الجامعة التقنية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني كركوك

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: التقنيات الالكترونية والاتصالات

اسم المقرر: الدوائر الكترونية٢

المرحلة / المستوى: الثاني

الفصل الدراسي: الثاني

السنة الدراسية: ٢٠٢٤ ـ ٢٠٢٥

معلومات عامة

اسم المقرر:	الدوائر الالكترونية٢						
القسم:	التقنيات الالكترونية والاتصالات						
الكلية:	المعهد التقني كركوك						
المرحلة / المستوى	الثاني						
الفصل الدراسي:	الثاني						
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	٢	عملي	٢			
عدد الوحدات الدراسية:	٤						
الرمز:	ECT207						
نوع المادة	نظري		عملي		كلهما	نعم	
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	كلا						
اسم المقرر النظير							
القسم							
رمز المقرر النظير							
معلومات تدريسي المادة							
اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	عماد برهان كاظم						
اللقب العلمي:	مدرس مساعد						
سنة الحصول على اللقب	٢٠٢١						
الشهادة :	ماجستير						
سنة الحصول على الشهادة	٢٠٢٠						
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	٩						

الوصف العام للمقرر

تعريف الطالب على:

تعريف الطالب الدوائر الالكترونية الأساسية ، طرق تصميمها واستخدامها في تطبيقات عملية عديدة .

الاهداف العامة

- انواع الدوائر الالكترونية
- طريقة عملها
- مجال استخدامها
- دائرة مكبر الاشارة
- دائرة مجهزات القدرة
- دائرة منظمات الفولتية
- ما هو Operation Amplifier 741

الأهداف الخاصة

- كيفية تصنيع P-Type وما هي خواصه
- كيفية تصنيع N-Type وما هي خواصه
- كيفية تصنيع PN Junction (Diode) وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Transistor وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Thyristor وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Diac وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Triac وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Integrated Circuit وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Operation Amplifier 741 وما هي خواصه

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- التعرف على اسماء القطع الالكترونية ومن ما يتكون كل قطعة
- التعرف على المجالات الممكنه لاستخدام كل قطعة من القطع الالكترونية
- الظروف القياسية لتشغل كل قطعة من القطع الالكترونية

- **أمثلة أهداف تدريسية:**

- استخدام الدايود في دوائر الموحد
- استخدام الترانزستور في عمليات تكبير الاشارة
- استخدام الثايرستور والدياك والترياك في دوائر السيطرة
- استخدام مكبر العمليات في عمليات تكبير الاشارات

المتطلبات السابقة

- مادة الفيزياء والرياضيات لطلبة الاعدادية
- مادة الطبيعيات لطلبة الدراسات المهنية

الأهداف السلوكية أو مخرجات التعليم الأساسية	
تفصيل الهدف السلوكي أو مخرج التعليم	آلية التقييم
تعرف الطالب على أساسيات إلكترونيك	شرح وتبين بعض منى مكونات الكترونية
معرفة الطالب أنواع مكونات الكترونية	جلب عينات من كل مكونات الكترونية
ان يشرح الطالب عن كل مكونات الكترونية	مستوى الفهم للطالب
عمل دوائر الكترونية وربط المكونات مع بعضها لبيان وظيفة كل مكون في الدائرة	مستوى تركيب (قدرة الطالب على استنتاج معلومات غير موجودة في الكتاب)

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

الأسلوب أو الطريقة	مبررات الاختيار
١ - أسلوب محاضرة طويلة (أسلوب سرد وتلقين المعلومة مع الأسئلة والأجوبة	لتلقين معلومات جديدة على مجموعة من الطلبة في وقت محدد
٢.أسلوب محاضرة نقاشية أعطاء فرصة مشاركة للطالب لطرح الأسئلة في أذهانهم	لإعادة الجزء غير المفهوم من المحاضرة للطالب وتقوية الثقة لدى الطالب للمشاركة
٣.أسلوب طرح موضوع أو مشكلة وحلها	للحث على مشاركة أكبر عدد من الطلبة لترسيخ الفكرة لديهم
٤.أسلوب عصف الذهني	تعلم نشط لوضع ذهن الطلبة في حالة من الجاهزية والترقب

الفصل الاول المذبذبات						
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	النظري	العملي					
الأسبوع الأول	٢		المذبذبات	المقدمة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المخطط الكتلي	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				شروط التذبذب	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				معادلة الكسب الكلي	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				انواع المذبذبات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
					محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الثاني	٢		RC Oscillator	مذبذب ازاحة الطور	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				دائرة المذبذب ازاحة الطور	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				استخدامته	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				سلبيات مذبذب ازاحة الطور	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الثالث والرابع	٢		دائرة الرنين LC	المقدمة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مذبذب هارتلي	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				دائرة مذبذب ونوع التغذية العكسية والمعادلات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مذبذب كولبتس	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				دائرة المذبذب ونوع التغذية العكسية والمعادلات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مذبذب كلاب	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				دائرة المذبذب ونوع التغذية العكسية والمعادلات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مسائل حسابية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	

الفصل الثاني المهتزات						
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	النظري	العملي					
الأسبوع الخامس	٢		المهتزات	المقدمة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				عمل المهتزات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				انواع المهتزات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
					محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الأسبوع السادس	٢		المهتزات	مهتز احادي الاستقرار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				دائرة مهتز احادي الاستقرار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مهتز ثنائي الاستقرار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				دائرة مهتز ثنائي الاستقرار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				تطبيقات مهتز ثنائي الاستقرار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
					محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع السابع	٢		المهتزات	مهتز عديم الاستقرار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				دائرة عديم الاستقرار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				عمل الدائرة واستخداماتها	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				موجة غير المتماثلة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				موجة متماثلة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الثامن والتاسع	٢		مكبر العمليات	المقدمة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				اهم تطبيقات مكبر العمليات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				الرمز والاطراف مكبرات العمليات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مواصفات الدائرة المتكاملة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				النبذه التاريخية والتركيب الداخلي لمكبر العمليات 741	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	

الفصل الثالث مكبر العمليات							
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	نظري	عملي					
الأسبوع . العاشر	٢		مكبر العمليات	مقدمة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المخطط الكتلي لمراحل التكبير لمكبر العمليات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				صيغ الاشتغال	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				التغذية العكسية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				فوائد التغذية العكسية السالبة لمكبر العمليات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الحادي عشر	٢		مكبر العمليات	المكبر الغير العاكس	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المكبر العاكس	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مسائل الحسابية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الثاني عشر	٢		مكبر العمليات	المكبر تابع الفولتية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المكبر الجامع الوزني	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المكبر المعدل	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المكبر الجامع	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الثالث عشر	٢		مكبر العمليات	استخدام مكبر العاكس كجامع	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				استخدام مكبر غير العاكس كجامع		عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مسائل الحسابية		عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الرابع عشر	٢		مكبر العمليات	المكبر الطارح	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المكبر التكاملي		عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				المكبر التفاضلي		عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مسائل الحسابية		عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
الاسبوع الخامس عشر	٢		مكبر العمليات	المقارن	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				الكاشف الصفري		عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	
				مسائل الحاسبية		عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني كركوك
قسم : التقنيات الالكترونية والاتصالات

المادة
دوائر الالكترونية

مستوى الثاني
فصل الثاني

مدرس المادة
م . م . عماد برهان كاظم

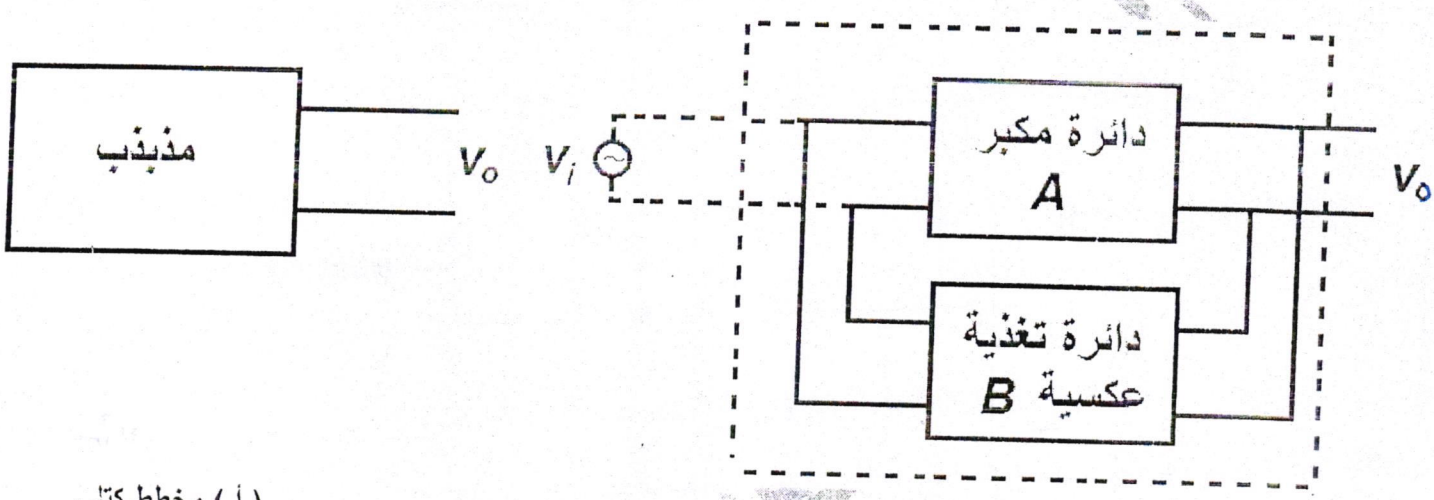
المذبذبات Oscillators

وهي الدوائر التي تولد اشارة اخراج بدون اشارة ادخال مثل دائرة رنين (LC) او (RC) او بلورة .

ولكي نحافظ على هذه الاشارة من التلاشي يتم ربط دائرة تكبير لتعويض الفقد في دائرة التذبذب.

ويتم هذا بربط دائرة الرنين كدائرة تغذية عكسية (مرتدة) موجبة تعيد جزء من اخراج دائرة التكبير الى ادخاله.

ويقصد بالتغذية العكسية الموجبة ان اشارة التغذية العكسية لها نفس طور اشارة الادخال.



(أ) مخطط كتلي

(ب) مخطط تفصيلي

شكل (1) مخطط المذبذب

كسب دائرة التكبير = A

كسب دائرة التغذية العكسية (دائرة الرنين) = B

كسب الدائرة المغلقة = AB

الكسب الكلي (G) :

$$G = \frac{1}{1 - AB}$$

<u>شروط التذبذب:</u>

1- وجود تغذية عكسية موجبة لكي يستمر التذبذب ولايتلاشى.

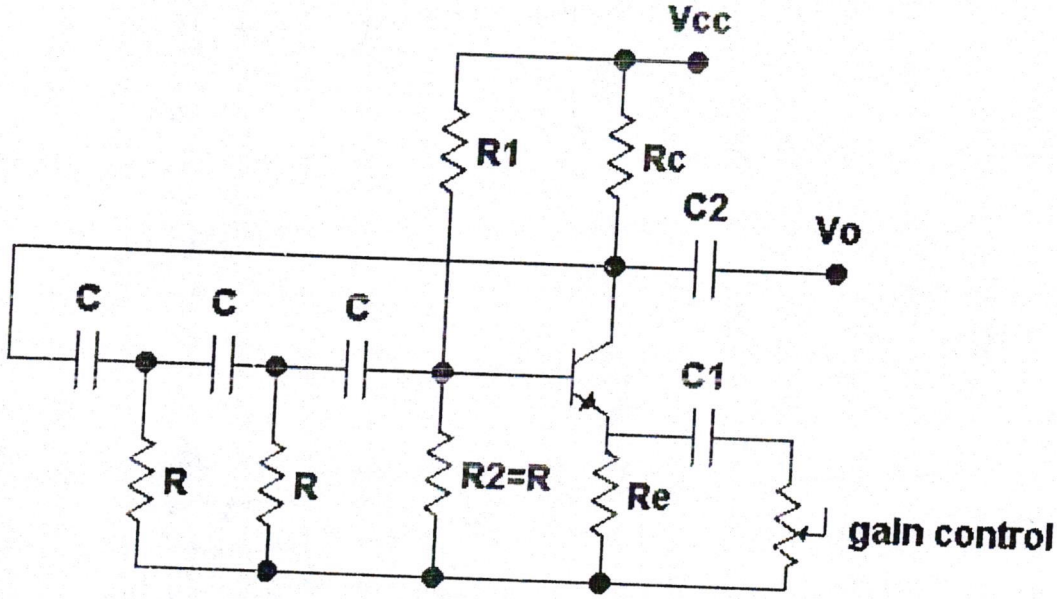
2- عند بدء التشغيل:

أ- يستوجب وجود اشارة صغيرة في ادخال دائرة التكبير.

ب- كسب الدائرة المغلقة (AB) اكبر من واحد لغرض تنامي اشارة البدء الصغيرة.

3- بعد تكبير الاشارة الى المستوى المطلوب يتم خفض (AB) الى قيمة واحد.

1- مذبذب ازاحة الطور (Phase-Shift RC Oscillator):



ويستخدم هذا النوع لتوليد الترددات المنخفضة (10Hz الى 100KHz).

دائرة المكبر ($A=\frac{r_c}{r_{e'}}$) يتمثل بترانزستور باعث مشترك بانحياز نوع مقسم الفولتية بواسطة المقاومتين $R1$ و $R2$.

دائرة الرنين (B) تتمثل بثلاث مراحل RC (عائدة من اخراج المكبر الى ادخاله).
من شروط التذبذب ان تكون دائرة التغذية العكسية موجبة (اي ازاحة الطور الكلية تساوي صفر)
الاثبات:

المكبر (باعث مشترك) يسبب ازاحة في طور الاخراج بمقدار 180^0 عن الادخال ، كل مرحلة RC تسبب ازاحة طور الاخراج العائد بمقدار 60^0 وبذلك يكون مجموعها ($60^0 + 60^0 + 60^0 = 180^0$) وبذلك ازاحة الطور الكلية من اخراج المكبر الى ادخاله تكون ($180^0 + 180^0 = 360^0 = 0^0$) .

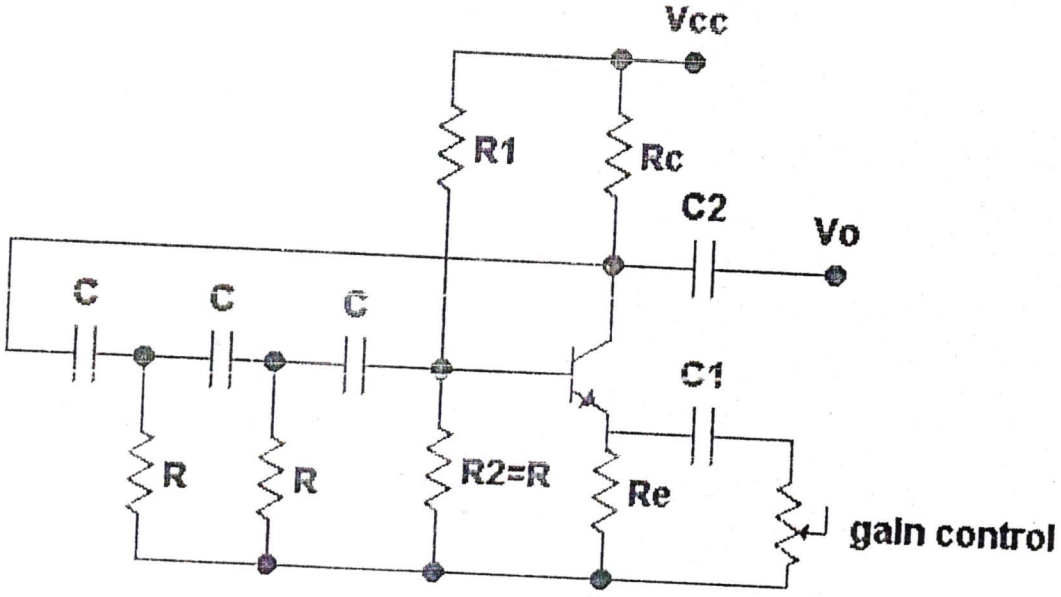
يمكن حساب تردد المذبذب بالمعادلة التالية:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

كما ويمكن حساب معادلة كسب دائرة الرنين(B) كما يلي:

$$B = -\frac{1}{29}$$

1- مذبذب ازاحة الطور (Phase-Shift RC Oscillator):



ويستخدم هذا النوع لتوليد الترددات المنخفضة (10Hz الى 100KHz).

دائرة المكبر ($A=\frac{r_c}{r_{e'}}$) يتمثل بترانزستور باعث مشترك بانحياز نوع مقسم الفولتية بواسطة المقاومتين $R1$ و $R2$.

دائرة الرنين (B) تتمثل بثلاث مراحل RC (عائدة من اخراج المكبر الى ادخاله).

من شروط التذبذب ان تكون دائرة التغذية العكسية موجبة (اي ازاحة الطور الكلية تساوي صفر)

الاثبات:

المكبر (باعث مشترك) يسبب ازاحة في طور الاخراج بمقدار 180^0 عن الادخال ، كل مرحلة RC تسبب ازاحة طور الاخراج العائد بمقدار 60^0 وبذلك يكون مجموعها ($60^0 + 60^0 + 60^0 = 180^0$) وبذلك ازاحة الطور الكلية من اخراج المكبر الى ادخاله تكون ($180^0 + 180^0 = 360^0 = 0^0$) .

يمكن حساب تردد المذبذب بالمعادلة التالية:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

كما ويمكن حساب معادلة كسب دائرة الرنين(B) كما يلي:

$$B = -\frac{1}{29}$$

.....

لغرض التذبذب يجب ان نبدا بتكبير دائرة المكبر (A) اكبر بقليل من (29).

سلبيات مذبذب ازاحة الطور :

للترددات العالية (اكبر من 1MHz) فان قيم R و C يجب ان تكون صغيرة وهذا يسبب مشكلة في ازاحة الطور للمكبر.

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

اسئلة :

1- ارسم مخطط تفصيلي لدائرة مذبذب مبينا معادلة الكسب الكلي G .

2- عدد شروط التذبذب.

3- لدائرة مذبذب ازاحة الطور:
أ- ارسم الدائرة.
ب- بين اين يستخدم.
ت- اكتب معادلة A .
ث- اكتب معادلة B.
ج- اكتب معادلة التردد.
ح- ماهو مقدار A اللازم لبدء التردد؟

4- ماهي سلبية مذبذب ازاحة الطور؟

5- املأ الفراغات التالية بما يناسبها:
أ- المذبذب عبارة عن دائرة تولد اشارة ..... دون اشارة ..... مثل دائرة رنين .....
أو ..... أو ..... .
ب- لكي نحافظ على اشارة دائرة رنين من التلاشي يتم ربط دائرة ..... لتعويض الفقد في التذبذب.
ت- يقصد بالتغذية العكسية الموجبة ان اشارة ..... لها نفس ..... اشارة .....

المعهد التقني / رمادي

الاسبوع ( ) 1

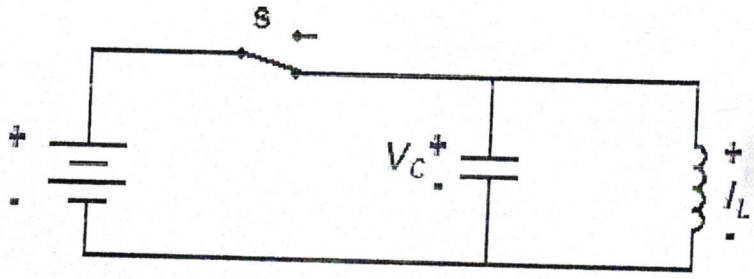
.....

المذبذبات (2)

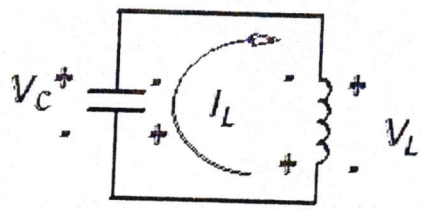
لمعالجة السلبية التي يبديها مذبذب ازاحة الطور في الترددات العالية نستعمل مذبذبات بدائرة رنين LC حيث تكون مناسبة للترددات من 1MHz لغاية 500MHz .

دائرة رنين LC :

عند توصيل المفتاح S ، يتم خزن طاقة في المتسعة والملف.



عند فصل المفتاح S ، المتسعة والمحاثة يقومان بتبادل الطاقة المخزونة وبذلك يحدثان تذبذبا بقيم الجهد والتيار عند تردد معين هو رنين الدائرة LC.



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

تتشتت هذه الطاقة مع الزمن بسبب الفقد، لذلك نستخدم مكبر الترانزستور لتكبير الذبذبة والدائرة الناتجة تدعى مذبذب بدائرة رنين (LC).

نستخدم مكبر نوع الباعث المشترك،

$$A \approx \frac{r_c}{r_{e'}}$$

شرط بدء التذبذب $AB > 1$

$$\frac{r_c}{r_{e'}} > \frac{1}{B}$$

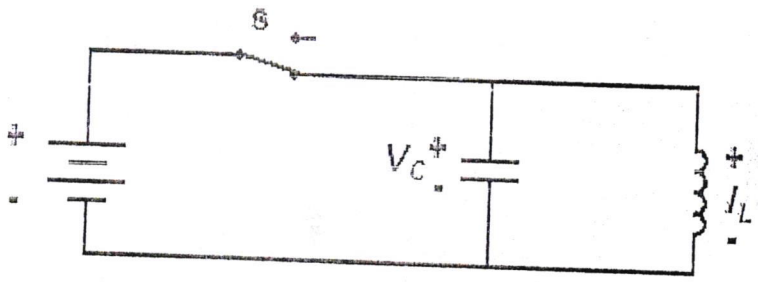
الاسبوع (١)

المذبذبات (2)

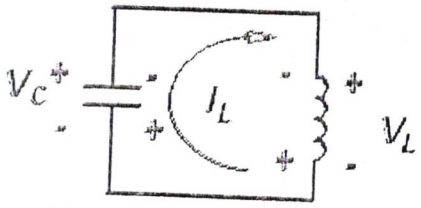
لمعالجة السلبية التي يبديها مذبذب ازاحة الطور في الترددات العالية نستعمل مذبذبات بدائرة رنين LC حيث تكون مناسبة للترددات من 1MHz لغاية 500MHz .

دائرة رنين LC :

عند توصيل المفتاح S ، يتم خزن طاقة في المتسعة والملف.



عند فصل المفتاح S ، المتسعة والمحاثة يقومان بتبادل الطاقة المخزونة وبذلك يحدثان تذبذبا بقيم الجهد والتيار عند تردد معين هو رنين الدائرة LC.



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

تتشتت هذه الطاقة مع الزمن بسبب الفقد، لذلك نستخدم مكبر الترانزستور لتكبير الذبذبة والدائرة الناتجة تدعى مذبذب بدائرة رنين (LC).

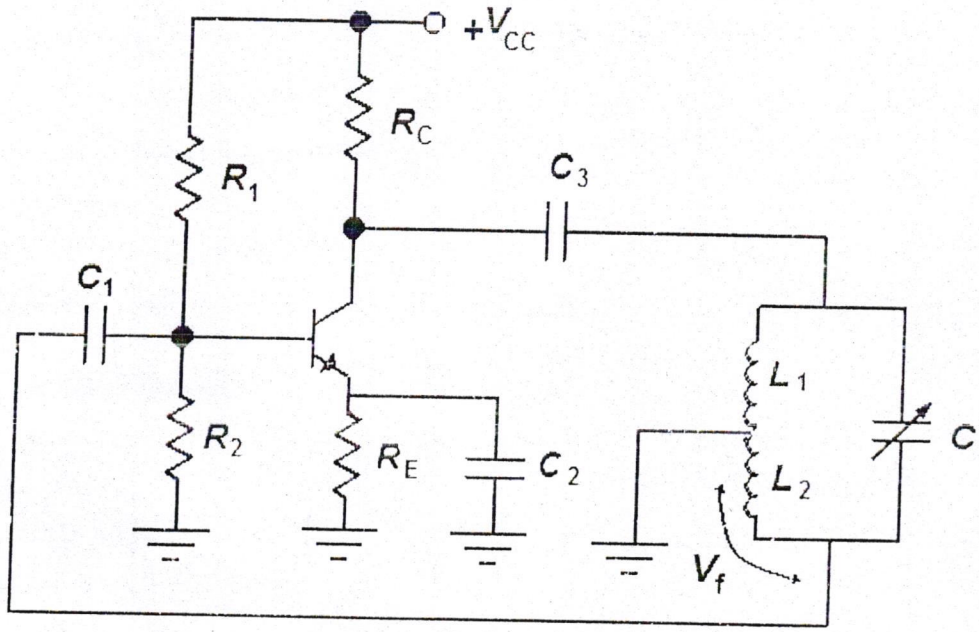
نستخدم مكبر نوع الباعث المشترك،

$$A \approx \frac{r_c}{r_{e'}}$$

شرط بدء التذبذب $AB > 1$

$$\frac{r_c}{r_{e'}} > \frac{1}{B}$$

1- مذبذب هارتلي : Hartley Oscillator



- التغذية العكسية من مقسم فولتية جهد حثي

$$A \approx \frac{r_c}{r_{e'}}$$

$$B = \frac{V_f}{V_o} = \frac{2\pi f L_2}{2\pi f L_1} = \frac{L_2}{L_1}$$

شرط التذبذب :

$$\frac{L_2}{L_1} \times \frac{r_c}{r_{e'}} > 1$$

$$\frac{r_c}{r_{e'}} > \frac{L_1}{L_2}$$

وبذلك نختار قيمة B $\left(\frac{L_2}{L_1} \right)$ صغيرة لكي لانفقد جزء من اشارة الخرج.

الاسبوع ( ) 3

.....

اسئلة:

1- بين كيفية معالجة السلبية التي يبديها مذبذب ازاحة الطور عند الترددات العالية ، موضحا ذلك برسم دائرة الرنين وشرح عملها.

2- لدائرة مذبذب هارتلي:

أ- ارسم الدائرة.

ب- بين نوع التغذية العكسية.

ت- اكتب معادلة A .

ث- اكتب معادلة B .

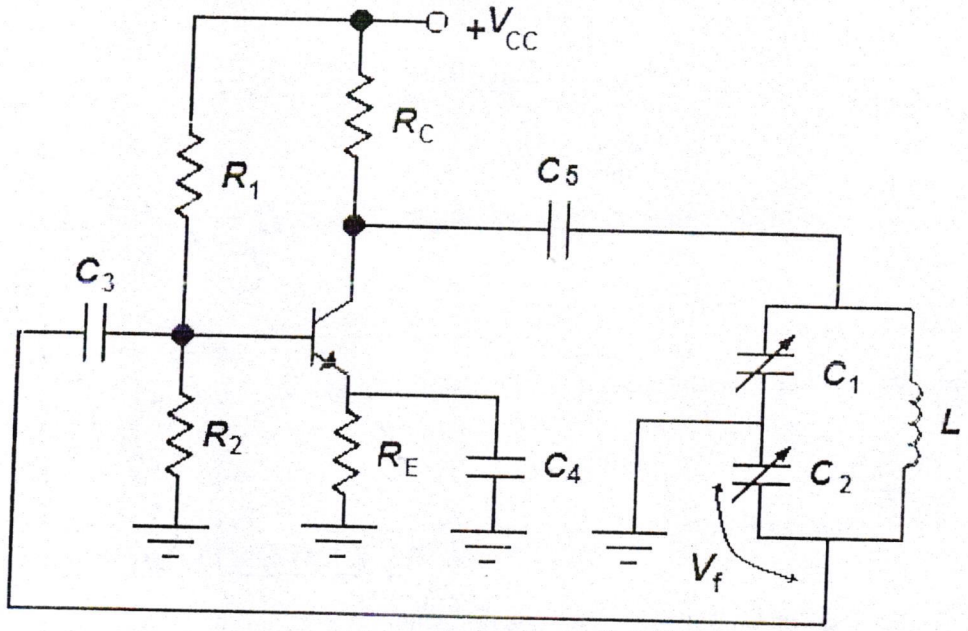
ج- اكتب معادلة التردد .

ح- اكتب معادلة شرط بدء التردد.

م. احمد التقي / كردي

المذبذبات (3)

2- مذبذب نوع كولبتس : Colpitts Oscillator



- التغذية العكسية من مقسم جهد سعوي.

$$C = \frac{C_1 \; C_2}{C_1 + C_2}$$

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

$$A \approx \frac{r_c}{r_e}$$

$$B = \frac{V_f}{V_o} = \frac{X_{C_2}}{X_{C_1}} = \frac{1/2\pi f C_2}{1/2\pi f C_1} = \frac{C_1}{C_2}$$

شرط بدء التذبذب $AB > 1$

$$\frac{r_c}{r_{e'}} \times \frac{C_1}{C_2} > 1$$

$$\frac{r_c}{r_{e'}} > \frac{C_2}{C_1}$$

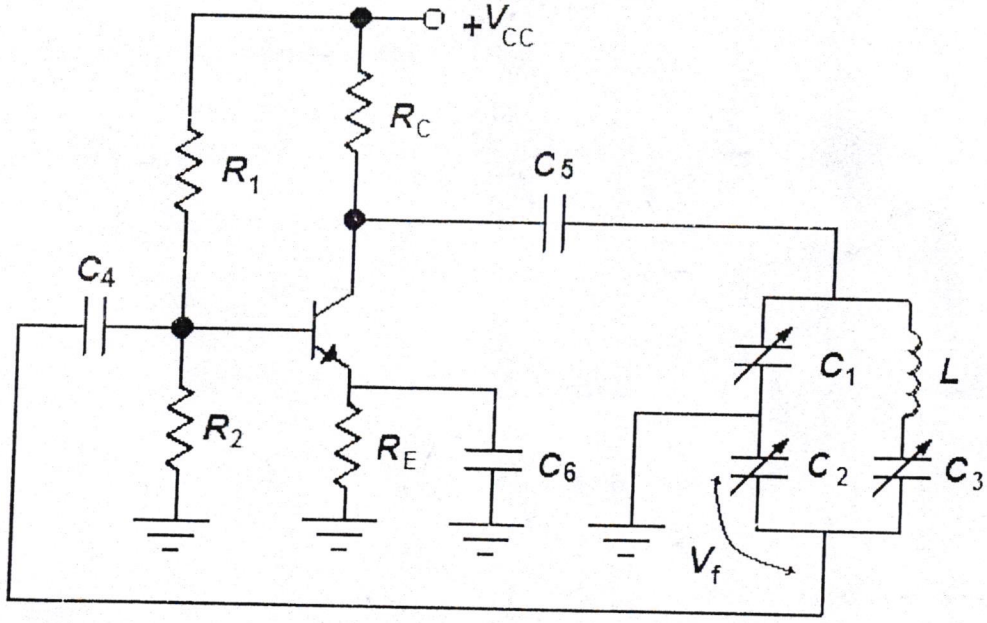
نختار قيمة $B = \frac{C_1}{C_2}$ صغيرة لكي لا نفقد جزء من اشارة الخرج .

- سلبية مذبذب كولبتس :

C_1 و C_2 تكون على التوازي مع المتسعات الشاردة مما يؤثر على قيمة التردد.

مذبذب نوع كلاب : Clap Oscillator

- هذا النوع اكثر استقرارا من نوع كولبتس وذلك بجعل C_3 المتسعة المؤثرة بدلا من C_1 و C_2 وبذلك نتخلص من سلبية مذبذب كولبتس المتمثلة بتاثير توازي المتسعات الشاردة.



- وتنطبق عليه نفس قوانين مذبذب نوع كولبتس.

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \cong C_3$$

$$\frac{r_c}{r_{e'}} \times \frac{C_1}{C_2} > 1$$

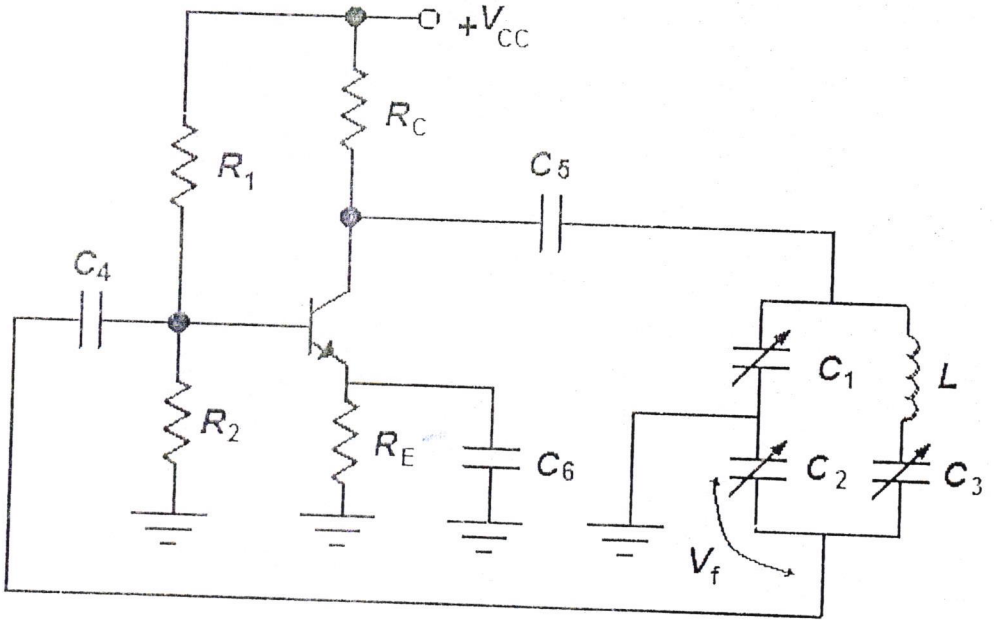
$$\frac{r_c}{r_{e'}} > \frac{C_2}{C_1}$$

نختار قيمة $B = \frac{C_1}{C_2}$ صغيرة لكي لا نفقد جزء من اشارة الخرج .

- سلبية مذبذب كولبتس :
C_1 و C_2 تكون على التوازي مع المتسعات الشاردة مما يؤثر على قيمة التردد.

٣- مذبذب نوع كلاب : Clap Oscillator

- هذا النوع اكثر استقرارا من نوع كولبتس وذلك بجعل C_3 المتسعة المؤثرة بدلا من C_1 و C_2 وبذلك نتخلص من سلبية مذبذب كولبتس المتمثلة بتاثير توازي المتسعات الشاردة.



- وتنطبق عليه نفس قوانين مذبذب نوع كولبتس.

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \cong C_3$$

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

$$A \approx \frac{r_c}{r_{e'}}$$

$$B = \frac{V_f}{V_o} = \frac{X_{C_2}}{X_{C_1}} = \frac{1/2\pi f C_2}{1/2\pi f C_1} = \frac{C_1}{C_2}$$

شرط بدء التذبذب $AB > 1$

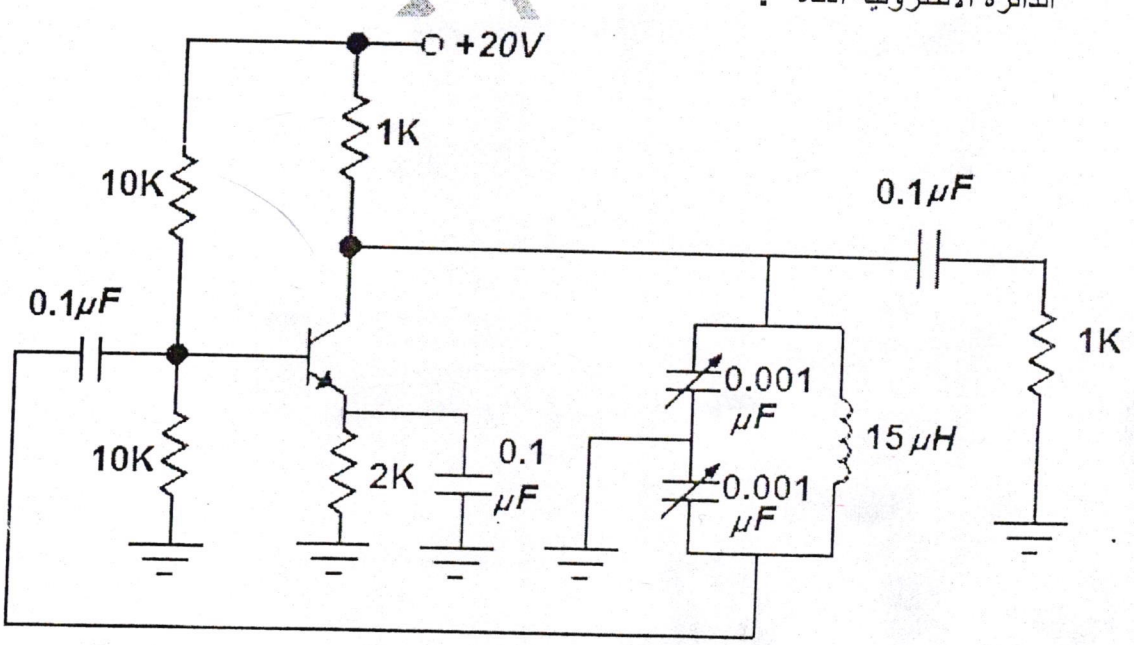
$$\frac{r_c}{r_{e'}} \times \frac{C_1}{C_2} > 1$$

$$\frac{r_c}{r_{e'}} > \frac{C_2}{C_1}$$

نختار قيمة $B = \frac{C_1}{C_2}$ صغيرة لكي لا نفقد جزء من اشارة الخرج .

مثال 1:

الدائرة الالكترونية ادناه :



المطلوب :

1- اذكر اسم الدائرة.
2- احسب التردد.

الجواب:

1- الدائرة تمثل مذبذب نوع كولبتس.

2-

$$C = \frac{C_1 \ C_2}{C_1 + C_2} = 909\ pF$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{15(10^{-6})\ 909\ (10^{-12})}}$$

$$= 1.36\ MHz$$

- اذا اضيفت متسعة ($50\ pF$) على التوالي مع الملف ($15\ \mu H$) ماهي تسمية الدائرة الناتجة؟ ثم احسب التردد الجديد.

الجواب : الدائرة تدعى مذبذب نوع (كلاب)

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \cong C_3 = 50\ pF$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_3}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{15(10^{-6})\ 50\ (10^{-12})}}$$

$$= 5.81\ MHz$$

المطلوب :

1- اذكر اسم الدائرة.
2- احسب التردد.

الجواب:

1- الدائرة تمثل مذبذب نوع كولبتس.

2-

$$C = \frac{C_1 \ C_2}{C_1 + C_2} = 909\ pF$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{15(10^{-6})\ 909\ (10^{-12})}}$$

$$= 1.36\ MHz$$

- اذا اضيفت متسعة (50 pF) على التوالي مع الملف (15 μH) ماهي تسمية الدائرة الناتجة؟ ثم احسب التردد الجديد.

الجواب : الدائرة تدعى مذبذب نوع (كلاب)

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \cong C_3 = 50\ pF$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_3}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{15(10^{-6})\ 50\ (10^{-12})}}$$

$$= 5.81\ MHz$$

الاسبوع ( ) 5

.....

اسئلة :

1- ارسم دائرة مذبذب نوع كولبتس ثم بين مايلي:
أ- نوع التغذية العكسية.
ب- معادلة التردد الرنيني.
ت- معادلة A .
ث- معادلة B .
ج- شرط بدء التردد.
ح- سلبية المذبذب.

2- ارسم دائرة مذبذب نوع كلاب ثم بين مايلي:
أ- نوع التغذية العكسية.
ب- معادلة التردد الرنيني.
ت- معادلة A .
ث- معادلة B .
ج- شرط بدء التردد.
ح- لماذا يكون اكثر استقرارا من مذبذب نوع كولبتس؟

3- مثال 1.

4- املأ الفراغات التالية بما يناسبها :
- أ- في مذبذب نوع كولبتس، تكون التغذية العكسية من مقسم جهد .....
- ب- سلبية مذبذب كولبتس تنشا بسبب كون C_1 و C_2 على التوازي مع ..... مما يؤثر على قيمة ..... .

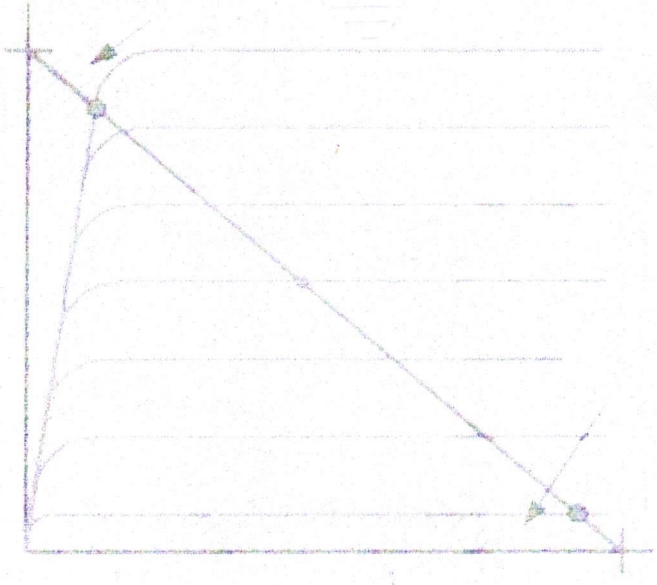
الاسبوع ( ) 1

الكترونيك صناعي

استخدام الترانزستور كمفتاح

يحصل التوصيل فى صيغة الباعث المشترك اذا تم تحييز وصلة القاعدة- باعث اماميا وبمقدار يتغلب على الجهد (الحاجز V_{BE}) . في المنطقة الفعالة (منطقة التشغيل) يعمل الترانزستور كمكبر حيث يكون تيار الجامع هو صورة مكبرة لتيار القاعدة. عند استخدام الترانزستور كمكبر لاشارة تيار متردد ، يتم تطبيق جهد انحياز لقاعدة الترانزستور بطريقة بحيث تعمل دائما فى مدى منطقتها الفعالة . اى يتم استخدام الجزء الخطى من منحنيات خواص الخرج.

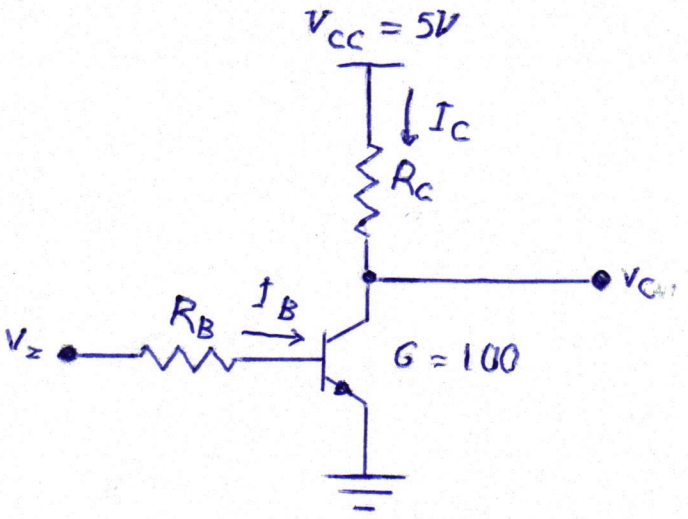
Operating Regions



لا يقتصر استخدام الترانزستور فى دوائر التكبير وانما يمكن استخدامه ايضا كمفتاح الكترونى فى الدوائر الالكترونية المختلفة التى تبنى منها الحواسيب او اجهزة التحكم. اذا كانت الدائرة تستخدم الترانزستور ثنائى القطبية كمفتاح ، فان انحياز الترانزستور ، سواء اكان NPN او PNP ، يرتب ليعمل الترانزستور عند كل من جانبى منحنيات الخواص (I-V) . ان تشغيل الترانزستور كمفتاح يحتاج ان يتم فصله بالكامل او توصيله بالكامل.

عند التشبع فان اي زيادة اضافية لتيار القاعدة I_B سوف يسوق الترانزستور بشكل اعمق الى التشبع ولكن تيار الجامع I_C سوف لن يزداد (الترانزستور متشبع اي لايمكنه تمرير المزيد من تيار الجامع). كما يمكن ان يحصل القطع اذا حيزت وصلة القاعدة- باعث عكسيا او حتى اذا كانت منحازة اماميا ولكن بجهد قليل لاتكفي للتغلب على الجهد الحاجز.

الشكل التالي يبين استخدام الترانزستور كمفتاح لبناء دائرة عاكس.



لاحظ ان الدائرة لاتحوي دائرة انحياز للترانزستور وذلك لان الترانزستور يعمل كمفتاح الكتروني ويكون دائما اما في حالة الاشباع (وضع ON) او في حالة القطع (وضع OFF).

عند وضع الاشباع :

حيث ان قيمة $V_{CE(sat)}$ قليلة نسبيا (بحدود 0.2V) مقارنة مع قيمة V_{CC} ، فيمكن اعتبار ان تيار المجمع في وضع ON هو :

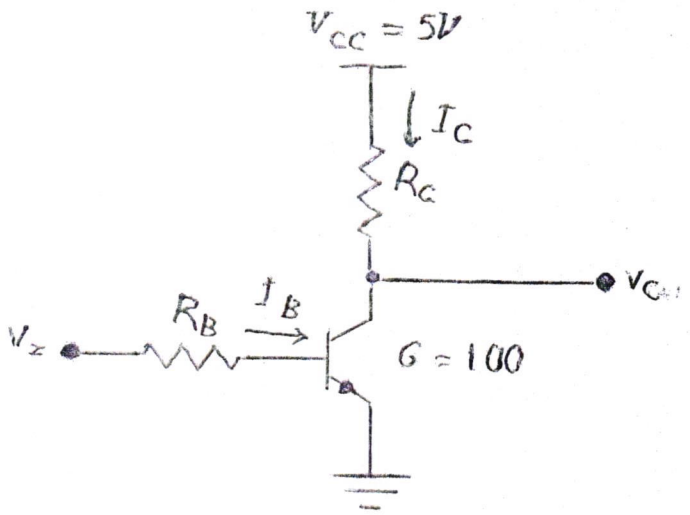
وتيار القاعدة اللازم لجعل الترانزستور في حالة اشباع (تيار الانحياز) هو:

ويراعي دائما ان يكون تيار القاعدة اعلى قليلا من هذه القيمة وذلك لضمان ان يكون الترانزستور في حالة اشباع مع تغير قيمة المعامل β نتيجة تغير الحرارة ولاختلاف قيمة المعامل β حتى للترانزستورات من نفس النوع.

لكن زيادة تيار القاعدة بمقدار كبير نسبيا سيودي الى زيادة الضياع الحراري في الترانزستور مما يودي الى ارتفاع حرارته وكذلك يودي الى التقليل من سرعة انتقال الترانزستور بين حالة الاشباع وحالة القطع.

لاحظ ايضا ان $V_O = V_{CE}$ وعندما تكون فولتية المدخل بقيمة عالية فان الترانزستور يكون في حالة اشباع وتكون قيمة فولتية الاخراج صغيرة (تساوي V_{CEsat})، اما عندما فولتية الادخال تساوي صفرا فان الترانزستور يكون في حالة قطع وتكون قيمة تيار الجامع تساوي قيمة تيار التسرب فقط (والتي تقارب الصفر) وبالتالي فان قيمة فولتية الاخراج عالية وتساوي قيمة V_{CC} .

الشكل التالي يبين استخدام الترانزستور كمفتاح لبناء دائرة عاكس.



لاحظ ان الدائرة لاتحوي دائرة انحياز للترانزستور وذلك لان الترانزستور يعمل كمفتاح الكتروني ويكون دائما في
حالة الاشباع (وضع ON) او في حالة القطع (وضع OFF).

عند وضع الاشباع :

حيث ان قيمة $V_{CE(sat)}$ قليلة نسبيا (بحدود 0.2V) مقارنة مع قيمة V_{CC} ، فيمكن اعتبار ان تيار المجمع في
وضع ON هو :

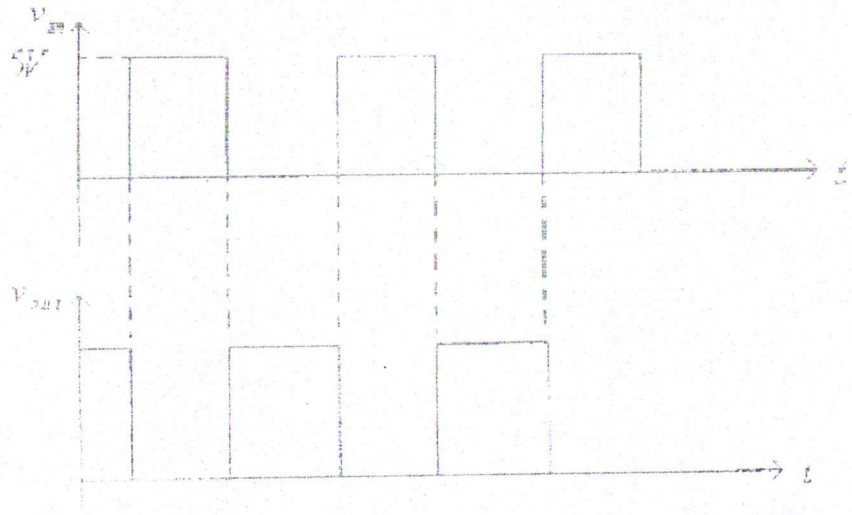
وتيار القاعدة اللازم لجعل الترانزستور في حالة اشباع (تيار الانحياز) هو:

ويراعي دائما ان يكون تيار القاعدة اعلى قليلا من هذه القيمة وذلك لضمان ان يكون الترانزستور في حالة اشباع
تغير قيمة المعامل β نتيجة تغير الحرارة ولاختلاف قيمة المعامل β حتى للترانزستورات من نفس النوع

لكن زيادة تيار القاعدة بمقدار كبير نسبيا سيودي الى زيادة الضياع الحراري في الترانزستور مما يودي الى ارتفاع
حرارته وكذلك يودي الى التقليل من سرعة انتقال الترانزستور بين حالة الاشباع وحالة القطع.

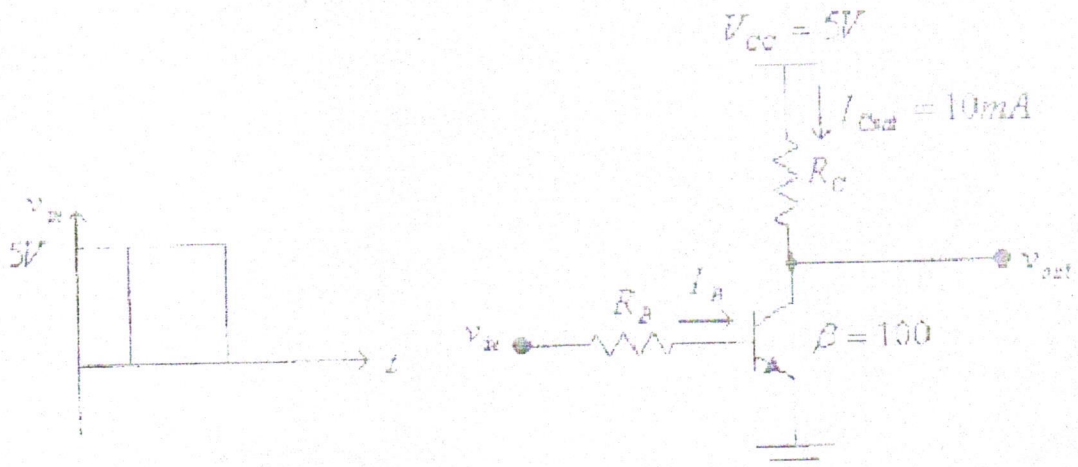
لاحظ ايضا ان $V_O = V_{CE}$ وعندما تكون فولتية المدخل بقيمة عالية فان الترانزستور يكون في حالة اشباع
وتكون قيمة فولتية الاخراج صغيرة (تساوي $V_{CE(sat)}$). اما عندما فولتية الادخال تساوي صفرا فان الترانزستور
يكون في حالة قطع وتكون قيمة تيار المجامع تساوي قيمة تيار التسرب فقط (والتي تقارب الصفر) وبالتالي تكون
فولتية الاخراج عالية وتساوي قيمة V_{CC} .

ومن هنا يلاحظ ان فولتية الاخراج والادخال متعاكستين تماما، لهذا تسمى هذه الدائرة بالعاكس ، والشكل التالي يبين موجتي فولتيتي الادخال والاخراج.



مثال 1:

لدائرة العاكس التالية، اوجد قيمة كل من المقاومتين R_C و R_B اذا علمت ان $I_{csat} = 10mA$ وان فولتية الادخال تتغير بين الصفر و 5V.



الحل:

$$R_L = \frac{V_{cc}}{I_{c\,sat}} = \frac{5}{10x10^{-3}} = 500\Omega$$

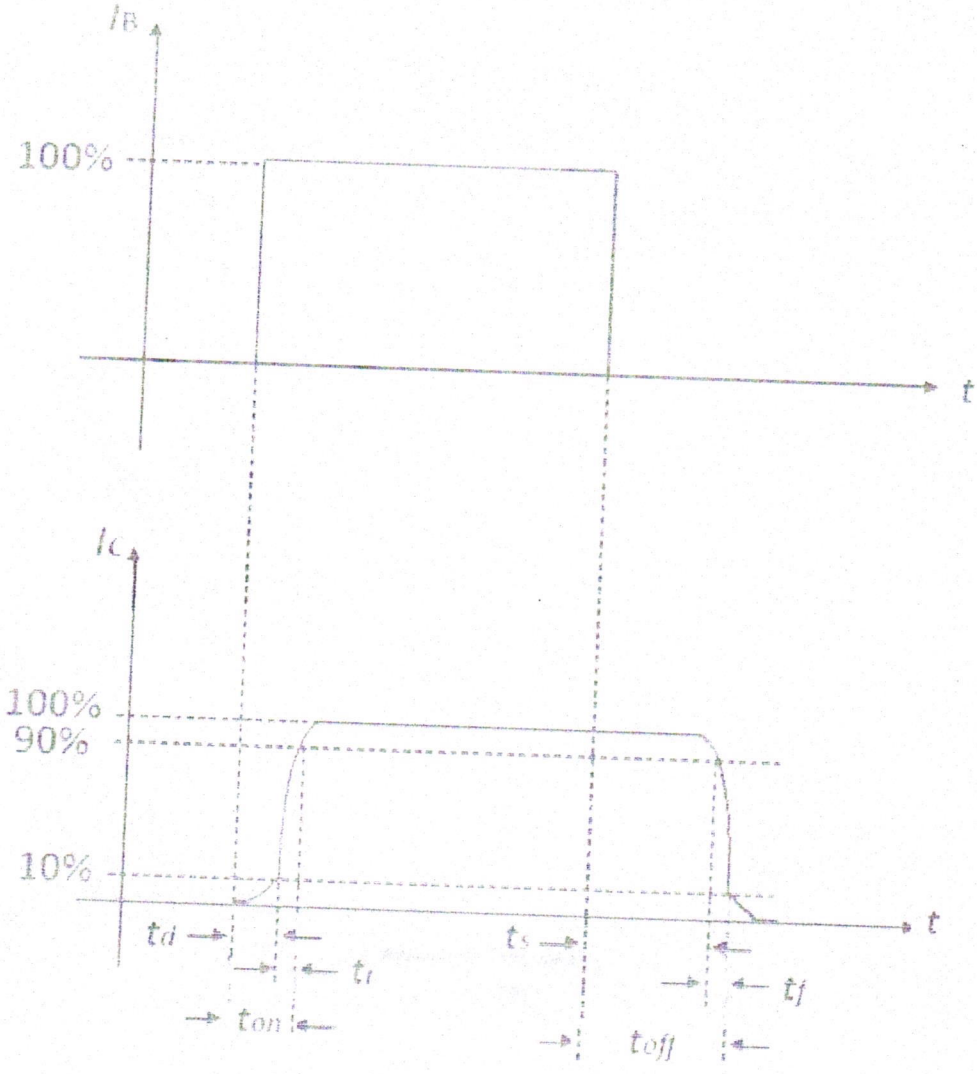
$$I_B = \frac{I_{c\,sat}}{\beta} = \frac{10x10^{-3}}{100} = 1x10^{-4}A = 100\mu A$$

$$R_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0.7}{100x10^{-6}} = 43000\Omega = 43k\Omega$$

ولكي يكون تيار القاعدة للترانزستور أعلى قليلا من تيار القاعدة المحسوب سابقا فإننا نختار $R_B = 40k\Omega$ في هذه الحالة فإن:

$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0.7}{40x10^{3}} = 108\mu A$$

الاشكال الموجية التالية تبين انتقال الترانزستور من حالة القطع الى حالة الاشباع ثم العودة الى القطع.



الحل:

$$R_{C_{sat}} = \frac{5}{1\times10^{-2}} = 500\Omega$$

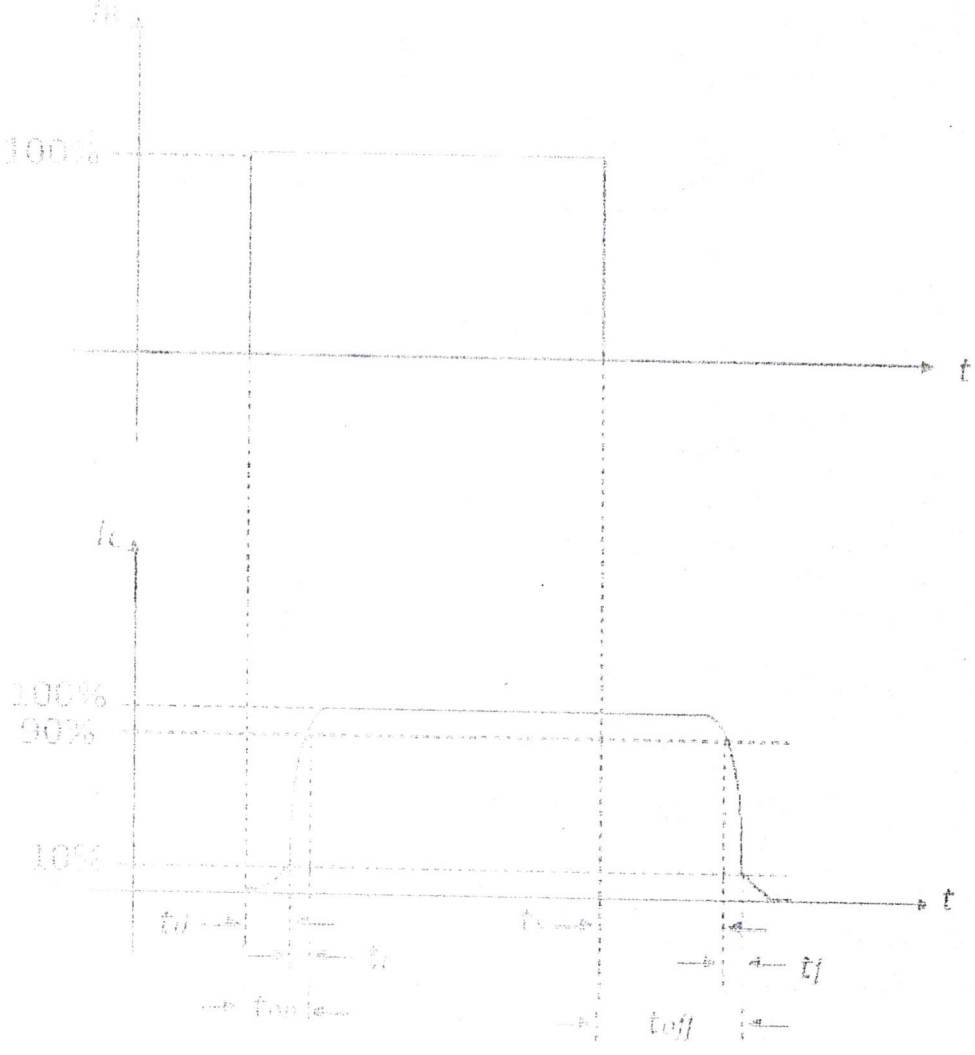
$$I_B = \frac{I_{C_{sat}}}{\beta} = \frac{10\times10^{-3}}{100} = 1\times10^{-4}A = 100\mu A$$

$$R_B = \frac{V_{BE}}{I_B} = \frac{5-0.7}{100\times10^{-6}} = 43000\Omega = 43k\Omega$$

وحتى يكون تيار القاعدة للترانزيستور أعلى قليلا من تيار القاعدة المشبوع نأخذ $R_B = 40k\Omega$ في هذه الحالة فإن:

$$I_B = \frac{V_{BE}}{R_B} = \frac{5-0.7}{40\times10^{3}} = 108\mu A$$

الأشكال الموجية التالية تبين انتقال الترانزستور من حالة القطع إلى حالة الاشباع ثم العودة إلى القطع



لاحظ من هذا الشكل انه وعند مرور تيار القاعدة في الترانزستور، يبدا تيار الجامع بالتزايد حتى وصوله الى القيمة العظمى والمعبر عنها في هذا الشكل بالقيمة (100%).

(td) وتسمى بزمن التاخير وهي الفترة الزمنية بين مرور تيار القاعدة وبلوغ تيار الجامع لـ 10% من القيمة العظمى.

(tr) وتسمى بزمن الصعود وهي التي يتزايد فيها تيار الجامع من القيمة 10% الى القيمة 90% من قيمته العظمى.

(ton) وهي الفترة اللازمة للترانزستور ليصبح في وضع ON .

وعندما يتوقف تيار القاعدة في الترانزستور، يبدا تيار المجمع بالتناقص.

(ts) وتسمى بزمن التخزين وهي الفترة الزمنية بين توقف تيار القاعدة وهبوط تيار الجامع الى 90% من قيمته العظمى.

(tf) وتسمى بزمن الهبوط وهي الفترة الزمنية التي يتناقص فيها تيار الجامع من القيمة 90% الى القيمة 10% من قيمته العظمى.

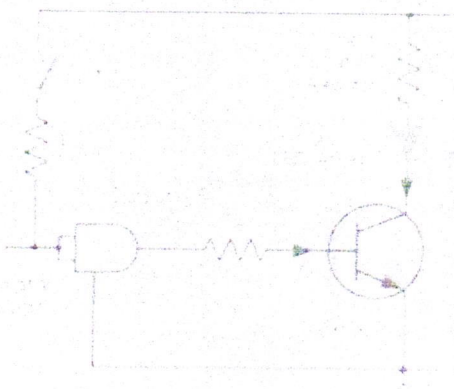
($toff$) وهي الفترة اللازمة للترانزستور ليصبح في وضع OFF .

لترانزستورات التطبيقات العامة يكون ton بحدود $50ns$ بينما الزمن $toff$ بحدود $200ns$. وهناك بعض الترانزستورات المصممة خصيصا لتعمل كمفاتيح الكترونية تمتاز بسرعتها العالية، اذ يكون الزمن ton بحدود $5ns$ والزمن $toff$ بحدود $10ns$.

تستخدم مفاتيح الترانزستور في مجموعة واسعة من التطبيقات مثل ربط (interfacing) أجهزة التيار المرتفع او الجهد العالي مثل المحركات والريلايات والمصابيح بالدوائر المتكاملة المنطقية الرقمية ذات الجهد المنخفض او البوابات مثل بوابة AND او بوابة OR حيث يكون الخرج من بوابة المنطق الرقمي فقط +5V ولكن قد يتطلب التحكم في الجهاز بمصدر جهد 12 أو حتى 24 فولت .

مفتاح الترانزستور والمنطق الرقمي **Digital Logic Transistor Switch**

Digital Logic Transistor Switch

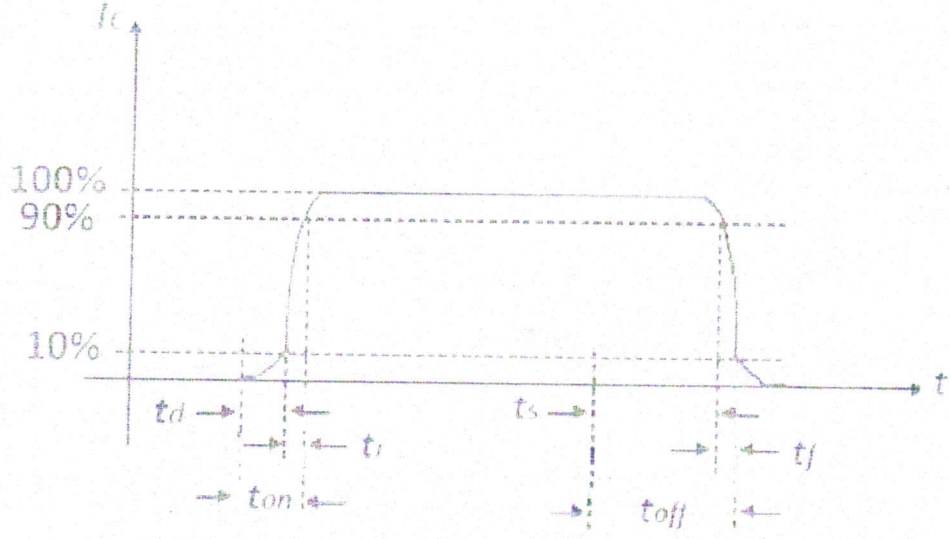


اسئلة:

1- ارسم دائرة تبين استخدام الترانزستور كمفتاح لبناء دائرة عاكس مع تحليل الدائرة عند وضعي الاشباع والقطع. لماذا تسمى الدائرة بالعاكس؟

2- مثال 1.

3- الشكل الموجي التالي، يبين انتقال الترانزستور من حالة القطع الى حالة الاشباع ثم العودة الى القطع. عرف مختلف الازمنة المذكورة.



4- ارسم دائرة تبين استخدام الترانزستور ثنائي القطبية كمفتاح وذلك لربط بوابة AND بحمل يمثل محرك 12 فولت مستمر.

5- املأ الفراغات الاتية بما يناسبها:

ا- عند استخدام ترانزستور ثنائي القطبية كمكبر لاشارة تيار متردد، يتم تطبيق جهد انحياز للقاعدة بطريقة بحيث تعمل دائما في مدى ..... اي يستخدم ..... من منحنيات خواص الخرج.

ب- عند استخدام ترانزستور ثنائي القطبية كمفتاح، فان الانحياز يرتب ليعمل الترانزستور عند كل من جانبي منحنيات ..... .

ت- عند التشبع لترانزستور ثنائي القطبية، فان اي زيادة اضافية لتيار القاعدة I_B سوف يسوق الترانزستور بشكل اعمق الى ..... ولكن تيار الجامع I_C سوف ..... .

ث- يحصل القطع لترانزستور ثنائي القطبية اذا حيزت وصلة القاعدة- باعث ..... او حتى اذا كانت منحازة اماميا ولكن بجهد قليل لاتكفي للتغلب على ..... .

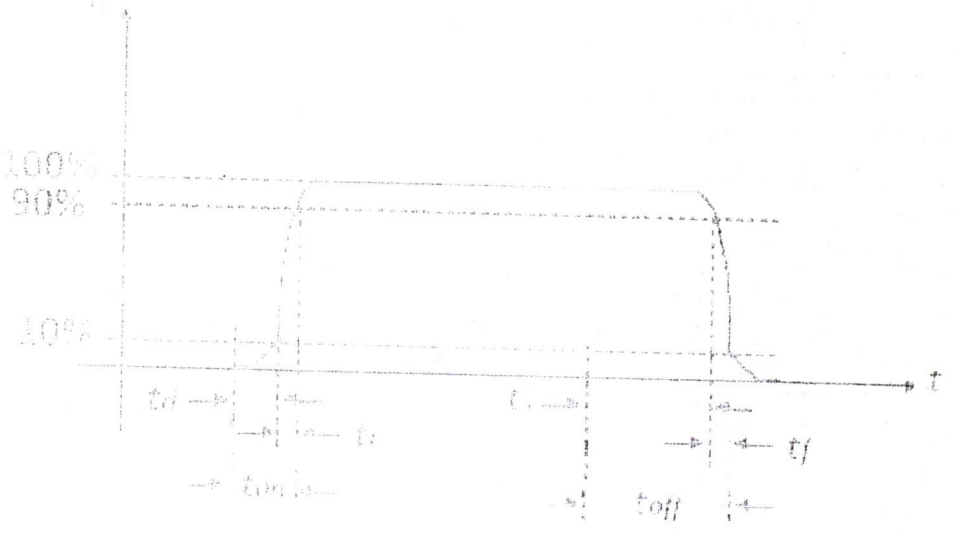
ج- لترانزستورات التطبيقات العامة يكون t_{on} بحدود ..... بينما الزمن t_{off} بحدود ..... . وهناك بعض الترانزستورات المصممة خصيصا لتعمل كمفاتيح الكترونية تمتاز بسرعتها العالية، اذ يكون الزمن t_{on} بحدود ..... والزمن t_{off} بحدود ..... .

اسئلة:

1- ارسم دائرة تبين استخدام الترانزستور كمفتاح لبناء دائرة عاكس مع تحليل الدائرة عند وضعي القطع والقطع. لماذا تسمى الدائرة بالعاكس؟

2- مثال 1.

3- الشكل الموجي التالي، يبين انتقال الترانزستور من حالة القطع الى حالة الاشباع ثم اعادته الى الحالة الاولى في مختلف الازمنة المذكورة.



4- ارسم دائرة تبين استخدام الترانزستور ثنائي القطبية كمفتاح وذلك لربط بوابة (NAND) تعمل بمنبع فولت مستمر.

5- املأ الفراغات الآتية بما يناسبها.

أ- عند استخدام ترانزستور ثنائي القطبية كمكبر لاشارة تيار متردد، يتم تطبيق جهد انحياز للقاعدة بحيث تعمل دائما في مدى ..... اي يستخدم ..... من منحنيات خواص الخرج.

ب- عند استخدام ترانزستور ثنائي القطبية كمفتاح، فان الانحياز يرتب ليعمل الترانزستور عند كل من حالتي منحنيات ..... .

ت- عند التشبع لترانزستور ثنائي القطبية، فان اي زيادة اضافية لتيار القاعدة I_B سوف يسوق الترانزستور بشكل اعمق الى ..... ولكن تيار المجامع I_C سوف ..... .

ث- يحصل القطع لترانزستور ثنائي القطبية اذا حيزت وصلة القاعدة- باعث ..... او حتى اذا كانت منحازة امامياً ولكن بجهد قليل لاتكفي للتغلب على ..... .

ج- لترانزستورات التطبيقات العامة يكون t_{on} بحدود ..... بينما الزمن t_{off} بحدود ..... . ولكن ترانزستورات المصممة خصيصا لتعمل كمفاتيح الكترونية تمتاز بسرعتها العالية، اذ يكون الزمن t_{on} بحدود ..... والزمن t_{off} بحدود ..... .

المهتزات Multivibrators

المهتزات تابعة لعائلة من المذبذبات تدعى مذبذبات الترابطي (Relaxation Oscillators)، وتستخدم بكثرة في تطبيقات التوقيت وكذلك تستخدم في مولدات الموجات المربعة حيث تعطي اخراج موجة مربعة متماثلة او غير متماثلة.

يتكون المهتز من ترانزستورين يعملان كمفتاح بتغذية عكسية متقاطعة بحيث احد اخراجاته في الاقل يعود بتغذية عكسية الى ادخال الثاني عن طريق شبكة RC.

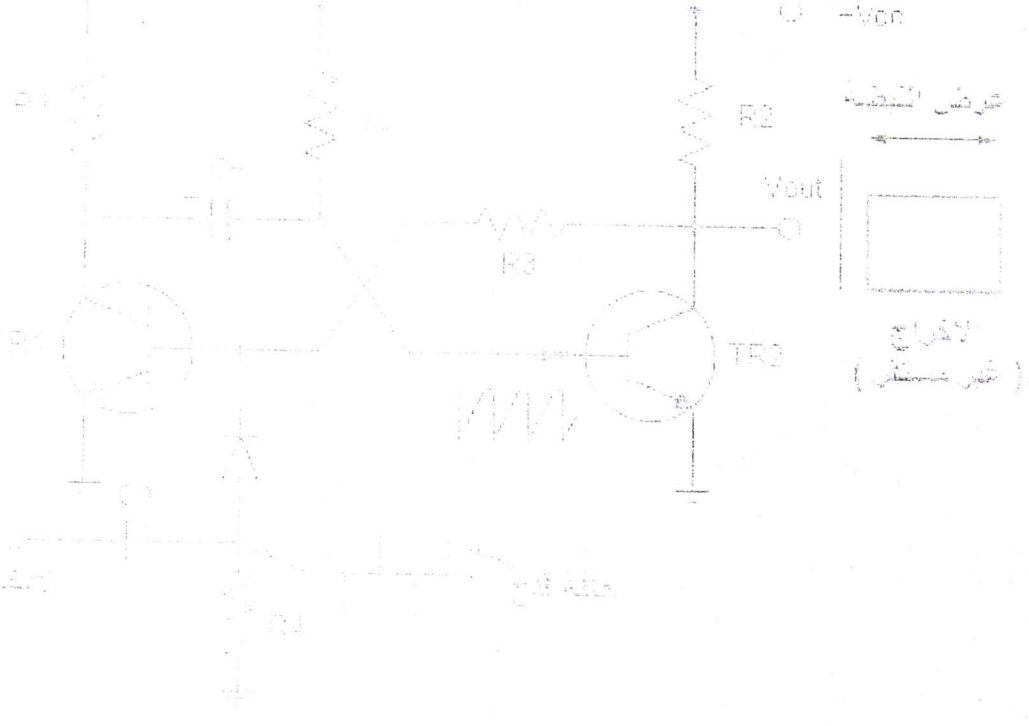
المهتزات لها حالتين من الاستقرار الكهربائي احداها يكون الاخراج بفولتية عالية ويدعى حالة (العالي او الواحد او OFF)، والاخرى يكون الاخراج بفولتية واطئة ويدعى حالة (الواطئ او الصفر او ON).

انواعها:

اولا- مهتز احادي الاستقرار Monostable Multivibrator :

ويدعى ايضا مهتز ذو الاطلاقة الواحدة On-Shot MV او دائرة تأخير Delay cct. وتكون حالة استقرار واحدة ويعطى اخراج نبضة مفردة (حالة عدم الاستقرار واحد او صفر) عندما يسلط عليها نبضة ( ) ويعود بعد فترة زمنية الى حالته الاولية (حالة الاستقرار صفر او واحد) الفترة الزمنية محددة بقيمة ثابت الزمن للدائرة العكسية RC، ويبقى عند حالة الاستقرار لحين (بنبضة (T) اخرى او ادخال.

Monostable Multivibrator Circuit



شكل (1) دائرة مهتز احادي الاستقرار

عند بداية تسليط التغذية فان قاعدة TR2 تربط الى Vcc عبر مقاومة الانحياز R_T وبذلك تحول TR2 الى حالة التشبع ON اي ان فولتية الاخراج واطئة وبنفس الوقت يتحول TR1 الى حالة OFF. هذه تمثل حالة الاستقرار باخراج واطيء.

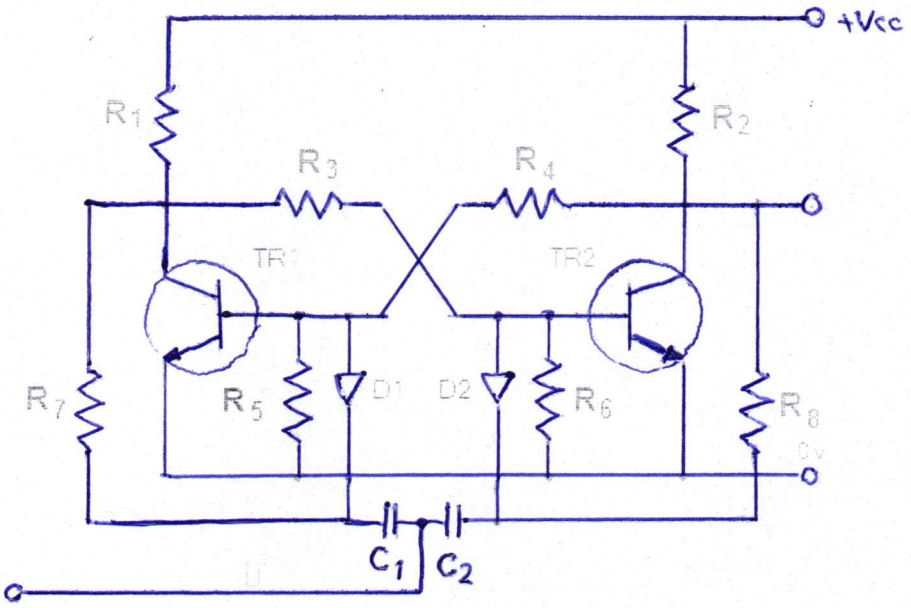
عند تسليط نبضة قدح سالبة على طرف الادخال، فان حافة قدح سريعة تعبر مباشرة C1 وعبر الثنائي D الى قاعدة TR1 محولة اياه الى وضع ON واخراجه يصبح واطيء مسببا TR2 ان يتحول الى وضع OFF واخراجه يصبح عالي والتي تمثل حالة عدم الاستقرار.

تستمر هذه الحالة لفترة يحددها ثابت الزمن (R_T X C_T) حيث تشحن C_T عبر R_T الى فولتية Vcc ويبدا TR2 بالتوصيل مرة اخرى ويتشبع عائدا الى حالته الاولى (المستقرة) بانتظار نبضة قدح جديدة للبدء مرة ثانية.

ثانيا- مهتز ثنائي الاستقرار Bistable Multivibrator :

وتكون لديه حالتين من الاستقرار (Bi). يتكون المهتز من ترانزستورين يعملان كمفتاح بتغذية عكسية متعاكسة وعند كل حالة استقرار احد الترانزستورين يكون ON والاخر OFF، حيث يبقى مستقرا عند احدى الحالتين لحين قدحه خارجيا بنبضة قدح.

ويدعى ايضا (ماسك Latch) و (هزاز Flip-Flop) عند استخدامه في الدوائر التتابعية.



شكل (2) دائرة مهتز ثنائي الاستقرار

يمكن التحول بين الحالتين بتسليط نبضة قدح مفردة، الحافة السالبة تحول الترانزستور الذي بحالة ON الى وضع OFF، والذي بوضع OFF الى وضع ON..

تطبيقاته

1- يستخدم كهزاز نوع – SR في دوائر السجلات والعدادات.
2- يستخدم كعنصر خزن لمرتبة واحدة في ذاكرة الكمبيوتر.
3- يستخدم كمقسم فولتية حيث ان تردد الاخراج هو نصف تردد موجة الادخال ($\frac{f}{2}$).

المهتزات Multivibrators

المهتزات تابعة لعائلة من المذبذبات تدعى مذبذبات التراخي (Relaxation Oscillators)، وتستخدم بكثرة في تطبيقات التوقيت وكذلك تستخدم في مولدات الموجات المربعة حيث تعطي اخراج موجة مربعة متماثلة او غير متماثلة.

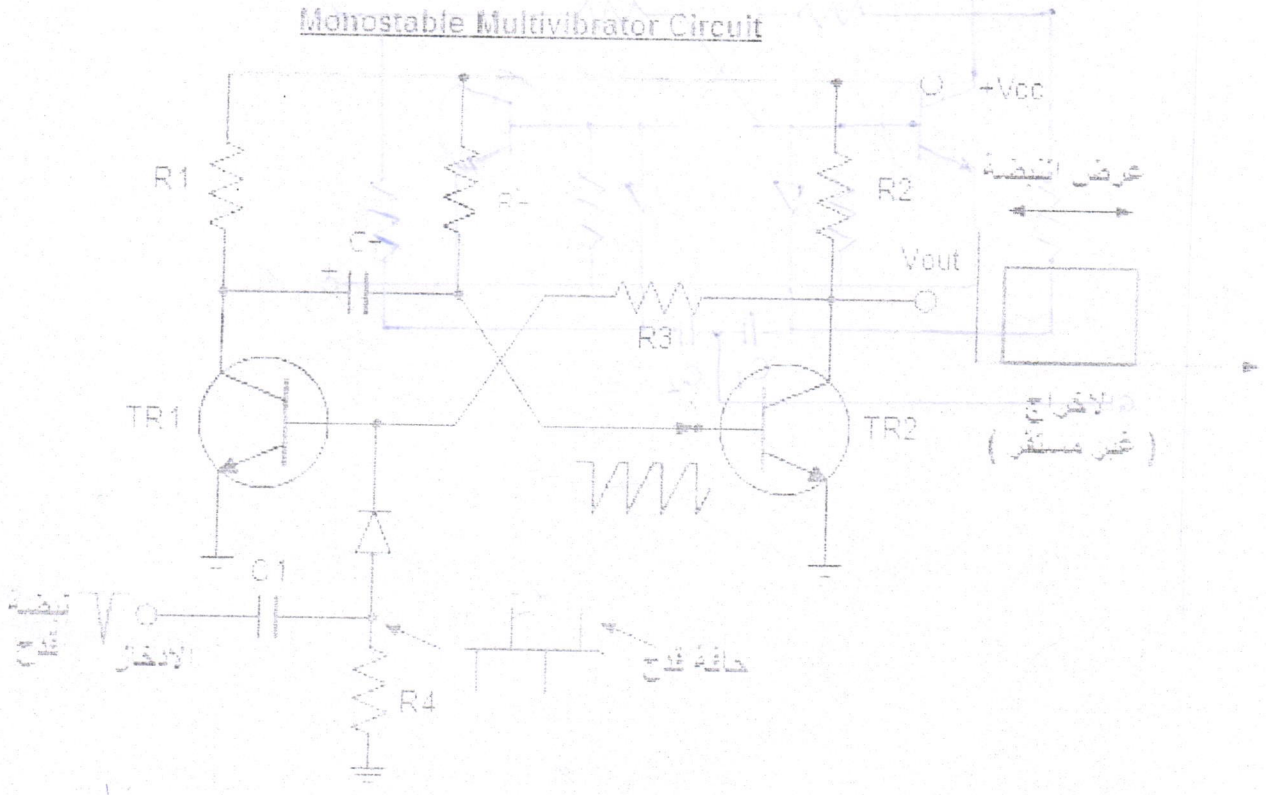
يتكون المهتز من ترانزستورين يعملان كمفتاح بتغذية عكسية متعاكسة بحيث احد اخراجاته في الاقل يعود بتغذية عكسية الى ادخال الثاني عن طريق شبكة RC.

المهتزات لها حالتين من الاستقرار الكهربائي احداها يكون الاخراج بفولتية عالية ويدعى حالة (العالي او الواحد او ON)، والاخرى يكون الاخراج بفولتية واطئة وتدعى حالة (الواطيء او الصفر او OFF).

انواعها:

اولا- مهتز احادي الاستقرار Monostable Multivibrator :

ويدعى ايضا مهتز ذو الاطلاقة الواحدة On-Shot MV او دائرة تاخير Delay cct. ولديه حالة استقرار واحدة ويعطى اخراج نبضة مفردة (حالة عدم الاستقرار واحد او صفر) عندما يتم قدحه خارجيا بنبضة (T) ويعود بعد فترة زمنية الى حالته الاولية (حالة الاستقرار صفر او واحد). الفترة الزمنية يحددها ثابت الزمن لشبكة التغذية العكسية RC، ويبقى عند حالة الاستقرار لحين قدحه بنبضة (T) اخرى في ادخاله.

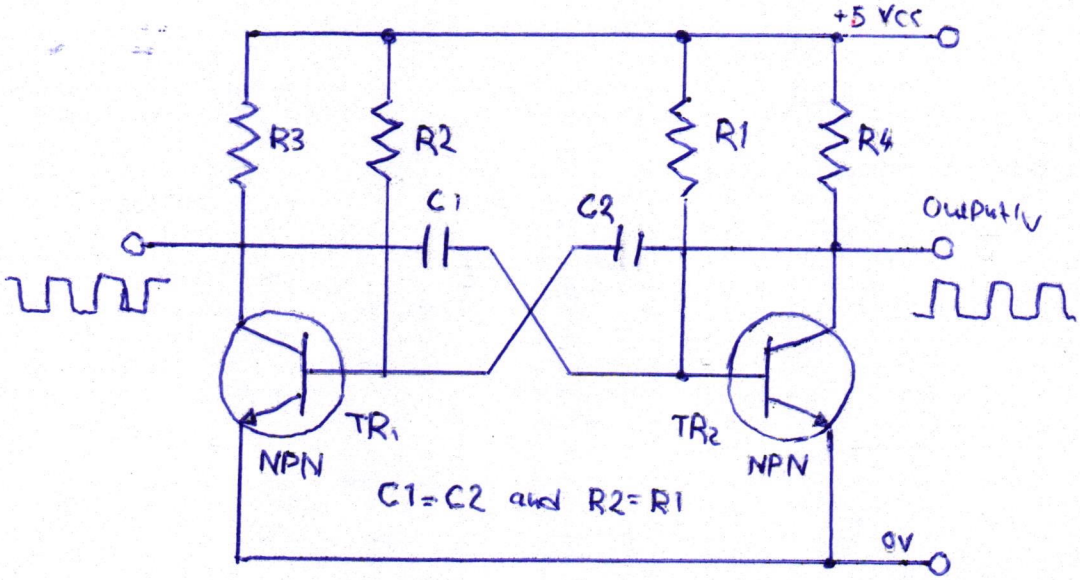


شكل (1) دائرة مهتز احادي الاستقرار

ثالثا- مهتز عديم الاستقرار Astable Multivibrator :

ويمثل اكثر الانواع استخداما كمذبذب تراخي (Relaxation Oscillator) حيث تولد موجة اخراج مربعة ويتميز ببساطة التصميم. ليس مثل النوعين السابقين لاتحتاج الى اي نبضة قدح لغرض الاشتغال وانما تتغير باستمرار بين حالتين من عدم الاستقرار عند توصيل القدرة ولا يتوقف الا باطفاء القدرة لذا يدعى (حر الاهتزاز).

يتكون من ترانزستورين بصيغة الباعث المشترك بتغذية عكسية موجبة متعاكسة من خلال متسعة تاخير، وله اخراجين (جامعي الترانزستورين) وبدون ادخال. واذا كان الحمل مصباح يعمل كدائرة مصباح وماض (Flash Light) ويمكن ان يكون الحمل سماعة يعمل كدائرة لتوليد صوت نبضي.



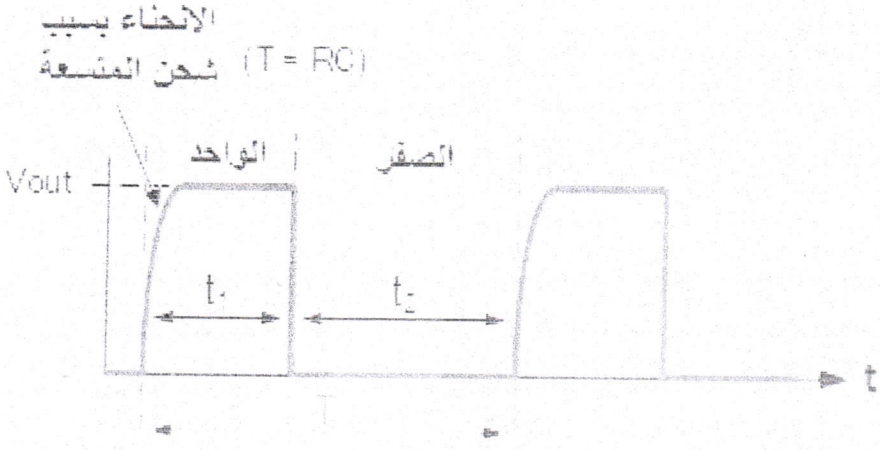
افرض ان TR1 تحول الى وضع OFF وفولتية الجامع سوف تصبح بمقدار Vcc (+6V)، في نفس الوقت TR2 يتحول الى وضع ON فيكون اللوح A من المتسعة C1 ترتفع فولتيتها الى +6V واللوح الاخر B للمتسعة C1 مربوط الى قاعدة TR2 وتكون بفولتية 0.6V فيكون فرق الجهد عبر المتسعة (6 – 0.6 = 5.4 V).

في لحظة تحول TR1 الى وضع ON فان الجهة A للمتسعة C1 تهبط الى 0.6V مما يسبب نفس الهبوط على اللوح B ويصبح (-5.4V) مما يسبب TR2 ان يتحول الى وضع OFF (حالة عدم الاستقرار الاولى).

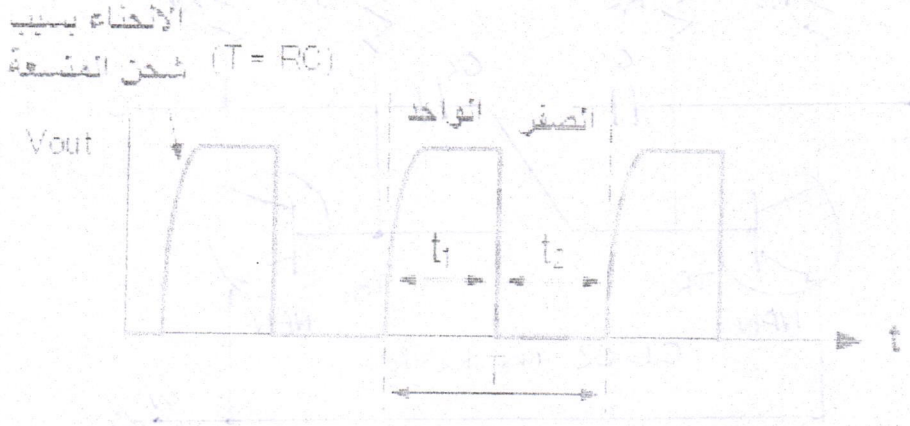
C1 الان تبدا بالشحن في عكس الاتجاه عبر R1 ويرفع فولتية قاعدة TR2 بثابت زمن (R1 x C1) وحالما يصل الى (+0.6V) فان TR2 يتحول الى وضع ON وبعيد كامل العملية حيث يصبح قاعدة TR1 (-5.4V) عندما تشحن عبر R2 (حالة عدم الاستقرار الثانية).

موجات الاخراج:

تحول الترانزستور من ON الى OFF يجعل اخراجه بهيئة موجة مربعة بسعة Vcc وعرض نبضة بقدر ثابت الزمن (R x C). بتغيير قيمة ($t_1 = R_1 \times C_1$) فان عرض (الواحد) يتغير و بتغيير قيمة ($t_2 = R_2 \times C_2$) فان عرض (الصفر) يتغير. بهذه الطريقة يمكن توليد موجة اخراج غير متماثلة كما مبين:



اذا جعلنا ($R_1 = R_2$) و ($C_1 = C_2$) فانه يمكن توليد موجة اخراج متماثلة كما مبين:



معادلة التردد:

1- للموجة الغير متماثلة:

$$T = t_1 + t_2$$

$$= 0.69\ C_1 R_1 + 0.69\ C_2 R_2$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.69\ C_1 R_1 + 0.69\ C_2 R_2}$$

2- للموجة المتماثلة :

$$T = t_1 + t_2$$

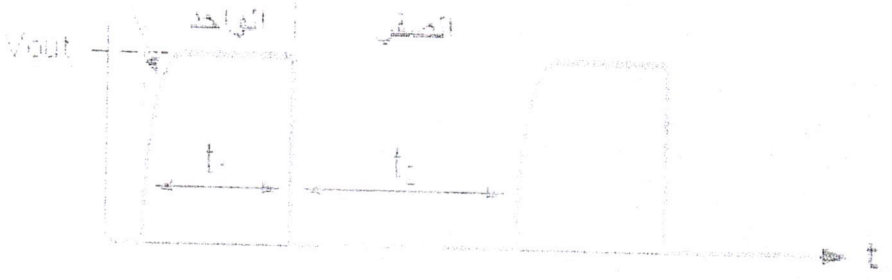
$$= 0.69\ C R + 0.69\ C R$$

$$= 1.38\ C R$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.38\ C R}$$

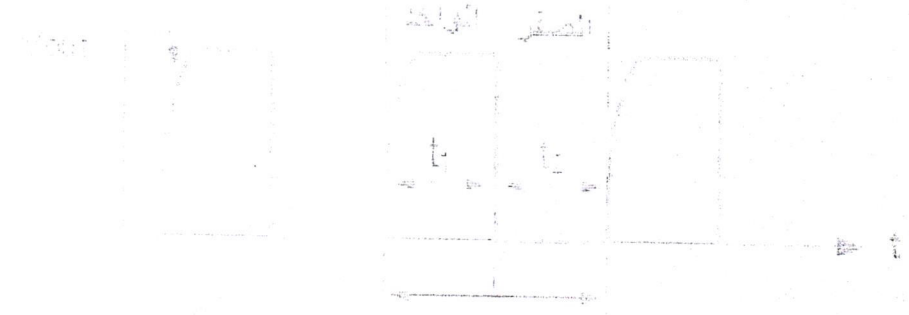
الأسبوع ( ) :

الإعطاء بسبب
شحن المكثفة ($T = RC_1$)



إذا جعلنا ($R_1 = R_2$) و ($C_1 = C_2$) فإنه يمكن توليد موجة المخرج متماثلة كما يلي:

الإعطاء بسبب
شحن المكثفة ($T = RC_1$)



معادلة التردد:

1- للموجة الغير متماثلة:

$$T = t_1 + t_2$$

$$= 0.69\ C_1 R_1 + 0.69\ C_2 R_2$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.69\ C_1 R_1 + 0.69\ C_2 R_2}$$

2- للموجة المتماثلة:

$$T = t_1 + t_2$$

$$= 0.69\ C R + 0.69\ C R$$

$$= 1.38\ C R$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.38\ C R}$$

اسئلة:

1- ارسم دائرة مهتز احادي الاستقرار مع شرح كيفية البدء بالحالة المستقرة.
2- ارسم دائرة مهتز احادي الاستقرار مع شرح كيفية تحويله الى الحالة الغير مستقرة.

3- ارسم دائرة مهتز ثنائي الاستقرار مع شرح كيفية التحول بين الحالتين.
4- اذكر تطبيقات المهتز ثنائي الاستقرار.

5- ارسم دائرة مهتز عديم الاستقرار مع شرح كيفية التحول بين الحالتين.
6- لدائرة مهتز عديم الاستقرار :
   أ- ارسم موجة اخراج غير متماثلة.
   ب- بين كيف يمكن تغيير عرض الواحد وعرض الصفر.
   ت- اكتب معادلة التردد.
7- لدائرة مهتز عديم الاستقرار :
   ا- كيف يمكن الحصول على موجة متماثلة؟
   ب- ارسم موجة اخراج متماثلة.
   ت- اكتب معادلة التردد.

8- املأ الفراغات التالية بما يناسبها:

ا- المهتزات تابعة لعائلة من المذبذبات تدعى مذبذبات .....، وتستخدم بكثرة في تطبيقات ..... وكذلك تستخدم في مولدات الموجات ..... حيث تعطي اخراج موجة مربعة ..... او غير متماثلة.

ب- يتكون المهتز من ترانزستورين يعملان ..... بتغذية عكسية متعاكسة بحيث احد اخراجاته في الاقل يعود ..... الى الدخال الثاني عن طريق شبكة .....

ت- المهتزات لها حالتين من ..... احداها يكون الاخراج بفولتية ..... ويدعى حالة (العالي او الواحد او OFF)، والاخرى يكون الاخراج بفولتية واطئة وتدعى حالة ..... او ..... او .....).

ث- للمهتز ثنائي الاستقرار، عند كل حالة استقرار احد الترانزستورين يكون ..... والاخر ..... حيث يبقى مستقرا عند احدى الحالتين لحين .....خارجيا بنبضة قدح.

ج- المهتز ثنائي الاستقرار يدعى ايضا ..... و ..... عند استخدامه في الدوائر التتابعية.

ح- المهتز عديم الاستقرار ليس مثل النوعين السابقين لاتحتاج الى اي نبضة ..... لغرض الاشتغال وانما تتغير باستمرار بين ..... من عدم الاستقرار عند توصيل ..... ولا يتوقف الا باطفاء القدرة لذا يدعى (.....).

مكبر العمليات (المكبر التشغيلي) OPerational AMPlifier

مقدمة:

opamp نوع خاص من المكبرات المستقرة وذات كسب عالي ومصمم من عشرات الترانزستورات والمقاومات والمكثفات بشكل عدة مراحل ذات اقران مباشر (اي مدى واسع من التردد يبدا من الصفر اي اشارات مستمرة) جميعها مدمجة بدائرة متكاملة خطية.

مواصفات الدائرة المتكاملة : صغر الحجم، سهولة الاستخدام، جودة عالية، اعتمادية عالية، رخص الثمن، قلة استهلاك الطاقة.

سمي بهذا الاسم عند التصميم في اربعينيات القرن العشرين باستخدام الصمامات المفرغة في الحاسبات التناظرية لذلك الوقت لتنفيذ العمليات الحسابية من جمع وطرح وضرب وقسمة وتكامل وتفاضل.

باستخدامه تم تجاوز التحليلات الضرورية والمعقدة لبناء مكبر بوساطة مكونات منفصلة.

من اجل استخدامه بكفاءة، المطلوب معرفة اطراف الدائرة المتكاملة والمواصفات الادائية وغير ضروري معرفة التفاصيل الدقيقة عن التصميم الداخلي.

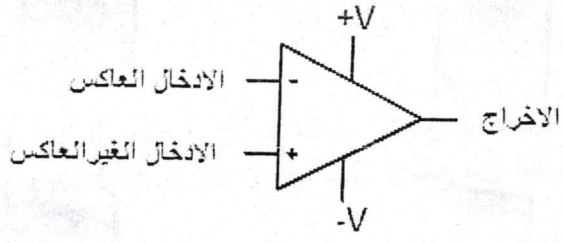
يمكن استخدامه في عدة تطبيقات خطية وغير خطية في الاجهزة الالكترونية وفي الصناعة في مجالات القياس والسيطرة والاتصالات والحاسبات وذلك بادماجه مع مجموعة من المقاومات والمكثفات واحيانا دوائر متكاملة.

من اهم تطبيقاته:

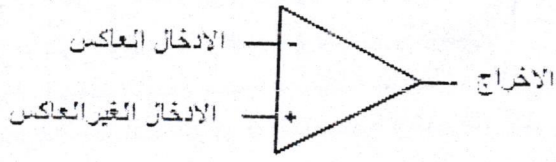
1	المكبر غير العاكس.	2	المكبر تابع الفولتية.
3	المكبر العاكس.	4	المكبر الجامع.
5	المكبر الطارح.	6	المكبر التكاملي.
7	المكبر التفاضلي.	8	المقارن (كاشف المستوى)
9	الكاشف الصفري.	10	دوائر مولد موجات (مربعة، مثلثة، سن المنشار، جيبية)
11	المذبذب 555	12	دوائر الترشيح.
13	دوائر المذبذبات (قنطرة وين، ازاحة الطور)	14	دوائر منظمات الفولتية.
15	مكبر الضرب والقسمة.	16	مكبر الاجهزة.
17	المكبر اللوغارتمي ومعكوسه	18	مصدر ثابت للتيار.
19	محول تيار الى فولتية.	20	محول فولتية الى تيار.
21	مغير الشحنة الى فولتية.	22	دوائر التقويم.
23	دوائر كاشف الذروة.	24	دوائر الالزام.
25	دوائر التقليم.	26	مكبر العازل.
27	مكبر OTA.	28	استخدامه في الحاسب التناظري.
29	استخدامه في التطبيقات الرقمية: 1 - قادح شمت. 2 - دائرة اخذ العينات وحفظها. 3- دائرة مغير الفولتية الى تردد. 4- دائرة محول رقمي الى تناظري. 5- دائرة محول تناظري الى رقمي.		

.....

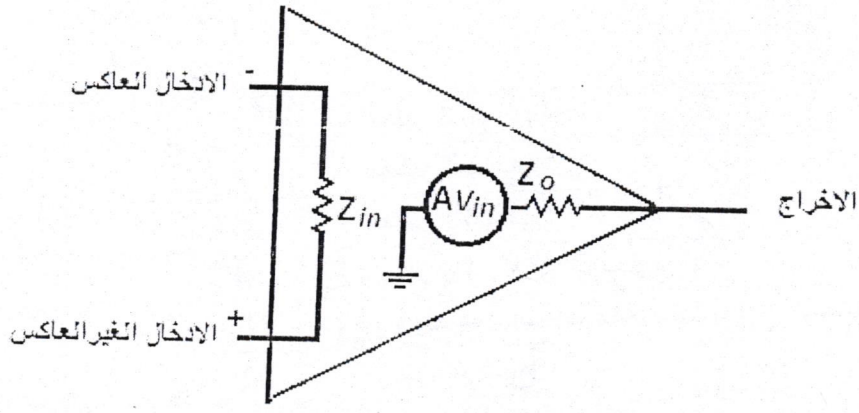
الرمز والاطراف:



ويمكن الغاء طرفي التغذية من الرمز كما مبين:



الدائرة المكافئة:



شكل (1) الرمز والدائرة المكافئة لمكبر العمليات

مواصفات الدائرة المفتوحة:

1- كسب الفولتية للدائرة المفتوحة (A_{ol}) يصل الى 10^5 او اكثر ويدعى كسب جهد الاشارة الكبيرة

$$A_{ol} = \frac{V_O}{V_d}$$

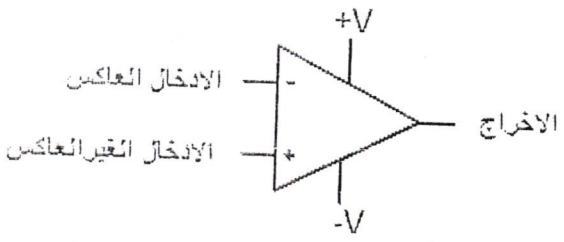
حيث ان V_d تمثل الدخل التفرقي والذي لايتجاوز 100 مايكروفولت.

$$V_d = V^+ - V^-$$

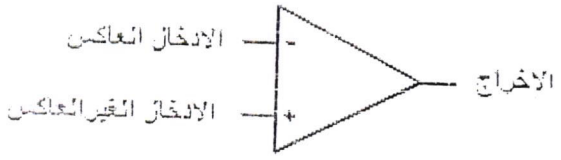
2- مقاومة الادخال R_i : وتكون على التوازي مع الادخال لذلك يجب ان تكون كبيرة جدا لكي لاتحمّل مصدر اشارة الادخال وتتراوح من $5k\Omega$ الى اكثر من $20M\Omega$ في حالة استخدام ترانزستورات BJT وعند استخدام FET في الادخال قد تصل الى $10^{12}\Omega$.

3- مقاومة الاخراج R_o : وتكون على التوالي مع الاخراج لذلك يجب ان تكون صغيرة لكي لاتضاف الى الحمل وتتراوح بين بضع اوم الى مئات الاوم.

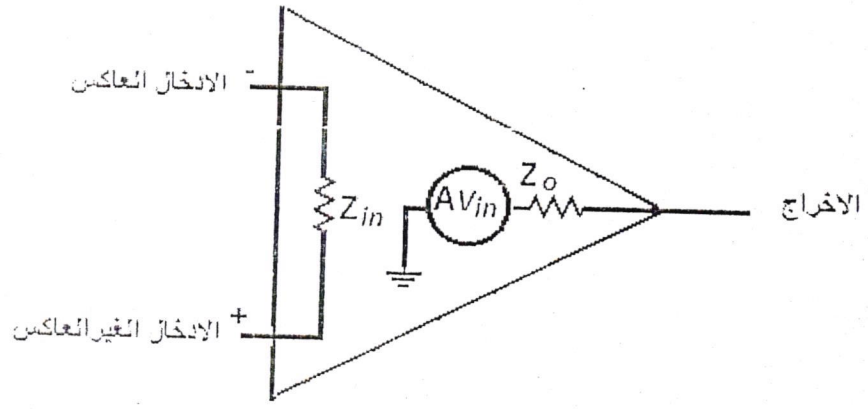
الرمز والاطراف:



ويمكن الغاء طرفي التغذية من الرمز كما مبين:



الدائرة المكافئة:



شكل (1) الرمز والدائرة المكافئة لمكبر العمليات

مواصفات الدائرة المفتوحة:

1- كسب الفولتية للدائرة المفتوحة (A_{ol}) يصل الى 10^5 او اكثر ويدعى كسب جهد الاشارة الكبيرة

$$A_{ol} = \frac{V_o}{V_d}$$

حيث ان V_d تمثل الدخل التفرقي والذي لايتجاوز 100 مايكروفولت.

$$V_d = V^+ - V^-$$

2- مقاومة الادخال Ri : وتكون على التوازي مع الادخال لذلك يجب ان تكون كبيرة جدا لكي لاتحمل مصدر اشارة الادخال وتتراوح من $5k\Omega$ الى اكثر من $20M\Omega$ في حالة استخدام ترانزستورات BJT وعند استخدام FET في الادخال قد تصل الى $10^{12}\Omega$.

3- مقاومة الاخراج Ro : وتكون على التوالي مع الاخراج لذلك يجب ان تكون صغيرة لكي لاتضاف الى الحمل وتتراوح بين بضع اوم الى مئات الاوم.

.....

- بسبب هاتين الصفتين (مقاومة ادخال عالية جدا ومقاومة اخراج واطئة جدا) يمكن استخدام المكبر لغرض تجانس المقاومة (مغير الممانعة) بين دائرتين رغم ان هذا ليس العمل الاساسي للمكبر.

4- عرض حزمة الترددات (استجابة التردد): بسبب عدم وجود متسعات اقران بين المراحل الداخلية للمكبر فان استجابة التردد تبدأ من الصفر اي DC، وتصل الاستجابة الى قيم عالية جدا ولكن الكسب يقل عند الترددات العالية وذلك بسبب تاثيرمتسعات الوصلة.

5- جهد المصادر +V و -V عادةً تكون متناظرة وتتاثر المكونات بتغيير فولتيات الانحياز.

6- القدرة المستهلكة (PD) : وتمثل حاصل ضرب التيار في الاخراج والجهد بين طرفي الاخراج والادخال.

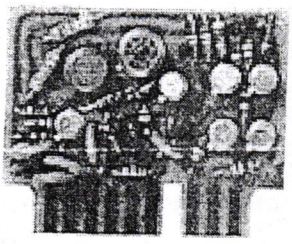
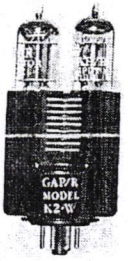
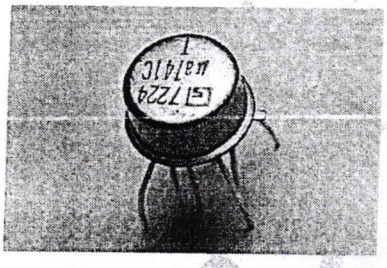
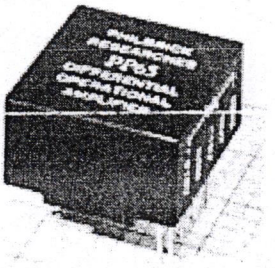
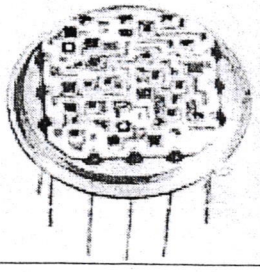
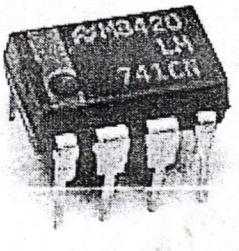
7- درجة حرارة التشغيل : وتمثل حدود درجات الحرارة التي يشتغل عندها المكبر بصورة صحيحة، حيث ان المكونات الداخلية للمكبر تتاثر عند تغير درجة حرارة المحيط الخارجي.

8- اقصى تأرجح في اشارة جهد الادخال والاخراج تكون اقل من جهد الانحياز (مصدر التغذية المستمر) بـ 2V.

ان جهود الاشباع تحدد اقصى مستوى لاشارة الاخراج ويجب ان تكون:

$$+V_{sat} = +V_{supply} - 2V$$
$$-V_{sat} = -V_{supply} + 2V$$
$$-V_{sat} < V_O < +V_{sat}$$

التطور التاريخي:

	
a solid-state, discrete op-amp (1961).	a vacuum-tube op-amp (1953)
	
A Signetics µa741 operational amplifier, one of the most successful op-amps	a solid-state op-amp in a potted module (1962)
	
a high speed hybrid IC op-amp (1979)	An op-amp in a modern mini DI

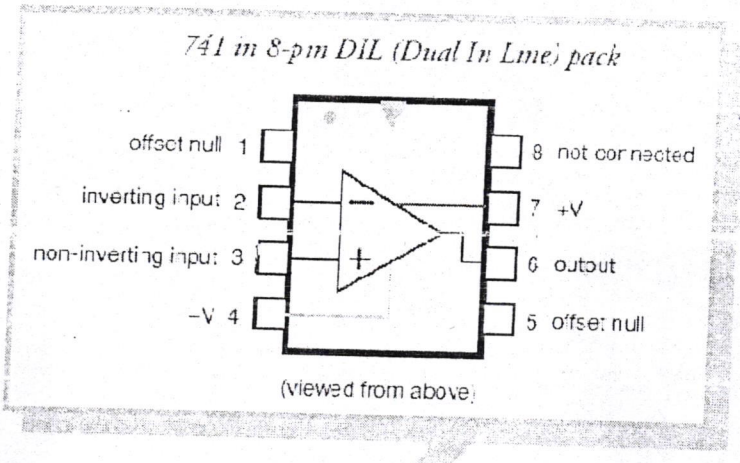
.....

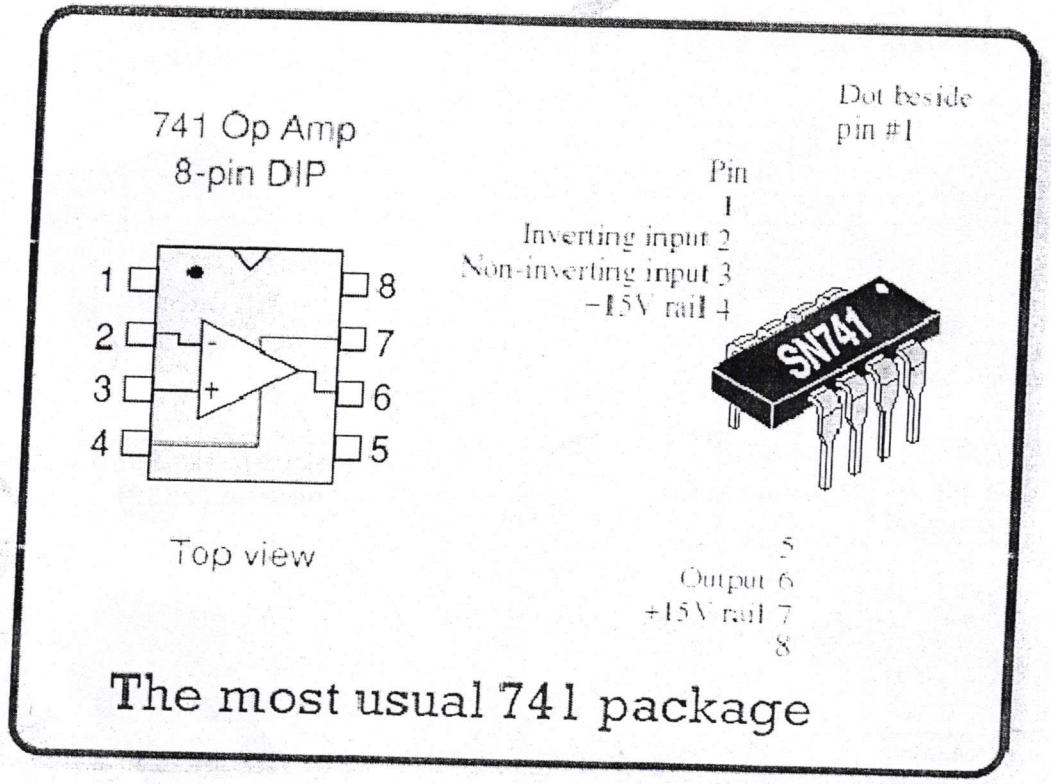
انواعه:

اولا: الانواع القياسية للتطبيقات العامة:

1- اول نوع سنة 1963 بالرقم 702 ثم تلاه نوع اكثر كفاءة سنة 1965 بالرقم 709 ثم طور في السنين التالية بكفاءة اداء افضل مثل 709A و 709B و 709C . من مميزاته كبر ممانعة الادخال وصغر ممانعة الاخراج وكسب عالي للفولتية، سلبياته هو عدم توفر حماية ضد القصر ويحتاج الى مكونات خارجية عديدة.

2- سنة 1968 النوع الاول بالرقم 741 وتلاه في السنين التالية بكفاءة اداء افضل والذي يمتاز بممانعة دخل اعلى (اكثر من ميكاوم) وممانعة خرج اقل (بحدود 75 اوم) وكسب فولتية اعلى (200,000 مرة اعلى) وسهل الاستخدام ورخيص الثمن.





شكل (2) اطراف الدائرة المتكاملة لمكبر العمليات *741*

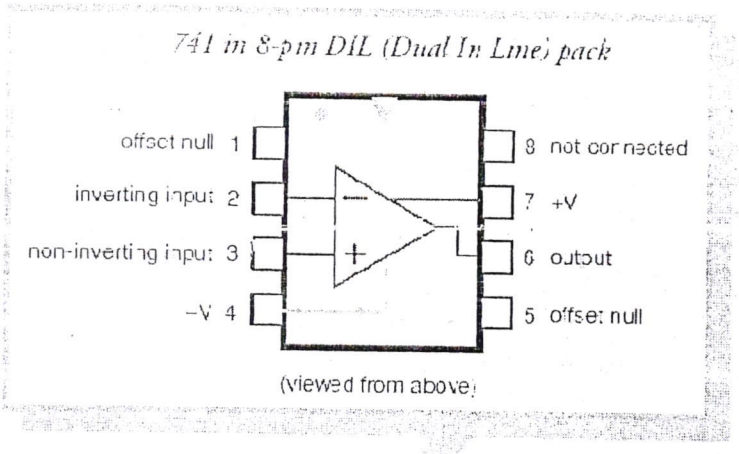
.....

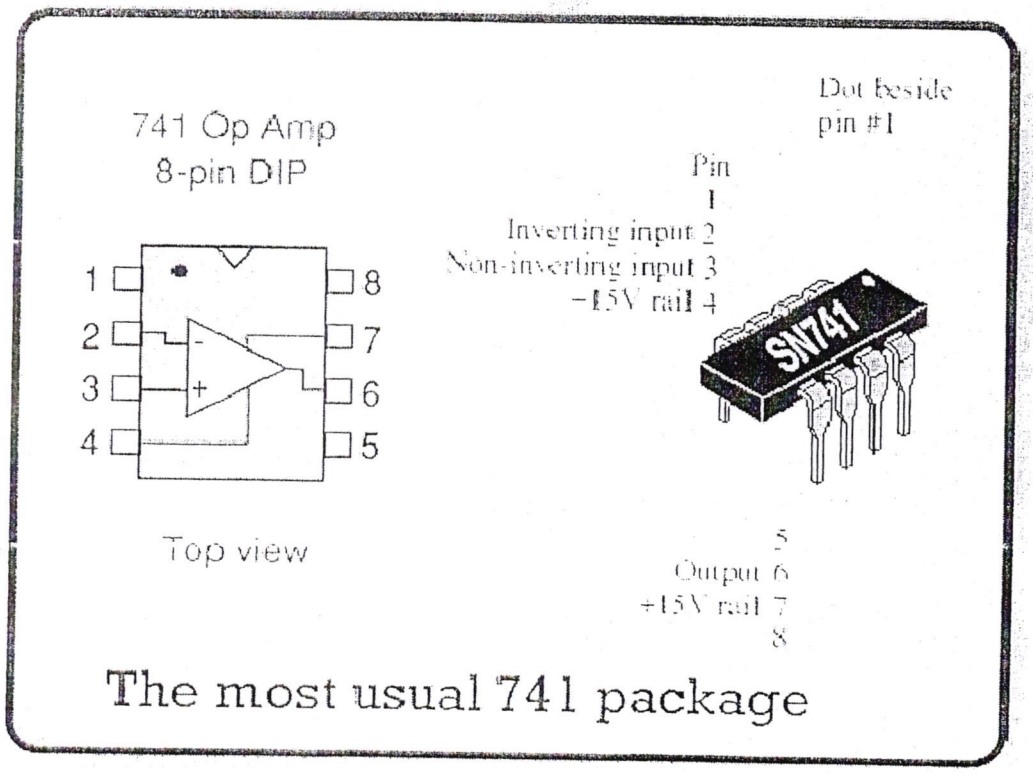
انواعه:

اولا: الانواع القياسية للتطبيقات العامة:

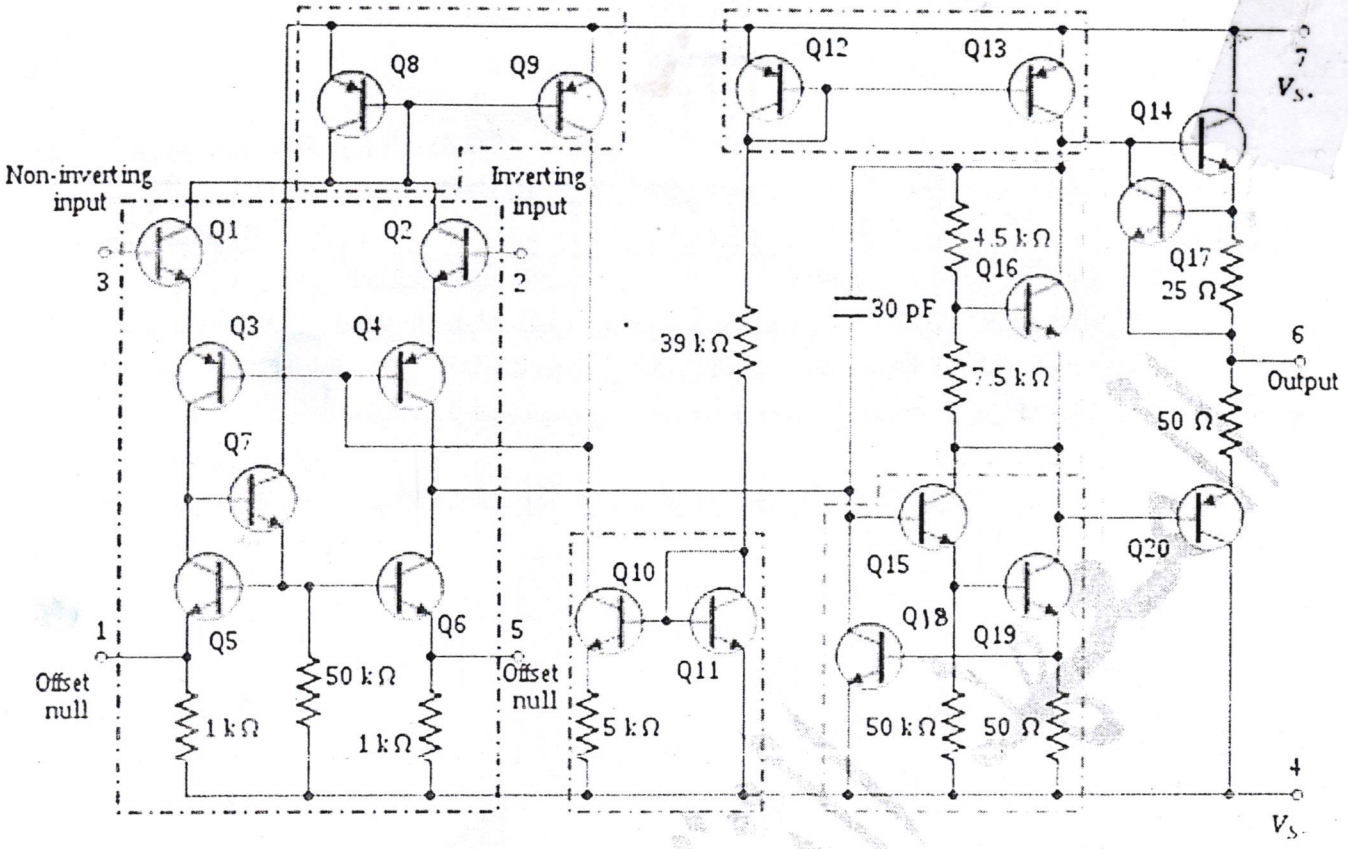
1- اول نوع سنة 1963 بالرقم 702 ثم تلاه نوع اكثر كفاءة سنة 1965 بالرقم 709 ثم طور في السنين التالية بكفاءة اداء افضل مثل 709A و 709B و 709C . من مميزاته كبر ممانعة الادخال وصغر ممانعة الاخراج وكسب عالي للفولتية، سلبياته هو عدم توفر حماية ضد القصر ويحتاج الى مكونات خارجية عديدة.

2- سنة 1968 النوع الاول بالرقم 741 وتلاه في السنين التالية بكفاءة اداء افضل والذي يمتاز بممانعة دخل اعلى (اكثر من ميكااوم) وممانعة خرج اقل (بحدود 75 اوم) وكسب فولتية اعلى (200,000 مرة اعلى) وسهل الاستخدام ورخيص الثمن.





شكل (2) اطراف الدائرة المتكاملة لمكبر العمليات *741*



شكل (3) التركيب الداخلي لمكبر العمليات *741*

ثانيا : للتطبيقات الخاصة :

صنعت في سبعينات القرن الماضي، وتمتاز بممانعة ادخال عالية جدا وممانعة اخراج واطئة جدا وكسب عالي جدا مثل BTFET الهجينة (يحوي ترانزستورات نوع ثنائي القطبية وترانزستورات نوع تاثير المجال).

ثالثا : للترددات العالية:

وتتوفر بعرض حزمة عالي يصل الى 150 ميكاهرتز مثل LH-0063 ويستخدم في دوائر تحويل الاشارات التناظرية الى رقمية وبالعكس، وهناك انواع اخرى مثل NE5018 و MC1408L-8.

رابعا : ذو فولتية وتيار اخراج عاليين:

مثل LH0004 الذي يعطي اخراج +35V عبر حمل 2KΩ .

LH0021 الذي يعطي تيار بحدود 1 امبير عند فولتيات $\pm 12V$.

LM124 والذي يمكن تشغيله بفولتية من 5V الى 32V .

خامسا : مكبر عمليات مبرمج :

مثل 4250 والذي يمكن التحكم في مقدار انحياز جميع الترانزستورات خارجيا.

.....

اسئلة:

1- ماهي مواصفات الدائرة المتكاملة؟
2- ارسم الدائرة المكافئة لمكبر العمليات.
3- علل مايلاي:

أ- لماذا سمي مكبر العمليات بهذا الاسم؟

ب- مقاومة الادخال لمكبر العمليات يجب ان تكون كبيرة جدا. لماذا ؟ اذكر حدود القيم.

ت- مقاومة الاخراج لمكبر العمليات يجب ان تكون صغيرة جدا. لماذا ؟ اذكر حدود القيم.

ث- استخدام مكبر العمليات لغرض تجانس المقاومة (مغير الممانعة) بين دائرتين رغم ان هذا ليس العمل الاساسي للمكبر؟

ج- استجابة التردد لمكبر العمليات تبدأ من الصفر اي dc وتقل عند الترددات العالية؟

.....

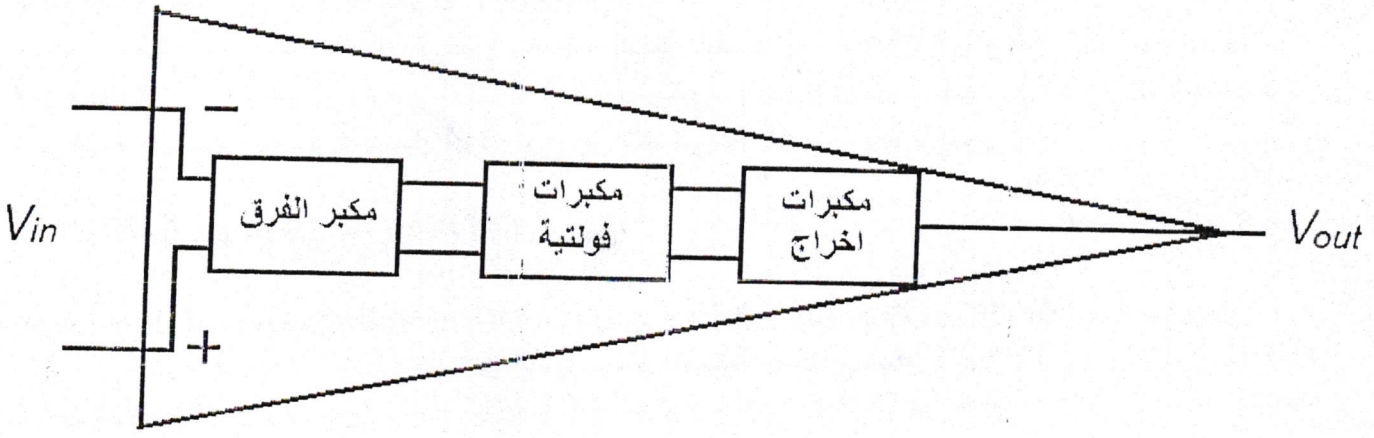
اسئلة:

1- ماهي مواصفات الدائرة المتكاملة؟
2- ارسم الدائرة المكافئة لمكبر العمليات.
3- علل مايلاي:
أ- لماذا سمي مكبر العمليات بهذا الاسم؟
ب- مقاومة الادخال لمكبر العمليات يجب ان تكون كبيرة جدا. لماذا ؟ اذكر حدود القيم.
ت- مقاومة الاخراج لمكبر العمليات يجب ان تكون صغيرة جدا. لماذا ؟ اذكر حدود القيم.
ث- استخدام مكبر العمليات لغرض تجانس المقاومة (مغير الممانعة) بين دائرتين رغم ان هذا ليس العمل الاساسي للمكبر؟
ج- استجابة التردد لمكبر العمليات تبدأ من الصفر اي dc وتقل عند الترددات العالية؟

المحاضرة ( ) 1

.....

المخطط الكتلي لمراحل التكبير لمكبر العمليات :



مراحل مكبر العمليات:

1- مكبر الفرق : ويعمل على تكبير فرق الفولتية بين طرفي الادخال ويتميز بمقاومة دخل عالية واستجابة ترددية عالية تبدأ تقريبا من DC .

2- مكبر الفولتية : مكبر فولتية من صنف A ويعطي تكبير اضافي وقد يكون من اكثر من مرحلة ويصل تكبيره الى 10^5 ويعطي معظم التكبير الكلي للمكبر.

3- مكبر الاخراج : مكبر قدرة من صنف B نوع (دفع و سحب) أو مرحلة اخراج نوع تابع الباعث وقد يكون من اكثر من مرحلة ويتميز بمقاومة اخراج صغيرة.

صيغ الاشتغال :

1- صيغة الادخال المفرد : ويربط احد طرفي الادخال الى الارضي واشارة الادخال الى طرف الادخال الثاني :

أ- عند ربط اشارة الادخال الى الطرف (-) والارضي الى الطرف (+) وتظهر هذه الاشارة الداخلة بعد تكبيرها وقلب طورها بمقدار 180^o في طرف الاخراج . لذا يدعى المكبر العاكس (او القالب).

ب- عند ربط اشارة الادخال الى الطرف (+) والارضي الى الطرف (-) وتظهر هذه الاشارة الداخلة بعد تكبيرها في طرف الاخراج . لذا يدعى المكبر الغيرالعاكس (او الغير القالب).

2- صيغة الفرق (مكبر الخطأ) : وتربط اشارتين بفرق طور 180^o على طرفي الادخال ويظهر الفرق مكبرا عند الاخراج ويدعى (جهد خطأ الدخل) واقصى قيمة لجهد الخطا بحدود 30 ملي فولت حتى يعمل المكبر بصورة خطية.

3- صيغة الاشتراك (CM) : اشارتي الادخال (عادة ضوضاء غير مرغوب فيها) تلتقط في طرفي الادخال بنفس الكمية والقطبية فيظهر في الاخراج الفرق ويكون بقيمة قليلة .

مواصفات اخرى :

9 - نسبة رفض اشارات النسق المشترك (CMRR) :

وتعبر عن قابلية المكبر لرفض اشارات النسق المشترك (CM) . وتعطى في المواصفات مثلا (CMRR = 100,000) يعني الاشارة المطلوبة تكبر 100,000 مرة اكبر من اشارة الضوضاء الغير مرغوبة. وتحسب بوحدة الديسيبل (وتتراوح بين 40 الى 80 ديسيبل) كما يلي:

$$CMRR_{db} = 20\,Log(CMRR)$$

10 . فولتية وتيار التعويض Input Offset Voltage (V_{OS}) و Input Offset Current (I_{OS}):

عند عدم وجود اشارة دخل فان المكبر يعطي فولتية مستمرة صغيرة في الاخراج (وتكون بحدود 2 ملي فولت واقل وتزداد مع ارتفاع الحرارة) وذلك بسبب عدم التطابق في مواصفات الترانزستور الداخلية والذي يسبب اختلاف بسيط في V_{BE} لدائرة مكبر الفرق في مرحلة الادخال مما يسبب مرور تيارات انحياز غير متساوية، يتم تصفيرها قبل استخدام المكبر بتسليط مصدر فولتية تعويضية في الادخال تدعى V_{OS} تسبب مرور تيار تعويضي يدعى I_{OS} .

11 - نسبة تغير اشارة الاخراج Slew Rate (S_r) :

وتمثل اقصى نسبة تغير في فولتية الاخراج مع الزمن والناتجة من فولتية ادخال عتبة (ناهضة ، خطوة) (step). وتعتمد على استجابة التردد العالي للمكبرات في مراحل مكبر العمليات .

$$S_r = \frac{\Delta V_O}{\Delta t}$$

وتكون بحدود $0.5\ V/\mu S$.وكلما زادت القيمة كلما زاد التردد الاقصى الذي يستطيع المكبر ان يعمل به.

التغذية العكسية:

لكون كسب الدائرة المفتوحة عالي جدا فان فولتية صغيرة في الادخال (فولتية الضوضاء او الفولتية التعويضية اوفسيت) تكون كافية لسوقه الى التشبع اي ليعمل خارج الجزء الخطي، وهذا يسبب ايضا تذبذب غير مرغوب فيه. ان هذه الخاصية يستفاد منها في بعض التطبيقات فقط مثل استخدامه كمقارن.

لمعالجة ذلك يتم باستخدام التغذية العكسية حيث يمكن السيطرة على الاخراج بواسطة الادخال.

المقصود بالتغذية العكسية هو اعادة كل او جزء من اشارة الاخراج الى الادخال.

اذا كانت الاشارة المعادة بنفس طور الاشارة الداخلة نحصل على دائرة مذبذب كما لاحظنا في المحاضرات السابقة وهذا يدعى (تغذية عكسية موجبة).

في مكبر العمليات يتم اعادة الاخراج الى احد الادخالين بطور مخالف لاشارة الادخال ويدعى(تغذية عكسية سالبة).

نقطة شبه الارضي Vertual Ground :

وهي نقطة التقاء الاشارة العائدة مع الاشارة الداخلة للمكبر وفي هذه النقطة :

التيار الداخل يساوي صفر وذلك لكون ممانعة الدخل عالية جدا(مثاليا مالانهاية).

فولتية الفرق (V_d) صغيرة جدا تقترب من الصفر لان الكسب عالي جدا ($V_d = \frac{V_O}{A}$).

اي ان هذه النقطة يكون جهدها صفر ولكن لاتسحب تيار بعكس الارضي الحقيقي الذي يكون جهده صفر ولكنه قادر على سحب اي تيار مهما كبر. لذلك تدعى (شبه ارضي) او (ارضا ظاهرية).

هذه الصفة تجعل المكبر مناسبا لتنفيذ العمليات بدقة.

.....

مواصفات اخرى :

9 - نسبة رفض اشارات النسق المشترك (CMRR) :

وتعبر عن قابلية المكبر لرفض اشارات النسق المشترك (CM) . وتعطى في المواصفات مثلا (CMRR = 100,000) يعني الاشارة المطلوبة تكبر 100,000 مرة اكبر من اشارة الضوضاء الغير مرغوبة. وتحسب بوحدة الديسيبل (وتتراوح بين 40 الى 80 ديسيبل) كما يلي:

$$CMRR_{db} = 20\,Log(\,CMRR\,)$$

10 . فولتية وتيار التعويض Input Offset Voltage (V_{OS}) و Input Offset Current (I_{OS}):

عند عدم وجود اشارة دخل فان المكبر يعطي فولتية مستمرة صغيرة في الاخراج (وتكون بحدود 2 ملي فولت واقل وتزداد مع ارتفاع الحرارة) وذلك بسبب عدم التطابق في مواصفات الترانزستور الداخلية والذي يسبب اختلاف بسيط في V_{BE} لدائرة مكبر الفرق في مرحلة الادخال مما يسبب مرور تيارات انحياز غير متساوية، يتم تصفيرها قبل استخدام المكبر بتسليط مصدر فولتية تعويضية في الادخال تدعى V_{OS} تسبب مرور تيار تعويضي يدعى I_{OS} .

11 - نسبة تغير اشارة الاخراج Slew Rate (S_r) :

وتمثل اقصى نسبة تغير في فولتية الاخراج مع الزمن والناتجة من فولتية ادخال عتبة (ناهضة ، خطوة) (step). وتعتمد على استجابة التردد العالي للمكبرات في مراحل مكبر العمليات .

$$S_r = \frac{\Delta V_O}{\Delta t}$$

وتكون بحدود $0.5\ {}^{V}/_{\mu S}$.وكلما زادت القيمة كلما زاد التردد الاقصى الذي يستطيع المكبر ان يعمل به.

التغذية العكسية:

لكون كسب الدائرة المفتوحة عالي جدا فان فولتية صغيرة في الادخال (فولتية الضوضاء او الفولتية التعويضية اوفسيت) تكون كافية لسوقه الى التشبع اي ليعمل خارج الجزء الخطي، وهذا يسبب ايضا تذبذب غير مرغوب فيه. ان هذه الخاصية يستفاد منها في بعض التطبيقات فقط مثل استخدامه كمقارن.

لمعالجة ذلك يتم باستخدام التغذية العكسية حيث يمكن السيطرة على الاخراج بواسطة الادخال.

المقصود بالتغذية العكسية هو اعادة كل او جزء من اشارة الاخراج الى الادخال.

اذا كانت الاشارة المعادة بنفس طور الاشارة الداخلة نحصل على دائرة مذبذب كما لاحظنا في المحاضرات السابقة وهذا يدعى (تغذية عكسية موجبة).

في مكبر العمليات يتم اعادة الاخراج الى احد الادخالين بطور مخالف لاشارة الادخال ويدعى(تغذية عكسية سالبة).

نقطة شبه الارضي Vertual Ground :

وهي نقطة التقاء الاشارة العائدة مع الاشارة الداخلة للمكبر وفي هذه النقطة :

التيار الداخل يساوي صفر وذلك لكون ممانعة الدخل عالية جدا(مثاليا مالانهاية).

فولتية الفرق (V_d) صغيرة جدا تقترب من الصفر لان الكسب عالي جدا ($V_d = \frac{V_O}{A}$).

اي ان هذه النقطة يكون جهدها صفر ولكن لاتسحب تيار بعكس الارضي الحقيقي الذي يكون جهده صفر ولكنه قادر على سحب اي تيار مهما كبر. لذلك تدعى (شبه ارضي) او (ارضا ظاهرية).

هذه الصفة تجعل المكبر مناسبا لتنفيذ العمليات بدقة.

.....

فوائد التغذية العكسية السالبة لمكبر العمليات:

1- المكبر يصبح اكثر استقرارا للاسباب التالية :
أ- الكسب يصبح اقل تحسسا لقيم المكونات المفصولة.
ب- يمكن السيطرة على الكسب بواسطة مكونات التغذية العكسية.
ت- يمكن السيطرة على ممانعة الادخال والاخراج لتعطي افضل اداء(في الدائرة المفتوحة تختلف من مكبر الى آخر).
ث- تقليل تأثير الضوضاء.
2- كسب الدائرة المغلقة (A_{cl}) اقل من كسب الدائرة المفتوحة (A_{ol}) .
3- معاوقة الادخال للمكبر تزداد.
4- معاوقة الاخراج للمكبر تقل.
5- عرض النطاق الترددي للمكبر يزداد.
6- التشويه الغير خطي للمكبر يقل.

.....

.....

اسئلة:

1- ارسم المخطط الكتلي لمراحل التكبير لمكبر العمليات.

2- عدد مراحل التكبير لمكبر العمليات مع شرح احداها.

3- عدد صيغ اشتغال مكبر العمليات مع شرح احداها.

4- وضح المقصود بـ فولتية وتيار التعويض (V_{OS}) و (I_{OS}) لمكبر العمليات.

5- وضح المقصود بـ نسبة تغير اشارة الاخراج (S_r) لمكبر العمليات.

6- علل مايلي:

أ- نقطة التقاء الاشارة العائدة مع الاشارة الداخلة للمكبر تدعى شبه ارضي.

ب- من فوائد التغذية العكسية في مكبر العمليات انه يصبح اكثر استقرارا.

7- املأ الفراغات التالية بما يناسبها:

أ- عند ربط اشارة الادخال الى الطرف ..... والارضي الى الطرف ..... وتظهر هذه الاشارة الداخلة بعد تكبيرها وقلب طورها بمقدار 180^o في طرف الاخراج . لذا يدعى المكبر ..... .

ب- عند ربط اشارة الادخال الى الطرف ..... والارضي الى الطرف ..... وتظهر هذه الاشارة الداخلة بعد تكبيرها في طرف الاخراج . لذا يدعى المكبر ..... .

ت- في صيغة الادخال المفرد لمكبر العمليات ، يربط احد طرفي الإدخال الى ..... واشارة ..... الى طرف الادخال الثاني.

ث- في صيغة الفرق (مكبر الخطأ) لمكبر العمليات ، تربط اشارتين بفرق طور ..... على طرفي الادخال ويظهر الفرق مكبرا عند الاخراج ويدعى ..... واقصى قيمة لجهد الخطا بحدود ..... ملي فولت حتى يعمل المكبر بصورة خطية.

ج- في صيغة الاشتراك (CM) لمكبر العمليات ، اشارتي الادخال (عادة ..... غير مرغوب فيها) تلتقط في طرفي الادخال بنفس الكمية والقطبية فيظهر في الاخراج ..... ويكون بقيمة ..... .

ح- عندما تكون نسبة رفض اشارات النسق المشترك (CMRR = 100,000) يعني ان الاشارة المطلوبة تكبر ..... مرة اكبر من اشارة ..... الغير مرغوبة. وتتراوح بوحدة الديسيبل بين ..... الى ..... حسب القانون التالي ..... .

خ- من فوائد التغذية العكسية السالبة : كسب الدائرة المغلقة (A_{cl}) ..... من كسب الدائرة المفتوحة (A_{ol})، معاوقة الادخال للمكبر .....، معاوقة الاخراج للمكبر .....، عرض النطاق الترددي للمكبر ..... و التشويه الغير خطي للمكبر ..... .

.....

اسئلة:

1- ارسم المخطط الكتلي لمراحل التكبير لمكبر العمليات.

2- عدد مراحل التكبير لمكبر العمليات مع شرح احداها.

3- عدد صيغ اشتغال مكبر العمليات مع شرح احداها.

4- وضح المقصود بـ فولتية وتيار التعويض (V_{OS}) و (I_{OS}) لمكبر العمليات.

5- وضح المقصود بـ نسبة تغير اشارة الاخراج (S_r) لمكبر العمليات.

6- علل مايلي:

أ- نقطة التقاء الاشارة العائدة مع الاشارة الداخلة للمكبر تدعى شبه ارضي.

ب- من فوائد التغذية العكسية في مكبر العمليات انه يصبح اكثر استقرارا.

7- املأ الفراغات التالية بما يناسبها:

أ- عند ربط اشارة الادخال الى الطرف ..... والارضي الى الطرف ..... وتظهر هذه الاشارة الداخلة بعد تكبيرها وقلب طورها بمقدار 180^o في طرف الاخراج . لذا يدعى المكبر ..... .

ب- عند ربط اشارة الادخال الى الطرف ..... والارضي الى الطرف ..... وتظهر هذه الاشارة الداخلة بعد تكبيرها في طرف الاخراج . لذا يدعى المكبر ..... .

ت- في صيغة الادخال المفرد لمكبر العمليات ، يربط احد طرفي الادخال الى ..... واشارة ..... الى طرف الادخال الثاني.

ث- في صيغة الفرق (مكبر الخطأ) لمكبر العمليات ، تربط اشارتين بفرق طور ..... على طرفي الادخال ويظهر الفرق مكبرا عند الاخراج ويدعى ..... واقصى قيمة لجهد الخطا بحدود ..... ملي فولت حتى يعمل المكبر بصورة خطية.

ج- في صيغة الاشتراك (CM) لمكبر العمليات ، اشارتي الادخال (عادة ..... غير مرغوب فيها) تلتقط في طرفي الادخال بنفس الكمية والقطبية فيظهر في الاخراج ..... ويكون بقيمة ..... .

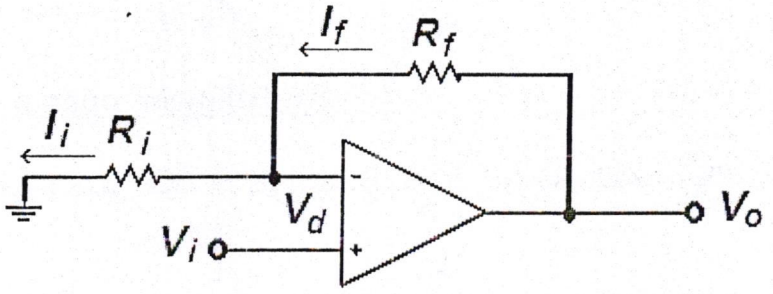
ح- عندما تكون نسبة رفض اشارات النسق المشترك (CMRR = 100,000) يعني ان الاشارة المطلوبة تكبر ..... مرة اكبر من اشارة ..... الغير مرغوبة. وتتراوح بوحدة الديسيبل بين ..... الى ..... حسب القانون التالي ..... .

خ- من فوائد التغذية العكسية السالبة : كسب الدائرة المغلقة (A_{cl}) ..... من كسب الدائرة المفتوحة (A_{ol})، معاوقة الادخال للمكبر .....، معاوقة الاخراج للمكبر .....، عرض النطاق الترددي للمكبر ..... و التشويه

هيئات ربط مكبر العمليات بالتغذية العكسية السالبة:

1- المكبر الغير العاكس (الغير القالب) Non-Inverting opamp :

دائرة مفيدة جدا عند الحاجة الى استخدام ممانعة عالية جدا في الادخال.
الشكل التالي يمثل استخدام مكبر العمليات كمكبر غير عاكس:



لاحظ ان اشارة الادخال تسلط على الادخال الغير العاكس (+)، واشارة التغذية العكسية تسلط على الادخال العاكس (-).
دائرة التغذية العكسية السالبة تتمثل بمقسم الفولتية R_f و R_i

بسبب خاصية شبه الارضي ($V_d = 0$ و $I_i = 0$) فيكون جهد الدخل V_i يساوي الجهد بين المقاومتين R_f و R_i .

$$V_f = V_o \frac{R_i}{R_i + R_f}$$

ويمكن حساب كسب دائرة التغذية العكسية السالبة كما يلي:

$$B = \frac{V_f}{V_o} = \frac{R_i}{R_i + R_f}$$

ويمكن حساب كسب الدائرة المغلقة كما يلي:

$$A_{cl} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{B} = \frac{R_i + R_f}{R_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

لاحظ ان A_{cl} لاتعتمد على A_{ol} وانما يمكن تحديدها بقيم R_i و R_f.

ويمكن حساب ممانعة الادخال بالقانون التالي:

$$Z_{i\,cl} = (1 + A_{ol} B) Z_{i\,ol}$$

المعادلة تبين ان الممانعة للدائرة المغلقة $Z_{i\,cl}$ اكبر بكثير من الممانعة للدائرة المفتوحة $Z_{i\,ol}$.

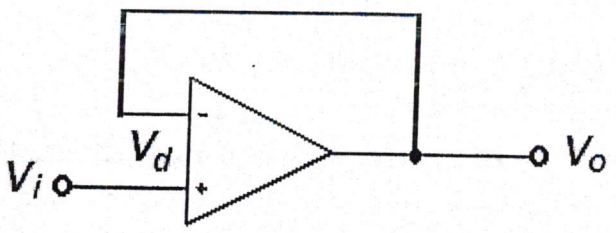
ويمكن حساب ممانعة الاخراج بالقانون التالي:

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}\,\dot{B}}$$

المعادلة تبين ان $Z_{o\,cl}$ اقل بكثير من $Z_{o\,ol}$.

2- المكبر تابع الفولتية Voltage-Follower opamp :

حالة خاصة للمكبر الغير العاكس حيث ان كل الاخراج يعاد الى الادخال القالب بربط مباشر



ويمكن حساب كسب دائرة التغذية العكسية السالبة كما يلي:

$$B = \frac{V_f}{V_O} = 1$$

حيث ان $V_f = V_i$

ويمكن حساب كسب الدائرة المغلقة كما يلي:

$$A_{cl} = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_O}{V_f} = \frac{1}{B} = \frac{1}{1} = 1$$

اي انه لايوجد كسب فولتية.

ويمكن حساب ممانعة الادخال بالقانون التالي:

$$Z_{i\,cl} = (\,1 + A_{ol}\,)Z_{i\,ol}$$

المعادلة تبين ان الممانعة للدائرة المغلقة $Z_{i\,cl}$ اكبر بكثير من نوع المكبر الغير العاكس.

ويمكن حساب ممانعة الاخراج بالقانون التالي:

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}}$$

المعادلة تبين ان $Z_{o\,cl}$ اقل بكثير من نوع المكبر الغير العاكس.

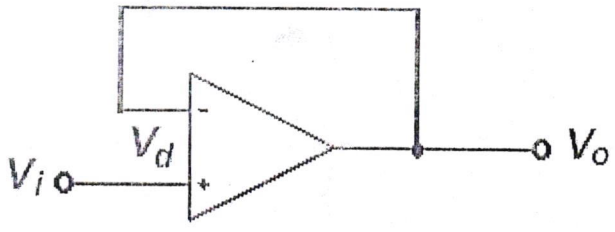
ويمكن حساب ممانعة الاخراج بالقانون التالي:

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}\,B}$$

المعادلة تبين ان $Z_{o\,cl}$ اقل بكثير من $Z_{o\,ol}$.

2- المكبر تابع الفولتية Voltage-Follower opamp :

حالة خاصة للمكبر الغير العاكس حيث ان كل الاخراج يعاد الى الادخال القالب بربط مباشر



ويمكن حساب كسب دائرة التغذية العكسية السالبة كما يلي:

$$B = \frac{V_f}{V_O} = 1$$

حيث ان $V_f = V_i$

ويمكن حساب كسب الدائرة المغلقة كما يلي:

$$A_{cl} = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_O}{V_f} = \frac{1}{B} = \frac{1}{1} = 1$$

اي انه لايوجد كسب فولتية.

ويمكن حساب ممانعة الادخال بالقانون التالي:

$$Z_{i\,cl} = (\,1 + A_{ol}\,)Z_{i\,ol}$$

المعادلة تبين ان الممانعة للدائرة المغلقة $Z_{i\,cl}$ اكبر بكثير من نوع المكبر الغير العاكس.

ويمكن حساب ممانعة الاخراج بالقانون التالي:

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}}$$

المعادلة تبين ان $Z_{o\,cl}$ اقل بكثير من نوع المكبر الغير العاكس.

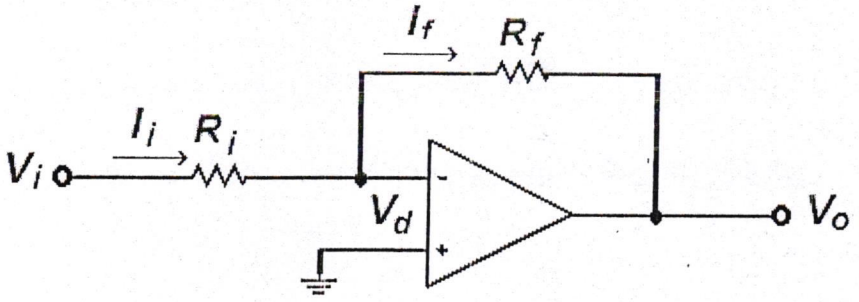
.....

بسبب هذه الخاصية (كسب فولتية يساوي واحد وممانعة ادخال عالية جدا وممانعة اخراج واطئة جدا وعرض حزمة الترددات عالية جدا يدعى مضخم عزل او مصد (Buffer) او مغير الممانعة.

مثلا يستخدم كعازل او مغير الممانعة في الدوائر الالكترونية بين ماقبلها ومابعدها من مراحل او كمكبر مصد (Buffer) لتحقيق التوافق بين مرحلتين مثلا بين مصدر اشارة ذو ممانعة داخلية عالية مع حمل مقاومة صغيرة او متغيرة.

3- المكبر العاكس (القالب) Inverting opamp. :

ويعتبر التطبيق الاساسي لمكبر العمليات، حيث يسمح لنا بتعيين قيمة دقيقة لممانعة الادخال وكذلك لكسب الفولتية. ويدعى بالمكبر العاكس وذلك لان قطبية فولتية الاخراج معكوسة القطبية لفولتية الادخال بمقدار 180°.



R_i تكون بحدود 1KΩ او اكثر لغرض تجنب تحميل مصدر الاشارة.

R_f تكون بحدود 1MΩ كقيمة قصوى. عند تجاوز هذه القيمة يبدأ المكبر بالتذبذب.

بسبب خاصية شبه الارضي يمكننا استنتاج المعادلات التالية :

استخدام قانون اوم لدائرتي الادخال والاخراج كما يلي:

$$V_i = I_i R_i$$

$$V_o = -I_f R_f$$

معادلة B :

$$B = \frac{V_f}{V_O} = \frac{R_i}{R_i + R_f}$$

وهي نفس المعادلة للنوع الغير العاكس.

معادلة التيارات:

$$I_i = I_f$$

كسب الفولتية :

$$A_{cl} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_f R_f}{I_i R_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

من المعادلة نستنتج ان A_{cl} لاتعتمد على A_{ol} ويسمح لنا بتعيين قيمة دقيقة لكسب الفولتية. اما العلامة (-) فانها للدلالة على عكس طور موجة الاخراج.

ممانعة الادخال:

$$Z_{i\,cl} = R_i$$

ممانعة الاخراج:

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}\,B}$$

وهو نفس القانون للنوع الغير العاكس.

تضاف احيانا مقاومة بين الطرف غير العاكس والارضي لتقليل الانسياق (زحف الاشارة) المتولد بسبب التاثيرات الحرارية.
هذا ويمكن الحصول على المكبر غير العاكس باستخدام دائرتين مكبر عاكس على التوالي.

اسئلة:

1- املأ الفراغات التالية:
أ- مكبر العمليات الغير العاكس دائرة مفيدة جدا عند الحاجة الى استخدام ..... في الادخال.

2- علل مايلي:
أ- مكبر العمليات تابع الفولتية يدعى مضخم عزل او مصد (Buffer).

3- اشتق قانون حساب A_{cl} لمكبر العمليات الغير العاكس مع بيان الاستنتاج.
4- اشتق قانون حساب A_{cl} لمكبر العمليات تابع الفولتية مع بيان الاستنتاج.
5- اشتق قانون حساب A_{cl} لمكبر العمليات العاكس مع بيان الاستنتاج.

من المعادلة نستنتج ان A_{cl} لاتعتمد على A_{ol} ويسمح لنا بتعيين قيمة دقيقة لكسب الفولتية. اما العلامة (-) فانها للدلالة على عكس طور موجة الاخراج.

ممانعة الادخال:

$$Z_{i\,cl} = R_i$$

ممانعة الاخراج:

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}\,B}$$

وهو نفس القانون للنوع الغير العاكس.

تضاف احيانا مقاومة بين الطرف غير العاكس والارضي لتقليل الانسياق (زحف الاشارة) المتولد بسبب التاثيرات الحرارية.
هذا ويمكن الحصول على المكبر غير العاكس باستخدام دائرتين مكبر عاكس على التوالي.

اسئلة:

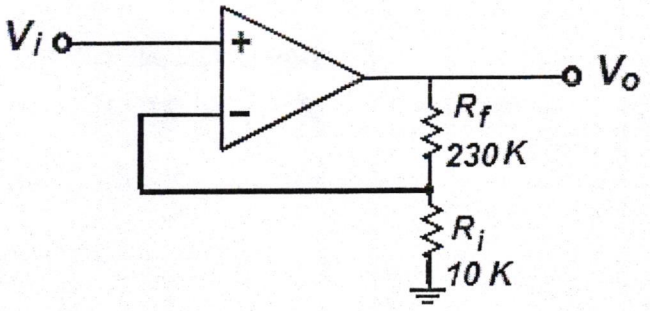
1- املأ الفراغات التالية:
أ- مكبر العمليات الغير العاكس دائرة مفيدة جدا عند الحاجة الى استخدام ..... في الادخال.

2- علل مايلي:
أ- مكبر العمليات تابع الفولتية يدعى مضخم عزل او مصد (Buffer).

3- اشتق قانون حساب A_{cl} لمكبر العمليات الغير العاكس مع بيان الاستنتاج.
4- اشتق قانون حساب A_{cl} لمكبر العمليات تابع الفولتية مع بيان الاستنتاج.
5- اشتق قانون حساب A_{cl} لمكبر العمليات العاكس مع بيان الاستنتاج.

مثال 1 س ١٩١٥

للدائرة المغلقة المبينة :



$$Z_{i\,ol} = 2M\Omega\,, \qquad Z_{o\,ol} = 75\Omega\,, \qquad A_{ol} = 200.000$$

1- اذكر اسم الدائرة.

2- احسب كسب الفولتية A_{cl}.

3- احسب ممانعة الادخال $Z_{i\,cl}$.

4- احسب ممانعة الاخراج $Z_{o\,cl}$.

الحل :

1) الدائرة تمثل مكبر عمليات غير عاكس.

(2

$$B = \frac{R_i}{R_i + R_f} = \frac{10\ k\Omega}{230\ k\Omega} = 0.0435$$

2ko

$$A_{cl} = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 1 + \frac{230\ k}{10\ k} = 24$$

(3

$$Z_{i\,cl} = (1 + A_{ol}\,B)Z_{i\,ol} = [1 + (200.000)(0.0435)]2\ M\Omega$$
$$= (1 + 8700)(2\ M\Omega) = 17.4\ G\Omega$$

(4

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}\,B} = \frac{75\ \Omega}{1 + 8700} = 8.6\ m\Omega$$

مثال 2

1- ارسم دائرة مكبر العمليات نوع تابع الفولتية اذا علمت ان :

$$Z_{i\,ol} = 2M\Omega\,, \qquad Z_{o\,ol} = 75\Omega\,, \qquad A_{ol} = 200.000$$

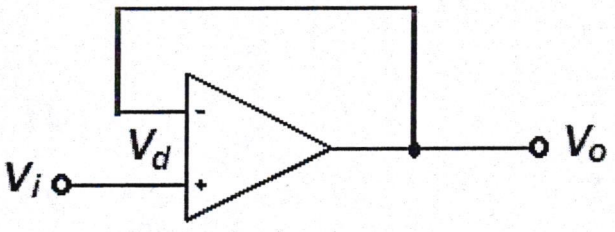
2- احسب كسب الفولتية A_{cl}.

3- احسب ممانعة الادخال $Z_{i\,cl}$

4- احسب ممانعة الاخراج $Z_{o\,cl}$.

الحل:

1)



2)

$$B = \frac{V_f}{V_O} = 1$$

$$A_{cl} = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_O}{V_f} = \frac{1}{B} = \frac{1}{1} = 1$$

3)

$$Z_{i\,cl} = (1 + A_{ol})Z_{i\,ol} = (1 + 200.000)(2\,M\Omega) = 400\,G\Omega$$

4)

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}} = \frac{75\Omega}{1 + 200.000} = 375\,\mu\Omega$$

مثال 2

1- ارسم دائرة مكبر العمليات نوع تابع الفولتية اذا علمت ان :

$$Z_{i\,ol} = 2M\Omega\,, \qquad Z_{o\,ol} = 75\Omega\,, \qquad A_{ol} = 200.000$$

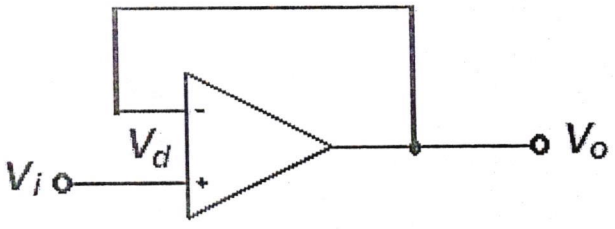
2- احسب كسب الفولتية A_{cl}.

3- احسب ممانعة الادخال $Z_{i\,cl}$

4- احسب ممانعة الاخراج $Z_{o\,cl}$.

الحل:

(1



(2

$$B = \frac{V_f}{V_O} = 1$$

$$A_{cl} = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_O}{V_f} = \frac{1}{B} = \frac{1}{1} = 1$$

(3

$$Z_{i\,cl} = (1 + A_{ol})Z_{i\,ol} = (1 + 200.000)(2\,M\Omega) = 400\,G\Omega$$

(4

$$Z_{o\,cl} = \frac{Z_{o\,ol}}{1 + A_{ol}} = \frac{75\Omega}{1 + 200.000} = 375\,\mu\Omega$$

.....

مثال 3

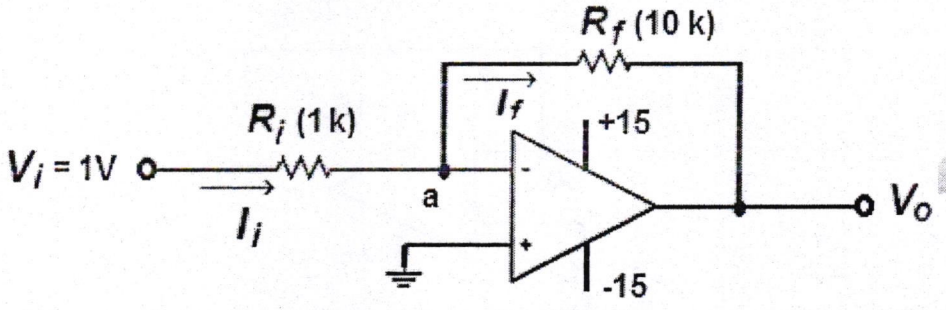
1- ارسم دائرة مكبر العمليات العاكس اذا علمت ان

$V_i = 1V$, $R_i = 1k\Omega$, $R_f = 10\,k\Omega$, $V_{supply} = \pm 15V$

2- احسب فولتية الاخراج V_o .

الحل:

(1



(2

$$I_i = \frac{V_i}{R_i} = \frac{1\,V}{1\,k\Omega} = 1\,mA = I_f$$

$$V_o = -(R_f \; x \; I_f) = -10\,k\Omega \text{ x } 1\,mA = -10\,V$$

.....

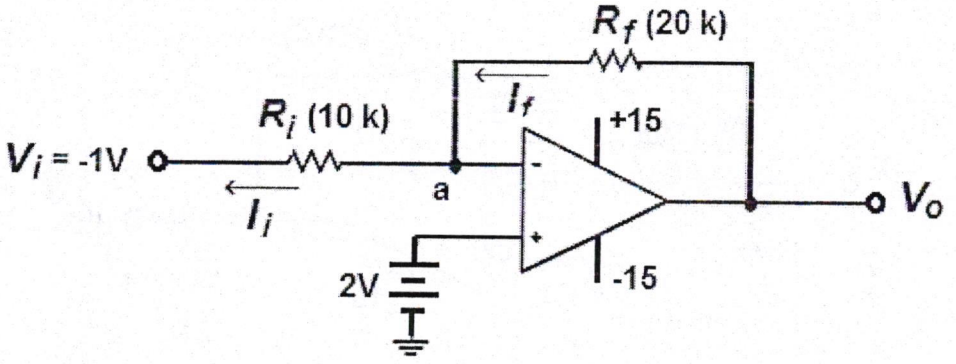
مثال 4

1- ارسم دائرة مكبر العمليات العاكس بعد ربط فولتية مستمرة قدرها 2V على طرف الادخال الغير العاكس اذا علمت ان $V_i = -1V$, $R_i = 10k\Omega$, $R_f = 20\,k\Omega$, $V_{supply} = \pm 15V$

2- احسب فولتية الاخراج V_o .

الحل:

1)



2)

بسبب خاصية شبه الارضي :

$$V_a = 2V$$

$$I_i = \frac{V_a - V_i}{10\ k\Omega} = \frac{2-(-1)}{10\ k\Omega} = \frac{3}{10\ k} = 0.3\,mA = I_f$$

$$V_o = (20\ k\Omega\ x\ I_f) + V_a = (20\ k\ x\ 0.3\,m) + 2 = 8V$$

.....

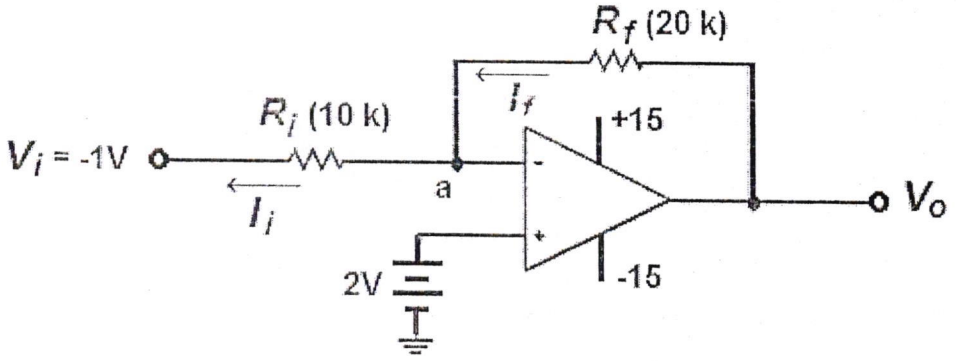
مثال 4

1- ارسم دائرة مكبر العمليات العاكس بعد ربط فولتية مستمرة قدرها 2V على طرف الادخال الغير العاكس اذا علمت ان $V_i = -1V$, $R_i = 10k\Omega$, $R_f = 20\,k\Omega$, $V_{supply} = \pm 15V$

2- احسب فولتية الاخراج V_o .

الحل:

1)



2)

بسبب خاصية شبه الارضي :

$$V_a = 2V$$

$$I_i = \frac{V_a - V_i}{10\ k\Omega} = \frac{2-(-1)}{10\ k\Omega} = \frac{3}{10\ k} = 0.3\,mA = I_f$$

$$V_o = (20\ k\Omega\ x\ I_f) + V_a = (20\ k\ x\ 0.3\ m) + 2 = 8V$$

.....

مثال 5

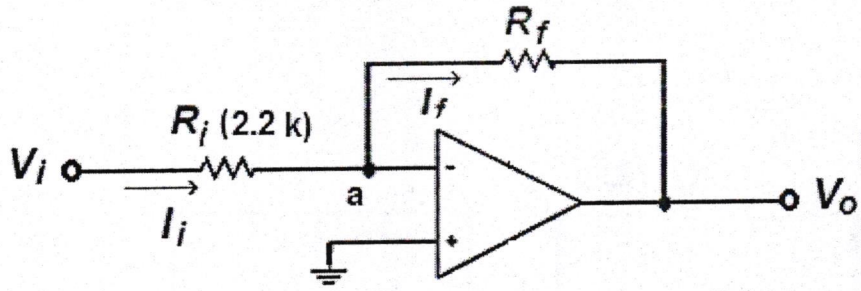
1- ارسم دائرة مكبر العمليات العاكس اذا علمت ان

$$R_i = 2.2\,k\Omega \ , \ A_{cl} = -100$$

2- احسب R_f .

الحل:

1)



2)

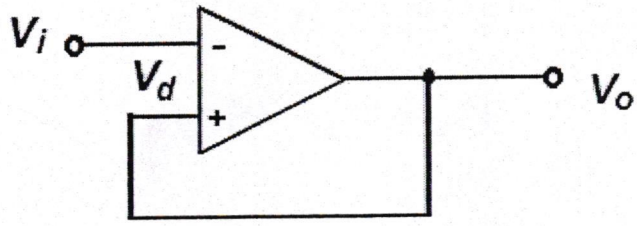
$$A_{cl} = -\frac{R_f}{R_i}$$

$$R_f = -(A_{cl})(R_i)$$
$$= -(-100)(2.2\,k) = 220\,k\Omega$$

.....

مثال 6

ماذا تمثل الدائرة التالية؟



الحل :

لان التغذية العكسية تضاف الى الادخال الغير العاكس فانه يصبح مذبذب.

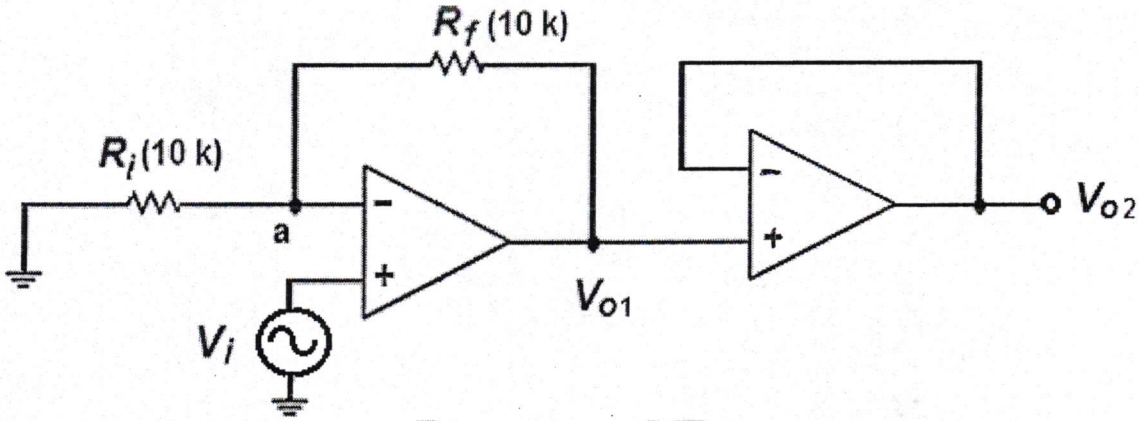
مثال 7

1- ارسم دائرة تكبير باستخدام مرحلتين مكبر عمليات ، المرحلة الاولى دائرة مكبر غير عاكس له $R_i = R_f = 10\,k\Omega$ اخراجها V_{o1} وادخالها V_i ، والمرحلة الثانية دائرة تابع الفولتية اخراجها V_{o2}.

2- اكتب معادلة V_{o2} .

الحل:

1)



2)

$$A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 1 + \frac{10}{10} = 2$$

$$V_{o1} = 2V_i$$

$$V_{o2} = V_{o1} = 2V_i$$

.....

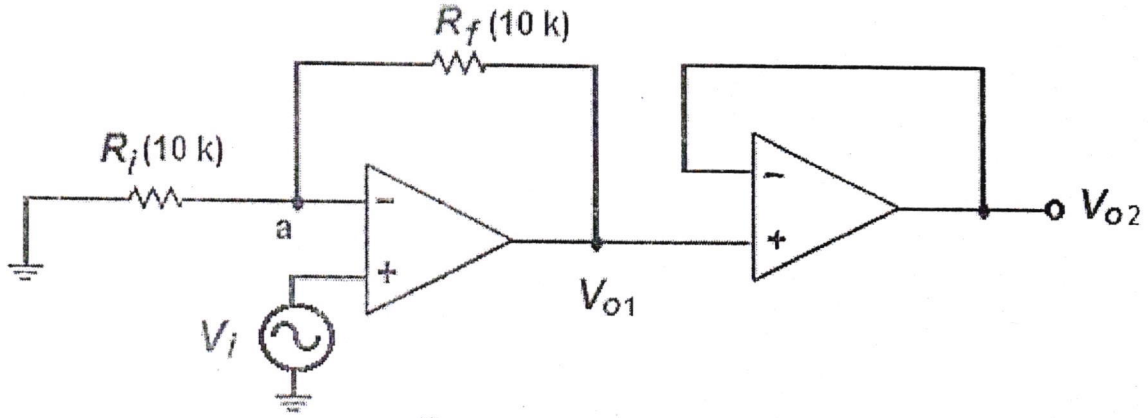
مثال 7

1- ارسم دائرة تكبير باستخدام مرحلتين مكبر عمليات ، المرحلة الاولى دائرة مكبر غير عاكس له $R_i = R_f = 10\,k\Omega$ اخراجها V_{o1} وادخالها V_i ، والمرحلة الثانية دائرة تابع الفولتية اخراجها V_{o2}.

2- اكتب معادلة V_{o2} .

الحل:

(1



(2

$$A_{v1} = \frac{V_{o1}}{V_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 1 + \frac{10}{10} = 2$$

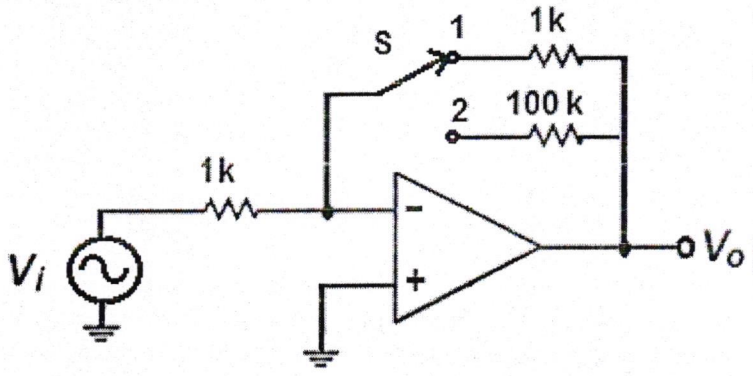
$$V_{o1} = 2V_i$$

$$V_{o2} = V_{o1} = 2V_i$$

.....

مثال 8

للدائرة المبينة:



1- حدد نوع الدائرة ؟ لماذا ؟
2- احسب الكسب عندما يكون المفتاح S على الوضع 1 .
3- احسب الكسب عندما يكون المفتاح S على الوضع 2 .

الحل:

1) الدائرة عبارة عن مكبر عمليات عاكس وذلك لان الطرف العاكس (-) يتغذى من المصدر المتناوب V_i .

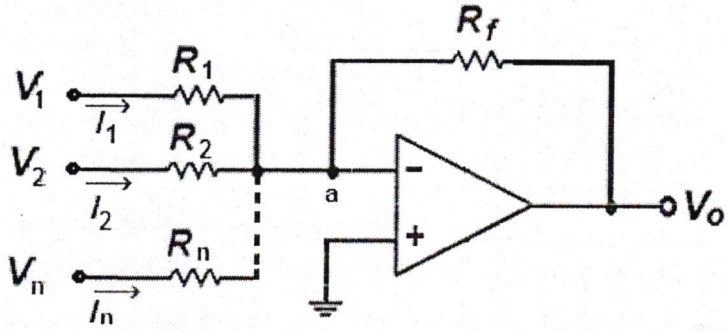
2) $$A_{cl} = -\frac{R_f}{R_i} = -\frac{1}{1} = -1$$

3) $$A_{cl} = -\frac{R_f}{R_i} = -\frac{100}{1} = -100$$

المكبر الجامع Summing opamp. :

اولا: استخدام المكبر العاكس كجامع:

١) وله ادخالين او اكثر تسلط الى الادخال العاكس واخراجه يتناسب مع سالب المجموع الجبري لفولتيات الادخال الموزونة.



الدائرة يمكن تشبيهها بـ (n) من المكبرات العاكسة اخراجاتها تجمع سوية بسبب خاصية شبه الارضي فان النقطة a يمكن اعتبارها نقطة لجمع الاشارات:

$$V_o = -R_f(I_1 + I_2 + \cdots + I_n)$$

$$V_o = -R_f\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \cdots + \frac{V_n}{R_n}\right)$$

عند فرض ان:

$$R_1 = R_2 = \cdots = R_n = R$$

فان:

$$V_o = -R_f\left(\frac{V_1}{R} + \frac{V_2}{R} + \cdots + \frac{V_n}{R}\right)$$

$$= -\frac{R_f}{R}(V_1 + V_2 + \cdots + V_n)$$

٢) مكبر المعدل Averaging opamp. :

وله نفس تصميم دائرة الجامع ولكن النسبة ($\frac{R_f}{R}$) تكون بقدر ($\frac{1}{n}$) . اي ان ($R_f = \frac{R}{n}$) حيث ان :

$$R_1 = R_2 = \cdots = R_n = R$$

$$V_o = -\frac{1}{n}(V_1 + V_2 + \cdots + V_n)$$

٣) المكبر الجامع الوزني .Scaling opamp :

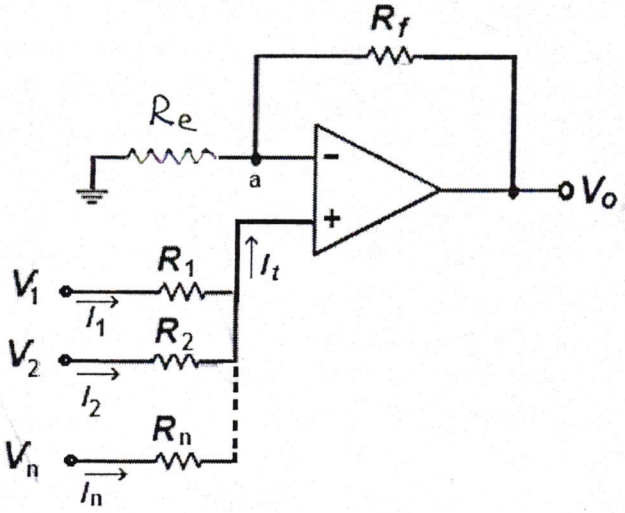
نفس دائرة المكبر الجامع ولكنه يجمع اوزان مختلفة لكل ادخال حسب الرغبة تحددها النسبة بين R_f وقيم مقاومات الادخال.

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \cdots + \frac{R_f}{R_n}V_n\right)$$

لاحظ ان الوزن يزداد بانخفاض قيمة مقاومة الدخل والعكس صحيح.
يستخدم هذا التصميم في جهاز خلط الاشارات السمعية (audio mixer) حيث ان الادخالات عبارة عن فولتيات من مكروفونات مختلفة او جهاز تسجيل آلة موسيقية او مصادر صوت اخرى، اما مقاومات الادخال $R_1, R_2 \ldots, R_n$ فانها تغير وزن الصوت المطلوب جمعه. ويمكن مزج اكثر من (٥٠) اشارة مع بعض لتوليد نظام صوتي مجسم.

ثانيا :استخدام المكبر الغير العاكس كجامع:

وله ادخالين او اكثر تسلط الى الادخال الغير العاكس بينما تبقى عناصر التغذية العكسية مع الطرف العاكس.



بسبب خاصية نقطة شبه الارضي (a):

$$I_t = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \cdots + \frac{V_n}{R_n}$$

$$R_t = 1 \Big/ \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}\right)$$

$$V_o = I_t R_t \left(1 + \frac{R_f}{R_e}\right)$$

.....

٣) المكبر الجامع الوزني Scaling opamp. :

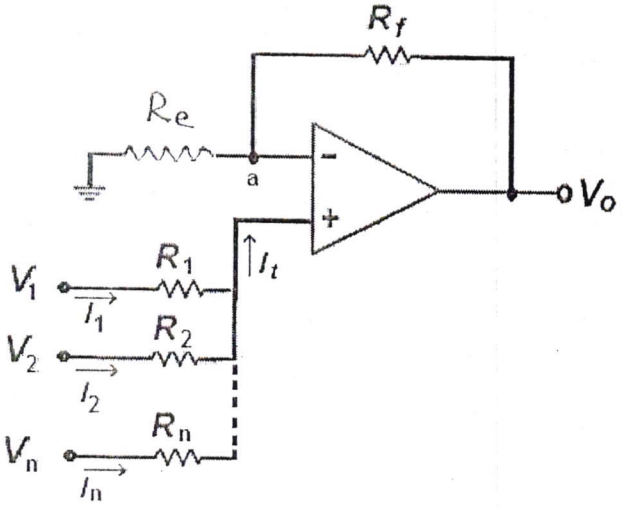
نفس دائرة المكبر الجامع ولكنه يجمع اوزان مختلفة لكل ادخال حسب الرغبة تحددها النسبة بين R_f وقيم مقاومات الادخال.

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \cdots + \frac{R_f}{R_n}V_n\right)$$

لاحظ ان الوزن يزداد بانخفاض قيمة مقاومة الدخل والعكس صحيح.
يستخدم هذا التصميم في جهاز خلط الاشارات السمعية (audio mixer) حيث ان الادخالات عبارة عن فولتيات من مكروفونات مختلفة او جهاز تسجيل آلة موسيقية او مصادر صوت اخرى، اما مقاومات الادخال $R_1, R_2 \ldots, R_n$ فانها تغير وزن الصوت المطلوب جمعه. ويمكن مزج اكثر من (٥٠) اشارة مع بعض لتوليد نظام صوتي مجسم.

ثانيا :استخدام المكبر الغير العاكس كجامع:

وله ادخالين او اكثر تسلط الى الادخال الغير العاكس بينما تبقى عناصر التغذية العكسية مع الطرف العاكس.



بسبب خاصية نقطة شبه الارِضي (a):

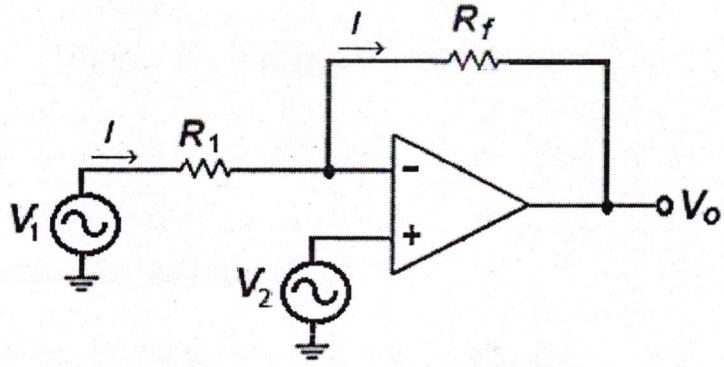
$$I_t = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \cdots + \frac{V_n}{R_n}$$

$$R_t = 1 \Big/ \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}\right)$$

$$V_o = I_t R_t \left(1 + \frac{R_f}{R_e}\right)$$

2

المكبر الطارح Subtractor opamp. :



باستخدام نظرية التراكب :

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_2 - \left(\frac{R_f}{R_1}\right) V_1$$

حالة خاصة عند تساوي المقاومات:

$$V_o = 2V_2 - V_1$$

مثال ١ :

١- ارسم دائرة الجامع باستخدام مكبر العمليات العاكس،

اذا علمت ان: $V_1 = 0.3$ V , $V_2 = 0.1$ V , $V_3 = 0.8$ V

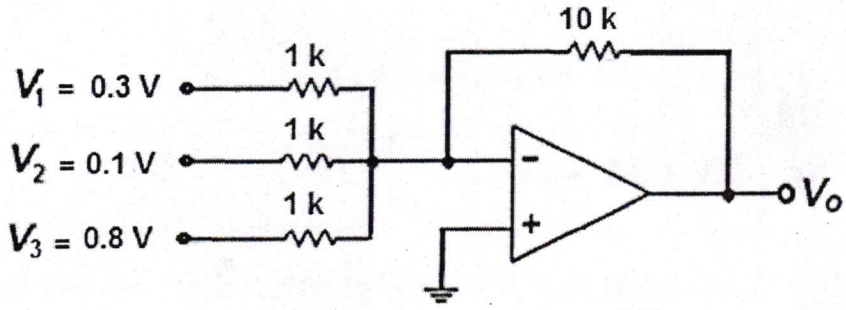
$$R_1 = R_2 = R_3 = 1\ k\Omega$$

$$R_f = 10\ k\Omega$$

٢- احسب قيمة V_o .

الحل:

١)



(٢

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

$$= -\frac{10}{1}(0.3\,\text{V} + 0.1\,\text{V} + 0.8\,\text{V}) = -12\,\text{V}$$

مثال ٢:

١- ارسم دائرة الجامع باستخدام مكبر العمليات العاكس،

اذا علمت ان: $V_1 = 1\,\text{V}$, $V_2 = 2\,\text{V}$, $V_3 = 3\,\text{V}$, $V_4 = 4\,\text{V}$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R = 100k\Omega$$

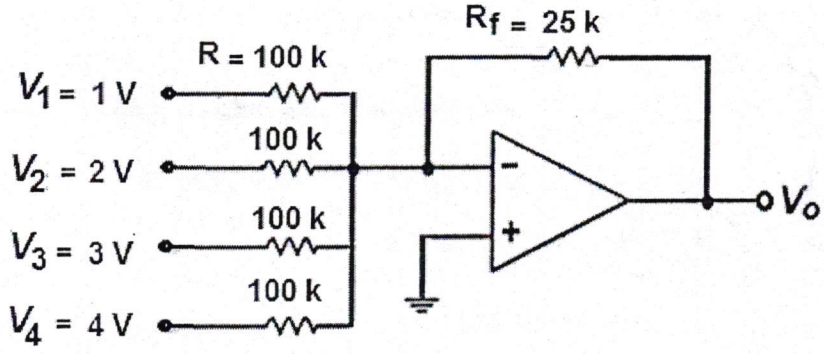
$$R_f = 25\,k\Omega$$

٢- احسب قيمة V_o.

٣- ماذا تمثل هذه الدائرة؟

الحل:

(١



(2

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i}(V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$$

$$= -\frac{25k}{100k}(1\,\text{V} + 2\,\text{V} + 3\,\text{V} + 4\text{V}) = -\frac{1}{4}(10\text{V}) = -2.5\,\text{V}$$

(٣

الدائرة تمثل مكبر المعدل لان الاخراج يساوي معدل قيم فولتيات الادخال.

$$V_{i(avg)} = \frac{(1+2+3+4)V}{4} = \frac{10\,\text{V}}{4} = 2.5\,\text{V}$$

(٢

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

$$= -\frac{10}{1}(0.3\,\text{V} + 0.1\,\text{V} + 0.8\,\text{V}) = -12\,\text{V}$$

مثال ٢:

١ - ارسم دائرة الجامع باستخدام مكبر العمليات العاكس،

اذا علمت ان: $V_1 = 1\,\text{V}$, $V_2 = 2\,\text{V}$, $V_3 = 3\,\text{V}$, $V_4 = 4\,\text{V}$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R = 100k\Omega$$

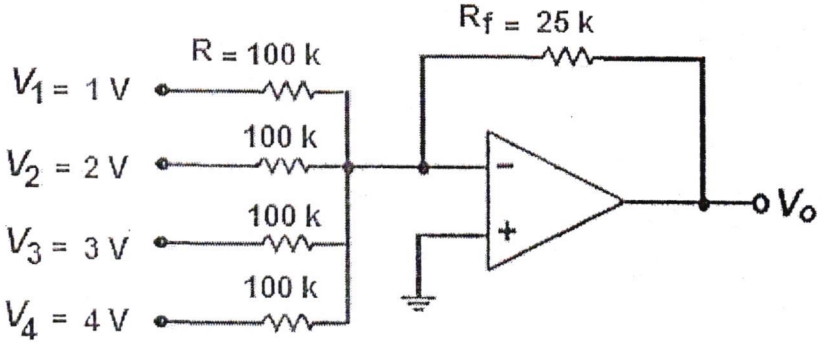
$$R_f = 25\,k\Omega$$

٢- احسب قيمة Vo .

٣- ماذا تمثل هذه الدائرة؟

الحل:

(١



(2

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i}(V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$$

$$= -\frac{25k}{100k}(1\,\text{V} + 2\,\text{V} + 3\,\text{V} + 4\text{V}) = -\frac{1}{4}(10\text{V}) = -2.5\,\text{V}$$

(٣

الدائرة تمثل مكبر المعدل لان الاخراج يساوي معدل قيم فولتيات الادخال.

$$V_{i(avg)} = \frac{(1+2+3+4)\text{V}}{4} = \frac{10\,\text{V}}{4} = 2.5\,\text{V}$$

3

مثال ٣ :

١- ارسم دائرة الجامع باستخدام مكبر العمليات العاكس،

اذا علمت ان: $V_1 = 3\,V$, $V_2 = 2\,V$, $V_3 = 8V$

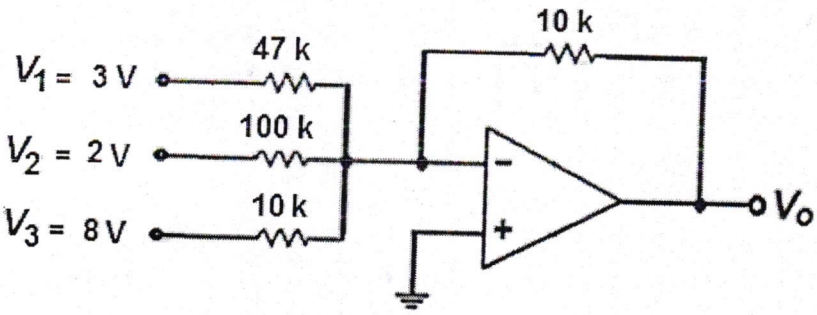
$R_1 = 47k\Omega$, $R_2 = 100k\Omega$, $R_3 = 10k\Omega$, $R_f = 10\ k\Omega$

٢- احسب قيمة Vo .

٣- ماذا تمثل هذه الدائرة؟

الحل:

١)



٢)

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \cdots + \frac{R_f}{R_n}V_n\right)$$

$$= -\left[\frac{10}{47}(3\,V) + \frac{10}{100}(2\,V) + \frac{10}{10}(8\,V)\right]$$

$$= -[0.213(3\,V) + 0.1(2\,V) + 1(8\,V)]$$

$$= -(0.64 + 0.2 + 8)V$$

$$\simeq -8.84\,V$$

٣) الدائرة تمثل المكبر الجامع الوزني وذلك لوجود اوزان مختلفة لكل ادخال.

مثال ٤:

١- ارسم دائرة الجامع باستخدام مكبر العمليات العاكس،

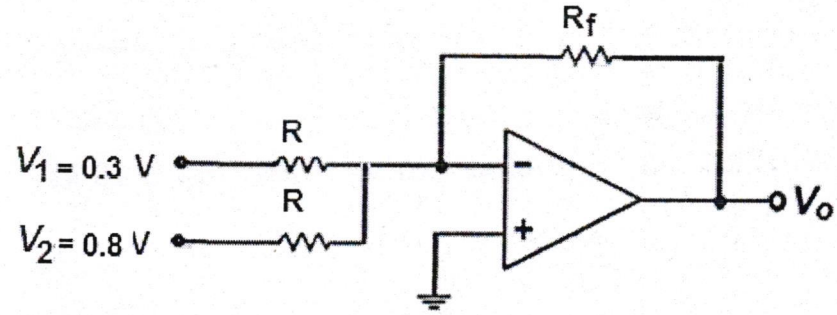
اذا علمت ان: $V_1 = 0.3\,V$, $V_2 = 0.8\,V$

$R_1 = R_f$

٢- احسب قيمة Vo .

-١٢ + ٦ = -٦

١)



٢)

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i}(V_1 + V_2)$$

$$= -(1)(0.3 + 0.8) = -1.1\,\text{V}$$

مثال ٥

١- ارسم دائرة المكبر الغير العاكس الجامع اذا علمت ان :

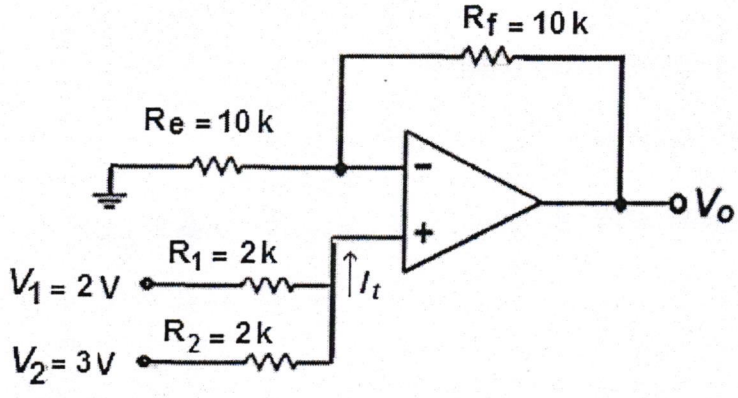
$V_1 = 2\,\text{V}$, $V_2 = 3\,\text{V}3$

$R_1 = R_2 = 2\,k\Omega$, $R_e = R_f = 10\,k\Omega$

٢- احسب قيمة V_o .

الحل :

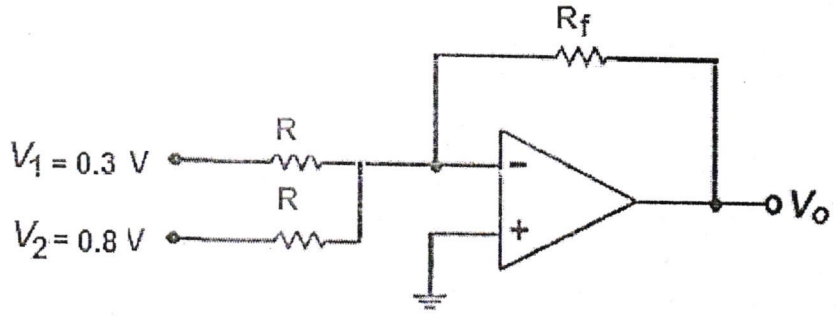
١)



٢)

$$I_t = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = \frac{2}{2\,k} + \frac{3}{2\,k} = (1 + 1.5)10^{-3} = 2.5\,mA$$

١)



٢)

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i}(V_1 + V_2)$$

$$= -(1)(0.3 + 0.8) = -1.1\ \text{V}$$

مثال ٥

١- ارسم دائرة المكبر الغير العاكس الجامع اذا علمت ان :

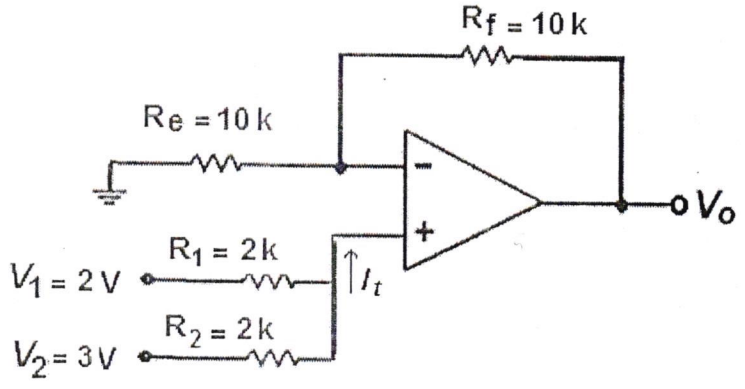
$V_1 = 2$ V , $V_2 = 3$ V3

$R_1 = R_2 = 2\ k\Omega$, $R_e = R_f = 10\ k\Omega$

٢- احسب قيمة Vo .

الحل :

١)



٢)

$$I_t = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = \frac{2}{2\,k} + \frac{3}{2\,k} = (1 + 1.5)10^{-3} = 2.5\ mA$$

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = \frac{4}{4} = 1\,k\Omega$$

$$V_o = I_t\, R_t \left(1 + \frac{R_f}{R_e}\right)$$

$$= 2.5\, x\, 1 \left(1 + \frac{10}{10}\right) = 2.5(2) = 5\,V$$

مثال 6 :

صمم دائرة لمضخم عمليات بحيث تعطي اشارة خرج بقيمة :

$$V_o = 3V_2 - 2V_1$$

الحل :

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_2 - \left(\frac{R_f}{R_1}\right) V_1$$

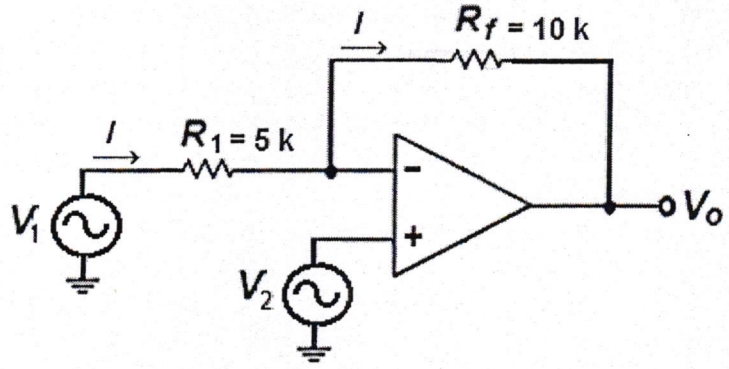
$$\frac{R_f}{R_1} = 2 \Rightarrow R_f = 2\,R_1$$

نفرض ان

$$R_1 = 5\,k\Omega$$

$$\therefore R_f = 10\,k\Omega$$

التصميم :



.....

اسئلة:

١- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر جامع.
٢- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر طارح.
٣- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات الغير العاكس عند استخدامه كمكبر جامع.
٤- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر المعدل.
٥- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر الجامع الوزني و بين كيف يتم زيادة الوزن ؟ ثم اذكر استخداماته.
٦- مثال ١.
٧- مثال ٢.
٨- مثال ٣.
٩- مثال ٤.
١٠-مثال ٥.
١١-مثال ٦.

.....

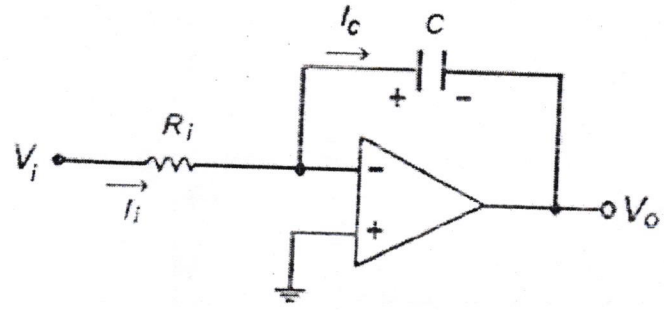
اسئلة:

١- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر جامع.
٢- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر طارح.
٣- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات الغير العاكس عند استخدامه كمكبر جامع.
٤- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر المعدل.
٥- اشتق معادلة V_o لدائرة مكبر العمليات العاكس عند استخدامه كمكبر الجامع الوزني و بين كيف يتم زيادة الوزن ؟ ثم اذكر استخداماته.
٦- مثال ١.
٧- مثال ٢.
٨- مثال ٣.
٩- مثال ٤.
١٠-مثال ٥.
١١-مثال ٦.

المكبر التكاملي .Integrator Amp:

ويدعى ايضا مكامل (ميلر) ويستخدم لتنفيذ عملية التكامل لاشارة الادخال والتي هي عبارة عن عملية جمع في الزمن لقيم اشارة الدخل وهذا ماتقوم به المتسعة .

لكن المتسعة تتراكم فيها الفولتية بشكل أسي (Exponential) . باستخدام مكبر العمليات يمكن جعل تراكم الفولتية خطية كما مبين :-



المكبر العملي قد يحوي مقاومات اضافية او دوائر اخرى على التوازي مع متسعة التغذية العكسية لمنع التشبع.

تكامل موجة ادخال نوع نبضة عتبة (خطوة) step تعطي موجة اخراج نوع منحدر (ramp) بميل يتناسب مع الارتفاع (amplitude).

تكامل موجة ادخال نوع مربعة تعطي موجة اخراج نوع مثلثة بميل يتناسب مع الارتفاع (amplitude).

$$V_C = \frac{1}{C}\int_0^t I_C\,dt = -\frac{I_C}{C}\int_0^t dt$$

- بسبب خاصية شبه الارضي فان:

$$V_o = -V_C$$

$$I_C = I_i = \frac{V_i}{R_i}$$

$$\therefore V_o = -\frac{V_i}{R_i C}\int_0^t dt = -\frac{V_i}{R_i C}(t)$$

هذه معادلة خط (y = mx + b) يبدأ من الصفر بميل ثابت وسالب مقداره $\left(-\frac{V_i}{R_i C}\right)$. هذا الميل يمكن التحكم به بتغيير V_i او R_i او C .

مثال ١ :

١- ارسم دائرة مكبر تكاملي اذا علمت ان:

اشارة الادخال عبارة عن عتبة (step) بارتفاع 2 V و زمن t=1 mS

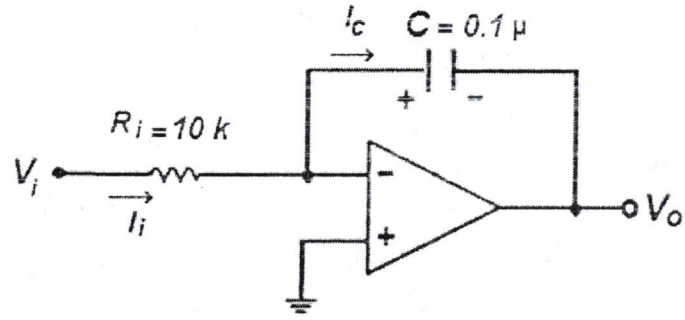
$R_i = 10\ k\Omega,\ C = 0.1\ \mu F$

٢- احسب قيمة فولتية الاخراج.

٣- احسب قيمة ميل اشارة الاخراج مبينا نوع اشارة الاخراج.

الحل :

١)



٢)

$$V_O = -\frac{V_i}{R_i C}(t)$$

$$-\ -\frac{2\,V}{10\ x\ 10^3\ x\ 0.1x10^{-6}}\ x\ (1\ x\ 10^{-3})$$

$$= -\frac{2\,V}{10^{-3}}\ x\ (1\ x\ 10^{-3})$$

$$= -2\,V$$

٣)

$$-\frac{v_i}{R_i C} = -\frac{2}{10^{-3}} = -\frac{2\,V}{1mS}$$

الاخراج موجة منحدر بميل ($-\frac{2\,V}{1mS}$)

مثال ١ :

١- ارسم دائرة مكبر تكاملي اذا علمت ان:

اشارة الادخال عبارة عن عتبة (step) بارتفاع 2 V و زمن t=1 mS

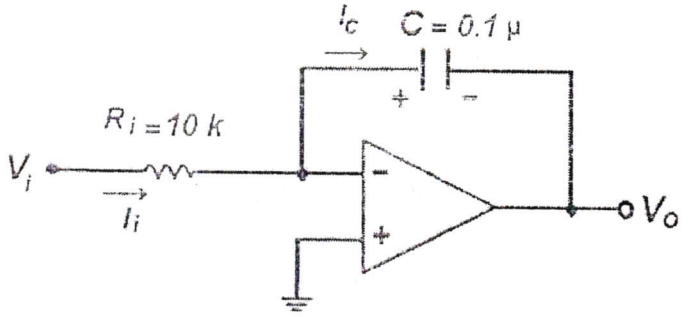
$R_i = 10\ k\Omega,\ C = 0.1\ \mu F$

٢- احسب قيمة فولتية الاخراج.

٣- احسب قيمة ميل اشارة الاخراج مبينا نوع اشارة الاخراج.

الحل :

١)



٢)

$$V_o = -\frac{V_i}{R_i C}(t)$$

$$= -\frac{2\,V}{10 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}} \times (1 \times 10^{-3})$$

$$= -\frac{2\,V}{10^{-3}} \times (1 \times 10^{-3})$$

$$= -2\,V$$

٣)

$$-\frac{v_i}{R_i C} = -\frac{2}{10^{-3}} = -\frac{2\,V}{1mS}$$

الاخراج موجة منحدر بميل ($-\frac{2\,V}{1mS}$)

مثال ٢ :

١- ارسم دائرة مكبر تكاملي اذا علمت ان:

اشارة الادخال عبارة عن موجة مربعة بزمن t=10 mS وارتفاع 15 V

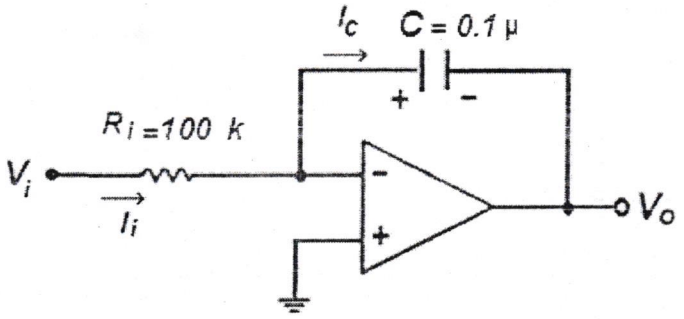
$R_i = 100\ k\Omega$ $C = 0.1\ \mu F$

٢- احسب قيمة فولتية الاخراج.

٣- احسب قيمة ميل اشارة الاخراج مبينا نوع اشارة الاخراج.

الحل :

(١



(٢

$$V_O = -\frac{V_i}{R_i C}(t)$$

$$= -\frac{15\ \text{V}}{100\ x\ 10^3\ x\ 0.1x10^{-6}}\ x\ (5\ x\ 10^{-3})$$

$$= -\frac{7.5\ \text{V}}{10^{-2}}\ x\ (10^{-2})$$

$$= -7.5\ \text{V}$$

(٣

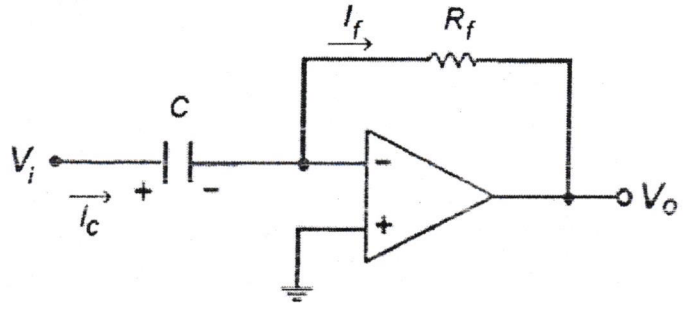
$$-\frac{v_i}{R_i C} = -\frac{15\ V}{10\ mS} = -\frac{7.5\ V}{5\ mS}$$

الاخراج موجة مثلثة بميل $\left(-\frac{7.5\ V}{5\ mS}\right)$

المكبر التفاضلي Differential Amp. :

ويستخدم لتنفيذ عملية التفاضل لاشارة الادخال اي حساب النسبة اللحظية للتغير في فولتية الادخال.

- تغير التيار في المتسعة يكون لحظيا ويمكن الاستفادة من هذه الخاصية بتحويل تاثير التغير في التيار الى تغيير لحظي في فولتية وذلك باستخدام مكبر عمليات كما مبين:-



المكبر العملي قد يحوي مقاومات توالي لتقليل الضوضاء الناتجة من الترددات العالية.

تفاضل موجة ادخال نوع موجة مثلثة تعطي موجة اخراج نوع مربعة يتناسب مع ميل اشارة الادخال.
تفاضل موجة نوع منحدر (ramp) تعطي موجة اخراج نوع نبضة عتبة (خطوة) step

$$I_C = C \frac{dV_C}{dt}$$

بسبب خاصية شبه الارضي :

$$V_O = -I_f R_f$$

$$V_C = V_i$$

$$I_C = I_f$$

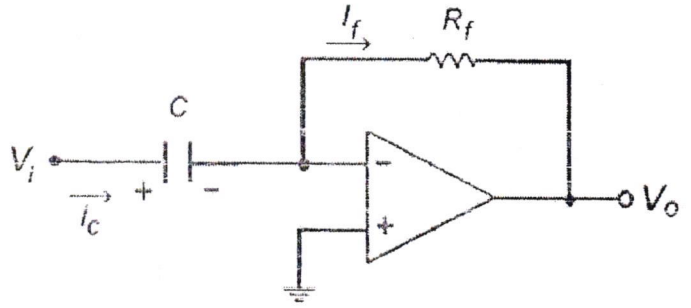
$$\therefore I_f = C \frac{dV_i}{dt}$$

$$\therefore V_O = -R_f C \frac{dV_i}{dt} = -R_f C \left(\frac{V_i}{t}\right)$$

المكبر التفاضلي Differential Amp. :

ويستخدم لتنفيذ عملية التفاضل لاشارة الادخال اي حساب النسبة اللحظية للتغير في فولتية الادخال.

- تغير التيار في المتسعة يكون لحظيا ويمكن الاستفادة من هذه الخاصية بتحويل تاثير التغير في التيار الى تغيير لحظي في فولتية وذلك باستخدام مكبر عمليات كما مبين:-



المكبر العملي قد يحوي مقاومات توالي لتقليل الضوضاء الناتجة من الترددات العالية.

تفاضل موجة ادخال نوع موجة مثلثة تعطي موجة اخراج نوع مربعة يتناسب مع ميل اشارة الادخال.
تفاضل موجة نوع منحدر (ramp) تعطي موجة اخراج نوع نبضة عتبة (خطوة) step

$$I_C = C \frac{dV_C}{dt}$$

بسبب خاصية شبه الارضي :

$$V_O = -I_f R_f$$

$$V_C = V_i$$

$$I_C = I_f$$

$$\therefore I_f = C \frac{dV_i}{dt}$$

$$\therefore V_O = -R_f C \frac{dV_i}{dt} = -R_f C \left(\frac{V_i}{t}\right)$$

مثال ٣ :

١- ارسم دائرة مكبر تفاضلي اذا علمت ان:

اشارة الادخال عبارة عن موجة مثلثة بارتفاع 10V و زمن t=10 µS

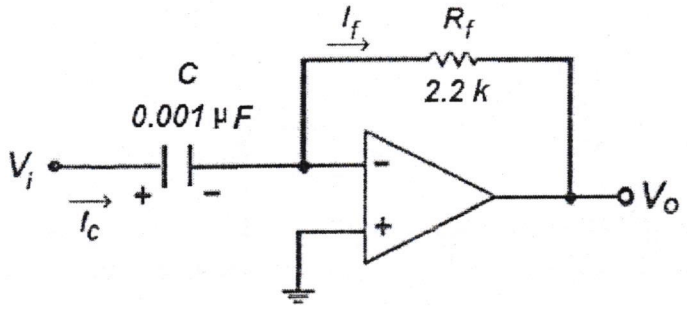
$$R_f = 2.2\,k \;,\; C = 0.001\,\mu F$$

٢- احسب قيمة فولتية الاخراج.

٣- بين نوع اشارة الاخراج.

الحل :

١)



٢)

$$R_f\,C = (2.2\,k)(0.001\mu) = 2.2\,\mu S$$

$$\frac{V_i}{t} = \frac{10\text{ V}}{5\,\mu S} = 2\ {}^{\text{V}}/_{\mu S}$$

$$V_O = -R_f\,C\,\frac{dV_i}{dt} = -R_f\,C\,(\frac{V_i}{t})$$

$$V_O = -(2.2\,\mu S)\left(2\ {}^{\text{V}}/_{\mu S}\right) = -4.4\text{ V}$$

الاخراج موجة مربعة بارتفاع ± 4.4 V .

مثال ٤ :

١- ارسم دائرة مكبر تفاضلي اذا علمت ان:

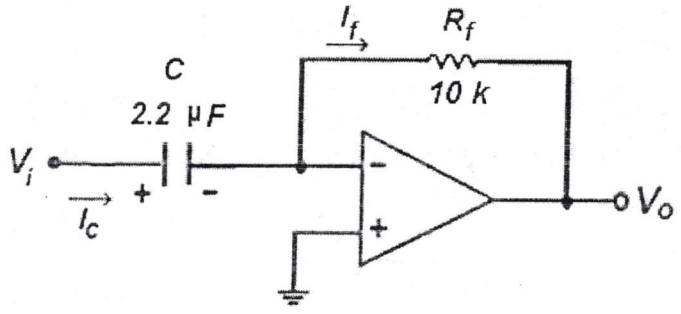
اشارة الادخال عبارة عن موجة خط مستقيم مائل بارتفاع 10 V+ و زمن t = 0.4 S

$$R_f = 10\,k \;,\; C = 2.2\,\mu F$$

٢- احسب قيمة فولتية الاخراج.

الحل :

١)



٢)

$$R_f\,C = (10\,k)(2.2\,\mu) = 22\,mS$$

$$\frac{V_i}{t} = \frac{10\text{ V}}{0.4\,S} = 25\ {}^{\text{V}}/_{S}$$

$$V_o = -R_f\,C\,\frac{dV_i}{dt} = -R_f\,C\,(\frac{V_i}{t})$$

$$V_o = -(22\,mS)\left(25\ {}^{\text{V}}/_{S}\right) = -0.55\text{ V}$$

مثال ٤ :

١- ارسم دائرة مكبر تفاضلي اذا علمت ان:

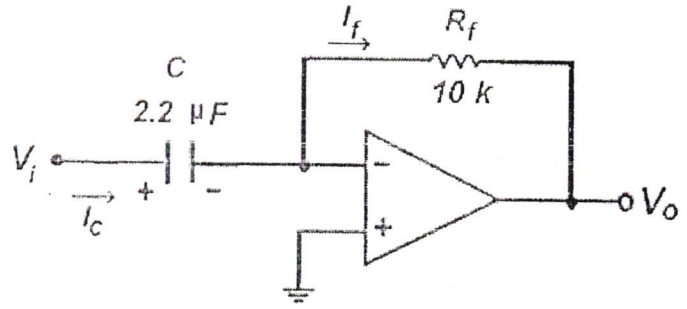
اشارة الادخال عبارة عن موجة خط مستقيم مائل بارتفاع 10 V+ و زمن t = 0.4 S

$$R_f = 10\,k \;,\; C = 2.2\,\mu F$$

٢- احسب قيمة فولتية الاخراج.

الحل :

١)



٢)

$$R_f C = (10\,k)(2.2\,\mu) = 22\,mS$$

$$\frac{V_i}{t} = \frac{10\text{ V}}{0.4\,S} = 25\ {}^{\text{V}}/_{S}$$

$$V_o = -R_f C \frac{dV_i}{dt} = -R_f C \left(\frac{V_i}{t}\right)$$

$$V_O = -(22\,mS)\left(25\ {}^{\text{V}}/_{S}\right) = -0.55\text{ V}$$

.....

اسئلة :

١- املأ الفراغات التالية بما يناسبها:

أ- المكبر التكاملي يدعى ايضا مكبر ..... ويستخدم لتنفيذ عملية التكامل لاشارة الادخال والتي هي عبارة عن عملية ..... لقيم اشارة الدخل وهذا ماتقوم به ..... . تكامل موجة ادخال نوع نبضة عتبة (خطوة) step تعطي موجة اخراج نوع ..... بميل يتناسب مع ..... تكامل موجة ادخال نوع ..... تعطي موجة اخراج نوع مثلثة بميل يتناسب مع الارتفاع (amplitude).

ب- معادلة اخراج المكبر التكاملي ($V_o = \cdots \ldots \ldots \ldots$) هذه معادلة خط (y = mx + b) يبدأ من الصفر بميل ..... و ..... مقداره $\left(-\frac{V_i}{R_i C}\right)$. هذا الميل يمكن التحكم به بتغيير ..... او ..... او .....

ت- المكبر التفاضلي ويستخدم لتنفيذ عملية التفاضل لاشارة الادخال اي حساب ..... للتغير في فولتية الادخال.

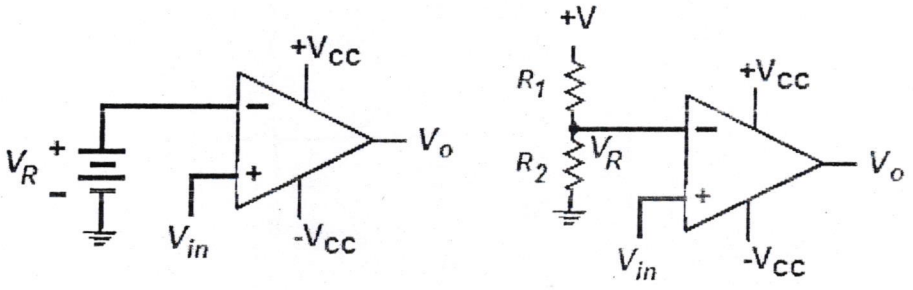
ث- معادلة اخراج المكبر التفاضلي ($V_o = \cdots \ldots \ldots \ldots$) ، $\left(\frac{V_i}{t}\right)$ يمثل ميل ..... ويتغير الاخراج مع هذا الميل (اي نسبة التغير).

٢- مثال ١.
٣-مثال ٢.
٤-مثال ٣.
٥-مثال ٤.

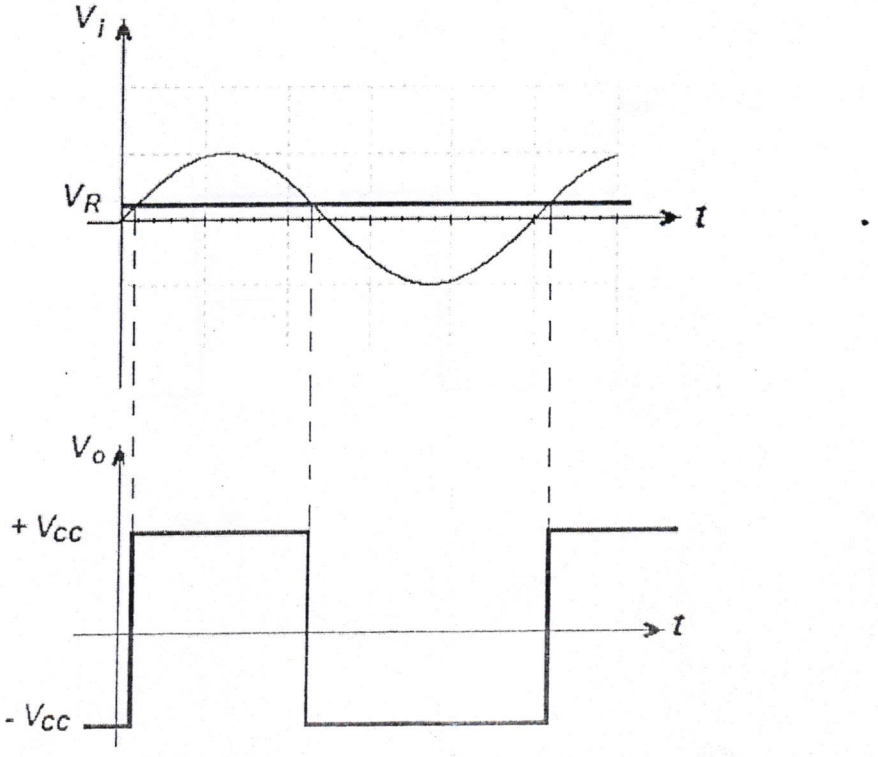
المقارن The Comparator :

ويدعى ايضا دائرة كاشف المستوى (Level Detector) . وهونوع من دوائر مكبر العمليات يستخدم لمقارنة اشارتين في الادخال احداهما ثابتة عادة تدعى الاشارة المرجعية (V_R) والثانية تناظرية تتغير مع الزمن (V_i) ، بسبب كسب الفولتية العالي (A_{ol}) فان فرق صغير بين الادخالين يسوق اخراج المكبر الى اقصى قيمة لفولتيات التجهيز ويتجاوزها الى التشبع واشارة الاخراج تتارجح بين فولتيتي التشبع $+V_{CC}$ و $-V_{CC}$.

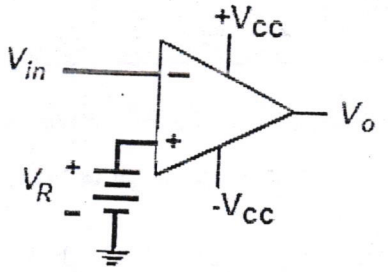
١- عند تثبيت V_R على الادخال العاكس و تثبيت V_i على الادخال الغير العاكس:

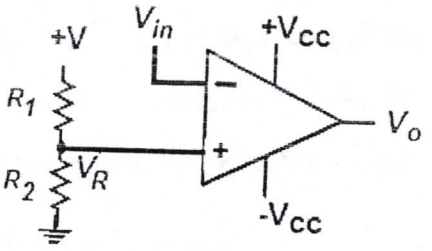


الادخال	الاخراج
$V_i > V_R$	$+V_{CC}$
$V_i = V_R$	حالة تحول
$V_i < V_R$	$-V_{CC}$

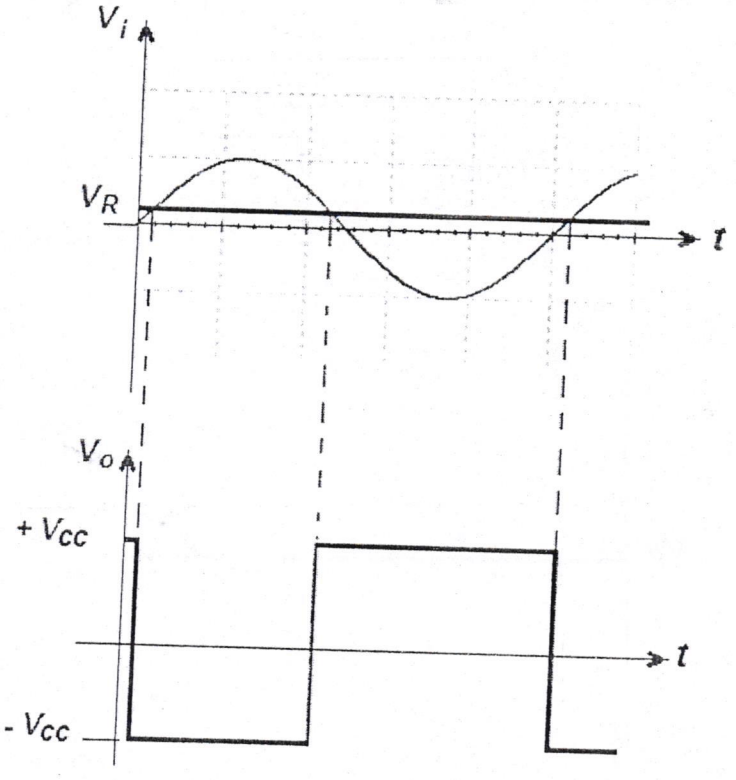


٢- عند تثبيت V_R على الادخال الغيرالعاكس و تثبيت V_i على الادخال العاكس:

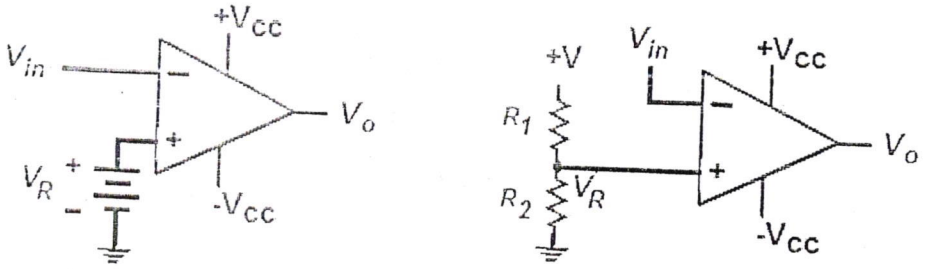




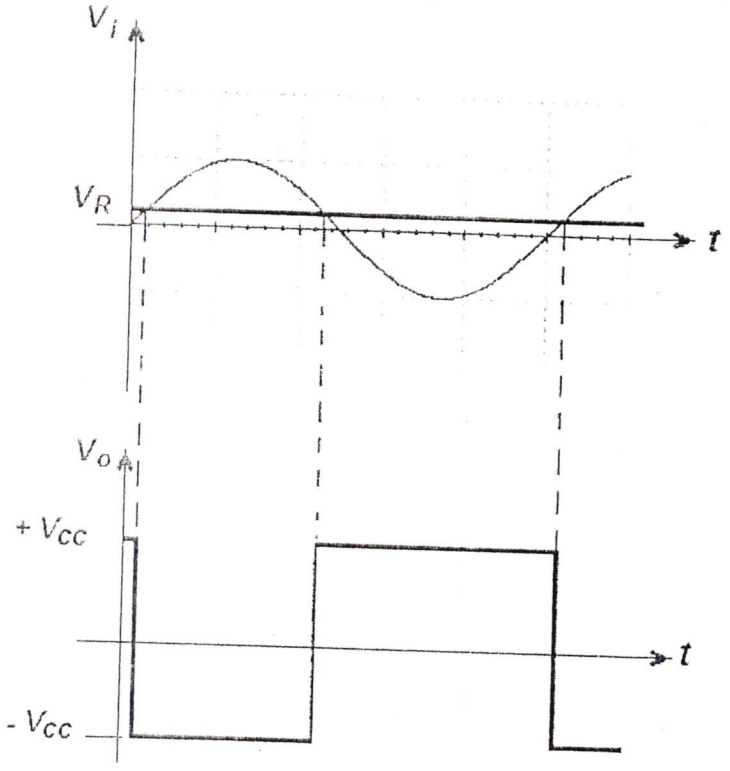
الادخال	الاخراج
$V_i > V_R$	$-V_{CC}$
$V_i = V_R$	حالة تحول
$V_i < V_R$	$+V_{CC}$



٢- عند تثبيت V_R على الادخال الغيرالعاكس و تثبيت V_i على الادخال العاكس:



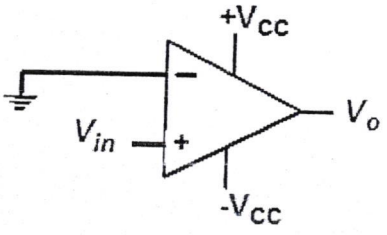
الادخال	الاخراج
$V_i > V_R$	$-V_{CC}$
$V_i = V_R$	حالة تحول
$V_i < V_R$	$+V_{CC}$



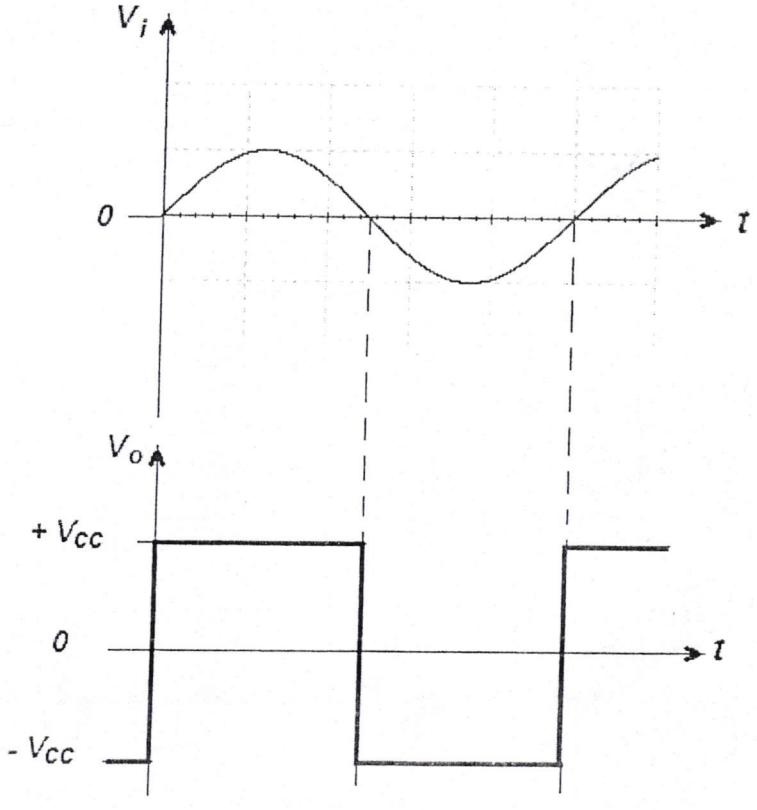
الكاشف الصفرى Zero Detector :

ويعتبر احدى تطبيقات المقارن وذلك عندما تكون قيمة الفولتية المرجعية (V_R) تساوي صفر فولت.

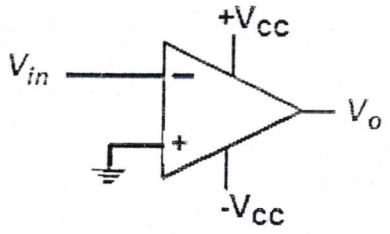
١-



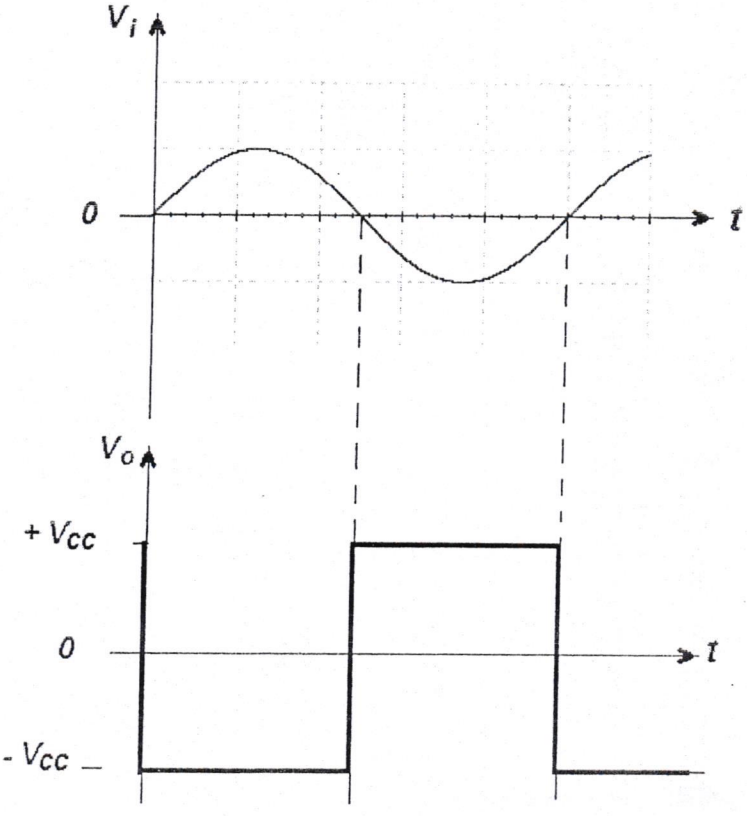
الادخال	الاخراج
$V_i > 0$	$+V_{CC}$
$V_i = 0$	حالة تحول
$V_i < 0$	$-V_{CC}$



-٢

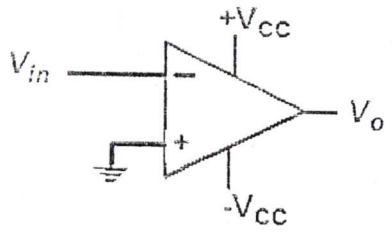


الادخال	الاخراج
$V_i > 0$	$-V_{CC}$
$V_i = 0$	حالة تحول
$V_i < 0$	$+V_{CC}$

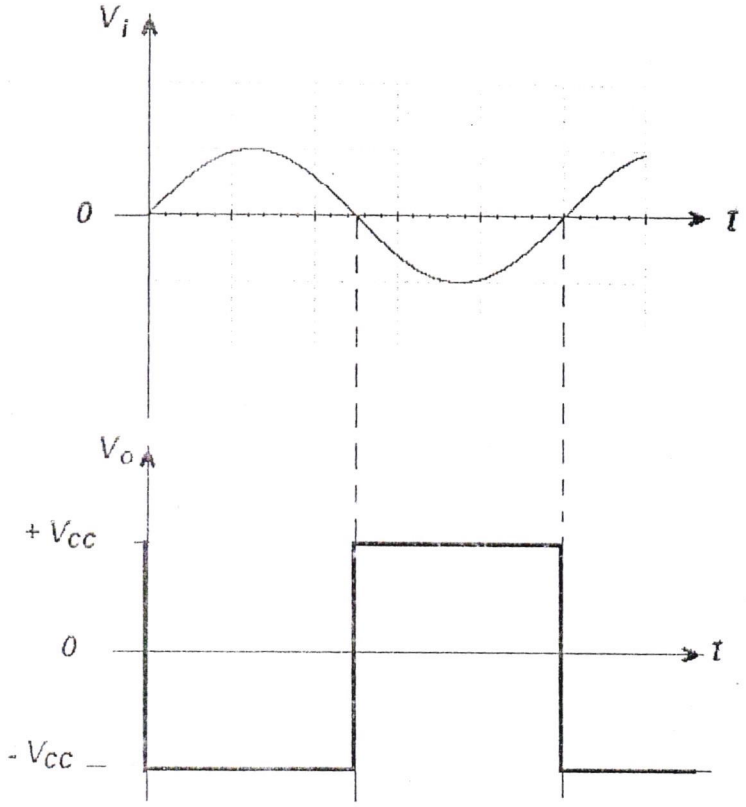


من شكل اشارتي الاخراج نلاحظ امكانية استخدام الكاشف الصفري لانتاج موجة مربعة ومتماثلة حول الصفرعندما تكون اشارة الادخال موجة جيبية.

٢-



الادخال	الاخراج
$V_i > 0$	$-V_{CC}$
$V_i = 0$	حالة تحول
$V_i < 0$	$+V_{CC}$



من شكل اشارتي الاخراج نلاحظ امكانية استخدام الكاشف الصفري لانتاج موجة مربعة ومتماثلة حول الصفرعندما تكون اشارة الادخال موجة جيبية.

مثال ١ :

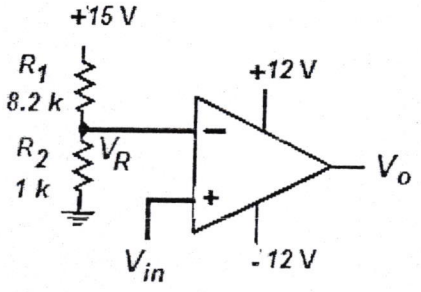
١- ارسم دائرة تبين استخدام مكبر العمليات كـ (مقارن) عند ربط (V_R) الى الادخال العاكس عن طريق مقسم الفولتية ± 15 V ، R_1= 8.2 kΩ و R_2= 1 kΩ . اما اشارة الادخال (V_i) عبارة عن موجة جيبية ± 5 V . وفولتية التجهيز V_{cc} = ±12 V.

٢- احسب قيمة (V_R).

٣- ارسم شكل موجتي الادخال والاخراج.

الحل :

١)



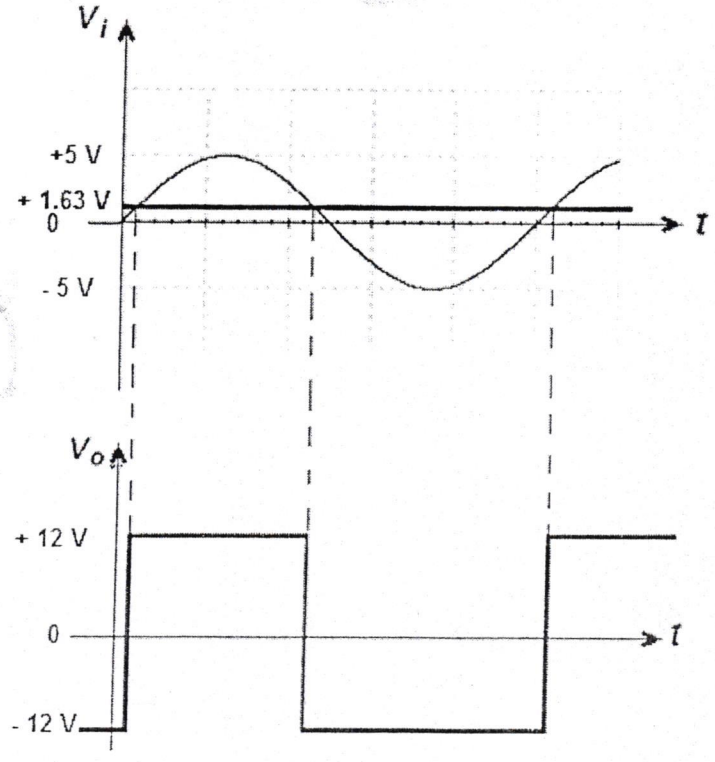
٢)

$$V_R = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(V) = \frac{1}{8.2 + 1} \times 15 = 1.63\ \text{V}$$

عند تجاوز الادخال عن 1.63 V فان الاخراج يقفز الى 12 V+ .

عند هبوط الادخال عن 1.63 V فان الاخراج يقفز الى 12 V - .

٣)



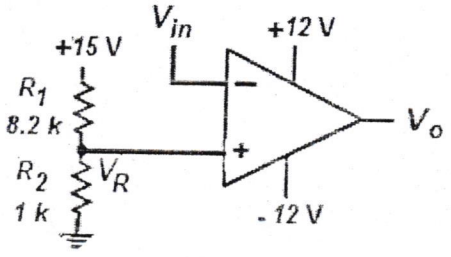
مثال ٢ :

١- ارسم دائرة تبين استخدام مكبر العمليات كـ (مقارن) عند ربط (V_R) الى الادخال الغير العاكس عن طريق مقسم الفولتية ± 15 V ، R_1= 8.2 kΩ و R_2= 1 kΩ . اما اشارة الادخال (V_i) عبارة عن موجة جيبية ± 5 V . وفولتية التجهيز V_{CC} = ±12 V.

٢- احسب قيمة (V_R).

٣- ارسم شكل موجتي الادخال والاخراج.

الحل :



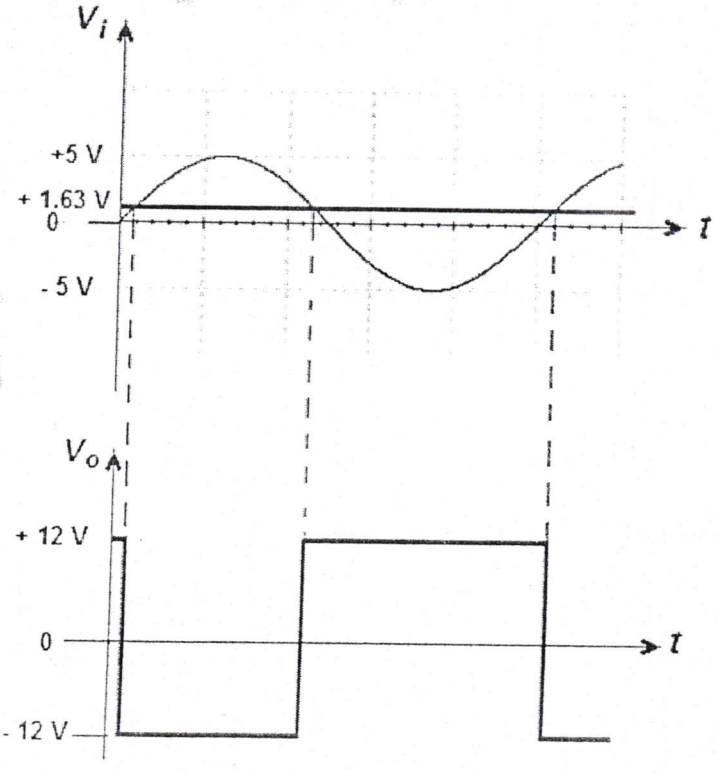
٢)

$$V_R = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(V) = \frac{1}{8.2 + 1} = 1.63\ \text{V}$$

عند تجاوز الادخال عن 1.63 V فان الاخراج يقفز الى 12 V - .

عند هبوط الادخال عن 1.63 V فان الاخراج يقفز الى 12 V + .

٣)



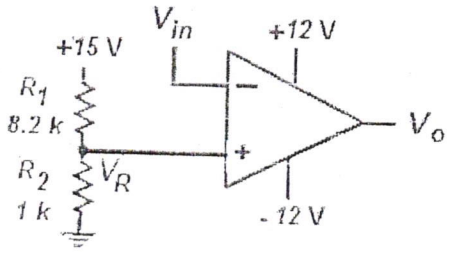
مثال ٢ :

١- ارسم دائرة تبين استخدام مكبر العمليات كـ (مقارن) عند ربط (V_R) الى الادخال الغير العاكس عن طريق مقسم الفولتية ± 15 V ، R_1= 8.2 kΩ و R_2= 1 kΩ . اما اشارة الادخال (V_i) عبارة عن موجة جيبية ± 5 V . وفولتية التجهيز V_{CC} = ±12 V.

٢- احسب قيمة (V_R).

٣- ارسم شكل موجتي الادخال والاخراج.

الحل :



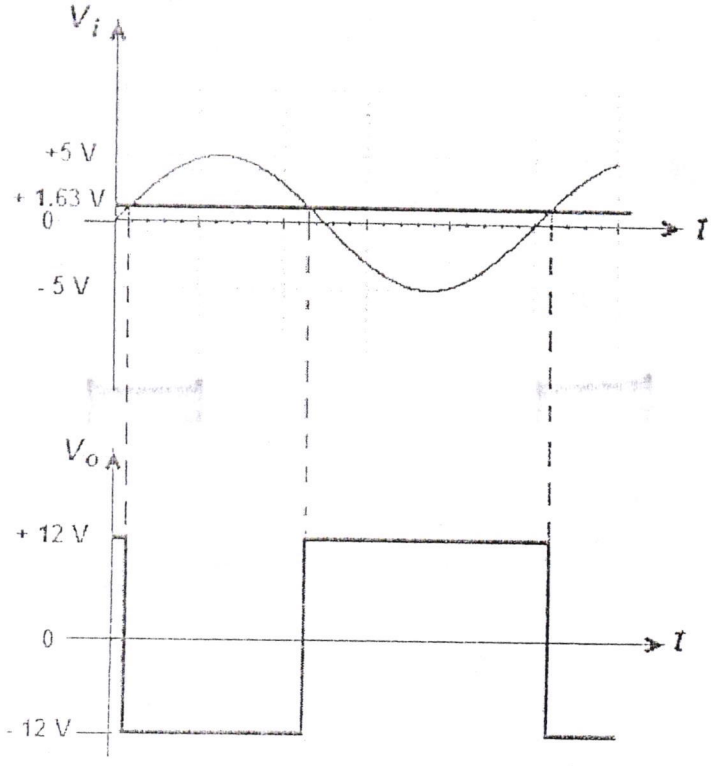
٢)

$$V_R = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(V) = \frac{1 \text{ كΩ}}{8.2 + 1} = 1.63 \text{ V}$$

عند تجاوز الادخال عن 1.63 V فان الاخراج يقفز الى 12 V - .

عند هبوط الادخال عن 1.63 V فان الاخراج يقفز الى 12 V + .

٣)



.....

اسئلة :

١- املأ الفراغات التالية بما يناسبها:

أ- المقارن يدعى ايضا دائرة ..... وهونوع من دوائر مكبر العمليات يستخدم لمقارنة اشارتين في الادخال احداهما ثابتة عادة تدعى ..... والثانية تناظرية تتغير مع الزمن ..... .

ب - ..... ويعتبر احدى تطبيقات المقارن وذلك عندما تكون قيمة الفولتية المرجعية (V_R) تساوي صفر فولت.

٢- مثال ١ .

٣- مثال ٢ .

المصادر :

- **الدوائر الالكترونية والصوتية تأليف ضياء مهدي فارس و ياسر خليل إبراهيم و مصعب محمود عطار**
- **الانترنت**