (1-3)

الحـــل:

نجد أن هناك خمس مقاومات على التسلسل نحسب المقاومة المكافئة R_T :

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

Generated by CamScanner from intsig.com

مثـــال(1-3):

أوجد قيمة المقاومة المكافئة لتسع مقاومات متساوية متصلة على التسلسل حيث تساوي قيمة المقاومة الواحدة 12Ω ؟

الحـــــل:

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

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

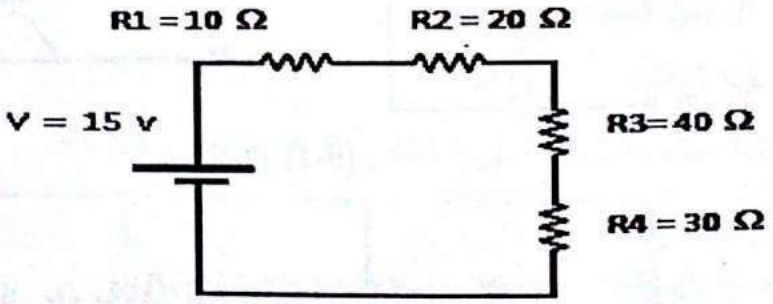
الاستطاعة في الدارات التسلسلية تساوي مجموع الاستطاعات التي تستهلك في كل مقاومة ، فيأخذ قانون الاستطاعة أحد أشكال العلاقات التالية:

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

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

مثـــال(1-4):

أوجد قيمة الاستطاعة الكلية في الدارة التالية ؟



الشكل (1-4)

الحـــــل:

نحسب أولاً قيمة المقاومة الكلية :

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

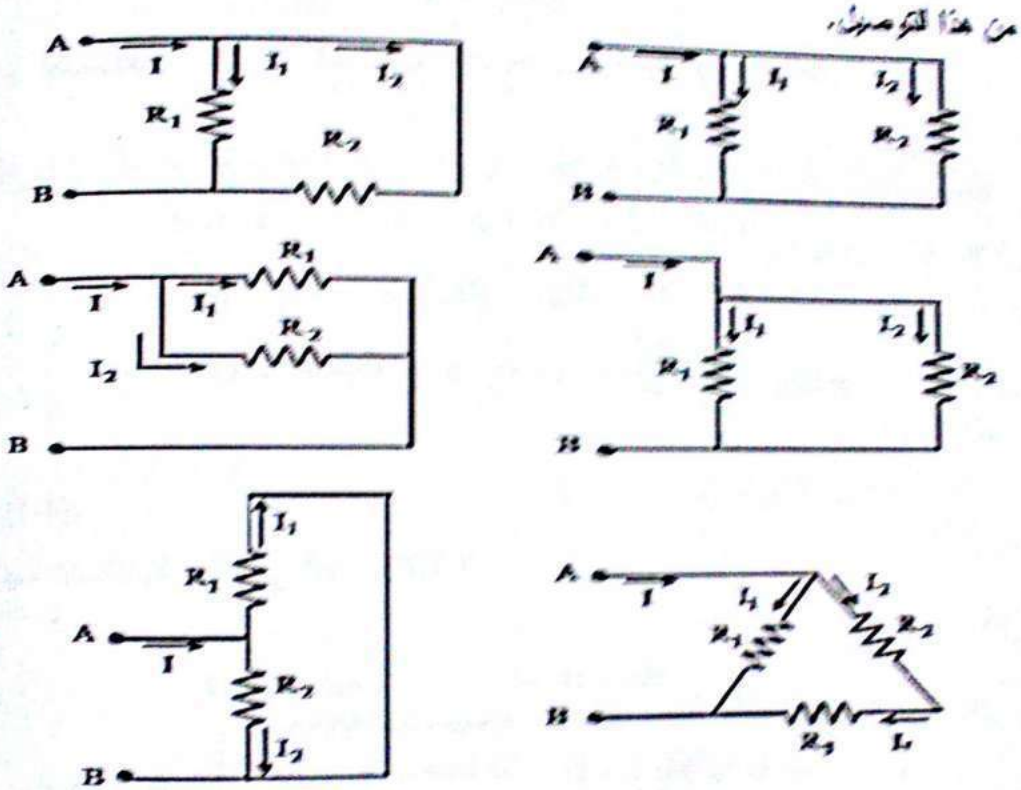
ثم نحسب الاستطاعة الكلية ، وذلك بإستخدام إحدى علاقات الاستطاعة :

Generated by CamScanner from intsig.com

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

1-5-3 توصيل المقاومات على التوازي (التفرع) Resistance in a Parallel Circuits

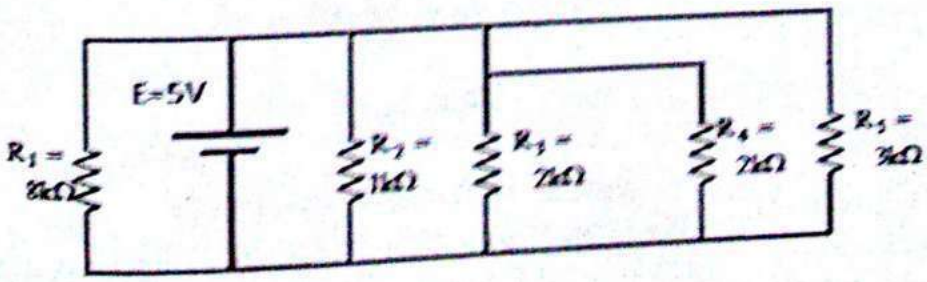
يعرف التوازي بوجود أكثر من فرع (مقاومة) بين نقطتين، عندها يكون الجهد بين هاتين النقطتين يكون متساوياً في جميع الفروع (المقاومات) . يوضح الشكل (1-5) حالات مختلفة من هذا التوصيل.



الشكل (1-5)

مثـــال(1-5):

أوجد قيمة الجهد على كل مقاومة في الدارة التالية ؟



الشكل (1-6)

Generated by CamScanner from intsig.com

الحـــل:

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

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

المقاومةالكلية (R_T) للمقاومات الموصولةعلى التوازي كالآتي :

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

أو:

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

في حال تساوي المقاومات:

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

عندها تصبح المقاومة المكافئة R_T كما يلي:

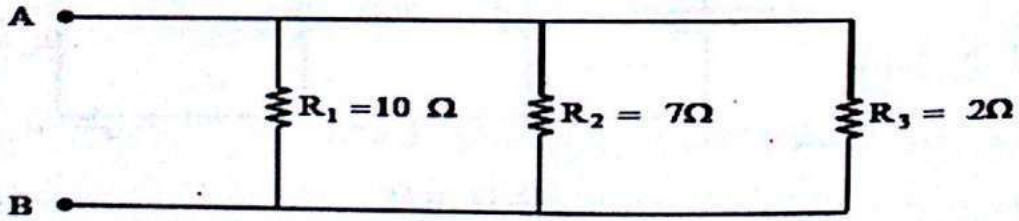
$$R_T = \frac{1}{N} * R$$

حيث R : إحدى المقاومات

N: عدد المقاومات

مثـــــال(1-6):

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



الشكل (1-7)

الحـــل:

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3}$$

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

$$R_T = 1.3\ \Omega$$

مثـــال(1-7):

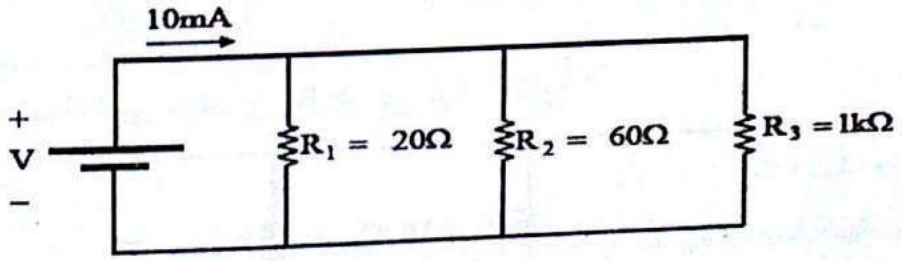
أوجد قيمة المقاومة المكافئة لست مقاومات متساوية متصلة على التوازي يساوي كل منها 60 Ω .

الحـــل:

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

مثـــال(1-8):

أوجد قيمة الجهد المطبق على مجموعة مقاومات موصولة على التوازي للدارة في الشكل (1-8):



الشكل (1-8)

الحـــل:

نحسب المقاومة المكافئة :

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3}$$

Generated by CamScanner from intsig.com

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

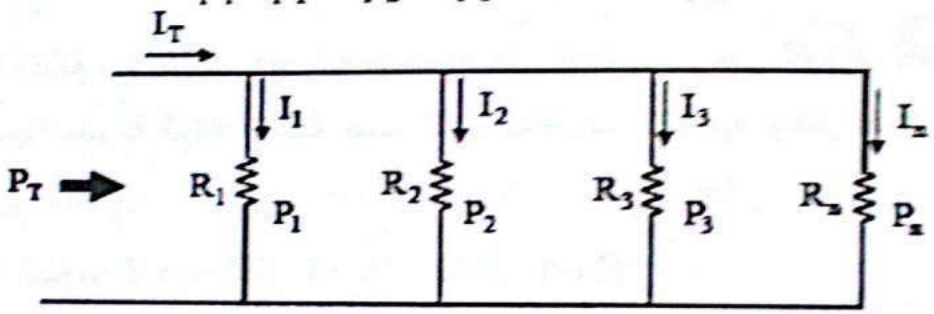
$$V = I_T * R_T$$

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

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

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

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



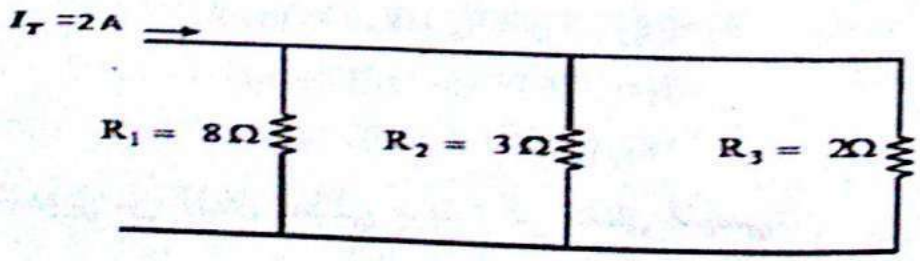
الشكل (1-9)

$$P_T = \frac{V^2}{R_T} \quad , \quad P_T = I_T^2 . R_T$$

حيث I_T : يمثل التيار الكلي للدارة.

مثـــال(1-9):

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



الشكل (1-10)

Generated by CamScanner from intsig.com

الحـــل:

نحسب أولاً المقاومة للمقاومات الثلاث الموصولة على التفرع:

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$$

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

$$R_T = 1.04\ \Omega$$

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

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

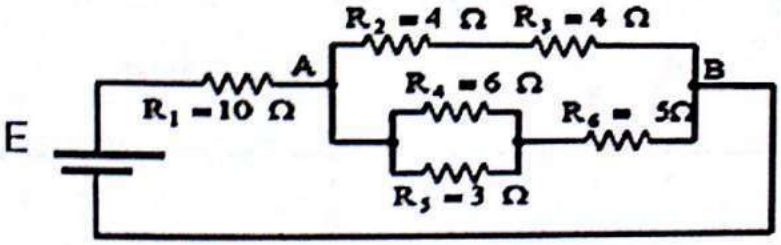
$$P_T = 4.16\ W$$

7-1 الـــدارات المركبـــة:

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

مثـــال(1-10):

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



الشكل (1-11)

الحـــل:

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

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

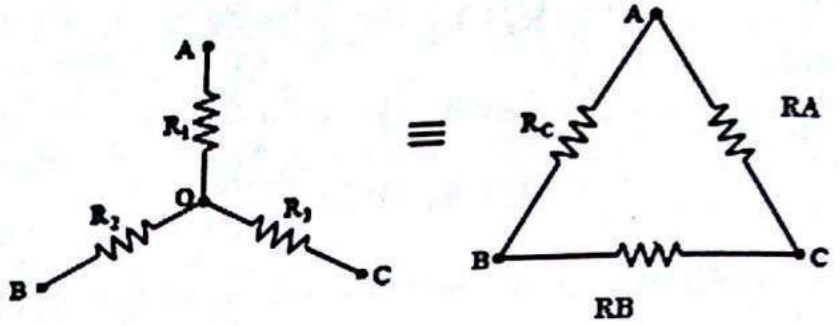
$$R_T = ((8) // (7)) + 10 = 14\Omega$$

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

(Conversion from Δ to Y)

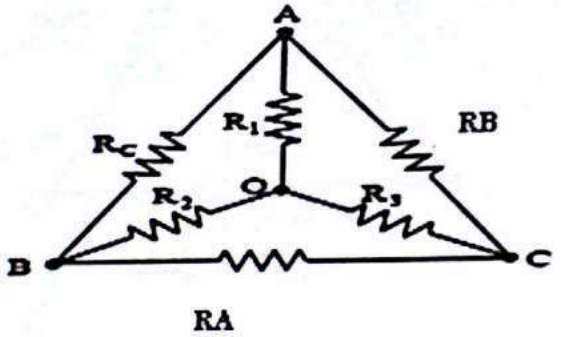
Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل (1-12) الشكل المثلثي والنجمي

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



الشكل (1-13)

1-7-2 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.

بالتالي نجد أن :

$$R_T = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$$

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

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

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

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

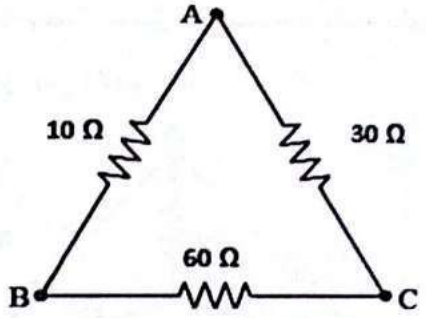
$$R_A = R_2 + R_3 + \frac{R_2 * R_3}{R_2}$$

$$R_B = R_1 + R_3 + \frac{R_1 * R_3}{R_1}$$

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

مثـــــال(1-11):

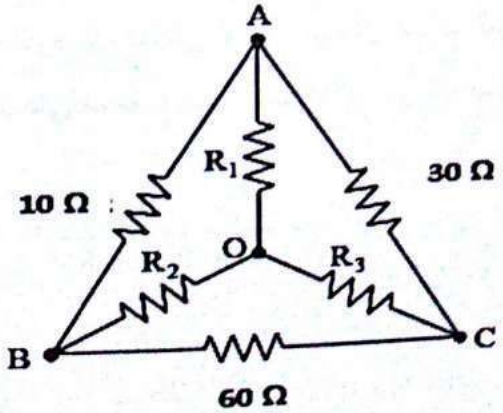
حول التوصيلة المثلثية التالية إلى التوصيلة النجمية المكافئة لها .



الشكل (1-14)

الحـــل:

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



الشكل (1-15)

عندها نحسب المقاومات حسب قوانين التحويل:

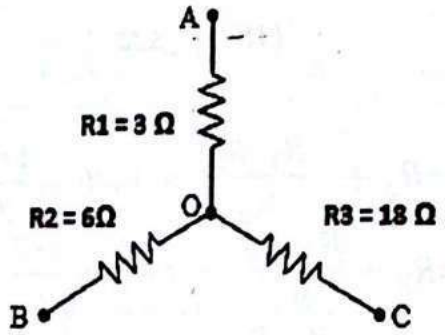
Generated by CamScanner from intsig.com

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

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

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

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

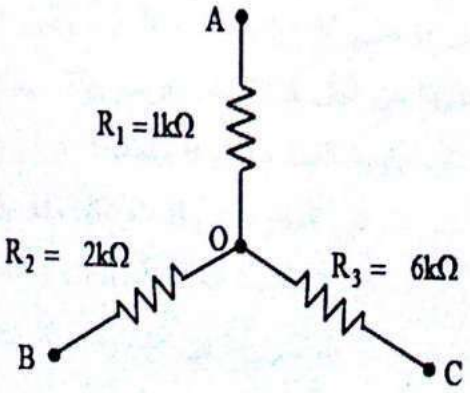


الشكل (1-16)

مثـــــال(1-12):

حول التوصيلة النجمية التالية إلى التوصيلة المثلثية المكافئة .

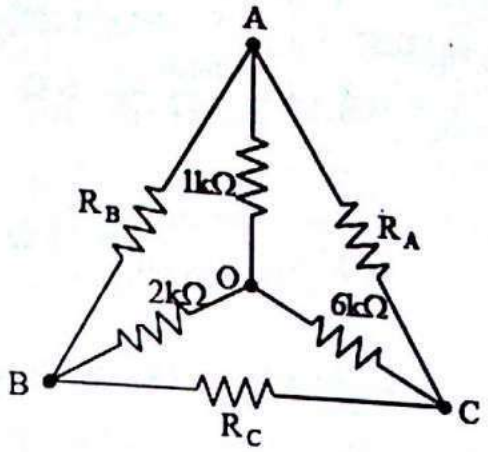
الحـــــل:



الشكل (1-17)

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل (1-18)

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

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

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

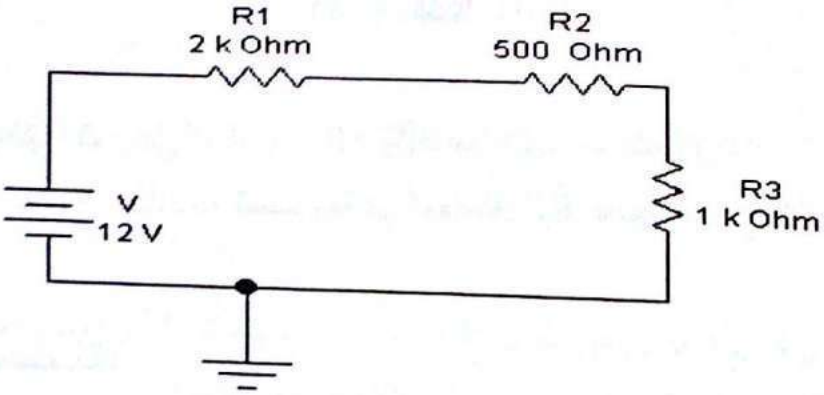
Generated by CamScanner from intsig.com

القسم العملي للتجربة :

التجربة الأولـــى : المفاهيم الأساســـية في نظريـــة الـــدارات الكهربائية

نص التجربـــــــة :

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 ، وقس التيار المار فـي المقاومـة R_3 وكذلك الجهد الهابط عليها من أجل كل قيمة ، ارسم V_R بدلالة I_R، ماهو ميل المستقيم الناتج ، وماعلاقة ميل المستقيم بقيمة المقاومة R_3 ولماذا؟

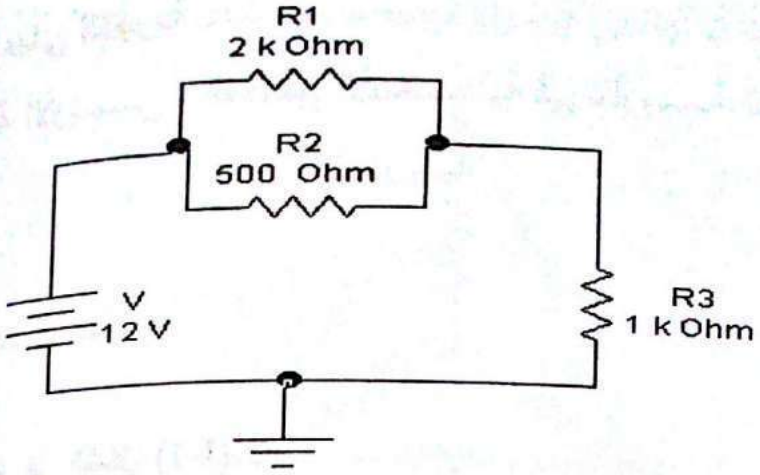
3- قس فرق الكمون على طرفي المقاومة R_2 ، وتأكد منه بالحساب النظري .

4- استبدل بالمقاومتين R_1،R_2 المقاومة المكافئة لهما ، وأعد القياس الأول .

5- ماذا تصبح قيمة الاستطاعة المصروفة في المقاومةR_3 عندما تصبح قيمتها 2.5 KΩ

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

Generated by CamScanner from intsig.com



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 400Ω .

العناصر المستخدمة:

1- ثلاث مقاومات : وتؤخذ من أحد أزرار شريط القطع الأساسية Basic.

2- مولد وأرضي : ويؤخذان من أحد أزرار شريط المنابع Sources.

3- مقياس أمبير : ويؤخذ من أحد أزرار شريط المؤشرات Indicators.

4- مقياس فولت : ويؤخذ من أحد أزرار شريط المؤشرات Indicators.

خطـــــــوات الحـــــــل :

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 ، والجهد المقيسين سابقاً .

Generated by CamScanner from intsig.com

2- نرتب القيم في الجدول (1-1) :

V	V_{R3}	I_{R3}
0 V		
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 .

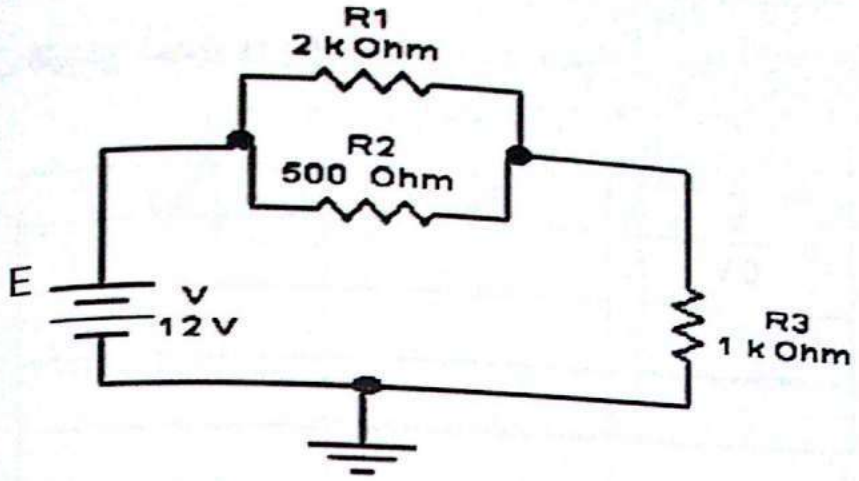
3- نقيس فرق الكمون على طرفي المقاومة R_2 باستخدام مقياس فولت على التفرع معها، ونتأكد من ذلك بالحساب النظري دون استخدام القيم العملية .

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 kΩ ونقيس قيم التيار ، والجهد على طرفي المقاومة R_3 ، ونحسب الاستطاعة العملية المصروفة فيها.

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

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل (1-3)

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 المقيسة .

3- نبدل بقيمة المقاومة R_3 القيمة 400Ω ، نحسب قيم التيار والجهد بالقياس، نحسب الاستطاعة العملية المصروفة فيها .

Generated by CamScanner from intsig.com

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

2-1 الهدف من التجربة:

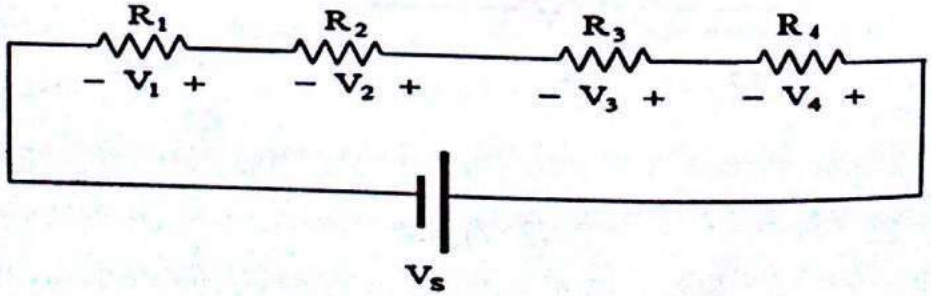
- تعرف قوانين كيرشوف للجهد والتيار.
- تعرف مقسم الجهد ومقسم التيار للدارات التسلسلية والتفرعية.
- كيفية وصل منابع الجهد على التسلسل.
- التحويلات بين منابع الجهد والتيار.

2-2 المبدأ النظري للتجربة:

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

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

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



الشكل(2-1)

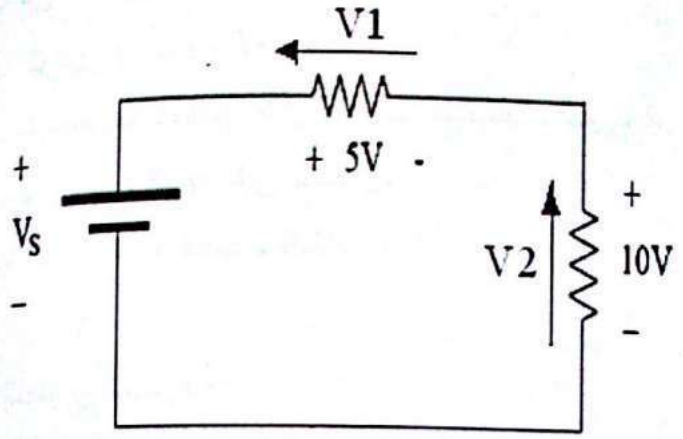
Generated by CamScanner from intsig.com

$$Vs = V1+V2+V3+V4$$

مثال(2-1):

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

الحل:



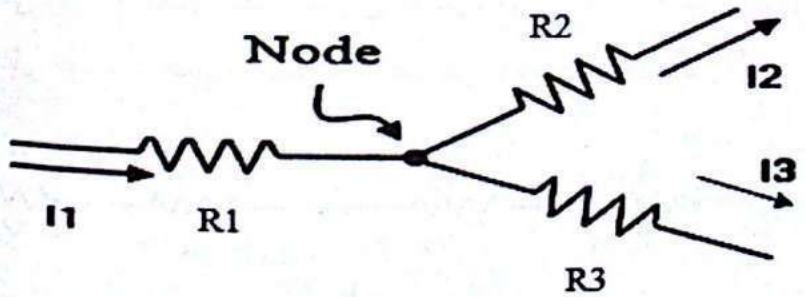
الشكل(2-2)

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد:

$$Vs = V1+V2$$
$$Vs = 5+10 = 15v$$

2-4 قانون كيرشوف للتيار (KCL):

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



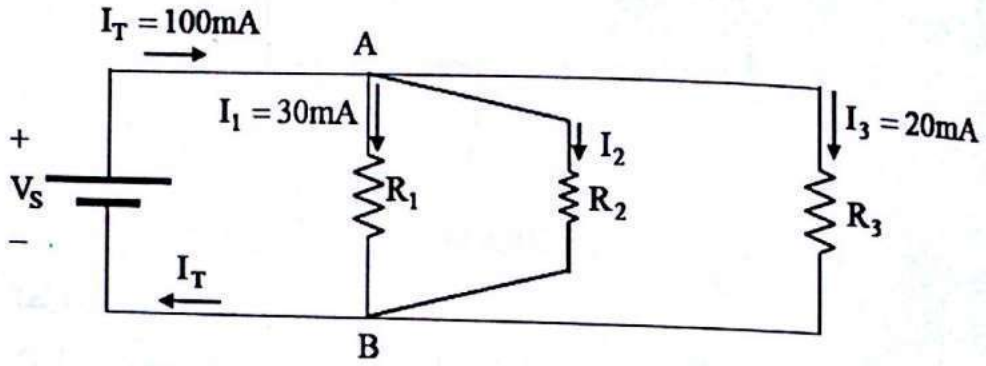
الشكل(2-3)

$$I_1 = I_2+I_3$$
$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Generated by CamScanner from intsig.com

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

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



الشكل(2-4)

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$
$$100\ mA = 30\ mA + I_2 + 20\ mA$$
$$I_2 = 100\ mA - 50\ mA = 50\ mA$$

2-5 وصل منابع الجهد على التسلسل :

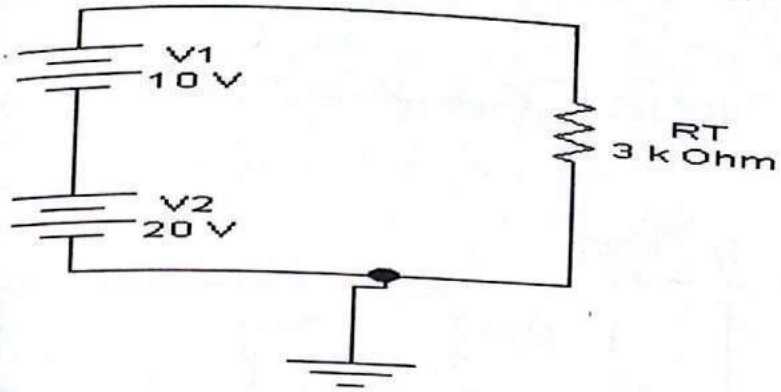
عندما تحوي دارة كهربائية أكثر من منبع جهد موصولين على التسلسل ، فإن قيمة الجهد الكلي للدارة يساوي مجموع قيم منابع الجهد ، مع الأخذ بعين الاعتبار جهة التوصيل ، فإذا كان الطرف الموجب للمنبع الأول موصولاً مع الطرف السالب للمنبع الثاني يكون الناتج مساوياً لجمع قيمتي المنبعين ، أما إذا كان الطرف الموجب للمنبع 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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

مثال(2-3):

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



الشكل(2-5)

الحل:

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

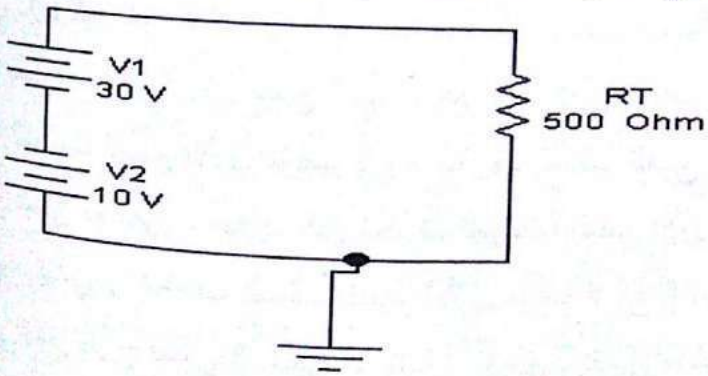
$$V = V1+V2$$
$$V = 10 + 20=30v$$

وبتطبيق قانون أوم :

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

مثال(2-4) :

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



الشكل(2-6)

Generated by CamScanner from intsig.com

الحل :

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

$$V = V1 - V2 = 30 - 10 = 20\ v$$

$$I = V / R_T = 20 / 500 = 40\ mA$$

وتكون جهة المنبع المكافئ من جهة المنبع الأكبر قيمةً أي V1 .

6-2 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.

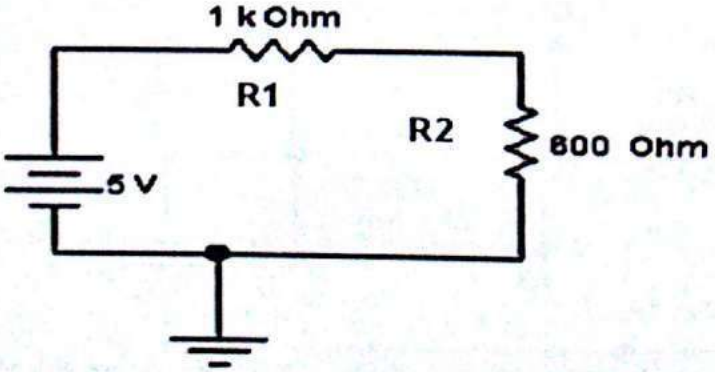
R_T : المقاومة المكافئة للدارة .

V_S : جهد المنبع .

مثال(2-5):

احسب الجهد V1 ,V2 في الدارة التالية باستخدام علاقة مقسم الجهد:

الحل:



الشكل(2-7)

نستخدم قانون مقسم الجهد:

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

$$V1 = \frac{R1}{R_T} \cdot V_S$$

بما أن المقاومتين R1 , R2 موصولتان على التسلسل ، فالمقاومة المكافئة لهما تساوي :

$$R_T = R1 + R2$$

Generated by CamScanner from intsig.com

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

وبالتالي:

$$V1 = (1000 / 1600) \times 5 = 3.125V$$

$$V2 = (600/1600) \times .5 = 1.875V$$

وللتأكد يمكن حساب V2 باستخدام قانون كيرشوف للجهد أي:

$$V2 = Vs - V1 = 5 - 3.125 = 1.875V$$

2-7 مقسم التيار:

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

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

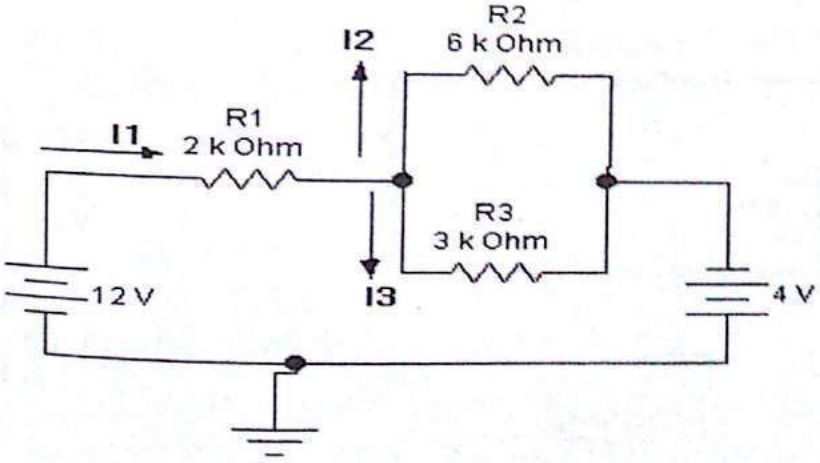
X :هو رقم المقاومة ، والتيار المار فيها.

R_T : المقاومة الكلية المكافئة للدارة.

I : التيار الكلي.

مثال(2-6):

احسب التيار المار في المقاومتين R3 , R2 في الشكل(2-8) باستخدام علاقة مقسم التيار:



الشكل (2-8)

Generated by CamScanner from intsig.com

الحل:

نلاحظ أن المقاومتين R2 , R3 موصولتان على التفرع ، وبالتالي المقاومة المكافئة لهما:

$$R_A = \frac{R2 \times R3}{R2+R3} = \frac{3\times6}{3+6} = 2k\Omega$$

وهما موصولتان على التسلسل مع R1 ومنه :

$$R_T = R_1 + R_A = 2 + 2 = 4k\Omega$$

ونستبدل منبعي الجهد بالمنبع المكافئ:

$$E = E1 + E2 = 12 + 4 = 16V$$

فيكون التيار الكلي:

$$I1 = \frac{E}{R_T} = \frac{16}{4} = 4\ mA$$

وحسب علاقة مقسم التيار:

$$I2 = I1 \cdot \frac{R3}{R2+R3} = 4 \cdot \frac{3}{3+6} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}\ mA$$

$$I3 = I1 \cdot \frac{R2}{R2+R3} = 4 \cdot \frac{6}{3+6} = \frac{24}{9} = \frac{8}{3}\ mA$$

ويمكن التأكد من النتيجة السابقةحسب قانون كيرشوف للتيار $I1 = I2 + I3$ فنجد:

$$I3 = I1 - I2 = 4 - \frac{4}{3} = \frac{12}{3} - \frac{4}{3} = \frac{8}{3}\ mA$$

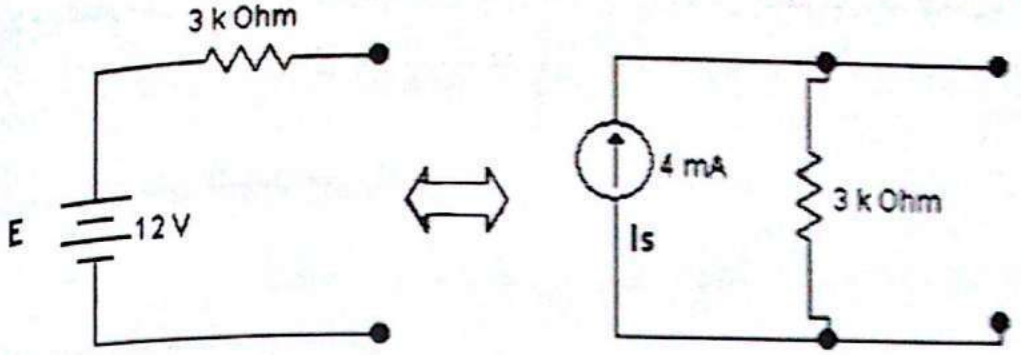
8-2 تحويل المنابع :

يوجد لدينا في معظم الدارات الكهربائية والالكترونية منابع جهد أو منابع تيار أو منابع مختلطة (جهد وتيار) ، ويمكن حل الدارات بتحويل منابع الجهد إلى تيار ، وبالعكس من خلال نظرية تحويل المنابع 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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

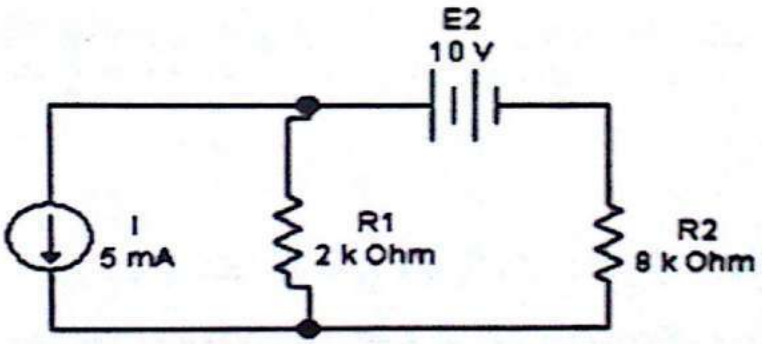


الشكل(2-10) الشكل(2-9)

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

مثال(2-7):

احسب التيار المار في المقاومةR2 في الشكل (2-11) باستخدام نظرية تحويل المنابع :

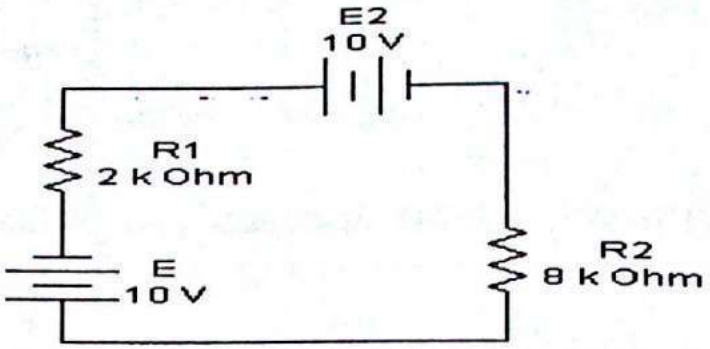


الشكل(2-11)

الحل:

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل(2-12)

$$E = I.\ R1 = 5\ mA\ .\ 2\ k\Omega = 10\ V$$

أصبحت المقاومة R1 على التسلسل مع E ، ونحصل على المنبع المكافئ E_{eq} للدارة ،

بجمع المنبعين E , E2 لأنهما بالاتجاه نفسه :

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

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

R1, R2 موصولتان على التسلسل فإن:

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

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

$$I_2 = \frac{Eeq}{Req}$$

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

أي أن التيار المار في R2 يساوي 2 ميلي أمبير.

Generated by CamScanner from intsig.com

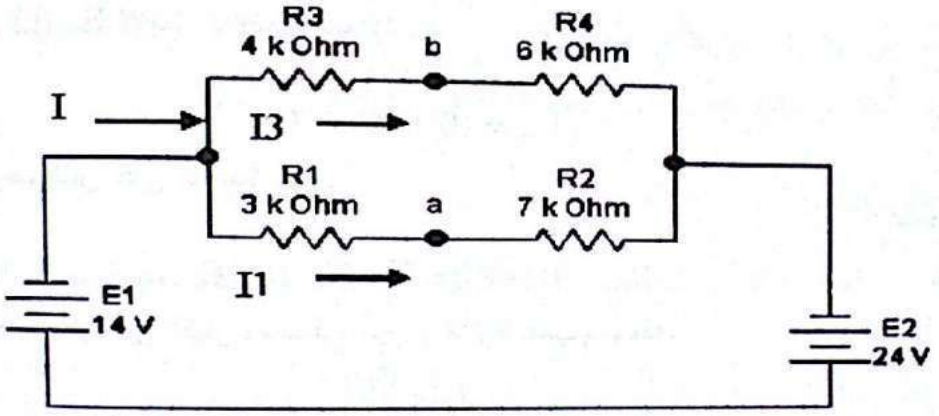
القسم العملي للتجربة :

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 Vab.
2. قس عملياً قيمة التيار الكلي I والتيارات الفرعية I1,I3 .
3. تحقق نظرياً من القيم المطلوبة المقيسة عملياً في الطلبين الأول والثاني.



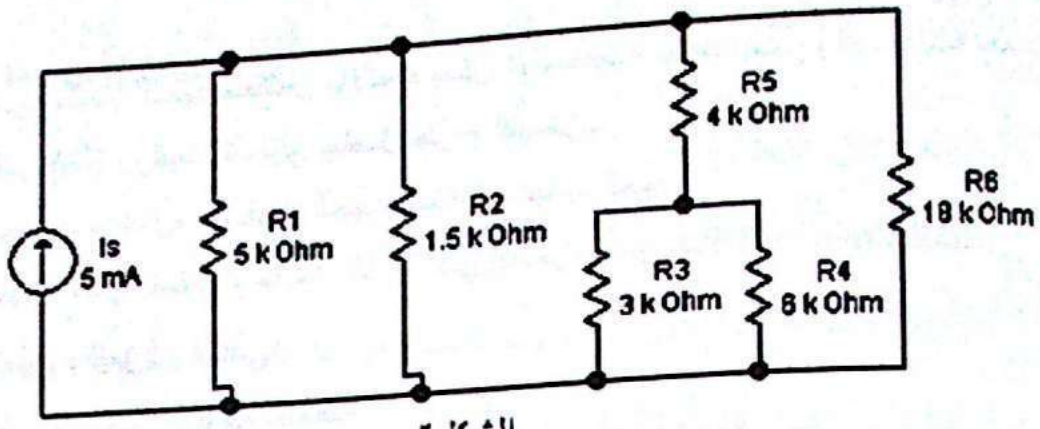
الشكل(1)

السؤال الثاني:

لتكن لدينا الدارة المبينة في الشكل(2) إذا علمت أن قيمة منبع التيار Is=5mA وقيمة المقاومة R1=5 kΩ

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

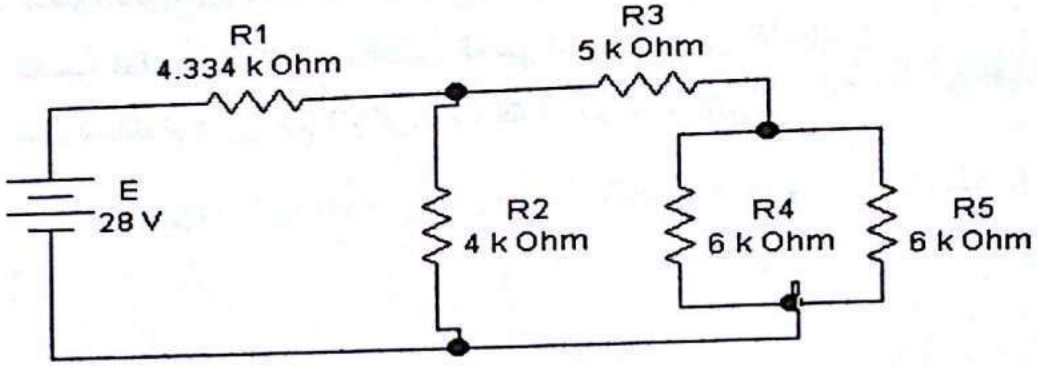
Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل ٢

السؤال الثالث:

لتكن الدارة في الشكل(3) قس عملياً، واحسب نظرياً قيمة التيارات I1 , I2 , I3 , I4 , I5



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:

Generated by CamScanner from intsig.com

- 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.

Generated by CamScanner from intsig.com

❖ التجربـــة الثـــالثـــة :دارة ثيفنن ودارة نورتون

1-3 الهدف من التجربة:

- تعرف نظرية التركيب في الدارات الكهربائية.
- إمكانية تحويل أية دارة كهربائية إلى دارة مبسطة باستخدام دارة ثيفنن أو دارة 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 دارة 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 المنابع كلاً على حدة.

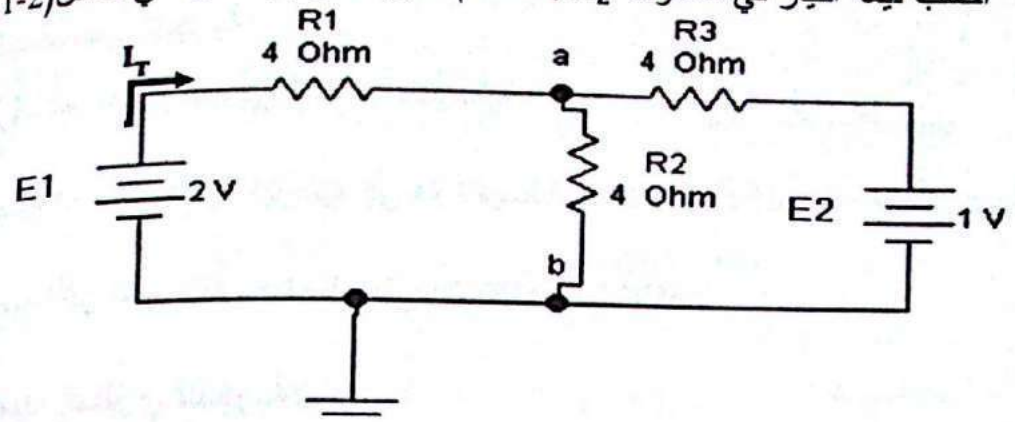
والجهد المطبق على فرع من فروع دارة كهربائية تحتوي على أكثر من منبع للطاقة الكهربائية (منبع الجهد أو منبع للتيار) يساوي المجموع الجبري للجهود الجزئية المطبقة على ذلك الفرع ، عندما تعمل هذه المنابع كلاً على حدة.

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

Generated by CamScanner from intsig.com

مثال(3-1) :

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

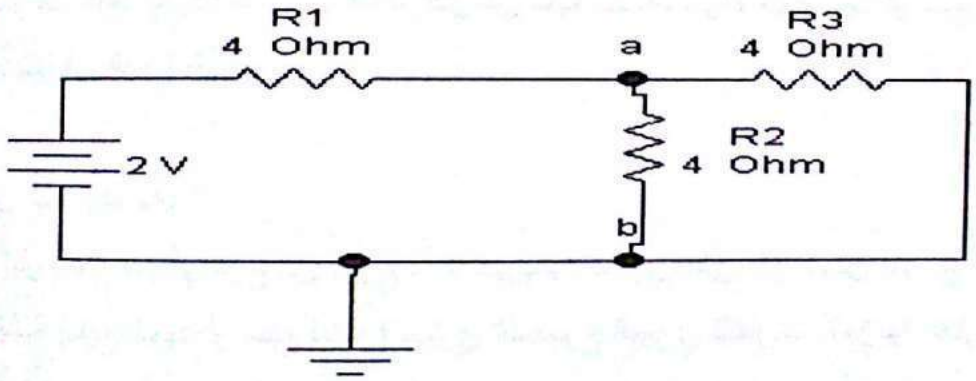


الشكل (3-1)

الحـــل :

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 الدارة في الشكل:



الشكل (3-2)- أ

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

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

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

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

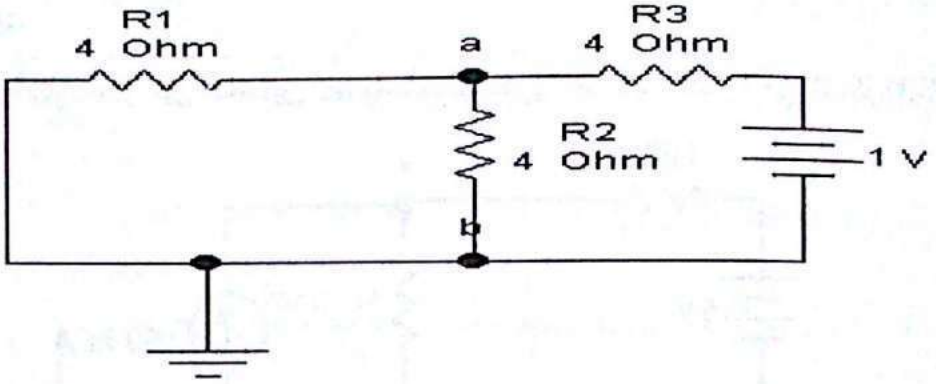
$$I_T = \frac{2}{6} = 333.3\ mA$$

Generated by CamScanner from intsig.com

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:

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

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

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

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

لحساب التيار المار في المقاومة R_2 في الفرع ab نطبق علاقة مقسّم التيار:

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

نحسب قيمة التيار الكلي الناتج عن وجود المنبعين:

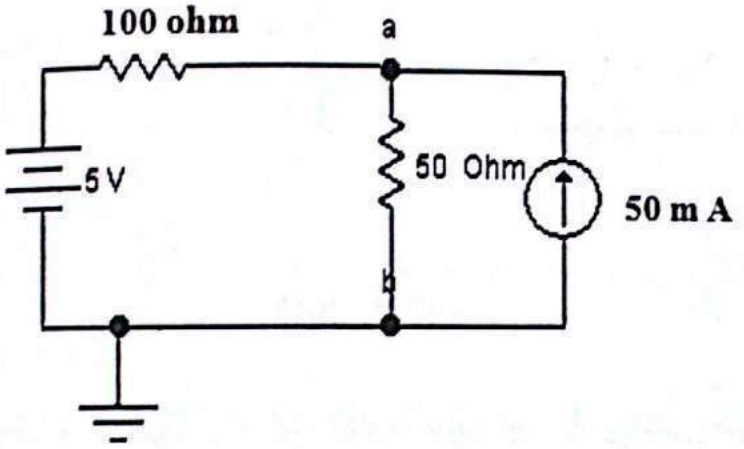
$$I_{ab} = 83.5 + 166.65 = 250.15 \text{ mA}$$

Generated by CamScanner from intsig.com

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 (3-2):

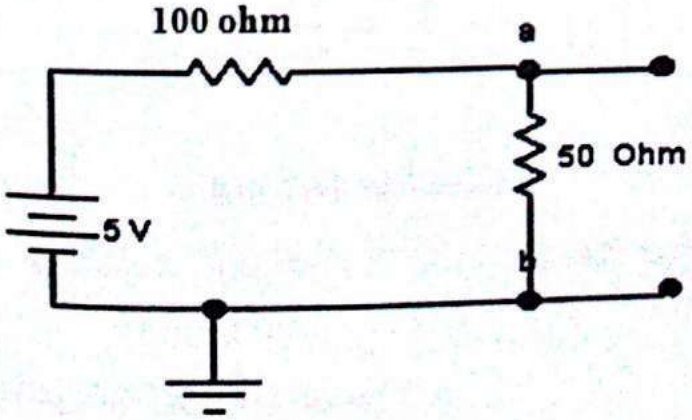
احسب قيمة التيار المار بين العقدتين ab باستخدام نظرية التركيب للدارة في الشكل(3-3)؟



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 (3-4)

Generated by CamScanner from intsig.com

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

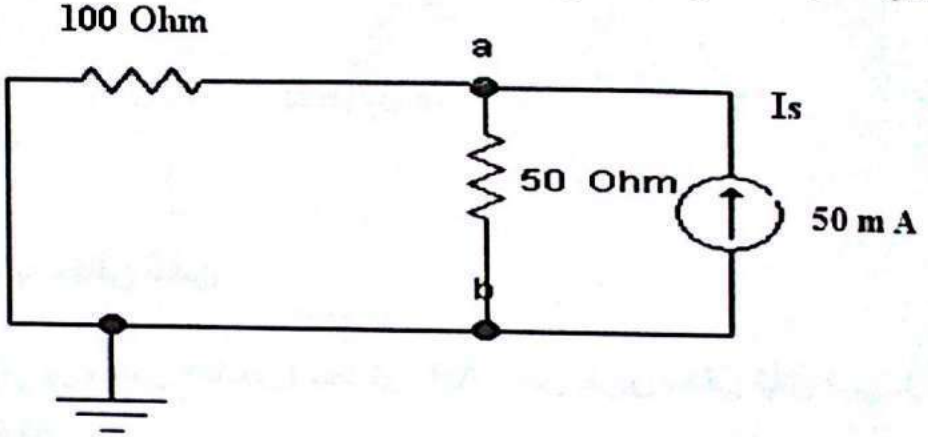
$$R_T = 100 + 50 = 150\Omega$$

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

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

وهو التيار المار في الفرع ab .

الدارة الثانية تحتوي على منبع تيار 50 m A بعد قصر منبع التغذية.



الشكل (3-5)

لحساب التيار المار في الفرع ab نطبق علاقة مقسّم التّيار.

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

نحسب قيمة التيار نتيجة وجود المنبعين:

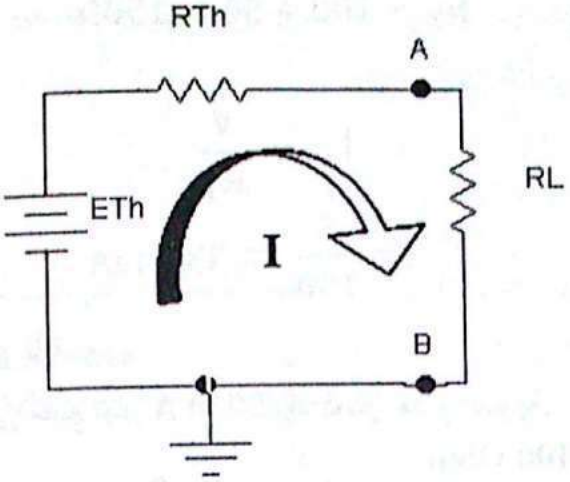
$$I_{ab} = 33.3 + 33.3 = 66.6 \text{ m A}$$

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 ثفينن Thevenin Equivalent Circuit تستخدم نظرية ثيفنن لحساب التيار أو الجهد بين نقطتين (A,B) في دارة كهربائية .

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل (3-6)

3-4-1 كيفية حساب مكافئ ثيفنن:

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

3-4-1 -1-الخطوة الأولى:

نحسب مقاومة ثيفنن R_{Th} :

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

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

3- ننظر من جهة النقطتين المحددتين AB ، للعثور على المقاومة المكافئة للدارة بـين هاتين النقطتين والتي تكافئ مقاومة ثيفنن.

3-4-1-2 الخطوة الثانية :

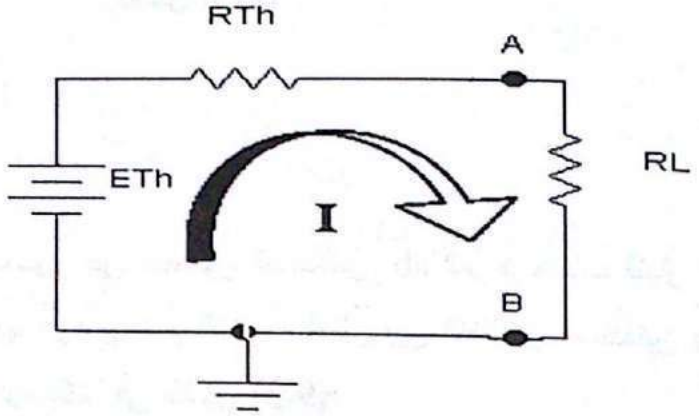
حساب جهد ثيفنن $V_{Th}(E_{th})$ بين النقطتين ABالمحددتين :

Generated by CamScanner from intsig.com

نعيد وصل منابع التغذية والتيار ورسم الدارة على هذا الوضع ، ثم نطبق نظرية كيرشوف أو مقسم الجهد أو نظرية التركيب لحساب الجهد V_{Th}(E_{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 (3-7):



الشكل (3-7)

عندئذ التيار يحسب حسب العلاقة التالية:

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

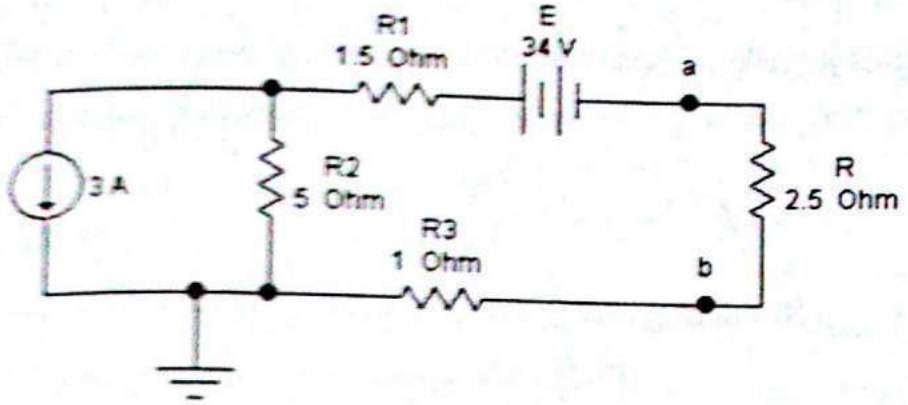
ملاحظة : عندما تكون قيمة مقاومة الحمل مساوية لمقاومة ثيفنن، يتم استجرار أعظم استطاعة وفق العلاقة التالية :

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

مثال(3-3):

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

Generated by CamScanner from intsig.com



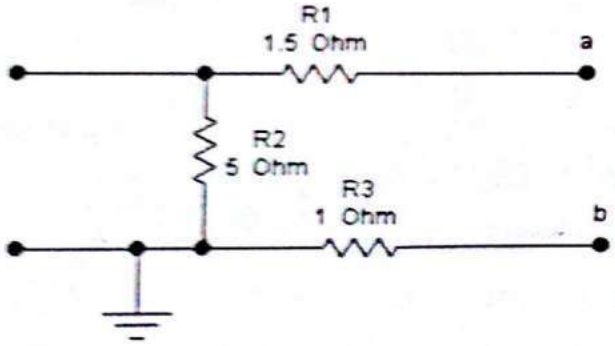
الشكل (3-8)

الحـــــــــــل:

الخطوة الأولى:

نحسب مقاومة ثيفنن R_{Th} :

نزيل الفرع (المقاومة R) المحصور بين النقطتين المحددتين ab المراد حساب التيار المـار فيها، بعد أن يتم قصر منبع الجهد، وفتح منبع التيار، والنظر بين النقطتين المحددتين ab لأن المنبعين مستقلان ، فتصبح الدارة كما في الشكل (3-9):



الشكل (3-9)

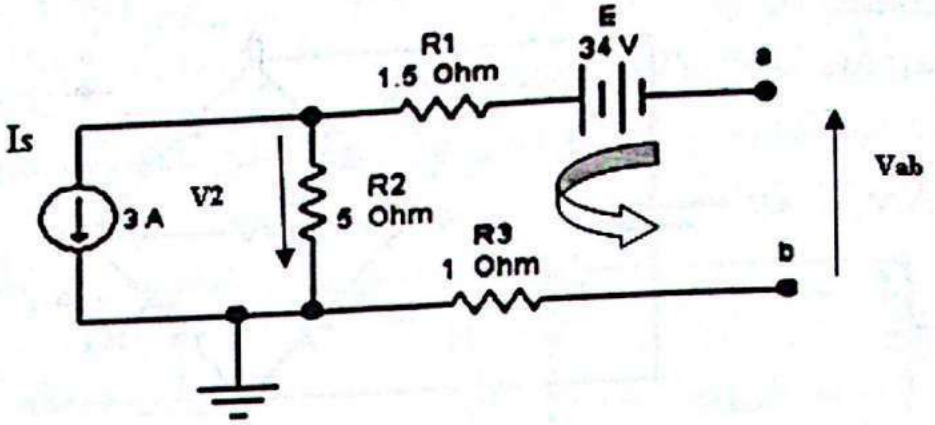
$$R_{th} = R_{ab} = R_1 + R_2 + R_3$$
$$R_{th} = R_{ab} = 1.5 + 5 + 1 = 7.5\Omega$$

الخطوة الثانية :

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

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

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل (3-10)

$$V_{2=} \; I * R_2$$

$$V_{2\,=} \; 3 * 5 = 15\Omega$$

ولكن لا يوجد تيار في المقاومة R1 , R3 لأن الدارة مفتوحة؛

بالتالي وحسب نظرية كيرشوف:

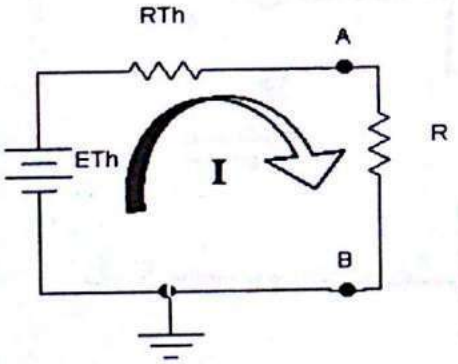
$$\sum V = 0$$

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

$$V_{th\,=}\, V_{ab\,=} \; -34 - 15 = -49 \text{ V}$$

الخطوة الثالثة :

نرسم مكافئ ثيفنن بعد وصل المقاومة التي تم إزالتها في الخطوة الأولى حسب الشكل التالي :



الشكل (3-11)

_ يحسب عندها التيار حسب العلاقة التالية:

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

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

$$I_{th} = -\,4.9 \text{ A}$$

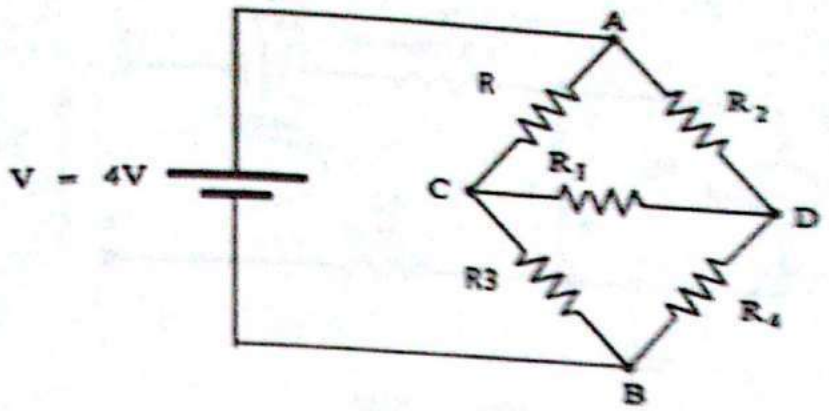
مثال(3-4):

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

مع العلم أن :

$R = 1\,\Omega$, $R1 = 4\,\Omega$, $R2 = 10\,\Omega$, $R3 = 4\,\Omega$, $R4 = 10\,\Omega$

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل (3-12)

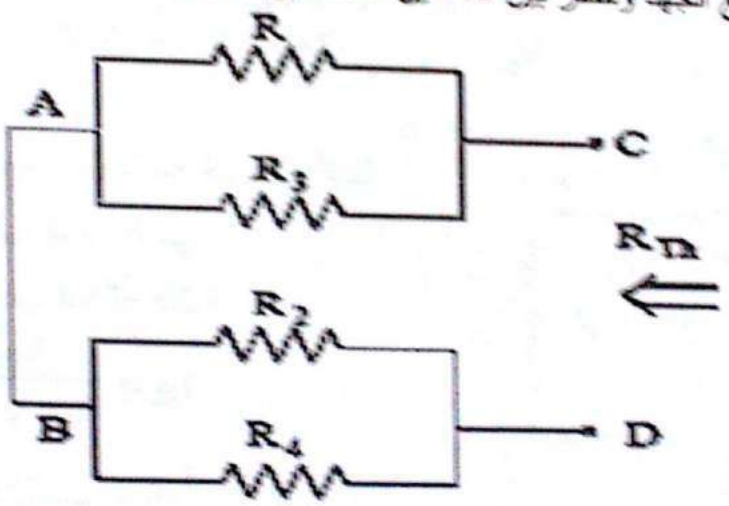
الحـــــــــــــل:

<u>الخطوة الأولى:</u>

نحسب مقاومة ثيفنن R_{Th} :

نزيل فرع المقاومة R1 المحصورة بين القطبين CD المراد حساب التيار المار فيها ،

ونقصر منبع الجهد وننظر بين القطبين المحددتين CD :



الشكل (3-13)

$$R_{th} = R_{cd} = R // R3 + R2 // R4$$

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

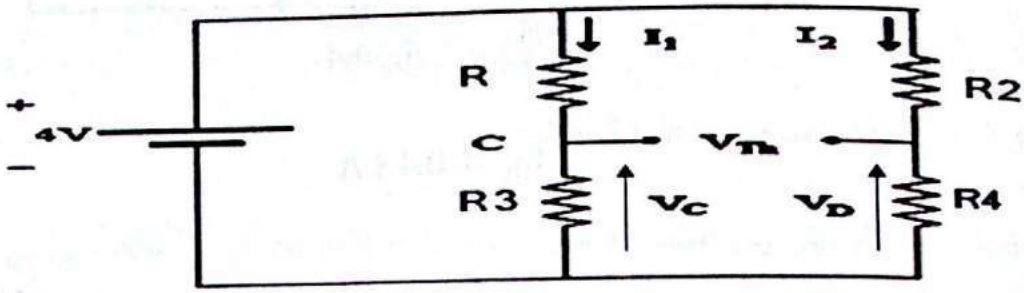
$$R_{th} = R_{cd} = 5.5\ \Omega$$

Generated by CamScanner from intsig.com

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 (3-14)

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

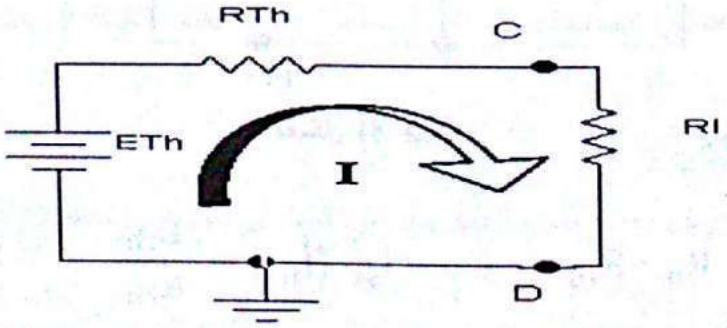
$$V_{th} = \left(\frac{R3}{R3+R}\right) * V - \left(\frac{R4}{R4+R2}\right) * V$$

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

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

الخطوة الثالثة :

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



الشكل (3-15)

Generated by CamScanner from intsig.com

يحسب عندها التيار حسب العلاقة التالية:

$$I_{th} = \frac{E_{th}}{R_{th} + R1}$$

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

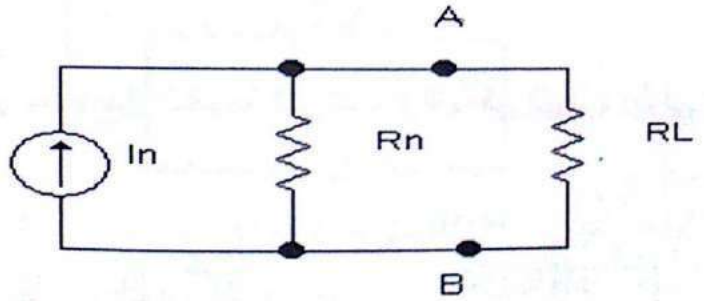
$$I_{th} = 0.13\ A$$

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 يسرٍ 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 الشكل (3-16):

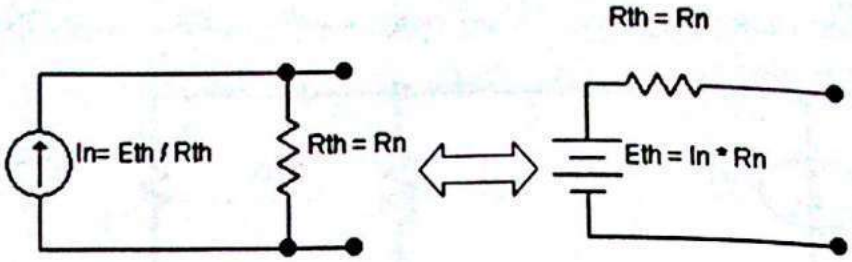


الشكل (3-16)

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 نورتون كالتالي :

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل (3-17)

3-5-1 طريقة حساب مكافئ نورتن :

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

3-5-1-1 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 للدارة بين هاتين النقطتين التي تكافئ مقاومة نورتن.

3-5-2 الخطوة الثانية :

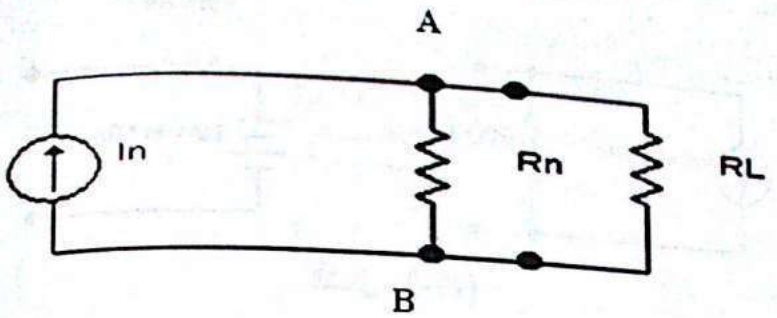
إيجاد تيار القصر $I_n(I_{sc})$ بين النقطتين AB المحددتين :

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 $I_n(I_{sc})$.

3-5-3 الخطوة الثالثة :

نرسم مكافئ نورتن بعد وصل المقاومة التي تمت إزلتها في الخطوة الأولى حسب الشكل (3-18):

Generated by CamScanner from intsig.com



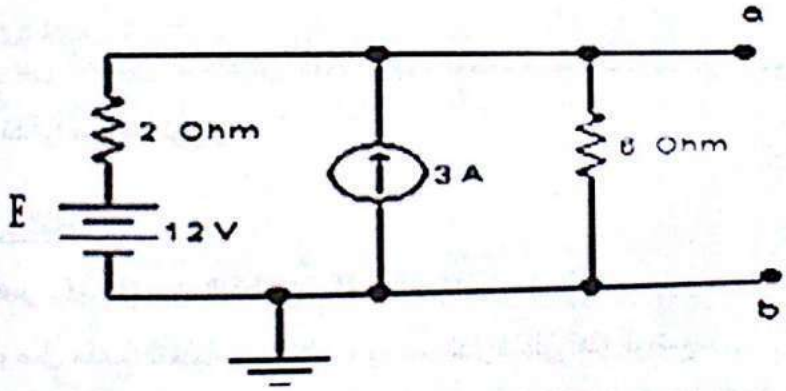
الشكل (3-18)

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

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

مثال(3-5) :

أوجد مكافئ نورتن للدارة التالية ، ثم استنتج مكافئ ثيفنن.



الشكل (3-19)

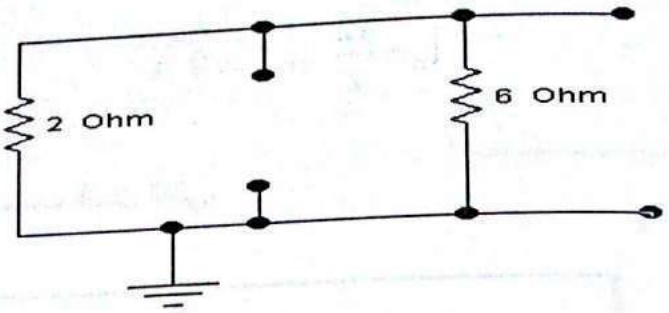
<u>الخطوة الأولى:</u>

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

لا يوجد فرع محصور بين النقطتين المحددتين ab .

Generated by CamScanner from intsig.com

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 (3-20)

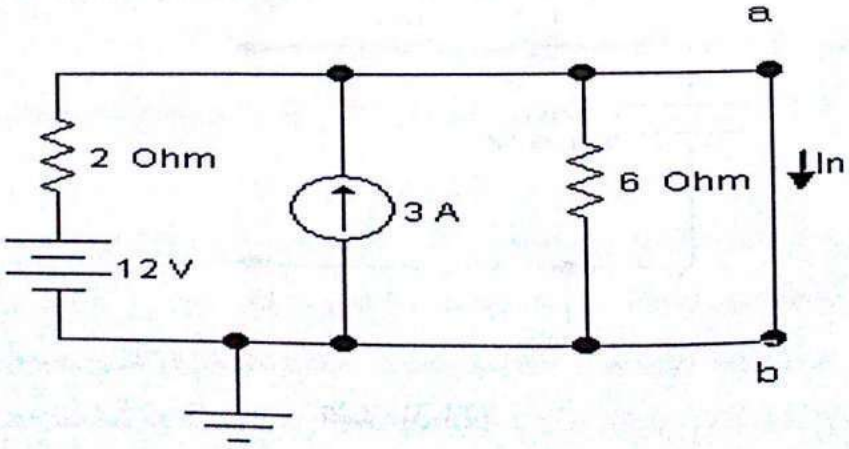
$$R_n = \frac{6*2}{6+2}$$

$$R_n = 1.5\ \Omega$$

<u>الخطوة الثانية</u> :

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 (3-21)

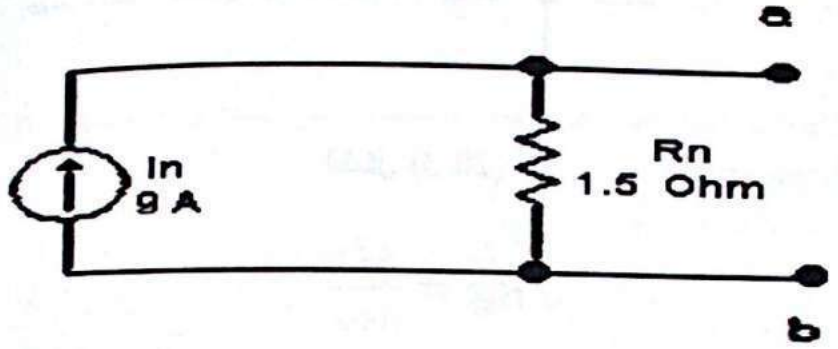
Generated by CamScanner from intsig.com

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.

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

الخطوة الثالثة :

نرسم مكافئ نورتن حسب الشكل التالي.



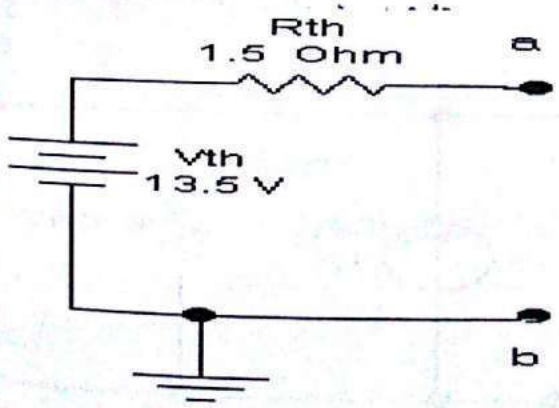
الشكل (3-22)

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

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

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

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



الشكل (3-23)

Generated by CamScanner from intsig.com

القسم العملي للتجربة:

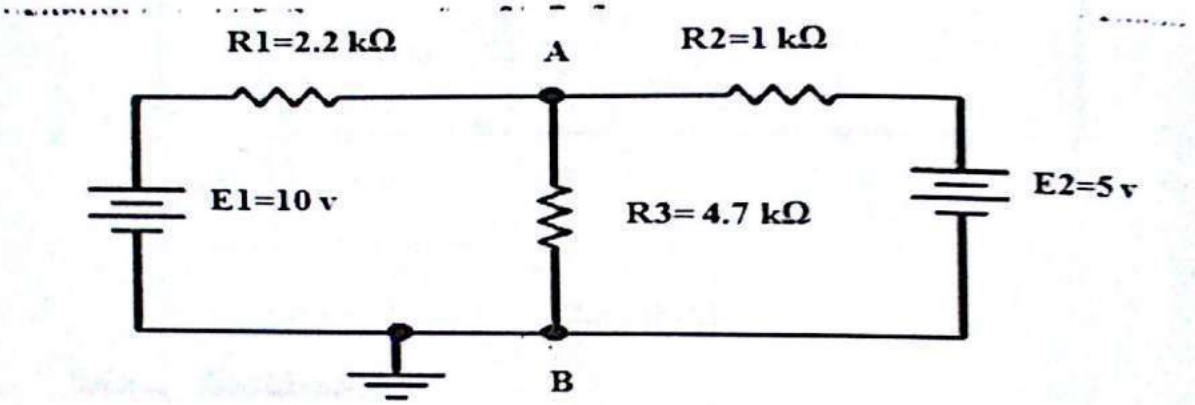
❖ المفاهيم الأساسية في الدارات الكهربائية

دارة ثيفنن ، ودارة نورتون

نص التجربـــــــــة:

السؤال الأول:

لتكن لدينا الدارة التالية :



الشكل (3-1)

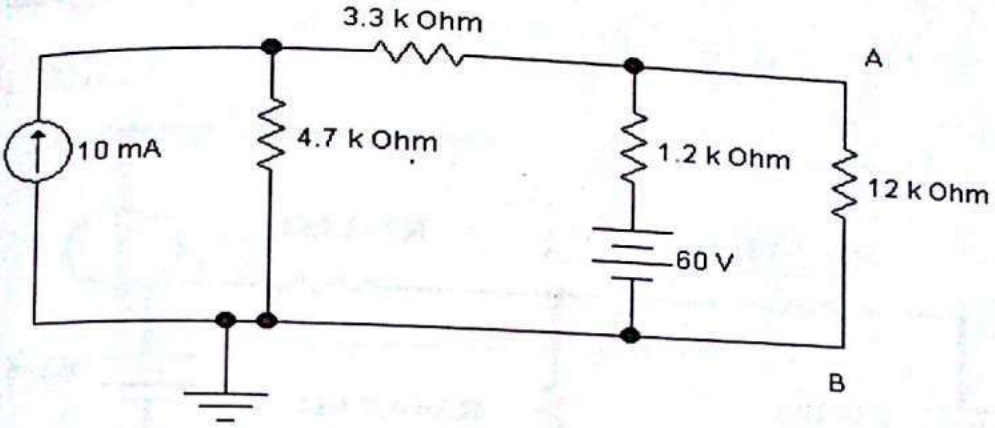
1. ارسم دارة ثيفنن المكافئة بين النقطتين A,B مبيناً عليها قيم جهد ثيفنن، ومقاومة ثيفنن؛ باعتبار المقاومة R_3 هي مقاومة الحمل (عن طريق قياس كلّ من جهد الفتح ، وتيّار القصر بين A , B) . تأكد من ذلك بالحساب النظري.
2. ارسم دارة نورتن المكافئة بين النقطتين A , B , مع وضع قيمة مولد التيار، والمقاومة المكافئة على الرسم
3. صل مقاومة الحمل بين النقطتين A , B وقس كلاً من التيارفي مقاومة الحمل، والجهد الهابط عليها ، وتأكد من ذلك بالحساب النظري.
4. بفرض جهد ثيفنن هو 6V ومقاومة ثيفنن 1.5kΩ غير قيمة مقاومة الحمل من(1kΩ إلى 2kΩ) بخطوة 100Ω . وارسم الاستطاعة المستجرة بدلالة تغيّر المقاومة RL ، ماهي قيمة المقاومة الموافقة لسحب الاستطاعة الأعظمية (من المنحني)؟

Generated by CamScanner from intsig.com

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

السؤال الثاني:

أوجد دارة نورتن المكافئة بين نقطتي وصل المقاومة $12k\Omega$ 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

خطــوات الحل :

فيما يتعلق بالسؤال الأول:

1- لقياس جهد ثيفنن نجد ضرورة قياس الجهد بين A-B فنضع مقيــاس فولــت بـين النقطتين ، ولقياس 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 .

Generated by CamScanner from intsig.com

3- لقياس الجهد الهابط على R_L الجديدة نضع مقياس فولت على التفرع مع هذه المقاومة ، ولقياس التيار المار فيها نضع مقياس أمبير على التسلسل مع هذه المقاومة ، وحسب القوانين المناسبة نتأكد نظرياً وذلك من خلال دارة مكافئ ثيفنن .

4- نرسم الجدول(1-1): ونسجل عليه تغيرات الاستطاعة، ثم نرسم تغيرات الإستطاعة المستجرة بدلالة تغير المقاومة RL. ونحدد على المنحني الناتج أعظم استطاعة ، وعند أي مقاومة حققت تلك الاستطاعة العظمى .

ونقارن هذه المقاومة مع مقاومة ثيفنن 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.

Generated by CamScanner from intsig.com

❖ التجربة الرابعة:

دراسة الدارات الكهربائية الخطية في المستوى الزمني.

4-1 الهدف من التجربة:

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

4-2 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.

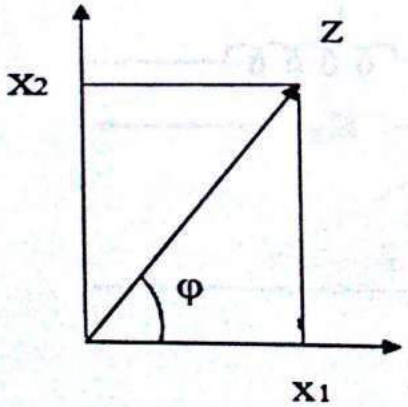
4-3 طرق تمثيل الممانعة Z والمعامل J:

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

$Z=X1+JX2$

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

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



الشكل(4-1)

Generated by CamScanner from intsig.com

بمقـــدار 90 درجـــة ، أي أنـــه يـــدور 180 درجـــة ومـــن هنـــا تنـــتج الإشـــارة 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):

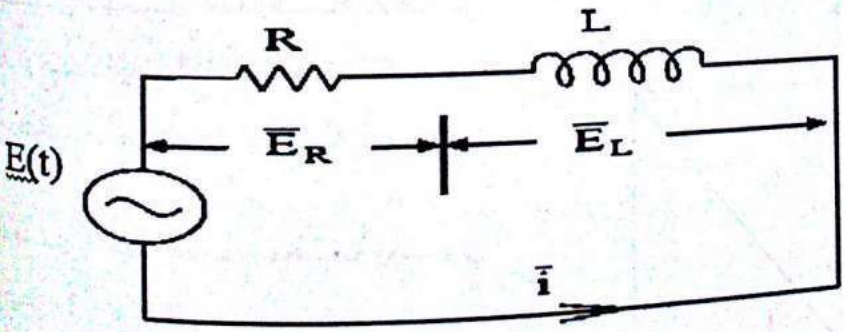
ليكن لدينا دارة RL تسلســلية ، وفيها المنبع E(t) ، ولنفرض أننا نـــدرس الـــدارة عند اللحظة $t = 0$.

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(4-2)

Generated by CamScanner from intsig.com

ومنه تصبح المعادلة التفاضلية:

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

وبحل هذه المعادلة نحصل على عبارة التيار :

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

ويعطى الجهد بين طرفي الوشيعة بالعلاقة:

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

والثابت الزمني لهذه الدارة يعطى بالعلاقة :

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

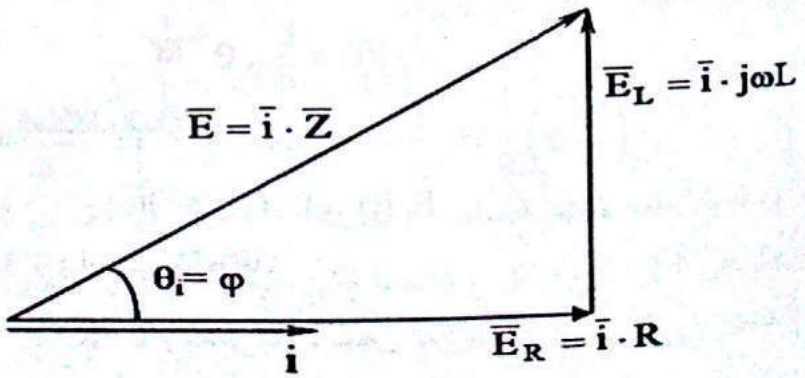
أما عن تمثيل الممانعات في هذا النمط من الدارات؛ فيكون: $\bar{Z} = R + X_L$

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

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

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

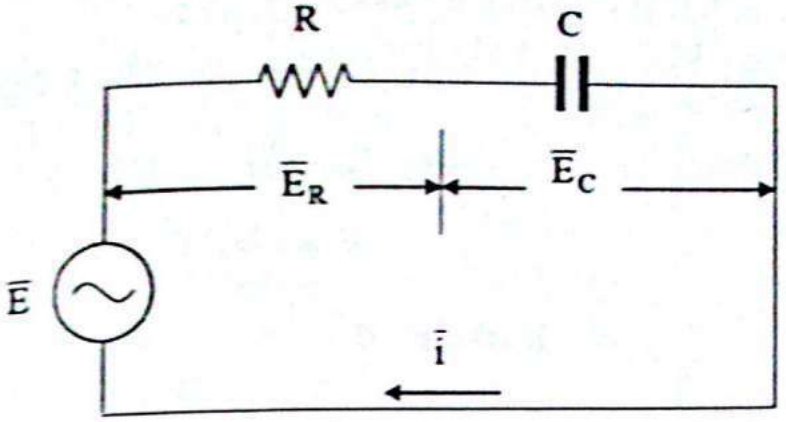
ويمثل شعاعياً بالشكل (4-3) :



الشكل(4-3)

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل(4-4)

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

نطبق قانون كيرشوف للجهد على الدارة ؛ 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 الدارة:

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

وبحل هذه المعادلة نحصل على عبارة التيار:

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

ويعطى الجهد بين طرفي المكثفة بالعلاقة:

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

أما الثابت الزمني لهذه الدارة ؛ فيعطى بالعلاقة:

$\tau = R.C$ ويسمى ثابت شحن المكثف.

ونظرياً يتحقق شرط التكامل عندما :

$RC >> T$ حيث T دور إشارة الدخل .

Generated by CamScanner from intsig.com

أما عن تمثيل الممانعات في هذا النمط من الدارات فيكون:

$$Z = R + X_C$$

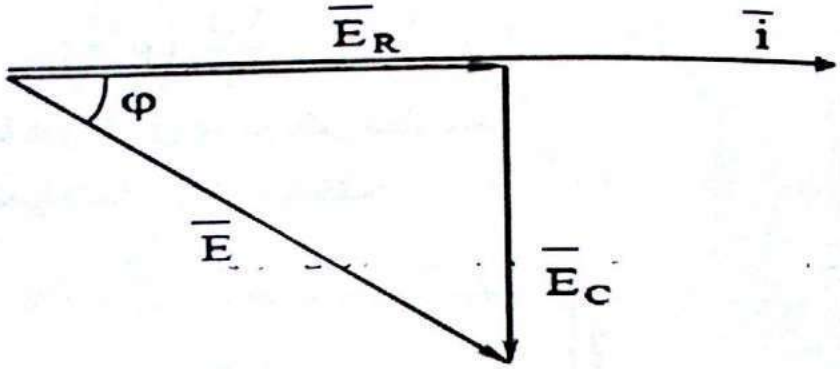
ومنه:

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

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

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

ويمثل شعاعياً بالشكل (4-5) :



الشكل(4-5)

4-4-2-1 شحن المكثف وتفريغه:

إذا استخدمنا منبع جهد مستمر نحصل على العلاقة التالية : $V_C(t) = E\,.\,(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$

وتكون علاقة تيار الشحن كما يلي:

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

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

$$V_c + I_d\,,\,R = 0$$

Generated by CamScanner from intsig.com

حيث I_d : تيار التفريغ للمكثف.

يمكن كتابة المعادلة السابقة كما يلي:

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

وبحل هذه المعادلة التفاضلية نجد:

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

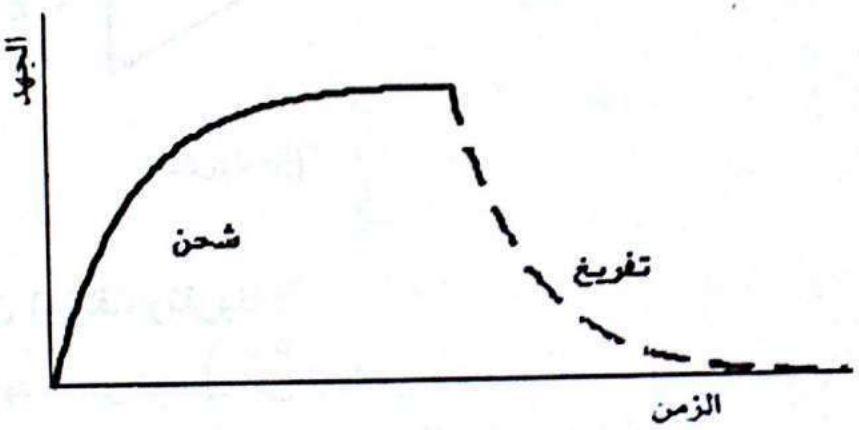
حيث V_{Ci} هو الجهد المطبق على المكثف عند بداية التفريغ.

ومنه فإن تيار التفريغ I_d يحسب كما يلي:

$$I_d = -\frac{Vc}{R} = -\frac{Vci}{R} \cdot \left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

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

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



الشكل(4-6)

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

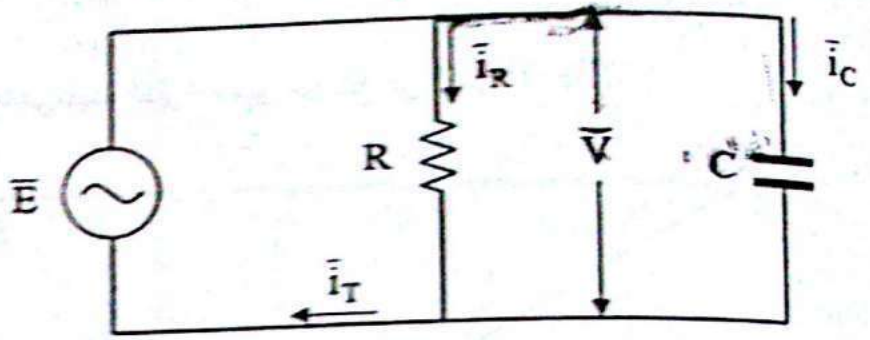
تعطى سماحيتها بالعلاقة:

$$\overline{Y} = \frac{1}{R} + j\omega c$$

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

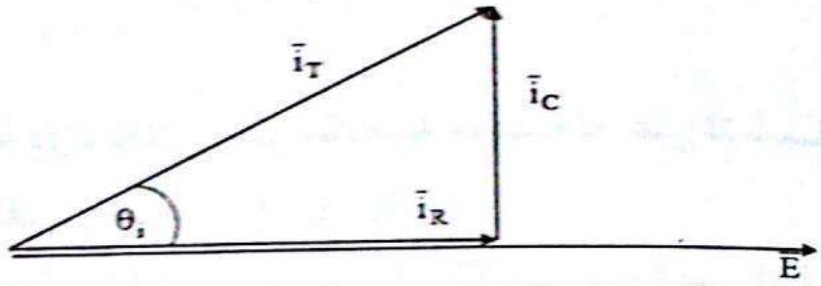
$$\angle\theta = \tan^{-1}(\omega c R)$$

Generated by CamScanner from intsig.com



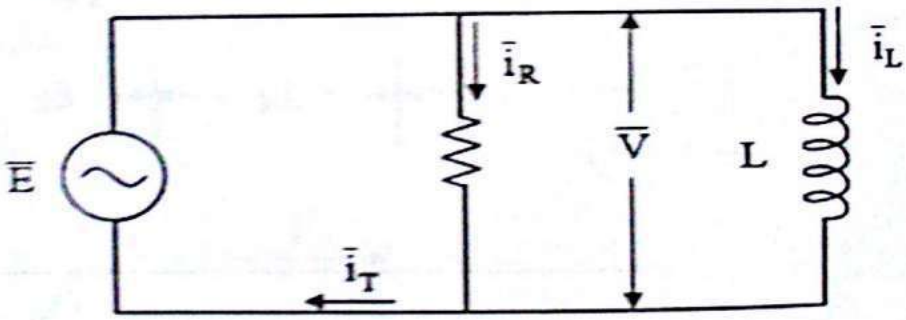
الشكل(4-7)

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



الشكل(4-8)

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



الشكل(4-9)

تعطى سماحيتها بالعلاقة:

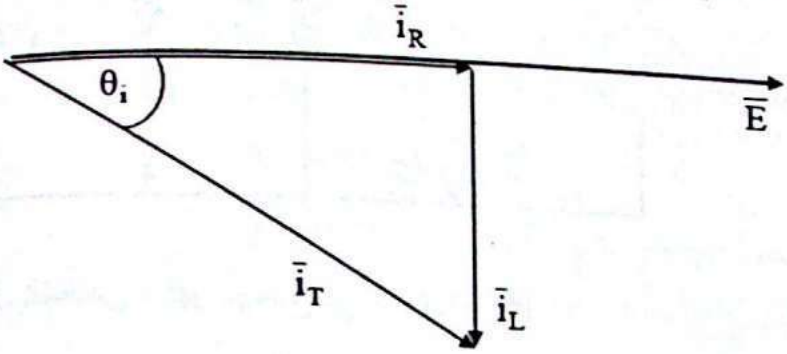
$$\bar{Y}=\frac{1}{R}+\frac{1}{j\omega L}$$

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

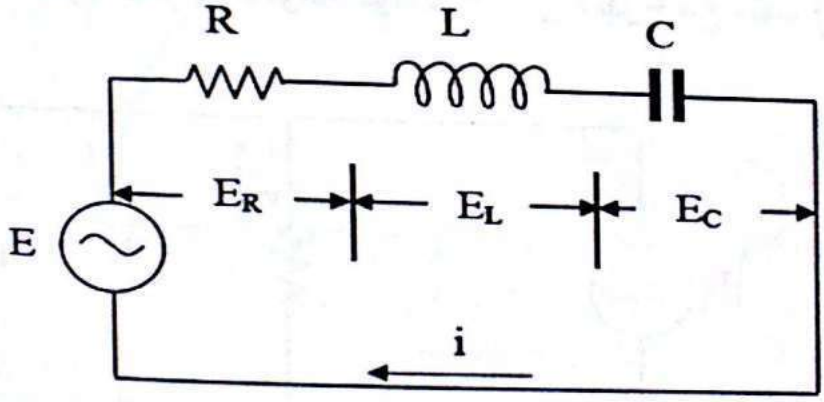
أما عن التمثيل الشعاعي لهذه الدارة ، فهو موضح في الشكل(4-10):



الشكل(4-10)

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(4-11) وفيها المنبع الجيبي E(t) وسنرى طريقة تمثيل الممانعة Z والتمثيل الشعاعي للدارة.

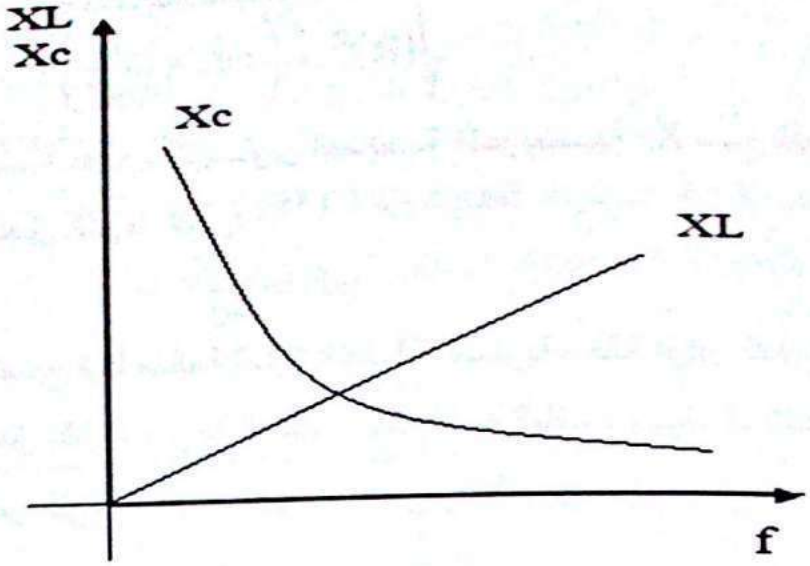


الشكل(4-11)

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 طرداً مع التردد ، وممانعة المكثف X_C تتناسب عكساً مع التردد كما في الشكل(11):

ومنه فإن الممانعة الكلية Z :

Generated by CamScanner from intsig.com

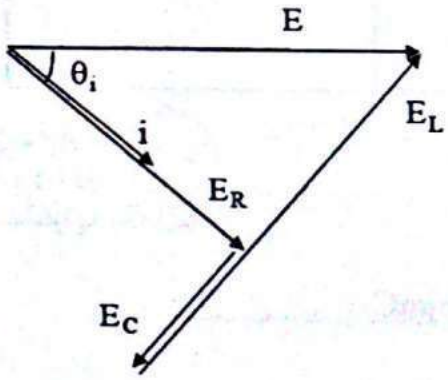


الشكل(4-12)

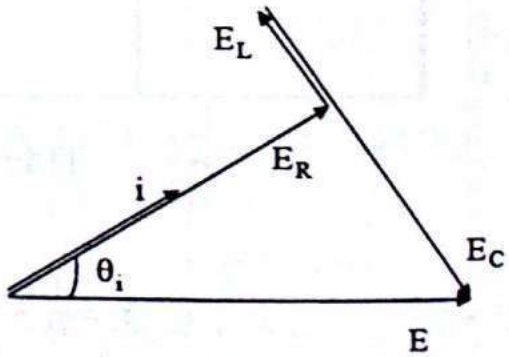
$$\overline{Z}=\left(R+j\omega L-j\frac{1}{\omega C}\right)=R+j\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)$$

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

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



الشكل(4-13) – ب-



الشكل(4-13) – أ-

4-4-5-1 ظاهرة الرنين :

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

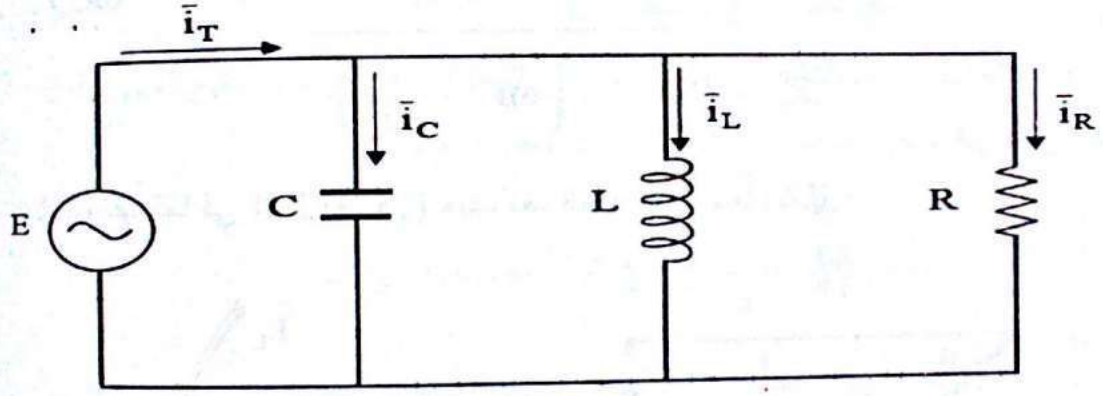
تكون قيمة هذا التيار أعظمية عندما تتساوى الممانعة التحريضية X_L مع الممانعة السعوية X_C أي عند تحقق الشرط التالي:

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

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 وتثبيت العنصرين الآخرين .

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



الشكل(4-14)

تعطى سماحيتها بالعلاقة:

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

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

حيث:

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

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

Generated by CamScanner from intsig.com

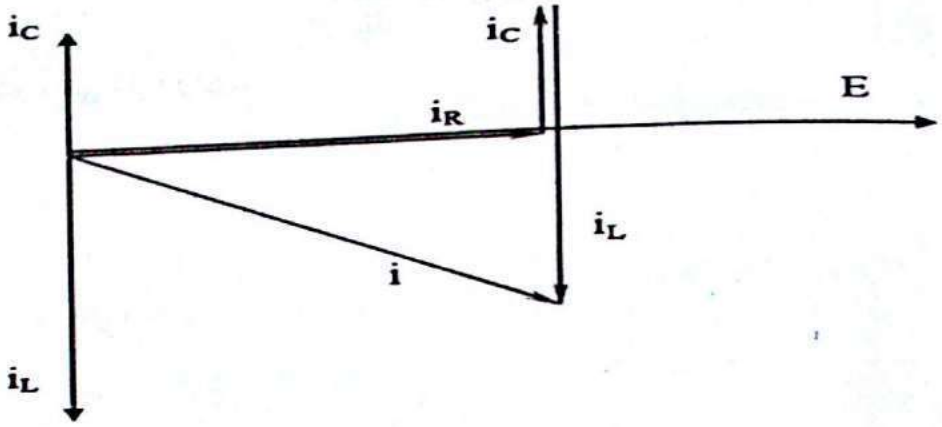
أي أن الرنين يحدث في الدارة عندما:

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

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

حيث يسمى هذا التردد بتردد القطع لدارة (RLC) .

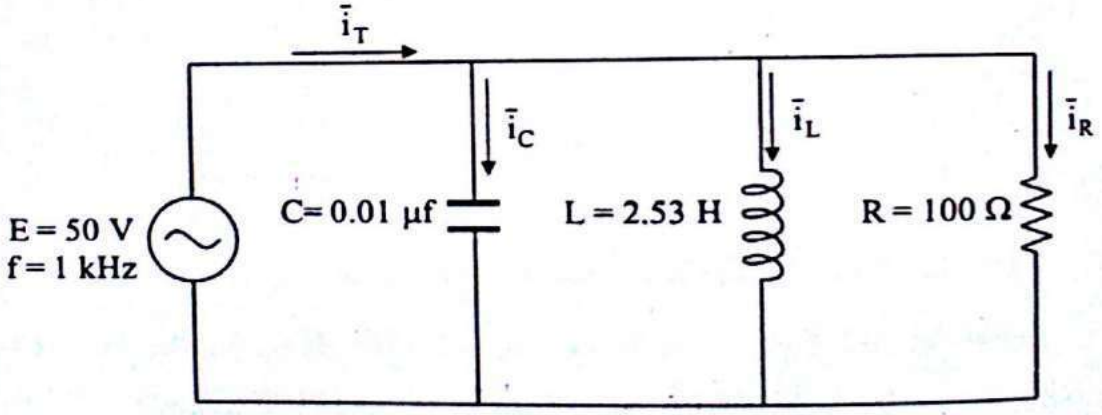
ويوضح الشكل(4-15) التمثيل الشعاعي لدارة (RLC):



الشكل(4-15)

مثال (4-1):

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



الشكل(4-16)

نطبق شرط الرنين :

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

$$\omega = 2\pi f$$

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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.

Generated by CamScanner from intsig.com

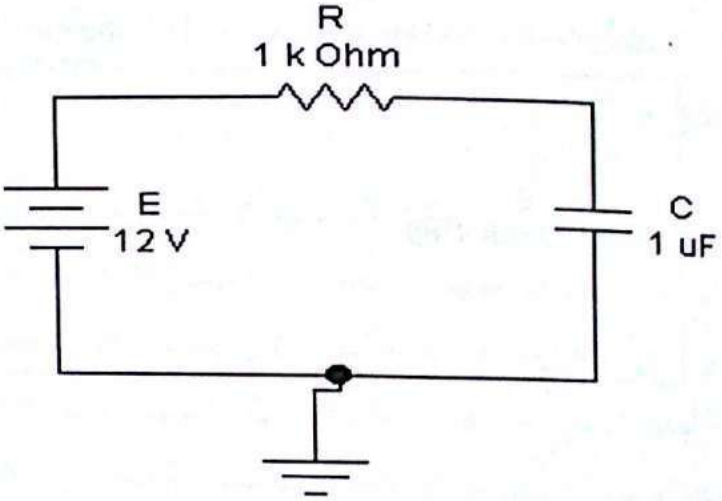
القسم العملي للتجربة:

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؟

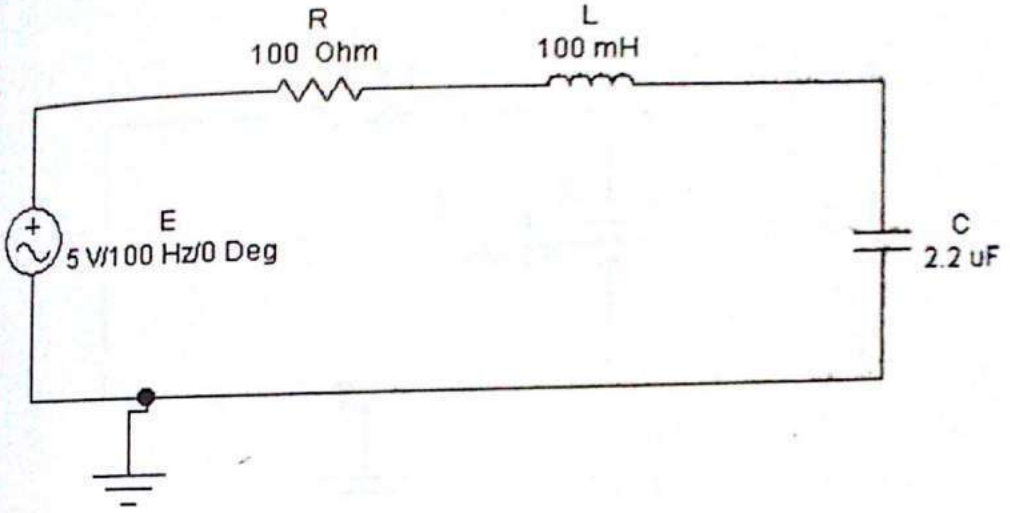
4- نضع مكان مولد الجهد المستمر مولد إشارة مربعة ، ونضع التردد على القيمة 1kHz ونترك المطال ، وبقية المعاملات كما هي ، وباستخدام راسم الإشارة عند قاعدة زمن مناسبة:

Generated by CamScanner from intsig.com

- ارسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) ، والجهد V_C (إشارة الخرج) دون أن نغير من قيمة المقاومة.
- من أجل قيم C التالية : $C = 100nF , 10\mu F$ 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 مكاملاً ؟

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 منحني 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 :

Generated by CamScanner from intsig.com

مقاومـــة *Resistor* - مكثـــف *Capacitor* - ملـــف *Inductor* - أرضـــي *Ground*- منبع جهد متنـــاوب *AC Voltage Source* - منبـــع جهـــد مســـتمر *DC Voltage Source* - مقياس الجهد *voltmeter* - مقياس التيار *Ammeter* - راسم إشـــارة *Oscilloscope* .

فيما يتعلق بالسؤال الأول :

1- نكتب المعادلة التفاضـــلية لـــدارة *R-C* ونحـــدد ثابـــت الـــزمن حســـب العلاقـــة الخاصة به .

2- باستخدام راسم الإشارة نرسم V_C وبوضـــع مقاومـــة قيمتهـــا 1Ω علـــى التسلســـل مع المكثف، وبقياس الجهـــد المطبـــق عليهـــا نكـــون قـــد قســـنا I_C ؛ لأن قيمـــة الجهـــد المطبق على المقاومة هو نفسه قيمة التيار المـــار فيهـــا بعـــد تطبيـــق قـــانون أوم ، وهـــو نفسه أيضاً التيار المار في المكثـــف؛ لأن التيـــار قيمتـــه ثابتـــة فـــي الـــدارة التسلســـلية، ولاستنتاج ثابت الزمن عملياً نرســـم مماســـاً للمنحنـــي V_C مـــن مبـــدأ الإحـــداثيات يقطـــع امتداد الجهد المستمر في نقطة وبإسقاط عمود مـــن هـــذه النقطـــة علـــى محـــور الـــزمن نستنتج قيمة ثابت الزمن .

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

4- نستبدل المنبع المستمر بمنبع متناوب إشـــارته مربعـــة ، ونرســـم إشـــارة الـــدخل والخرج من أجل قيمتي المكثف المطلوبتين ، ونجـــد أن إحـــدى قيمتـــي المكثفـــين موافقـــة لدارة المكامل ؛ لأنه من جهة شكلها مثلثـــي، ومـــن جهـــة أخـــرى تحقـــق نظريـــاً شـــرط التكامل $RC >> T$ حيث T هو دور إشارة الدخل .

Generated by CamScanner from intsig.com

فيما يتعلق بالسؤال الثاني :

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

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

الجدول(4-1)

ثم نرسم على ورق ميللمتري منحنيات تغير كل من I,VL,VC بدلالة التردد.

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

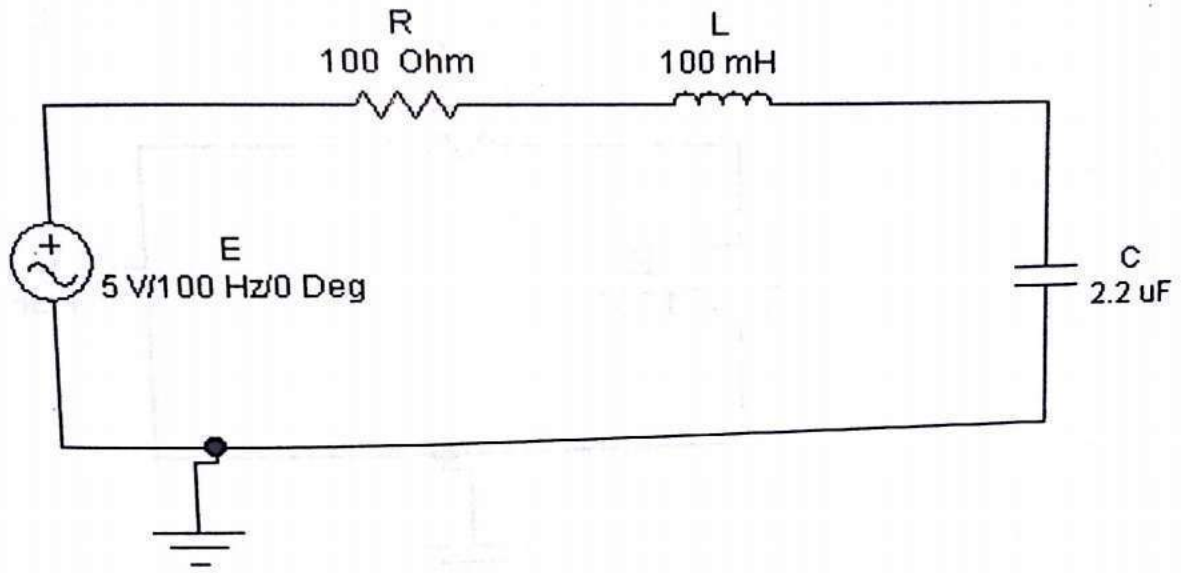
3- نسجل قيمة VL,VC عند تردد الرنين ، ونعلل السبب .

Generated by CamScanner from intsig.com

- ارسم كلاً من جهد المولد (إشارة الدخل) ، والجهد V_C (إشارة الخرج) دون أن نغير من قيمة المقاومة.
- من أجل قيم C التالية : $C = 100nF , 10\mu F$ 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 مكاملاً ؟

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 منحني 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 :

Generated by CamScanner from intsig.com

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 1Ω 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 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 $RC >> T$ حيث T هو دور إشارة الدخل .

Generated by CamScanner from intsig.com

فيما يتعلق بالسؤال الثاني :

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

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

الجدول(4-1)

ثم نرسم على ورق ميللمتري منحنيات تغير كل من I,VL,VC بدلالة التردد.

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

3- نسجل قيمة VL,VC عند تردد الرنين ، ونعلل السبب .

Generated by CamScanner from intsig.com

❖ التجـــــربة الخامســـــــة :

دراسة الدارات الكهربائية الخطية من الدرجة الأولى في المستوى الترددي

1-5 الهدف من التجربة :

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

2-5 المبدأ النظري للتجربة :

- شرح معادلات إشارات الدخل والخرج.
- شرح مخطط بود بالنسبة للمطال ، وفرق 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 ، وقيمته 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 ، ونسمي نصف الموجة تحت المحور الأفقي نصف الموجة السالب .

5- 4 شرح معادلات إشارات الدخل والخرج :

عندما نطّبق موجة جيبية متناوبة على مقاومة خطية R ، فإن التيار يتناسب طرداً مع الجهد وفقاً لقانون أوم ، وتكون موجة التيار جيبية أيضاً .

وتعطى القيمة الآنية للجهد في اللحظة t بالعلاقة :

Generated by CamScanner from intsig.com

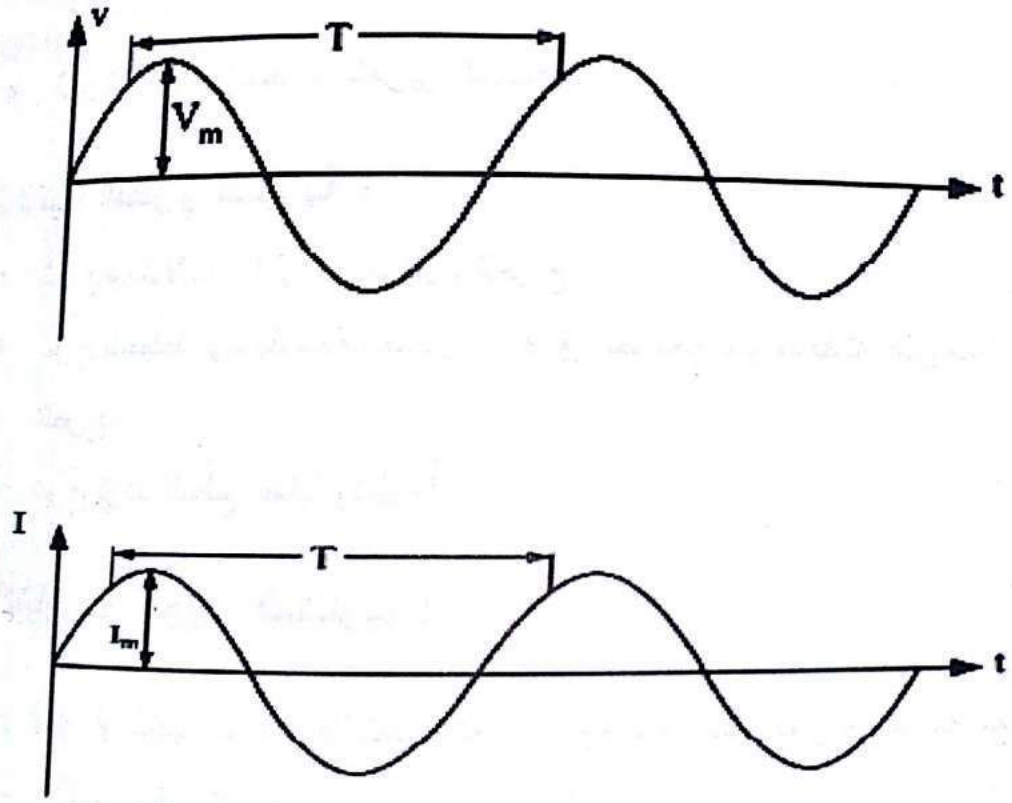
$$V(t) = V_m \sin \omega t$$

حيث ω 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 :

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

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

أما النبض (التردد الزاوي) يعبرعنه 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 :

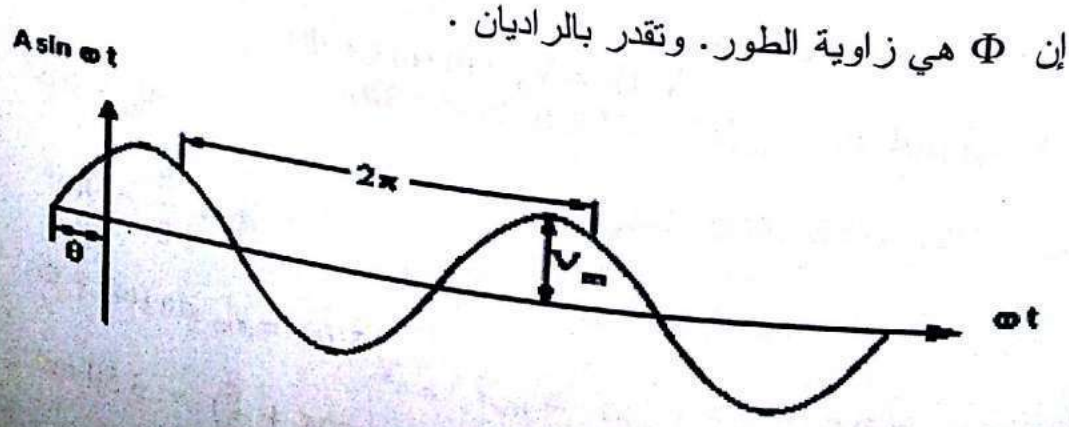
$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\ V_m$$

6-5 زاوية الطور :

تعطى المعادلة العامة للجهد ذات زاوية الطور Φ بالعلاقة :

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

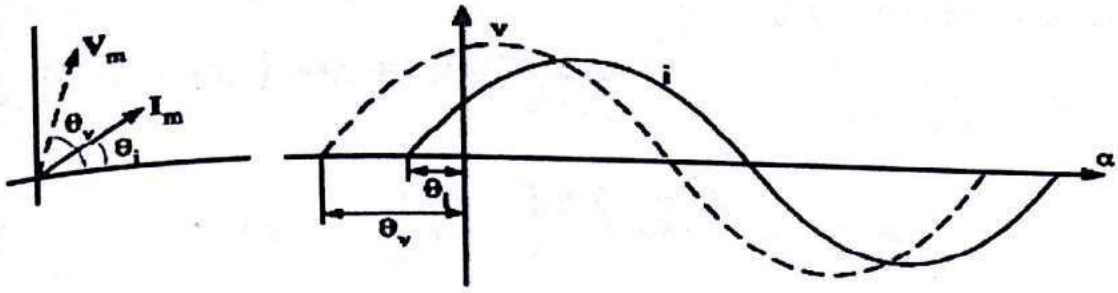
حيث إن Φ هي زاوية الطور. وتقدر بالراديان .



الشكل (5-2)

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل (5-3)

مثال(5-1):

إذا كانت معادلة موجة الجهد كالتالي :

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

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

الحـــل :

بالمقارنة مع المعادلة العامة للموجة الجيبية:

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

- $V_m = 10V$
- $\Phi = \frac{\pi}{2} = 90^o$
- $V(t) = V_m \sin (\omega\, t + \Phi)$

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

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

7-5 سلوك الدارات الكهربائية الخطية في المستوى الترددي:

1-7-5 الوحدات اللوغارتمية :

نجد عادة الاستطاعة في مسائل الدارات الكهربائية على شكل نسبة Po / Pi .

إذا حسبنا اللوغاريتم العشري لهذه النسبة ، وضربناه بعشرة أي $10 \log Po / Pi$ ، عندها نسمي هذا المقدار بالربح (Gain) A ويقدر بالديسيبل (dB) .

$$A(dB) = 10 \log Po / Pi$$

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

ولكن

$$Po = R I_o^2 = \frac{Vo^2}{R}$$

وكذلك

بالتعويض نجد :

$$A(dB) = 10 \log Po / Pi = 10 \log Vo^2 / Vi^2 = 10 \log I_o^2 / I_i^2$$

$$\mathbf{A(dB) = 10 \log Po / Pi = 20 \log V_o / V_i = 20 \log I_o / I_i}$$

إذا كان التيار والجهد موجة جيبية عندها تصبح العلاقة :

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

ويمكن أن تكتب العلاقة بالشكل التالي:

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

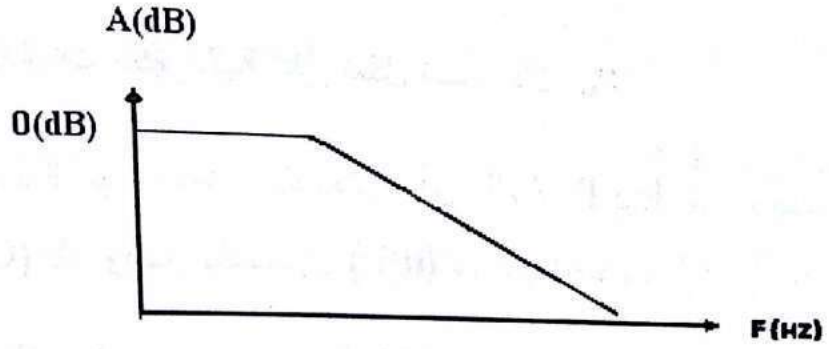
$$\mathbf{V_{mo} / V_{mi} = I_{mo} / I_{mi} = 10^{\frac{A}{20}}}$$

Generated by CamScanner from intsig.com

2-7-5 مخطط بود:

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

ويمثل الشكل (5-4) مخطط بود :



الشكل (5-4)

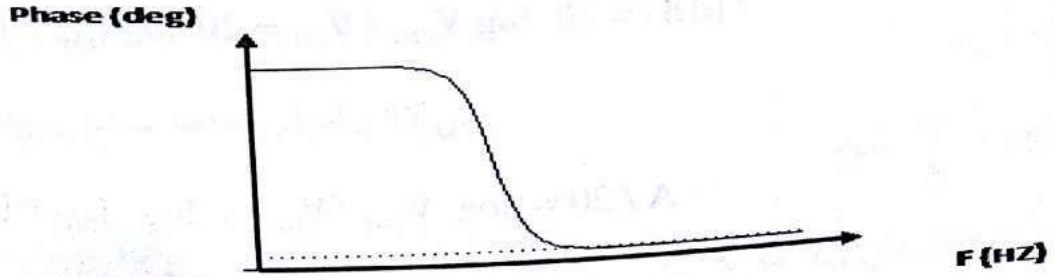
نلاحظ أن أعلى قيمة للربح هي الصفر، ويتحقق ذلك عندما يكون:

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

$A(dB) = 20 \log 1 = 0$ (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 F (Hz) . كلما غيرنا تردد إشارة الدخل نحصل على إشارة خرج مختلفة بفرق الصفحة.



الشكل (5-5)

Generated by CamScanner from intsig.com

مثال(5-2):

احسب القيمة العظمى للخرج في حال كانت معادلة الـــدخل: $Vi = 0.5 \sin (55\ t - 30)$

حيث قيمة الربح -1.445 db

الحـــل :

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

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

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

$$V_{mo} = 0.42V$$

3-7-5 تردد القطع (Cutoff Frequency):

وهو التردد الذي ينخفض عنده الربح بمقدار - 3 dB .

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

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

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

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

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 :

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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

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

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

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

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

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

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

4-7-5 مرشحات التمرير:

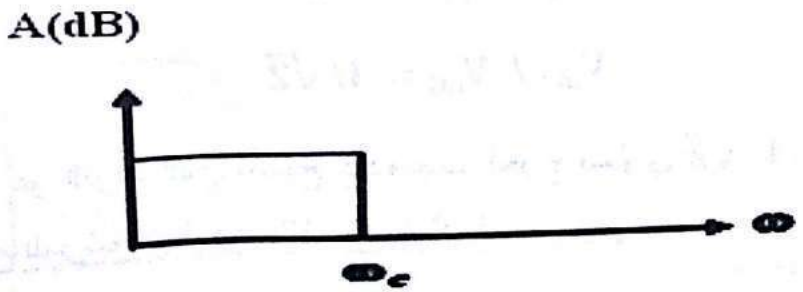
توضح هذه التجربة بشكل بسيط مرشحات التمرير. نشرح بشكل مفصل المرشحات في التجربة العاشرة.

تصنف المرشحات حسب مجال تمريرها إلى:

5-7-4-1 مرشح التمرير المنخفض (LPF):

حيث يمرر الترددات المنخفضة ، ويحجب باقي الترددات .

الحد الفاصل بين حزمتي التمرير، والقطع عند تردد القطع ω_c يحدد حزمة التمرير والقطع .

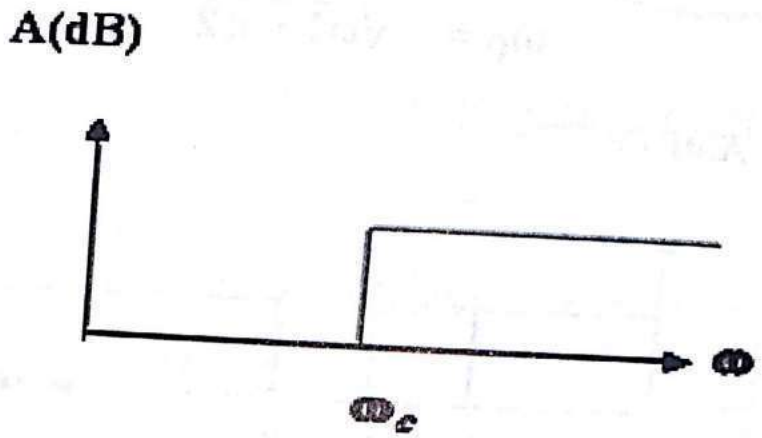


الشكل (5-6)

Generated by CamScanner from intsig.com

5-7-4-2مرشح 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 (5-7)

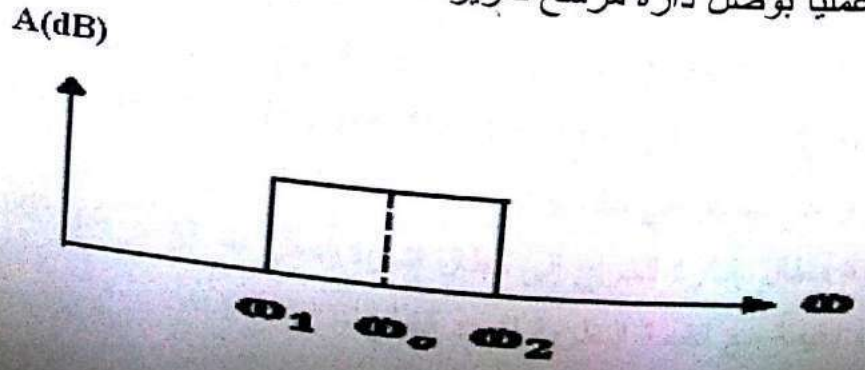
5-7-4-3مرشحات تمرير حزمة (BPF):

تتميز بتمرير حزمة من الترددات فقط ، وتحجب الترددات الواقعة أعلى وأسفل هذه الحزمة .
يتميز هذا النوع بتحديد تردد منتصف حزمة التمرير ω_0 ، وعرض حزمة التمرير B_ω:

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

$$\omega_0 = \sqrt{\omega 1 * \omega 2}$$

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



الشكل (5-8)

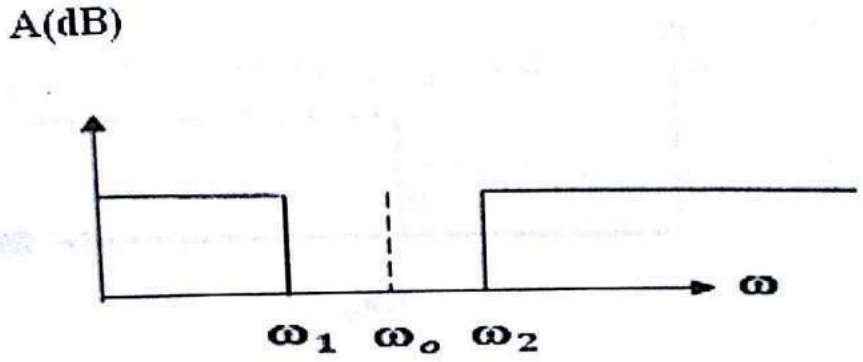
Generated by CamScanner from intsig.com

5-7-4-4مرشحات حذف حزمة (S.B.F):

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

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

$$\omega_0 = \sqrt{\omega 1 * \omega 2}$$



الشكل (5-9)

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

Generated by CamScanner from intsig.com

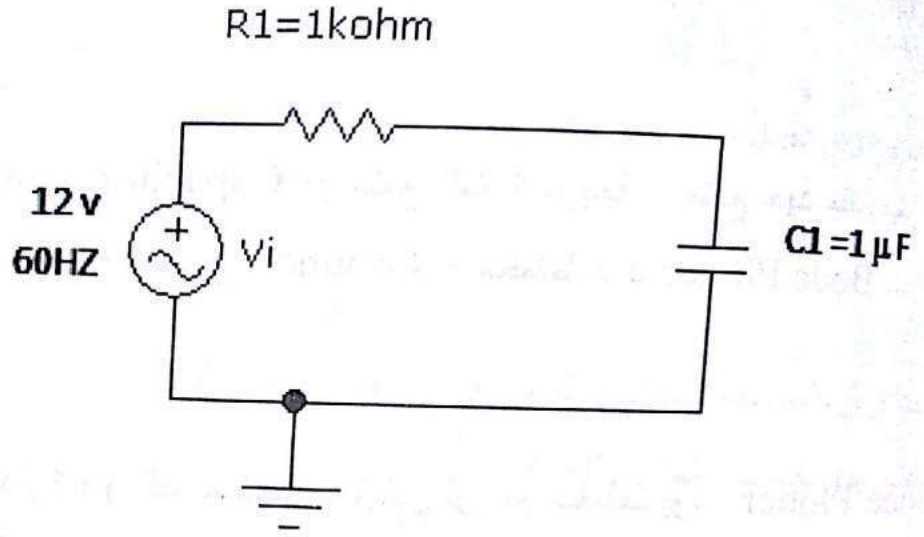
القسم العملي للتجربة :

التجربة الخامسة :

دراسة الدارات الكهربائية الخطية من الدرجة الأولى في المستوى الترددي

نص التجربـــــــــة:

ندرس جهد الخرج V_C للدارة في **الشكل (5-1)**:



الشكل (5-1)

1. ارسم منحني بود للدارة .
2. اكتب المعادلة المعبرة عن الخرج من أجل الترددات (100 HZ , 1 kHZ , 100 KHZ) ، وذلك بفرض أن $Vi = \sin(2\pi f\, t)$
3. حدد تردد القطع للدارة من خلال منحني 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؟ و ما 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 .

Generated by CamScanner from intsig.com

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 مكاملاً؟

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

(1 kΩ , 10 kΩ , 100 kΩ) وذلك على المحاور نفسها ، ماهي التغيرات الطارئة على هذه المنحنيات مقارنة مع المنحني في الطلب الأول.

العناصر المستخدمة :

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

خطـوات الحـل :

1- نرسم منحني بود للدارة ؛ وذلك باستخدام مقياس لراسم 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 $V_{mo} / V_{mi} = 10^{\frac{A}{20}}$

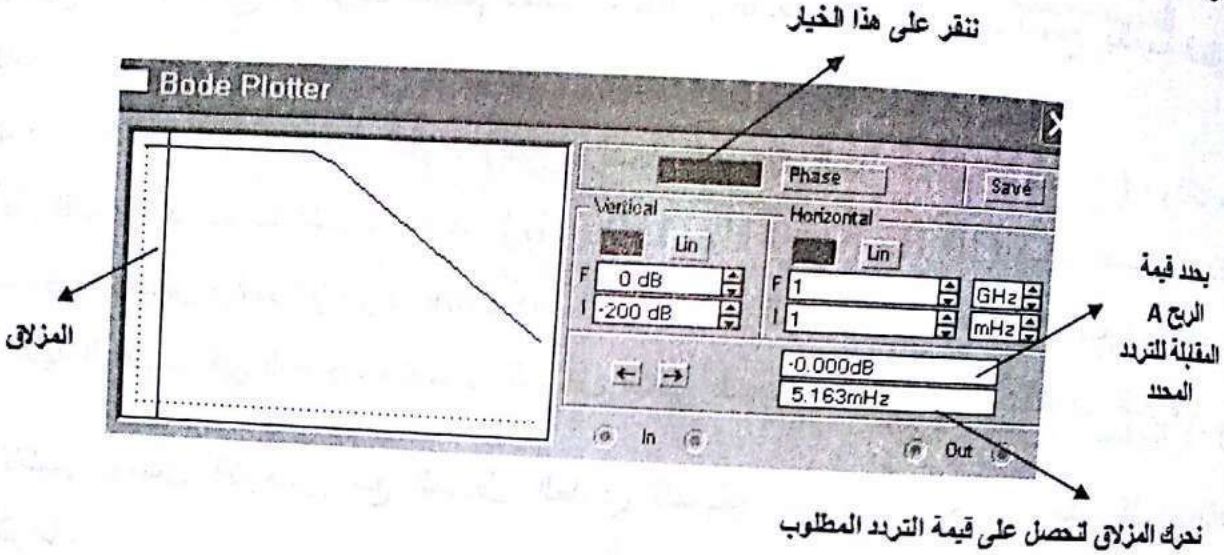
ولكن من شروط التجربة $Vi = \sin 2\pi f\, t$ ، نجد من المعادلة السابقة أن: $V_{mi} = 1V$

بالتعويض نجد :

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

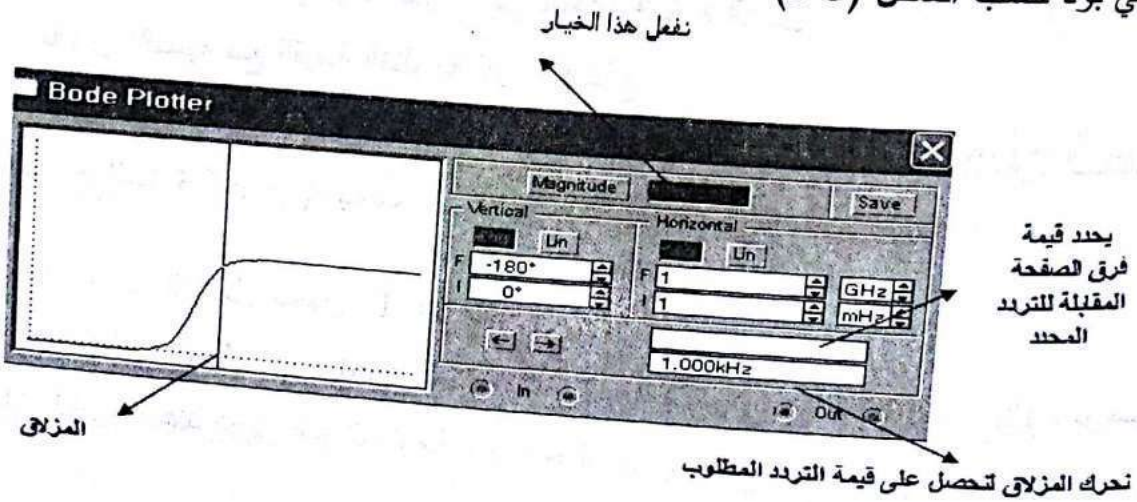
Generated by CamScanner from intsig.com

نحسب من مخطط بود قيم V_{mo} ، وذلك بأخذ قيم الربح A عند كـل تـردد مطلـوب ، وتعويضها بالمعادلة السابقة حسب **الشكل (5-2)** .



الشكل (5-2)

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



الشكل (5-3)

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

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

Generated by CamScanner from intsig.com

3- وجدنا في النظري أن تردد القطع هو التردد الذي ينخفض عنده الربح بمقدار3 ديسيبل ، 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 االنسبة 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 $\tau \gg T$.

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

Generated by CamScanner from intsig.com

الفصـــــــــل الثانـــــــــي

قســـــــم الـــــــدارات الإلكترونية

❖ التجربة السادسة :الثنائيات نصف الناقلة
(Semi Conductor Diodes)

6-1 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) .

6-2 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.

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

تقسم الأجسام الصلبة بشكل عام إلى ثلاثة أقسام أساسية:

Generated by CamScanner from intsig.com

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).

6-4 آلية العمل :

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

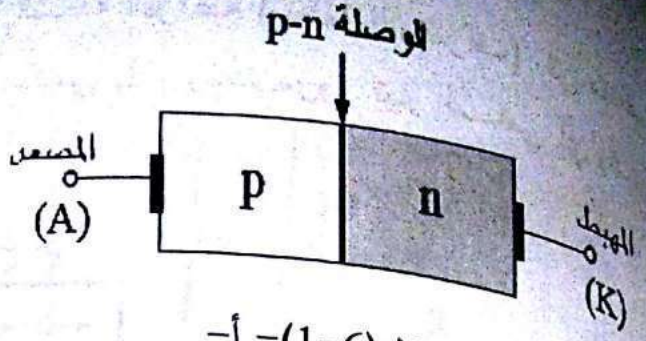
للحصول على نصف ناقل هجين من النوع N نحقنه بشوائب خماسية التكافؤ ، أي تحوي خمسة إلكترونات سطحية ، مثل: الفسفور، والزرنيخ .

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

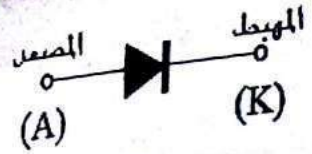
6-5 ثنائي الوصلة p-n (الديود):

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 :

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل(6-1)- أ-

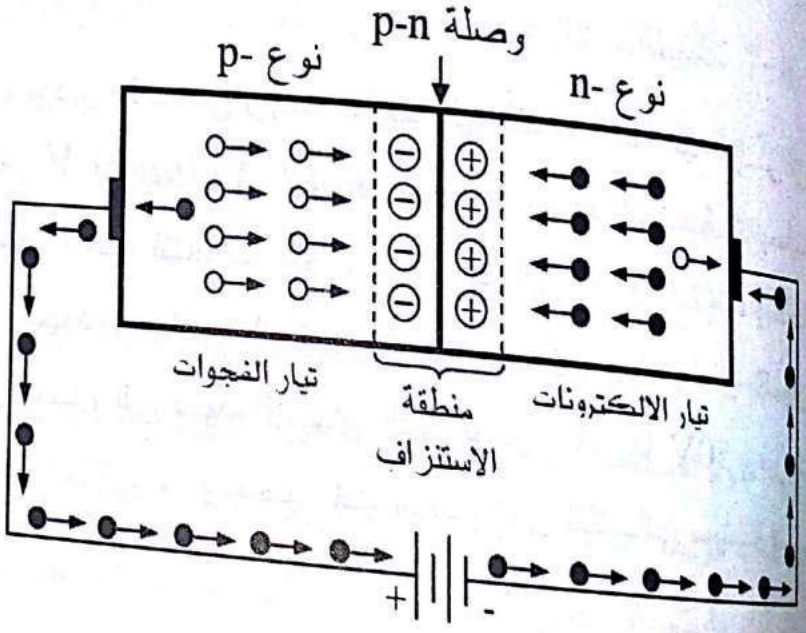


الشكل(6-1) - ب-

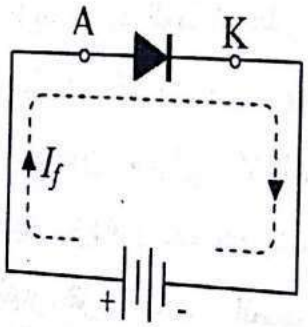
يوجد نوعان من الانحياز الذي يطبق على الثنائي :

الانحياز الأمامي(Forward Bias):

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



الشكل(6-2)-أ-



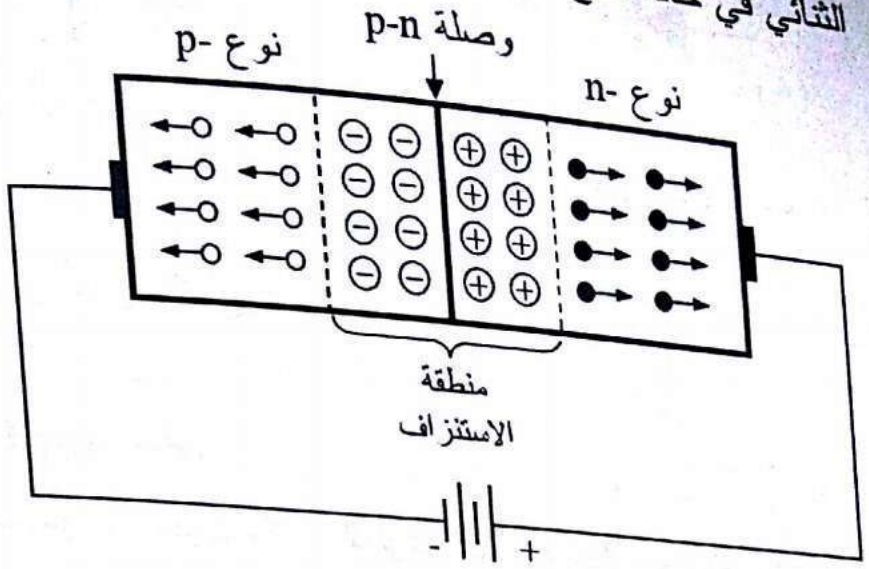
الشكل(6-2)- ب-

الانحياز العكسي (Reverse Bias):

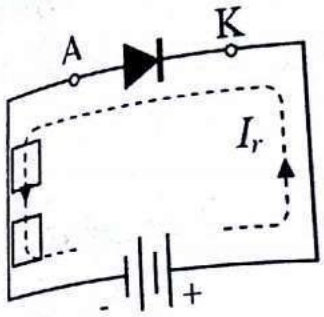
2. يتم توصيل الثنائي بمنبع جهد مستمر، بحيث يكون الطرف P موصولاً مع القطب السالب للمنبع، والطرف n موصولاً مع القطب الموجب للمنبع.

Generated by CamScanner from intsig.com

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(6-3)-أ-



الشكل(6-3)-ب-

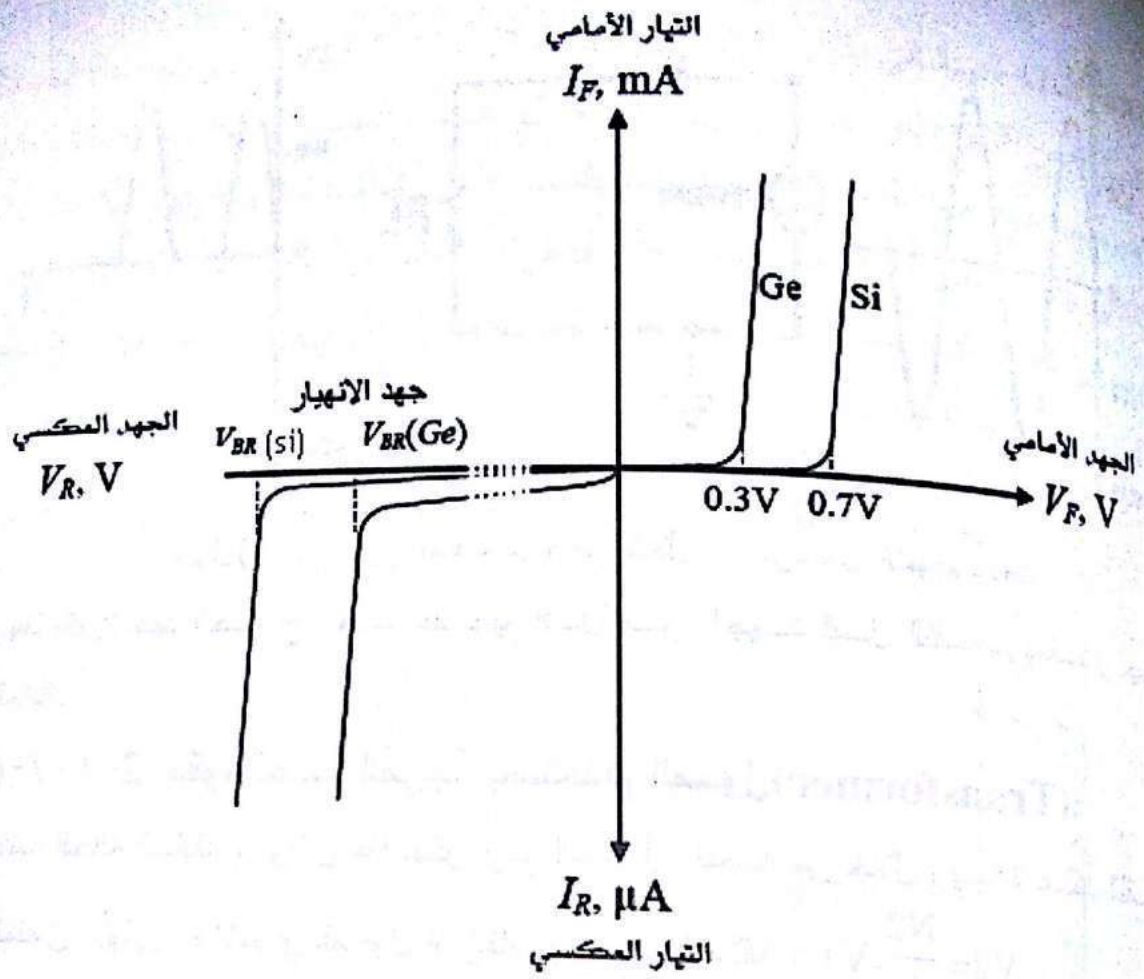
6-6 منحني الخواص وجهد العتبة للثنائي :

يمثل منحني الخواص للثنائي ، بالمنحني 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 منحني 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 (6-4):

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل(6-4) منحني الخواص للثنائي

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

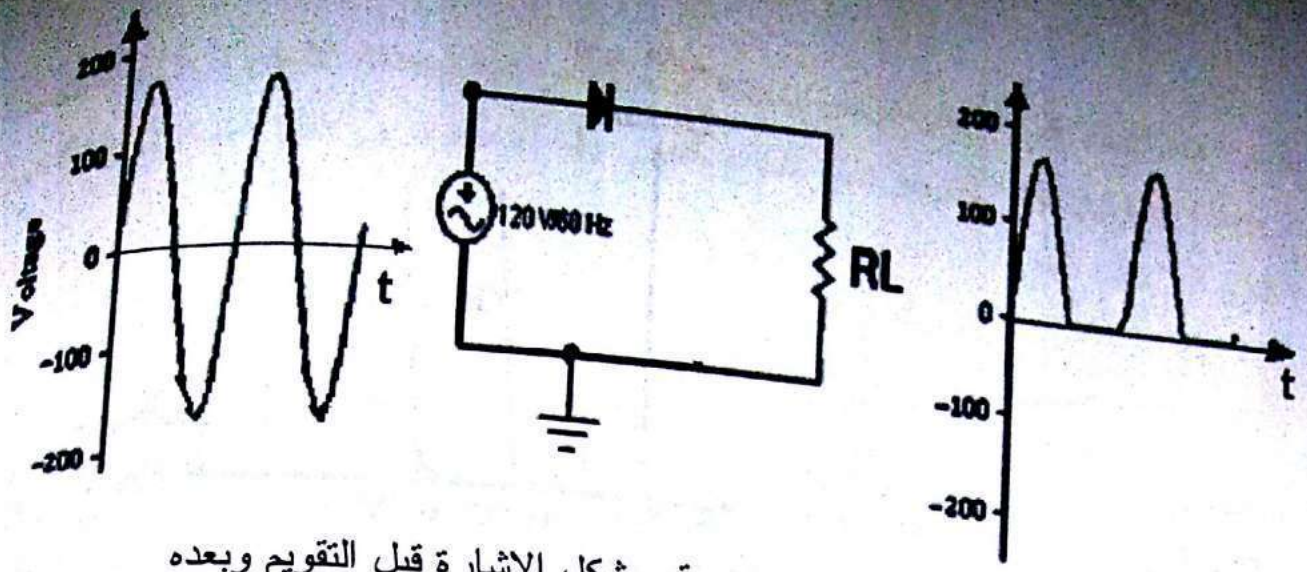
6-7-1 استخدام الثنائي كمقوم:

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

6-7-1-1 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 الديود 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:

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل(6-5) 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 : $V2=\frac{N2}{N1}.V1$

حيث:

N1 : عدد لفات الملف الأولي للمحول .

N2 : عدد لفات الملف الثانوي للمحول .

V1 :الجهد الأولي قبل دخوله إلى المحول .

V2 :الجهد بعد المحول .

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

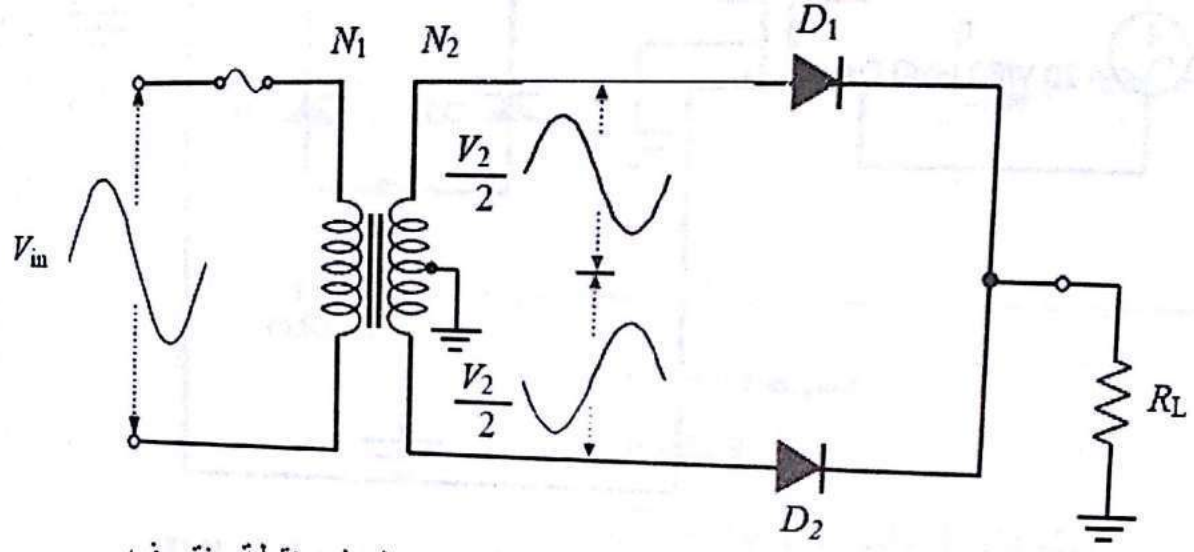
يختلف مقوم الموجة الكاملة عن مقوم نصف الموجة ، بأنه يسمح بتقويم كامل للموجة؛ أي نحصل في الخرج على موجة كاملة لكل نصف دور لجهد الدخل أي تردد جهد الخرج يساوي ضعف تردد جهد الدخل $f = 1 / T$.

أي يساوي عدد الموجات في حالة الموجة المقومة تقويماً 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 موجباً بالنسبة لأعلى ملف المحول ، وسالباً

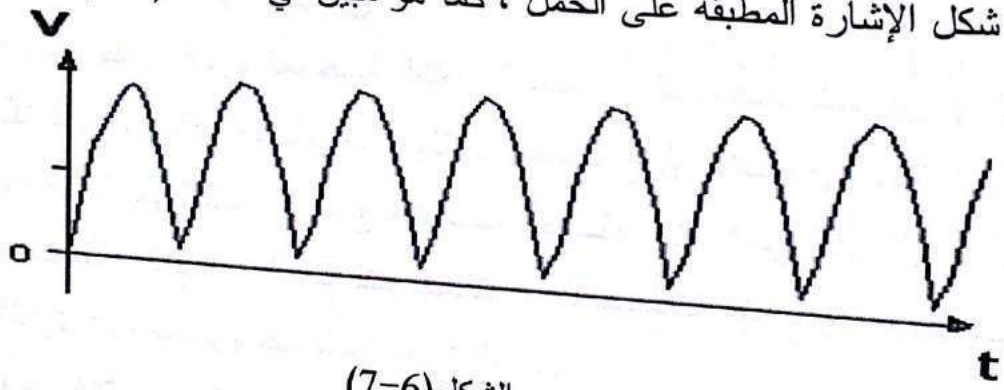
Generated by CamScanner from intsig.com

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):



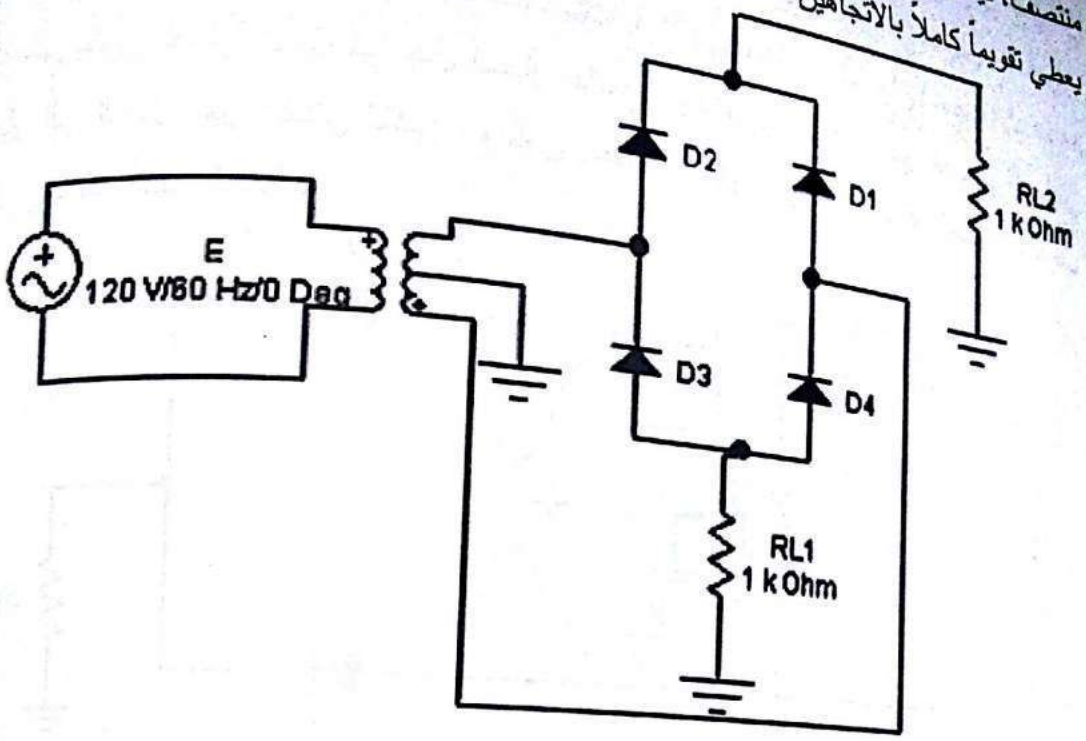
الشكل(6-7)

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 RL2 ، والثنائيان: الثالث والرابع يمرران القسمين السالبين للموجة الجيبية بعد تمريرها على محول ذي نقطة

Generated by CamScanner from intsig.com

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



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

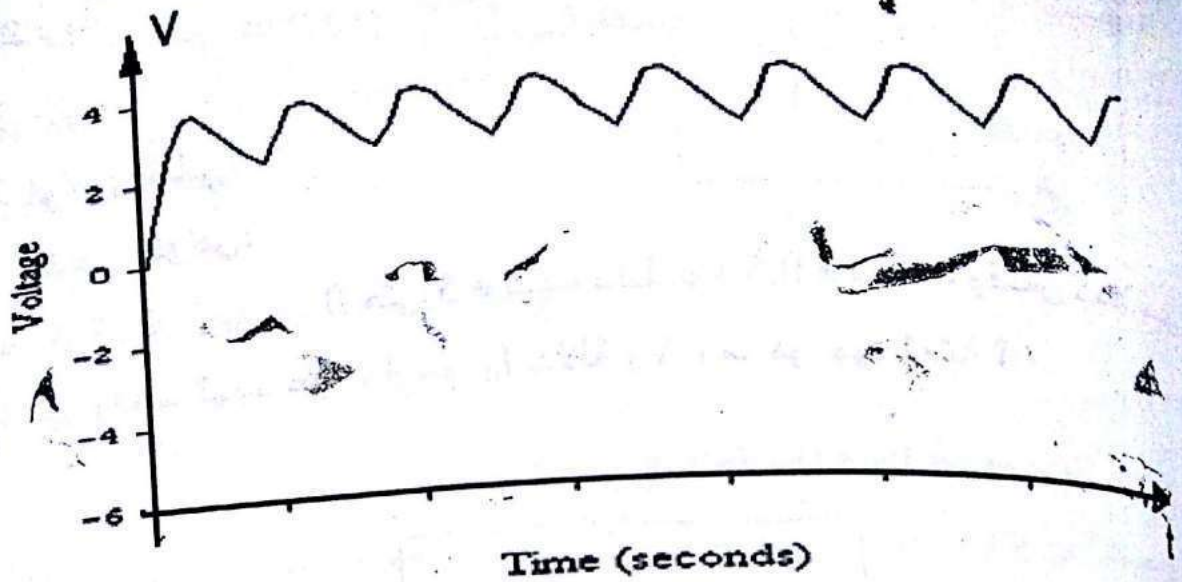
6-7-2 استخدام الثنائي كمرشح:

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 R_{L2} 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

Generated by CamScanner from intsig.com

الدخل بالزيادة من جديد وهكذا ، ومنه نستنتج كلما ازدادت سعة المكثفة ازداد τ وبالتالي تقل التعرجات 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)

3-7-6 استخدام الثنائي كبوابة منطقية:

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)

يمثل 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 .

Generated by CamScanner from intsig.com

القسم العملي للتجربة:

❖ التجربة السادسة :الثنائيات نصف الناقلة

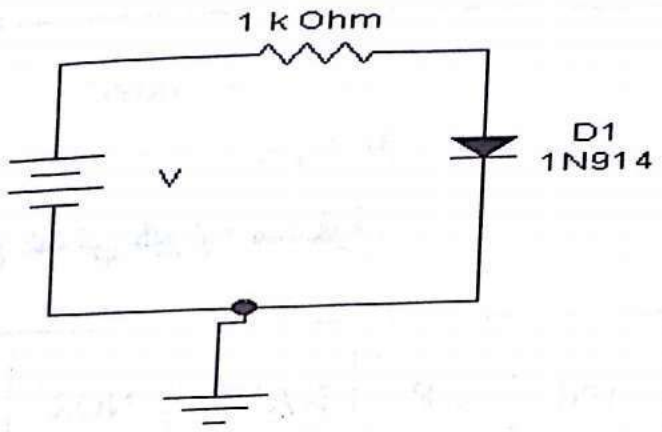
نص التجربة:

السؤال الأول:

دراسة خواص الثنائي:

1- منحني 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 ؟

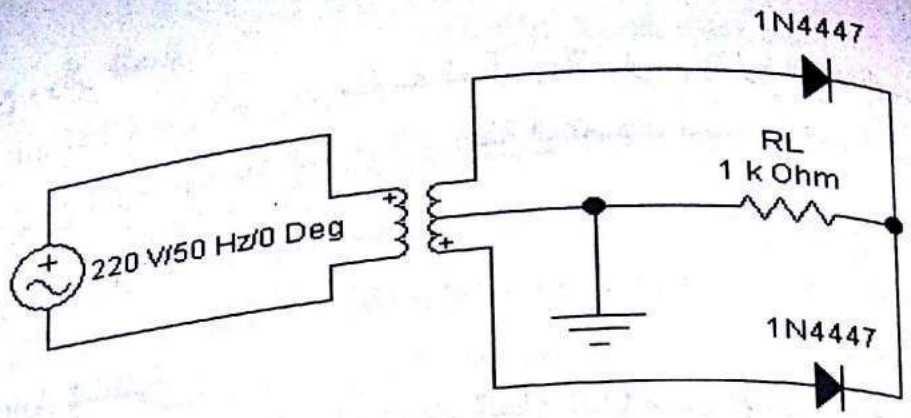
السؤال الثاني:

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 مقاومة الحمل ، ماذا تلاحظ ؟

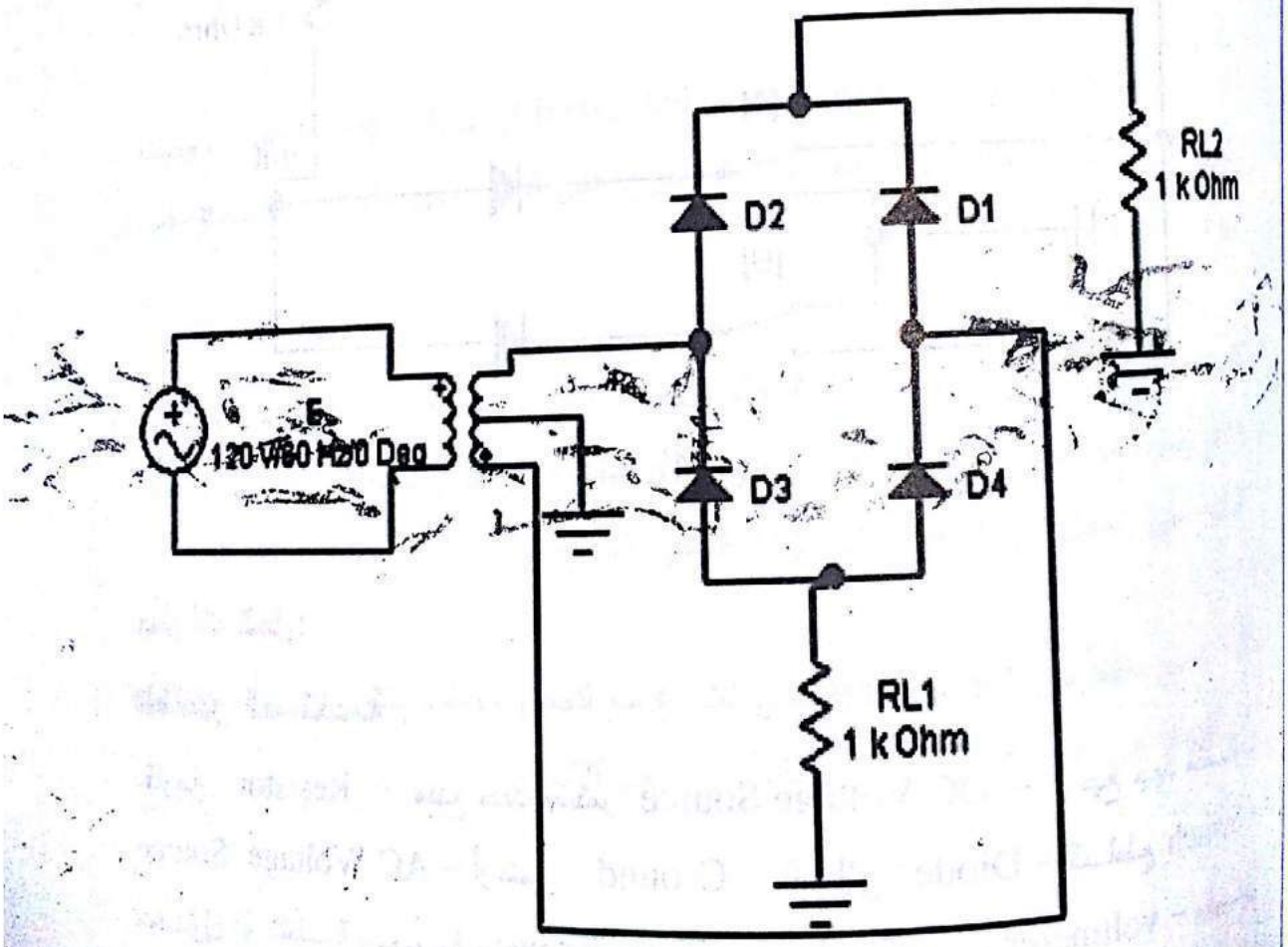
Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل(2)

2- **تقويم موجة كاملة باستخدام جسر التقويم:**

ارسم كلاً من إشارة المولد بعد المحول، وإشارة الجهد الهابط على مقاومتي الحمل R_{L1}، ثـم R_{L2} ماذا تلاحظ ؟ و ما هي- برأيك - ميزات جسر التقويم ؟



الشكل(3)

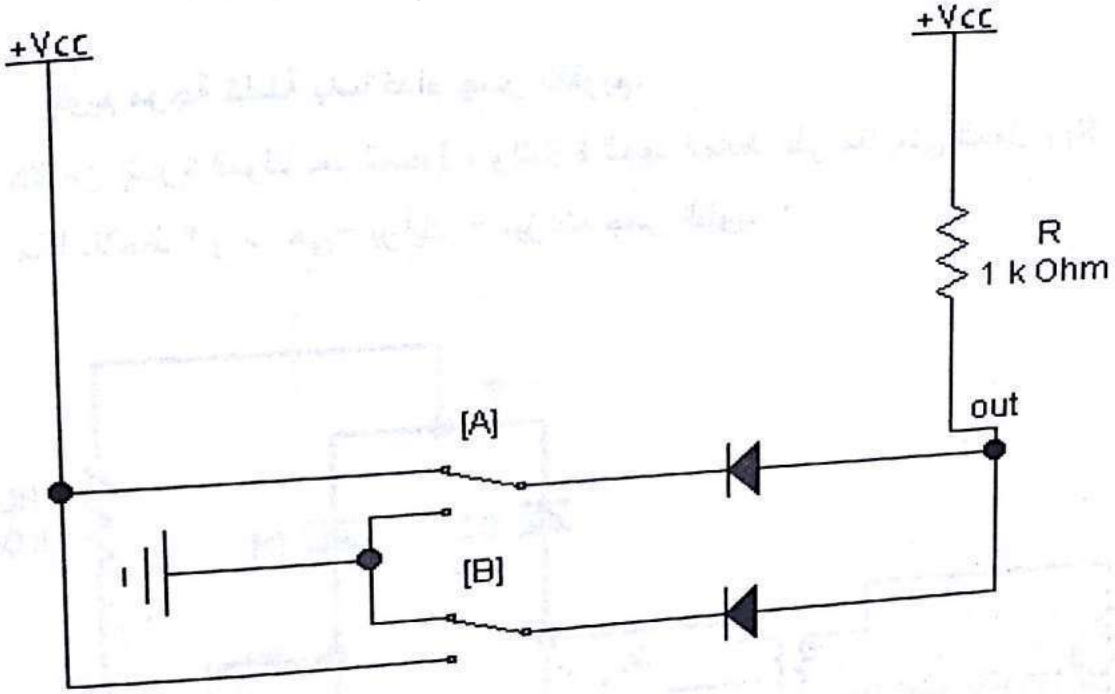
Generated by CamScanner from intsig.com

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.

Generated by CamScanner from intsig.com

1- فيما يتعلق بالسؤال الأول:

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

2- فيما يتعلق بالسؤال الثاني:

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'- نستخدم مولد إشارة جيبية 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'- نضع مكثفاً من النافذة Basic على التفرع مع الحمل ، ونقوم بتجريب زيادة سعة المكثفة من 10μF إلى 50μF ونرى تأثير ذلك على تنعيم الإشارة .

Generated by CamScanner from intsig.com

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

Generated by CamScanner from intsig.com

❖ التجربة السابعة : الترانزستورات الثنائية القطبيةBJT
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 القطبيةBJT:

يُعد الترانزستور أحد العناصر نصف الناقلة 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 الحقلي Field Effect Transistor .

سنتناول في هذه التجربة دراسة النوع الأول :(الترانزستور الثنائي القطبية)، في حين نخصص 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)

Generated by CamScanner from intsig.com

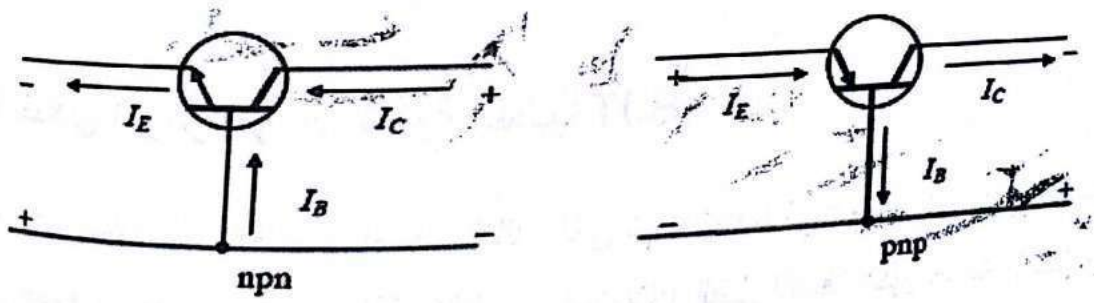
يتكون الترانزستور الثنائي القطبية من وصلتي pn، ويوجد نوعان : النوع npn، والنوع pnp.

في 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:

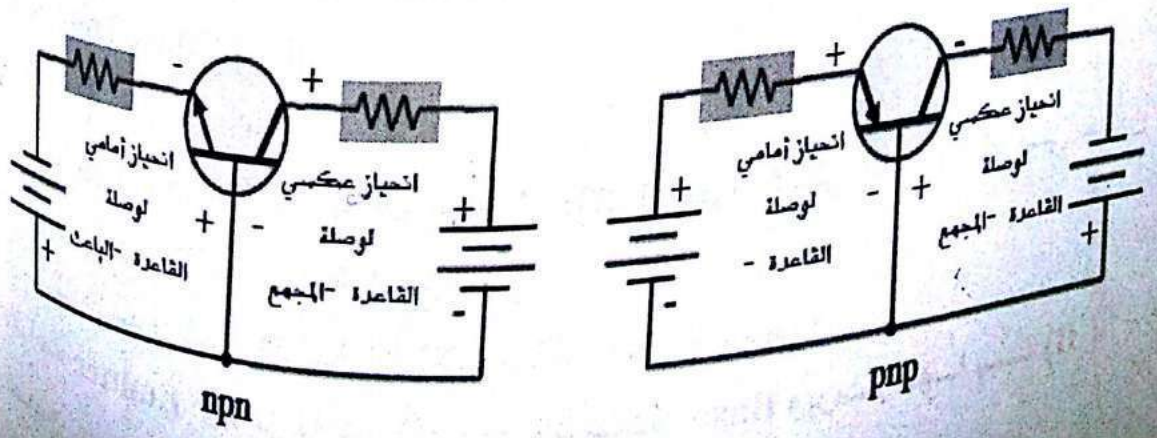
الشكل (7-1)

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



الشكل (7-2)

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



الشكل (7-2)-أ

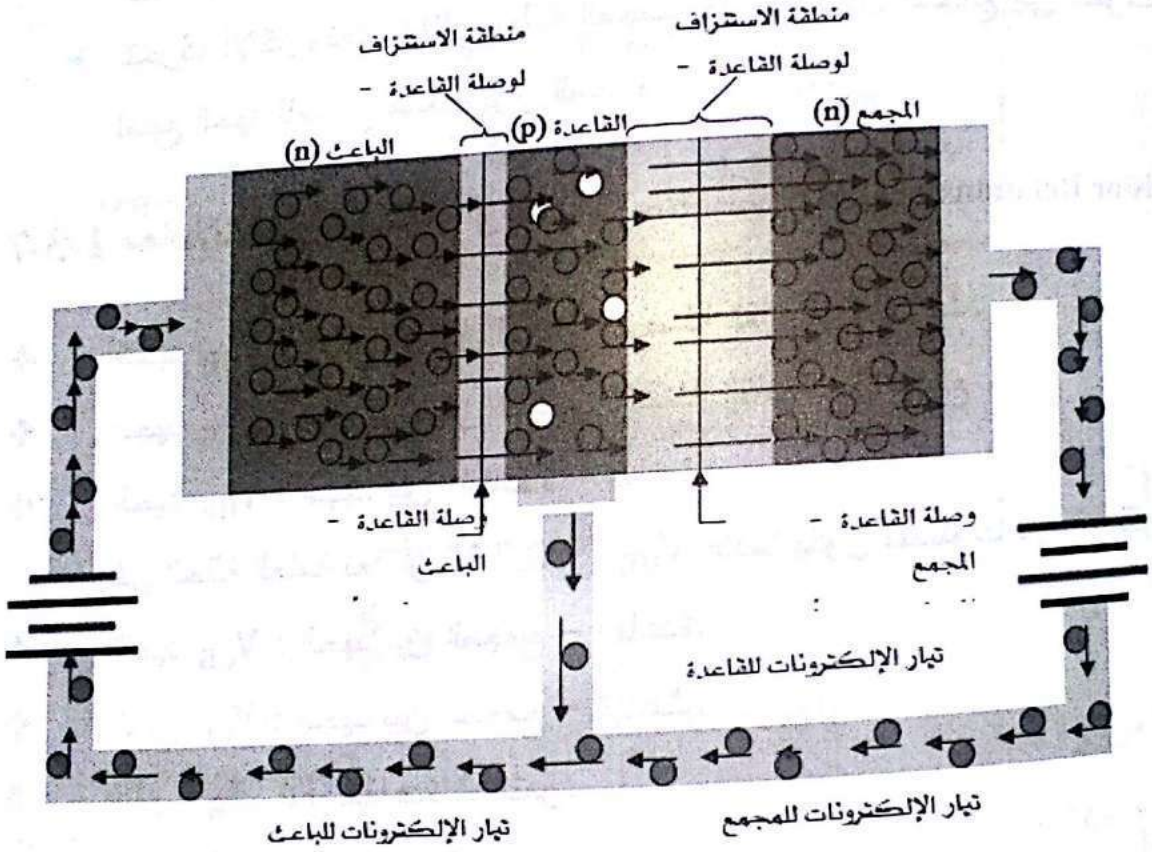
Generated by CamScanner from intsig.com

من **الشكل (7-2)**- أ ، نلاحظ أن الانحياز الأمامي يتحقق دائماً لوصلة القاعـدة – الباعـث والانحياز العكسي لوصلة القاعدة – المجمع لكلٍ من نوعي الترانزستور في وضع التشـغيل كمضخم.

ولتوضيح عمل الترانزستور ، لابد أولاً من استعراض ما يحدث داخـل الترانزسـتور 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 (منطقـة الشـحنة الفراغية) بينهما تضيق ، و يؤدي الانحياز العكسي من القاعدة إلى المجمع إلى اتساع منطقة الاستنزاف بينهما كما هو موضح في **الشكل (7-2)**- ب



الشكل (7-2)- ب

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

Generated by CamScanner from intsig.com

- 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 المتحدة 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.

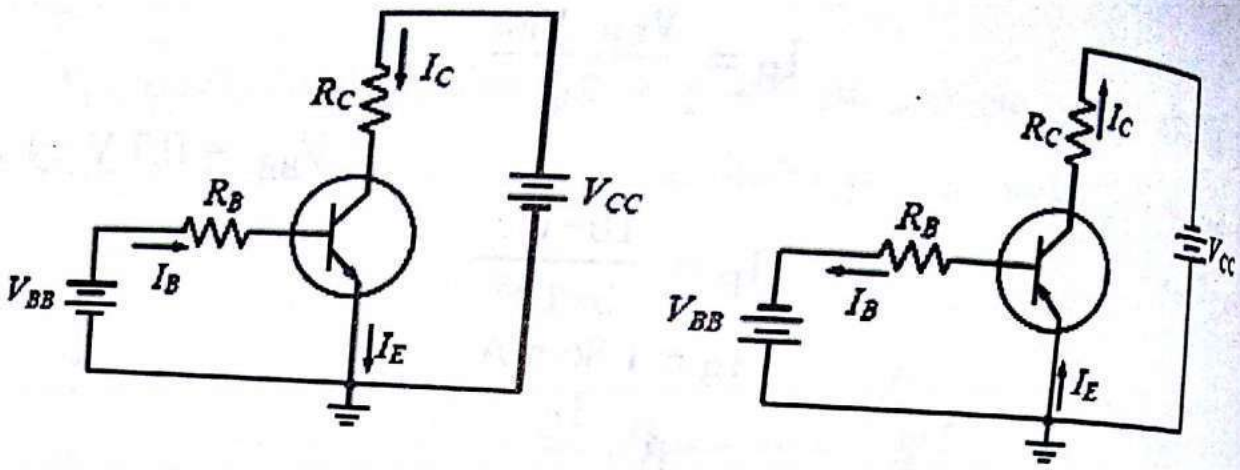
في الحالة العامة نعد أن $V_{BE} = 0.7\ V$ عندما يكون مصنوعاً من السيلكون .

- 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.
- β : عامل التضخيم بين المجمع والقاعدة للترانزستور في حالة التيار المستمر ويساوي النسبة بين تيار المجمع المستمر I_C وتيار القاعدة المستمر I_B .

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

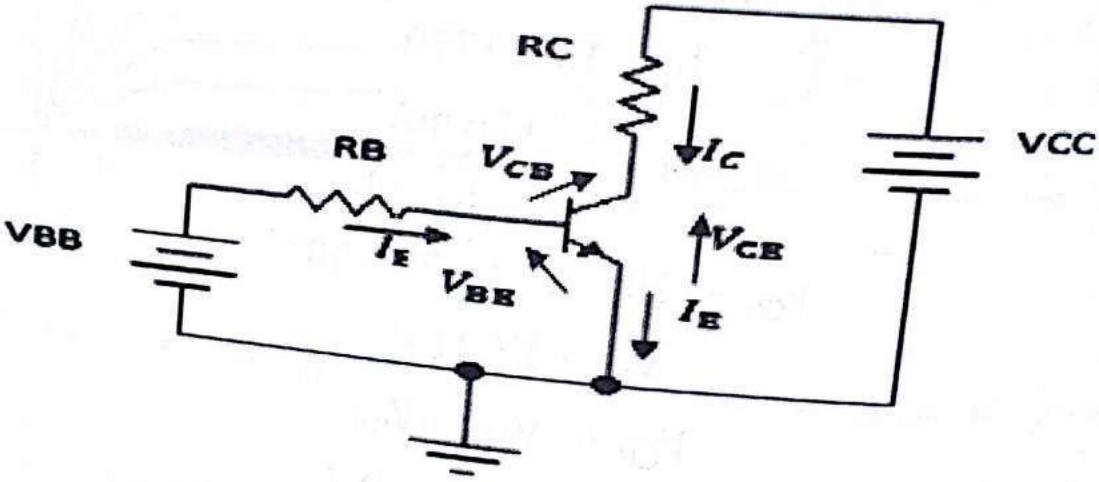
- العلاقة بين تيارات الترانزستور: $I_E = I_B + I_C$

Generated by CamScanner from intsig.com

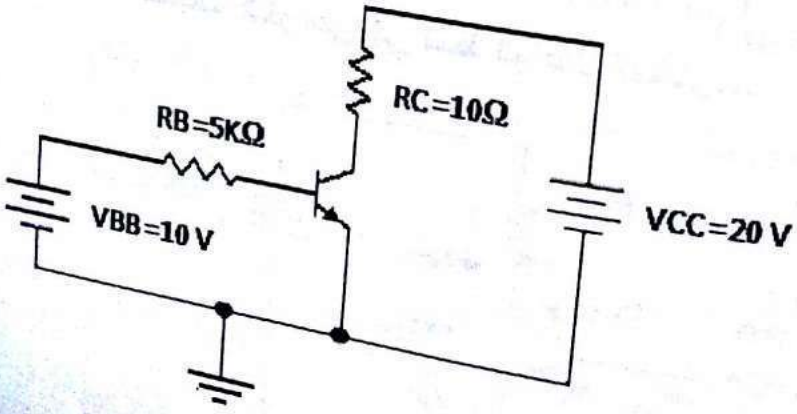


الشكل (7-3)

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



الشكل (7-4)



الشكل (7-5)

مثال(7-1):

لتكن الدارة التالية :

احسب كلاً من I_B ، I_C،

I_E ، V_{CE} ، V_{CB} .

مع العلم أن $\beta=150$ ؟

الحـــــل :

Generated by CamScanner from intsig.com

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

نعلم أن: $V_{BE} = 0.7\ V$

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

$$I_B = 1.86\ mA$$

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

$$I_C = \beta * I_B$$

$$I_C = 150 * 1.86\ mA = 279\ mA$$

$$I_E = 1.86 + 279$$

$$I_E = 280.86\ mA$$

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

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

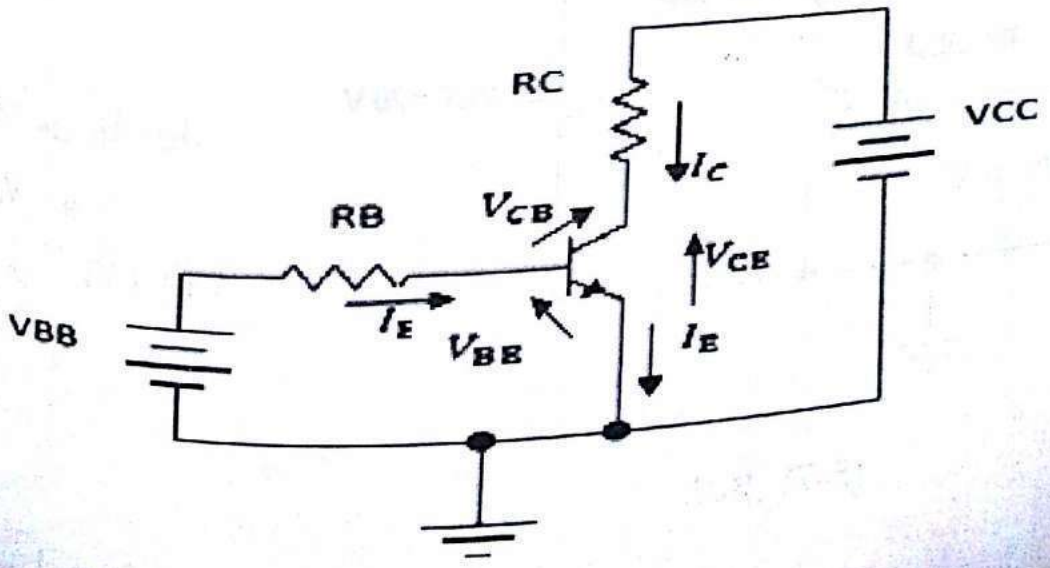
$$V_{CE} = 17.21\ V$$

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

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

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

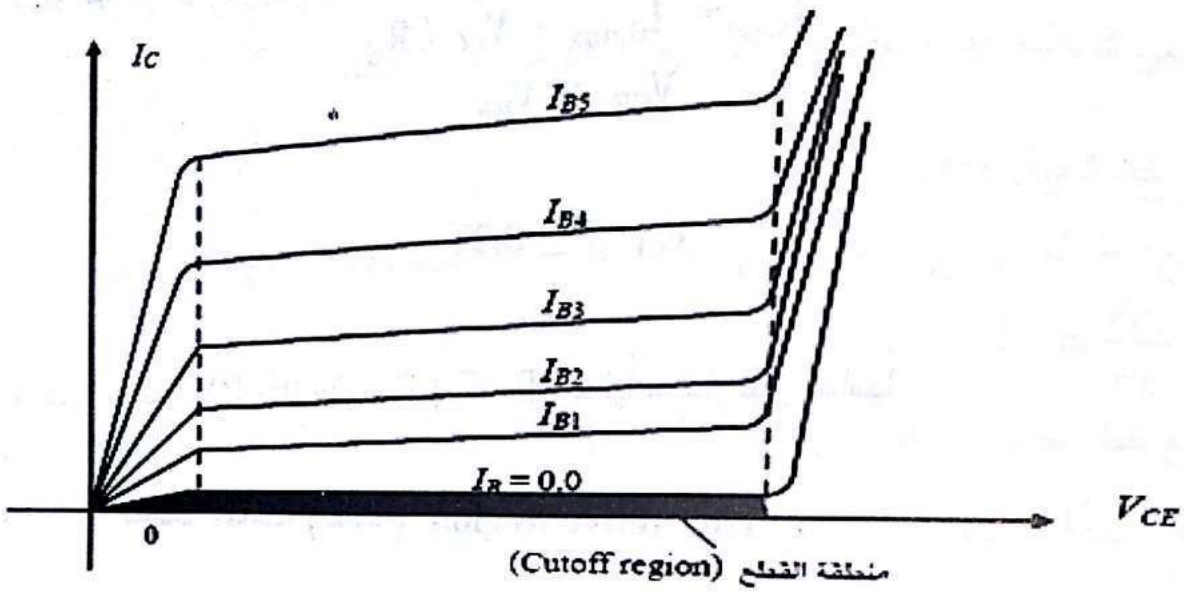
2-3-7 منحنيات الخواص في نمط الباعث المشترك:



الشكل (7-6)

Generated by CamScanner from intsig.com

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 منحني 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، $V_{CC} = V_{CE}$ (على اعتبار تيار المجمع المتسرب صغيراً جداً) .

عملياً تكون الوصلة (E – B) والوصلة (B – C) منحازتين عكسياً ، يكون عندئذ التيار في هذه الحالة مهمل .

- **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 :

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

Generated by CamScanner from intsig.com

$$0 = V_{CC} - R_C * I_C$$

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

ومنه نُعد الترانزستور في حالة إشباع عندما :

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

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

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

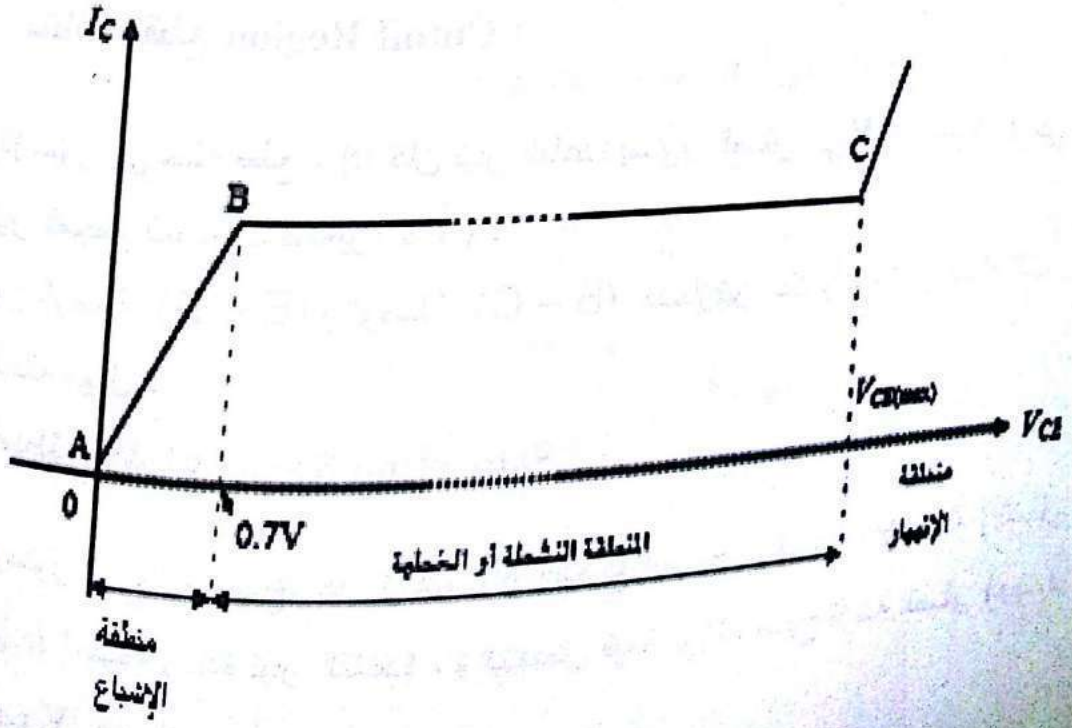
و تكون الوصلة (E- B) والوصلة (B- C) عملياً منحازتين أمامياً .

- **المنطقة الفاعلة (الفعّالة) The Active Region :**

هي المنطقة النشطة الخطية من منحني 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 (7-8)

Generated by CamScanner from intsig.com

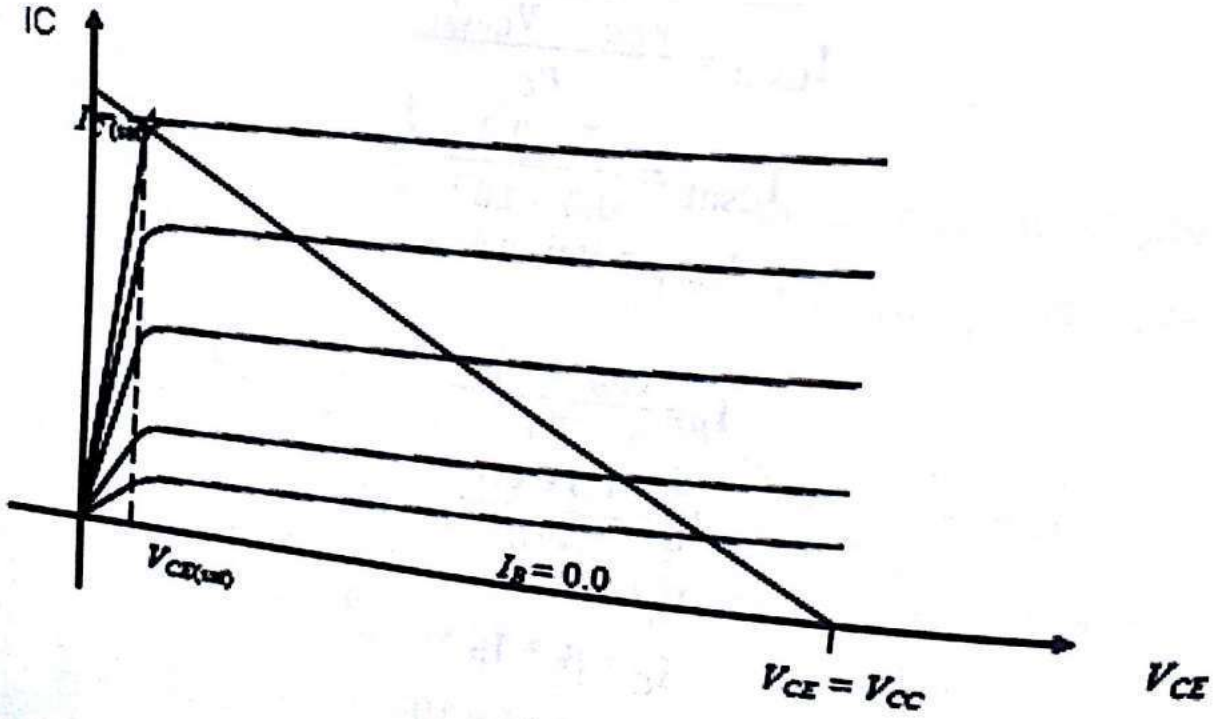
4-3-7 خط الحمل للتيار المستمر DC Load Line :

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

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



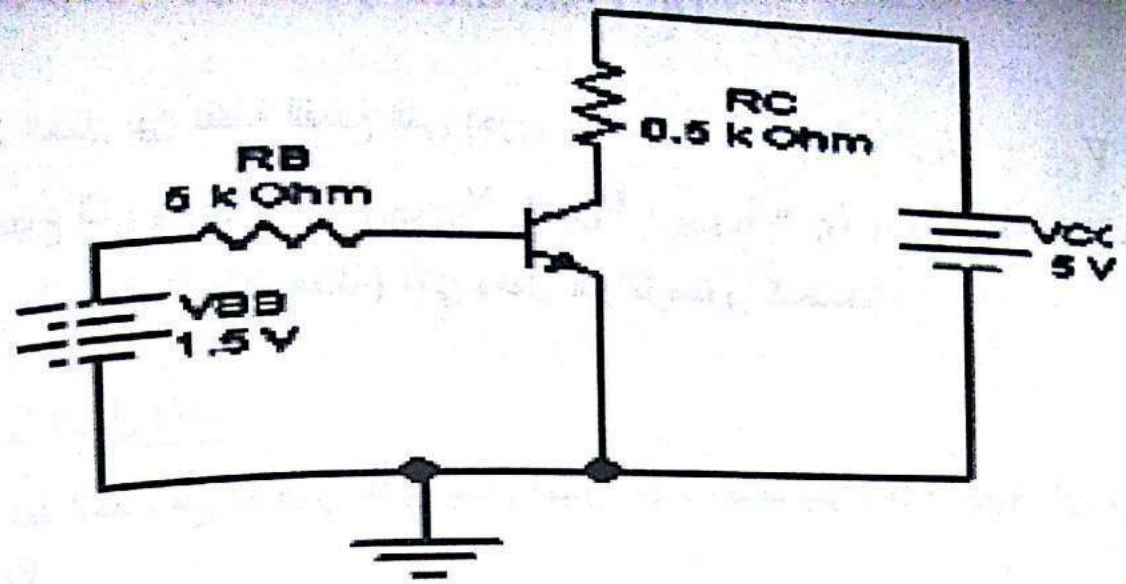
الشكل (7-9)

مثال(7-2):

برهن أن المنطقة التي يعمل الترانزستور فيها هي منطقة الإشباع مفترضاً أن:

جهد الإشباع : $V_{Cesat} = 0.2$ ، $\beta = 50$.

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل(7-10)

الحـــل :

نحسب تيار الإشباع كما يلي :

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

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

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

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

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

$$I_B = 0.16mA$$

$$I_C = \beta * I_B$$

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

$$I_C = 8\ m\ A$$

ومن النتائج السابقة نجد $I_C \sim I_{Csat}$ ونستنتج إذاً أن الترانزستور يعمل في منطقة الإشباع.

5-3-7 استخدامات الترانزستور:

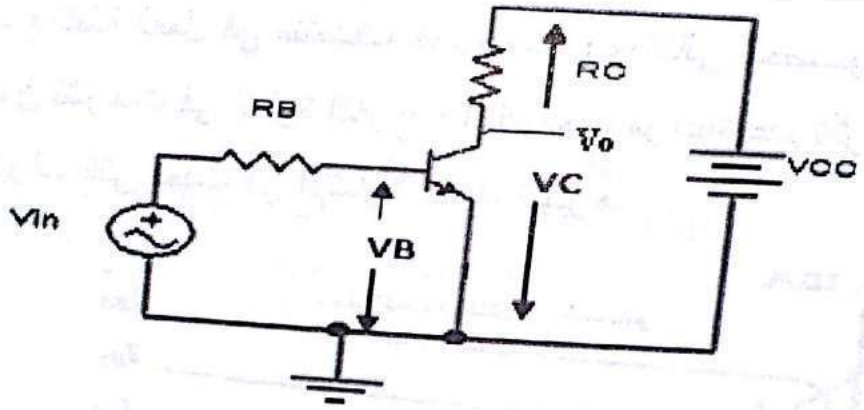
يعمل الترانزستور مضخماً في المنطقة الفعالة ،وقاطعة إلكترونية في منطقة القطع،والإشباع.

Generated by CamScanner from intsig.com

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

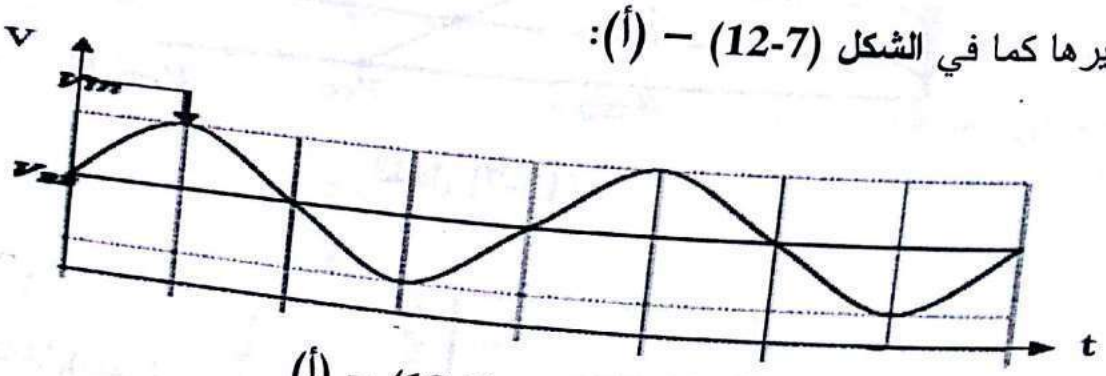
سندرس تشكيلة الباعث المشترك، وفيه يكون الباعث مشتركاً بين الدخل والخرج ، حيث تدخل الإشارة بين النهايتين B, E وتخرج بين النهايتين C, E .

وجدنا سابقا 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:

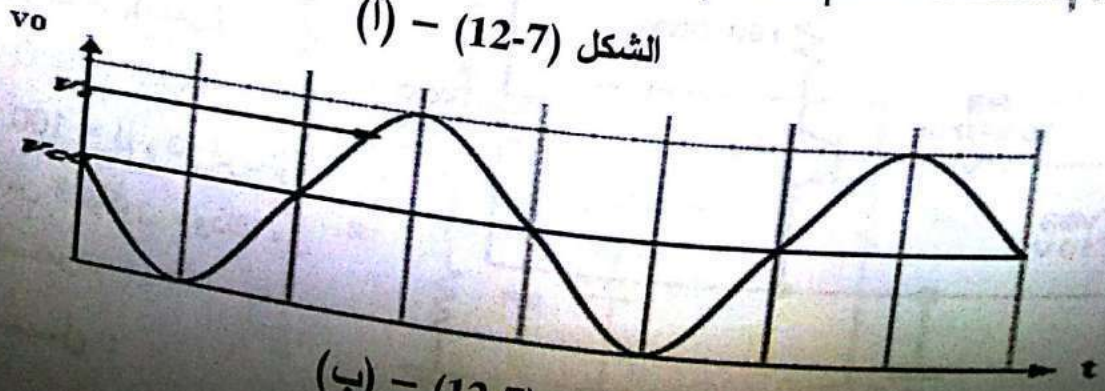


الشكل (7-11)

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



الشكل (7-12) – (أ)



الشكل (7-12) – (ب)

نجد في **الشكل (7-11)** أن :

Generated by CamScanner from intsig.com

الجهد المتناوب V_C يحسب من العلاقة: $v_o = R_C * i_C$

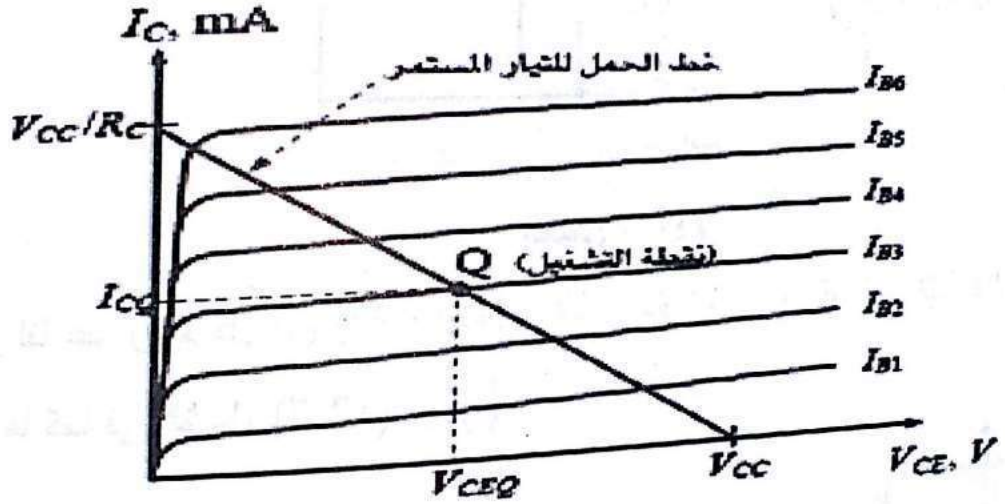
$$i_C = i_E$$

ونجد أن: $v_B = v_{in} - R_B * i_B$

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.

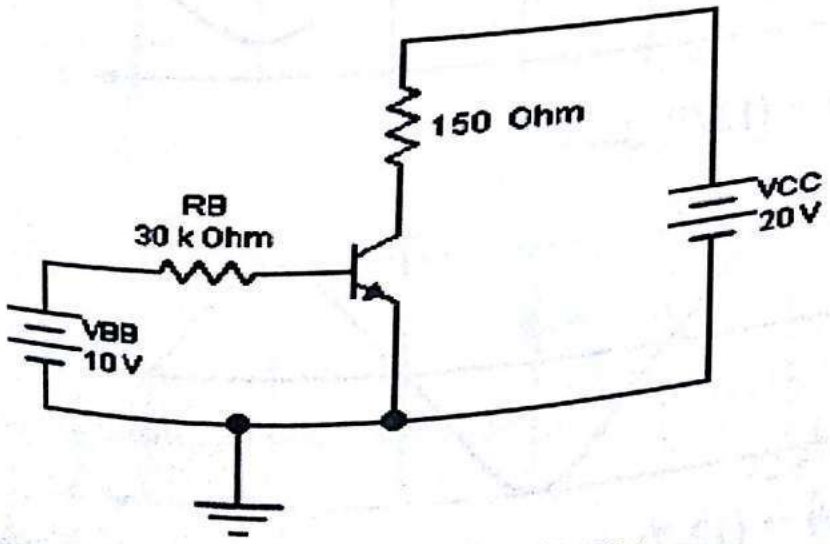


الشكل (13-7)

مثال(7-3) :

حدد نقطة التشغيل(العمل) Q- Point للدارة التالية:

بفرض $\beta = 100$ والترانزستور مصنوع من السيلكون ، وذلك من الناحية المستمرة.



الشكل (14)

الحـــــل :

Generated by CamScanner from intsig.com

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

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

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

$$I_B = 0.31mA$$

$$I_C = \beta * I_B$$

$$I_C = 100 * 0.31 * 10^{-3}$$

$$I_C = 31mA$$

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

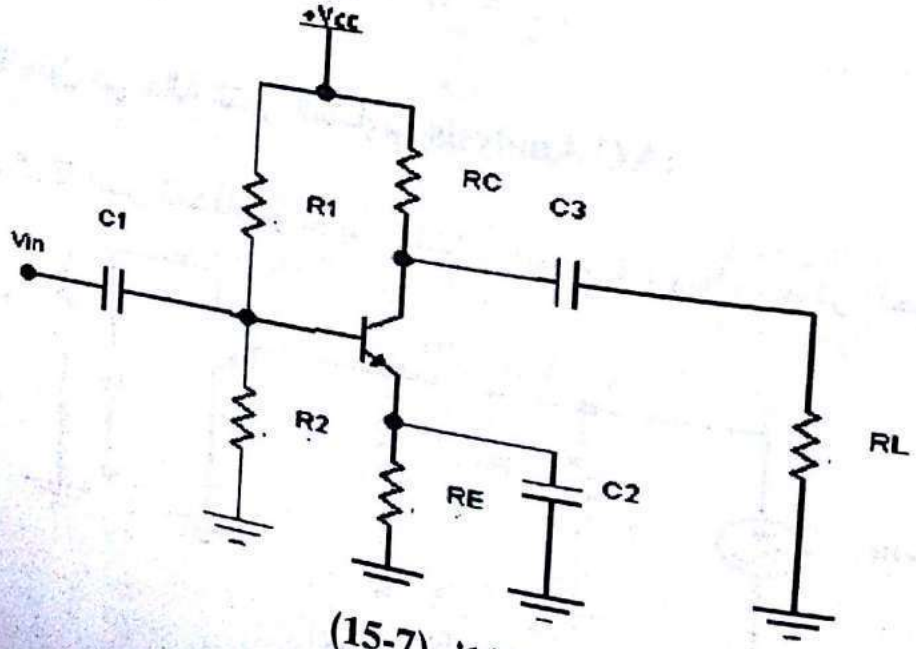
$$V_{CE} = 20 - 31 * 10^{-3} * 150$$

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

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

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

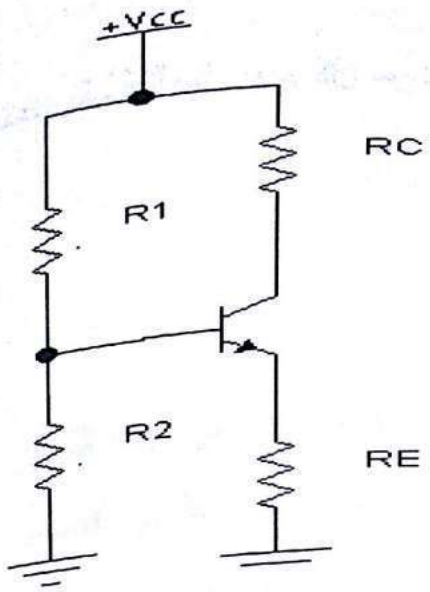
توضح الدارة التالية مضخم الباعث المشترك مع انحياز مجزئ الجهد في الدخل(R_2 ، R_1)، ومكثفات الربط C_1 ، C_3 ، ومكثف التسريب C_2 من الباعث إلى الأرض ، ويمكن دراسة الدارة في حالة التيار المتناوب ، وحالة التيار المستمر.



الشكل (15-7)

Generated by CamScanner from intsig.com

- **التحليل في حالة التيار المستمر DC Analysis:**



الشكل (7-16) دارة DC

لتحليل دارة 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.

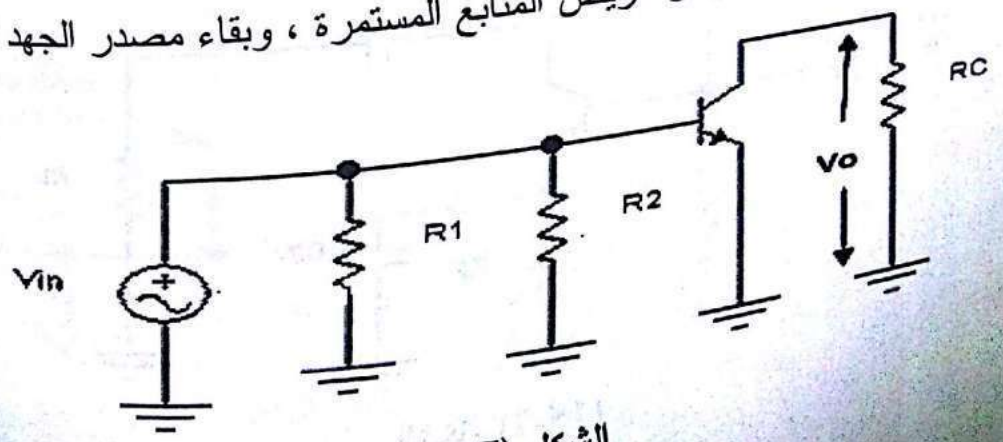
حسب مقسّم الجهد نجد :

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

$$I_E \approx I_C$$
$$V_C = V_{CC} - I_C * R_C$$
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

- **التحليل في حالة التيار المتناوب AC Analysis:**

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



الشكل (7-17)

Generated by CamScanner from intsig.com

نعطى مقاومة الدخل للمضخم R_{in}:

$$R_{in} = hie // R_1 \ // \ R_2$$

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

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

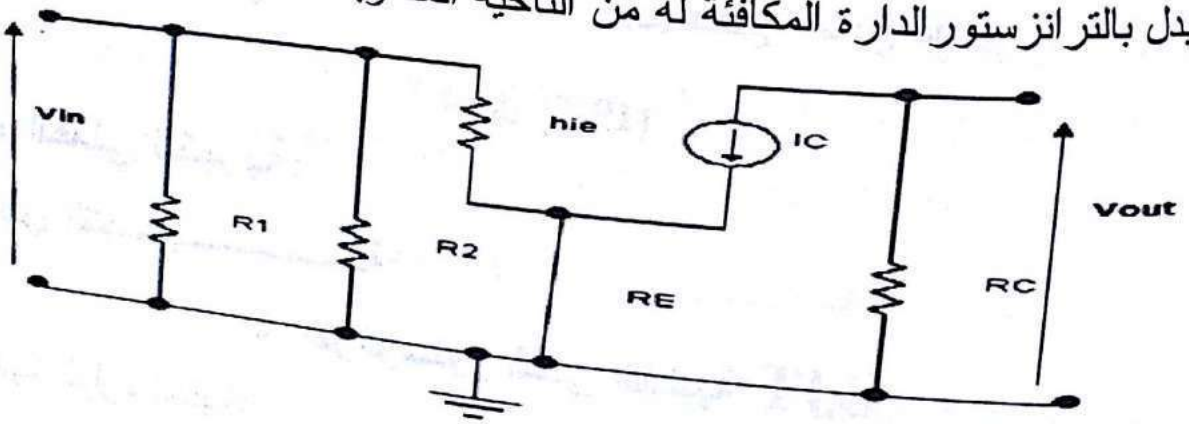
مقاومة الخرج للمكبر R_{out} تساوي مقاومة المجمع:

$$R_{out} = R_C$$

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 (1-18)

hie مقاومة الدخل لتشكيلة الباعث المشترك وهي من رتبة $1\ k\Omega$.

أما في حالة وجود مقاومة الباعث من دون مكثفة فإن جهد الدخل يساوي:

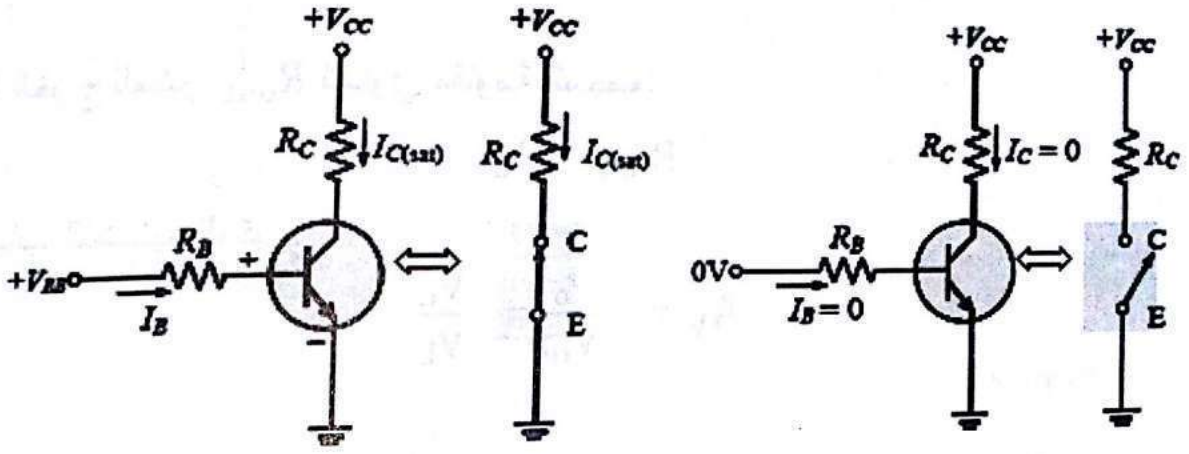
$$V_{in} = I_{in} \ (R_1 // R_2 \ // \ (hie + \beta * R_E)$$

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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($I_B = 0$، $V_{CC} = V_{CE}$) ومنطقة الإشباع ($V_{CE} = V_{CEsat}$، $I_C = I_{Csat}$) .



(ب) التشبع - مفتاح مغلق

(أ) القطع – مفتاح مفتوح

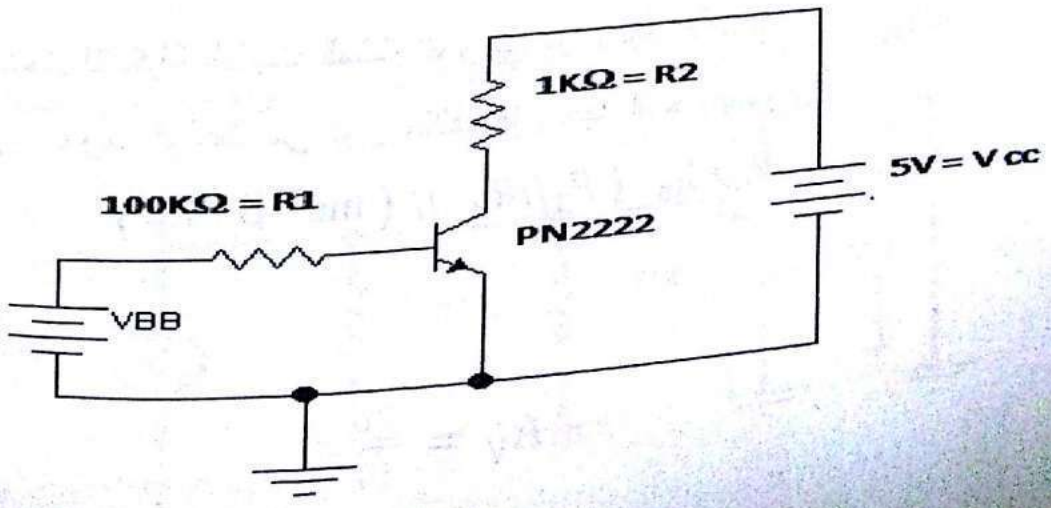
الشكل (7-19)

القسم العملي للتجربة:

7-1 نص التجربة:

❖ **الترانزستور ثنائي القطبية BJT**

لتكن لدينا الدارة التالية:



الشكل (7-1)

Generated by CamScanner from intsig.com

1-1-7 خواص الدخل :

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

2-1-7 خواص الخرج :

- من أجل $V_{BB} = 2V$ غيّر قيمة المولد V_{CC} من 0 V إلـى 5 V بخطـوة 0.5 V وقس كلاً من V_{CE} ، I_C
- كرّر القياس السابق من أجل $V_{BB} = 3\ V$.
- ارسم على المحاور نفسها نتائج القياسات التي حصلت عليها (I_C بدلالة V_{CE}) ، ماذا تستنتج ؟

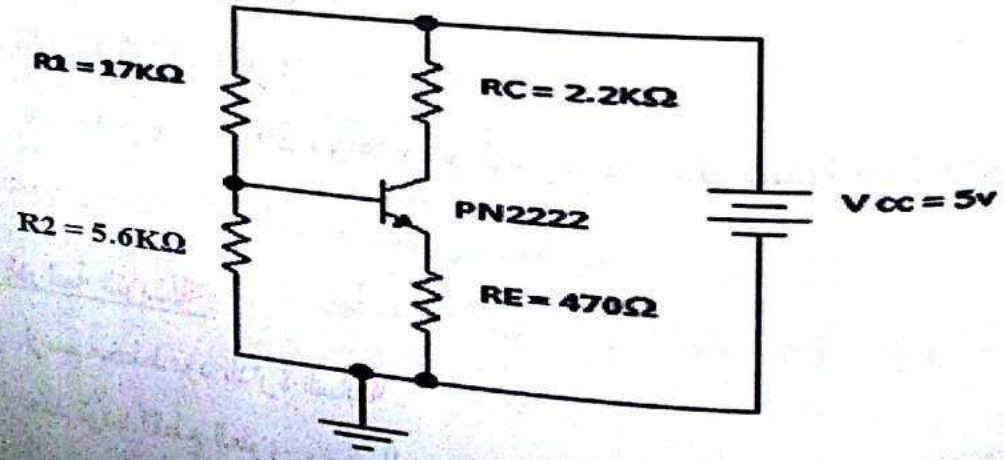
3-1-7 مناطق العمل :

قس نقطة العمل : (I_C، V_{CE}) ، (I_B، V_{BE}) من أجل $V_{CC}= 5\ V$ ،ومن أجل ($V_{BB} = 1V$ ، $V_{BB} =3V$ ، $V_{BB} = 6V$) .

- حدد نظام عمل الترانزستور ، من أجل كل قيمة.

4-1-7 تطبيقات الترانزستور :

نفّذ الدارة التالية:



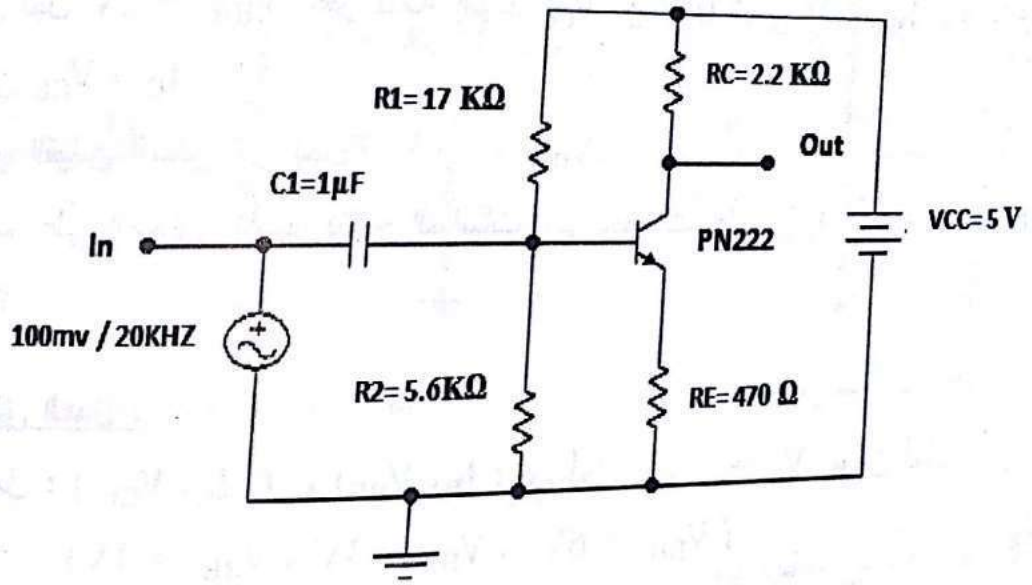
الشكل (7-2)

Generated by CamScanner from intsig.com

- قس نقطة العمل (I_C، V_{CE}) ، و(I_B، V_{BE})، واحسب β.
- 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 المضخم من الناحية المتناوبة :

أضف مكثفة $C1 = 1\ \mu F$ ، ومولد إشارة متناوب عند القاعدة كما في الدارة التالية :



الشكل (3)

- ارسم الإشارة عند النقطتين In , Out .
- احسب hie من خلال قياس تغير الجهد عند القاعدة وقياس تغير التيار المار فيها .
- احسب التضخيم عملياً ، وقارنه بالقيمة النظرية (عند الحساب النظري ، استخدم قيمة hie التي حصلت عليها عملياً) .
- ما مهمة المكثف C1 ؟
- غيّر التردد إلى 20 Hz ، وأعد رسم الإشارة عند النقاط السابقة ، ماذا تلاحظ؟ فسّر النتيجة .

6-1-7 الدراسة الترددية :

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

Generated by CamScanner from intsig.com

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 منحني الثنائي مع التعليل.

- **خواص الخرج :**

من أجل $V_{BB} = 2V$:

V_{CC}	V_{CE}	I_C

من أجل $V_{BB} = 3\ V$

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 $V_{BB} = 2\ V$ ، ومن أجل $V_{BB} = 3$.

Scanned by CamScanner from intsigt.com

3- مناطق العمل :

بوضع قيمة V_{CC} على 5 V ، وبوضع إحدى الحالات الثلاث لـV_{BB} (V_{BB} = 1,3,6 v)
نقيس نقطة العمل (I_C، V_{CE}) و(I_B، V_{BE}) من أجل كل حالة ، ونحـــدد نظـــام عمـل
الترانزستور حسب القيم المقيسة 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 hie (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 hie التي حصلت عليها عملياً) .
- ما مهمة المكثف C1 ؟
- نغيّر التردد إلى 20 Hz، ونعيد رسم الإشارة عند النقاط الســـابقة بواســـطة راســـم الإشارة ، ماذا تلاحظ ؟ فسّر النتيجة .

6- الدراسة الترددية :

- نرسم مخطط بود للدارة السابقة بواسطة راسم مخطط بود ، ونحـــدد تـــردد القطـــع العلوي ، والسفلي على المخطط .

Generated by CamScanner from intsig.com

8-1 الهدف من التجربة :

- التعرف إلى منحني خواص الدخل والخرج للترانزستور ذي الأثر الحقلي.
- 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 الحقلي FET :

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

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

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

يبين الشكل(8-1) تخطيطاً للترانزستور JFET الذي يتألف من طبقة رقيقة من مادة نصف ناقلة نوع n مع تماسين أوميين في نهاية الطبقة الرقيقة يدعيان المصرفD ، والمنبع S، ووضعت 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

Generated by CamScanner from intsig.com

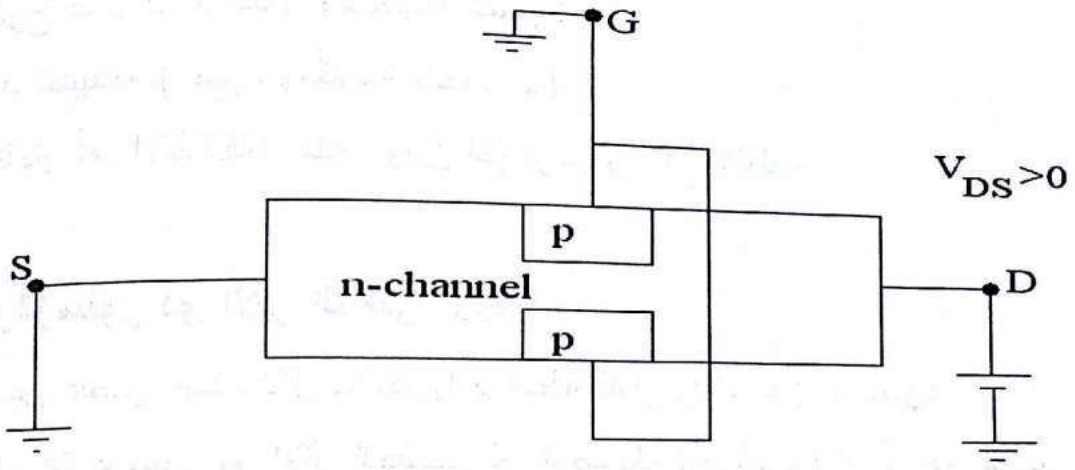
القناة p ومن هنا فإن للترانزستور ذي الأثر الحقلي ذي الوصلة (ذو القناة n أو ذو القناة p)

JFET ثلاث مناطق هي :

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

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

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



الشكل(8-1) تخطيط للترانزستور JFET

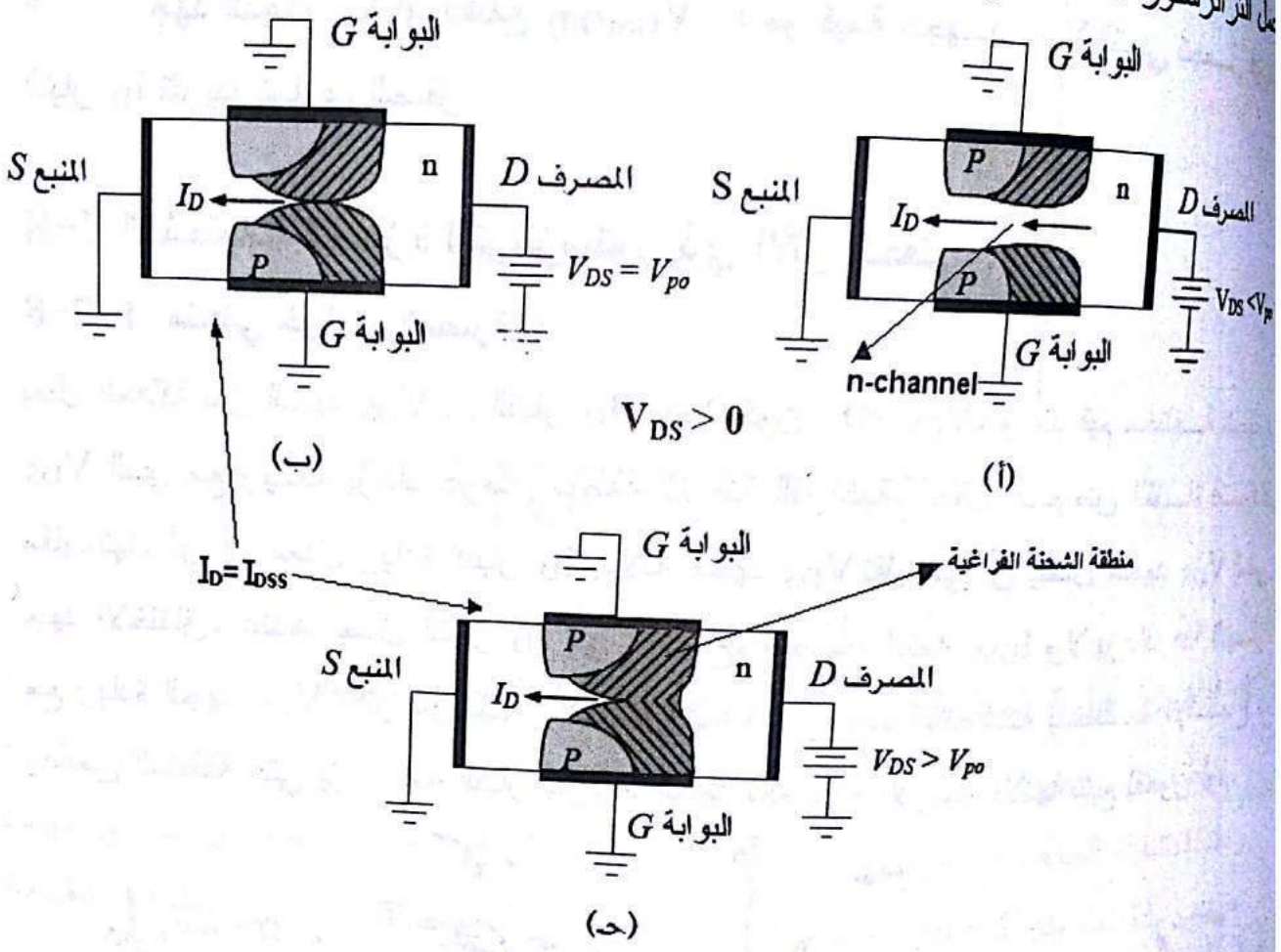
8-5 آلية عمله :

لفهم مبدأ عمل الترانزستور ذي الأثر الحقلي JFET ، نقوم بتطبيق جهد موجب على المصرف فتتدفق الالكترونات 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 فتتشكل 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

Generated by CamScanner from intsig.com

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



الشكل(8-2)

8-6 معاملات الترانزستور ذي الأثر الحقلي 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:

$$g_m = 2.\frac{IDss}{|Vp|}.\sqrt{\frac{ID}{IDss}} \quad \text{أو} \quad g_m = 2.\sqrt{\frac{ID.IDss}{V_p^2}}$$

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

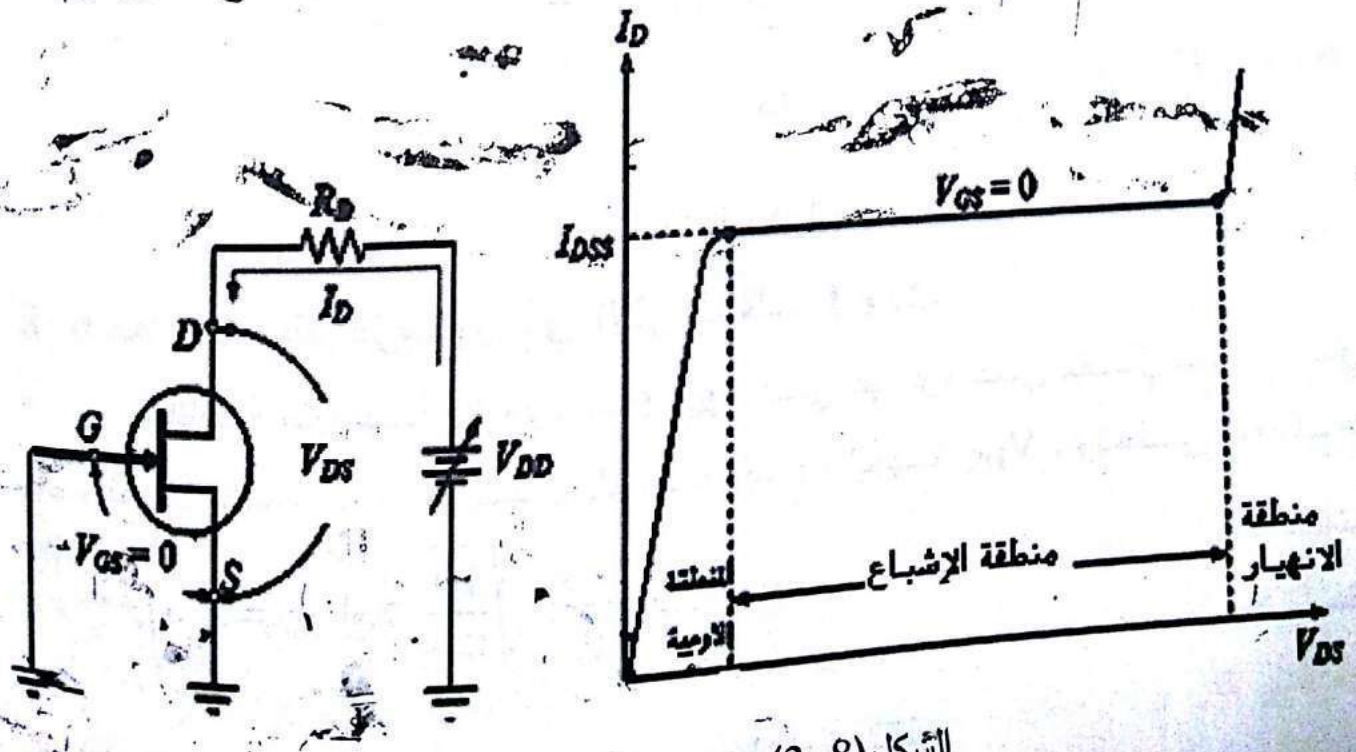
Generated by CamScanner from intsig.com

- **مقاومة المصرف منبع r_{ds}** : تمثل معدل تغير الجهد V_{DS} بالنسبة للتيار I_D عند ثبات الجهد V_{GS} .
- **معامل التكبير μ** : ويعطى بالعلاقة : $\mu = g_m \cdot r_D$
- **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.

8-7 المنحنيات المميزة للترانزستور ذي الأثر الحقلي :

8-7-1 منحني 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.

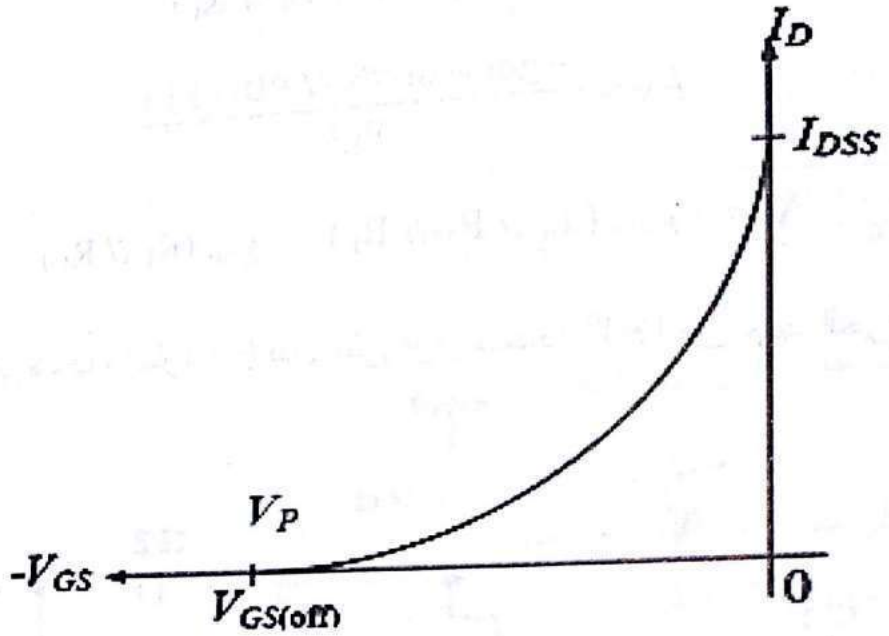


الشكل(8-3) منحني خواص المصرف

Generated by CamScanner from intsig.com

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 (8-4):



الشكل(8-4) منحني خواص التحويل

8-8 تحليل دارة المضخم FET في تشكيلة المنبع المشترك :

سوف ندرس عمل دارة 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 r_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 $Ri = R_G$

3) **مقاومة الخرج** :هي المقاومة المنظورة من خرج الترانزستور FET بعد رفع مقاومة الحمل RL وجعل E_g تساوي الصفر(0) ؛ هذا يعني أن: $V_{gs}=0$ والمولد: $g_m.V_{gs}$ لا يقدم أي تيار، وبذلك تكون: r_{ds} موصولة على التفرع مع R_D ،ونكتب $R_O = r_{ds} // R_D$

Generated by CamScanner from intsig.com

4) **تضخيم الجهد :**

يعبر عنه بالنسبة $\frac{Vo}{Vi}$ التي تحسب كما يلي:

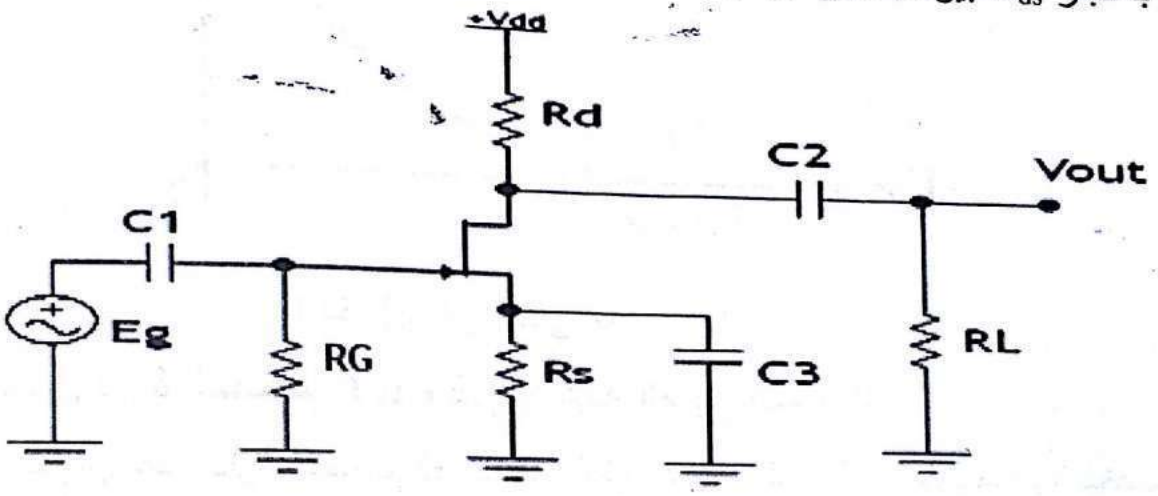
$$A_V = \frac{Vo}{Vi} = \frac{Vo}{Vgs}$$

$$V_o = -\, g_m . v_{gs} \,(r_{ds} // R_D // R_L)$$

$$A_V = \frac{-gm.vgs(rds\ //\ RD//\ RL)}{Vgs}$$

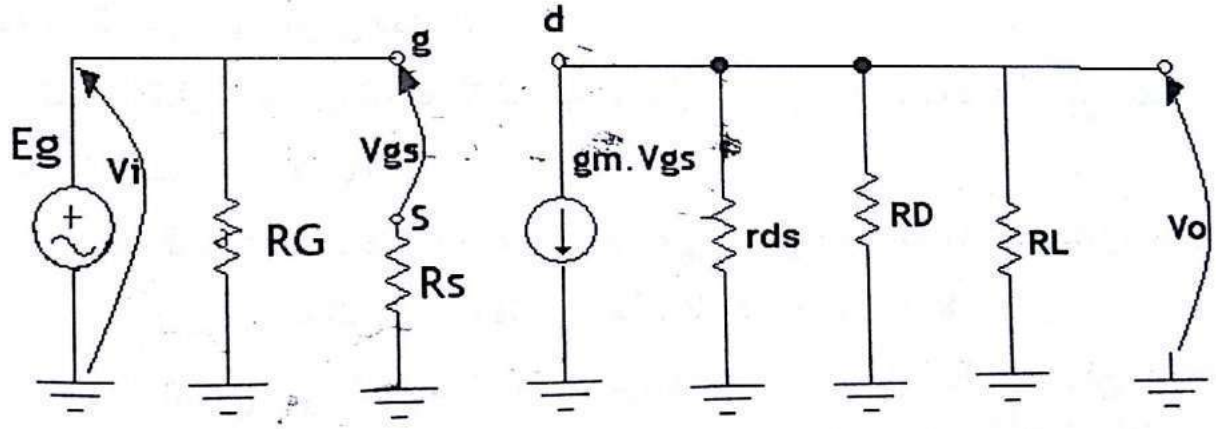
$$A_V = -\, g_m . \,(r_{ds} // R_D // R_L) \approx -g_m . \,(R_D // R_L)$$

باعتبار r_{ds} كبيرة جداً وإشارة (–) تدل على فرق صفحة 180° بين جهد الخرج ، والدخل.



الشكل(8–5)

والدارة المكافئة:



الشكل(8–6)

Generated by CamScanner from intsig.com

مثال(8-1):

فيما يتعلق بالدارة السابقة احسب كلاً من (Av, Ri , Ro) للمضخم بفرض أن :

$R_G = 10M\Omega$, $R_D = 10k\Omega$, $R_L = 15k\Omega$, $g_m = 4$ mmho , $g_D = 10\mu$ mho

الحـل:

- $Ri = R_G = 10M\Omega$
- $Ro = r_{ds} // R_D = \frac{1}{10^{-5}} // 10^4 = 9.9k\Omega$
- $RL1 = R_D // RL = \frac{10.15}{10+15} = 6k\Omega$

$Av = - g_m . RL1 = - 0.004 . 6000 = - 24$

8-9 الاختلافات بين الترانزستور ذي الأثر الحقلي FET وثنائي القطبية BJT:

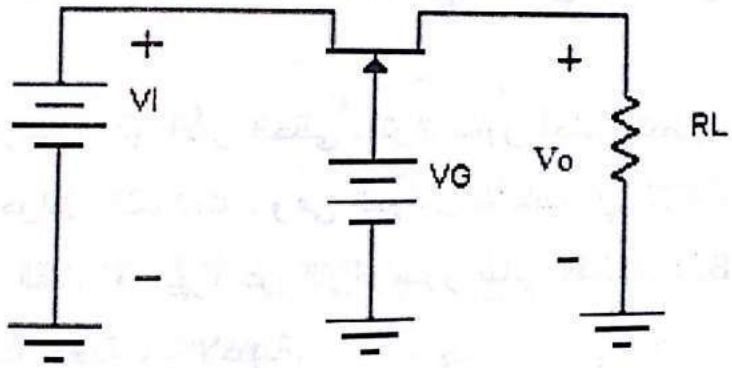
- يعرف الترانزستور ذو الأثر الحقلي بالترانزستور أحادي القطبية ، لأنه يعتمد على تدفق نوع واحد من حوامل الشحنات ، وهي الحوامل الأغلبية أي الإلكترونات في حالة القناة n، والثقوب في حالة القناة P تمييزاً عن الترانزستور ثنائي القطبية BJT الذي يعتمد على نوعي حوامل الشحنات الأقلية ، والأغلبية.
- يتميز الترانزستور ذو الأثر الحقلي 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 لدارة 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 الحقلي FET بأنه أقل ضجيجاً، وسهل التصنيع، ويصلح للترددات العالية ؛ لأن حاملات الشحنات في BJT تحتاج لزمن عبور غير مهمل؛ 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 .

Generated by CamScanner from intsig.com

8-10 أهم تطبيقات الترانزستور FET :

8-10-1 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 vi وبالعكس، فعندما يكون V_G جهداً سالباً كبيراً ؛ فإن الترانزستور يقطع ، ولن يتدفق تيار عبره ، ويصبح جهد الخرج Voالمطبق على المقاومة RL مساوياً للصفر.



الشكل(8-7)

8-10-2 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 المصرف المنبع متحكم فيها عن طريق جهد الانحياز V_{GS} .

كما يستخدم الترانزستور FET كمكبر بعدة تشكيلات أخرى.

Generated by CamScanner from intsig.com

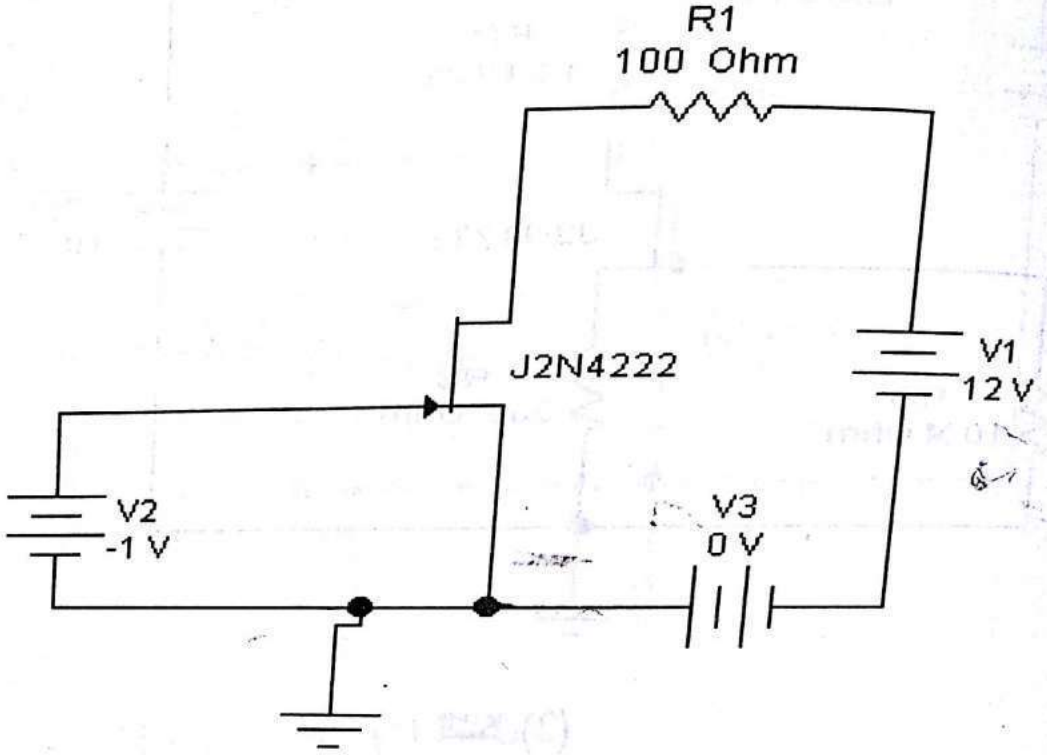
القسم العملي من التجربة:

التجربة الثامنة : الترانزستورات ذات الأثر الحقلي FET

نص التجربة :

1- خواص الترانزستور:المنحنيات المميزة للترانزستور JFET:

نفذ 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 كلٍّ من V1 من 0 حتى 10V بخطوة 2v و V2 من0 حتى 4V- بخطوة 0.5V- ورسم التيار المار في المولد ذي القيمة المعدومة V3.

2) ارسم I_D بدلالة V_{GS} من خلال تغيير كلٍّ من V2 من 0 حتى 6V- بخطوة 0.5V- ورسم التيار في المولد ذي القيمة المعدومة V3، استنتج قيمة كلٍّ من I_{DSS} وV_P ($V_{GS(Off)}$).

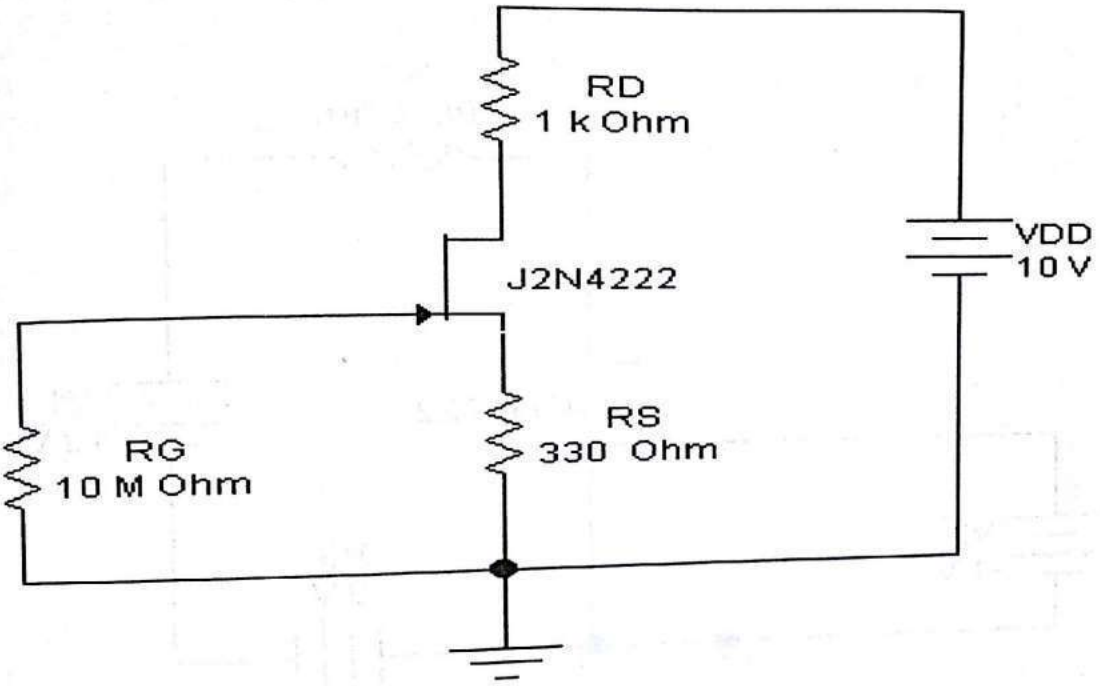
Generated by CamScanner from intsig.com

2- تطبيقات الترانزستور ذي الأثر الحقلي FET:

سوف نركز في هذه التجربة على استخدامه كمكبر بتشكيلة منبع مشترك.

1) نقطة العمل الساكنة:

نفّذ الدّارة المبينة في الشّكل (2) :



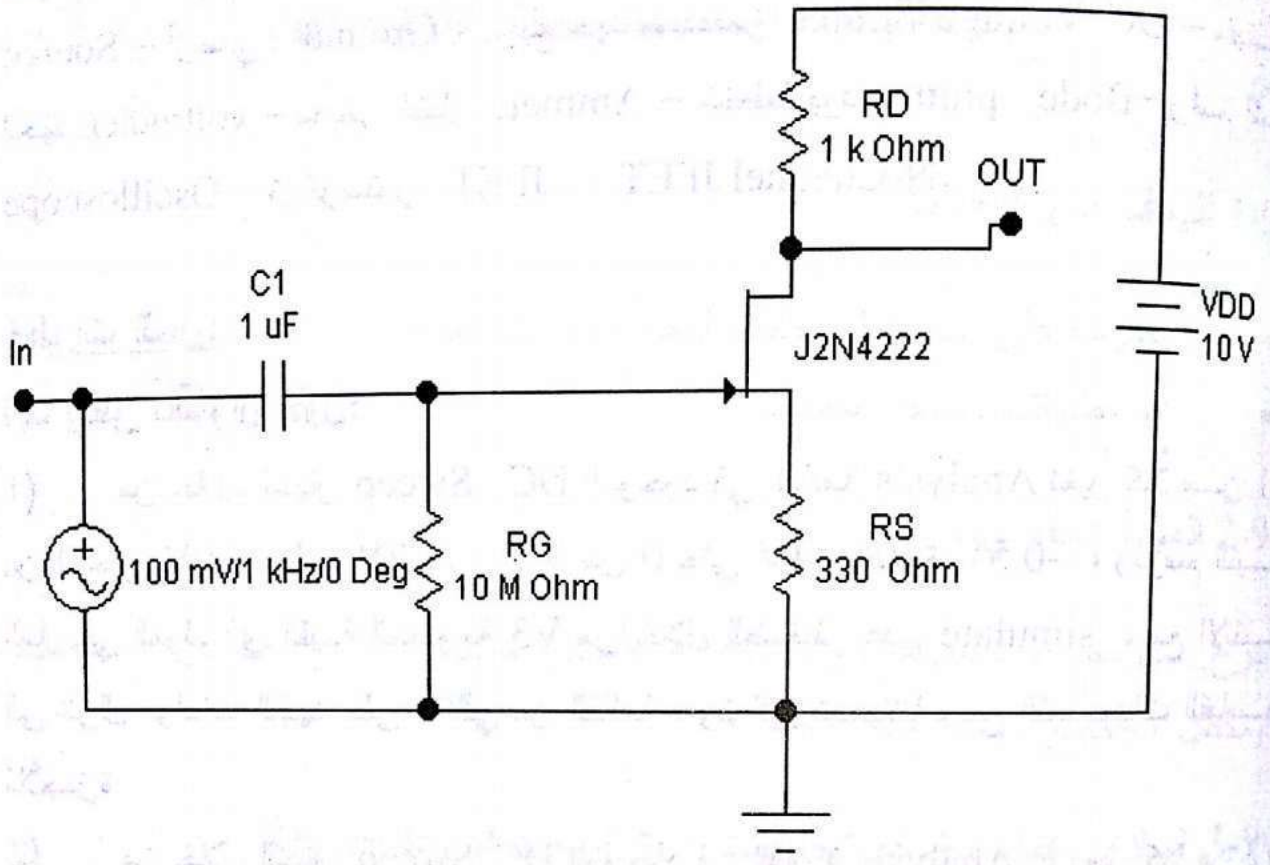
الشكل(2)

- 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 الطلب الأول)، وإذا علمت أن علاقة g_m هي: $g_m=2\sqrt{\frac{Id.Idss}{V_p^2}}$ احسب قيمة g_m .

2) المضخم في النظام المتناوب:

Generated by CamScanner from intsig.com

أضف المكثف C1=1μF ، ومولد جهد متناوب بمطال 100mV ، وتـردد 1kHz للـدارة السابقة ، كما في الشكل التالي :



الشكل(3)

- ارسم الإشارات عند الدخل ، والخرج ، ما هي قيمة التضخيم ؟
- احسب التضخيم نظرياً ، وقارنه مع القيمة المقيسة عملياً (ملاحظـة عنـد حسـاب 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 بـين القيمتين.

Generated by CamScanner from intsig.com

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 كلٍّ من I_{DSS} وV_P ($V_{GS(off)}$).

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 منحني بود للدارة ، ونستنتج تردد القطع السفلي للدارة ، ثم نتأكد من الجواب نظرياً باستخدام علاقة تردد القطع .

Generated by CamScanner from intsig.com

❖ التجربـــــــــة التاســـــعة :

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:

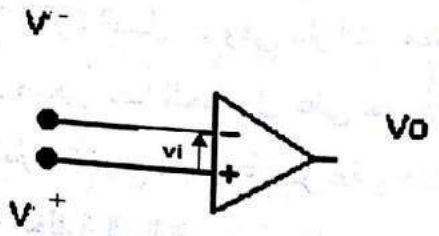
شرح عمل مضخم العمليات ، واستخداماته الأساسية كعاكس ، وغير عـاكس ، وكمفاضـل ومكامل ، وجامع ، وطارح.

3-9 مبادئ عمل مضخم العمليات Operational Amplifier:

يُعدّ مضخم العمليات دارة متكاملة ؛ لأن الدارة المتكاملة تحتـوي علـى عـدد كبيـر مـن الترانزستورات ، والمقاومات ، والمكثفات المدمجة في غلاف واحد.

يتميز مضخم العمليات بدخلين(V^+ ، V^-) وخرج وحيد V_o ، ومن خواص هذه المـداخل أن مقاومتها عالية جداً ، والخرج ناتج عن تضخيم إشارة الفرق بين المدخلين ؛ لـذلك يعبـر عن تضخيم المكبر بالعلاقة التالية:

$A_v = V_o / V_i$ ، حيث A_v كبير جداً ، ونرمز للمضخم بالشكل (1-9):

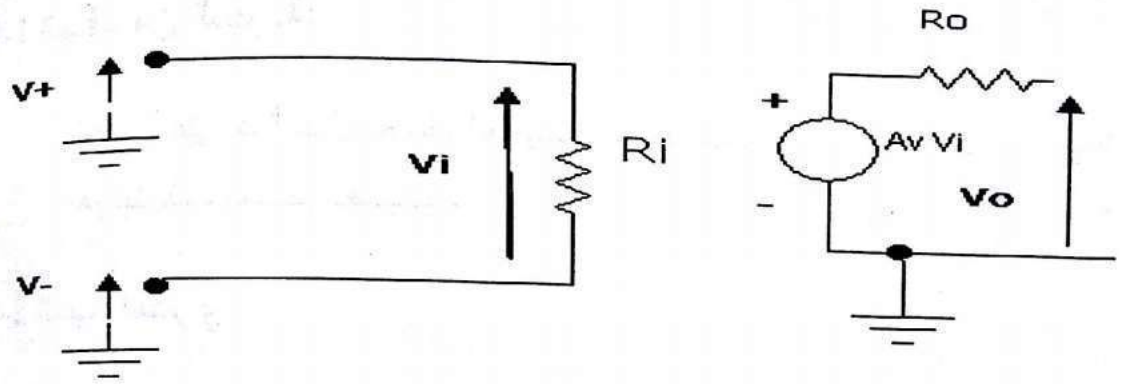


الشكل (1-9) رمز المضخم

Generated by CamScanner from intsig.com

يسمى المدخل الأول المدخل العاكس (−) ؛ لأنه إذا طبقنا إشارة على المدخل العاكس فإن قطبيتها سوف تنعكس عند الخرج . والمدخل الثاني يسمى المدخل غير العاكس (+) ، لأنه إذا طبقنا إشارة على المدخل غير العاكس ، فإن قطبيتها لن تنعكس عند الخرج .

يمكن تمثيل المضخم بالدارة المكافئة التالية:



الشكل (9-2) تمثيل دارة المضخم

<u>الحالة المثالية للمضخم هي عندما :</u>

$A_{vo} = \infty$ ، $R_o = 0$ ، $R_i = \infty$

$i^+ = i^- = 0$ وتيار الدخل للمضخم معدوم أي ، $V^+ = V^-$

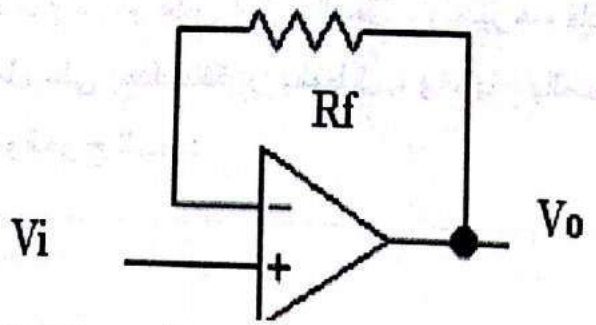
9-4 التغذية الخلفية لمضخم العمليات (Feedback) :

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 (9-3) يعبر عن التغذية الخلفية السالبة :

Generated by CamScanner from intsig.com

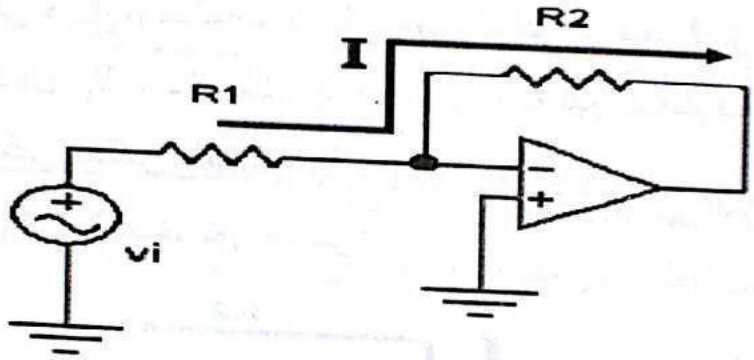


الشكل (3-9) التغذية الخلفية السالبة(OP- Amp)

5-9 تطبيقات مضخم العمليات الخطية:

1-5-9 المضخم العاكس Inverting Amplifier:

يمثل الشكل (4-9) دارة المضخم العاكس:



الشكل (4-9)

بما أن تيار الدخل للمضخم معدوم ، أي : $i^+ = i^- = 0$ ، $V^+ = V^-$

نجد من الشكل أن :

$$I = (V^- - V_i)/R_1 = (V_o - V^-)/R_2$$

$$V^+ = V^- = 0$$

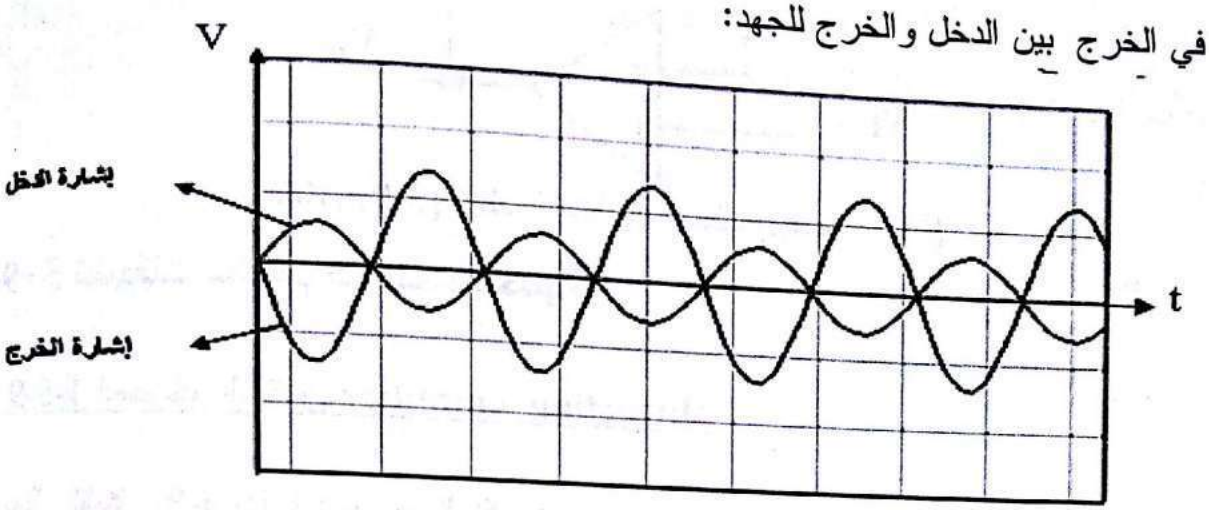
$$(0 - V_i)/R_1 = (V_o - 0)/R_2$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

وفي حال $R_1 = R_2$ فإن : $V_o = -V_i$

Generated by CamScanner from intsig.com

ومنه نجد أن عمل هذه الدارة هوعكس 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:

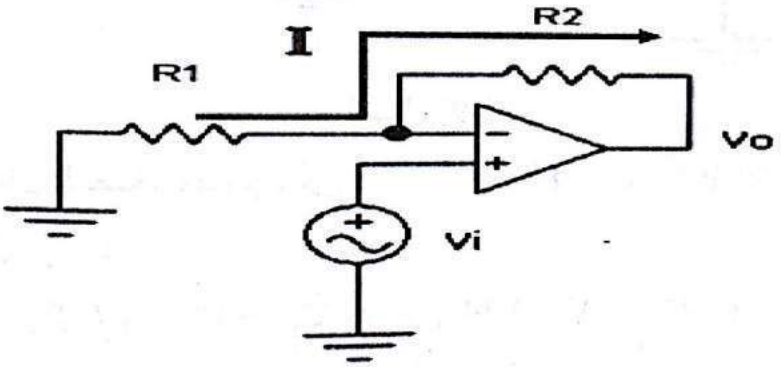


الشكل (9-5)

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.

9-5-2 المضخم غير العاكس Non Inverting Amplifier:

يمثل **الشكل (9-6)** دارة المضخم غير العاكس:



الشكل (9-6)

بما أن تيار الدخل للمضخم معدوم أي: $i^+ = i^- = 0$ ، $V^+ = V^-$

نجد من الشكل أن:

$$I = (V^- - 0)/R_1 = (V_o - V^-)/R_2$$

$$V^+ = V^- = V_i$$

$$(V_i - 0)/R_1 = (V_o - V_i)/R_2$$

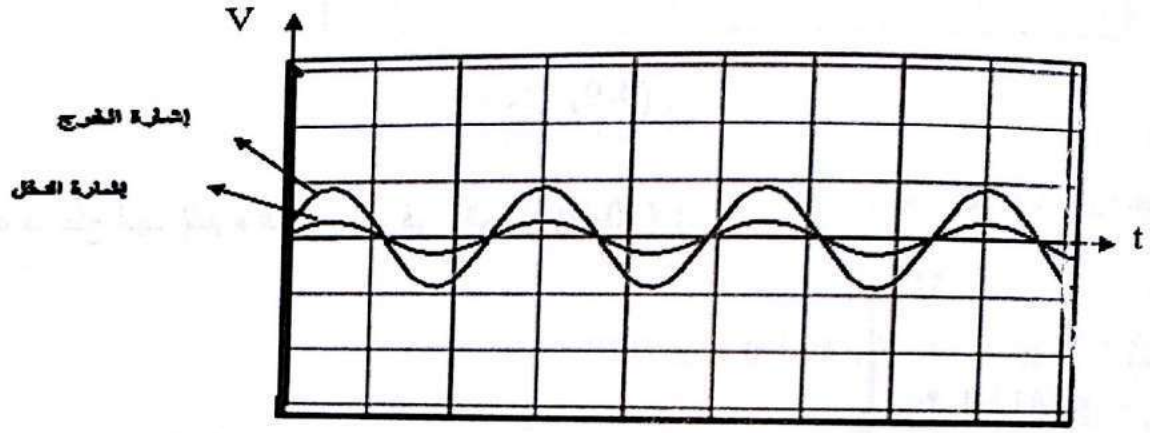
Generated by CamScanner from intsig.com

$$\frac{V_o}{R_2} = \frac{V_i}{R_1} + \frac{V_i}{R_2}$$

$$\frac{V_o}{R_2} = V_i \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

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:

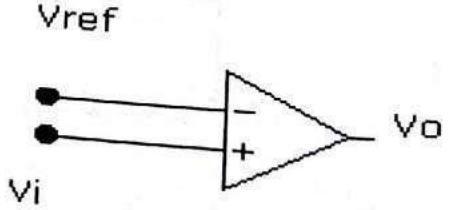


الشكل (9-7)

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 :

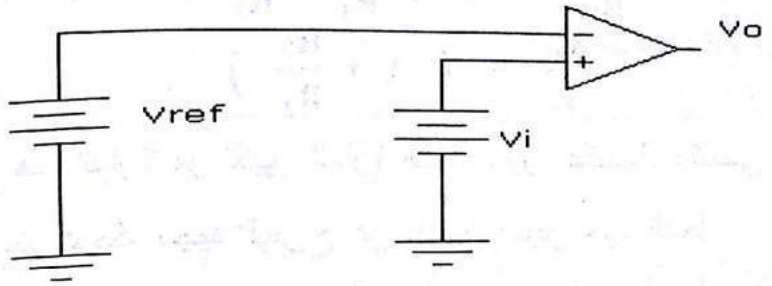


الشكل (9-8)

نلاحظ في هذا التطبيق أنه لا يتم استخدام التغذية الخلفية .

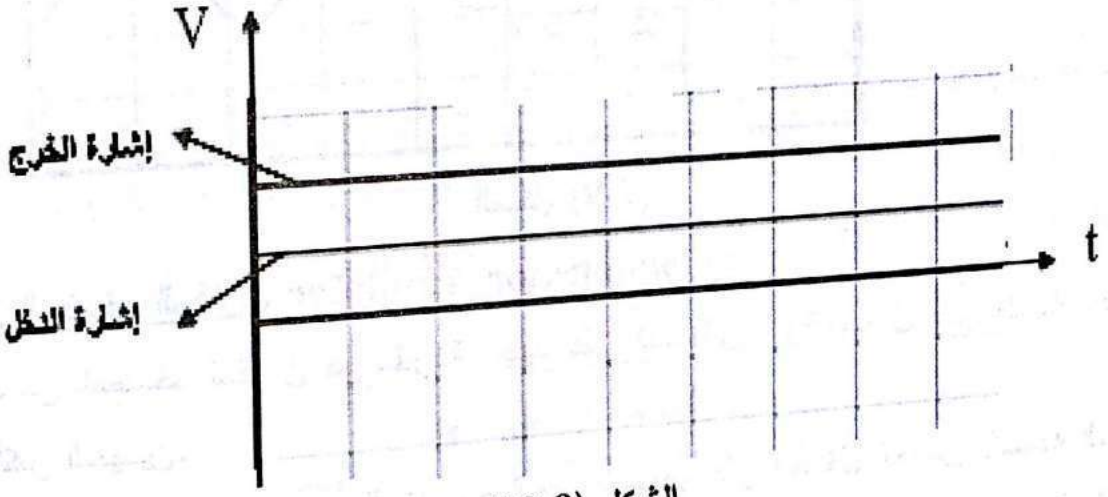
Generated by CamScanner from intsig.com

نطبق على كل من مدخل جهد الدخل ، ومدخل الجهد المرجعي إشارة مستمرة كما الدارة في **الشكل (9-9):**



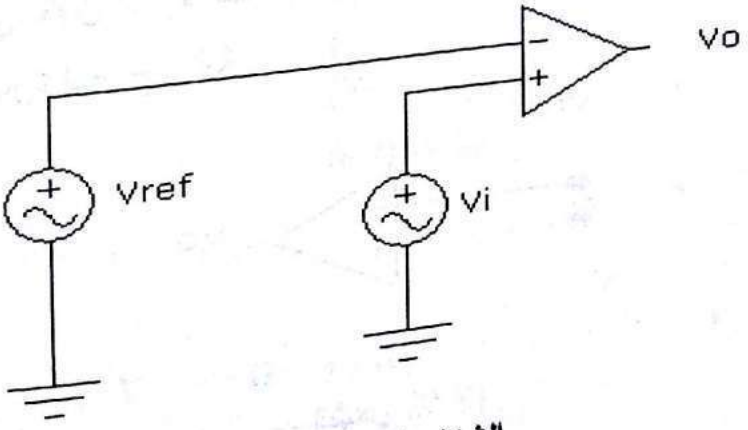
الشكل (9-9)

عندها ينتج لدينا إشارة الخرج كما في **الشكل (9-10)** :



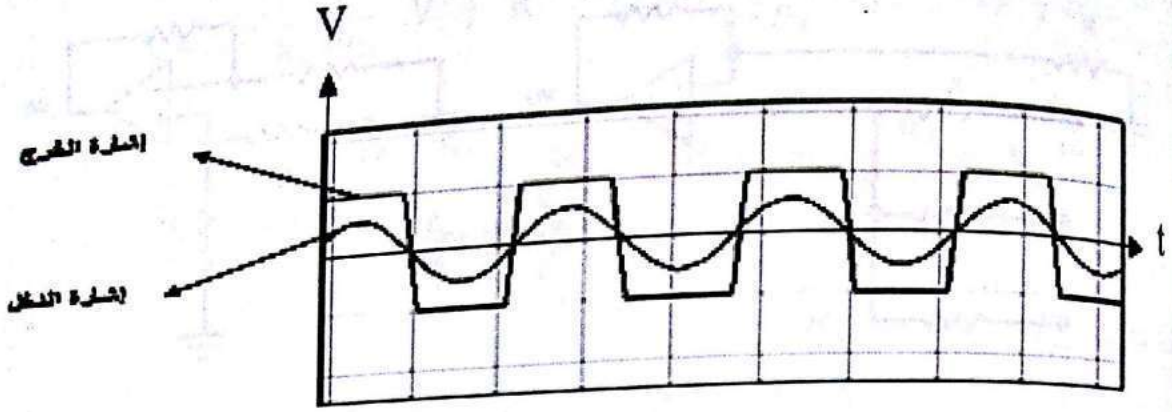
الشكل (9-10)

نطبق على كل من مدخل جهد الدخل ، ومدخل الجهد المرجعي إشارة متناوبة .



الشكل (9-11)

Generated by CamScanner from intsig.com

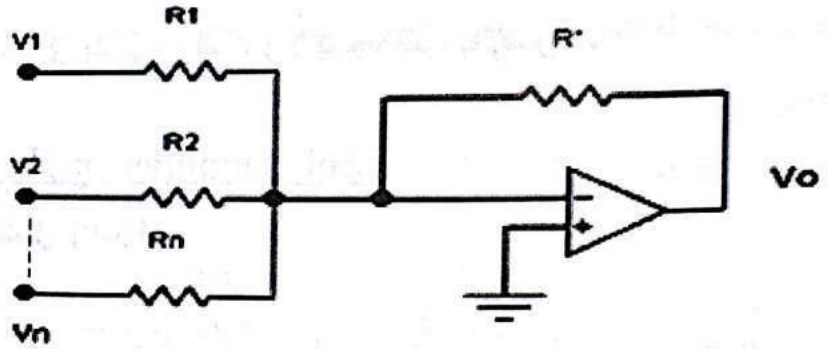


الشكل (9-12)

نلاحظ أن الدارة تولد إشارة مربعة من إشارة جيبية.

9-5-5 المضخم الجامع Summing Amplifier :

يقوم المكبر الجامع بجمع الجهود الموجودة على الدخل :



الشكل (9-13) دارة مكبر جامع عاكس

نكتب علاقة المضخم العاكس :

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{V_i}{R_i} = -\frac{V_o}{R'}$$

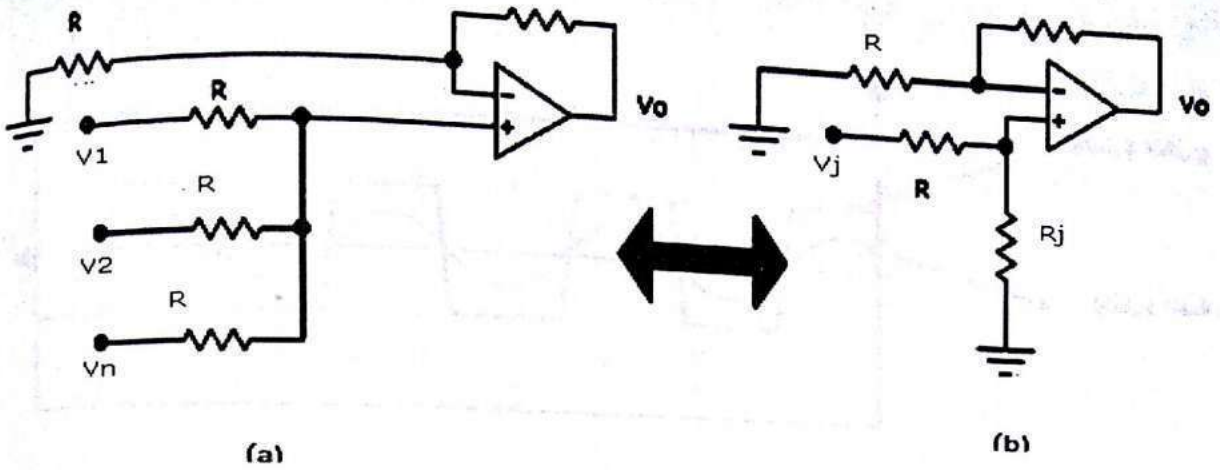
وإذا كانت المقاومات جميعها R_i متساوية وتساوي R عندها يكون :

$$V_o = -\frac{R'}{R}(V_1 + V_2 + V_3 + \cdots, V_n)$$

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 :

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل (9-14)

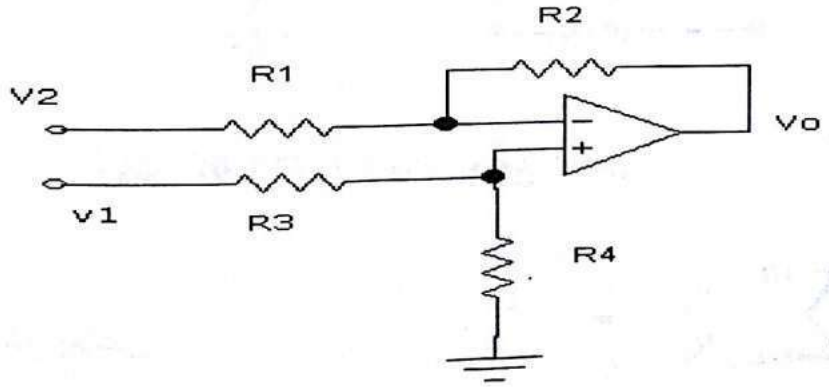
وبالبرهان نجد:

$$V_o = (1+\frac{R\prime}{R})\ \frac{1}{n}\ \sum_j V_j$$

نلاحظ أن الجمع يجري بإشارة زائد ، ولا يوجد قلب بالإشارة .

9-5-6 المضخم الطارح Sub Amplifier :

لنأخذ الدارة في **الشكل (9-15)** :



الشكل (9-15)

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 :

Generated by CamScanner from intsig.com

$$\left(V_o - \frac{R_4}{R_4+R_3} V_1 \right) R_1 = \left(\frac{R_4}{R_4+R_3} . V_1 - V_2 \right) R_2$$

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} \left(\frac{R_4}{R_4+R_3} V_1 - V_2 \right) + \frac{R_4}{R_4+R_3} V_1$$

إذا كان: $R_1 = R_3$ ، $R_2 = R_4$

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} \left(V_1 - V_2 \right)$$

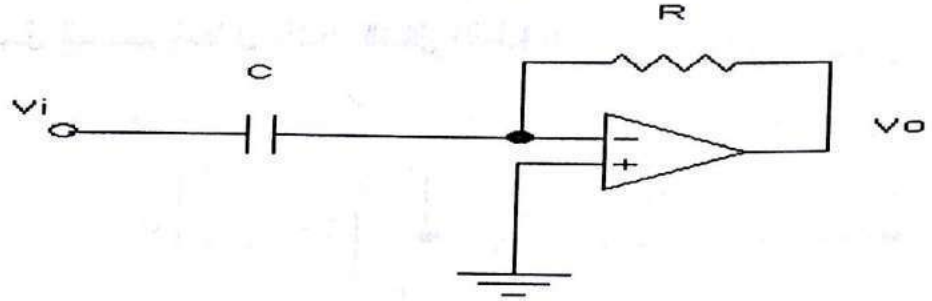
نلاحظ أن جهد الخرج هو تضخيم الفرق بين إشارتي الدخل .

7-5-9 المضخم المفاضل Differentiator Amplifier :

المفاضل دارة كهربائية تقوم بإيجاد معدل تغير إشارة ما؛ أي أن إشارة خرج هي مشتق إشارة الدخل.

فإذا أخذنا دارة المضخم العاكس، واستعضنا عن المقاومة R_1 بمكثف C نحصل على المضخم التفاضلي .

عندها يمثل المضخم التفاضلي بالشكل التالي:



الشكل (16-9)

بما أن المضخم عاكس فإن: $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$

وبالمقارنة مع دارة المفاضل نجد:

$$V_o = -R \left(j\omega c \ V_i \right)$$

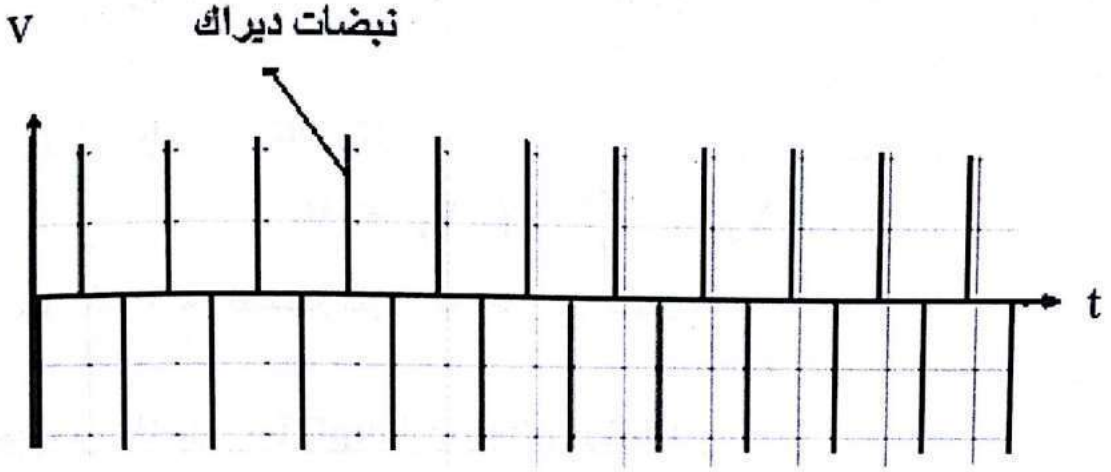
حيث الضرب بـ($j\omega$) يكافئ التفاضل (الإشتقاق):

$$V_o = -R\ c \frac{d V_i}{dt}$$

Generated by CamScanner from intsig.com

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:



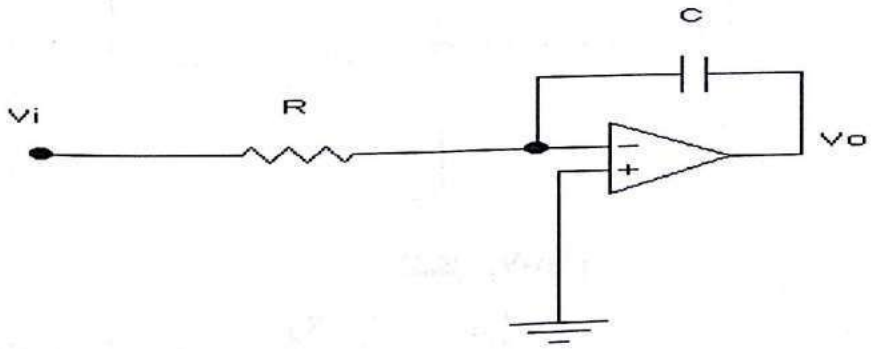
الشكل (9-17)

9-5-8 المضخم المكامل Integrator Amplifier :

يعطي إشارة خرج تمثل تكامل إشارة الدخل.

إذا أخذنا دارة المضخم العاكس ، واستعضنا عن المقاومة R_2 بمكثف C نحصل على المضخم المكامل.

عندها يمثل المضخم المكامل بالشكل **الشكل (9-18)**:



الشكل (9-18)

بما أن المضخم عاكس ؛ فإن: $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$

وبالمقارنة مع دارة المكامل نجد:

$$V_o = -\left(\frac{1}{j\,\omega\, cR}\ V_i\right)$$

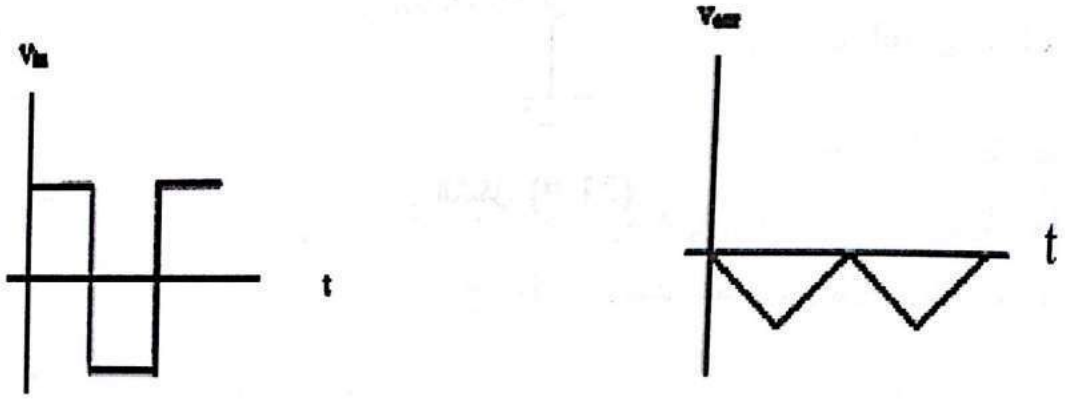
Generated by CamScanner from intsig.com

حيث التقسيم على (j ω) يكافئ التكامل.

$$V_o = -\frac{1}{R\,c} \int V_i \, dt$$

نلاحظ أن جهد الخرج هو تكامل جهد الدخل .

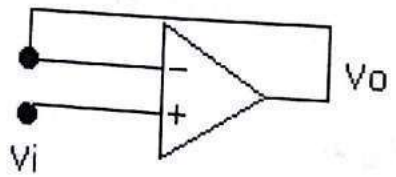
فمثلاً: إذا طبقنا إشارة مربعة على الدخل ، نجد على الخرج إشارة مثلثية؛لأن تكامل الإشارة المربعة هو إشارة مثلثية:



الشكل (9-19)

9-5-9 المضخم العازل Buffer Amplifier :

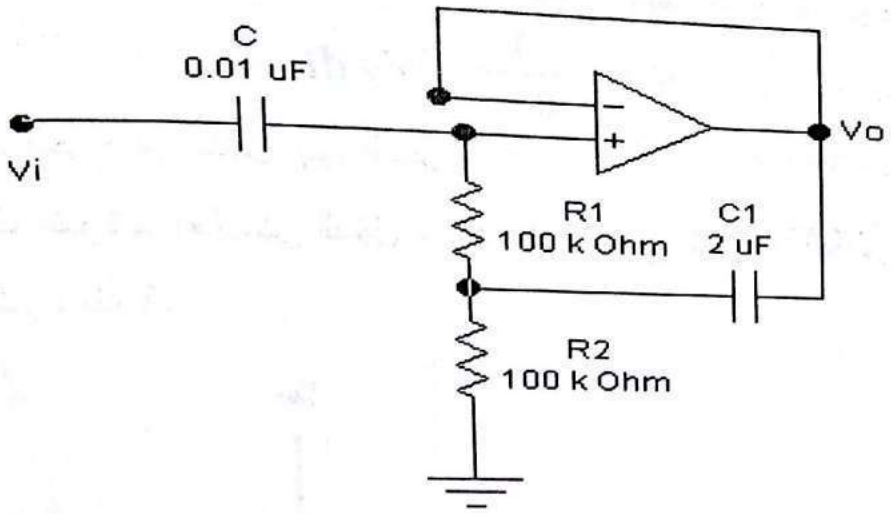
يستخدم هذا المضخم لنقل إشارة بين دارتين بحيث لا تؤثر أي من الدارتين على الأخرى، ومنه $V_i = V_o$ حيث V_i ترى ممانعة دخل مضخم العمليات كبيرة جداً ؛ فلا تؤثر فيها ، في حين أن V_o ترى ممانعة خرج مضخم العمليات صغيرة جداً على التسلسل معها، فلا تتأثر بها. يوضح الشكل (9 -20) إحدى تشكيلات هذا المضخم :



الشكل (9-20)

وتستخدم التشكيلة التالية لتضخيم الإشارات المتناوبة ، وعزل الإشارات المستمرة ، وإيقافها:

Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل (9-21)

Generated by CamScanner from intsig.com

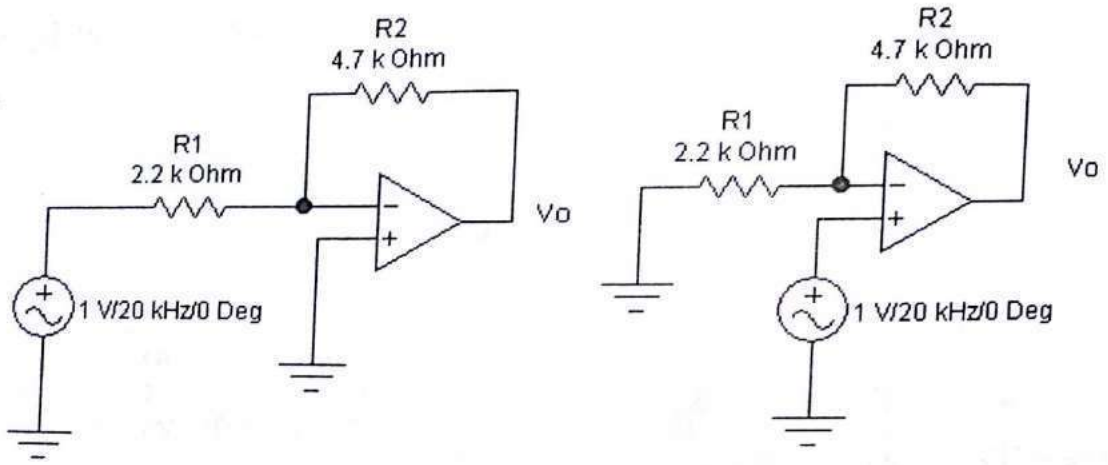
القسم العملي للتجربة:

9-1 نص التجـربـــــــــة:

❖ مضخم العمليات Operational Amplifier

9-1-1 نفذ الدارتين التاليتين :

- حدد نوع كل مضخم .
- قس الربح في كليهما ، وقارنه مع القيمة النظرية.
- ارسم أشكال الإشارات عند الدخل ، والخرج .



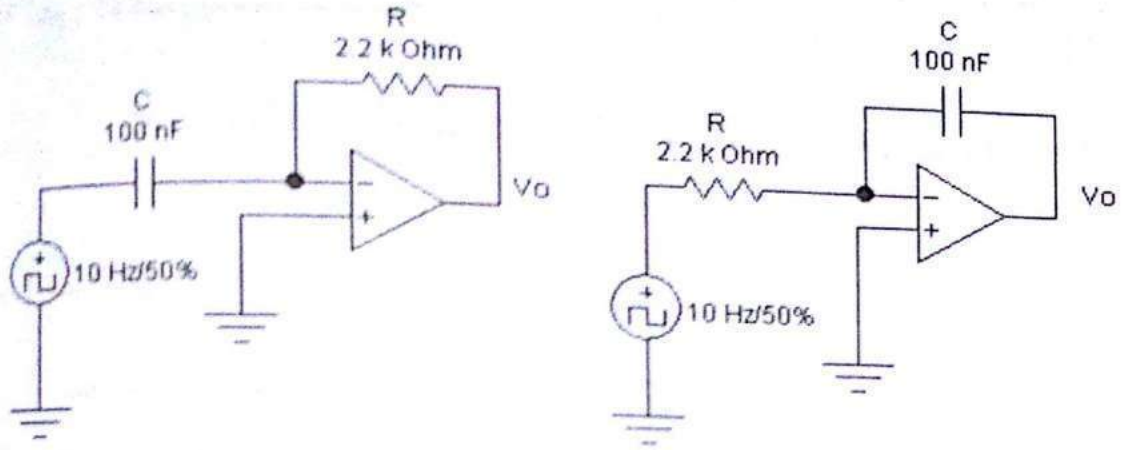
الشكل (9-1)

9-1-2 نفذ الدارتين التاليتين :

- حدّد 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 ؟

Generated by CamScanner from intsig.com

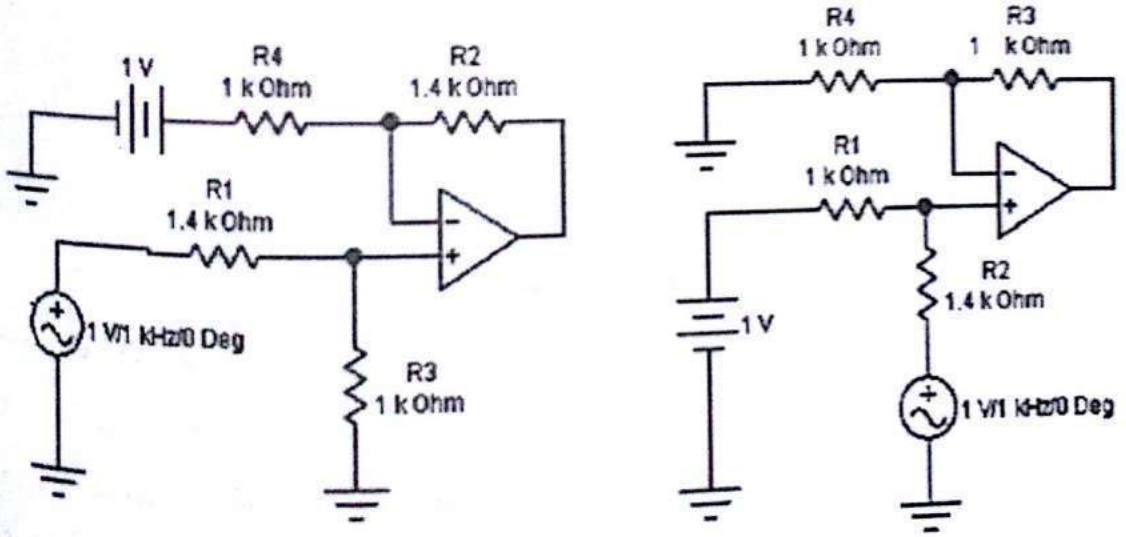
(ملاحظة : نطبق إشارة مربعة على الدخل بقيمة (100 mV/10Hz)



الشكل (9-2)

9-1-3 نفّذ الدارتين التاليتين :

- حدد نوع كل مضخم على حدة.
- ماهو تابع التحويل لكل منها؟
- ارسم كلاً من إشارة الدخل ، والخرج.



الشكل (9-3)

Generated by CamScanner from intsig.com

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 المنابع Sources

3-9 خطـــــوات الحـــــل :

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 دارة 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 كلّ من المضخمين .
- بالحل النظري لكل دارة نحسب تابع التحويل لكل مضخم .
- نرسم كلاً من إشارة الدخل ، والخرج باستخدام راسم الإشارة.

Generated by CamScanner from intsig.com

Generated by CamScanner from intsig.com

❖ التجربة العاشرة : المرشحات (Filters)

10-1 الهدف من التجربة:

- التعرف إلى المرشحات ، وميادين استعمالها ، ومكوناتها ، وأنواعها .
- دراسة الاستجابة الترددية للمرشحات المثالية.

10-2 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)

10-3 المرشحات:

تستعمل المرشحات في ميادين الاتصالات جميعها ، وتقوم بتمرير نطاق تـرددي ، وتمنـع مرور آخر، أي أنها تستطيع فصل الإشارة المرغوب بها عن الإشارة غير المرغوب بها. سنتعرف إلى بعض أنواع المرشحات واستخداماتها .

10-3-1 المرشحات السلبية(غير الفاعلة)(Passive):

تتكون من مقاومات ، ومكثفات ، وملفات.

10-3-2 المرشحات النشطة:

تتكون من مقاومات ، ومكثفات ، ومكبرات عمليات.

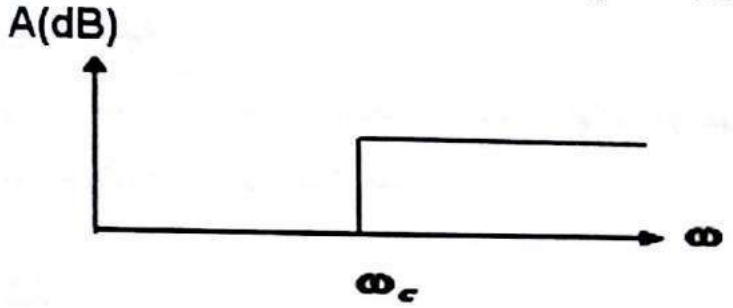
10-4 أنواع المرشحات السلبية في الدارات الكهربائية :

هناك خمسة أنواع رئيسة للمرشحات :

Generated by CamScanner from intsig.com

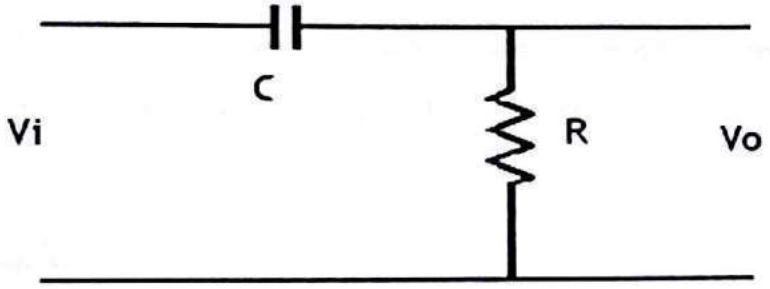
10-4-1 مرشح التمرير المرتفع High Pass Filter :

يمرر مرشح التمرير المرتفع الترددات العالية ويحجب بقية الترددات كما في الشكل(10-1):



الشكل(10-1)

توضح الدارة التالية مرشح تمرير مرتفع (عالٍ):

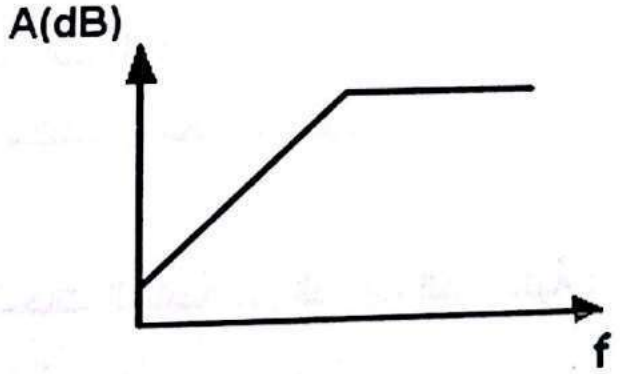


الشكل(10-2) مرشح تمرير عالٍ

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 لا يسمح بمرور للترددات المنخفضة.

يُمثل مخطط بود لهذا المرشح بالشكل (10-3):

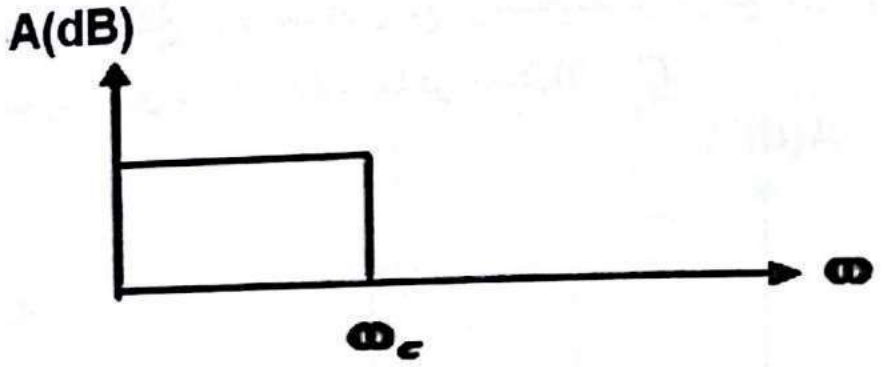


الشكل(10-3) مخطط بود لمرشح التمرير العالي

Generated by CamScanner from intsig.com

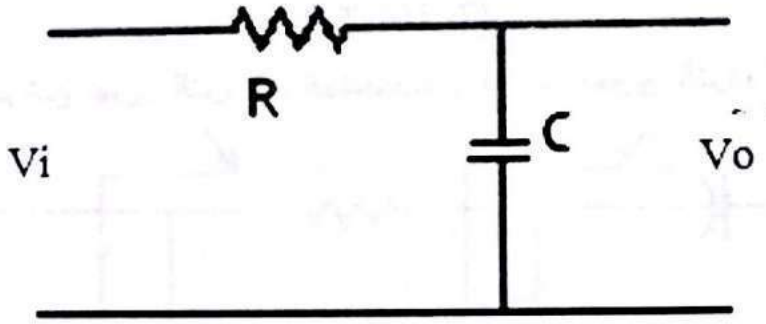
10-4-2 مرشح التمرير المنخفض Low Pass Filter.

يمرر مرشح التمرير المنخفض الترددات المنخفضة ، ويحجب بقية الترددات كما في الشكل(10-4):



الشكل(10-4)

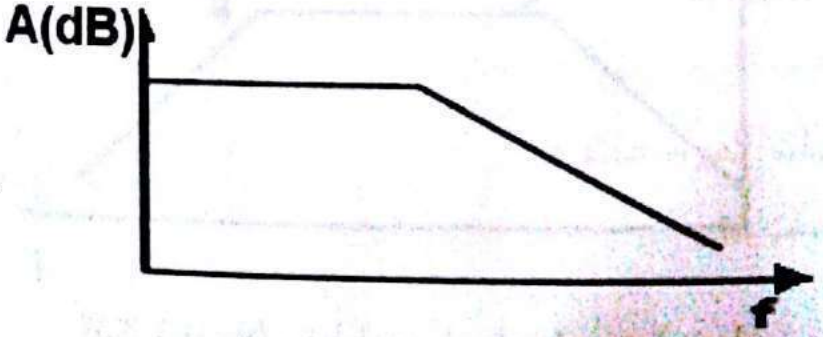
الدارة في الشكل (10-5) توضح مرشح تمرير منخفض .



الشكل(10-5) مرشح تمرير منخفض

عند الترددات المنخفضة تكون مقاومة المكثف منخفضة ، ومنه يكون جهد الخرج مرتفعاً، بينما عند الترددات العالية تكون مقاومة المكثف عالـية 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 (10-6):



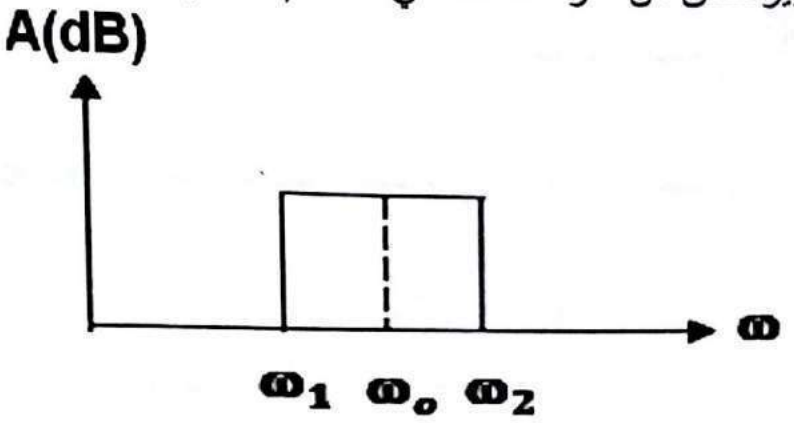
الشكل(10-6) مخطط بود لمرشح التمرير المنخفض

Generated by CamScanner from intsig.com

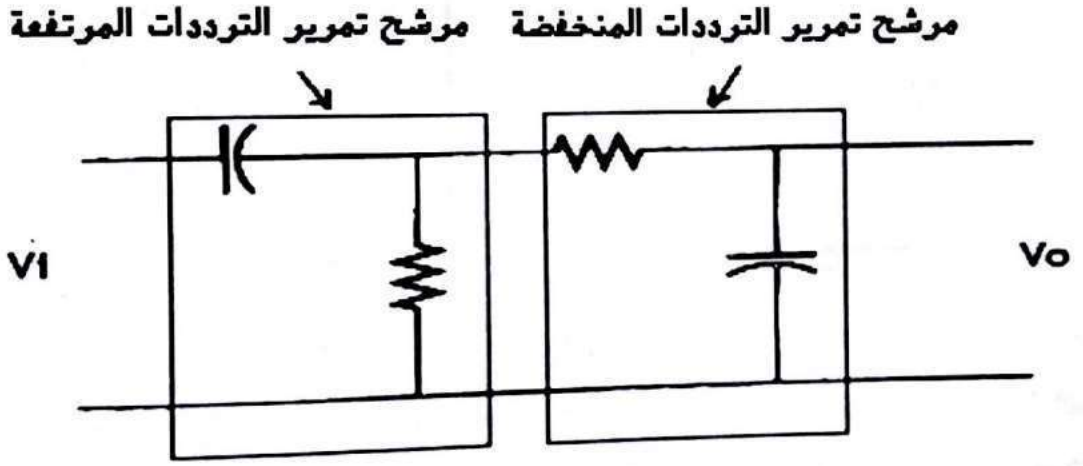
3-4-10 مرشح تمرير حزمة Band Pass filter :

يتميز مرشح تمرير الحزمة بتمرير حزمة من الترددات فقط، ويحجب الترددات الواقعة أعلى هذه الحزمة وأسفلها.

ونحصل عليه بوصل مرشح تمرير منخفض مع مرشـــح تمرير مرتفع عالٍ ، والنتيجة أن هذا المرشح يسمح بتمرير نطاق من الترددات كما في الشكل(10-7).

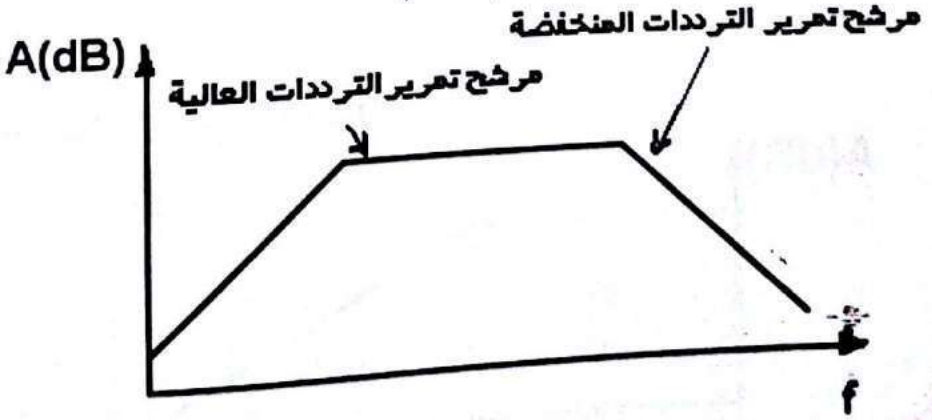


الشكل(10-7)



الشكل(10-8)

يمثل مخطط بود للربح لهذا المرشح بالشكل (10-9):

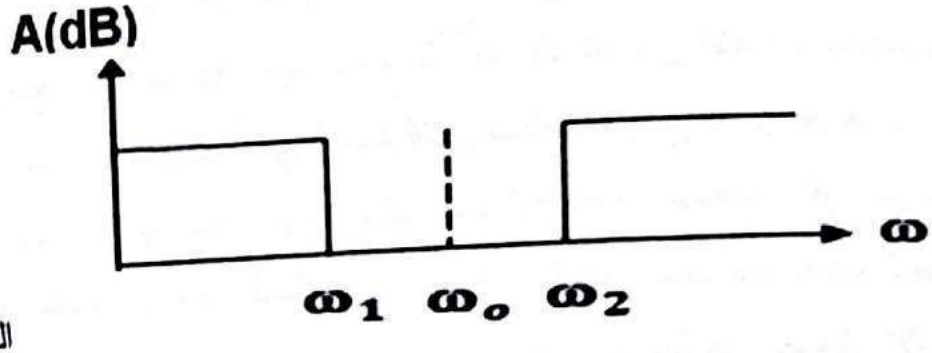


الشكل(10-9) مخطط بود لمرشح تمرير الحزمة

Generated by CamScanner from intsig.com

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 :

Generated by CamScanner from intsig.com

يـستخدم جهاز الاستقبال الراديوي مـرشح تمرير حـزمة حيث يمكننا اختيار إذاعة معينة للاستماع إليها.

جهاز التسجيل يـسمح به تغيير الصوت من عالي الطبقة أو عميق النغمة أو أي مجال وسط بين الاثنين حسب نوع المرشـح المستخدم ، فعندما نـستمع إلى الصـوت في وضع عالي الطبقة فنستخدم مرشح تمرير مرتفع ، وإذا حولنا إلى صوت عميـق النغمة نـستخدم مرشح تمرير منخفض ، أما إذا وضع الزر في الوسط فنحن نستخدم مرشح تمرير حزمة .

لتحويل التيار المتناوب إلى تيار مسـتمر، نستخدم مـرشح تمرير منخفض مكون من مكثفين على التوازي بينهما مقاومة أو ملف للتخلص من الترددات العالية المصاحبة لعملية التحويل .

لإرسال أكثر من موجة عـلى خط واحد، فإننا نستخلص كـل موجة على حدة في الاستقبال بواسطة مرشح تمرير حزمة خاص لكل موجة .

يمكن استنتاج نوع المرشح من تسلـسل العناصر الإلكترونية في الدارة الـكهربائية كالتالي :

- وجود المكثفات على التسلسـل يعني أننا نـسمح بمرور التـرددات العاليـة، ونمنع الترددات المنخفضة ، وذلك لأن ممانعة المكثفـات للترددات تنخفض عند الترددات العـالية، والعكس بالنسبة للترددات المنخفضة .
- وجود الملفات على التسلسل يعنى أننـا نسـمح بمرور الـترددات المنخفضة، ونمنع الترددات العالية عكس الحالة السابقة، وذلك لأن ممانعة الملفات للترددات تزداد بزيادة التردد.
- وجود المكثفات على التوازي يعنى أننا نتخلص من الترددات العالية ونمرر الترددات المنخفضة .
- وجود الملفات على الـتوازي يعنى أننا نـتخلص من الترددات الـمنخفضة، ونمرر الترددات العالية .

ومن هنا يمكن أن نـستنتج أن الدارات التـي تحوي ملفات على التسلـسل تكافئ الدارة التي تحوي مكثفات على التوازي وبالعكس.

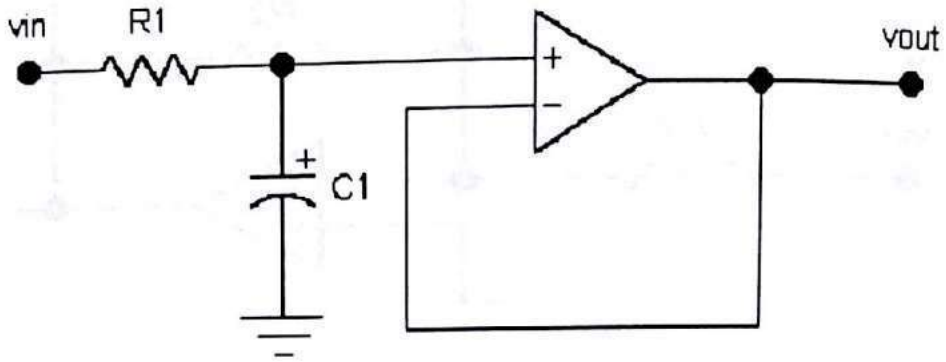
7-10 استجابة المرشحات الفاعلة(النشطة) (Active Filter Response):

تتكون من مقاومات ، ومكثفات ، ومكبرات عمليات.

سندرس المرشحات من الدرجة الأولى، وتحـوي هذه المرشحات مكثفاً واحداً فقط ، فهو إما أن يكون مرشح تمرير منخفض أو مرتفع.

Generated by CamScanner from intsig.com

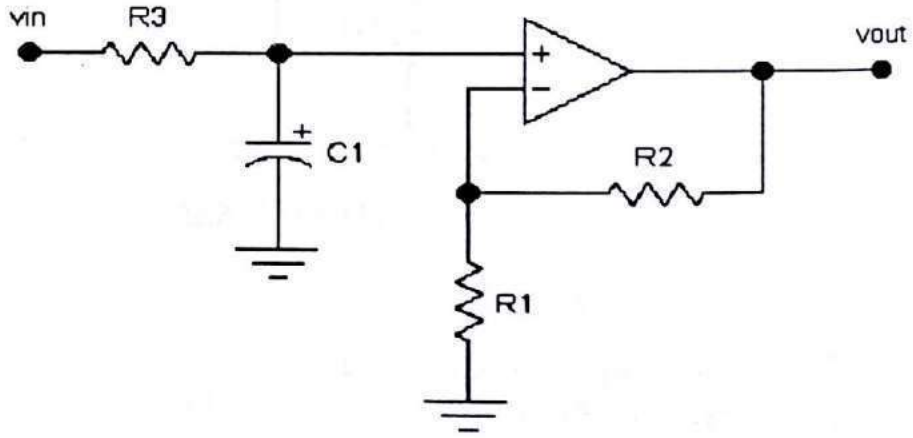
10-7-1 مرشح تمرير الترددات المنخفضة Low Pass Filter:



الشكل(10-11)

حيث يمثل الشكل (10-11) مرشح تمرير ترددات منخفضة نشطاً من الدرجة الأولى غير عاكس.

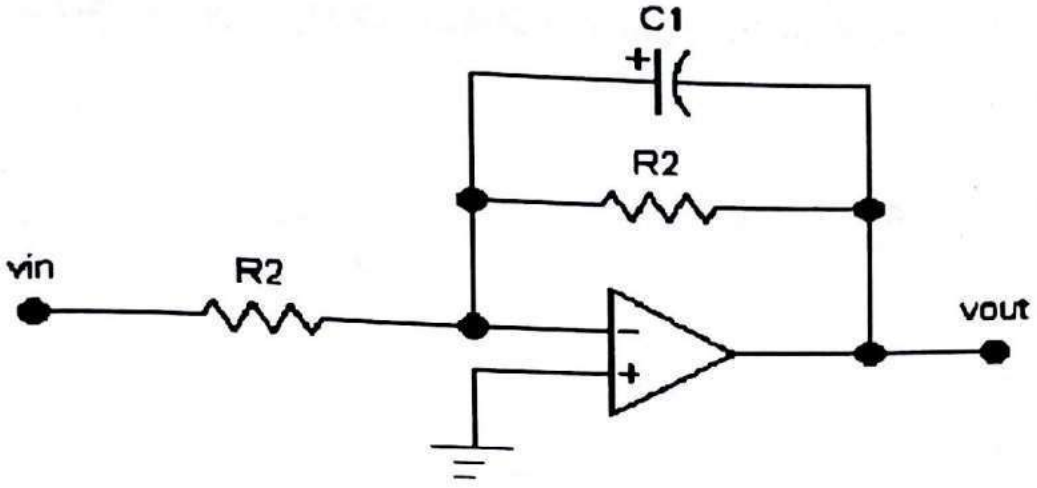
يمثل الشكل (10-12) مرشح تمرير منخفض نشط من الدرجة الأولى باستخدام مكبر غير عاكس بتشكيلة أخرى :



الشكل(10-12)

أما الشكل (10-13) فنرى مرشح تمرير منخفض نشط من الدرجة الأولى باستخدام مكبر عاكس.

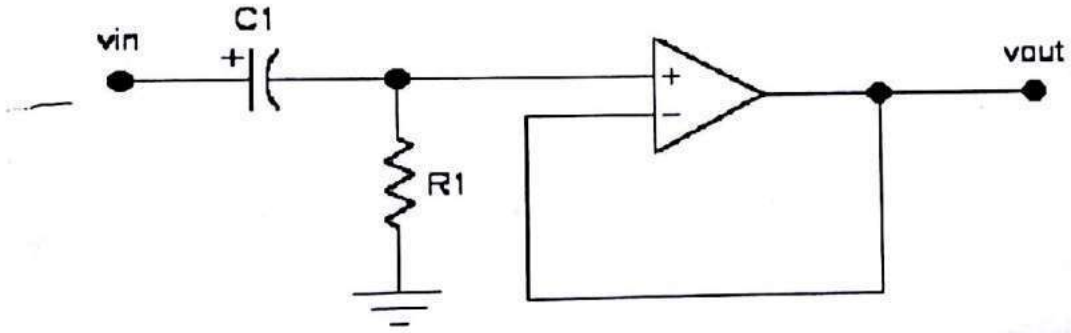
Generated by CamScanner from intsig.com



الشكل(10-13)

10-7-2 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)

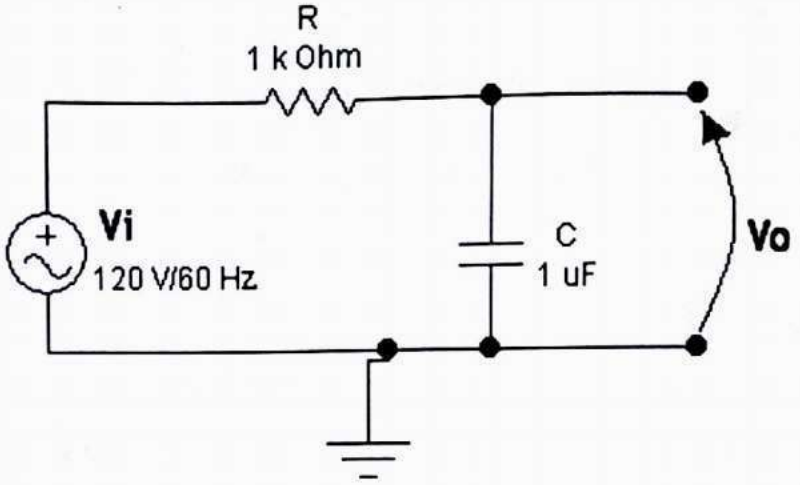
Generated by CamScanner from intsig.com

القسم العملي للتجربة:

نص التجربة:

السؤال الأول:

لتكن لدينا الدارة التالية المبينة في الشكل(1):

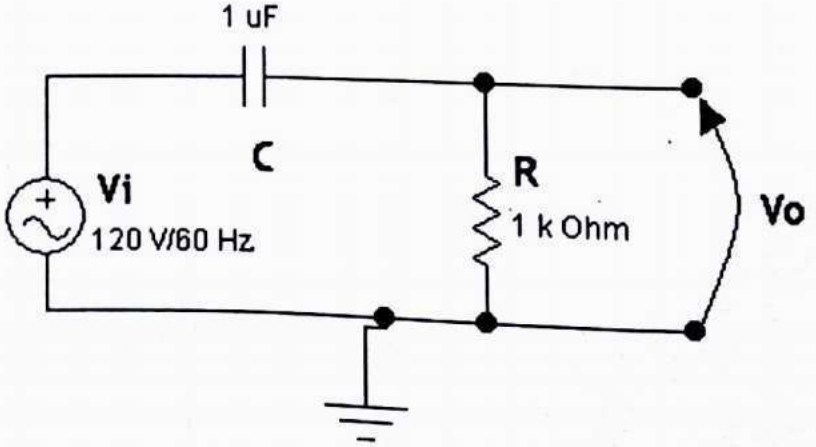


الشكل(1)

- 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 :



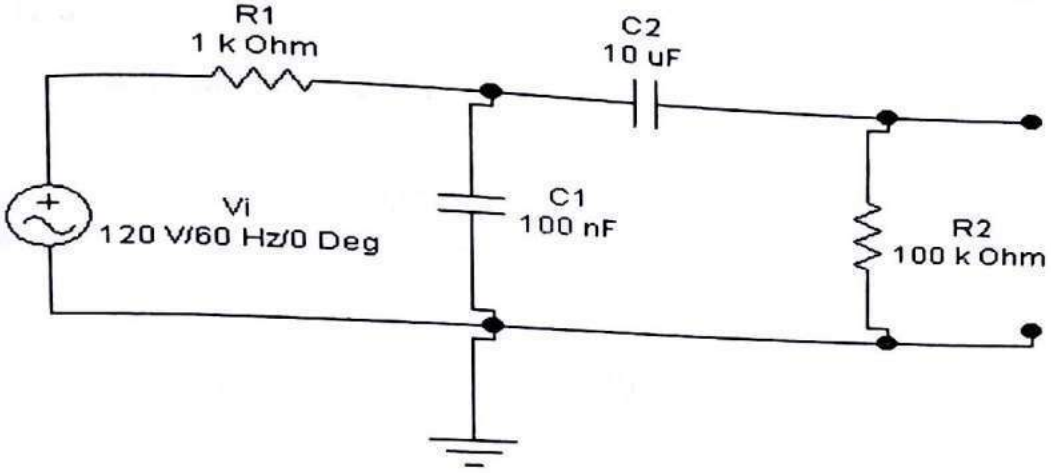
الشكل(2)

- ارسم منحني بود للدارة بفرض أن جهد الخرج V_R .
- ماذا تمثل الدارة ، ولماذا؟

Generated by CamScanner from intsig.com

السؤال الثالث :

لتكن لدينا الدارة التالية:

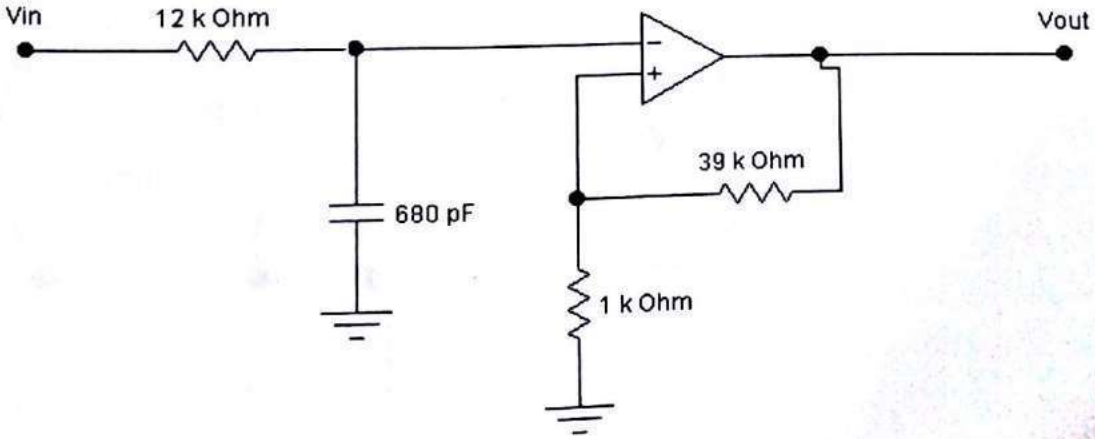


الشكل(3)

- ارسم مخطط بود للدارة آنفة الذكر.
- كيف يمكن أن نحصل على المنحني من خلال منحنيي 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 ، وبيّن ما هو نوع المرشح ؟

Generated by CamScanner from intsig.com

- احسب تردد القطع عملياً و ونظرياً.

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 ، وراسم مخطط بود من نافذة الأجهزة Instruments ، حيث نصل مدخله لدخل الدارة ، ومخرجه لخرج الدارة ، ونرى من الشكل منحني الاستجابة الترددية ، ونستنتج نوع المرشح ، وتردد القطع.

Generated by CamScanner from intsig.com

Generated by CamScanner from intsig.com

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 الحقلي
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

Generated by CamScanner from intsig.com

Gain and Loss	الربح و الضياع(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 الفعّالة(الفاعلة)
Summing Amplifier	المضخم الجامع
Sub Amplifier	المضخم الطارح
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

Generated by CamScanner from intsig.com

Impedance	الممانعة
Complex Impedance	الممانعة العقدية
Active Region	المنطقة الفعّالة(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 دارة جزئية
Emitter	باعث
Gate	بوابة منطقية
Logic Gate	بوابة منطقية
Inductance	تحريضية
Analysis	تحليل
Frequency	تردد
Cutoff Frequency	تردد القطع

Generated by CamScanner from intsig.com

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(ميقاتية)

Generated by CamScanner from intsig.com

Capacitance	سعة
passive	سلبية
Phase	طور
Dielectric	عازل
Active	فاعلة(فعّالة)
Hole	فجوة
Switch	قاطعة – مُبدِّل
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 Pollter	مخطط بود
All Pass Filter	مرشح تمرير جميع الترددات
Band Pass Filter	مرشح تمرير حزمة
High Pass Filter	مرشح تمرير عالي الحزمة

Generated by CamScanner from intsig.com

Low Pass Filter	مرشح تمرير منخفض الحزمة
Band Stop filter	مرشح حذف الحزمة
Drain	مصرف
Amplifier	مضخم
Common- Emitter Amplifiers	مضخّم الباعث المشترك
Operational Amplifier	مضخّم العمليات
Wave Rectifier Full	مقوّم موجة كاملة
rectifier half	مقوّم 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

Generated by CamScanner from intsig.com

conductor Semi	نصف ناقل
Norton' s Theorem	نظرية نورتن

Generated by CamScanner from intsig.com

Generated by CamScanner from intsig.com

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 ،عام2004 .

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 محايري ، 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.

Generated by CamScanner from intsig.com

اللجنة العلمية:

د. محمد نوار العوا

د. محمد الحسين

د. مصطفى علوي

المدقق اللغوي:

د. فخري البوش

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

Generated by CamScanner from intsig.com