وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
اسم التشكيل :المعهد التقني الدور

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: التقنيات الالكترونية

اسم المقرر: الدوائر الالكترونية(1)

المرحلة/المستوى:الثاني

الفصل الدراسي:الاول

السنة الدراسية:2024-2025



معلومات عامة

اسم المقرر:	الدوائر الالكترونية (1)
القسم:	التقنيات الالكترونية
الكلية:	المعهد التقني الدور
المرحلة / المستوى	الثاني
الفصل الدراسي:	الاول
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري 2 عملي 2
عدد الوحدات الدراسية:	
الرمز:	EOTO216
نوع المادة	نظري عملي كلهما *
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	كلا
اسم المقرر النظير	ـــــ
القسم	ـــــ
رمز المقرر النظير	ـــــ

معلومات تدريسي المادة

اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	مهند تحسين حمدي
اللقب العلمي:	رئيس مهندسين اقدم
سنة الحصول على اللقب	2019-2018
الشهادة :	بكالوريرس هندسة الكهرباء
سنة الحصول على الشهادة	1998
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	18 سنة

الوصف العام للمقرر

التقنيات الالكترونية عبارة عن مسار مغلق من المكونات الالكترونية الموصولة فيما بينها ويمكن للتيار الكهربائي المرور عبرها ، وهي المكون الاساسي لكل الاجهزة الالكترونية، وتعد اساس النظم الالكترونية التي تستخدم في مجالات هندسية شتى مثل دوائر التحكم والقياس ومعالجة الاشارة.

الاهداف العامة

- **1- بناء دوائر الكترونية عملية ودراسة خواصها وتطبيقاتها.**
- **2- تنمية قدرة الطالب على تحديد الخطأ في ربط الدوائر الالكترونية.**

الأهداف الخاصة

تعليم الطالب:

بناء دوائر الكترونية عملية ودراسة خواصها وتطبيقاتها و التعرف على تنمية قدرة الطالب على تحديد الخطأ في ربط الدوائر الالكترونية

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- يصمم دائرة كهربائية الكترونية.
- يطبق افضل الممارسات والطرق لتوصيل المكونات الالكترونية.
- يقيس التيار في دائرة الكترونية باستخدام تقنيات مختلفة
- **أمثلة أهداف تدريسية:**

بعد الانتهاء من الدرس (المحاضرة) سيكون الطالب قادرا على ان:

- تحديد الخطأ في ربط الدوائر الكهربائية وعملها.
- بناء دائرة كهربائية عملية.

المتطلبات السابقة

- ان يكون الطالب قد درس مقرر الالكترونك ونظرية شبه الموصلات والمصادر الخاصة بمبادئ الالكترون ، وكيفية تحليل عناصر الكترونية ودوائرها .

الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية		
ت	تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم	آلية التقييم
1	.تعزيز روح التعاون واختبار سلوكيات الطالب اثناء تواجده مع الطلبة في الصف الواحد وتكوين فرق صغيرة لبيان قابلية الطلبة بالالتزام بنظام المجموعات وتلقي المعلومة من الطرف الآخر، ونبذ روح التعالي واحتكار المعلومة.	((الاختبارات الشفهية/ الاختبارات التحريرية/ التقارير الاسبوعية / الحضور اليومي/ الامتحانات الفصلية والنهائية)).

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1.المحاضرات النظرية والعملية من خلال الشرح	محدد وواضح ويطبق بسهولة
2.التعلم التفاعلي المتبادل	التفاعل بين الطلبة
3.التعلم القائم على الامثلة العملية	اكتساب الطالبة المهارات العملية وربط الجزء العملي بالجانب النظري
4.المناقشة في نهاية المحاضرة	تقديم الخلاصة والفهم للموضوع

نموذج وصف المقرر

تعليم الطالب عن كيفية بناء دوائر الكترونية عملية ودراسة خواصها وتطبيقاتها و التعرف على تنمية قدرة الطالب على تحديد الخطأ في ربط الدوائر الالكترونية

1	المؤسسة التعليمية	الجامعة التقنية الشمالية/المعهد التقني الدور
2	القسم العلمي / المركز	التقنيات الالكترونية
3	اسم و رمز المقرر	**الدوائر الالكترونية(1)** **EOTO210**
4	اشكال الحضور المتاحة	الزامي
5	الفصل / السنة	**الفصل الاول (15 اسبوع) / المستوى الثاني**
6	عدد الساعات الدراسية (الكلي)	4 ساعة أسبوعيا - (60)ساعه بالفصل
7	تأريخ اعداد الوصف	
8	اهداف المقرر	بناء دوائر الكترونية عملية ودراسة خواصها وتطبيقاتها و التعرف على تنمية قدرة الطالب على تحديد الخطأ في ربط الدوائر الالكترونية
9	مخرجات البرنامج المطلوبة وطرائق التعليم والتعلم والتقييم	
	أ- الاهداف المعرفية	
أ-1	بناء دوائر الكترونية عملية ودراسة خواصها وتطبيقاتها	
أ-2	تنمية قدرة الطالب على تحديد الخطأ في ربط الدوائر الالكترونية	
	ب- الاهداف المهاراتية الخاصة بالبرنامج	
ب-1	القابلية على اداره المشاريع	
ب-2	القدرة على حل المشاكل في موقع العمل واللازمه في هذا المجال	
	طرائق التعليم والتعلم ((المحاضرات النظرية / المحاضرات العملية / الورشة / حل الامثلة / مشروع التخرج / التدريب الصيفي))	

طرائق التقييم ((الاختبارات الشفهية/ الاختبارات التحريرية/ التقارير الاسبوعية / الحضور اليومي/ الامتحانات الفصلية والنهائية))	
ج- الاهداف الوجدانية والقيمية	
ج-1	القيام بواجبات في موقع العمل بإنصاف وبدافع مهني
طرائق التعليم والتعلم ((المحاضرات النظرية / المحاضرات العملية / الورشة / حل الامثلة / مشروع التخرج / التدريب الصيفي))	
طرائق التقييم ((الاختبارات الشفهية/ الاختبارات التحريرية/ الملاحظة/ السجل التراكمي للطالب))	
د- المهارات العامة والتأهيلية المنقولة (المهارات الاخرى المتعلقة بقابلية التوظيف والتطور الشخصي)	
د-1	تحسين مهاراتهم النقاشية
د-2	رفع مدركاتهم البحثية ونقل الطالب من مرحلة التعليم الى التعلم

10. المقرر

المقرر الدراسي :– الدوائر الالكترونية (1) المستوى الدراسي الثاني – الفصل الأول

الاسبوع	الساعات	مخرجات التعلم المطلوبة	اسم الموضوع	طريقة التعلم	طريقة التقييم
1+3	4	المعرفة والتطبيق العملي	Aمكبرات القدرة صنف Bمكبرات القدرة صنف Cمكبرات القدرة صنف	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
4	4	المعرفة والتطبيق العملي	مجهزات القدرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
5	4	المعرفة والتطبيق العملي	منظمات الفولتية باستخدام مقاومة متغيرة ، زينر دايود ,ترانزستور ربط توالي وتوازي , دارلنكتون	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
6	4	المعرفة والتطبيق العملي	الثايرستور طرق قدح واخماد الثايرستور (DC) ، (AC)طرق قدح البوابة بدائرة ، النبضات ، تطبيقات للموحدات السليكونية	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

7+8	4	المعرفة والتطبيق العملي	المذبذبات وتعريفا-التغذية الخلفية وأنواعها مع رسم مخططاتها وإيجاد العلاقات الرياضية الخاصة بالتكبير النهائي للمنظومة (الكسب الأمامي-الكسب الخلفي-دائرة الإرجاع) –شروط التذبذب-أمثلة -مذبذب LCعلى دوائر المذبذبات (مذبذب هارتلي-مذبذب كولبتس-مذبذب إزاحة الطور)	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
9+11	4	المعرفة والتطبيق العملي	الترانزستور كمفتاح-مواصفات عمله على خط الحمل-استجابته لموجة إدخال مستطيلة أزمنة التحول-المهزازات وأنواعها المختلفة(أحادي الاستقرار غير المستقر-ثنائي الاستقرار) العلاقات الرياضية –المقاومات الجامع والقاعدة-الإشكال الموجية للإدخال والإخراج دوائرها-قدحها-فكرة عملها-حمايتها-التغلب على التشويهات المحتمل حدوثها في إشارات الإخراج-التحكم بعرض النبضات.	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
12+13	4	المعرفة والتطبيق العملي	مكبر العمليات-مخطط نموذجي –الإدخال القالب-الإدخال غير القالب-ممانعة الإدخال-إخراج دائرة المكبر القالب- كسب المكبر غير القالب-تابع الفولتية ومعادلة من Nالتكبير-المضيف-معادلة إضافة عدد الادخالات-المضيف غير القالب.	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
14+15	4	المعرفة والتطبيق العملي	دائرة الجامع العاكس ومعادلة الإخراج-دائرة الجامع غير العاكس ومعادلة الإخراج-أمثلة حسابية .	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

11	البنى التحتية	
*	الكتب المقررة المطلوبة	متوفرة في مجانية القسم ومكتبة المعهد
*	المراجع الرئيسية (الرئيسية)	متوفرة في مجانية القسم ومكتبة المعهد
	المراجع الالكترونية، مواقع الانترنيت	شبكة الانترنيت

12	خطة تطوير المناهج
- استحداث مناهج دراسية ملائمة مع سوق العمل	

- عقد ندوات ومؤتمرات علمية تستهدف تحديث المناهج الدراسية
- متابعة التطورات العلمية في مجال التخصص

الفصل الاول من المحتوى العلمي						
عنوان الفصل	الوقت					
التوزيع الزمني	النظري	العملي	العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع					محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
3-1	2	2	مكبرات القدرة صنف A مكبرات القدرة صنف B مكبرات القدرة صنف C		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
4	2	2	مجهزات القدرة		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
5	2	2	منظمات الفولتية باستخدام مقاومة متغيرة ، زينر دايود ,ترانزسستور ربط توالي وتوازي , دارلنكتون		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
6	2	2	الثايرستور طرق قدح واخماد الثايرستور طرق قدح البوابة بدائرة (AC) ، (DC) ، النبضات ، تطبيقات للموحدات السليكونية		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
8+7			المذبذبات وتعريفا-التغذية الخلفية وأنواعها مع رسم مخططاتها وإيجاد العلاقات الرياضية الخاصة بالتكبير النهائي للمنظومة (الكسب الأمامي-		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

		الكسب الخلفي-دائرة الإرجاع) –					
11+9	2	2	شروط التذبذب-أمثلة على دوائر المذبذبات (مذبذب LC-مذبذب هارتلي-مذبذب كولبتس-مذبذب إزاحة الطور)		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
			الترانزستور كمفتاح-مواصفات عمله على خط الحمل-استجابته لموجة إدخال مستطيلة أزمنة التحول-المهزازات وأنواعها المختلفة(أحادي الاستقرار غير المستقر-ثنائي الاستقرار) العلاقات الرياضية – المقاومات الجامع والقاعدة-الإشكال الموجية للإدخال والإخراج دوائرها-قدحها-فكرة عملها-حمايتها-التغلب على التشويهات المحتمل حدوثها في إشارات الإخراج-التحكم بعرض النبضات.				
13+12	2	2	مكبر العمليات-مخطط نموذجي – الإدخال القالب-الإدخال غير القالب-ممانعة الإدخال-إخراج دائرة المكبر القالب- كسب المكبر غير القالب-تابع الفولتية ومعادلة التكبير-المضيف-معادلة إضافة عدد N من الادخالات-المضيف غير القالب.		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

15+14	2	2		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
			دائرة الجامع العاكس ومعادلة الإخراج- دائرة الجامع غير العاكس ومعادلة الإخراج-أمثلة حسابية .			

المحتوى العلمي

•

الوحدة النمطية للاسبوع الاول- الثاني - الثالث :
مكبرات القدرة صنف A

مكبرات القدرة صنف B

Cمكبرات القدرة صنف

الاختبار القبلي:

س1: هل لديك فكرة عن معنى مكبرات القدرة؟

س2: ما الفرق بين مكبرات القدرة والمكبرات العادية؟

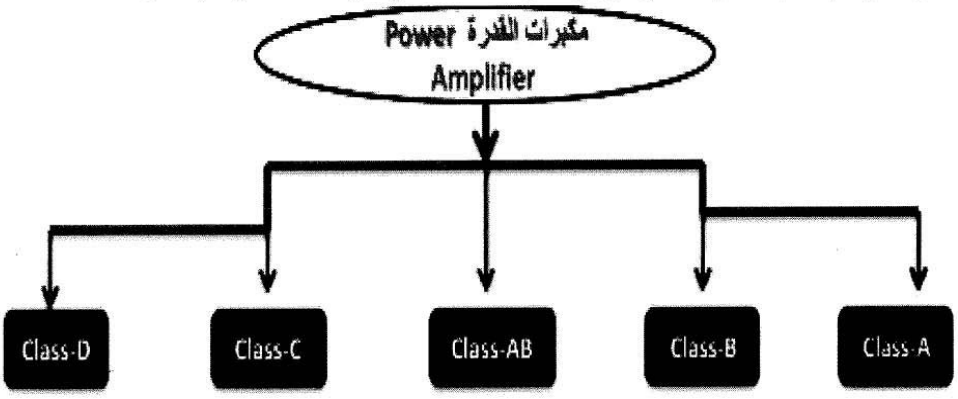
POWER AMPLIFIER مكبرات القدرة

INTRODUCTION مقدمـــــــة

مكبرات القدرة هي دوائر تكبير تشكل المراحل الاخيرة من منظومات مكبرات الاشارة وتسمى عادة" بمكبرات الاشارة الكبيرة (Large Signal Amplifier) واللترانزستورات المستخدمة في هذه الدوائر تدعى بترانزستورات القدره (Power Transistor) وغالبا" ماتربط هذه المكبرات قبل محولات الطاقة(transducer) مثل السماعات الخارجية لمكبرات الصوت حيث يمتاز هذا النوع من الترانزستورات بمساحه واسعة وتشويب مركز تجعلها تميل الى التغير مقارنة" بترانزستورات مكبرات الاشارة الصغيرة (Small Signal Amplifier) والجدول ادناه يمثل مقارنة بسيطة بين نوعين من الترانزستورات احدهما (2N222A)ذو قدرة واطئة والاخر (2N3055) المصنف ذو قدرة عالية .

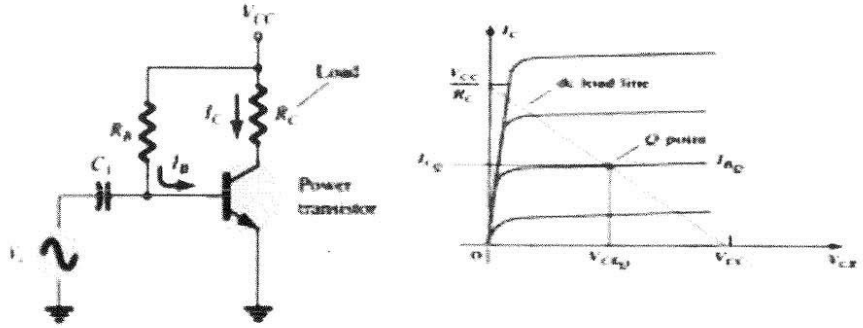
Parameter المعامل	2N222A	2N3055
VCE (Max)	40	60
IC(Max)	o.8	15
PD(Max) w at T=25Ċ	1.2	115
β	35--- 100	5--20
F(MHz)	300	o.8

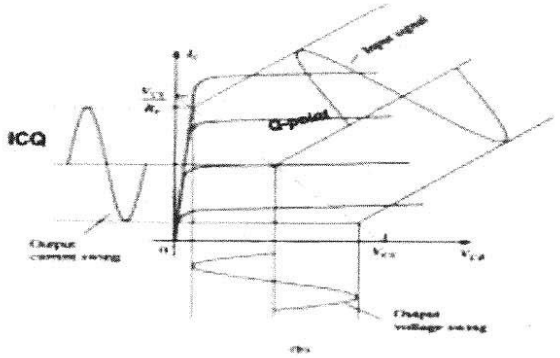
ويمكن تصنيف مكبرات القدرة الى اربعة اوخمسة اصناف وحسب المخطط الموضح ادنـاه:-



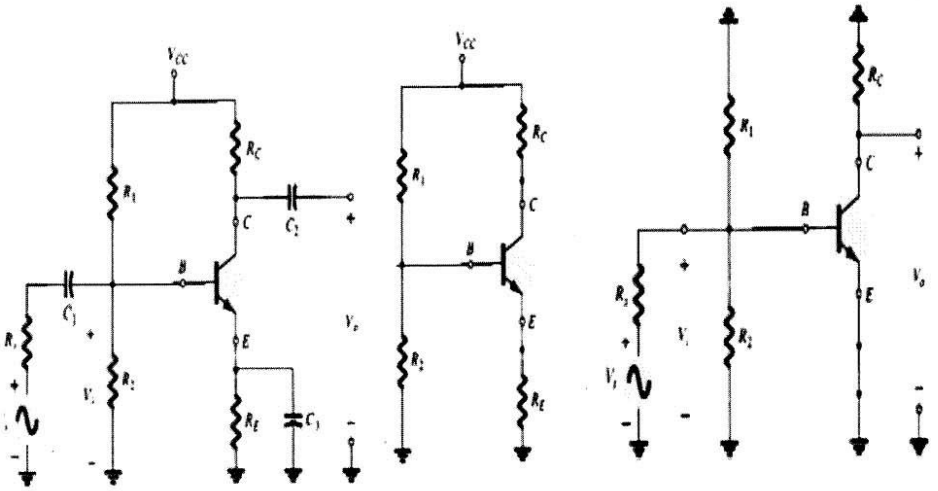
مكبر القدرة صنف – CLASSS-A
Amplifier

في هذا الصنف من مكبرات القدرة حيث يكون انحياز الترانزستور يودي بسريان التيار خلال دورة كاملة (full Cycle 360)من اشارة الادخال .
أي ان الترانزستور يبقى في حالة توصيل خلال زمن دورة موجة الادخال(2π) وان موضع نقطة عمل الترانزستور (Q- point) في منتصف خط الحمل يتغير حسب معدل تغير اشارة الادخال ضمن حدود المنطقه الفعالة بدون حدوث أي تشوية وكما موضح برسم الخواص ادناه :





ناخذ مثلا مكبر المشع المشترك ادناة



(أ) (ب) (ج)

نستخدم الدائرة المكافأة (ب) لحساب نقطة العمل للاشارات المستمرة لان ممانعة المتسعة عالية جدا للاشارات المستمرة

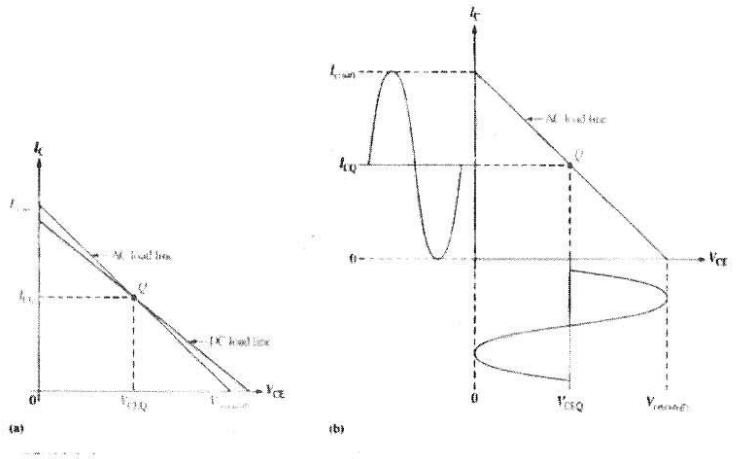
$$I_{C(SAT)}=\frac{Vcc}{Rc+Re}$$

$V_{CE} = 0.15V = 0 = Vce(sat)$

$V_{CE(Cutoff)} = Vcc$

$Ic=o$

$Vcq = Vcc/ 2$



خط الحمل المتناوب

بالنسبة للاشا رات المتناوبة فان الدائرة المكافاة هي (ج) حيث تقصر مصادر الفولتية المستمرة وتعتبر ارضي وتقل قيمة ممانعات المتسعات الى الصفر تقريبا .

قصر متسعة الامرار حول مقاومة المشع يسبب بالغائها

RE=0

وقيمة ممانعة الحمل تختلف أيضا

Rc=RC//RL

عند ربط إشارة الادخال المتناوبة فان تيار الجامع سوف يتارجح الى الأعلى عن تيار انحياز الإشارات المستمرة

(I_{CQ}) الذي يكون عند المنتصف حتى يصل الى منطقة الاشباع

$$I_{C(sat)}=I_{CQ}+\frac{Vceq}{Rc}$$

خلال الجزء الموجب من إشارة الدخل المتناوبة .

وتتارجح قيمة التيار عند الجزء السالب من إشارة الدخل من قيمتة عند المنتصف باتجاه الصفر

$I_C=0$

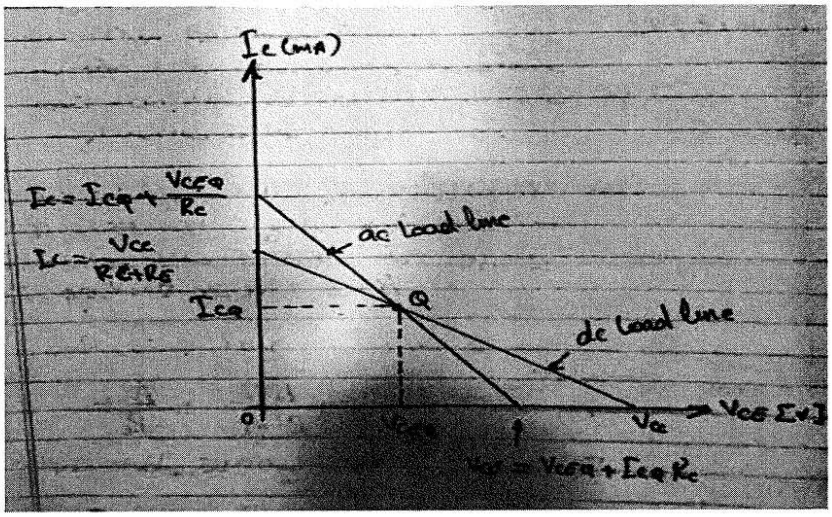
وتتارجح قيمة فولتية الخرج من الصفر تقريبا عند الاشباع الى قيمة :

$V_{CE}=V_{CEQ}+I_{CQ}*R_C$

$V_{CE(CUTOFF)}=V_{CEQ}+I_{CQ}*R_C$

هذة النتائج توضح الفرق بين خط الحمل المستمر وخط الحمل المتناوب

الرسم ادناة يوضح الفرق بين خط الحمل للاشارات المتناوبة والمستمرة



مخطط خط الحمل للإشارات المتناوبة والمستمرة

إذا كانت إشارة الدخل المتناوبة أكبر من استطاعة المكبر فان إشارة الخرج سوف يتم تقليمها مما يسبب تشويه للإشارة ولهذا يجب معرفة خصائص المكبر لتجنب تشويه الإشارة.

تكبير الفولتية .

يمكن حساب تكبير الفولتية لمكبرات الإشارة الكبيرة بنفس طريقة حساب تكبير الفولتية لمكبرات الإشارات الصغيرة الا ان لحساب قيمة مقاومة (r_e) لا يمكن استخدام المعادلة

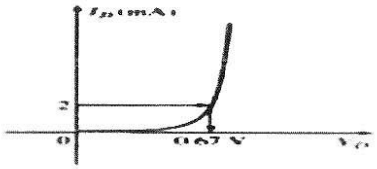
$$r_e=25mv/I_E$$

لان إشارة الدخل الكبيرة تتأرجح على قطعة أكبر من منحني التوصيل وعليه

$$re=\frac{\Delta Vbe}{\Delta Ic}$$

يمكن حساب مقاومة مكبر القدرة هذا تخطيطيا من خلال منحني الخواص

مخطط الخصائص



التشويه غير الخطي

يمكن ان يظهر تشويه في إشارة خرج المكبر إذا كانت إشارة الدخل كبيرة بحيث تسبب تأرجح الإشارة على كامل منحنى الخواص ولان المنحني بين الصفر الى عتبة التوصيل غير خطي (*non –linear*)

فان الإشارة تقلم من ناحية النصف السالب من إشارة الخرج

وعليه يجب معرفة حدود ومواصفات المكبر.

تكبير القدرة

الهدف الرئيسي من استخدام مكبرات القدرة هو الحصول على إشارات خرج ذات قدرات عالية أي تكبير القدرة.

اذا كان تكبير التيار لمكبر الإشارة الكبيرة(*Ai*)هو (β) تقريبا فان تكبير القدرة لمكبر المشع المشترك *Ce*

$Ap=Ai*Av=\beta*Av$

$Ap=\beta\ Rc/re$

القدرة الساكنة او الهامدة

القدرة التي يستهلكها المكبر لغرض الانحياز اي القدرة المستمرة *(DC)*

$P_{DC}=I_{CQ}*V_{Cc}$

قدرة الإخراج

هي القدرة التي نحصل عليها من خرج المكبراي القدرة المتناوبة وهي على أي نقطة من خط الحمل حاصل ضرب تيار الجامع وفولتية الخرج أي الفولتية بين الجامع والمشع.

$Pout=Vce(rms)*Ic(rms)$

١.نقطة العمل الساكنة (*Q*) قريبة من منطقة الاشباع. اعلى تأرجح لفولتية الخرج هو(V_{CEQ}) *وعليه تكون القدرة:*

$Pout=(0.707V_{CEQ}/Rc)\ *(0.707V_{CEQ})$

$=0.5V_{CEQ}^2/Rc$

٢ .*نقطة العمل قرب منطقة القطع. اعلى تأرجح لتيار الجامع هو*(I_{CQ})

$Pout= (0.707\ I_{CQ})\ (0.707V_{CEQ})$

$V_{CEQ}=I_{CQ}*Rc$

$=0.5I_{CQ}^2\ Rc$

٣ *نقطة العمل متمركزة في منتصف خط الحمل*

$Pout=(0.707V_{CEQ})\ (0.707I_{CQ})=0.5V_{CEQ}*I_{CQ}$

و هذه تعتبر أعظم قدرة لمكبر صنف (*A*)

و هي نصف قيمة القدرة الساكنة

الكفاءة (*Efficiency*)

تحدد نسبة كفاءة المكبر من خلال حاصل قسمة القدرة المتناوبة على القدرة المستمرة

$\eta_{max}= Pout\ / Pdc = 0.5\ V_{CEQ}\ I_{CQ} / V_{CC}\ I_{CQ}$

$=0.5\ V_{CEQ}\ I_{CQ}\ /2\ V_{CEQ}\ I_{CQ}=0.5\ /2=0.25$

وهذة اعلى نسبة كفاءة يمكن ان يصل اليها هذا الصنف من المكبرات

$\eta\%=Po(ac)\ /Pi(dc)\ \%$

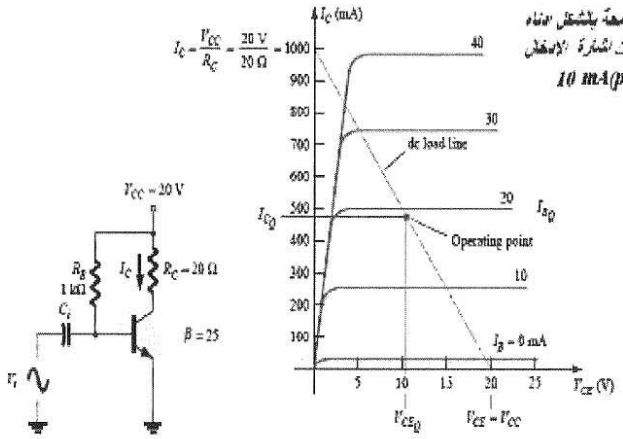
$=\frac{Vcc2/8Rc}{Vcc2/2Rc}\ \%=25\%$

$$\eta\%=\frac{\frac{Vcc^2}{8Rc}}{\frac{Vcc^2}{2Rc}}=\frac{2}{8}=25\%$$

	A	*AB*	*B*	*C*	*D*
Operating cycle	360°	180° to 360°	180°	Less than 180°	Pulse operation
Power efficiency	25% to 50%	Between 25% (50%) and 78.5%	78.5%		Typically over 90%

EXAMPLE مثـــال

في دائرة مكبر القدرة الموضحة بالشكل ادناه احسب كفاءة المكبر علماً ان اشارة الادخال تنتج تيار قاعدة بسعاوي *10 mA(p)*



Soultion

$$I_{B_Q} = \frac{V_{CC} - 0.7\text{ V}}{R_B} = \frac{20\text{ V} - 0.7\text{ V}}{1\text{ k}\Omega} = 19.3\text{ mA}$$

$$I_{C_Q} = \beta I_B = 25(19.3\text{ mA}) = 482.5\text{ mA} \cong 0.48\text{ A}$$

$$V_{CE_Q} = V_{CC} - I_C R_C = 20\text{ V} - (0.48\ \Omega)(20\ \Omega) = 10.4\text{ V}$$

$$I_C(\text{p}) = \beta I_B(\text{p}) = 25(10\text{ mA peak}) = 250\text{ mA peak}$$

$$P_o(\text{ac}) = \frac{I_C^2(\text{p})}{2} R_C = \frac{(250 \times 10^{-3}\text{ A})^2}{2}(20\ \Omega) = 0.625\text{ W}$$

$$P_i(\text{dc}) = V_{CC} I_{C_Q} = (20\text{ V})(0.48\text{ A}) = 9.6\text{ W}$$

$$\%\ \eta = \frac{P_o(\text{ac})}{P_i(\text{dc})} \times 100\% = \frac{0.625\text{ W}}{9.6\text{ W}} \times 100\% = 6.5\%$$

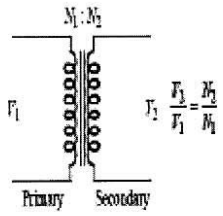
تحسين كفاءة مكبر القدرة صنف (A) بواسطة الاقتران بالمحولة Improve Efficiency of Class- A – Amplifier Transformer-coupled Class A Amplifier

لزيادة كفاءة مكبر القدرة صنف (A) الى نسبة 50%نستخدم محولة لاقتران اشارة الاخراج مع الحمل كما موضح في الشكل (1) والمحولة هي من العناصر الكهربائية التي تعمل على زيادة اونقصان الفولتية او التيار بالاعتماد على نسبة عدد اللفات بين الملف الابتدائي (Primary) والملف الثانوي (Secondary)كما موضح بالشكل (2) اضافة الى ان توصيل ممانعة الى جانب واحد من المحولة يمكن يعمل عل ظهور اما زيادة او انخفاض (Step up or Step down) بالاعتماد على مربع نسبة عدد اللفات $\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$

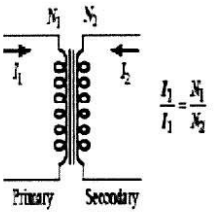
على فرض ان المحولة ان المحولة مثالية خالية من الخسائر حيث ان :-

$$\frac{V2}{V1} = \frac{N2}{N1}$$

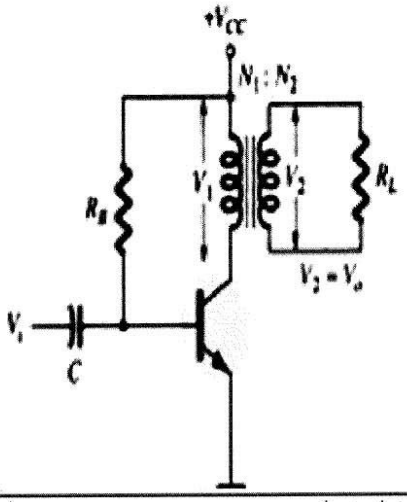
$$\frac{I2}{I1} = \frac{N1}{N2}$$

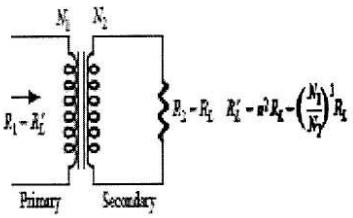


فولتية المحولة



تيار المحولة





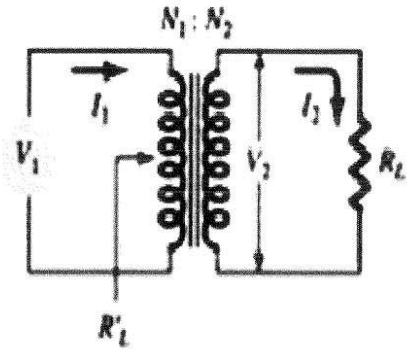
ممانعة المحولة

ملاحظة

اذا كان عدد لفات الملف الثانوي اكبر من الملف الابتدائي فأن تيار الملف الثانوي يكون اقل من تيار الملف الابتدائي

$$\frac{RL}{RL'}=\frac{R2}{R1}=\frac{V2/I2}{V1/I1}=\frac{V2}{I2}\times\frac{I1}{V1}$$

$$\frac{V2}{V1}\times\frac{I1}{I2}=\frac{N2}{N1}\times\frac{N2}{N1}=\left(\frac{N2}{N1}\right)^2=(a)^2$$



حيث أن :-

$(a)^2$ نسبة عدد لفات الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي

RL' ممانعة الملف الابتدائي المنعكسة وتتناسب طردياً مع مربع نسبة عدد اللفات

$$R1=(a)^2 R2$$

or

$$RL'=(a)^2 RL$$

اشتقاق تحسين كفاءة مكبر القدرة (Class- A)

At maximum $V_o(pp)$ level $V_o(pp) = 2V_{CC}$

$$P_{ac}(max) = \frac{\left(V_o(pp)/2\sqrt{2}\right)^2}{R_L} = \frac{(2V_{CC})^2}{8n^2R_L}$$

$$P_{dc}(max) = V_{CC} \times I_{CQ} = V_{CC} \times \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

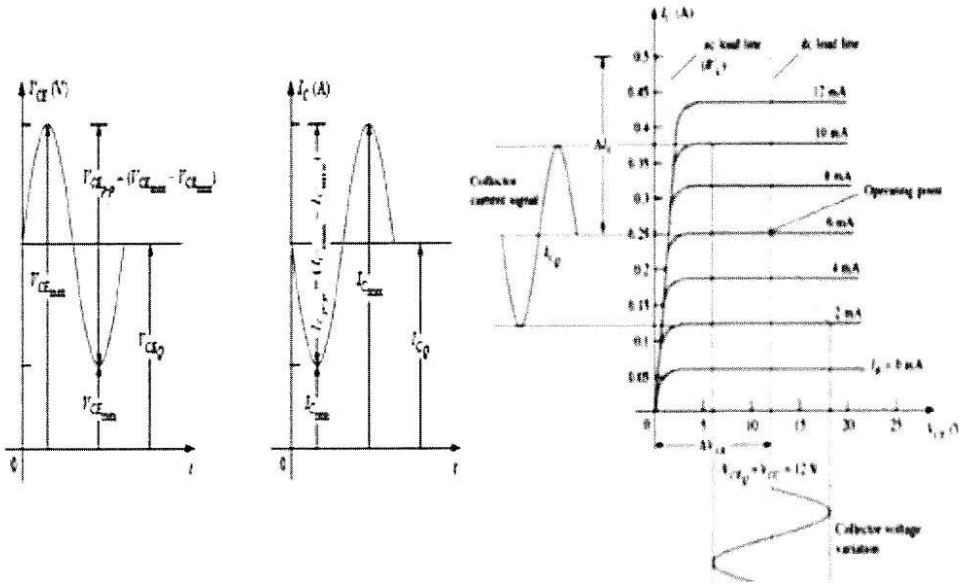
$$\eta(max) = \frac{P_{ac}}{P_{dc}} = \frac{4V_{CC}^2}{8n^2R_L} \times \frac{R_L}{V_{CC}^2} = 0.5 = 50\%$$

الشكل ادناه يوضح تارجح الاشارة حسب الازاحة لنقطه عمل الترانزستور وهذه التغيرات يمكن حسابها بقياس (peak –peak)
وكما يلي :-

$$VCE(p-p) = VCE_{max} - VCE_{min}$$
$$Ic(p-p) = Ic_{max} - Ic_{min}$$

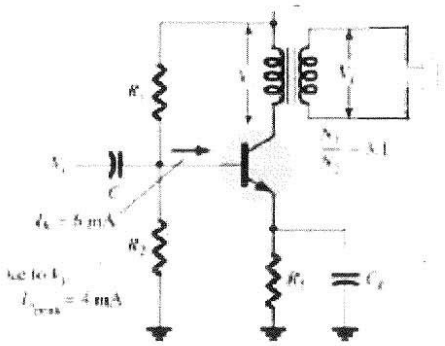
و على تكون قدرة الاخراج خلال الملف الابتدائي للمحولة يمكن حسابها من العلاقة التالية

$$P_{o(ac)} = \frac{(VCE_{max} - VCE_{min})(IC_{max} - IC_{min})}{8}$$

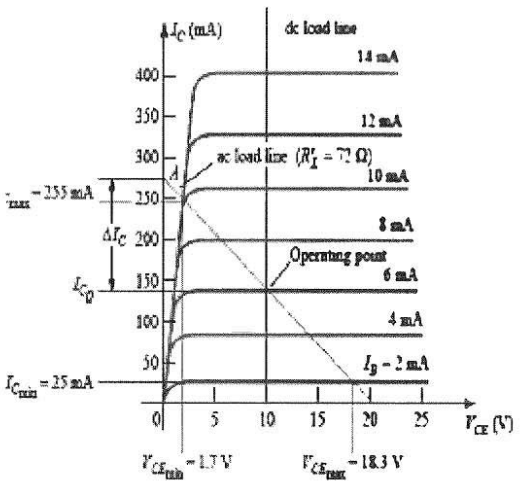


حسب أعظم الكفاءة لمكبر القدرة صنف (A) في حالة ربط محولة اقتران مع الحمل نظريا" Maximum Theoretical Efficiency

$$\% \ \eta = 50\left(\frac{V_{CE_{max}} - V_{CE_{min}}}{V_{CE_{max}} + V_{CE_{min}}}\right)^2 \%$$



لقد علمت ان تيار القاعدة المستمر يساوي 6 mA,
و شارة الادخال تنتج تيار قاعدة مساوي الى 4 mA.



Solution

خط الحمل يرسم عمودي كما في الشكل

$$V_{CE_Q} = V_{CC} = 10\text{ V}$$

$V_{CE_Q} = 10\text{ V}$ and $I_{C_Q} = 140\text{ mA}$

المقاومة الفعالة للملف الابتدائي

$$R'_L = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L = (3)^2(8) = 72\ \Omega$$

$$I_C = \frac{V_{CE}}{R'_L} = \frac{10\text{ V}}{72\ \Omega} = 139\text{ mA}$$

mark a point (*A*):

$I_{CE_Q} + I_C = 140\text{ mA} + 139\text{ mA} = 279\text{ mA}$ along the *y*-axis

$V_{CE_{min}} = 1.7\text{ V}$ $\quad I_{C_{min}} = 25\text{ mA}$

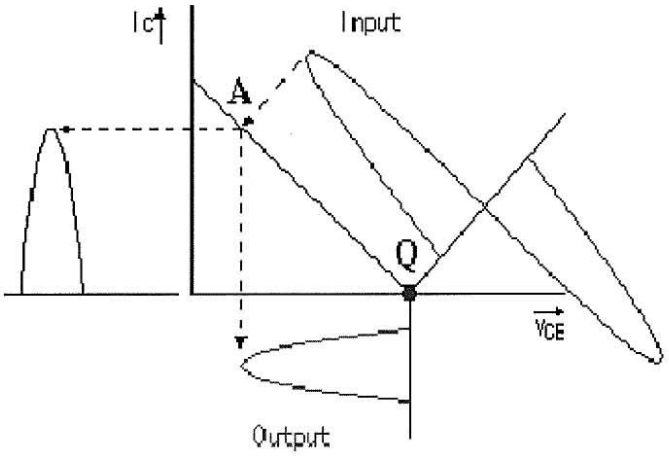
$V_{CE_{max}} = 18.3\text{ V}$ $\quad I_{C_{max}} = 255\text{ mA}$

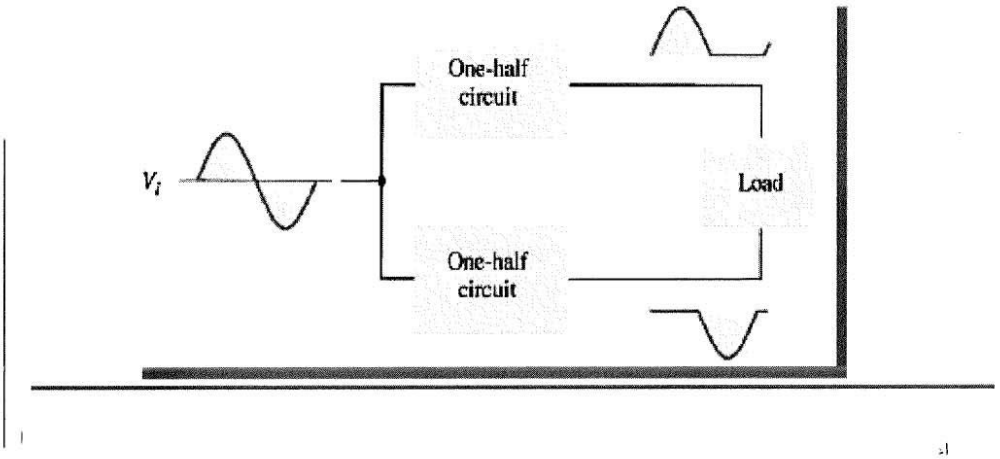
$$P_o\text{ (ac)} = \frac{(V_{CE_{max}} - V_{CE_{min}})(I_{C_{max}} - I_{C_{min}})}{8}$$

$$= \frac{(18.3\text{ V} - 1.7\text{ V})(255\text{ mA} - 25\text{ mA})}{8} = 0.477\text{ W}$$

مكبر القدرة صنف – CLASSS-B Amplifier

في هذا الصنف من مكبرات القدرة وهو الصنف (B) يؤدي بانحياز المكبر خلال زمن نصف دورة من اشارة الادخال (π) وكما موضح بالشكل ادناه وفي هذا الصنف تكون اشارة الاخراج مشوهه كون نصف موجه سيظهر في اخراج المكبر ولكن بكفاءة اعلى من الصنف (A) وللحصول على موجة اخراج بنصفين يستخدم ترانزستورين متممين كل واحد منهما يعمل خلال نصف موجة وبذلك نحصل على موجة اخراج بدورة تشغيل للمكبر بزمن اقل من (360c)

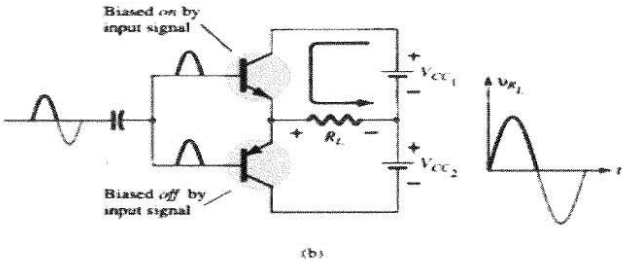




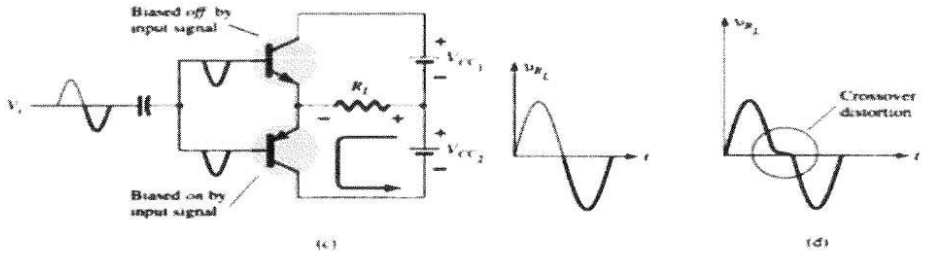
مكبر القدرة صنف (B) سحب دفع باستخدام ترانزستورين متممين -Transistors Push Pull Complementary

باستخدام ترانزستورات متممين (NPN , PNP) ممكن للحصول على موجة كاملة في الاخراج خلال الحمل حيث يعمل كل ترانزستور لنصف دوره تشغيل
حيث ان عندما تطبق اشارة الادخال بنصفها الموجب على كلا قاعدتي الترانزستورين يكون الترانزستور (NPN) مهيأ للعمل فيما يكون الاخر غير مهيئللعمل بسب انحيازه الغير ملائم كونه (PNP) وهذه الحالة تنعكس لكلا الترانزستورين في حالة تطبيق النصف السالب على قاعدتيهما
خلال اكمال دورة اشارة الادخال ووصولها الى الاخراج عبر الحمل هناك مساوىء اهمها :-

1. نحتاج الى مصدرين مستمرين لتوفير الانحياز الازم لكلا الترانزستورين
2. نلاحظ ان موجة الاخراج فواصله للحمل بفترة اقل من (2π) بسبب توقف الترانزستورين عن العمل خلال فترة التحويل من النصف الموجب الى النصف السالب من اشارة الادخال وهذه الحالة تدعى بتشوية التحويل (crossover distortion)وكما موضح بالشكل ادناه



(b)

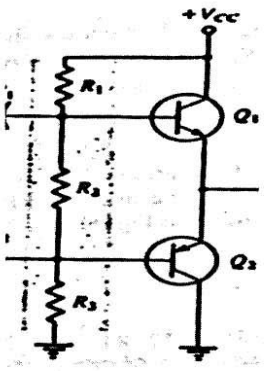


(c) (d)

انحياز مقسم الفولتية

لان تابع الباعث نوع دفع وجذب هو اكثر الأنواع شيوعا نركز علية ونبسط النتائج على دوائر اخرى من الصنف (ب) .

الشكل التالي يبين دائرة انحياز مقسم الجهد



يجب ان يكون الترانزستورين متشابهان تماما

(منحنيات المواصلة التبادلية متطابقة ولهما

نفس مديات التحمل)

يسري تيار الجامع وتيار الباعث خلال الترانزستورين

وبسبب ربط التوالي يتساوى تيار الجامع لكلا

الترانزستورين وتكون فولتية V_{CE}

لكل ترانزستور نصف فولتية التجهيز V_{CC}

$V_{CE}=V_{CC}/2$

لانتاج انحياز نزيزي نحتاج الى ان يكون الجهد بين القاعدة والباعث (V_{BE}) على حافة التوصيل اى قريب من (0.6V) الى (0.7V) وهذا الجهد يكون عبر المقاومة (R_2)

بهذة الطريقة نتخلص من التشويه عند التقاطع (CROSSOVER DISTORTION) ولكن للأسف منحني المواصلة التبادلية يكون حادا قرب منطقة التوصيل واي تغير بالفولتية يمكن ان ينتج عنة تغير كبير بالتيار.

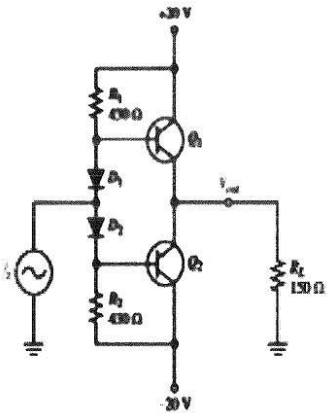
بسبب وجود تفاوت في منحنيات المواصلة التبادلية علينا إيجاد فولتية الانحياز بالتجربة

عن طريق استخدام مقاومات متغيرة .

من الصعب ضبط هذا النوع من الانحيازوذلك بسبب تاثير تغيردرجات الحرارة على جهد توصيل المكبر حيث يقل جهد التوصيل بمقدار (2.5mv) لكل درجة حرارة تقريبا .

ولذلك نستخدم ربط مراة التيار.

المكبر صنف (AB)



للحد من تاثير التغير بدرجات الحرارة على نقطة عمل المكبر(Q) فاننا نستخدم انحياز الثنائي (Diode Bias)

تعتبر هذه هي الطريقة الرئيسية للحصول على انحياز صحيح لمكبرات الجذب –الدفع (Push-Pull) صنف (B)

يجب ان تكون منحنيات الخواص للترانزستورات والدايودات متطابقة تماما .ويسمى هذا التجمع بمراة التيار

(Complementary mirror)

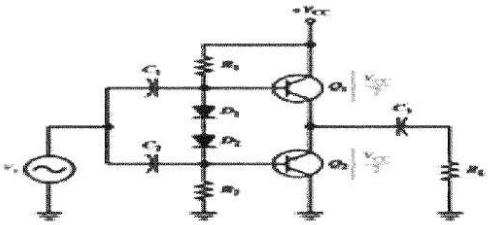
نفس تيار الجامع يسري خلال الترانزستورين وهو انعكاس للتيار المار خلال المقاومات

فيما يلي السبب في تحصين المراة المتممة ضد التغيرات في درجات الحرارة عند(25^0c) يكون هبوط الجهد عبر كل ثنائي(0.7v) تقريبا .عندما تزداد درجات الحرارة تقل قيمة(Vbe) بمقدار(2.5mv) لكل درجة مؤية

$$Ic = \frac{Vcc-2Vbe}{2R}$$

فهو يزداد فقط عند نقصان قيمة (Vbe)

قيمة فولتية التجهيز(Vcc) اكبر بكثير من فولتية القاعدة ولذلك سوف يقل تاثيرالتغيرفي قيمة فولتية (Vbe) على قيمة التيار وتبقى نسبيا ثابتة.



أعظم قدرة اخراج

Pout=Vout(rms)*Iout(rms)

Vout(rms)=0.707Vout(peak)=0.707Vceq

Iout(rms)=0.707Iout(peak)=0.707Ic(sat)

Pout=0.5Vceq Ic(sat)

Vceq=Vcc/2

Pout=0.25Vcc Ic(sat)

القدرة المستمرة

Pdc=Vcc Icc

لان عمل كل ترانزستور يكون خلال نصف دورة فقط من إشارة الدخل فان

$$\mathbf{Icc}=\frac{Vcc(sat)}{\pi}$$

$$\mathbf{Pdc}=\frac{Vcc\ Ic(sat)}{\pi}$$

الكفاءة (Efficiency)

η=Pout/Pdc

Pout=0.25Vcc Ic(sat)

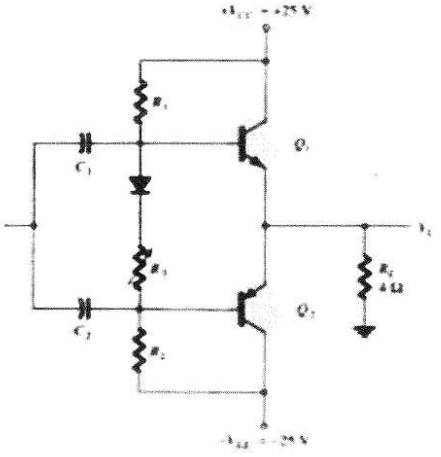
$$\eta=\frac{0.25\ Vcc\ Ic(sat)}{\frac{Vcc\ Ic(sat)}{\pi}}$$

ηmax=0.25 π=78.5%

EXAMPLE مثـــــل

في الدائرة الموضحة ادناه احسب :-

1. قدرة الاخراج Pout
2. قدرة الادخال Pin
3. القدرة المحولة عن طريق الترانزستورين PQ
4. الكفـــــــاءة



Solution

$$V_l(\text{p}) = \sqrt{2}\, V_l\,(\text{rms}) = \sqrt{2}\,(12\text{ V}) = 16.97\text{ V} \approx 17\text{ V}$$

$$P_{ac} = \frac{V_l^2(\text{p})}{2R_l} = \frac{(17\text{ V})^2}{2(4\ \Omega)} = 36.125\text{ W}$$

$$I_L(\text{p}) = \frac{V_L(\text{p})}{R_l} = \frac{17\text{ V}}{4\ \Omega} = 4.25\text{ A}$$

$$I_{dc} = \frac{2}{\pi} I_L(\text{p}) = \frac{2(4.25\text{ A})}{\pi} = 2.71\text{ A}$$

$$P_i(\text{dc}) = V_{CC} I_{dc} = (25\text{ V})(2.71\text{ A}) = 67.75\text{ W}$$

$$P_Q = \frac{P_{2Q}}{2} = \frac{P_i - P_o}{2} = \frac{67.75\text{ W} - 36.125\text{ W}}{2} = 15.8\text{ W}$$

$$\%\,\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% = \frac{36.125\text{ W}}{67.75\text{ W}} \times 100\% = 53.3\%$$

الاقران بواسطة المحولة

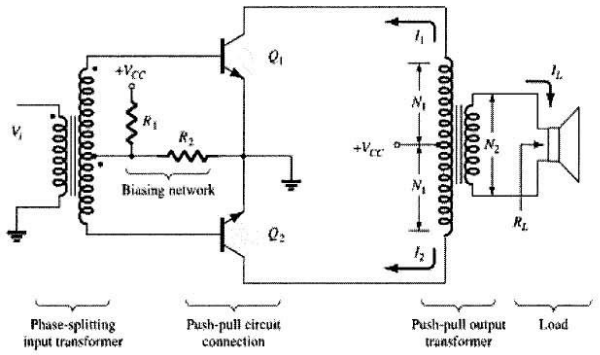


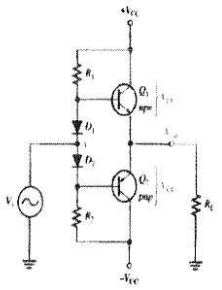
Figure 16.15 Push-pull circuit.

يمكن تحسين كفاءة المكبرعن طريق اقران المكبربواسطة المحولة كما في الصورة اعلاة

مثال

احسب اعظم قدرة اخراج متناوبة واقل مدى تحمل قدرة للترانزستورين

للقيم التالية.



Vcc=40v ,R1=1KΩ ,RL=10Ω

الحل

Vceq=Vcc/2=40/2=20v

$Ic(sat)=\frac{Vceq}{rc+re}$ = rc=0

=20/10=2A

قدرة الإخراج المتناوبة القصوى

$Po(max)=\frac{Vceq\ Ic(sat)}{2}$=20*2/2=20w

اقل مدى تحمل قدرة هو

Pd(max)=Po(max)/5=20/5=4w

مثال ٢

للدائرة أعلاه احسب أعظم قدرة خرج متناوبة وقدرة الدخل المستمرة للمكبر ثم احسب الكفاءة اذا علمت ان :

Vcc=20v ,R_1=1KΩ ,RL=5Ω

Vo(peak)=Vceq=Vcc/2=20/2=10v

Io(peak)=Ic(sat)=Vceq/R_L=10v/5=2A

Pout=0.25Vcc Ic(sat) =0.25 *20 *2=10w

$Pdc=\frac{Vcc\ Ic(sat)}{\pi}$ =20 *2/3.14=12.73 w

ϩ%=10/12.73=0.785*100%=78.5%

أسئلة مختصرة

١ . اين يكون موقع نقطة العمل الساكنة لمكبر صنف (ب)

٢ . ماسبب حصول تشويه التقاطع (crossover distortion)

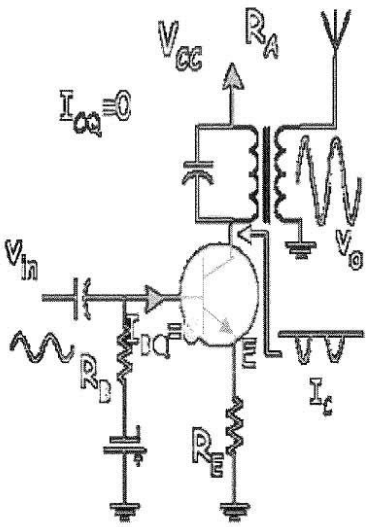
٣ . ماهي اعظم كفاءة للمكبر صنف (ب) سحب – دفع

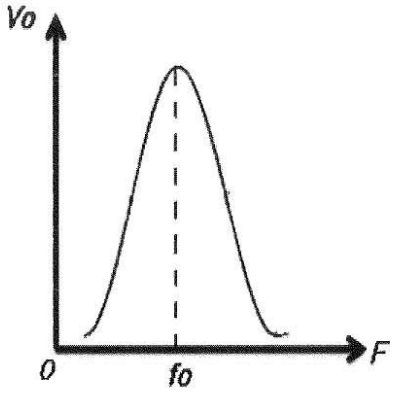
٤ . اشرح الهدف من ربط المكبر سحب – دفع

٥. ماهو الفرق بين المكبر صنف (b) والمكبر صنف (AB)

المكبـــــــر الموالف Tuned Amplifier

الربح في هذا النوع من المكبرات يعتمد مباشرة على قيمة ممانعة الحمل التي تمثل دائرة رنين عباره عن (L C) في الشكل ادناه حيث يمثل منحني الاستجابة الترددية للمكبر متمثل بتردد الرنين لدائرة الحمل المتمثله بالملف والمتسعة حيث نلاحظ ان حزمة ضيقة من الترددات بالقرب من تردد الرنين (*fo*) سوف تكبر بينما بقية الترددات لاتكبر وكما موضح في منحني الاستجابة الترددية الموضح ادناة :-





الهدف من دراسة مكبر القدرة صنف (س) ان يكون الطالب ملم بالامور التالية

حساب اعظم قدرة خرج –

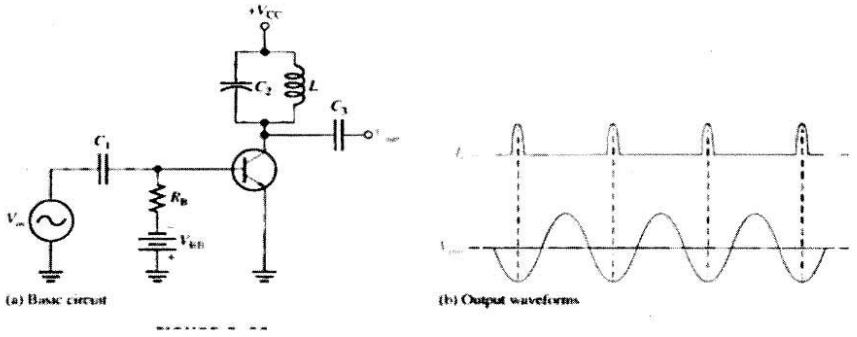
حساب الكفاءة-

شرح انحياز الملزم –

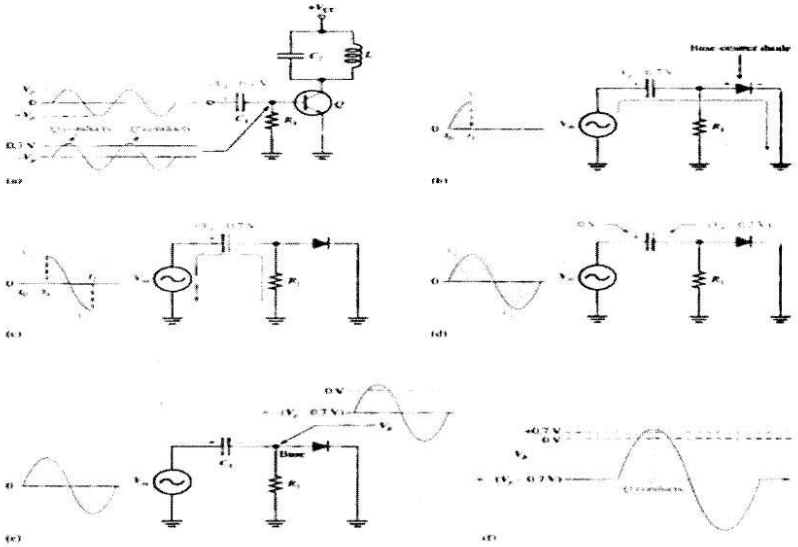
شرح دائرة الرنين في الخرج.

مكبر القدرة صنف (c)

في هذا النوع من المكبرات يسري تيار الجامع لاقل من (180)درجة ويبدو مثل النبضات الضيقة (pulses) .



يتم تحييز المكبراما بربط بطارية على قاعدة الترانزستوركما في المكبر أعلاه او عن طريق دائرة الملزم ادناة .



في حالة ربط بطارية على قاعدة الترانزستوريجب حساب الجهد لانة في حالة المكبر نوع (NPN)تكون سالبة وموجبة لمكبر نوع (PNP)يضاف اليها جهد الحاجز(Vbe) فلو فرضنا ان قيمة جهد البطارية (5v) فان الجهد اللازم لعمل المكبر يكون (5.7v) فلو فرضنا ان قيمة إشارة الدخل المتناوبة قيمتها العظمى (6v) فان المكبر يعمل فقط خلال (0.3v) ويسمى هذا الوقت بوقت الاشتغال او العمل(Ton) من زمن دورة الإشارة الكلية (T) .

ولذلك يكون تبديد القدرة في هذا النوع من المكبرات قليل

$P_{D(ON)}=Vce(sat)\ Ic(sat)$

$P_{D(AVG)}=(t_{on}/T)P_{D(ON)}$

$P_{D(AVG)}=(T_{ON}/T)\ Vce(sat)\ Ic(sat)$

اما في حالة انحياز الترانزستور عن طريق الملزم فان المتسعه تشحن عند تسليط إشارة الدخل ولفترة الجزء الموجب من إشارة الدخل ويعمل الترانزستور لانة ينحاز انحياز امامي ويمكن تمثيل وصلة القاعدة الى الباعث للترانزستور بدايود .

تشحن المتسعة بسرعة الى اعلى قيمة لاشارة الدخل لان زمن الشحن يكون حاصل ضرب المتسعة في مقاومة الدايود بالانحياز الامامي وهي قليلة جدا بحدود (20) اوم بحيث يكون طرفها السالب باتجاه الترانزستورمما تسبب إيقاف عملة .

عند بداية هبوط موجة الدخل من قيمتها العظمى وخلال الجزء السالب من إشارة الدخل وبداية الجزء الموجب الثاني من إشارة الدخل يبقى المكبر في حالة إطفاء .وتفرغ المتسعة خلال هذه الفترة عن طريق المقاومة ويكون تفريغها بطئ لان قيمة المقاومة عالية جدا وزمن التفريغ أطول بكثير من زمن الشحن .

خلال الموجة الثانية من إشارة الدخل وعندما تصل قيمة الإشارة الى اعلى من جهد المتسعه يبدأ المكبر بالعمل مرة أخرى .

وكما موضح في المخططات أعلاه

أداء صنف (c)الموالف (TUNED OPERATION)

لغرض الحصول على موجات خرج كاملة من هذه النبضات في عمل المكبر ولاستخدامة في الدوائر الراديوية فاننا نربط دائرة تنغيم (LC)على خرج المكبر بحيث يمر تيار الجامع خلال هذه الدائرة للفترة القصيرة التي يعمل عندها المكبر مما يسبب شحن المتسعة الى فولتية مساوية تقريبا لجهد التجهيز (vcc) تقريبا وعند انطفاء المكبر فان المتسعة تبدا بالتفريغ عن طريق المحاثة (L) مسببه توليد مجال مغناطيسي حوله يزداد تدريجيا الى ان يصل اعلى قيمة مكون الربع الأول من إشارة الخرج المتناوبة .بعدها يبدا تيار تفريغ التسعة بالتناقص الى ان يتوقف وتخزن الطاقة على شكل مجال مغناطيسي حول الملف .عندها يبدا الملف بامرار تيار عكس اتجاة التيار الذي سبب مجالة المغناطيسي ويؤدي هذا التيار الى شحن المتسعة بعكس الجهد الأول.وهذا يكون الربع الثاني من إشارة الخرج المتناوبة.عندما يتوقف تيار الملف تكون المتسعة شحنت كاملة ويبدا تيار تفريغ المتسعة عن طريق الملف ولكن عكس التيار الأول مسببه جهد خرج سالب .وهنا يتكون الربع الثالث من إشارة الخرج.

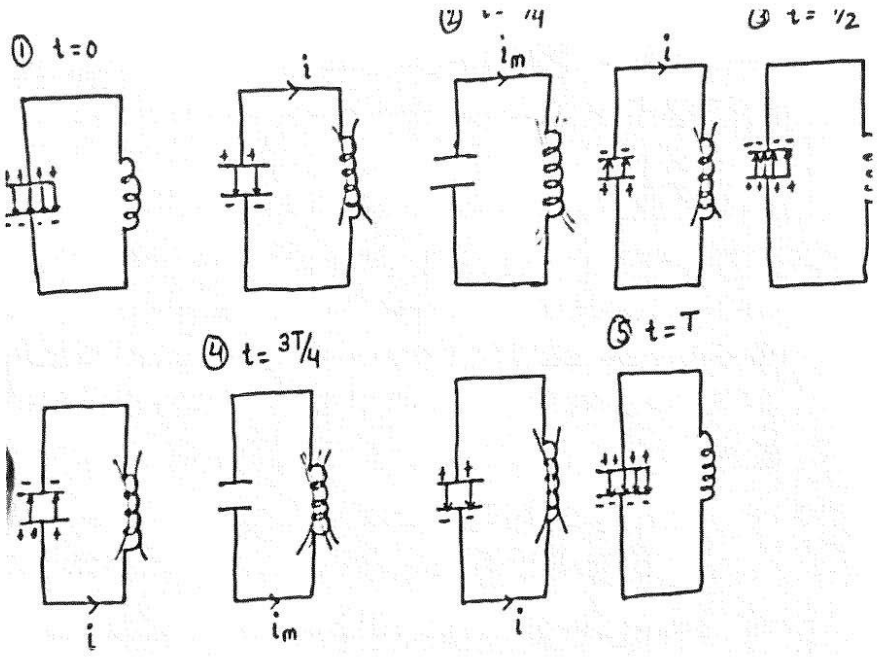
عند تفريغ المتسعة يبدا الملف بشحنها مرة أخرى بتيار معاكس لاتجاة التيار الأول وهنا يتكون الربع الأخير من إشارة الخرج .

لولا الخسائر بسبب مقاومة الملف وكذلك انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية من الملف لاستمر هذا السياق من تحول الطاقة من شحنات في المتسعة الى مجال مغناطيسي في الملف الى مالانهاية. ولكن تبدأ الموجة بالاضمحلال تدريجيا الى ان تنتهي .ولغرض تعويض الخسائر تبدأ موجة جديدة من إشارة الدخل .

يجب ان يكون تردد إشارة الدخل مساويا لتردد رنين خزان (LC)

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

مخطط يوضح تحول الطاقة بين الملف والمتسعة في خزان (LC)



أعظم قدرة اخراج

لان جهد الخرج للخزان يساوي تقريبا (2Vcc) قمة الى قمة فان القدرة الخارجة تكون :

$$P_{OUT}=\frac{Vrms^2}{Rc}=\frac{(0.707Vcc)^2}{Rc}=\frac{0.5Vcc^2}{Rc}$$

(Rc) هي المقاومة المكافئة لربط مقاومة الحمل ومقاومة ملف الخزان على التوازي وتكون قيمتها قليلة .

القدرة الكلية المجهزة الى المكبر

$$P_T=P_{OUT}+P_{D(AVG)}$$

$$\eta=\frac{Pout}{Pout+Pd(avg)}$$

الكفاءة $P_{out} >> P_{D(AVG)}$

لذلك تكون كفاءة هذا المكبرعالية جدا تصل الى 100% تقريبا

هذا المكبر ملائم للترددات الراديوية ولايستخدم في المكبرات السمعية

أسئلة مختصرة

- انحياز مكبر صنف (c) يكون عادة عند .....
- ماهو الهدف من استخدام دائرة التنغيم .
- مكبريستهلك قدرة(100mw) وقدرة الخرج (1w) ماهي كفائته .

الوحدة النمطية للاسبوع الرابع والخامس:

مجهزات القدرة

الاسئلة القبلية:

س1: هل لديك فكرة عن مجهزات القدرة ؟ وما الفائدة منها؟

س2: باعتقادك مم تتكون منظومة مجهز القدرة.

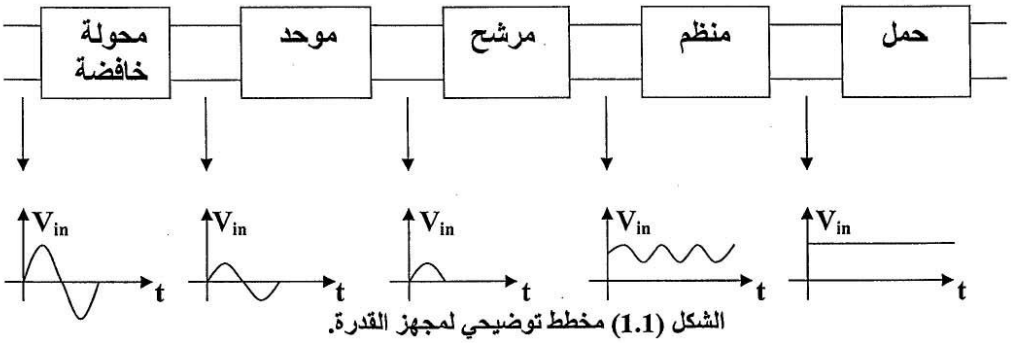
س3: هل لدائرة مجهز القدرة علاقة بتنظيم الفولتية، ام هناك دوائر خاصة لذلك؟

مكتبة الطلبة
استنساخ عادي ملون - قرطاسية
ملازم

Chapter One
Power Supply

1.1 Power Supply: مجهز القدرة

أن عمل معظم الدوائر الالكترونية يتطلب وجود مصدر للقدرة المستمرة (البطاريات الجافة) ولكن بسبب استهلاك هذه البطاريات مع الزمن وتغير قدرتها يؤدي إلى عدم عملها بكفاءة عالية دائماً ويجعلها غير اقتصادية. لهذه الأسباب تستخدم مجهزات القدرة بتحويل الإشارة المتناوبة (A.C Signal) إلى أشارة مستمرة (D.C Signal). الشكل (1.1) يبين المخطط التوضيحي لمجهز القدرة.



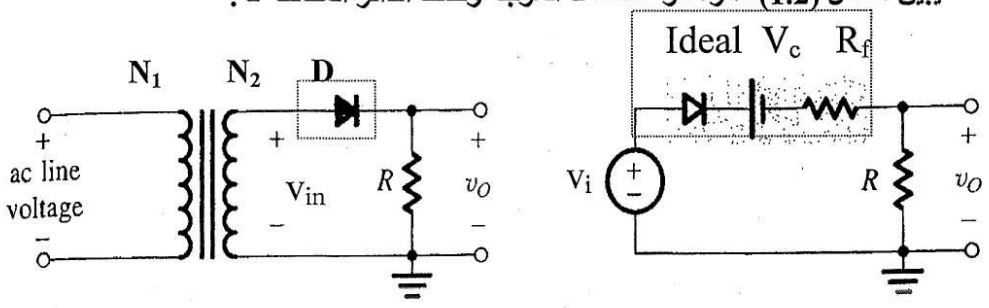
الشكل (1.1) مخطط توضيحي لمجهز القدرة.

1.1.1 Rectifiers: الموحدات (المقومات):

يتم تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر باستغلال خاصية الثنائي (Diode) حيث يقوم الثنائي بتحويل الموجة الجيبية (Sine Wave) الخالية من التيار المستمر إلى تيار مستمر (D.C Current)، ويطلق على هذه العملية مصطلح التوحيد (Rectification) لذلك يدعى الثنائي بالموحد أو المقوم. هنالك نوعان من الموحدات:

1.1.1.1 Half-wave Rectifier: موحد نصف الموجة:

يبين الشكل (1.2) دائرة موحد نصف الموجة وكذلك الدائر المكافئة له.

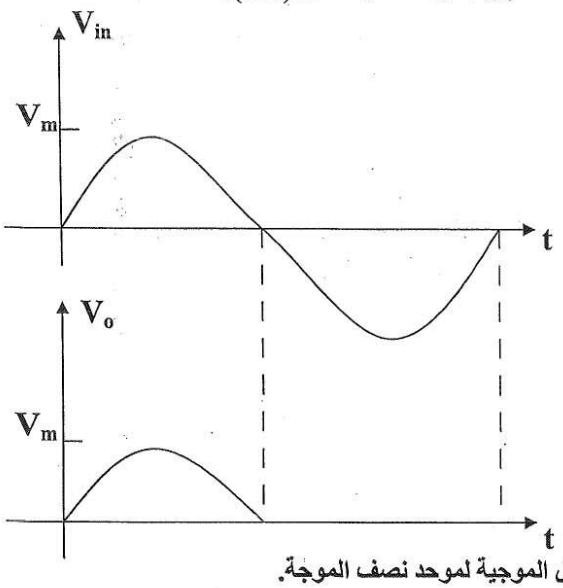


(a) دائرة موحد نصف الموجة.

(b) الدائرة المكافئة لموحد نصف الموجة.

الشكل (1.2).

موجتي الإدخال والإخراج لدائرة موحد نصف الموجة موضحة بالشكل (1.3).



الشكل (1.3) الأشكال الموجية لموحد نصف الموجة.

تمثل موجة جهد الدخل الموضح بالشكل (1.3) بالمعادلة التالية:

$$V_{in} = V_m \sin wt$$

$V_m \Rightarrow$ **Peak voltage (V).** ذروة الجهد

$w \Rightarrow$ **Angular frequency.** التردد الزاوي

$f \Rightarrow$ **Frequency (Hz).** التردد

- في البدء نناقش الثنائي بالحالة المثالية، حيث (V_c=0) و (R_f=0) حيث (R_f) تمثل مقاومة التوصيل الأمامي للثنائي.
  - يكون الثنائي منحازاً أمامياً خلال النصف الموجب للموجة (V_{in}>0).

$$V_o \approx V_{in}$$

  - أما أثناء النصف السالب لموجة الدخل (V_{in}<0)، يكون الثنائي بانحياز عكسي.

$$V_o \approx 0$$

$$V_{d.c} = \frac{1}{T}\int_0^T V_L(t)$$

$$V_{d.c} = \frac{V_m}{\pi} = 0.318V_m, \quad \pi = 3.14$$

$$V_{r.m.s} = \left[\frac{1}{T}\int_0^T V_L^2(t).dt\right]^{\frac{1}{2}}, \text{ where } V_{r.m.s} \Rightarrow \textbf{Root Mean Square.}$$ جذر متوسط التربيع

$$V_{r.m.s} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707V_m, \quad I_{r.m.s} = \frac{V_{r.m.s}}{R_L}, \quad I_{d.c} = \frac{V_{d.c}}{R_L}, \quad V_{a.c} = \sqrt{(V_{r.m.s})^2 - (V_{d.c})^2},$$

$$R_f = \sqrt{\left(\frac{V_{r.m.s}}{V_{d.c}}\right)^2 - 1}$$

- **Output d.c Power** القدرة المستمرة للخرج

$$P_{d.c} = V_{d.c} \times I_{d.c} = (I_{d.c})^2 \times R_L$$

- **Output a.c Power** القدرة المتناوبة للخرج

$$P_{a.c} = V_{r.m.s} \times I_{r.m.s} = (I_{r.m.s})^2 \times R_L$$

- **Output Voltage** الجهد الخارج

$$V_o = I_L \times R_L$$

- **Output Frequency** تردد الخرج

$$f_{out} = \frac{1}{T} = f_{in}$$

حيث T: تمثل زمن الدورة الواحدة

PIV → Peak Inverse Voltage: جهد الذروة العكسية:

وهي أعلى جهد عكسي يتحمله الثنائي دون أن ينهار.

$$PIV = +V_m = V_m$$

مثال:

أوجد ما يلي لدائرة موحد نصف الموجة:

V_m, $I_{r.m.s}$, $I_{d.c}$, $V_{a.c}$, R_f, PIV, and $P_{d.c}$?

إذا علمت أن مقاومة الحمل (R_L=3.5KΩ) وجهد جذر متوسط التربيع ($V_{r.m.s}$=100V).

الحل:

$$V_{r.m.s} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_m = V_{r.m.s} \times \sqrt{2} = 100 \times \sqrt{2} = 141.42V$$

$$I_{r.m.s} = \frac{V_{r.m.s}}{R_L} = \frac{100}{3.5 \times 10^3} = 28.57mA$$

$$I_{d.c} = \frac{V_{d.c}}{R_L}, \quad V_{d.c} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{141.42}{\pi} = 45V \Rightarrow \therefore I_{d.c} = \frac{45}{3.5 \times 10^3} = 12.857mA$$

$$V_{a.c} = \sqrt{(V_{r.m.s})^2 - (Vd.c)^2} \Rightarrow \therefore V_{a.c} = \sqrt{(100)^2 - (45)^2} = 89.3V$$

$$R_f = \sqrt{\left(\frac{V_{r.m.s}}{V_{d.c}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{100}{45}\right)^2 - 1} = 1.38\Omega$$

$$PIV = V_m = 141.42V$$

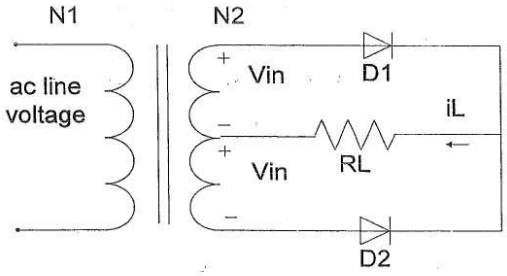
$$P_{d.c} = V_{d.c} \times I_{d.c} = 45 \times 12.857 = 578.565Watt.$$

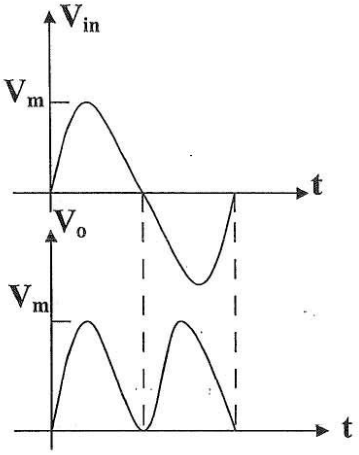
1.1.1.2 Full-wave Rectifier: موحد الموجة الكاملة

(a) Full-wave Rectifier Using Centre-tapped Transformer:

(أ) موحد الموجة الكاملة باستخدام محول ذا تفرع وسطي:

يوضح الشكل (1.4) دائرة موحد الموجة الكاملة بمحول تفرع وسطي. إن كل ثنائي يعمل مع نصف الملف الثانوي للمحول المربوط به ومع مقاومة الحمل (R_L) بطريقة تشبه عمل الثنائي في موحد نصف الموجة أي إن دائرة الموجة الكاملة تتكون من دائرتين لموحد نصف الموجة.





الشكل (1.4) دائرة موحد موجة كاملة بمحول تفرع وسطي وموجات الجهد (الإدخال والإخراج)

$$V_{d.c} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m, \qquad V_{r.m.s} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707V_m$$

$$I_{d.c} = \frac{V_{d.c}}{R_L} = \frac{0.636V_m}{R_L}, \qquad I_{r.m.s} = \frac{V_{r.m.s}}{R_L} = \frac{0.707V_m}{R_L}$$

$$P_{d.c} = (I_{d.c})^2 \times R_L, \qquad P_{a.c} = (I_{r.m.s})^2 \times R_L$$

$$PIV = +2V_m = (2V_m) \quad \textbf{(Peak Inverse Voltage)}$$

$$f_{out} = 2f_{in}, \qquad V_o = I_L \times R_L$$

مثال:

إذا كانت قيمة ذروة الجهد (V_m) على طرفي نصف الملف الثانوي للمحول الموضح بالشكل (1.4) هو (28.3V) وبتردد (50Hz). أحسب جهد الحمل المستمر (V_{dc})، تردد الخرج (f_{out})، وجهد الذروة العكسية (PIV)؟

الحل:

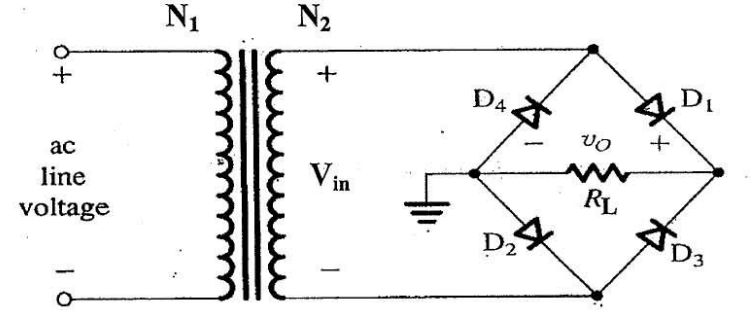
$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 \times 28.3}{\pi} = 18V$$

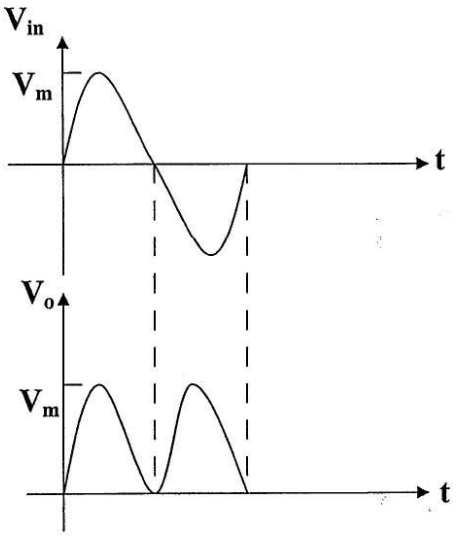
$$f_{out} = 2 \times f_{in} = 2 \times 50 = 100Hz$$

$$PIV = 2 \times V_m = 2 \times 28.3 = 56.6V.$$

(b) Bridge Full-wave Rectifier: **(ب) موحد الموجة الكاملة القنطري:**

يمكن توحيد الموجة بصورة كاملة باستعمال أربعة ثنائيات فقط وبدون الحاجة إلى استخدام محول التفرع الوسطي وذلك بربط الثنائيات كما موضح بالشكل (1.5).





$$V_{d.c} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m \ , \quad I_{d.c} = \frac{V_{d.c}}{R_L} = 0.707V_m$$

$$V_{r.m.s} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707V_m \ , \quad I_{r.m.s} = \frac{V_{r.m.s}}{R_L} = \frac{0.707V_m}{R_L}$$

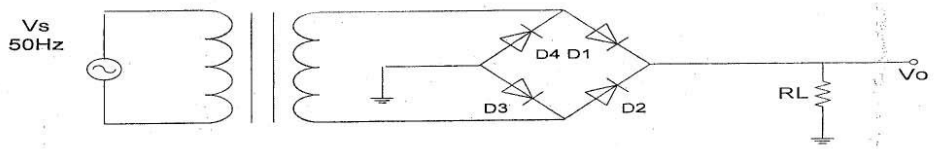
$$f_{out} = 2f_{in} \ , \quad PIV = V_m$$

الشكل (1.5) المقوم القنطري وموجات الجهد (الإدخال والإخراج)

مثال:

إذا كانت قيمة جهد الذروة عند الملف الثانوي الموضح بالشكل (1.6) تساوي (68V) ومقاومة الحمل (R_L=500Ω). فما مقدار الجهد المستمر للحمل؟ أحسب قيمة تردد الخرج؟ ثم أوجد قيمة جهد الذروة العكسية؟

$$V_{dc} = \frac{2\times V_m}{\pi} = \frac{2\times 68}{\pi} = 43.3 \ , \quad f_{out} = 2\times f_{in} = 2\times 50 = 100Hz \ , \quad PIV = V_m = 6mV.$$



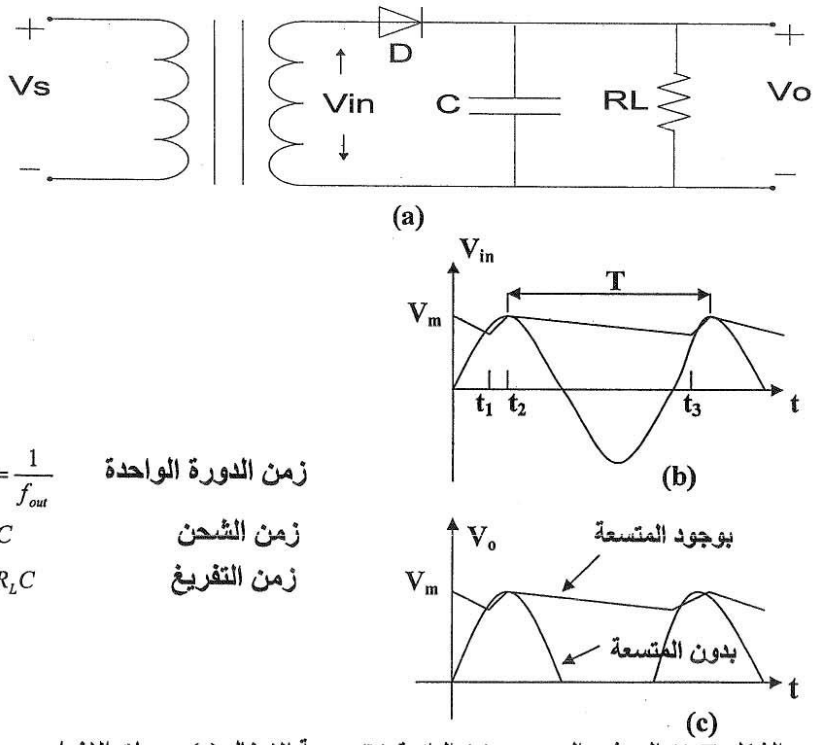
الشكل (1.6) دائرة موحد قنطري.

1.1.2 Power Supply Filters: مرشحات مجهز القدرة:

مرشحات مجهز القدرة هي مرشحات لتقليل التموج (Ripple) في الجهد عن خرج دائرة الموحدات إلى أدنى حد ممكن. وهنالك أنواع متعددة تتفاضل فيما بينها حسب كفاءتها وكلفتها وبساطتها.

1.1.2.1 Capacitor Filter: المرشح السعوي:

يعتبر المرشح السعوي ابسط أنواع المرشحات وأرخصها ويستخدم بكثرة عندما يكون تموج الجهد صغيراً. من سلبيات هذا المرشح عند استخدامه مع ثنائيات أشباه الموصلات، سحبه للتيار على هيئة نبضات متتالية عالية القيمة ويعود ذلك إلى اندفاع تيار شحن المكثف خلال فترة زمنية قصيرة من كل دورة، وبذلك تتعرض مكونات أشباه الموصلات إلى التلف نتيجة لانسياب مثل هذا النوع من التيار. يمثل الشكل (1.7) دائرة وموجات الإدخال والإخراج للمرشح السعوي.



$T = RC = \frac{1}{f_{out}}$ زمن الدورة الواحدة

$T_{ch} = R_f C$ زمن الشحن

$T_{disch} = R_L C$ زمن التفريغ

الشكل (1.7) المرشح السعوي- (a) الدائرة (b) موجة الإدخال (c) موجات الإخراج.

- إن المتسعة تشحن للفترة بين (t_1) إلى (t_2) عندما يكون الثنائي (ON) وتفرغ للفترة بين (t_2) إلى (t_3) عندما يكون الثنائي (OFF).

مثال:

موحد موجة نصفية استخدمت فيه متسعة ترشيح بقيمة (100µF) وكان جهد مصدر التجهيز المتناوب (220V) بتردد (50Hz)، ومقاومة حمل مقدارها (R_L=100Ω). احسب زمن التفريغ وزمن الشحن، إذا علمت إن مقاومة التوصيل الأمامي للثنائي تساوي (R_f=30Ω)؟

الحل:

$$T_{ch} = R_f \times C = 30 \times 100 \times 10^{-6} = 3m\text{sec.}$$

$$T_{disch} = R_L \times C = 100 \times 100 \times 10^{-6} = 10m\text{sec.}$$

مثال:

موحد موجة كاملة قنطري (الشكل (1.8)) استخدمت فيه متسعة ترشيح بقيمة (2200µF) وكان جهد مصدر التجهيز المتناوب (220V) وبتردد (50Hz)، ومقاومة حمل مقدارها (R_L=50Ω). احسب ثابت وزمن الشحن والتفريغ، ثم ناقش الشكل الموجي المتوقع خلال مقارنة ثابت الزمن مع زمن الدورة الواحدة لإشارة الخرج، إذا علمت إن مقاومة التوصيل الأمامي للثنائي تساوي (20Ω)؟

الحل:

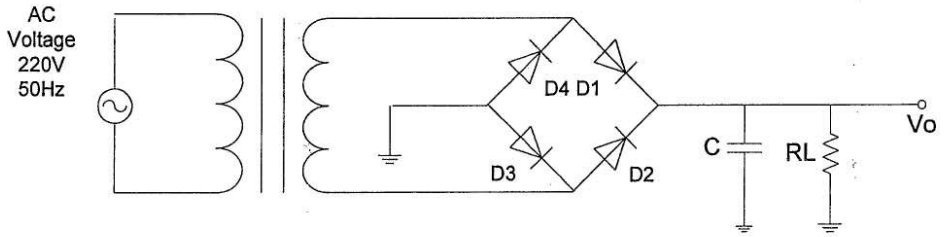
$$T_{ch} = 2 \times R_f \times C = 2 \times 25 \times 2200 \times 10^{-6} = 0.11\text{sec.}$$

$$T_{disch} = R_L \times C = 50 \times 2200 \times 10^{-6} = 0.11\text{sec.}$$

$$f_{out} = 2 \times f_{in} = 2 \times 50 = 100Hz$$

$$T = \frac{1}{f_{out}} = \frac{1}{100} = 10m\text{sec.}$$

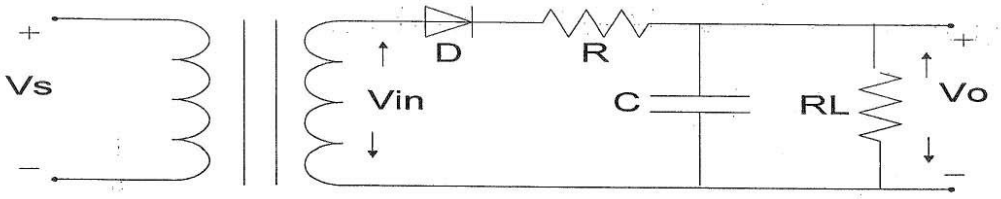
بما إن زمن التفريغ اكبر بكثير من زمن الدورة الواحدة (R_LC>>T) لإشارة الخرج، لذا نتوقع أن تكون إشارة الحمل ذات خط مستقيم تقريباً، أي إن نسبة التموج تكون قليلة جداً بحيث يمكن اعتبارها صفراً.



الشكل (1.8) دائرة موحد قنطري.

1.1.2.2 Capacitor and Resistance Filter: مرشح المتسعة والمقاومة:

يوضح الشكل (1.9) مرشح المقاومة والمتسعة (RC). إن إضافة المقاومة (R) على التوالي يحد من قيمة تيار الشحن الذي تسحبه المتسعة، وبذلك يمكن التغلب على السلبية الموجودة في المرشح السعوي البسيط، حيث إن استعمال (R) على التوالي يسبب هبوطاً بالجهد المستمر على طرفيها ونحصل بذلك على تقسيم للجهد.



الشكل (1.9) مرشح المتسعة والمقاومة.

1.1.2.3 Choke Input Filter: مرشح محث دخل خانق:

يبين الشكل (1.10a) مرشح إدخال خانق، حيث يستعمل في هذا النوع من المرشحات ملف ذو لب حديدي (خانق) ومتسعة. تحتوي إشارة خرج الموحد على مركبة تيار مستمر ينبغي الحصول عليها ومركبة تيار متناوب ينبغي التخلص منها، يسمح المحث لمركبة التيار المستمر بالمرور وذلك لأن قيمة الممانعة (X_L) تساوي صفر لهذه المركبة، ولأن المتسعة تبدو كدائرة مفتوحة عندما يكون تردد أشارة الجهد (صفراً) فأن التيار المستمر الخارج من المحث ينتقل إلى مقاومة الحمل (R_L) في حين تحجز مركبة التيار المتناوب الخارجة من الموحد بسبب القيمة العالية للممانعة (X_L) التي سيبديها لهذه المركبة.

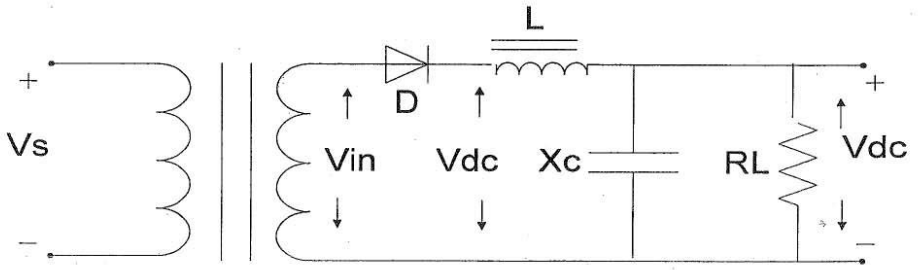
المركبة المستمرة في موجة الخرج هي:

$$V_{d.c} = \frac{R_L}{R + R_L} \times V_{d.c}^{-}$$

حيث R: تمثل مقاومة المحث.

V_{dc} : الجهد المستمر في الخرج على طريق مقاومة الحمل (R_L).

V'_{dc} : الجهد المستمر الخارج من موحد الموجة والداخل إلى المرشح.



(a)

1.1.3 Voltage Regulators: منظمات الفولتية:

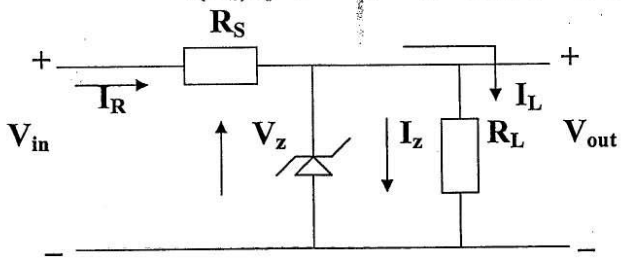
إن دوائر مجهزات القدرة التي تم دراستها سابقاً هي مجهزات قدرة عامة وهي غير مستقرة أو منظمة للفولتية في الخرج للأسباب التالية:

1. تتغير فولتية الخرج إذا تغيرت فولتية الدخل من المصدر.
2. تتغير فولتية الخرج إذا تغير الحمل.

تسمى هذه المجهزات بالمجهزات غير المنظمة. أما مجهزات القدرة المنظمة فتصمم لكي تقلل التموج إلى أقل قيمة ممكنة، وكذلك يكون لها فولتية خرج ثابتة لا تتغير بتغير فولتية المصدر أو بتغير الحمل. وهنالك نوعان من منظمات الفولتية:

1.1.3.1 Shunt Voltage Regulator: منظم فولتية التوازي:

يبين الشكل (1.13) منظم فولتية توازي، حيث يتكون من ثنائي زينر (عنصر التنظيم) مربوط على التوازي مع الحمل (R_L) ويتغذى بتيار عبر مقاومة التوالي (R_S).



الشكل (1.13) دائرة منظم فولتية التوازي.

$$I_S = I_Z + I_L$$

1. التنظيم عندما تتغير (V_{in}) و (R_L) ثابتة:

هنا (V_{in}) تتغير و (I_Z) يتغير بينما تبقى (V_Z) و (I_L) و (V_{out}) ثابتة.

$$V_i(\min.) = I_L(R_L + R_S)$$

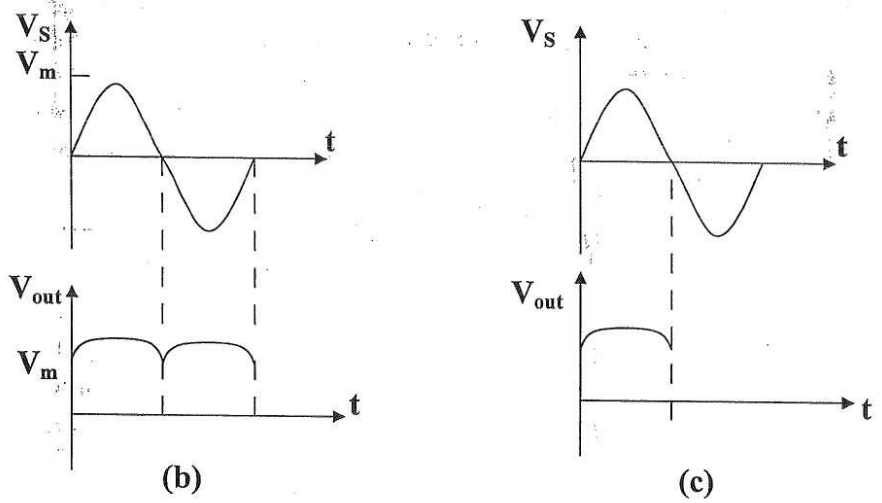
$$V_i(\max.) = V_{RS}(\max.) + V_z$$

2. التنظيم عندما يتغير الحمل و (V_{in}) ثابتة:

هنا (I_L) تغير و (I_Z) يتغير بينما تبقى (V_Z) و (V_{in}) و (V_{out}) ثابتة.

$$R_L(\min.) = \frac{V_Z}{I_L(\max.)}$$

$$R_L(\max.) = \frac{V_Z}{I_L(\min.)}$$

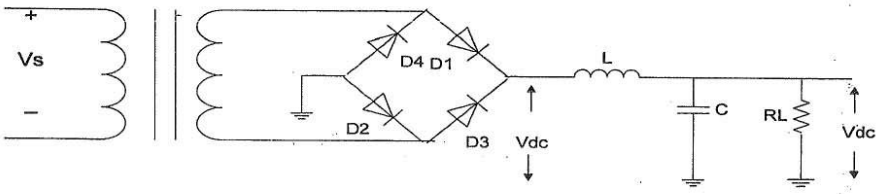


الشكل (1.10) مرشح دخل خانق - (a) الدائرة (b) موجات الإدخال والإخراج لموحد موجة كاملة (c) موجات الإدخال والإخراج لموحد نصف موجة.

مثال:

موحد قنطري مربوط بمحاثة (الشكل (1.12)) فإذا كانت قيمة الجهد المستمر (V'_{dc}) الخارج من الموحد تساوي (12V) ومقاومة المحث (25Ω) والمتسعة (C=500mF) ومقاومة الحمل (R_L=750Ω) فما هي قيمة جهد الخرج المستمر؟

الحل:

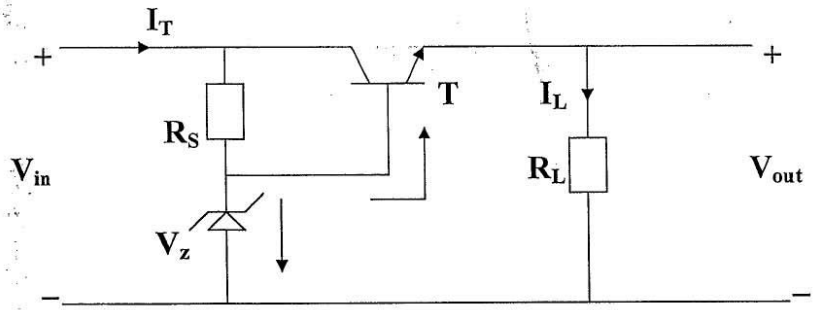


الشكل (1.12) دائرة موحد قنطري.

$$V_{dc} = \frac{R_L}{R_L + R} \times V'_{dc} = \frac{750}{750 + 25} \times 12 = 11.6V$$

1.1.3.2 Series Voltage Regulator: منظم فولتية التوالي:

في هذا المنظم يربط العنصر المسيطر على التوالي مع المصدر والحمل. يمثل الشكل (1.14) دائرة منظم توالي، وتتكون هذه الدائرة من ترانزستور مع ثنائي الزينر. إذن إن منظم فولتية التوازن (ثنائي الزينر) يعمل عبر عنصر التوالي (الترانزستور).



الشكل (1.14) دائرة منظم فولتية التوالي.

$V_{in} \downarrow \rightarrow V_{RS} \downarrow \rightarrow I_Z \downarrow \rightarrow V_{out}$ **constant.**

$$V_Z - V_{BE} - V_{out} = 0 \Rightarrow V_{out} = V_Z - V_{BE} = V_Z - 0.7V$$

$$P_o = (V_{in} - V_{out}) \times I_L$$

$$I_L = \frac{V_{out}}{R_L} = I_E = (1+\beta) \times I_B$$

$$I_{R_S} = I_B + I_Z = \frac{V_{in} - V_Z}{R_S}$$

مثال:

إذا كانت (V_Z=7.5V) و (R_L=100Ω). احسب (V_{out}) و (I_L)؟

الحل:

$$V_{out} = V_Z - V_{BE} = 7.5 - 0.7 = 6.8V$$

$$I_L = \frac{V_{out}}{R_L} = \frac{6.8}{100} = 68mA$$

مثال

للدائرة ادناه Vz=0.5v ,β=-99 ,Vi=20-30v

احسب اعظم قدرة مستهلكة في ثنائي الزنر

Solution:

$$V_o = V_z - V_{BE} = 10.5 - 0.5 = 10V$$

$$I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{10}{20} = 500mA$$

Since, emitter current is flowing into load.

$$I_L = I_E = 500mA$$

$$I_E = (1+\beta)I_B \Rightarrow I_B = \frac{I_E}{1+\beta} = \frac{500}{100} = 5mA$$

$$\text{Also, } I = \frac{V_s - V_z}{1K} = \frac{30 - 10.5}{1K} = 19.5mA$$

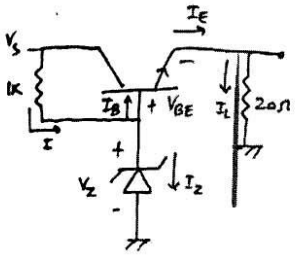
Since, $\boxed{I = I_z + I_B}$

$$I_z = I - I_B = 19.5 - 5 = 14.5mA$$

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

Therefore, $P_T = V_{CE} \times I_C = (V_s - V_o) \times \beta I_B = 99W$

$$P_z = V_z \times I_z = 10.5 \times 14.5 = 152.25mW$$



. التيار المار في الحمل يمر عبر الترانزستور .كلما زاد تيار الحمل تزداد القدرة المستهلكة في الترانزستور. لهذا يجب الانتباة الى حرارة الترانزستور .

يستخدم ثنائي زنر معاملة الحراري موجب (temperature coefficient) لمعادلة المعامل الحراري السالب للترانزستور.

عندما تزداد ممانعة الحمل (RL) يزداد جهد الخرج (VL) بما ان تيار الزنر دايود ثابت نسبيا عندها يقل جهد (VBE) مما يسبب نقصان تيار الجامع ومعة تيار الحمل .

في حال النقصان في ممانعة الحمل فان جهد الحمل سوف يقل مما يسبب زيادة الجهد (VBE) الذي يسبب زيادة تيار الحمل وزيادة جهد الحمل (VL)

لديه تنظيم جيد لكن عند ازدياد قيمة التيارتزداد القدرة المستهلكة وزيادة حرارة العناصر الالكترونية .

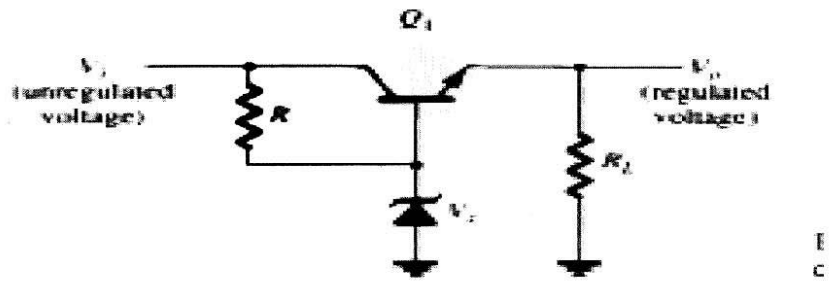
$I_Z=I_B$, $I_B=Ic/\overline{\beta}$

$Is=\frac{Vi-Vo}{Rs}$

مسائل عن منظمات الفولتية

مثال

للدائرة ادناه احسب قيمة فولتية الخرج وتيار الزنر ؟



اذا كانت

$R_S=1.8K$,$V_Z=8.3V$,$R_L=2K$,$V_i=15V$,$\beta=100$

$V_L=V_Z-V_{BE}=8.3-0.7=7.6V$

$I_L=V_L/R_L= 7.6/2000=3.8mA$

$V_{CE}=Vi-V_O=15-7.6=7.4V$

$$I_R = \frac{Vi - Vz}{Rs} = \frac{15 - 8.3}{1.8} = 3.72mA$$

$I_B = Ic/\beta = 3,8/100 = 0.038mA$

مثال

Calculate the output voltage and Zener current in the regulator circuit of Fig. 19.14 for $R_L = 1\ \text{k}\Omega$.

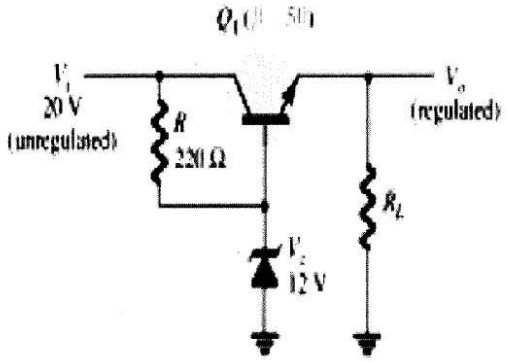


Figure 19.14 Circuit for Example 19.8.

Solution

$$V_o = V_Z - V_{BE} = 12\ \text{V} - 0.7\ \text{V} = 11.3\ \text{V}$$

$$V_{CE} = V_i - V_o = 20\ \text{V} - 11.3\ \text{V} = 8.7\ \text{V}$$

$$I_R = \frac{20\ \text{V} - 12\ \text{V}}{220\ \Omega} = \frac{8\ \text{V}}{220\ \Omega} = 36.4\ \text{mA}$$

For $R_L = 1\ \text{k}\Omega$,

$$I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{11.3\ \text{V}}{1\ \text{k}\Omega} = 11.3\ \text{mA}$$

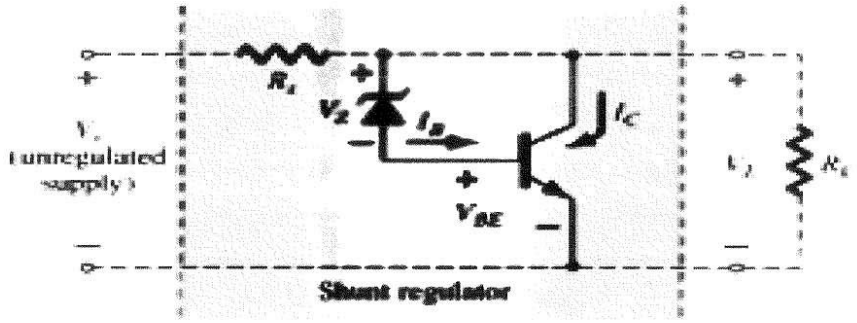
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{11.3\ \text{mA}}{50} = 226\ \mu\text{A}$$

$$I_Z = I_R - I_B = 36.4\ \text{mA} - 226\ \mu\text{A} \approx 36\ \text{mA}$$

مثال ٢

للدائرة ادناه احسب قيمة فولتية الخرج وتيارات الدائرة ؟

اذا كانت القيم كالتالي



Vi=15v,Vz=10v ,Rs=33Ω ,R_L=100Ω ,

$V_L = Vz+V_{BE} = 10 + 0.7 = 10,7V$

$I_L = V_L / R_L = 10.7 / 100 = 0.107A$

$I_R = Vi - V_L / Rs = 15 - 10.7 / 33 = 0.103A$

$Ic = IS - I_L = 130 – 107 = 23mA$

الاسئلة البعدية

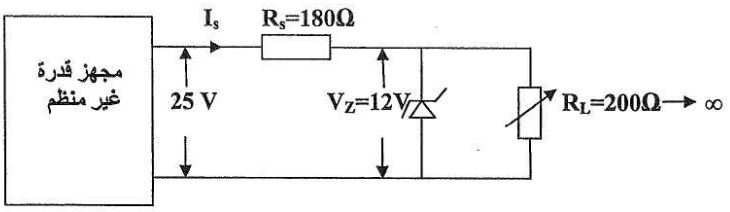
H.W:

1) لدائرة منظم فولتية التوازي اذا كانت فولتية الادخال تتغير بين (24- 28V)، فولتية ثنائي الزينر (12V)، قيمة المقاومة المحددة للتيار (200Ω)، ومقومة الحمل (1KΩ). ارسم الدائرة ثم احسب:

1. القيمة الصغرى والعظمى للتيار الكلي للدائرة.
2. القيمة الصغرى والعظمى للتيار المار في ثنائي زينر.
3. فولتية وتيار الحمل.

2) للدائرة الموضحة بالشكل التالي، اذكر أسم الدائرة ثم أحسب:

1. التيار الكلي.
2. القيمة الصغرى والعظمى لتيار الحمل.
3. القيمة الصغرى والعظمى للتيار المار في ثنائي زينر.



3) مجهز قدرة مستمر (D.C Power Supply) استخدم فيه موحد نصف موجي (Half-wave Rectifier) ومرشح نوع محث دخل خانق (Choke Input Filter)، فإذا كانت قيمة الجهد المستمر الخارج من الموحد تساوي (14V)، مقاومة المحث (50Ω)، ومقاومة الحمل (1KΩ)، أجب عن ما يلي:

1. أرسم الدائرة، ثم وضح مبدأ عملها بالتفصيل؟
2. احسب قيمة جهد الخرج المستمر، وجهد الذروة العكسية؟

4) لدائرة منظم فولتية التوالي(Series Voltage Regulator)، إذا كانت مقومة الحمل (200Ω)، فولتية ثنائي زينر (7V)، وقيمة المقومة المحددة للتيار تساوي (50Ω)، أجب عن ما يلي:

1. ارسم الدائرة، ثم صف مبدأ عملها بالتفصيل موضحاً كيفية ثبات قيمة فولتية الخرج بتغير فولتية الدخل أو الحمل؟
2. احسب فولتية الخرج وتيار الحمل إذا علمت إن (V_{BE}=0.7V)؟

الوحدة النمطية للاسبوع السادس

الثايرستور

الاختبار القبلي

س1: هل لديك فكرة عن الثايرستور؟ وما اهميته؟

س2: ما هي خصائص الثايرستور؟ وما هو مبدأ عمله؟

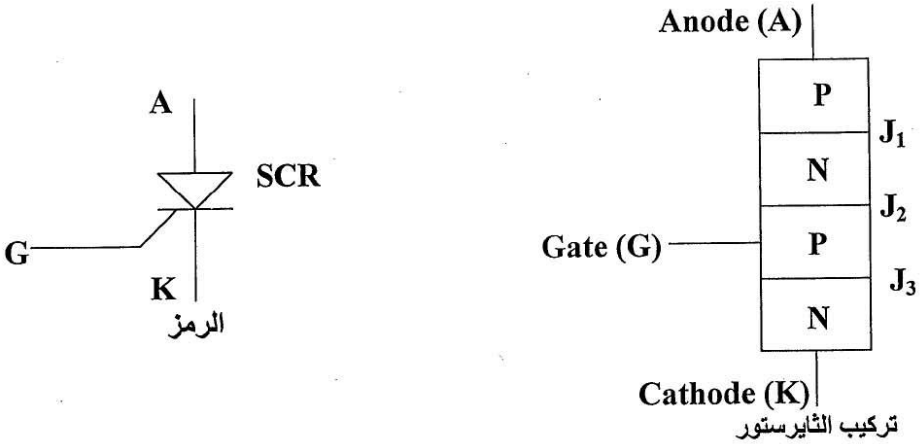
Chapter Three

Thyristor (SCR)

3.1 Thyristor (SCR- Silicon Controlled Rectifier):

الثايرستور (موحد التحكم السليكوني):

الثايرستور هو عبارة عن وسيلة الكترونية تصنع من أشباه الموصلات بأربعة طبقات (P-N-P-N) بثلاثة وصلات (Junctions) (J_1, J_2, J_3) وله ثلاثة أقطاب (المصعد (Anode), المهبط (Cathode), والبوابة (Gate)) وله صفة الاقلاب (الفتح والغلق). من أهم تطبيقاته خافتات الضوء, السيطرة على السرعة الدورانية للمحركات, المحولات، المنظمات, الموحدات, المفاتيح, مجهزات القدرة الكهربائية, والعاكسات. يتراوح مدى تحملها من بضع ملي امبيرات إلى 5 كيلو أمبير وفولتيات تفوق 10 كيلو فولت. الشكل (3.1) يوضح رمز وتركيب الثايرستور.

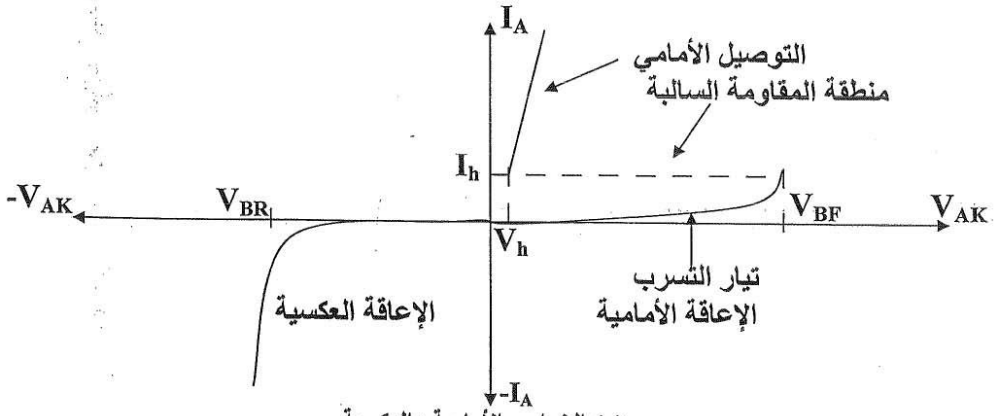


الشكل (3.1).

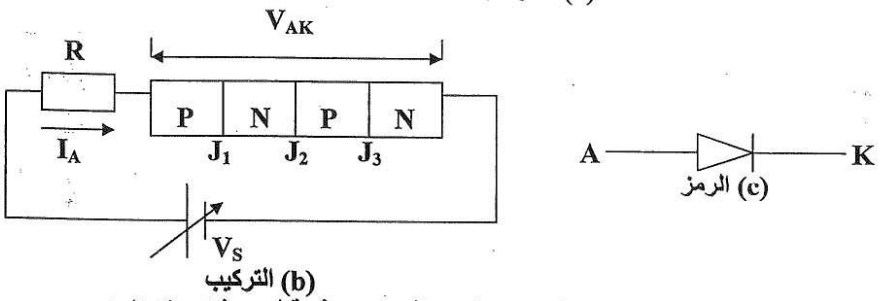
3.1.1 Thyristor Characteristic and Principle of Operation:

مبدأ العمل وخصائص الثايرستور:

لنناقش ثايرستور بطرفين مصعد ومهبط (ثنائي شوكلي) لفهم كيفية تحويل الثايرستور من حالة الإطفاء إلى حالة الاشتغال. عند تسليط فولتية (V_S) كما في الشكل (3.2)، تصبح كل من الوصلتين (J_1وJ_3) في الانحياز الأمامي أما الوصلة (J_2) فتنحاز عكسياً ويبدي الثايرستور إعاقة أمامية عالية جداً لمرور التيار. أما إذا زيدت الفولتية الأمامية (V_{AK}) تدريجياً فأن تياراً صغيراً جداً سيمر خلال الثايرستور (يدعى تيار التسرب (Leakage Current). وإذا وصلت الفولتية إلى مقدار يصعب على الوصلة تحملها، ستنهار هذه الوصلة ويرتفع التيار الأمامي (I_A) بشكل حاد ومفاجئ إلى قيمة عالية يحدد بالمقاومة الخارجية (R) ويتحول الثايرستور من الإطفاء إلى التوصيل. وتدعى الفولتية التي تجبر الثايرستور على التوصيل بفولتية الاجتياز الأمامي (V_{BF}- Forward- Break- Over Voltage) ويبين الشكل (3.2b) منحني الخواص الأمامية.



(a) الخواص الأمامية والعكسية.

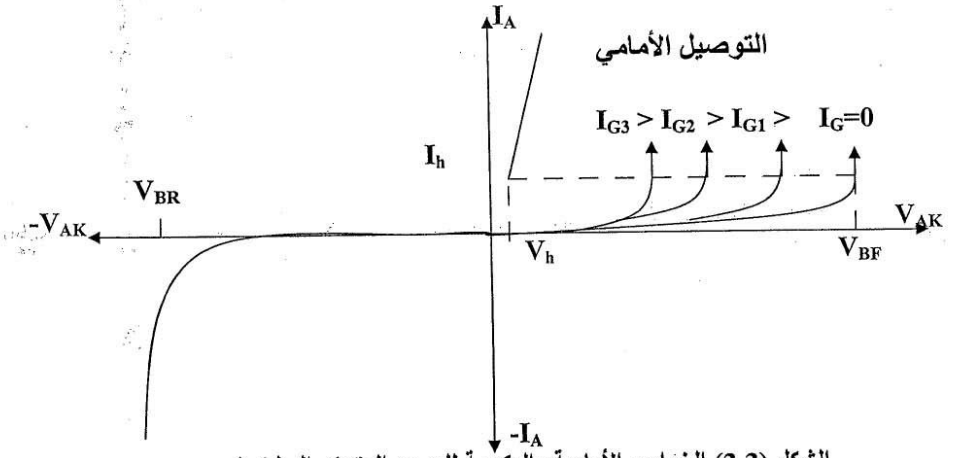


(b) التركيب (c) الرمز

الشكل (3.2) الخصائص، التركيب والرمز لثايرستور ذو قطبين (ثنائي شوكلي).

حيث (V_{BF}): تمثل فولتية الاجتياز الأمامي.
(V_{BR}): تمثل فولتية الانهيار العكسي.
(I_h): تمثل تيار الإمساك.
(V_h): فولتية الإمساك.
(V_{AK}): الفولتية الأمامية بين المصعد والمهبط.

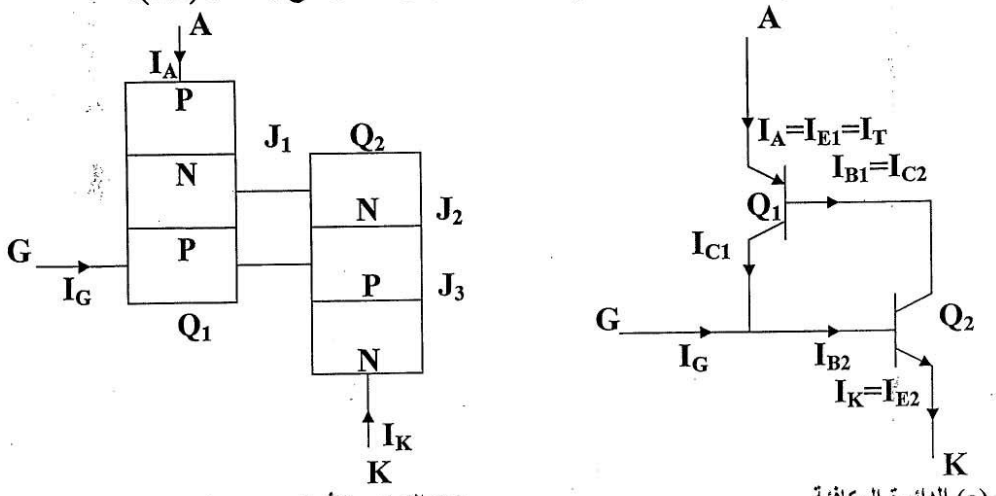
الآن يتم دراسة مبدأ عمل الثايرستور الثلاثية الأقطاب (SCR) الموضحة بالشكل (3.1) حيث تقتصر وظيفة البوابة (Gate) لتحقيق الاقلاب في الثايرستور دون الحاجة إلى تسليط فولتية بمقدار فولتية الاجتياز الأمامي (V_{BF}). حيث تسهم البوابة بحقن كمية مناسبة من التيار إلى الثايرستور لجعل (J_2) في انحياز إمامي. وكلما كانت هذه الكمية من التيار أكثر كلما تحقق الاقلاب بفولتية أمامية اقل. ويعرض الشكل (3.3) منحنيات الانحياز الأمامي والعكسي للثايرستور.



الشكل (3.3) الخواص الأمامية والعكسية للموحد المتحكم السليكوني.

3.1.2 Thyristor Equivalent Circuit (Two Transistor Model):
الدائرة المكافئة للثايرستور (ممثلة بترانزستورين):

من أجل فهم عمل الثايرستور في الانحياز الأمامي، يمكن تصوره بأنه مركب من ترانزستورين هما (P-N-P و N-P-N) يربطان داخلياً وكما موضح بالشكل (3.4).



(b) التركيب الأساسي. (a) الدائرة المكافئة.

الشكل (3.4).

إن التيار الكلي (تيار المصعد) الذي يسري في الدائرة الخارجية يجب أن يساوي التيار خلال الوصلة (J_2) وعليه فان

$$I_{J2} = I_A$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CO}$$ (General Rule) (قانون عام).

$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \Rightarrow$ (Common- base current gain) (كسب التيار).

$I_{CO} \Rightarrow$ (Leakage current of the collector- base junction) (تيار التسرب).

$I_{C1} = \alpha_1 I_A + I_{CO1} \qquad I_A = I_{E1}$

$I_{C2} = \alpha_2 I_K + I_{CO2} \qquad I_K = I_{E2}$

$I_A = I_{E1} = I_{C1} + I_{C2} \qquad I_{C2} = I_{B1}$

$I_A = \alpha_1 I_A + I_{CO1} + \alpha_2 I_K + I_{CO2} \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$

$I_K = I_{C2} + I_{B2}$ **But** $I_{B2} = I_{C1} + I_G$

$I_K = I_{C2} + I_{C1} + I_G$ **But** $I_{C1} + I_{C2} = I_A$

$I_K = I_A + I_G$ **Sub. In (1)**

$I_A = \alpha_1 I_A + I_{CO1} + \alpha_2 (I_A + I_G) + I_{CO2}$

$I_A = \alpha_1 I_A + I_{CO1} + \alpha_2 I_A + \alpha_2 I_G + I_{CO2}$

$I_A - \alpha_1 I_A _ \alpha_2 I_A = I_{CO1} + I_{CO2} + \alpha_2 I_G$

$I_A (1 - \alpha_1 - \alpha_2) = I_{CO1} + I_{CO2} + \alpha_2 I_G$

$\therefore I_A = \frac{I_{CO1} + I_{CO2} + \alpha_2 I_G}{(1 - \alpha_1 - \alpha_2)}$

ويتبين من المعدلة أعلاه إن تيار البوابة يقود الثايرستور إلى الاجتياز الأمامي عند فولتيات أوطأ من قيمت الانحياز الأمامية (V_{BF}).

3.1.3 Thyristor Turn- ON (Conduction): توصيل الثايرستور:

لكي يبدأ الثايرستور بالتوصيل، يجب أن يكون المصعد ذي فولتية موجبة نسبة إلى المهبط وفي هذه الحالة يمكن تحويله إلى التوصيل بإحدى التقنيات التالية:

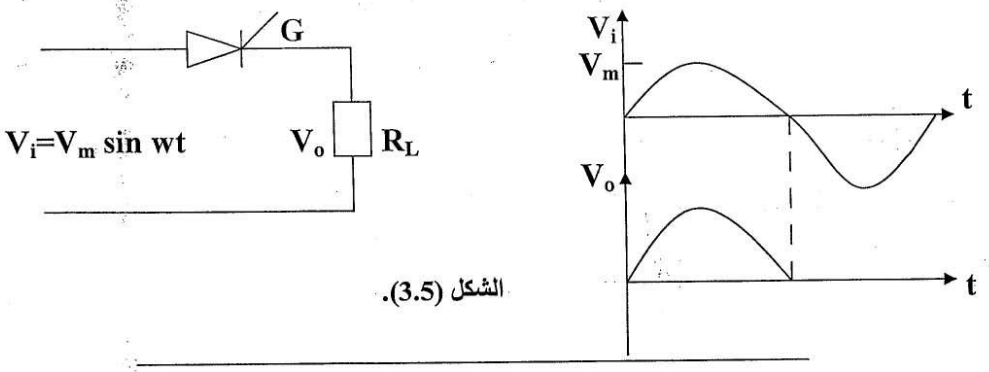
1. التوصيل بالحرارة.
2. التوصيل بالضوء
3. التوصيل بالفولتية العالية (اجتياز الفولتية الأمامية (V_{BF})).
4. التغيير الآني لفولتية المصدر (dV/dt).
5. قدح البوابة (حقن التيار إلى الثايرستور عن طريق البوابة).

3.1.4 Thyristor Commutation Methods: طرق إخماد الثايرستور:

لأجل إعادة الثايرستور إلى التعويق الأمامي (الإخماد) يتم تقليل تيار المصعد إلى قيمة اقل من (I_h) أو تسليط فولتية عكسية عبر الثايرستور. وتخمد الثايرستور بالطرق التالية:

1. الإخماد الطبيعي (Natural Commutation):

عندما تربط الثايرستور مع أحمال تتغذى من مصادر التيار المتناوب فيسمح المصعد بمرور الإشارة حالما تصبح الفولتية موجبة وتتوفر نبضة قدح مناسبة على البوابة، وخلال النصف الثاني للفولتية الداخلة تصبح فولتية المصعد سالبة مما يمنع مرور الإشارة، وهكذا يخمد الثايرستور طبيعياً (الشكل(3.5)).



الشكل (3.5).

2. الإخماد الجبري (Forced Commutation):

إن الثايرستور الذي يعمل مع مصادر التيار المستمر لا تعود إلى الإخماد بعد توصيلها. وعليه يجب أن يكون الإخماد مصطنعاً. إن ابسط وسيلة لإعادة الثايرستور للإعاقة الأمامية تكون بربط متسعة مشحونة بقطبية معاكسة على التوازي مع الثايرستور مما توفر فولتية انحياز عكسية تقود إلى الإخماد. أو باستخدام نبضة خارجية.

مثال:

ما هي الشروط التي تجعل الموحد المتحكم السليكوني (SCR) في حالة (ON)؟

الجواب:

1. زيادة تيار المصعد (I_A) ويجب أن يكون تيار المصعد موجباً بالنسبة إلى تيار المهبط (I_K).
2. بتسليط فولتية موجبة على البوابة.

مثال:

ما هي الشروط التي تجعل الموحد المتحكم السليكوني (SCR) في حالة (OFF)؟

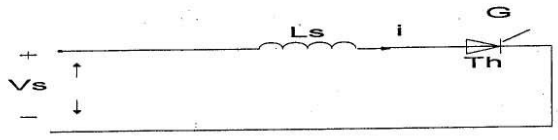
الجواب:

1. بتسليط تيار عكسي من المهبط إلى المصعد.
2. جعل تيار المصعد يساوي صفراً.

3.1.5 Protection of Thyristor:

حماية الثايرستور:

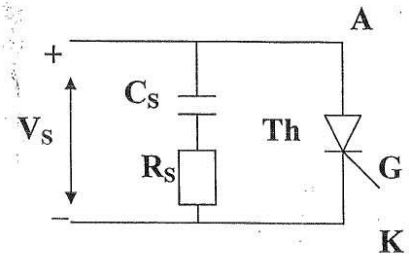
1. الحماية من التيارات الزائدة (di/dt)



الشكل (3.6).

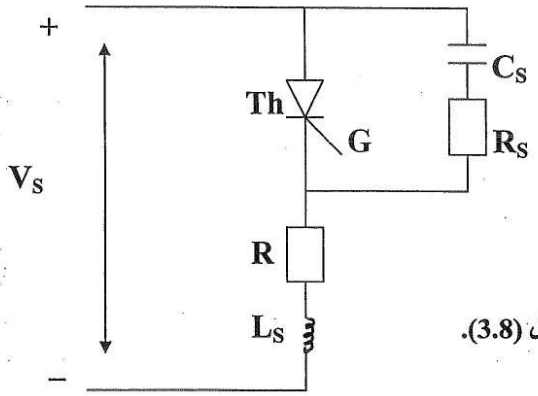
$$\frac{di}{dt} = \frac{V_S}{L_S}$$

2. الحماية من الفولتيات الزائدة (dv/dt).



الشكل (3.7).

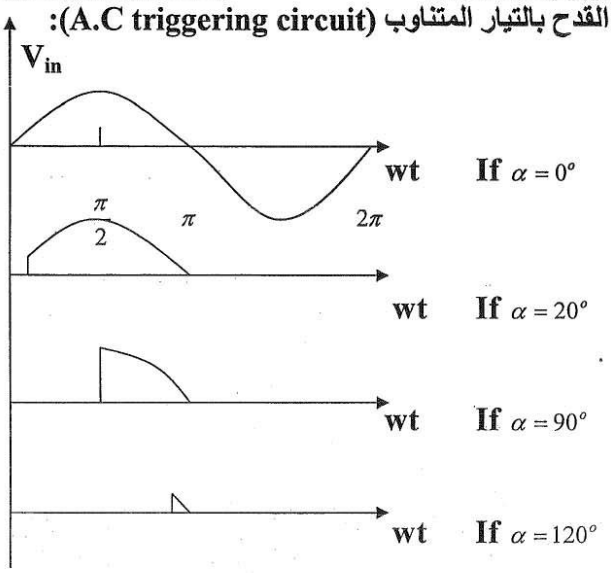
3. الحماية من التيارات والفولتيات الزائدة (dv/dt و di/dt).



الشكل (3.8).

3.1.6 Thyristor Triggering Circuit: دوائر قدح الثايرستور:

1. دائرة القدح بالتيار المتناوب (A.C triggering circuit):

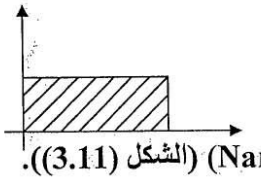


الشكل (3.9).

حيث (α) تمثل زاوية القدح.

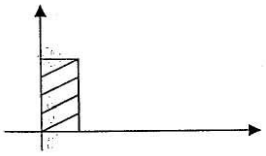
2. دائرة القدح بالتيار المستمر (D.C triggering circuit):

(أ) القدح بإشارة نبضية واسعة (Wide pulse triggering) (الشكل (3.10)).



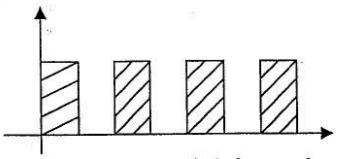
الشكل(3.10).

(ب) القدح بإشارة نبضية ضيقة (Narrow pulse triggering) (الشكل (3.11)).



الشكل (3.11).

(ج) القدح بإشارة نبضية ضيقة ومتكررة (Repeated narrow pulse triggering) (الشكل (3.12)).



الشكل (3.12).

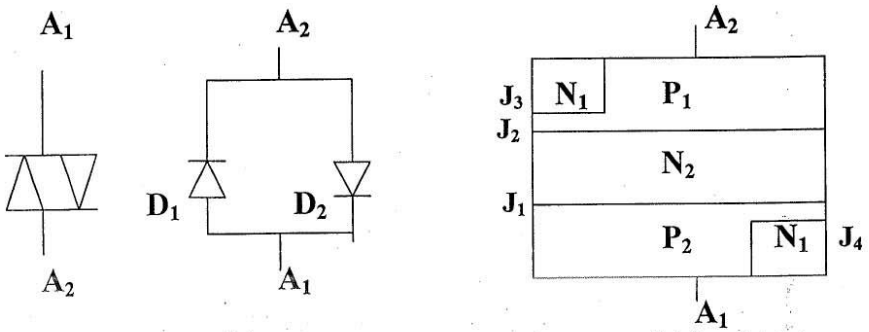
3. القدح بواسطة النبضة على البوابة (Triggering by gate pulse).

3.2 Bidirectional Thyristor: ثايرستورات ثنائية الاتجاه:

هنالك ثايرستورات لها صفة الاقلاب (Switching) في الاتجاهين أي عندما تكون فولتية المصعد موجبة أو سالبة. وبذلك تفيد في تطبيقات التيار المتناوب. وهذه الثايرستورات هي الدياك (DIAC) والترياك (TRIAC).

3.2.1 DIAC: الدياك:

يتركب الدياك من زوج من ثنائي رباعي الطبقات (ثنائي شوكلي) (P-N-P-N) على التوازي المعاكس ويدعى الدياك بمفتاح ثنائي الاتجاه الشكل (3.13).



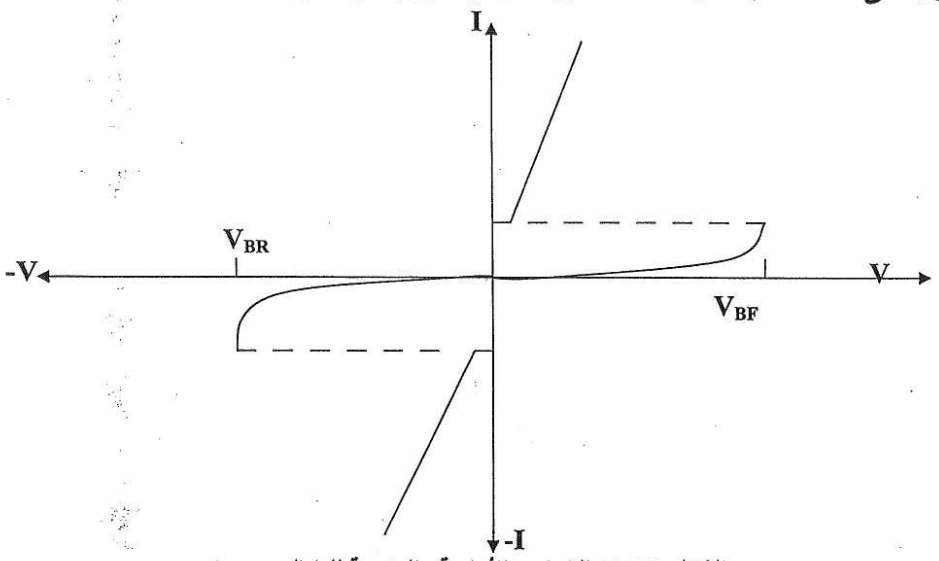
(c) الرمز. (b) الدائرة المكافئة. (a) تركيب الدياك.

الشكل (3.13) الدياك.

3.2.1.1 The DIAC Characteristic and Principle of Operation:

مبدأ العمل وخصائص الدایاك:

عند تسليط فولتية موجبة على الطرف (A_1) تكون الوصلة (J_4) في انحياز عكسي وتصبح الطبقات هي ($P_2N_2P_1N_1$) بمثابة ثايرستور رباعي الطبقات ويخضع عمله لقيمة فولتية الاجتياز الأمامية الموضحة بالشكل (3.2a) وتولد الجزء الأمامي لمنحني العلاقة بين التيار والفولتية المبين في الشكل (3.14). أما إذا أصبحت الفولتية على (A_1) سالبة فالطبقات ($P_1N_2P_2N_1$) تشكل ثايرستوراً عكسياً، وتصبح الوصلة (J_3) في انحياز عكسي. ويتبع ذلك سريان التيار بالاتجاه المعاكس مولداً الجزء العكسي من منحنيات الدایاك. وهكذا فالتركيب المتماثل للدایاك يؤدي إلى الحصول على أداء متشابه سواءاً كانت قطبية الفولتية موجبة أو سالبة.

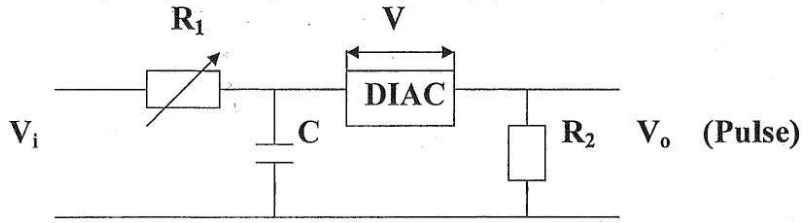


الشكل (3.14) الخواص الأمامية والعكسية للدایاك.

3.2.1.2 DIAC Application:

تطبيقات الدایاك:

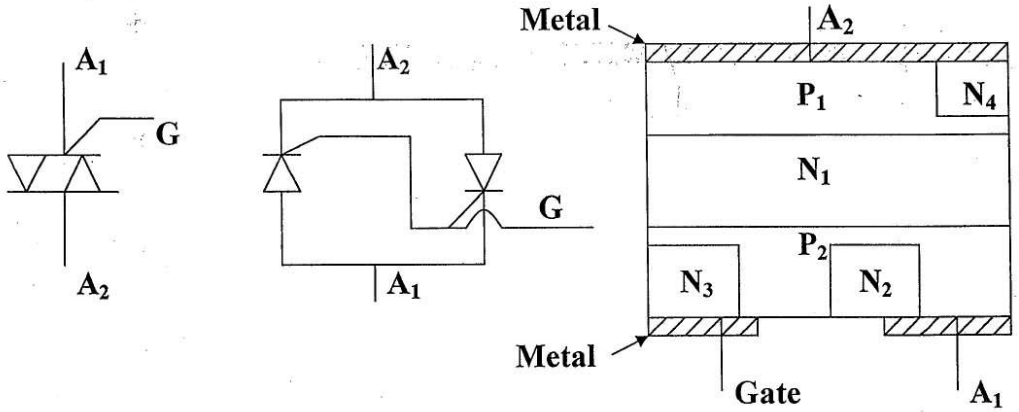
يستعمل الدایاك مع مكونات غير فعالة (مقاومات ومتسعات) لتوليد نبضات قدح تصلح للترایاك والموحد المتحكم السليكوني (SCR) وكما موضح بالشكل (3.15).



الشكل (3.15).

3.3 TRIAC: التراياك:

يتركب التراياك من زوج من الموحدات السليكونية المتحكمة على التوازي المعاكس وقد ربطت البوابتان داخلياً ويخرج طرف توصيل مفرد ليمثل البوابة (Gate). وهكذا يطلق عليه أسم مفتاح ثلاثي الأقطاب ثنائي الاتجاه. والشكل (3.16) يعطي بعض التفاصيل التركيبية والتشغيلية للتراياك.



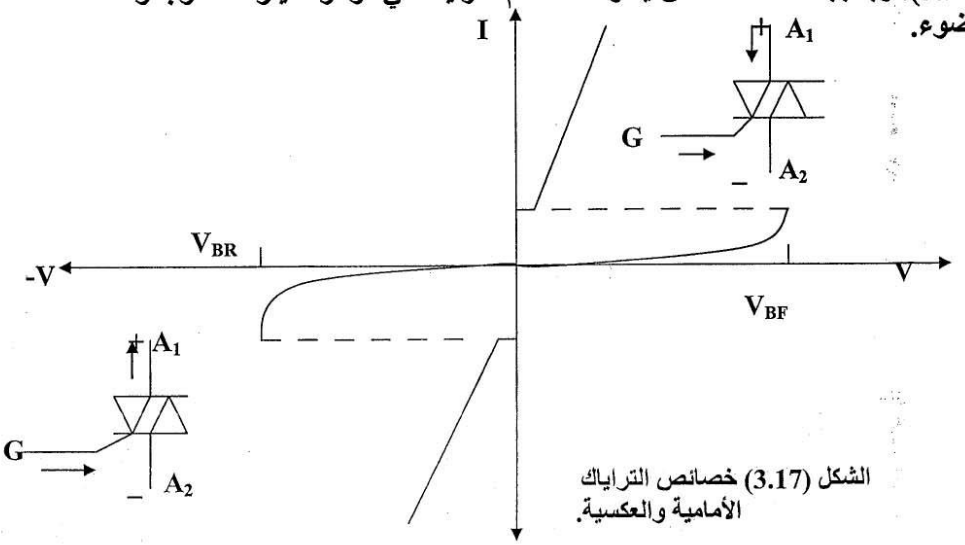
(a) تركيب التراياك. (b) الدائرة المكافئة. (c) الرمز.

الشكل (3.16) التراياك.

3.3.1 The TRIAC Characteristic and Principle of Operation:

مبدأ العمل وخصائص التراياك :

تقدح بوابة التراياك بنبضة موجبة أو سالبة توفر من مصدر خارجي. وتطبق نظرية العمل للشكل (3.3) على التراياك في الربعين الأول والثالث مما تولد الخصائص المبينة في الشكل (3.17). وبسبب هذه الخصائص يسود استخدام التراياك في دوائر التيار المتناوب وخاصة معتمات الضوء.



الشكل (3.17) خصائص التراياك الأمامية والعكسية.

3.3.2TRIAC Triggering Method: طرق قدح الترایاك:

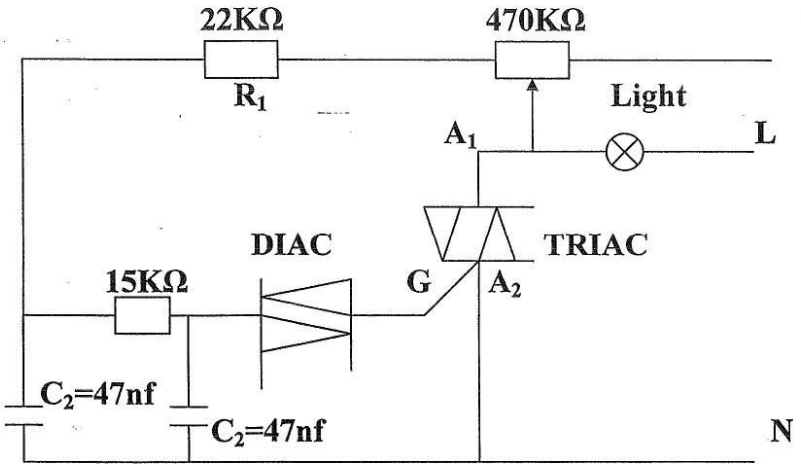
1. دائرة القدح بالتيار المتناوب. 3. دائرة القدح بالنبضات المتناوبة.
2. دائرة القدح بالتيار المستمر.

3.4 Application Circuit on TRIAC and DIAC:

دائرة تطبيقية للدایاك والترایاك:

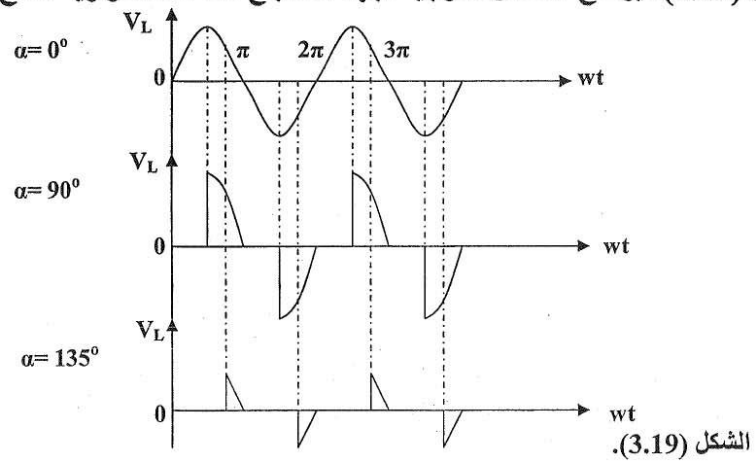
Light Dimmer: خافتات الضوء:

إن من أهم تطبيقات الترياك هو التحكم بشدة إضاءة مصباح تحت عنوان معتم الضوء (Dimmer Light) الموضحة بالشكل (3.18) حيث يوفر الدایاك نبضة قدح حالما يصل جهد المتسعة C_2 إلى قيمة جهد الدایاك (V_{BF}). إن باستخدام هذه الدائرة يمكن الحصول على بصيص من الإضاءة أو اقل من ذلك.



الشكل (3.18) دائرة معتم الضوء.

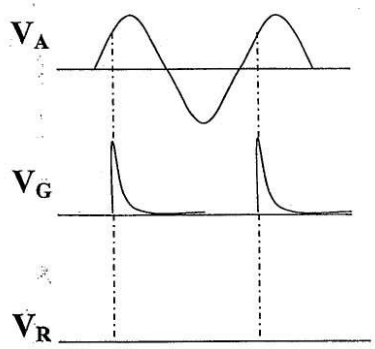
أما الشكل (3.19) فيوضح الأشكال الموجية لجهد المصباح كلما تقدمت زاوية القدح.

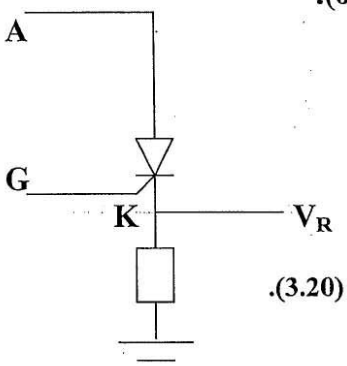


الشكل (3.19).

الاختبار البعدي

H.W: ارسم الفولتية (V_R) للدائرة الموضحة بالشكل (3.20)، اذا علمت ان زاوية القدح ($\alpha=45^o$).





الشكل (3.20).

الوحدة النمطية للاسبوع السابع والثامن

التغذية الخلفية وانواعها ودوائر المذبذبات وانواعها

الاختبار القبلي

س1: ما هي المذبذبات ، وما انواعها؟

س2: ما هي شروط حصول التذبذب؟

التغذية العكسية في المكبرات

هي عملية اخذ عينة من إشارة الخرج عن طريق دائرة التغذية العكسية وإعادة مزجها مع إشارة الدخل للسيطرة على عمل المكبر.

يوجد نوعان من التغذية العكسية وهما :

١. التغذية العكسية الموجبة (positive feed back).

إشارة التغذية العكسية تكون بنفس طور إشارة الدخل مما يسبب زيادة إشارة الخرج وتؤثر على استقرار عمل المكبر .تستخدم في دوائر توليد الموجات

$$V I = Vs + Vf$$

٢.التغذية العكسية السالبة.(Negative feed back)

إشارة التغذية العكسية يكون طورها عكس طور إشارة الدخل مما تسبب تقليل إشارة الخرج واستقرار عمل المكبر.

$$Vi = V s - Vf$$

أسباب استخدام التغذية العكسية

١.تغير درجات الحرارة يؤثر على خصائص المكبر

٢.تقادم عمر الأجهزة

٣.تبديل بعض عناصر الدائرة عند تلفها

٤.تغيرات الجهد

فوائد التغذية العكسية السالبة

١.استقرار الكسب

٢.تقليل التشويه غير الخطي

٣.زيادة عرض الحزمة للمكبر

٤.تعديل قيم ممانعات الخرج والدخل

مساوئ التغذية العكسية السالبة:

تقليل الكسب ويمكن تعويضة بزيادة عدد مراحل التكبير

اشتقاق معادلة التكبير

$V_o = A * V_i$ 1

$V_i = V_s - V_f$ 2

Vf-feedback voltage

$V_f = \beta V_o$ 3

Substitution 3 in 2

$V_i = V_s - \beta V_o$

Substitution in 1

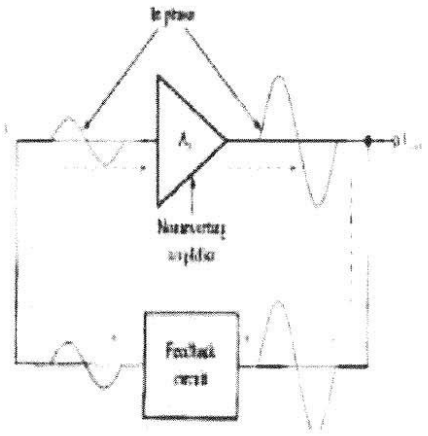
$V_o + \beta A V_o = A V_s$

$V_o (1 + \beta A) = A V_s$

$$A_{CL} = \frac{Vo}{Vs} = \frac{A}{1+\beta A}$$

FOR N.F.B

$$A_{CL} = \frac{A}{1-\beta A}$$ FOR P.F



طرق ربط التغذية العكسية السالبة وتاثيرها على الممانعات

توجد أربعة طرق لربط التغذية العكسية السالبة وهي :

١. فولتية –توالي .
٢. فولتية- توازي .
٣. تيار – توالي .
٤. تيار - توازي .

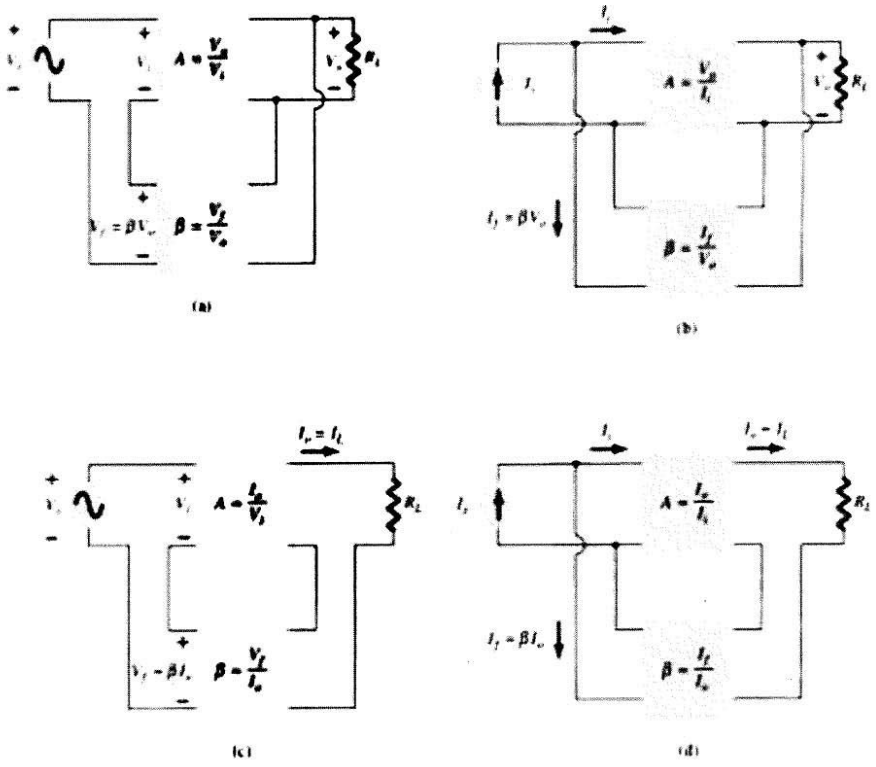


Figure 18.2 Feedback amplifier types: (a) voltage-series feedback, $A_f = V_o/V_i$; (b) voltage-shunt feedback, $A_f = V_o/I_i$; (c) current-series feedback, $A_f = I_o/V_i$; (d) current-shunt feedback, $A_f = I_o/I_i$.

TABLE 18.2 Effect of Feedback Connection on Input and Output Impedance

Voltage-Series	Current-Series	Voltage-Shunt	Current-Shunt
Z_{if} $Z_i(1+\beta A)$ (increased)	$Z_i(1+\beta A)$ (increased)	$\frac{Z_i}{1+\beta A}$ (decreased)	$\frac{Z_i}{1+\beta A}$ (decreased)
Z_{of} $\frac{Z_o}{1+\beta A}$ (decreased)	$Z_o(1+\beta A)$ (increased)	$\frac{Z_o}{1+\beta A}$ (decreased)	$Z_o(1+\beta A)$ (increased)

EXAMPLE 18.1

Determine the voltage gain, input, and output impedance with feedback for voltage series feedback having $A = -100$, $R_i = 10\ \text{k}\Omega$, $R_o = 20\ \text{k}\Omega$ for feedback of (a) $\beta = -0.1$ and (b) $\beta = -0.5$.

Solution

Using Eqs. (18.2), (18.4), and (18.6), we obtain

(a) $$A_f = \frac{A}{1+\beta A} = \frac{-100}{1+(-0.1)(-100)} = \frac{-100}{11} = -9.09$$

$$Z_{if} = Z_i(1+\beta A) = 10\ \text{k}\Omega\ (11) = \mathbf{110\ k\Omega}$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{1+\beta A} = \frac{20\times 10^3}{11} = \mathbf{1.82\ k\Omega}$$

(b) $$A_f = \frac{A}{1+\beta A} = \frac{-100}{1+(0.5)(100)} = \frac{-100}{51} = -1.96$$

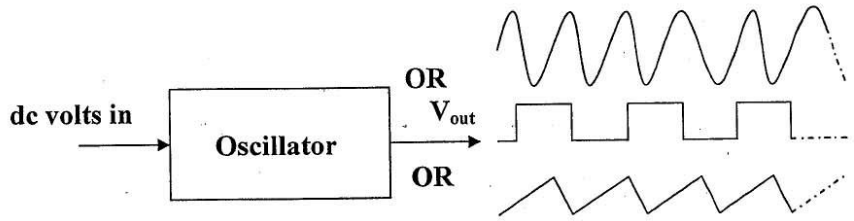
$$Z_{if} = Z_i(1+\beta A) = 10\ \text{k}\Omega\ (51) = \mathbf{510\ k\Omega}$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{1+\beta A} = \frac{20\times 10^3}{51} = \mathbf{392.16\ \Omega}$$

Chapter Four
Oscillators

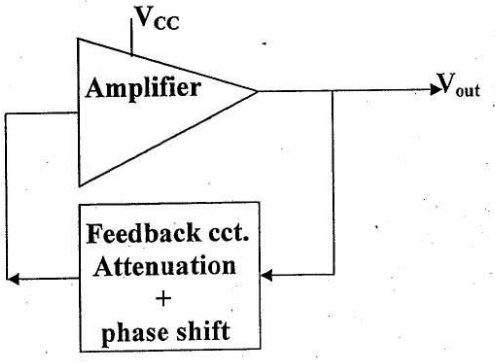
4.1 Oscillators: المذبذبات:

المذبذبات (*Oscillators*) هي دوائر الكترونية تعمل على توليد إشارات متناوبة بدون إشارة دخل (بوجود V_{CC} فقط كإشارة دخل) حيث انه دائرة المذبذب لا تحتاج إلى إشارة متناوبة كإدخال، وان إشارة الخرج ممكن أن تكون (Sinusoidal) أو (Nonsinusoidal) وحسب نوع المذبذب المستخدم وكما واضح بالشكل (4.1).



الشكل (4.1) مخطط توضيحي لدائرة المذبذب يظهر ثلاثة أنواع ممكنة لموجات الخرج.

إن دائرة المذبذب الأساسية تتركب من دائرة المكبر للحصول على التكبير أو الكسب بالفولتية (*Voltage Gain (A)*) ودائرة التغذية الخلفية الموجبة التي تعمل على توفير التوهين (*Attenuation (B)*) وفرق الطور وكما واضح بالشكل (4.2) حيث إن جزء من الإخراج يعاد إلى إدخال المكبر للحصول على إشارة متناوبة (Repetitive Waveform) بالخرج.

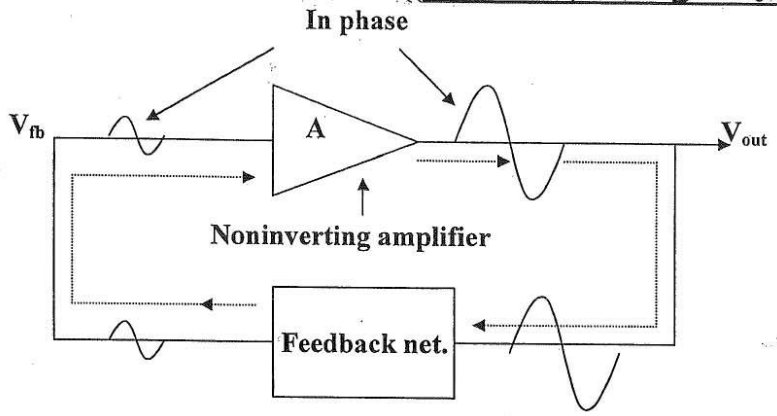


الشكل (4.2) العناصر الأساسية لدائرة المذبذب.

إن دوائر المذبذبات لها تطبيقات واسعة في معظم أنظمة الاتصالات الرقمية والغير رقمية لتوليد الترددات المطلوبة والإشارات الوقتية.

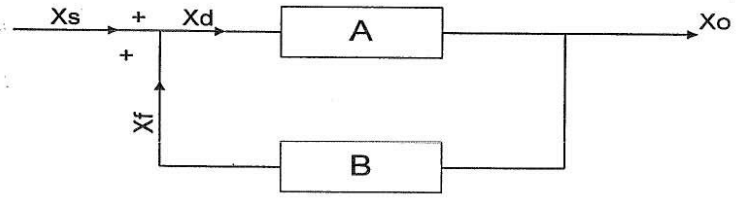
4.1.1 Positive Feedback: التغذية الخلفية الموجبة:

نحصل على التغذية الخلفية الموجبة عندما يتم إضافة جزء من فولتية الخرج للمكبر إلى إدخاله بدون فرق بالطور، وكما واضح بالشكل (4.3)، وكما واضح من الشكل أيضا إن الفولتية الراجعة تكبر للحصول على فولتية الخرج وبتكرار العملية تعمل الإشارة على بناء نفسها بنفسها وبالتالي يتم الحصول على إشارة متناوبة ومستمرة (Continuous sine wave) في الخرج (هذه الظاهرة تسمى التذبذب (Oscillation)).



الشكل (4.3) التغذية الخلفية الموجبة تولد تذبذب.

ولأثبات ان التغذية الخلفية الموجبة تستخدم في الدوائر لتوليد التذبذب نناقش الدائرة الموضحة بالشكل (4.4).



الشكل (4.4).

A ⇒ Amplifier.	دائرة المكبر
B ⇒ Feed Back Network.	عامل التوهين
BA ⇒ Loop Gain.	كسب الدائرة المغلقة
X_S ⇒ External Source Signal.	مصدر إشارة خارجي
X_f ⇒ Feed Back Signal.	الإشارة الراجعة
X_o ⇒ Output Signal.	الإشارة الخارجة

$X_o = AX_d$.....(1)

$X_d = X_s + X_f$.....(2) (+ve Feed Back- التغذية الخلفية الموجبة)

Sub. (2) In (1)

$X_o = A(X_s + X_f)$

$\because X_f = BX_o$

$X_o = A(X_s + BX_o) \Rightarrow X_o = AX_s + BAX_o$

$X_o - BAX_o = AX_s \Rightarrow X_o(1 - BA) = AX_s \quad \div X_s$

$\frac{X_o}{X_s}(1 - BA) = A \Rightarrow \frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 - BA} = A_F$ ..... (3) ($A_F \Rightarrow$ الكسب الكلي للدائرة)

$BA = 1$ (Oscillator condition) من شروط عمل المذبذب

$A_F = \frac{X_o}{X_s} = \frac{1}{1-1} = \frac{1}{zero} = \infty \quad \Rightarrow \quad \therefore X_s = zero$ (I/P=zero).

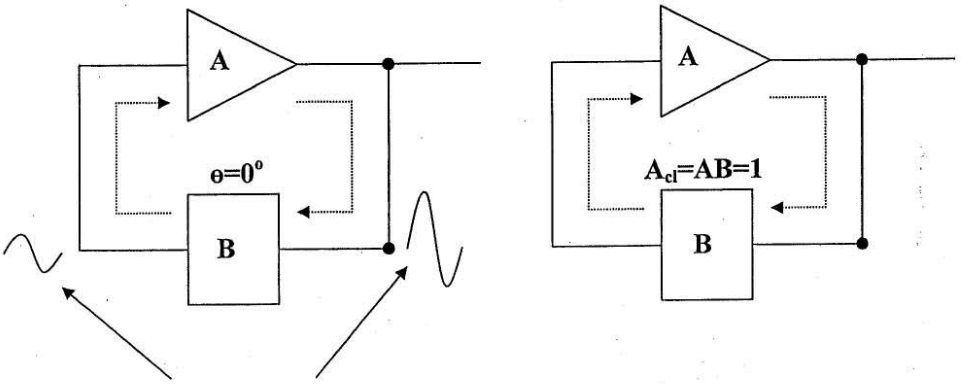
من دراسة المعادلة (3). نستنتج إن التغذية الخلفية الموجبة تستخدم في الدوائر لتوليد التذبذب (Oscillation) حيث ان الاخراج يكون ما لا نهاية والادخال صفر.

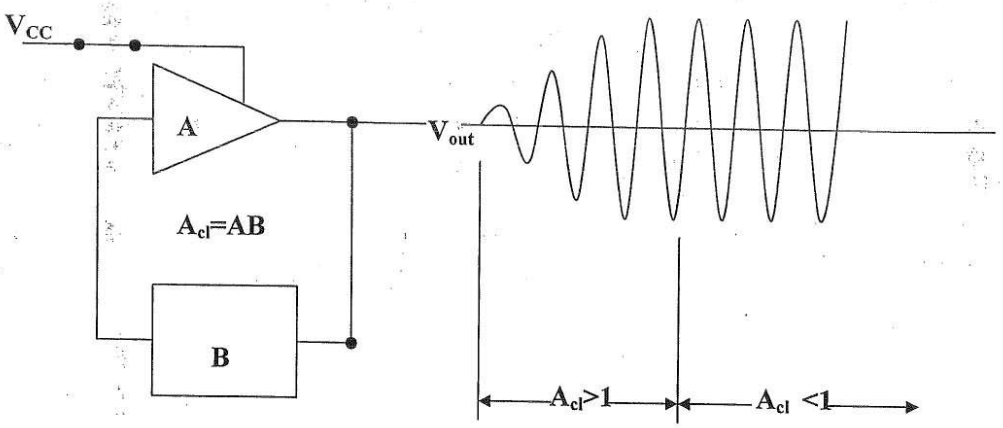
4.1.2 Oscillation Conditions: شروط حصول التذبذب:

- *يمكن للمكبر أن يولد إشارة إذا تحققت الشروط التالية:*

1. إذا احتوت دائرة المذبذب على التغذية الخلفية الموجبة.
2. كسب الدائرة (A_{cl}= AB) (Voltage gain around the closed feedback loop) يجب أن يكون اكبر من واحد عند بدء التشغيل.
3. وجود إشارة بدء صغيرة.
4. عند بلوغ الإشارة للمستوى المطلوب يجب أن تقل قيمة (AB) إلى أن تصبح مساوية للواحد ذاتياً.
5. فرق الطور يجب أن يكون (0°).

- *من الممكن مناقشة الشرطين (2&5) من خلال الأشكال (4.5a) و (4.5b).*





(c)

الشكل (4.5) شروط التذبذب.

من الشكل (4.5) نستطيع أن نتفحص متطلبات عملية التذبذب للبدء عندما يتم ربط مصدر الـ (V_{CC}) إلى الدائرة (الشكل (4.5c)). في البدء لكي يبدأ التذبذب، الكسب بالفولتية حول التغذية الخلفية الموجبة والمكبر يجب أن يكون اكبر من 1، بهذا تستطيع الإشارة أن تبني نفسها بنفسها إلى أن نحصل على الاتساع (Amplitude) المطلوب في الخرج. الكسب يجب أن يقل ذاتياً إلى أن يصبح مساوياً للواحد (أي إن الخرج سوف يستقر عند المستوى المطلوب). إن الشرطين (3&4) من الممكن مناقشتها من خلال الشكل (4.5c).

4.2 Oscillators Circuits: دوائر المذبذبات:

إن دوائر المذبذبات يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين وهما:

1. دوائر تنتج موجات متناوبة جيبيه (Sinusoidal).
2. دوائر تنتج موجات متناوبة غير جيبيه (Nonsinusoidal).

4.2.1 Sinusoidal Oscillators: المذبذبات ذو الخرج ألجيبي:

4.2.1.1 Oscillators with RC Feedback Circuits:
المذبذبات المستخدمة للمقاومات والمتسعات في دوائر التغذية الخلفية:

في هذه المذبذبات هنالك ثلاثة أنواع من الدوائر الالكترونية تستطيع أن تولد إشارات متناوبة من نوع (sinusoidal) وهي:
(Wine- bridge, T- Twin Oscillator, Phase shift Oscillators). عموماً هذه الأنواع من المذبذبات تستخدم لتوليد ترددات بحدود (1MHz).

4.2.1.1.2 Phase -Shift Oscillator: مذبذبات إزاحة الطور:

يستخدم في هذا النوع من دوائر المذبذبات مكبر ذي مرحلة واحدة (بصيغة الباعث- المشترك في حالة (Transistor- RC Oscillator)) ويكون بذلك الكسب سالب، أي إن هنالك فرق بالطور بين الإدخال والإخراج مقداره (180°). وحتى نحصل على التذبذب يجب أن يكون معامل التوهين للتغذية الخلفية (B) سالب أيضاً، أي أن يكون هنالك فرق بالطور بين إدخال وإخراج دائرة التغذية الخلفية بمقدار (180°) أيضاً، حتى يتحقق الشرط الأول للتذبذب (تغذية خلفية موجبة). ولكي نحصل على إزاحة الطور المطلوبة يمكن استخدام دوائر التقدم- التخلف.
تستعمل دائرة مذبذب إزاحة الطور المبينة بالشكل (4.8) و (4.9) ثلاث دوائر تقدم تستخدم فيها المقاومات والمتسعات (*إن كل RC توفر فرق بالطور مقداره (60°)*). وبالتالي تقوم هذه الدوائر بأحداث إزاحة بالطور مقدارها (180°).

1.2.1.1.2.1 Op-Amp RC Oscillator

مذبذب إزاحة الطور باستخدام مكبر العمليات:

يبين الشكل (4.8) دائرة مذبذب إزاحة الطور باستخدام مكبر العمليات.
إن تردد التذبذب (Oscillation Frequency) لهذا النوع من المذبذبات هو:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$ (Oscillation frequency) تردد التذبذب.

$$B = \frac{1}{1-\frac{5}{w^2C^2R^2}} \text{ , but } \left[w_o = \frac{1}{RC\sqrt{6}}\right]$$

$$\therefore B = \frac{1}{1-\frac{5}{\left(\frac{1}{6R^2C^2}\right)\times C^2R^2}} = \frac{1}{1-30} = -\frac{1}{29}$$

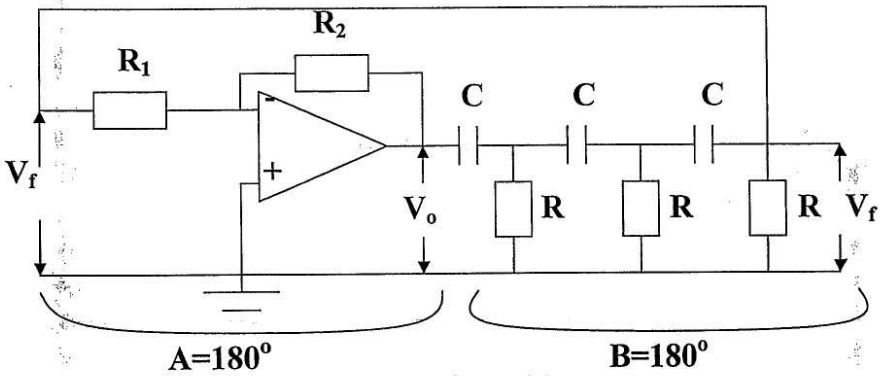
$$\therefore |B| = \frac{1}{29}$$

$$|BA| = 1$$

$$\because |B| = \frac{1}{29} \Rightarrow \therefore A = 29 \Rightarrow \therefore |BA| = \frac{1}{29} \times 29 = 1$$

$$A = -\frac{R_f}{R_1} \Rightarrow$$

$$\therefore A_{min} = -\frac{R_f}{R_1} = 29$$



الشكل (4.8) دائرة مذبذب إزاحة الطور باستخدام مكبر العمليات.

مثال: صمم دائرة مذبذب إزاحة الطور باستخدام مكبر- العمليات (Op- Amp RC- Oscillator) إذا كانت قيمة تردد التذبذب (f_o=10KHz)؟

الحل: دائرة مذبذب مكبر العمليات موضحة بالشكل (4.8).

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \Rightarrow R = \frac{1}{2\pi f_o C\sqrt{6}} \quad , \quad \text{Choose C=0.001μF.}$$

$$\therefore R = \frac{1}{2\pi \times 0.001\mu F \times 10K \times \sqrt{6}} = 6.54K\Omega$$

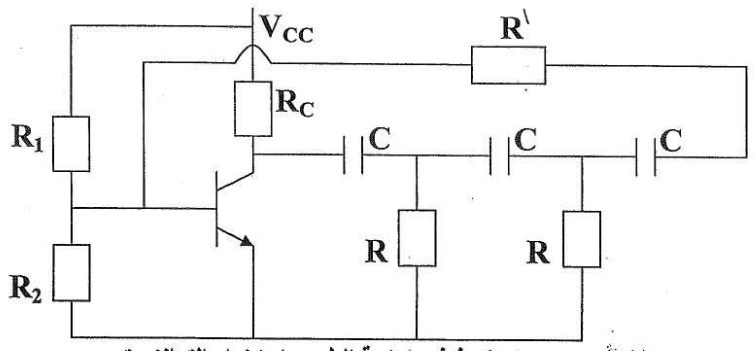
$$\because |B| = \frac{1}{29} \Rightarrow |A| = 29 \qquad \text{But } |A| = \frac{R_f}{R_1} = 29 \quad , \quad \text{Choose } R_1\text{=100KΩ.}$$

$$\therefore \frac{R_f}{100K} = 29 \Rightarrow \therefore R_f = 2900K\Omega .$$

4.2.1.1.2.2 Bipolar- RC Oscillator:

مذبذب إزاحة الطور باستخدام الترانزستور:

يبين الشكل (4.9) أحد أنواع مذبذبات إزاحة الطور (باستخدام الترانزستور). في هذا النوع من المذبذبات تم استخدام ترانزستور بشاكلة الباعث المشترك (Common Emitter Transistor) هذا يؤدي إلى حدوث فرق بالطور للإشارة المسلطة على مدخله مقداره (180°). لذلك فأن شبكة الـ (RC) المستخدمة في التغذية الخلفية يجب أن توفر فرق بالطور مقداره (180°) أيضا لكي يتم الحصول على دائرة مذبذب.



الشكل (4.9) دائرة مذبذب إزاحة الطور باستخدام الترانزستور.

• إن تردد التذبذب (Oscillation Frequency) لهذا النوع من المذبذبات هو:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6+4K}}$$ تردد المذبذب. (Oscillator frequency)

$$B = 23 + \frac{29}{K} + 4K \quad , \quad K = \frac{R_C}{R}$$

$$R = R' + R_{in} \Rightarrow R' = R - R_{in}$$

في حالة وجود المقاومات (R_1 و R_2) تكون R_{in}:

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

أما في حالة عدم وجود المقاومات (R_1 و R_2) تكون R_{in}:

$$\therefore R_{in} \approx hie$$

ملاحظة: عند فرض قيمة (R) في الدائرة يجب أن تكون قيمتها أكبر من قيمة (hie).

مثال:

صمم دائرة مذبذب ترانزستور- مع المقاومة والمتسعة (Transistor RC- oscillator)، إذا كانت قيمة تردد المذبذب (f_o=10KHz) و (R_C=2KΩ and hie=2.41KΩ)؟

الحل:

دائرة مكبر العمليات- مع المقاومة والمتسعة موضحة بالشكل (4.10).

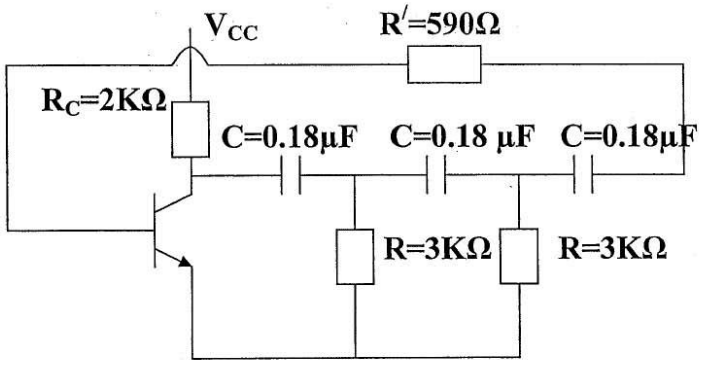
$$K = \frac{R_C}{R} \quad \text{(Choose R=3KΩ)} \quad \Rightarrow \quad \therefore K = \frac{R_C}{R} = \frac{2K\Omega}{3K\Omega} = 0.66$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6+4K}} \Rightarrow \therefore C = \frac{1}{2\pi R f_o \sqrt{6+4K}} = \frac{1}{2\pi \times 3K \times 10K \times \sqrt{6+4\times 0.66}} \cong 0.18\mu F$$

في حالة عدم وجود المقاومات (R_1 و R_2) تكون R_{in}:

$$R_{in} \approx hie = 2.41K\Omega$$

$$R = R' + R_{in} \Rightarrow R' = R - R_{in} = 3K - 2.41K = 590\Omega$$



الشكل (4.10).

4.2.1.2 Oscillators with LC Feedback Circuits:

المذبذبات المستخدمة للملفات والمتسعات في دوائر التغذية الخلفية:

إن مذبذبات (RC) التي تم مناقشتها سابقاً تكون ملائمة للترددات الواطئة (up to 1MHz). أما دائرة التغذية الخلفية المستخدمة للـ (LC) فتستخدم في دوائر المذبذبات لتوليد ترددات عالية تصل إلى (500MHz). وكذلك بسبب تحديد التردد (lower unity- gain frequency) لمعظم مكبرات العمليات، فيتم استخدام الترانزستورات في هذا النوع من المذبذبات (LC Oscillators).

يكون تردد الإشارة الخارجة من مذبذبات الرنين (LC) مساوية إلى تردد الرنين أي إن:

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

للحصول على استقرارية عالية بالتذبذب، يجب أن تتصف قيمة (L) و (C) بثباتها عند تغير درجات الحرارة لمنع تغير التردد. وكذلك يساعد ثبوت قيمة جهد المصدر المستمر (V_{CC}) على تحسين الاستقرارية.

هنا سوف يتم مناقشة الأنواع التالية من مذبذبات (LC):

(*Colpitts, Clapp, Hartley, Armstrong, & Crystal- controlled Oscillators*)

4.2.1.2.1 Colpitts Oscillator: مذبذب كولبيتس:

إن إحدى دوائر المذبذبات المستخدمة لدائرة الرنين تسمى بدائرة مذبذب كولبيتس. وكما واضح بالشكل (4.11) إن هذا النوع من المذبذبات استخدم دائرة (LC) في تغذيته الخلفية لتوفير إزاحة الطور المطلوبة (*حيث إن التفرع الوسطي للمتسعة يعطي فرق بالطور مقداره (180°)*) وكذلك إن الدائرة تعمل كمرشح لإمرار ترددات التذبذب المطلوبة فقط.
إن تردد التذبذب (Oscillation Frequency) لهذا النوع من المذبذبات هو:

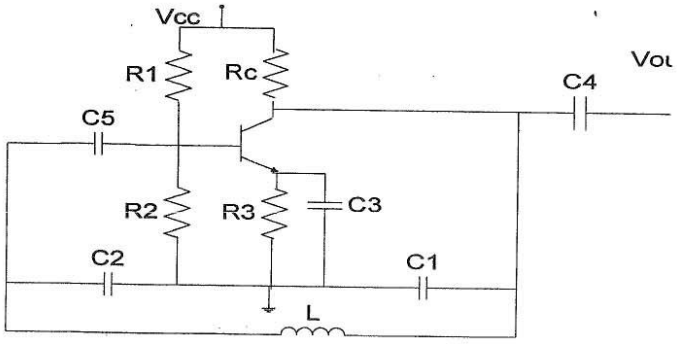
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

وبما إن المتسعات (C_1 & C_2) على التوالي، إذن المتسعة الكلية هي:

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

إن عامل التوهين (B) لهذه الدائرة ممكن حسابه من قيمة (C_1 & C_2):

$$\therefore B = \frac{C_1}{C_2}$$



الشكل (4.11) دائرة مذبذب كولبيتس.

وبما أن احد شروط التذبذب (A_v B=1).

$$\therefore A_v = \frac{C_2}{C_1}$$

وبما إن احد شروط التذبذب (A_v B>1) عند بدء التشغيل لكي تتمكن الإشارة الخارجة من بناء نفسها بنفسها فبهذا يكون الكسب بالفولتية كالأتي:

$$\therefore A_v \rangle \frac{C_2}{C_1}$$

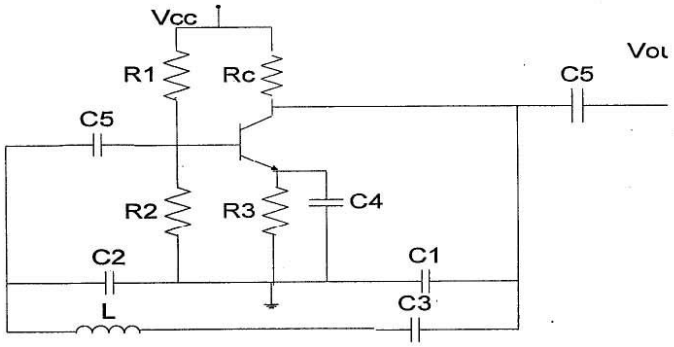
4.2.1.2.2 Clapp Oscillator: مذبذب كلاب:

إن الفرق الرئيسي بين هذا المذبذب ومذبذب كولبيتس هو احتوائه على متسعة إضافية (C_3) على التوالي مع الملف في دائرة التغذية الخلفية، وكما واضح بالشكل (4.12). إذن المتسعة الكلية تساوي.

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}}$$

وتردد التذبذب (f_o) يساوي:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$



الشكل (4.12) دائرة مذبذب كلاب.

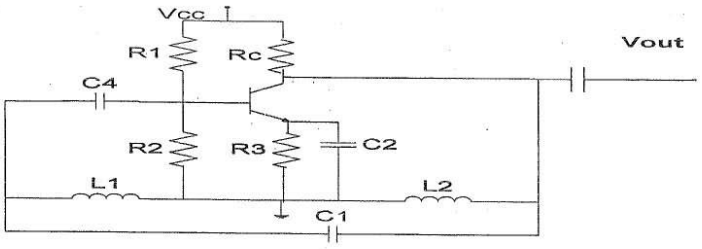
4.2.1.2.3 Hartley Oscillator: مذبذب هارتلي:

إن مذبذب هارتلي يشبه مذبذب كولبيتس إلا إن دائرة التغذية الخلفية تحتوي على ملفين على التوالي ومتسعة واحدة على التوازي مع الملفين وكما واضح بالشكل (4.13).

إن تردد التذبذب (Oscillation Frequency) لدائرة هارتلي هو:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$$

$$L_T = L_1 + L_2$$



الشكل (4.13) دائرة مذبذب هارتلي.

• إن عامل التوهين (B) لدائرة التغذية الخلفية يساوي:

$$B \cong \frac{L_2}{L_1}$$

• وبما أن احد شروط التذبذب (A_v B=1).

$$\therefore A_v = \frac{L_1}{L_2}$$

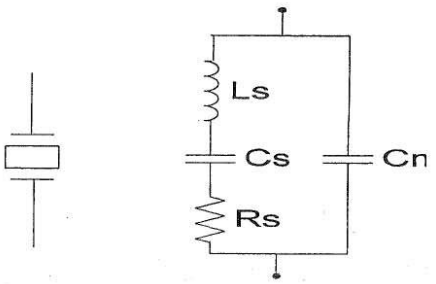
وبما إن احد شروط التذبذب (A_v B>1) عند بدء التشغيل لكي تتمكن الإشارة الخارجة من بناء نفسها بنفسها فبهذا يكون الكسب بالفولتية كالأتي:

$$\therefore A_v \rangle \frac{L_1}{L_2}$$

4.2.1.2.4 Crystal Controlled Oscillator: المذبذب البلوري:

يتغير عادة التردد الذي يحصل عنده التذبذب بسبب عدم ثبات خواص المكونات المستعملة مما يؤثر على استقرارية المذبذب بقابليته على البقاء عند تردد ثابت ومحدد، ولكي نحصل على أفضل استقرارية يجب أن تكون خواص المكونات في دوائر المذبذبات أكثر ثباتاً وأقل تأثيراً بظروف التشغيل المحيطة بها. تستعمل البلورات الكهرو- أجهادية (Piezoelectric- Crystal). في دوائر المذبذبات بدلاً من دوائر الرنين وذلك للحصول على استقرارية عالية في التردد. إن من أفضل البلورات الكهرو- أجهادية هي بلورة الكوارتز.

يبين الشكل (4.14 a) الرمز الكهربائي المكافئ لبلورة الكوارتز بينما يبين الشكل (4.14 b) الدائرة المكافئة.



(a) الرمز (c) الدائرة المكافئة

الشكل (4.14) البلورات في التطبيقات الالكترونية.

الاختبار البعدي

H.W:

1) قارن بين مذبذب إزاحة الطور باستخدام الترانزستور (Bipolar- RC Oscillator) ومذبذب قنطرة واين (Wine- Bridge Oscillator) من حيث الدائرة والتردد وعامل التوهين (B).

2) إذا استعمل في دائرة التغذية الموجبة لمذبذب قنطرة واين (Wien- Bridge Oscillator) مقاومة متغيرة مزدوجة تتراوح قيمتها بين (1KΩ - 150KΩ) ومتسعتان متماثلتان تساويان (0.15µF)، ارسم الدائرة ثم احسب مدى الترددات التي يمكن الحصول عليها.

الوحدة النمطية للاسبوع التاسع والعاشر والحادي عشر

الترانزستو كمفتاح – المهتزات وانواعها

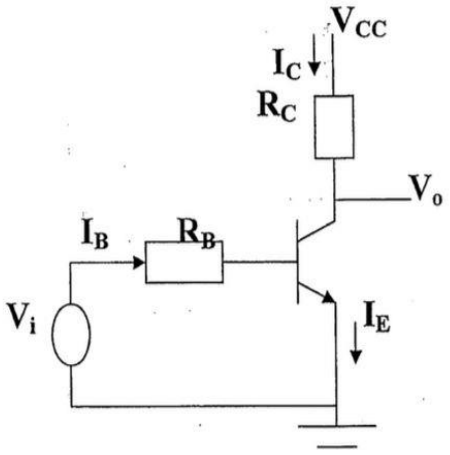
الاختبار القبلي

س1: عدد انواع ربط دوائر الترانزستور .

س2: ما المقصود بالتذبذب، وهل هناك دوائر يمكن تنفيذها لتصبح دائرة مذبذب ؟

2.3 Transistor as a Switch: الترانزستور كمفتاح:

الشكل (2.4) يبين دائرة الترانزستور كمفتاح وان عمل الدائرة يكون كما يلي:



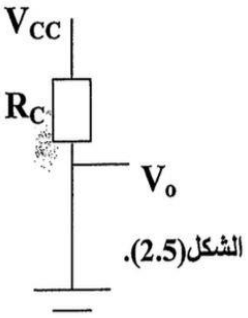
الشكل (2.4).

1. إذا كانت ($V_i > V_{BE}$):

في هذه الحالة يعمل الترانزستور في منطقة الإشباع (الشكل (2.5)).

$$V_o = V_{CE}(sat) = 0.2 \cong zero$$

$$V_{CC} = R_C I_C + V_o \;,\quad V_o \approx zero \quad \therefore I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$



الشكل(2.5).

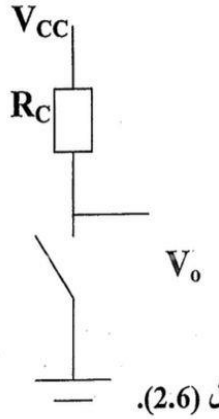
2. إذا كانت (If $V_i < V_{BE}$):

في هذه الحالة يكون الترانزستور في منطقة الإطفاء (الشكل(2.6)).

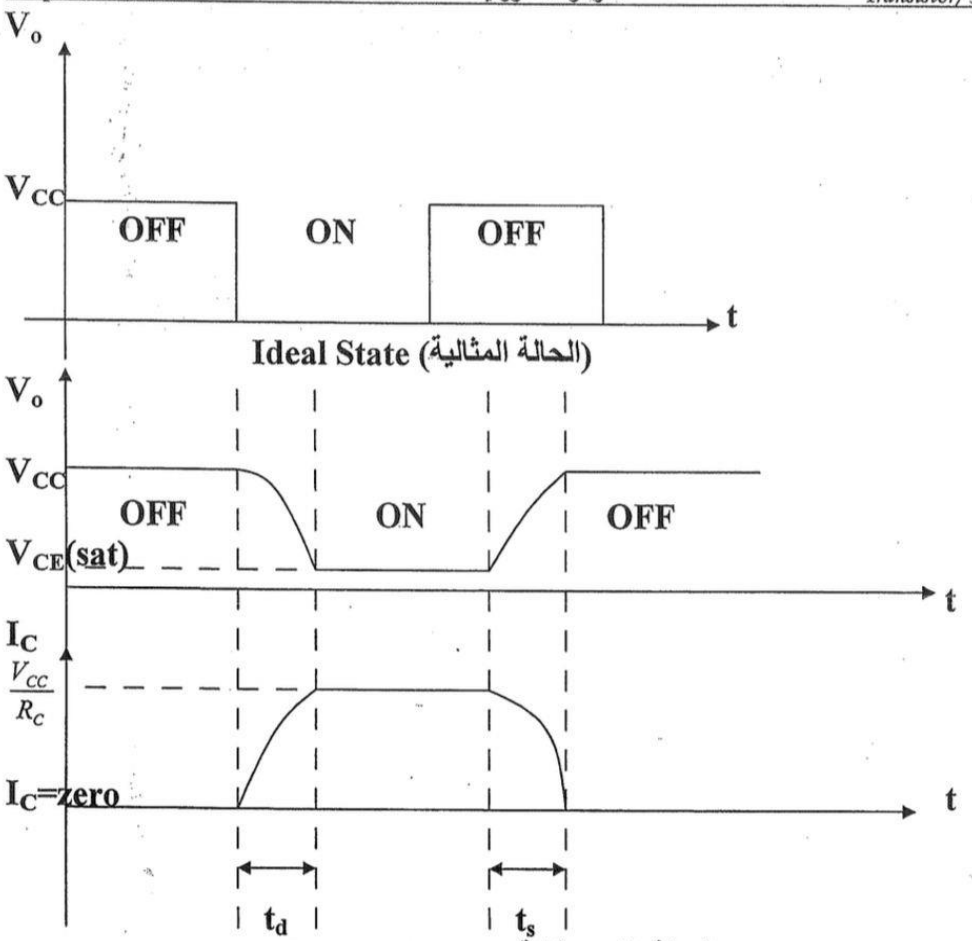
I_C=zero because I_B zero.

$$V_{CC} = R_C I_C + V_o$$

$$\because I_C = zero \Rightarrow \therefore V_o = V_{CC}.$$



الشكل (2.6).

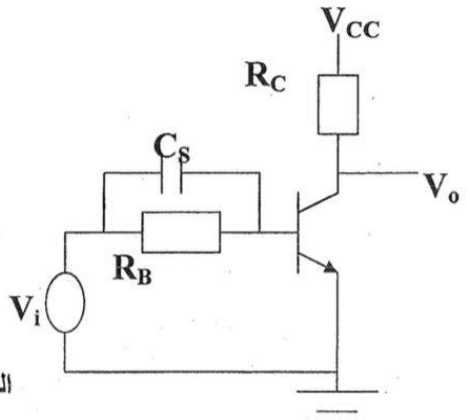


الشكل (2.7) فولتية الخرج وتيار الجامع للحالات المثالية وغير المثالية.

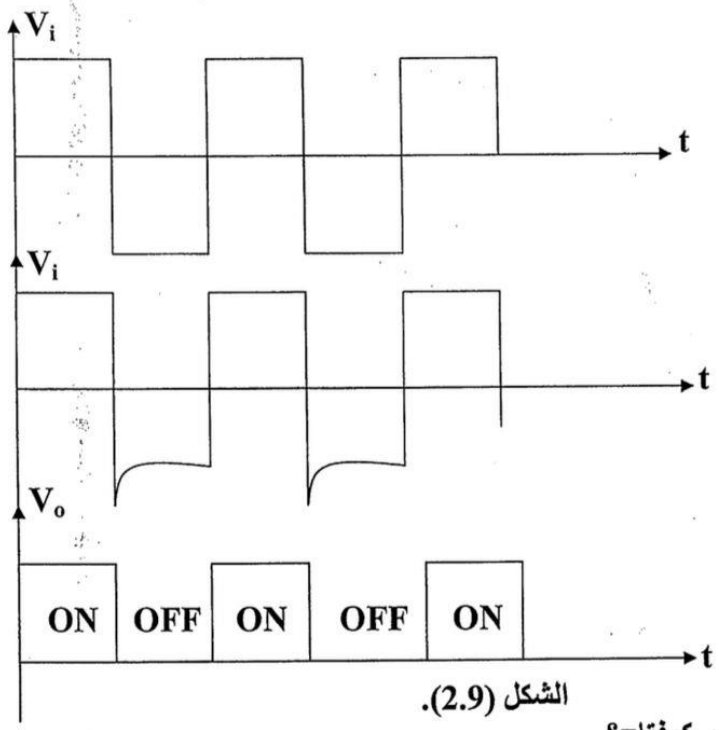
- حيث أن (t_d) و (t_s) يمثلان زمن التأخير وزمن الخزن على التوالي.
- لتقليل زمن التأخير وسرعة الترانزستور نستخدم متسعة زيادة السرعة (Speed Up Capacitor (C_s)) تربط على التوازي مع المقاومة (R_B) وكما واضح بالشكل (2.8).

$$\frac{Q_T}{2E_{in_{p-p}}} \le C_S \le \frac{t_p}{5R_B}$$

E_{in} ← (فولتية الإدخال)
t_p ← (نصف زمن إشارة الدخل)
Q_T ← (الشحنة الكلية)



الشكل (2.8).



الشكل (2.9).

Q/ لماذا نستخدم الترانزستور كمفتاح؟

(1) ذو حجم صغير. (2) قليل الكلفة. (3) عديم الضوضاء. (4) غير مبذر للطاقة. (5) متوفر.

مثال:

لدائرة الترانزستور كمفتاح، أوجد ما يلي:

1. أرسم الدائرة الالكترونية؟
2. أحسب (R_C, R_B, C_S, t_P)؟ إذا علمت أن ($V_i=3V_{P-P}$, $V_{CC}=24V$, $I_C=50mA$, $Q_T=400C$, $I_B=0.5mA$).

الحل:

1. الدائرة الالكترونية موضحة بالشكل (2.10).

$$V_{CC} = R_C I_C, \Rightarrow \therefore R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} = \frac{24}{50mA} = 0.48K\Omega$$

$$V_i = R_B I_B + V_{BE} \Rightarrow R_B I_B = V_i - V_{BE}$$

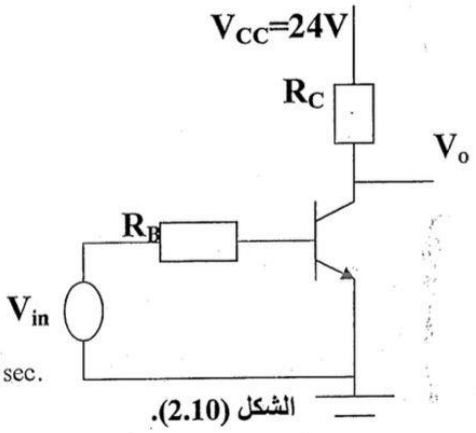
$$R_B = \frac{V_i - V_{BE}}{I_B} = \frac{1.5 - 0.7}{0.5mA} = 1.6K\Omega$$

$$C_S = \frac{Q_T}{2E_{in_{p-p}}} = \frac{400}{2\times 3} = 66.66F$$

$$C_S = \frac{t_P}{5R_B}$$

$$\therefore t_P = 5\times R_B \times C_S = 5\times 4.6\times 10^3 \times 66.66 = 1533180\,\text{sec}.$$

2.



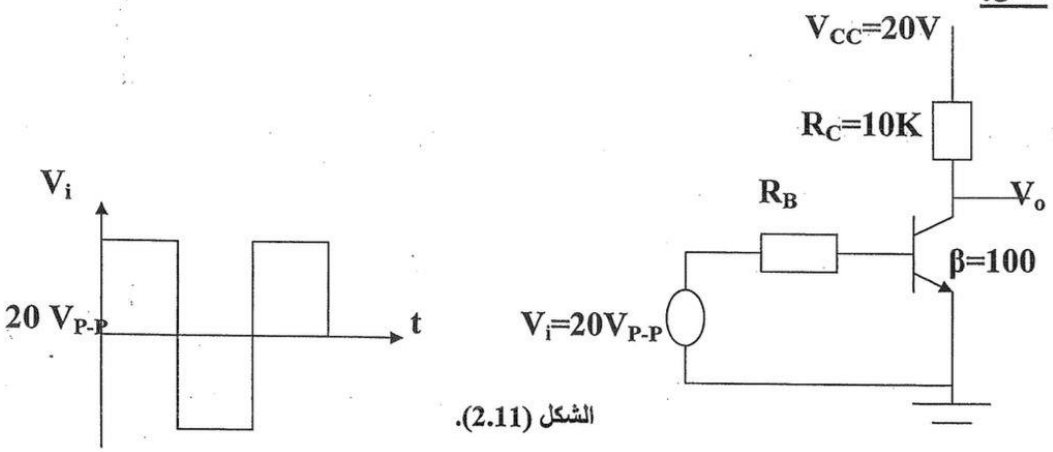
الشكل (2.10).

مثال:

للدائرة الموضحة بالشكل (2.11)، أوجد ما يلي:

1. أحسب (R_B)؟ 2. أرسم موجتي الإدخال والإخراج؟

الحل:



الشكل (2.11).

1. دائرة المفتاح تعمل أما دائرة مفتوحة (Open) أو دائرة مغلقة (Short):

- **إذا كانت دائرة مفتوحة:**

$$V_o = V_{CC} = 20V, I_C = zero$$

- **إذا كانت دائرة مغلقة:**

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}, \quad V_{CE} = V_{CE}(sat) \approx zero$$

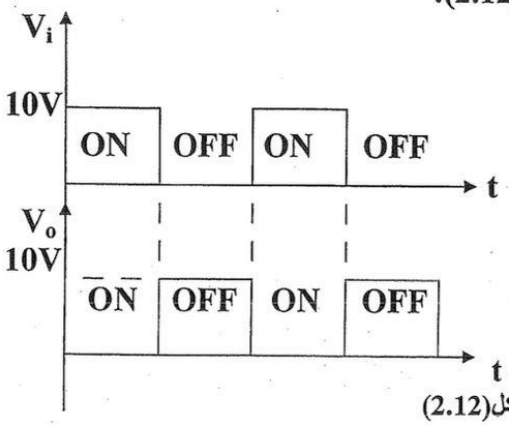
$$\therefore I_C(sat) = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20V}{10K} = 2mA$$

$$I_B = \frac{I_C(sat)}{\beta} = \frac{2mA}{100} = 20\mu A$$

$$V_i = R_B I_B + V_{BE}$$

$$\therefore R_B = \frac{V_i - V_{BE}}{I_B} = \frac{10V - 0.7V}{0.02mA} = 465K\Omega$$

2. موجتي الإدخال والإخراج موضحة بالشكل (2.12):



الشكل(2.12)

Chapter Five
Multivibrators

5.1 Multivibrators: المهتزات:

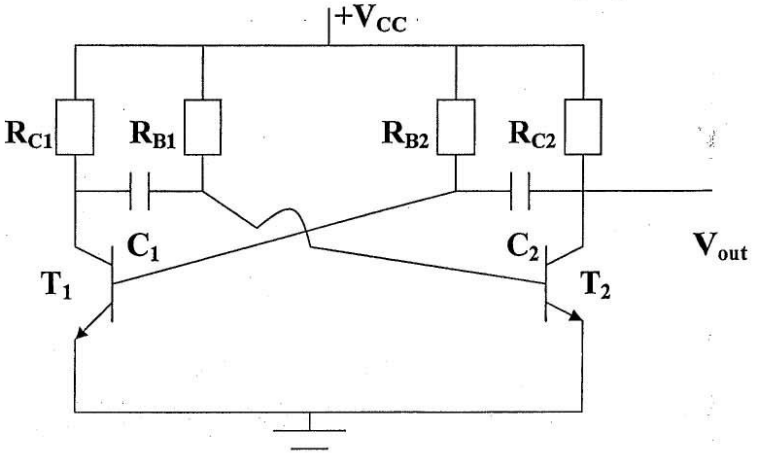
المهتزات هي احد أنواع مولدات الإشارة النبضية حيث تولد موجات غير جيبية ويستخدم الترانزستور، وتتضمن عادة ترانزستورين وتكون التغذية الخلفية هي المسؤولة على تبادل حالة الترانزستورين بين التوصيل والقطع.

5.1.1 Astable Multivibrator (Free Running):

المهتز غير المستقر (المهتز حر الدوران):

في هذا النوع من الدوائر يحدث فيها التذبذب تلقائياً عند ربطها إلى المصدر وهي لا تحتاج إلى تحفيز خارجي. يوضح الشكل (5.1) دائرة مذبذب غير مستقر، يحاول كلا الترانزستورين التوصيل في لحظة تجهيز القدرة المستمرة الى الدائرة. لكن يتعذر وجود او تصنيع ترانزستورين متماثلين بالخواص تماماً، وبذلك يكون من المستحيل تشابه ثوابت الترانزستورين المستخدمين في الدائرة مما ينتج عنه توصيل احدهما قبل الاخر. ولو فرضنا ان (T_1) يوصل قبل (T_2) فماذا سيحدث.

عند توصيل (T_1) تشحن المتسعة (C_1) عن طريق المقاومة (R_{b1}) وخلال (T_1) الى الارضي وبعد فترة زمنية (t_1) سيصل جهد المتسعة (C_1) المسلط على قاعدة (T_2) بأنحياز أمامي الى قيمة كافية لتحول (T_2) الى حالة التوصيل. بعد توصيل (T_2) سوف يهبط جهد جامعه الى الصفر والذي يغذي قاعدة (T_1)، وبذلك ينخفض جهد قاعدة (T_1) فيتحول الى حالة القطع. بعد هذا التبادل بين الترانزستورين ستشحن (C_2) عن طريق المقاومة (R_{b2}) ومن خلال (T_2) الى الارضي، وبعد فترة زمنية (t_2) يتحول (T_1) الى حالة التوصيل (T_2) الى القطع، وبنفس الاسلوب السابق وذلك لهبوط جهد الجامع الى الصفر. يتكرر هذا التذبذب طالما كانت الدائرة مربوطة الى المصدر.



الشكل (5.1) دائرة مهتز غير مستقر.

إن تردد التذبذب يساوي:

$$f_o = \frac{1}{(t_1 + t_2)}$$
$$t_1 = 0.7R_{B2} \times C_2$$
$$t_2 = 0.7R_{B1} \times C_1$$

أما عند تماثل مقاومات ومتسعات الدائرة، فيمكن حساب التردد كما يلي:

$R_{B1}=R_{B2}=R_B$ and $C_1=C_2=C$.

$$\therefore f_o = \frac{1}{1.4R_BC}$$

مثال:

للدائرة المبينة بالشكل (5.1)، أوجد تردد التذبذب إذا كانت ($R_1=R_2=10K\Omega$ و $C_1=C_2=0.01\mu F$)؟

الحل:

$$t_1 = 0.7R_2 \times C_2 = 0.7 \times 10 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} = 70\mu\text{sec}.$$
$$t_2 = 0.7R_1 \times C_1 = 0.7 \times 10 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} = 70\mu\text{sec}.$$
$$\therefore t_1 + t_2 = 69 \times 10^{-6} + 69 \times 10^{-6} = 140\mu\text{sec}.$$
$$\therefore f_o = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{140 \times 10^{-6}} = 7142.85Hz.$$

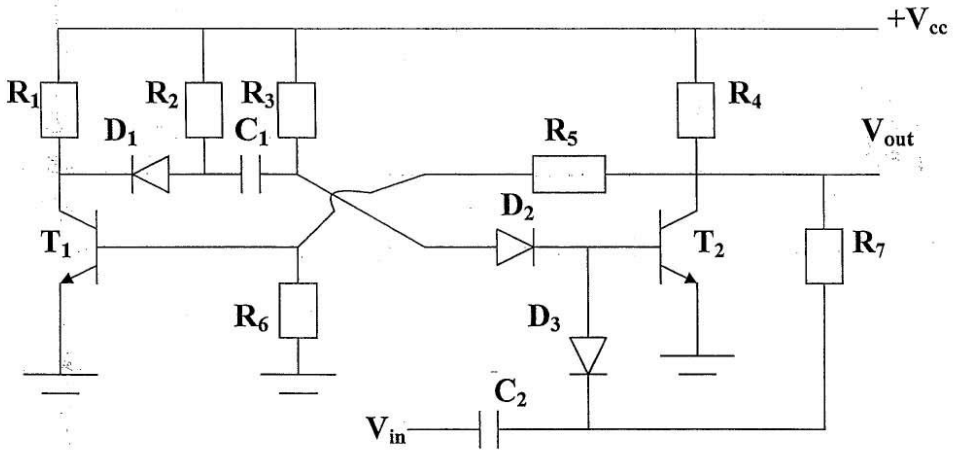
5.1.2 Monostable Multivibrator (One Shot):

المهتز أحادي الاستقرار (المولد ذو الطلقة الواحدة):

يبين الشكل (5.2) دائرة مهتز أحادي الاستقرار والذي يسمى أيضاً بالمولد ذو الطلقة الواحدة (One Shot) لأنه يحتاج إلى نبضة قدح لتحويله من الوضع المستقر إلى الوضع غير المستقر. في لحظة تجهيز القدرة المستمرة الى الدائرة تكون الدائرة في *الوضع المستقر* ويكون الترانزستور (T_2) في حالة التوصيل وذلك بسبب التيار المار بالقاعدة (I_{b2}) المجهز من المصدر المستمر. أما (T_1) فيكون في حالة قطع وذلك لأن قيمة الجهد (V_{be1}) تقارب جهد الارضي. الحالة المستقرة لهذا المذبذب لا تتغير الا بعد تسويقه بواسطة مصدر خارجي يقوم بأجبار (T_2) على التحول الى حالة القطع، عند ذلك يقوم مقسم الجهد (R_4, R_5, R_6) بتوفير جهد الانحياز الامامي اللازم لتحويل (T_1) الى حالة التوصيل. ان بقاء (T_1) في حالة التوصيل سيسبب شحن (C_1) عن طريق المقاومة (R_3)، وسيكون جهد هذه المتسعة مسلط على قاعدة (T_2) وبالاتجاه الامامي لذلك يتحول (T_2) الى التوصيل وسيقوم جهد جامع (T_2) بأجبار (T_1) على التحول الى حالة القطع. يبقى وضع الدائرة ثابت على حالته المستقرة الى أن تصل نبضة ادخال تجبرها على التحول الى وضع القطع للترانزستور (T_2)، ثم تعود الدائرة الى حالتها المستقرة كما بينا..... وهكذا.

- يعتمد رجوع (T_2)الى التوصيل و (T_1) الى القطع على ثابت زمن شحن المتسعة (C_1) الذي يمكن حسابه بالمعادلة التالية:

$$T = 0.7R_3 \times C_1$$



الشكل (5.2) دائرة مهتز أحادي الاستقرار.

5.1.3 Bistable Multivibrator (Flip-Flop):

المهتز ثنائي الاستقرار (النطاط):

يتصف هذا النوع بامتلاكه وضعين مستقرين وهما:

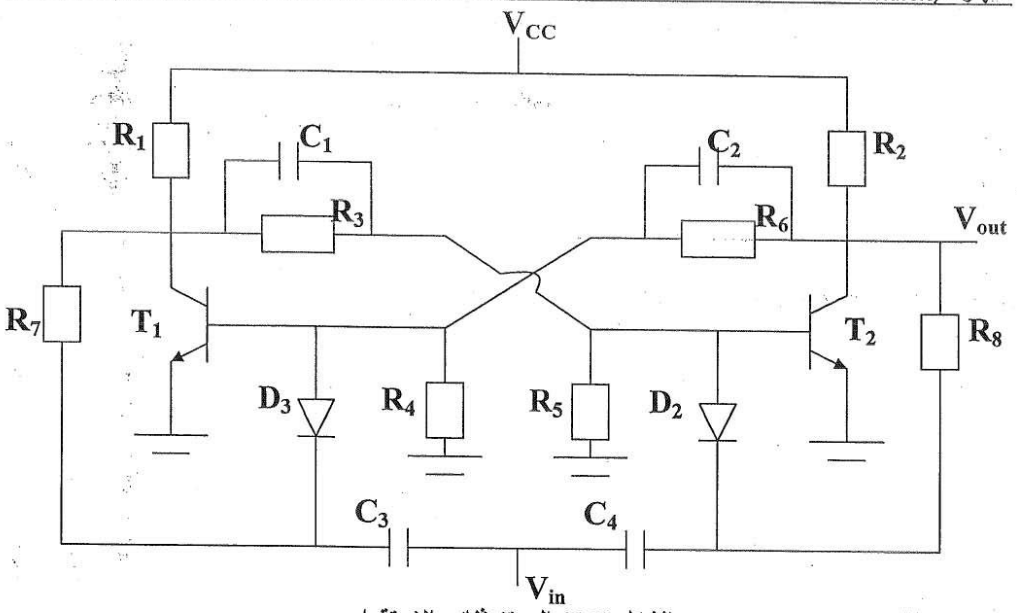
1. (T_1) موصل و (T_2) مقطوع.
2. (T_1) مقطوع و (T_2) موصل.

ويحتاج إلى نبضات القدح لتسوق دائرة هذا المهتز، حيث تكون مسؤولة عن تحويل الدائرة من وضع مستقر إلى الوضع الأخر. تكون نبضة القدح المغيرة للوضع المستقر مشتركة لكلا الترانزستورين، إلا إنها ستسوق الموصل فقط ولا تؤثر على الأخر لأنه من الأصل في حالة قطع.

يبين الشكل (5.3) دائرة المهتز ثنائي الاستقرار وتتألف من مكبر بمرحلتين مربوطتين ببعضهما، حيث يربط إخراج كل منهما بإدخال الأخر.

لنناقش الحالة الاولى:

سوف يكون جهد جامع (T_1) يساوي صفراً والذي يغذي قاعدة (T_2)، وبذلك ينخفض جهد قاعدة (T_2) فيتحول الى حالة القطع. عند هذا الوضع المستقر تقوم المقاومة (R_7) بتأريض مهبط الثنائي (D_1) من خلال (T_1) المشبع أما المقاومة (R_8) فانها توصل مهبط الثنائي (D_2) الى نقطة جامع الترانزستور (T_2) المرتفعة الجهد (بسبب قطع (T_2)) وبهذا يكون الثنائي (D_1) مهيأ للتوصيل، أما الثنائي (D_2) فأن أنحيازه عكسي ويبقى عند القطع حتى عند تسليط نبضة القدح المسوقة لترانزستوري الدائرة. وبنفس الطريقة يتم مناقشة حالة الاستقرار الثانية.

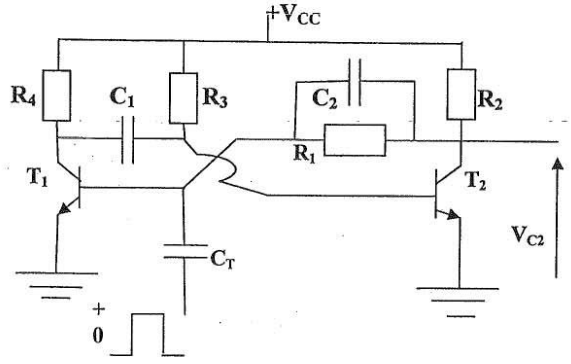


الشكل (5.3) المهتز ثنائي الاستقرار.

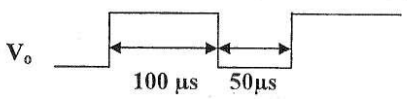
H.W:

1) للدائرة المبينة بالشكل التالي والتي تمثل مهتز أحادي الاستقرار، افرض أن الترانزستورات مثالية وان (V_{CC}=12V, R_1=R_3=15KΩ, R_2=R_4=1.5KΩ, C_1=0.1μF, & C_2=0.2μF), صف مبدأ عمل الدائرة بالتفصيل ثم أجب عن ما يلي:

1. ما فائدة المتسعة (C_2)؟
2. أوجد قيمة تردد التذبذب للمهتز (f_o)؟
3. احسب قيمة (V_{C2}) خلال دورة كاملة للمهتز؟



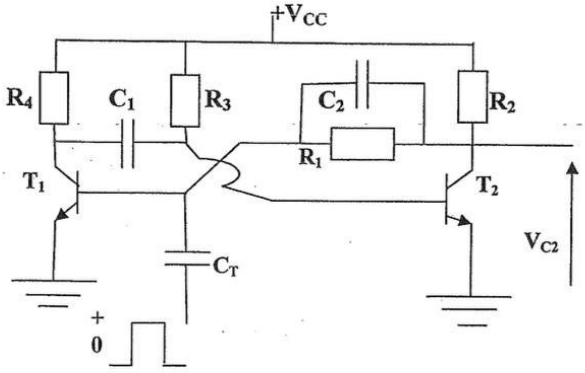
2) صمم دائرة مهتز غير مستقر (Astable Multivibrator) الذي يعطي عند قدحه النبضة الموضحة بالشكل التالي، أوجد قيمة التردد (f_o)، ثم صف مبدأ عمل المهتز بالتفصيل؟



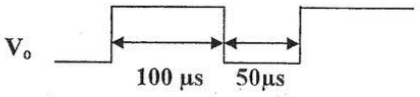
H.W:

1) للدائرة المبينة بالشكل التالي والتي تمثل مهتز أحادي الاستقرار، افرض أن الترانزستورات مثالية وان (V_{CC}=12V, R_1=R_3=15KΩ, R_2=R_4=1.5KΩ, C_1=0.1μF, & C_2=0.2μF), صف مبدأ عمل الدائرة بالتفصيل ثم أجب عن ما يلي:

1. ما فائدة المتسعة (C_2)؟
2. أوجد قيمة تردد التذبذب للمهتز (f_o)؟
3. احسب قيمة (V_{C2}) خلال دورة كاملة للمهتز؟



2) صمم دائرة مهتز غير مستقر (Astable Multivibrator) الذي يعطي عند قدحه النبضة الموضحة بالشكل التالي، أوجد قيمة التردد (f_o)، ثم صف مبدأ عمل المهتز بالتفصيل؟



الوحدة النمطية للاسبوع الثاني عشر والثالث عشر والرابع عشر والخامس عشر

مكبر العمليات .OP Amp

الاختبار القبلي

س1: ما الذي تعرفه عن مكبر العمليات.

س2: هل لاستخدامات الترانزستر كمكبر يدخل في تركيب مكبر العمليات؟

س3: هل تدخل دوائر مكبر العمليات في تطلبقات الحساب المنطقي؟

Chapter Six
Operational Amplifier

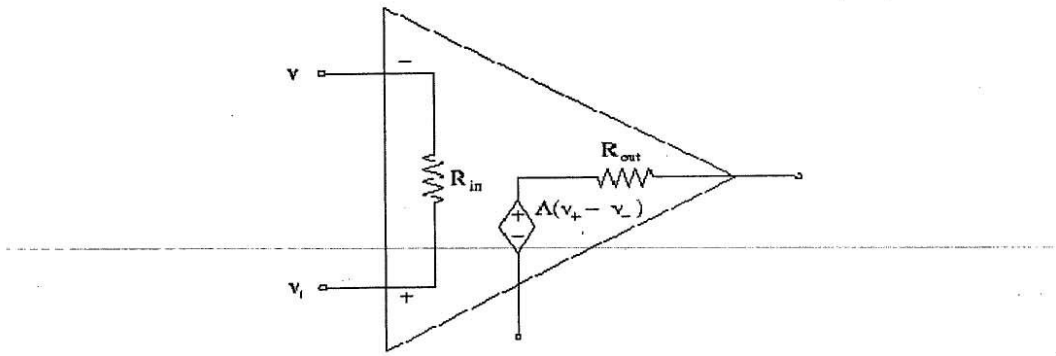
6.1 Operational Amplifier (Op-Amp): مكبر العمليات:

مكبر العمليات (Operational Amplifier) هو عبارة عن دائرة متكاملة خطية ويرمز له (Op-Amp)، له مدخلين الدخل العاكس (Inverting) ويرمز له بإشارة (-) والدخل الغير عاكس (Noninverting) ويرمز له بإشارة (+). يجهز مكبر العمليات بمصدرين منظمين للتيار المستمر (V_{CC}=±15V). إن مكبر العمليات له الإمكانية على أداء عمليات رياضية كالضرب، القسمة، الجمع، الطرح، التكامل، والتفاضل.

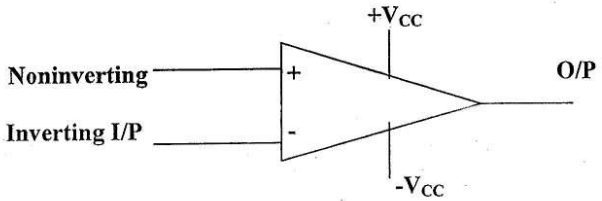
إن من أهم خصائص مكبر العمليات المثالي هي:

1. الكسب بالفولتية (Voltage Gain) يكون عالي جداً ($A=\infty$) قد يصل إلى (10^5) أو أكثر.
2. ممانعة الدخل (Input Impedance) عالية جداً ($R_{in}=\infty$)وتصل إلى ($10^{12}\Omega$) لذا تكون قيمة تيار الدخل للمكبر تساوي صفراً.
3. ممانعة الخرج (Output Impedance) تساوي صفر ($R_{out}=0$).
4. عرض حزمة الترددات (Band Width) عالية جداً (مالا نهاية)، حيث يمكن معادلة التردد والتكبير داخلياً بدون ضوضاء إلى حد التردد (100KHz).

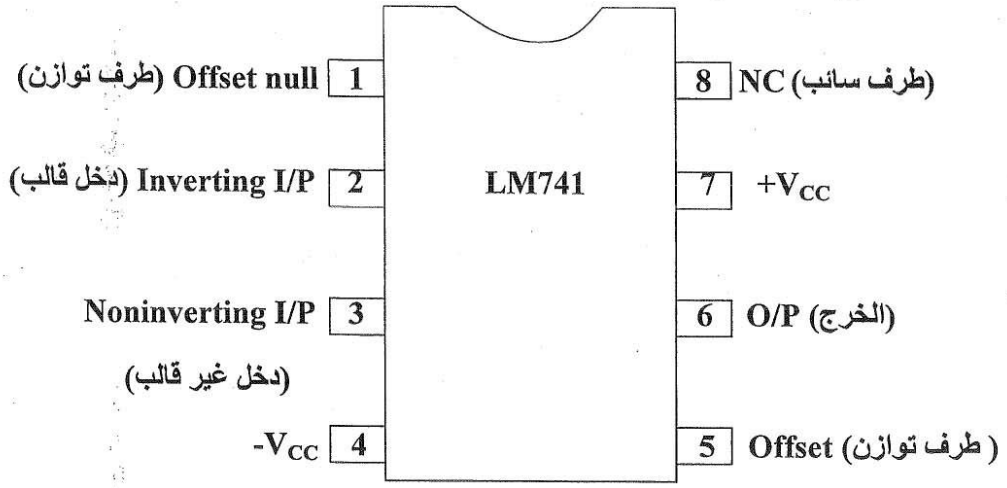
الدائرة المكافئة لمكبر العمليات موضحة بالشكل (6.1). إن فولتية الإخراج للمكبر تتناسب بشكل خطي إلى اختلاف الفولتية بين المدخلين (V^+-V^-) مضروبة بقيمة الكسب (A). عموماً الفولتية الخارجة تحدد بالمدى ($-V_{CC}\leq V\leq V_{CC}$). رمز مكبر العمليات وأطراف مكبر العمليات موضحة بالشكل (6.2).



الشكل (6.1) الدائرة المكافئة لمكبر العمليات.



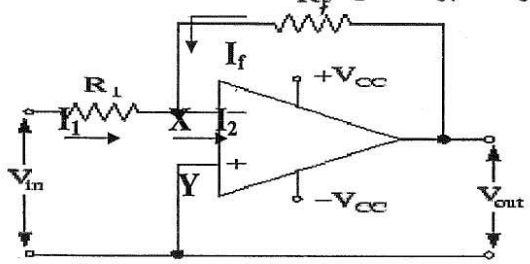
(a)



الشكل (6.2) (a) رمز مكبر العمليات (b) ربط الأطراف لمكبر نوع 741.

6.1.1 Inverting Amplifier: المكبر العاكس:

يبين الشكل (6.3) دائرة المكبر العاكس.



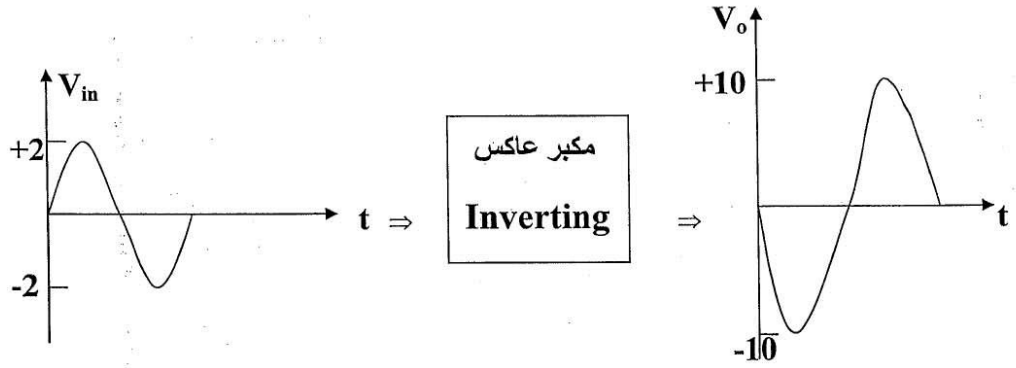
الشكل (6.3) دائرة المكبر العاكس.

$I_2 = I_1 + I_f$ **but** $I_2 = zero$ $\therefore I_1 + I_f = zero$

$$I_1 = \frac{V_X - V_i}{R_1}\ ,\ I_f = \frac{V_X - V_o}{R_f} \Rightarrow \frac{V_X - V_i}{R_1} + \frac{V_X - V_o}{R_f} = 0$$

$$V_X = zero \quad because \quad V_Y = zero \Rightarrow \therefore \frac{-V_i}{R_1} + \frac{-V_o}{R_f} = 0 \Rightarrow \left[\frac{-V_i}{R_1} = \frac{V_o}{R_f}\right] \times \frac{R_f}{V_i}$$

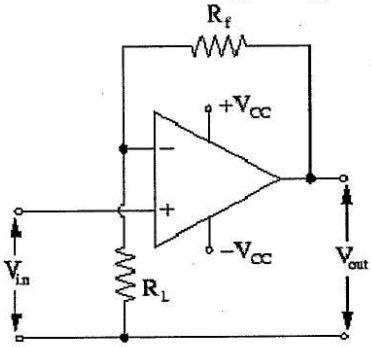
$$-\frac{R_f}{R_1} = \frac{V_o}{V_i} = A_V \Rightarrow \therefore A_V = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$



الشكل (6.4) موجتي الإدخال والإخراج لدائرة المكبر العاكس.

6.1.2 Noninverting Op-Amp: المكبر الغير عاكس:

يبن الشكل (6.5) دائرة المكبر الغير عاكس.



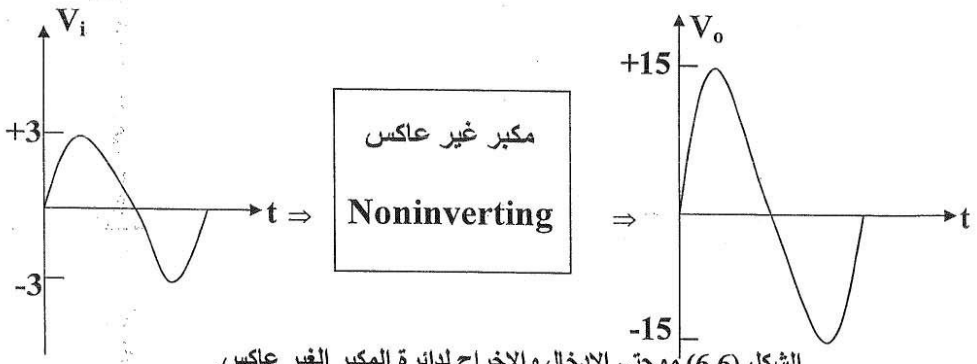
الشكل (6.5) دائرة المكبر الغير عاكس.

$$\frac{V_X-0}{R_1}+\frac{V_X-V_o}{R_f}=0 \quad \because V_X=V_Y=V_i \Rightarrow \therefore \frac{V_i}{R_1}+\frac{V_i-V_o}{R_f}=0$$

$$\therefore \frac{V_i}{R_1}+\frac{V_i}{R_f}-\frac{V_o}{R_f}=0 \Rightarrow \frac{V_i}{R_1}+\frac{V_i}{R_f}=\frac{V_o}{R_f}$$

$$V_i\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_f}\right)=\frac{V_o}{R_f} \Rightarrow \left[V_i\left(\frac{R_1+R_f}{R_1R_f}\right)=\frac{V_o}{R_f}\right]\times\frac{R_f}{V_i}$$

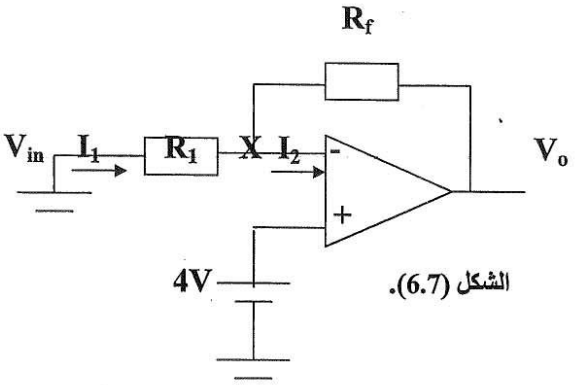
$$\frac{R_1+R_f}{R_1}=\frac{V_o}{V_i} \Rightarrow \therefore \frac{V_o}{V_i}=A_V=1+\frac{R_f}{R_1}$$



الشكل (6.6) موجتي الإدخال والإخراج لدائرة المكبر الغير عاكس.

مثال: للدائرة الموضحة بالشكل (6.7)، أوجد (V_o)؟

الحل:



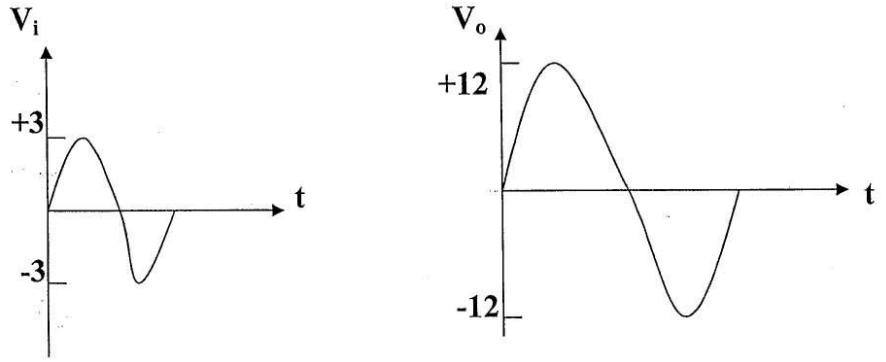
الشكل (6.7).

$$\frac{V_X - V_i}{R_1} + \frac{V_X - V_o}{R_f} = 0 \quad \text{But} \quad V_X = 4V \Rightarrow \therefore \frac{4 - V_i}{R_1} + \frac{4 - V_o}{R_f} = 0$$

$$\frac{4}{R_1} - \frac{V_i}{R_1} + \frac{4}{R_f} - \frac{V_o}{R_f} = 0 \Rightarrow \therefore \left[\frac{4}{R_1} - \frac{V_i}{R_1} + \frac{4}{R_f} = \frac{V_o}{R_f}\right] \times R_f$$

$$V_o = \frac{4R_f}{R_1} - \frac{V_i R_f}{R_1} + 4 \quad \Rightarrow \quad V_o = 4 + \frac{R_f}{R_1}(4 - V_i)$$

مثال: صمم دائرة لمكبر العمليات التي تنتج إشارة الخرج الموضحة بالشكل أدناه؟



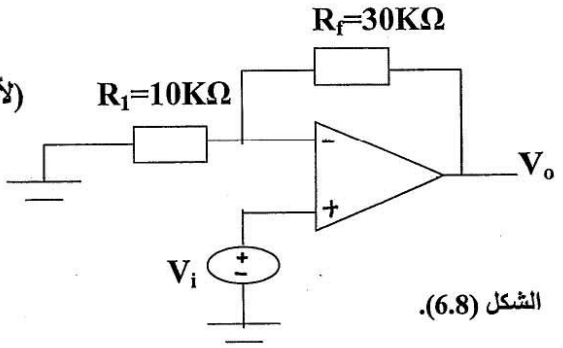
الحل: دائرة المكبر الغير عاكس بالقيم مبينة بالشكل (6.8).

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{12}{3} = 4$$

$$\because A_V = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$ (لأنه مكبر غير عاكس)

$$4 = 1 + \frac{R_f}{R_1} \Rightarrow \frac{R_f}{R_1} = 3$$

Let $R_1 = 10K\Omega$ $\therefore R_f = 30K\Omega$



الشكل (6.8).

6.1.3 Voltage Follower (Buffer):

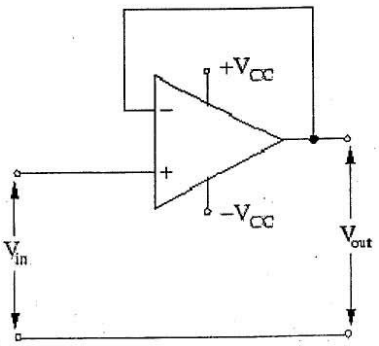
تابع الفولتية:

يبن الشكل (6.9) دائرة تابع الفولتية.

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = 1 \text{ and } V_o = V_i$$

Characteristics:

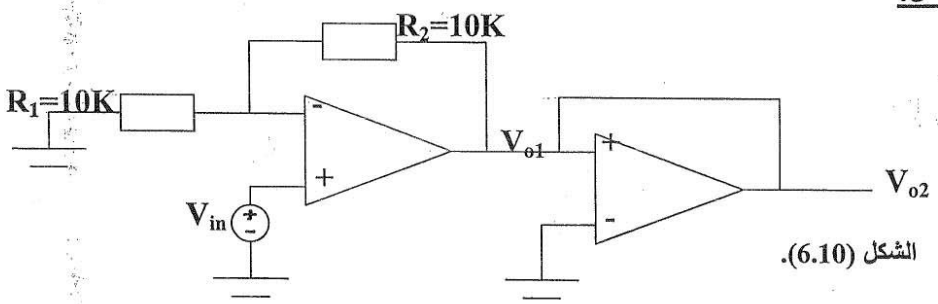
1. $V_{out}=V_{in}$.
2. $R_i=\infty$.
3. $R_o=0$.
4. Gain=1 $\Rightarrow A_V = \frac{V_o}{V_i} = 1$.
5. Used for matching.



الشكل (6.9) دائرة تابع الفولتية.

مثال: أوجد (V_{o2}) للدائرة المبينة بالشكل (6.10)؟

الحل:



الشكل (6.10).

$$A_V = \frac{V_{o1}}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \therefore A_V = 1 + \frac{10K}{10K} = 2$$

$$\therefore \frac{V_{o1}}{V_i} = 2 \Rightarrow V_{o1} = 2V_i$$

$$\because V_{o2} = V_{o1} = 2V_i$$ (لأنه تابع الفولتية)

6.1.4 Summing Amplifier: المضيف الجامع:

6.1.4.1 The Inverting Adder: المضيف القالب:

يبين الشكل (6.11) دائرة المضيف القالب.

(نختار ثلاثة مداخل):

$$\frac{V_X - V_1}{R_1} + \frac{V_X - V_2}{R_2} + \frac{V_X - V_3}{R_3} + \frac{V_X - V_o}{R_f} = 0$$

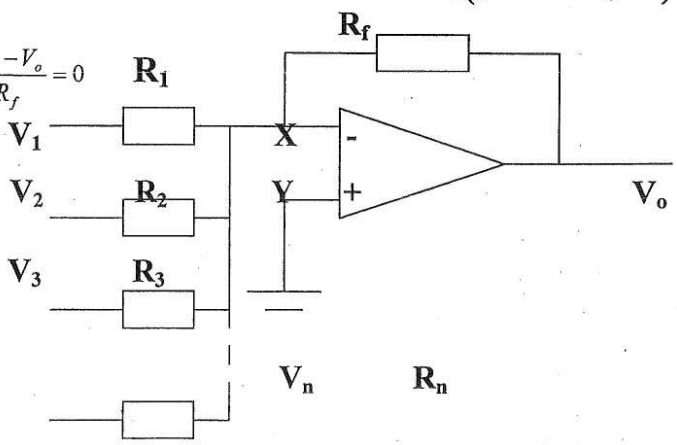
$$\because V_Y = zero \Rightarrow V_X = zero$$

$$\left[-\frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} - \frac{V_3}{R_3} = \frac{V_o}{R_f} \right] \times R_f$$

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 \right)$$

If $R_1 = R_2 = R_3 = R_n = R$

$$\therefore V_o = -\frac{R_f}{R} (V_1 + V_2 + V_3)$$



الشكل (6.11) دائرة المكبر الجامع.

مثال: صمم دائرة المكبر التي تنتج الإخراج التالي: $V_o = (3V_1 + 5V_2 + V_3)$؟

الحل: الدائرة موضحة بالشكل (6.12).

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3\right)$$

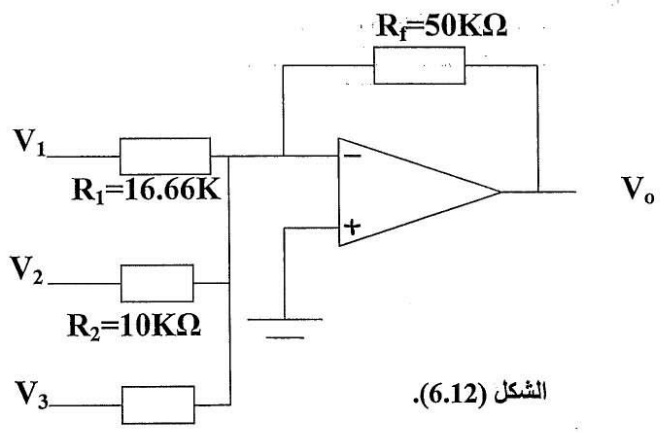
$$\therefore \frac{R_f}{R_1} = 3, \frac{R_f}{R_2} = 5, \text{ and } \frac{R_f}{R_3} = 1$$

Let $R_f = 50K\Omega$

$$R_1 = \frac{R_f}{3} = \frac{50K\Omega}{3} = 16.66K\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_f}{5} = \frac{50K\Omega}{5} = 10K\Omega$$

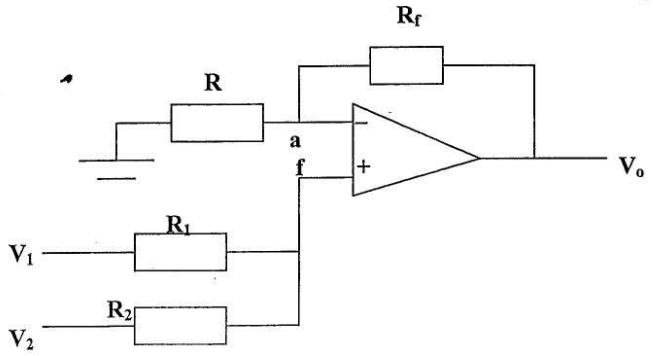
$$R_3 = \frac{R_f}{1} = \frac{50K\Omega}{1} = 50K\Omega$$



الشكل (6.12).

6.1.4.2 The Noninverting Adder: المضيف غير القالب:

يجري تسليط الدخل في هذه الدائرة عبر الطرف غير القلب في حين تبقى عناصر التغذية العكسية مع الطرف القالب كما في الشكل (6.13). اذ يتضح من الشكل ان النقطة (a) غير مؤرضة بسبب وجود اشارات على الطرف الاخر.



الشكل (6.13).

لاستخراج العلاقة بين فولتيات الادخال والاخراج نستخدم نظرية التراكب:

- نأخذ بالاعتبار V_1 ونقصر V_2 لذا تكون الفولتية المجهزة الى الادخال الغير قالب لمكبر العمليات:

$$V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$

وتكون فولتية الخرج الناتجة بتأثير (V_1):

$$V_{out1} = (\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1)(1 + \frac{R_f}{R})$$

- نأخذ بالاعتبار V_2 ونقصر V_1 لذا تكون الفولتية المجهزة الى الادخال الغير قالب لمكبر العمليات:

$$V_f = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2$$

وتكون فولتية الخرج الناتجة بتأثير (V_2):

$$V_{out2} = (\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2)(1 + \frac{R_f}{R})$$

وبجمع الناتج وفقاً لنظرية التراكب يصبح لدينا:

$$V_o = V_{out1} + V_{out2} = (\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1)(1 + \frac{R_f}{R}) + (\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_2)(1 + \frac{R_f}{R})$$

$$\therefore V_o = (1 + \frac{R_f}{R})(\frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2})$$

وفي حالة تساوي المقاومات ($R_1=R_2=R=R_f$) جميعاً تكون فولتية الاخراج:

$$V_o = V_1 + V_2$$

مثال: لدائرة المضيف غير القالب كما في الشكل (6.13)، اذا كانت ($R_1=R_2=2K\Omega$)، ($R=R_f=10K\Omega$)، و ($V_1=2V, V_2=3V$)، فما قيمة فولتية الخرج لهذه الدائرة؟

الحل:

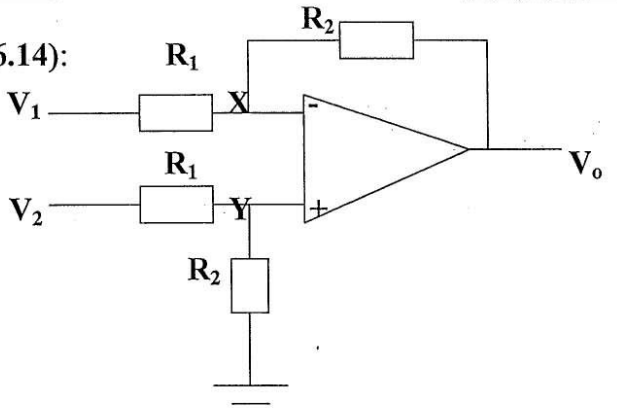
$$V_o = (1 + \frac{R_f}{R})(\frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2})$$

$$= (1+1)(\frac{V_1 + V_2}{2}) = V_1 + V_2 = 2 + 3 = 5V$$

6.1.5 Subtracting Amplifier: المكبر الطارح:

- **Assuming Balance Fig. (6.14):**

If $\frac{R_1}{R_2}=\frac{R_1}{R_2}$



الشكل (6.14) دائرة المكبر الطارح.

At node (X)

$$\frac{V_X-V_1}{R_1}+\frac{V_X-V_o}{R_2}=0$$

$V_X \neq 0$ **Because** $V_Y \neq 0$

$$V_Y=V_2\frac{R_2}{R_1+R_2}=V_X \text{.....(1)}$$

$$\frac{V_X}{R_1}-\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_X}{R_2}-\frac{V_o}{R_2}=0$$

$$\left[\frac{V_X}{R_1}-\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_X}{R_2}=\frac{V_o}{R_2}\right]\times R_2 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1}V_X-\frac{R_2}{R_1}V_1+V_X=V_0$$

Sub. In Eq. (1)

$$\frac{R_2}{R_1}\times\frac{R_2}{R_1+R_2}V_2-\frac{R_2}{R_1}V_1+\frac{R_2}{R_1+R_2}V_2=V_o$$

$$V_o=\left(\frac{R_2^2+R_1R_2}{R_1(R_1+R_2)}\right)V_2-\frac{R_2}{R_1}V_1 \Rightarrow V_o=\left(\frac{R_2(R_2+R_1)}{R_1(R_1+R_2)}\right)V_2-\frac{R_2}{R_1}V_1 \Rightarrow V_o=\frac{R_2}{R_1}V_2-\frac{R_2}{R_1}V_1$$

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

- **Assuming Unbalance Fig. (6.15):**

At node (X)

$$\frac{V_x-V_1}{R_1}+\frac{V_X-V_o}{R_2}=0$$

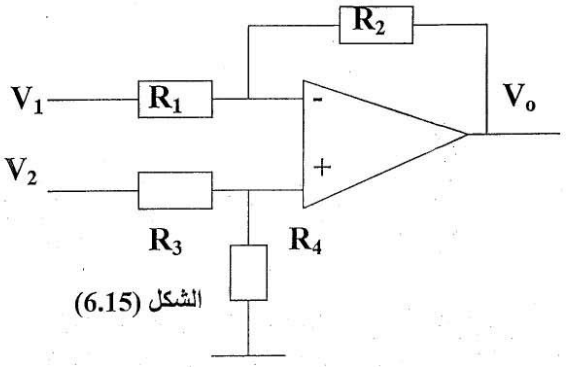
$$V_Y=V_X=V_2\frac{R_4}{R_3+R_4} \text{.....(1)}$$

$$\left[\frac{V_X}{R_1}-\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_X}{R_2}=\frac{V_o}{R_2}\right]\times R_2$$

$$\frac{R_2}{R_1}V_X-\frac{R_2}{R_1}V_1+V_X=V_o$$

$$\frac{R_2}{R_1}\times\frac{R_4}{R_3+R_4}V_2-\frac{R_2}{R_1}V_1+\frac{R_4}{R_3+R_4}V_2=V_0$$

$$\therefore V_o=\frac{R_2R_4+R_1R_4}{R_1(R_3+R_4)}V_2-\frac{R_2}{R_1}V_1$$



الشكل (6.15)

مثال: صمم دائرة مكبر العمليات التي تنتج الإخراج التالي: $(V_o = 6(V_2 - V_1))$؟

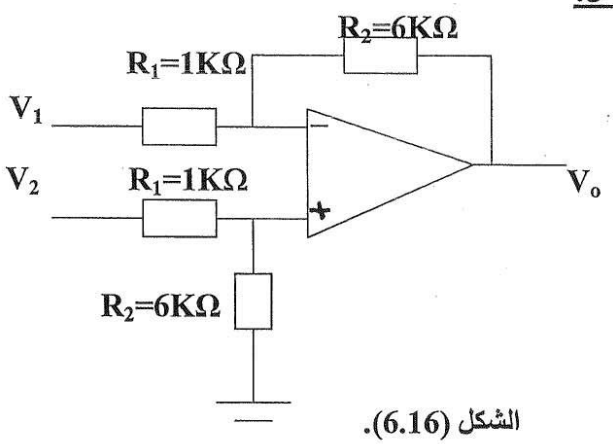
الحل:

$$V_o = \frac{R_2}{R_1}V_2 - \frac{R_2}{R_1}V_1$$

$$\therefore \frac{R_2}{R_1} = 6$$

Let $R_1 = 1K\Omega \Rightarrow \frac{R_2}{1K\Omega} = 6$

$$\therefore R_2 = 6K\Omega$$



الشكل (6.16).

مثال: صمم الدائرة التي تنتج الخرج التالي:

$$V_o = 0.1V_2 - 2V_1$$

1. باستخدام المكبر الجامع؟
2. باستخدام المكبر الطارح؟

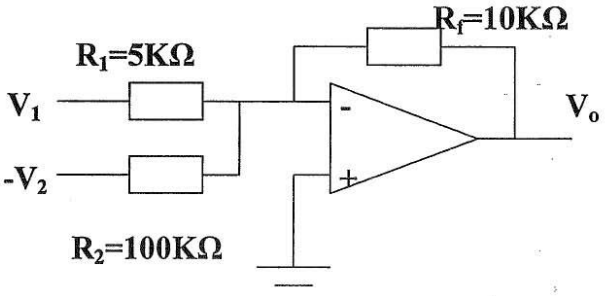
الحل:

1. $V_o = \frac{R_f}{R_2}V_2 - \frac{R_f}{R_1}V_1$

$$\therefore \frac{R_f}{R_1} = 2 \quad \text{Let } R_f = 10K\Omega$$

$$\frac{10K}{R_1} = 2 \Rightarrow R_1 = \frac{10K}{2} = 5K\Omega$$

$$\frac{R_f}{R_2} = 0.1 \Rightarrow R_2 = \frac{10}{0.1} = 100K\Omega$$



الشكل (6.17) دائرة المكبر الجامع.

2. $V_o = \frac{R_2R_4 + R_1R_4}{R_1(R_3 + R_4)}V_2 - \frac{R_2}{R_1}V_1$

$$V_o = 0.1V_2 = -2V_1 \quad \Rightarrow \quad \therefore \frac{R_2}{R_1} = 2 \quad \text{let } R_1 = 1K\Omega \Rightarrow R_2 = 2K\Omega$$

Let $R_4 = 1K\Omega \quad \therefore \frac{2\times1 + 1\times1}{1(R_3 + 1)} = 0.1$

$$\frac{3}{R_3 + 1} = 0.1 \Rightarrow 3 = 0.1R_3 + 0.1$$

$$\therefore 2.9 = 0.1R_3 \Rightarrow R_3 = \frac{2.9}{0.1} = 29K\Omega$$

الاختبار البعدي

س1: قارن بين دائرتي المكبر العاكس وغير العاكس، مع رسم الاشارة الخارجة.

س2: صمم دائرة مكبر الجامع التي تحقق المعادلة التالية:

$$V_O = V_1 + V_2 + V_3$$

س3: ارسم المخطط العام لمكبر العمليات نوع LM741 مبينا اطرافه.

- **المصادر** الاساسية :+

(اساسيات الالكترونيك:

(ترجمة بدر محمد علي، د.رياض كمال الحكيم) اساسيات الالكترونيك:

-
- **المصادر المقترحة:**
- **Thomas, L.F.(2000 Electronic devices , 2nd ed., Merrill Publishing Company. London.**
-



-