Ministry of high Education and Scientific Research
Southern Technical University
Technological institute of Basra
Department of Electronic Techniques

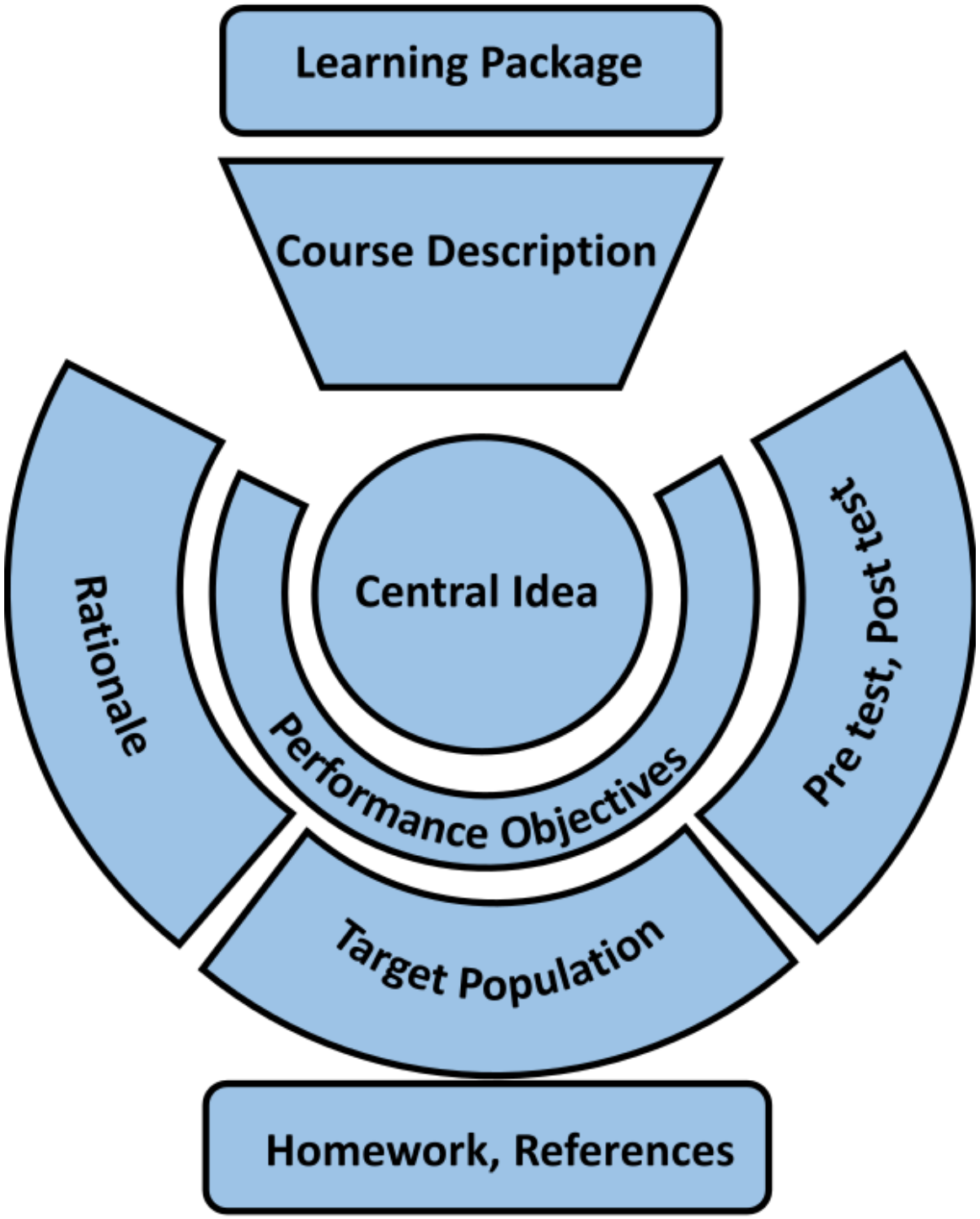
Learning package

Electronic Circuits (E221)

For

Second year students

By Hana Abdul jabbar
Dep. Of Electronic Techniques
2025


Learning Package
Course Description
Rationale
Central Idea
Performance Objectives
Pre test, Post test
Target Population
Homework, References

اسم المقرر:
الدوائر الالكترونية2
رمز المقرر:
E221
الفصل / السنة:
فصلي
تاريخ إعداد هذا الوصف :
14/ 02/ 2024
أشكال الحضور المتاحة :
حضوري فقط
عدد الساعات الدراسية (الكلي)/ عدد الوحدات (الكلي):
وحدات604 ساعة فصليا / 4 ساعة اسبوعياً/
اسم مسؤول المقرر الدراسي (اذا اكثر من اسم يذكر)
الاسم: م. هناء عبد الجبار عبد الرزاق الآيميل : hanaa.abduljabar@stu.edu.iq الاسم: حسين علوان عبد الرسول
اهداف المقرر

1. تطوير الفهم الأساسي للإلكترونيات: تمكين الطلاب من فهم المبادئ الأساسية للإلكترونيات، بما في ذلك المكونات الإلكترونية الأساسية مثل المقاومات، والمكثفات، والترانزستورات. 2. تطبيق المفاهيم النظرية: تعزيز القدرة على تطبيق المفاهيم النظرية في تصميم وتحليل الدوائر الإلكترونية. 3. تنمية المهارات العملية: توفير التدريب العملي من خلال التجارب المختبرية، مما يمكن الطلاب من اكتساب المهارات اللازمة لبناء واختبار الدوائر الإلكترونية. 4. تكنولوجيا المعلومات والاتصالات: فهم دور الإلكترونيات في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتطبيقاتها العملية. 5. تعزيز التفكير النقدي: تشجيع الطلاب على التفكير النقدي والتحليلي في حل المشكلات المتعلقة بالإلكترونيات. 6. تحضير الطلاب لسوق العمل: إعداد الطلاب لدخول سوق العمل من	• ..... • ..... • .....

خلال توفير المعرفة والمهارات المطلوبة في مجال الإلكترونيات. 7. التوجيه نحو التعلم المستمر: تحفيز الطلاب على متابعة التعلم الذاتي وتطوير مهاراتهم في مجال الإلكترونيات.	

استراتيجيات التعليم والتعلم

الاستراتيجية	استراتيجية التعليم تخطيط المفهوم التعاوني. -1 استراتيجية التعليم العصف الذهني. -2 استراتيجية التعليم سلسلة الملاحظات -3

بنية المقرر

الأسبوع	الساعات	مخرجات التعلم المطلوبة	اسم الوحدة او الموضوع	طريقة التعلم	طريقة التقييم
1	4 ساعة	1- فهم تطبيقات الإلكترونيات 2-تطوير مهارات التفكير النقدي وحل المشكلات من خلال تحليل الدوائر واكتشاف الأخطاء. 3-القدرة على استخدام أدوات المختبر الإلكترونية، مثل الملتيمتر، ومولدات الإشارة، وأجهزة الأوسيلوسكوب. 4-تحليل الدوائر	دائرة الطارح ومعادالت الحساب لطرح فولتيتي ادخال تطبيقات مكبر العمليات المقارن-دائرته-فكرة العمل تطبيقات الخطية لمكبر العمليات قادح شميث مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات مولد النبضة المهزاز أحادي االستقرارية مولد الموجة المثلثة الحاسبة التناظرية مرشحات RC الفعالة تصنيع دائرة متكاملة لترانزستور نوع N الطرق ألالساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة	1- القيام بتجارب مختبر لبناء واختبار الد الإلكترونية. هذا يعزز النظري ويكسب المها العملية 2-طلب التغذية الراج من المعلمين والز لتحديد نقاط القوة والض 3- مراجعة المفاهيم بش دوري وتطبيقها في مس جديدة لتعزيز الذ والفهم. 4-استخدام البر التعليمية والتطبيق التفاعلية لفهم المف بشكل أفضل، مثل مح الدوائر 5-تشجيع البحث الذاتي عن مواضيع جديدة في الإلكترونيات واستكشاف التطورات الحديثة	الامتحانات الأسبوعية والشهرية واليومية والتحريرية وامتحان نهاية الفصل.
2	4 ساعة				
3	4 ساعة				
4	4 ساعة				
5	4 ساعة				
6	4 ساعة				
7	4 ساعة				
8	4 ساعة				
9	4 ساعة				
10	4 ساعة				
11	4 ساعة				
12	4 ساعة				
13	4 ساعة				
14	4 ساعة				
15	4 ساعة				

			الإلكترونية		

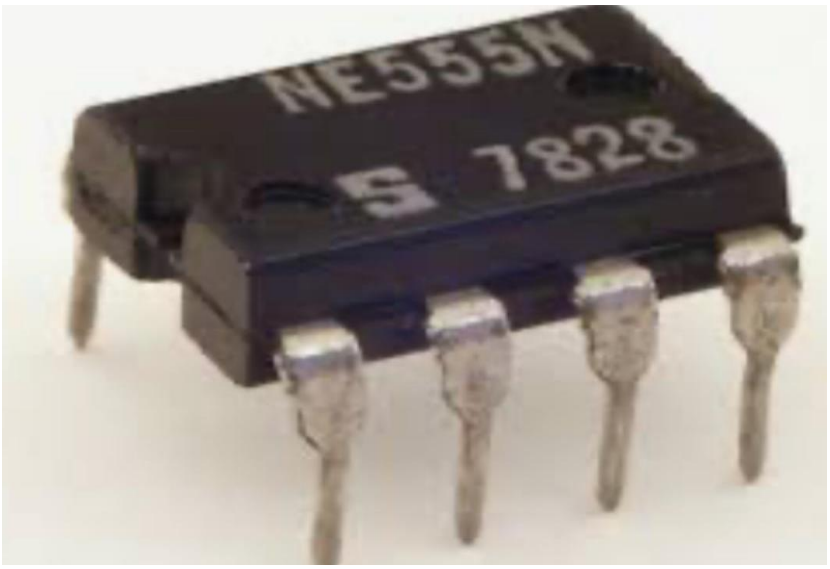
وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
الجامعـة التقنيـة الجنوبيـة
المعهـد التكنولوجـي بصـرة
قسـم التقنيـات الالكترونيـة

حقيبـــة تعليميـــة

الدوائر الالكترونية

المرحلة الثانية

قسم التقنيات الالكترونية/ دوائر الالكترونية



1/نظرة عامة

A / 1 الفئة المستهدفة:-

طلبــة المرحلــة الثانية
المعهـد التقنــي في البصــرة
قســم التقنيــات الإلكترونيــة

B/ 1 الدوافع -:

فهم عمل الدوائر الكترونية لمعرفة تصميم وبناء دوائر عملية لهذا قمت بأنشاء حقيبة دراسية لتسهيل التعلم بهذا الموضوع.

C/ 1 الفكرة الرئيسة -:

1- فهم عمل دائرة الطارح وتطبيقات مكبر العمليات
2- مولدات الموجة الاحادية والموجات المثلثة
3 - مرشحات Rc الفعالة
4- تصنيع دوائر متكاملة

D/ 1 الأهداف السلوكية

بعد دراسة الوحدة الثانية سيكون الطالب قادرًا على فهم

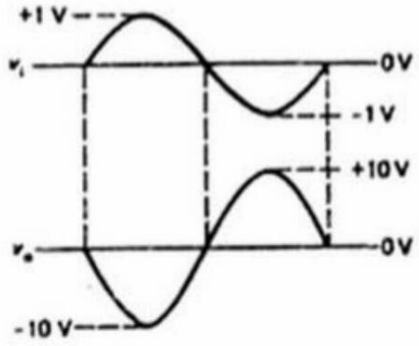
1 -تطبيقات مكبر العمليات

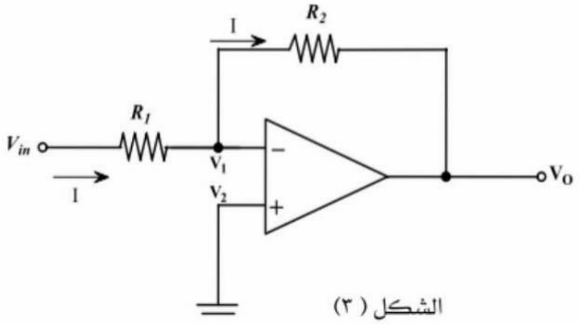
2- مرشحات Rc الفعالة واستخدامها

3- تصنيع الدوائر المتكاملة

2/ دائرة مكبر العاكس

٣٠ دائرة مكبر العاكس





الشكل (٣)

الشكل (٣) يوضح دائرة مبسطة لمثل هذا المكبر. ومن الممكن حساب معامل التكبير $\frac{V_O}{V_{in}}$ لهذه الدائرة كما يلي:

$$V_1 = V_2 = 0$$

$$I_{R1} = I_{R2}$$

$$\frac{V_{in} - V_1}{R_1} = \frac{V_1 - V_O}{R_2} \rightarrow \frac{V_{in}}{R_1} = \frac{-V_O}{R_2}$$

$$\therefore \quad \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{-R_2}{R_1} \quad \rightarrow \quad \therefore AV = \frac{-R_2}{R_1}$$

نلاحظ أن R_1, R_2 هي مكونات خارجية يمكن تغيير قيمتها على حسب الرغبة وعلى ذلك فإن معامل التكبير أصبح من الممكن التحكم فيه وذلك بتغير أي من R_1 أو R_2. ونلاحظ أيضاً أن معامل التكبير الجديد لا يعتمد تقريباً على قيمة التكبير A_O الخاص بمكبر العمليات.

ملاحظة مهمة يجب أخذها في الاعتبار من المعادلة (7) وهي أن A_O كما نعلم كبيرة جداً. وعلى ذلك فإن قيمة V_1 ستكون صغيرة جداً وتقارب الصفر تقريباً، أو بمعنى أصح فإن قيمة V_1 تقارب V_2 تقريباً ولا تساويها تماماً و إلا كان الخرج صفر. لذلك فإن من المفيد في كثير من الأحيان خاصة في تحليل دوائر المكبر التشغيلي أو مكبر العمليات أن نفترض أن النقطتين V_1 ، V_2 متساويتان تقريباً. لذلك فإن النقطة V_1 عادةً تسمى الأرضي التخيلية على اعتبار أن V_2 هي الأرضي الحقيقية.

مثال١

حدد مقدار مقاومة R_F اللازمة لجعل معامل التكبير يساوي 100−

الحل:

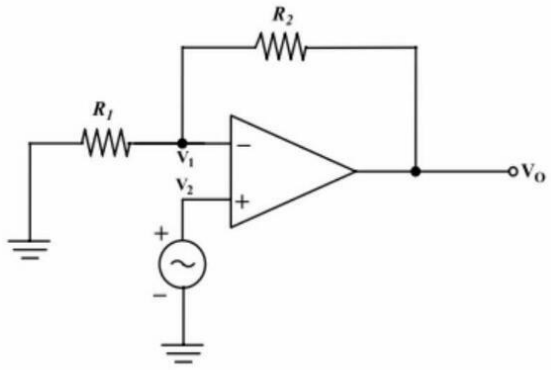
$$A = \frac{R_F}{R_i}$$

$$R_F = AR_i$$

$$R_F = -100(2.2K\Omega)$$

$$R_F = 220K\Omega$$

٤٠ دائرة المكبر غير العاكس



شكل(٤)

الشكل (٤) يوضح دائرة المكبر غير العاكس وفيما يلي سنحاول الحصول على معامل التكبير لهذه الدائرة:

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2} * V_O \quad , \quad V_1 = V_{in}$$

Since $AV = \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{V_O}{V_1} = \frac{R_1+R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

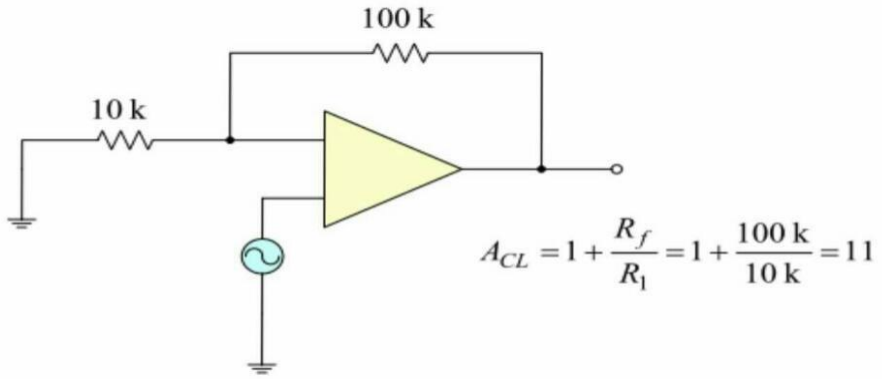
نلاحظ أن معامل التكبير هذا دائماً موجب وأكبر من الواحد الصحيح وهناك فرق مهم جداً بين دائرتي المكبر العاكس والمكبر غير العاكس وهو أن مقاومة الدخل في حالة المكبر العاكس هي المقاومة R_1 فقط ولذلك يجب دائماً العمل على اختيار R_1 كبيرة بقدر الإمكان.

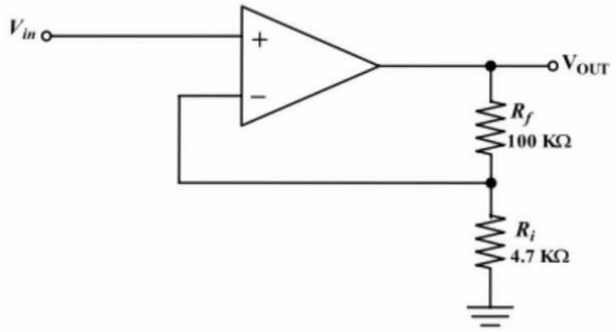
بينما مقاومة الدخل في المكبر غير العاكس هي مقاومة دخل مكبر العمليات نفسه. وكما نعلم فإن هذه المقاومة كبيرة جداً وهذه ميزة تستخدم في كثير من التطبيقات.

فإذا كانت R1 = 10KΩ و RF ≈ 20KΩ

مثال :

حدد قيمة كسب الجهد للمكبر الغير عاكس:





شكل(٥)

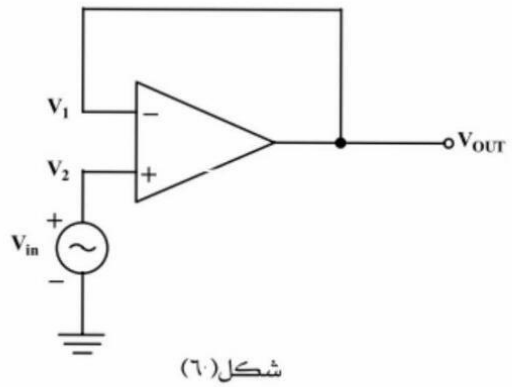
في المعادلة رقم (٦) و الشكل رقم (٤) إذا وضعنا $R_2 = 0$ ، $R_1 = \infty$ فإننا نحصل على الدائرة المبينة في الشكل (٥). هذه الدائرة لها معامل تكبير يساوي الواحد الصحيح وتمتاز بأن مقاومة الدخل التي يراها مصدر الإشارة V_{in} كبيرة جداً وهي مقاومة دخل مكبر العمليات. وهذه الميزة تجعل هذه الدائرة ملائمة جداً للاستخدام كفاصل أو عازل بين الدوائر المختلفة لما لها من ميزة كبر مقاومة الدخل وصغر مقاومة الخرج.

تابع الجهد Voltage Follower

تابع الجهد هو مكبر نسبة تكبيره تساوي الوحدة.

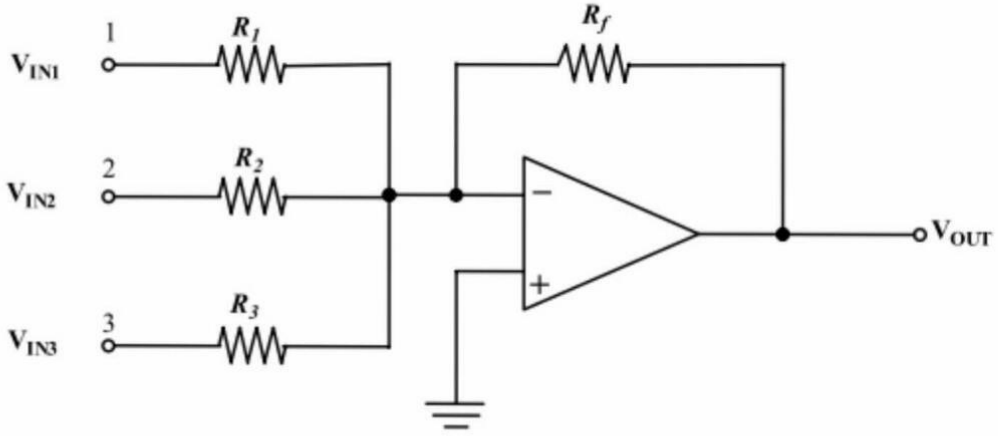
$$A_{CL} = 1$$

وتابع الجهد ما هو إلا المكبر الغير عاكس ولكن تم جعل الحد $\frac{R_f}{R_1}$ من معادلة كسب الجهد يساوي صفراً. وللوصول لهذه النتيجة، جعلنا قيمة $R_f = 0$ وألغينا المقاومة R_1 لكون قسمة صفر على أي قيمة، فالنتيجة صفر. الشكل ٦ وضح الدائرة بعد التعديل.



شكل(٦)

٥٠ دائرة الجامع



شكل(٧٠)

كثير من الأحيان نكون مطالبين بتجميع أكثر من إشارة في خرج واحد. فمثلاً في حالة التسجيل الصوتي على مسرح يكون هناك أكثر من ميكروفون موضوعين في أماكن مختلفة على خشبة المسرح ويراد تجميع هذه الإشارات في خرج واحد مع مراعاة أن يكون لكل إشارة معامل تكبير مستقل يمكن التحكم فيه لإظهارها أو إخفائها على حسب الحاجة دون التأثير على بقية الدخول. كما هو موضح في الشكل رقم (٧).

ويمكن إيجاد معامل التكبير كما يلي:

$$I = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_4}{R_4} \dots \dots \frac{V_n}{R_n} = \frac{-V_O}{R_F}$$

$$\therefore V_O = -R_F\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_4}{R_4} + \dots \frac{V_n}{R_n}\right)$$

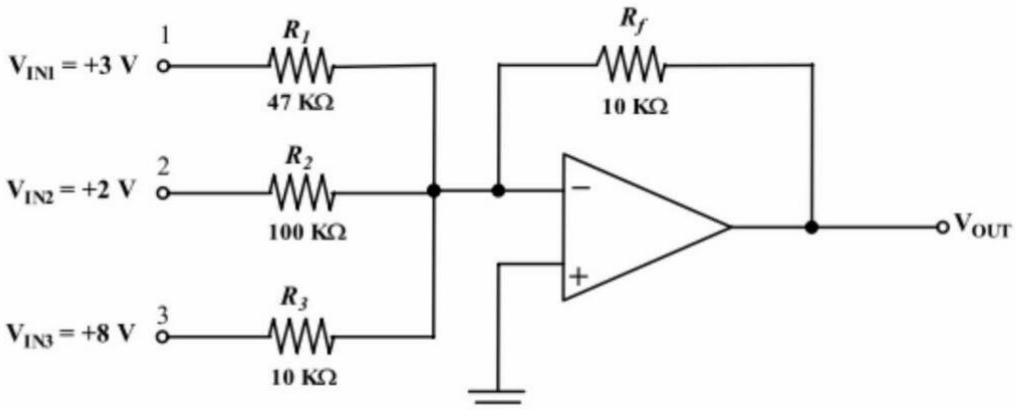
IF $R_1=R_2=R_3= \cdots\cdots\cdots R_n$ $\Rightarrow$ $V_O = \frac{-R_F}{R_1}(V_1 + V_2 + V_3 + \cdots V_n)$

IF $R_{F=}R_1=R_2=R_3= \cdots\cdots\cdots R_n$ $\Rightarrow$ $V_O = -(V_1 + V_2 + V_3 + \cdots V_n)$

من المعادلة يمكننا ملاحظة أنه يمكننا التحكم في معامل التكبير وجعله كبيراً أو صغيراً على حسب الرغبة. ويلاحظ أيضاً أن تغير أي معامل تكبير لن يؤثر على أي معامل تكبير آخر وهذا معناه أن مشكلة التداخل غير موجودة.

مثال٣

أوجد جهد الخرج للدائرة التالية شكل(٨):



شكل(٨)

الحل:

$$W_1 = \frac{R_F}{R_1} = \frac{10K\Omega}{47K\Omega} = 0.213$$

$$W_2 = \frac{R_F}{R_2} = \frac{10K\Omega}{100K\Omega} = 0.100$$

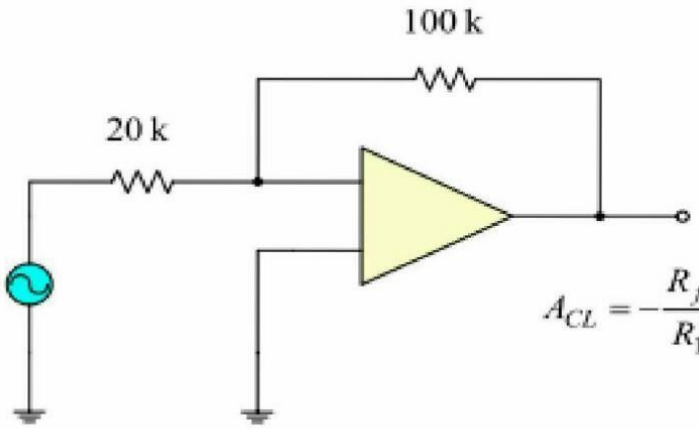
$$W_3 = \frac{R_F}{R_3} = \frac{10K\Omega}{10K\Omega} = 1$$

$$V_{out} = -[0.213(3v) + 0.1(2v) + 1(8v)]$$

$$V_{out} = -8.84v$$

مثال

ما هي قيمة جهد الخرج؟



$$A_{CL} = -\frac{R_f}{R_1} = -\frac{100\,\text{k}}{20\,\text{k}} = -5$$

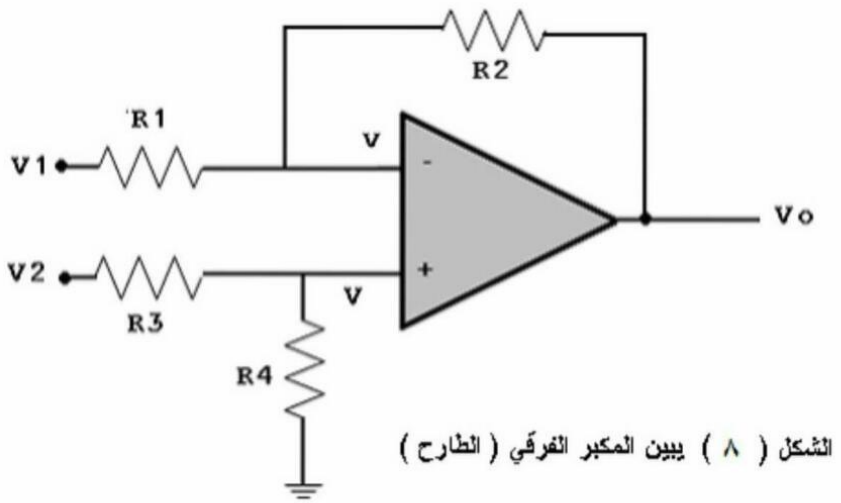
$$A_{CL} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\therefore V_{out} = A_{CL} V_{in} = -5 \times 2 = -10\,\text{V}$$

المكبر الفرقي (الطارح) Difference Amplifier

المكبر الطارح كما بالشكل (٨) يوضح الدائرة الأساسية للمكبر الفرقي والذي يستخدم لتكبير الفرق بين جهدي طرفي الدخل . وهذا المكبر يمكن أن يسمى باسم مكبر أجهزة القياس Insturmentation Amplifier حيث يستخدم كمكبر لتكبير الإشارات صغيرة المستوى والناتجة من مخرج محولات الطاقة المسماة ب Transducers . ومحولات الطاقة هذه عناصر لها طرفين تحول الكميات الطبيعية مثل الضغط (الاجهاد) الإزاحة - درجة الحرارة إلى فرق جهد ولكنه جهد صغير، لذلك يستخدم المكبر الفرقي لتكبير هذا الجهد وبالتالي يمكن قياسه . أي قياس الكمية الطبيعية بتحويلها إلى كمية كهربية .

ملاحظة: إذا كانت R1 = R2 يكون مقاومتي الدخل لكل من الجهد V1 والجهد V2 متساويان .



الشكل (٨) يبين المكبر الفرقي (الطارح)

عن طريق مقسم الجهد:

$$V = \frac{R2}{R1+R2} * V_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{V_1 - V}{R_1} = \frac{V - Vo}{R2} \rightarrow \left[\frac{V_1}{R_1} - \frac{V}{R_1} = \frac{V}{R2} - \frac{Vo}{R2}\right] \dots\dots\dots \div R_2$$

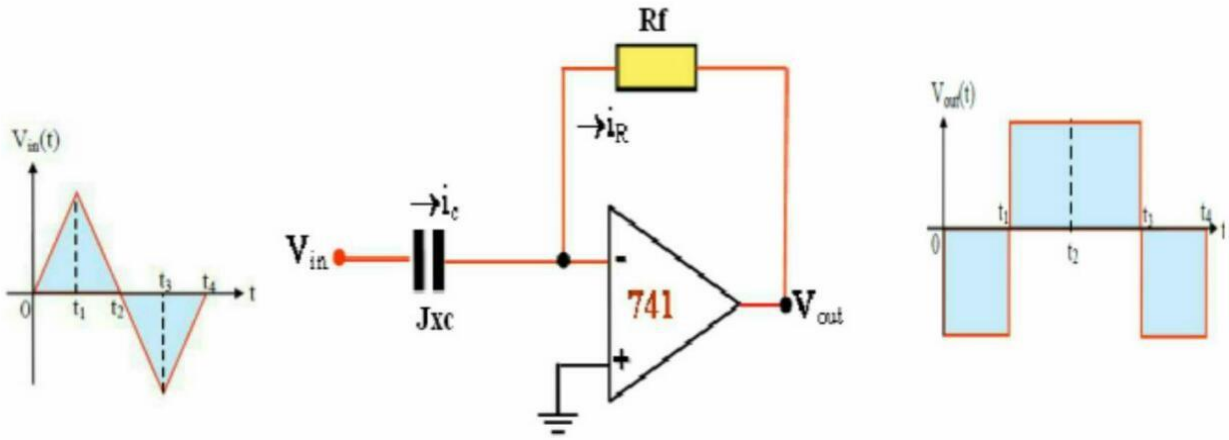
$$V_o = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) V - V_1 \frac{R2}{R1} \dots\dots\dots (2)$$

Sub (1) in (2) $\rightarrow V_o = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)\left(\frac{R2}{R1+R2}\right) V_2 - V_1 \frac{R2}{R1}$

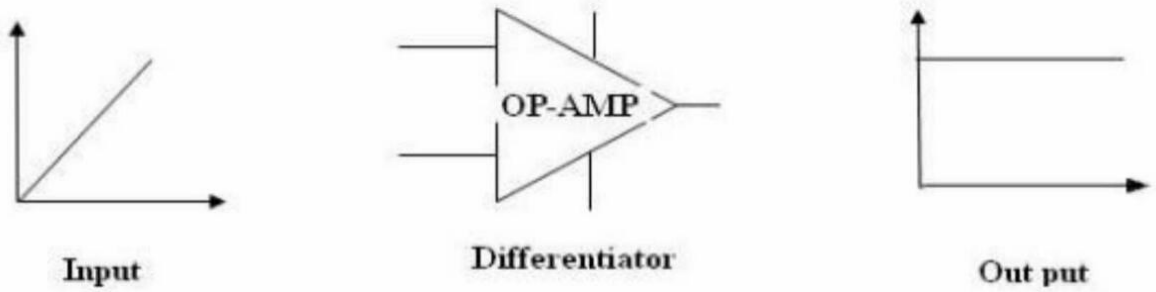
$$V_o = \frac{R2}{R1}(V_2 - V_1) \dots\dots\dots (3)$$

مكبر العمليات المفاضل Differentiator OP- AMP

بالإضافة للعمليات الحسابية فإن لمكبر العمليات استخدامات أيضا في عمليات الرياضية مثل التكامل والتفاضل. عملية التفاضل عملية رياضية وهي إيجاد معدل التغيير لكمية ما. المفاضل دائرة إلكترونية لإيجاد معدل تغيير إشارة ما. يظهر هذا المعدل في شكل إشارة الخرج. هنا أيضا للمكثف دور في العملية مع مكبر العمليات.



الشكل يوضح دائرة مكبر العمليات المفاضل Differentiator OP-amp



Input Differentiator Out put

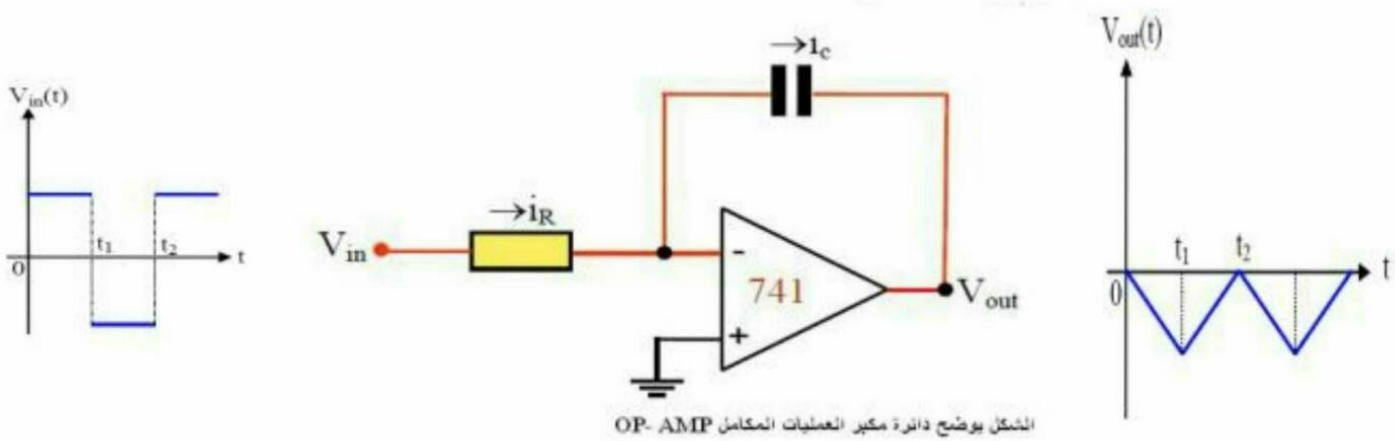
$$I = C\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{-V_o}{R_F}$$

$$V_o = -R_F C\frac{dV_{in}}{dt}$$

مكبر العمليات المكامل Integrator OP- AMP

التكامل لإشارة إلكترونية هو عبارة عن الجمع في الزمن لقيمة إشارة دخل الجهد.
العنصر الإلكتروني الذي يقوم بهذه العملية هو المكثف،

الشكل التالي يعرض دائرة المكامل وهى تشبه دائرة المكبر العاكس عدا أن مقاومة التغذية الخلفية RF استبدلت بالمكثفC



الشكل يوضح دائرة مكبر العمليات المكامل OP- AMP

$$I_R = I_C$$

$$I_R = \frac{V_{in}}{R} \quad , \quad I_C = \frac{dV_C}{dt} * C = \frac{d(0-V_O)}{dt} * C$$

$$I_C = -c\frac{dV_o}{dt} = \frac{V_{in}}{R}$$

$\frac{dV_o}{dt} = \frac{V_{in}}{-cR}$ بتكامل الطرفين ينتج

$$V_o = \frac{-1}{Rc}\int_0^t V_{in}\, dt$$

صمم دوائر مكبر كما يلي:

١- $V_O = V_1 + 2V_2 + 3V_3$

٢- $V_O = V_1 + \frac{V_2}{2} - 10$

٣- $V_O = -50 \int V_1\, dt + 5V_2$

٤- باستخدام مكبر عمليات واحد صمم دائرة تعطي فولتية اخراج كما يلي:

$$V_O = -5V - 3(\frac{dV}{dt})$$

3/ امثلة رياضية على تطبيقات مكبرالعمليات

أمثلة رياضية على تطبيقات مكبر العمليات

مثـــال (1) EXAMPLE

مكبر عمليات LM324 بثلاثة مراحل ربحها يساوي $(-27)(-18)(+10)$ على التوالي فاذا كانت مقاومة $Rf = 270k\Omega$ لجميع المراحل احسب فولتية الاخراج اذاعلمت ان فولتية الادخال تساوي $150\,\mu V$

Solution

For the gain of +10

$$A_1 = 1 + \frac{R_f}{R_1} = +10$$

$$\frac{R_f}{R_1} = 10 - 1 = 9$$

$$R_1 = \frac{R_f}{9} = \frac{270\ \text{k}\Omega}{9} = 30\ \text{k}\Omega$$

For the gain of −18

$$A_2 = -\frac{R_f}{R_2} = -18$$

$$R_2 = \frac{R_f}{18} = \frac{270\ \text{k}\Omega}{18} = 15\ \text{k}\Omega$$

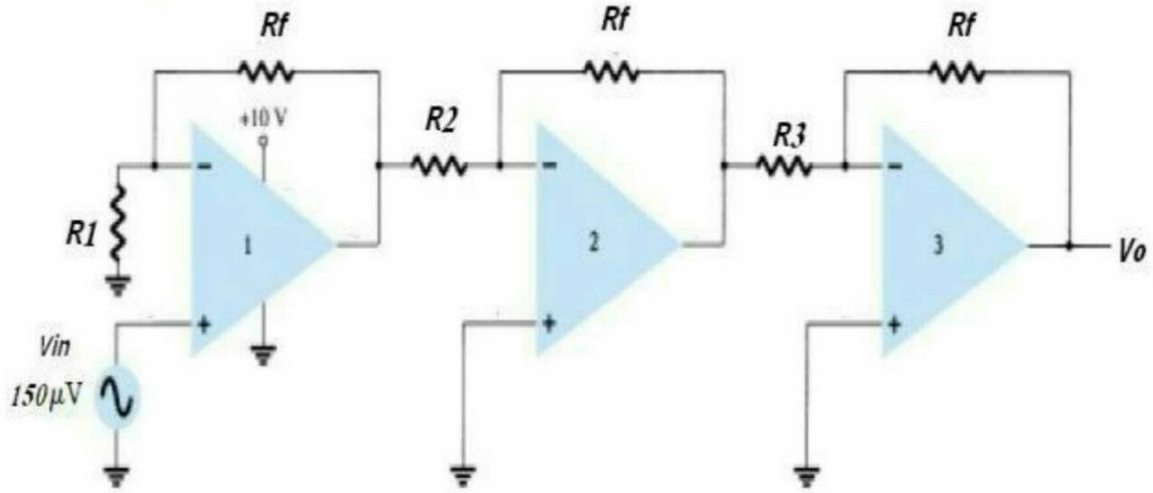
For the gain of −27:

$$A_3 = -\frac{R_f}{R_3} = -27$$

$$R_3 = \frac{R_f}{27} = \frac{270\ \text{k}\Omega}{27} = 10\ \text{k}\Omega$$

$$V_o = A_1A_2A_3V_1 = (10)(-18)(-27)(150\ \mu\text{V}) = 4860(150\ \mu\text{V})$$

$$= 0.729\ \text{V}$$

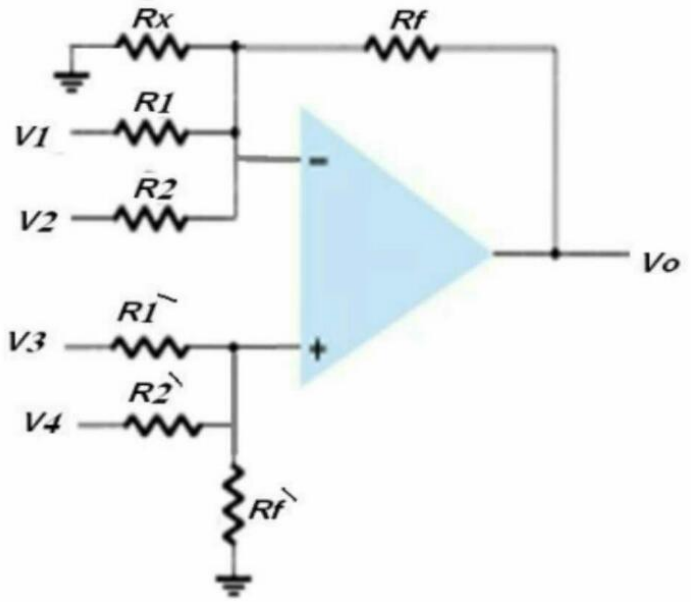


EXAMPLE مثـــال

صمم دائرة مكبر عمليات جامع طارح لتمثيل المعادلة التالية

$Vo=-4V1-2V2+10V3+V4$

علما" ان $Rf=Rf`=100K$



$$vo=\frac{Rf'}{R1'}V3+\frac{Rf'}{R2'}V4-\frac{Rf}{R1}V1-\frac{Rf}{R2}V2$$

$$Vo=10V3+V4-4V1-2V2$$

$$\therefore \frac{Rf'}{R1'}=10\Rightarrow R1'=10k,\frac{Rf'}{R2'}=1\Rightarrow R2'=100k$$

$$\frac{Rf}{R1}=4\Rightarrow R1=25k,\frac{Rf}{R2}=2\Rightarrow R2=50k$$

$$\frac{100k}{25k}+\frac{100k}{50k}\neq\frac{100k}{10k}+\frac{100k}{100k}\Rightarrow 4+2\neq 10+1$$

add .... Rx ... for ..low .. gain (No .Balance)

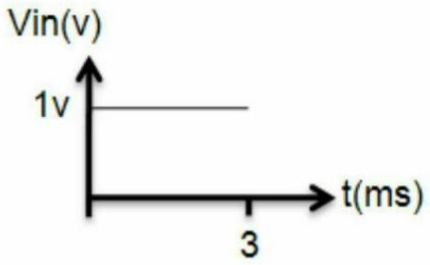
$$\frac{Rf}{R1}+\frac{Rf}{R2}+\frac{Rf}{Rx}=\frac{Rf'}{R1'}+\frac{Rf'}{R2'}$$

$$\frac{Rf}{Rx}=5\Rightarrow Rx=20\ k\Rightarrow \frac{Rf}{Rx}=\frac{100\ k}{20\ k}=5$$

$$4+2+5=10+1\Rightarrow 11=11$$

EXAMPLE مثال

احسب وارسم موجة الإخراج لدائرة مكبر عمليات مكامل لموجة الإدخال الموضحة في الشكل أدناه علما" إن
R= 1MΩ , C= 0.1 µF

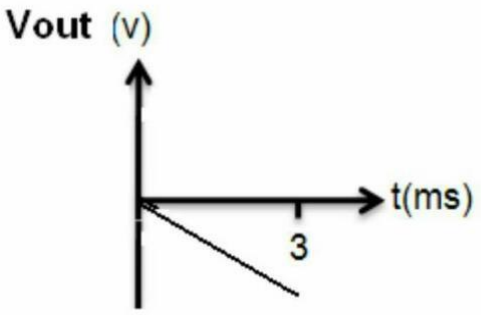


Solution

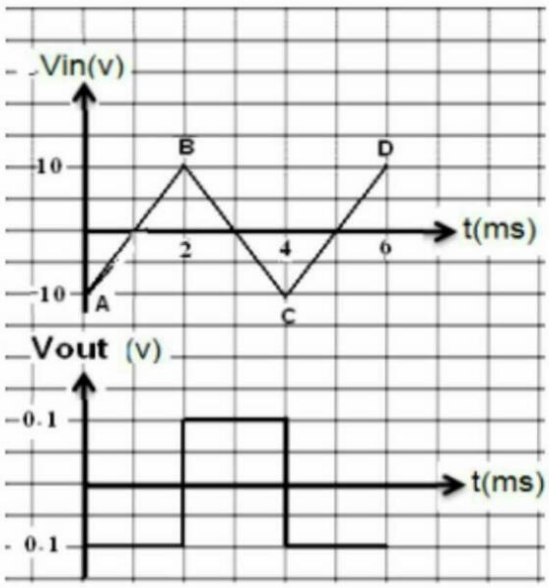
$$Vo = -\frac{1}{RC}\int_0^t Vidt$$

$$Vo = \frac{1}{1\times10^{6}\times0.1\times10^{-6}}\int_0^t 1dt$$

$$Vo = 10\times t\Big|_0^{3\times10^{-3}} = -30mv$$



Solution



From A---- B

$$\Delta Vin = dvin = Vin_2 - Vin_1 = 10 - (-10) = 20v$$

$$\Delta t = dt = t_2 - t_1 = 2 - 0 = 2ms$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{20}{2\times10^{-3}} = 10\times10^{3} v/s$$

$$Vo = -RC\frac{dv}{dt} = -10\times10^{3}\times0.001\times10^{-6}\times10^{4} = -0.1v$$

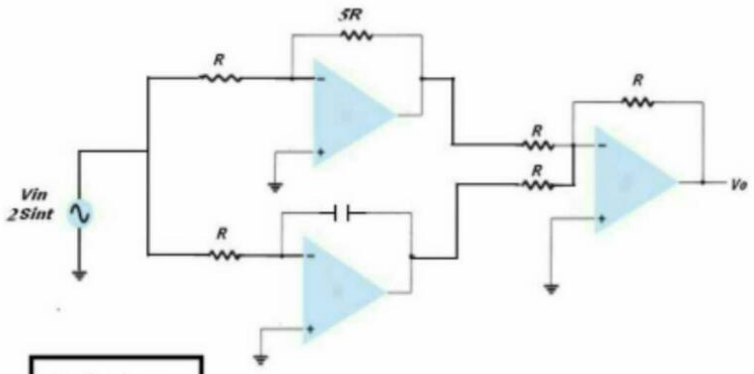
From C------D

$$\frac{dvin}{dt} = \frac{-10-10}{4-2} = -10\times10^{3} V/s$$

$$Vo = -RC\frac{dvin}{dt} = 0.1v$$

EXAMPLE مثال

في دائرة مكبر العمليلت الموضحة ادناه احسب فولتية الاخراج على فرض ان RC=1



Solution

$$Vo_1 = -\frac{5R}{R}\times 2\,S\,\text{int} = -10\,S\,\text{int}$$

$$Vo_2 = -\frac{1}{RC}\int Vindt = 1\int 2\,S\,\text{int}\;dt = 2\,Cost$$

$$Vo = -(-10\,S\,\text{int} + 2\,Cost) = 10\,S\,\text{int} - Cost$$

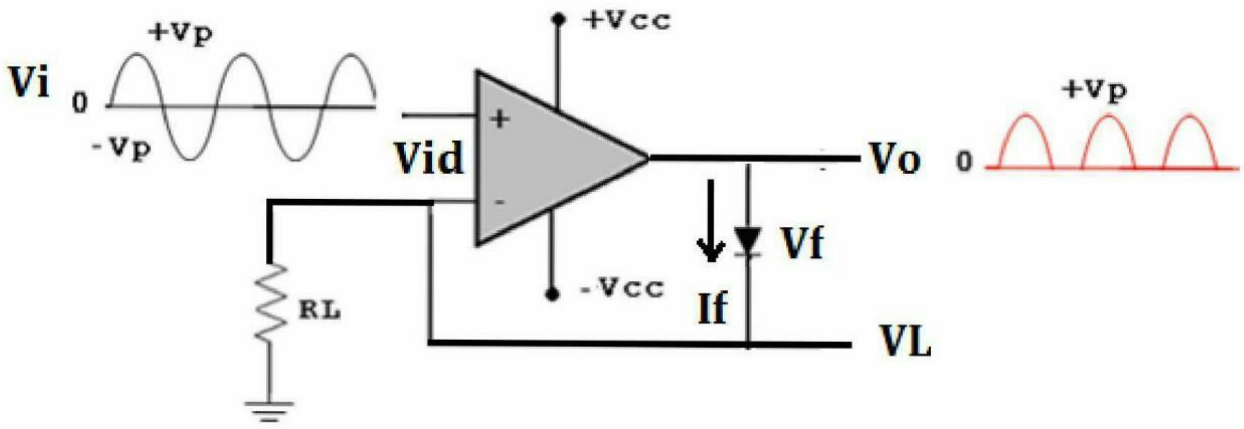
4/ التطبيقات اللأخطية لمكبر العمليات:-

التطبيقات اللاخطية لمكبر العمليات

ان بعض التطبيقات قد لا تقتضي استخدام مضخمات العمليات لكي تعمل كمضخمات خطية كما في الفقرات السابقة . بينما تدعو بعض التطبيقات الى مضخمات لا خطية بحيث يقتصر عملها من منسوب معين للفولتية الى أخر بالرغم من التغيرات الانية في قيمة فولتية الدخل. وعليه يمكن حصر اشارة الدخل ضمن مدى وقيم معينة في دائرة الخرج. وتتوافر تطبيقات واسعة لمضخم العمليات في مثل هذا المجال وخلال الفقرات التالية، يمكن تحليل بعض هذه التطبيقات والاستفادة منها.

١- مقوم نصف الموجة

يظهر الشكل ( ) دائرة مقوم نصف موجة فعال.



فعندما تكون إشارة الدخل موجبة ،تكون إشارة الخرج موجبة ويقلب الدايود إلى وضعية on (أي يغلق الدايود) وتعمل_ عندئذ_الدائرة كتابع جهد ويظهر نصف الدورة الموجب عبر مقاومة الحمل.
وعندما تصير إشارة الدخل سالبة يصير الخرج سالباً ويقلب الدايود إلى وضعيته off (أي يفتح الدايود ولايظهر جهد عبر مقاومة الحمل) .
وهذا هو تفسير أن الخرج النهائي هو إشارة نصف موجة كاملة تقريباً.

ان ثنائيات التوحيد الاعتيادية لا تصلح لتقويم الاشارات الصغيرة. لان هذه الثنائيات تحتاج الى قيمة معينة من فولتية الدخل لكي تنحاز اماميا.

فالثنائيات المصنعة من السليكون تحتاج الى 0.7v ، في حين مثيلاتها من الجرمانيوم تتطلب 0.3v قبل ان يحدث فعل التوصيل فيها، حيث تدعى هذه الفولتيات باسم فولتيات القطع او العتبة، لهذا السبب لا تستطيع الاشارات الصغيرة (مللي فولت مثلا) في اجتياز هذا المنسوب او التغلب عليه لإحداث فعل التوصيل في الثنائي.

لتقليل فولتيات القطع وتمكين الثنائي في تقويم الاشارات الصغيرة يستخدم معه مضخم العمليات حيث يوضع الثنائي في مسار التغذية العكسية لمضخم العمليات، وفي هذه الحالة تقل فولتية القطع للثنائي بمقدار كسب الدائرة المفتوحة ويتم تقويم الاشارات التي هي دون فولتية العتبة.

تكون فولتية الدخل مسلطة عبر الطرف غير القالب والفولتية المقدمة VL تؤخذ من جهة الطرف القالب. أي ان فولتية الخرج Vo تشغل الثنائي، والمقاومة RL تمثل الحمل. فإذا كانت Vo كافية لتوصيل الثنائي ،عندئذ تغلق دائرة التغذية العكسية خلال الثنائي ، مما تولد فولتية تفاضلية Vid صغيرة جدا. وتصبح $VL \cong Vi$ (من مواصفات مضخم العمليات).

لكن لو كانت Vo اقل من فولتية القطع، فأن دائرة التغذية العكسية تكون مفتوحة وتصبح VL صفرا، وعليه فأن

$$V_{id} = Vi - VL \rightarrow V_{id} = Vi$$

$$A_V = \frac{V_o}{Vi} \rightarrow V_{id} = \frac{V_o}{A_V}$$

او

$$Vi - VL = \frac{V_o}{A_V}$$

اذن

$$Vi - VL = \frac{VL + 0.7}{A_V}$$

ومنها يمكن تحديد قيمة Vi اللازمة

$$Vi = VL\left(1 + \frac{1}{A_V}\right) + \frac{0.7}{A_V}$$

وعندما $VL = 0$ تكون

$$Vi = \frac{0.7}{A_V}$$

وهكذا تستخدم هذه الدائرة كموحد نصف موجة وبفولتيات دون فولتية القطع (العتبة)

مثال: اذا كان كسب الدائرة المفتوحة لمضخم العمليات 10^5 وفولتية القطع لثنائي السليكون $V_D=0.7V$. احسب قيمة الفولتية التفاضلية اللازمة لدائرة الثنائي الدقيق.

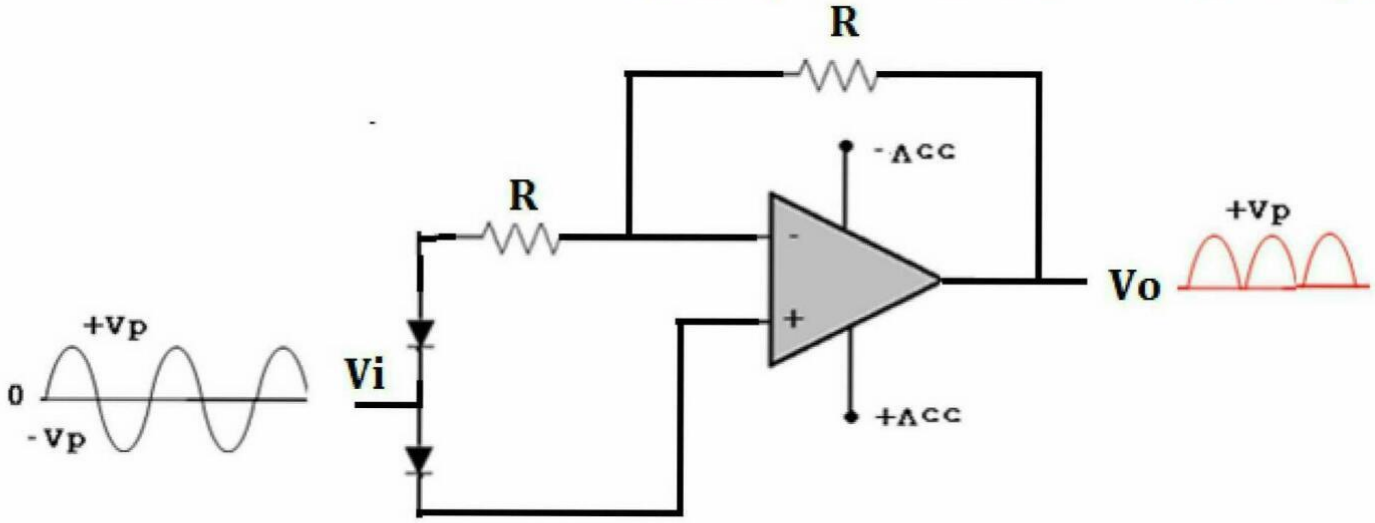
$$Vi = V_{id} = \frac{V_D}{A_V}$$

$$V_{id} = \frac{0.7}{10^5} = 7\mu V = Vi$$

مقوم الموجة الكاملة

تتضح دائرة تقويم الموجة الكاملة باستخدام مضخم العمليات في الشكل التالي

ومن اجل فهم هذه الدائرة يمكن مناقشتها في مرحلتين .



النصف الموجب من الموجة يمر خلال الادخال القالب، اما النصف السالب فيعمل كمكبر قالب وبذلك يكون كلا الجزئين موجب عند الاخراج.اما في حالة قلب الدايودين يكون التقويم سالب.

5/ المرشحات الفعالة (Active Filter):-

المرشحات الفعالة (Active Filter)

هي عبارة عن دوائر تستخدم المقاومات والمتسعات والمكبرات عادة تستخدم مكبرات العمليات حيث تسمح هذه الدوائر بمرور الترددات المختارة من ادخال المرشح الى اخراجه وتستخدم هذه الدوائر لتعزيز او اضاعة ترددات معينة وتستخدم في الدوائر التالية: الدوائر المعينة ، مولد الموسيقي الإلكترونية اجهزة الزلزال، دوائر الاتصالات وكذلك تستخدم في البحوث عند دراسة عناصر التردد للإشارات المختلفة كموجات الدماغ وكذلك في التنفيذيات الميكانيكية، تستخدم المرشحات الفعالة تقريبا في كل مجالات الإلكترونيات ولهذا ستتم دراستها.

فوائد المرشحات الفعالة:

المرشحات الخاملة تتكون من محاثات ومتسعات ومقاومات حيث ان اغلب المرشحات الخاملة تحتاج الى محاثات كبيرة وثقيلة الوزن وغالية الثمن وكذلك فائد المرشحات الخاملة نضعف الترددات في حزمة الامواج حتى عند تصنيف ترددات حزمة الايقاف كذلك فانه المحاثات التي تستخدم في المرشحات الخاملة تحتوي على مقاومة للاسلاك في القلب الحديدي ومتسعات مابين الاسلاك او مابين الملفات التي تجعلها تتصرف بشكل غير مقبول بعيدا عن المثالية ((ان فوائد المرشحات الفعالة من المرشحات الخاملة هي:

١- تستخدم متسعات ومقاومات تتصرف بمثالية اكثر من تلك التي فيها محاثات

٢- رخيصة الثمن نسبيا

٣- توفر كسب في حزمة الامرار ونادرا ما تحتوي على خسائر كما تفعل المرشحات الخاملة

٤- استخدام مكبر العمليات في المرشحات العالية يوفر عزل بين الادخال والاخراج وهذه الخاصية تسمح بربط مشرحات فعالة بسهولة بشكل متوالي للحصول على انواع مختلفة من المرشحات.

٥- سهولة تقيم المرشحات الفعالة

٦- المرشحات الفعالة تكون صغيرة وخفيفة الوزن

اما مساوي المرشحات الفعالة فهي انها تتطلب مصدر قدرة للتجهيز ومحدود بالتردد الاعلى الذي يعمل عليه مكبر العمليات (عدة ميكاهرتز) ولكن يمكن زيادة هذه الترددات باستخدام مكبرات متصلة سواء

كان فعال ام غير فعال يسمح لجزء معين من طيف التردد ان يمر من خلاله الى الاخراج يتم تصنيف المرشحات حسب نوع الترددات التي تمر بها.

والمرشح الفعال : هو مرشح يستخدم عنصر فعال (المكبر التشغيلي) وعناصر غير فعالة (مقاومات ومكثفات).

مميزات المرشحات الفعالة :

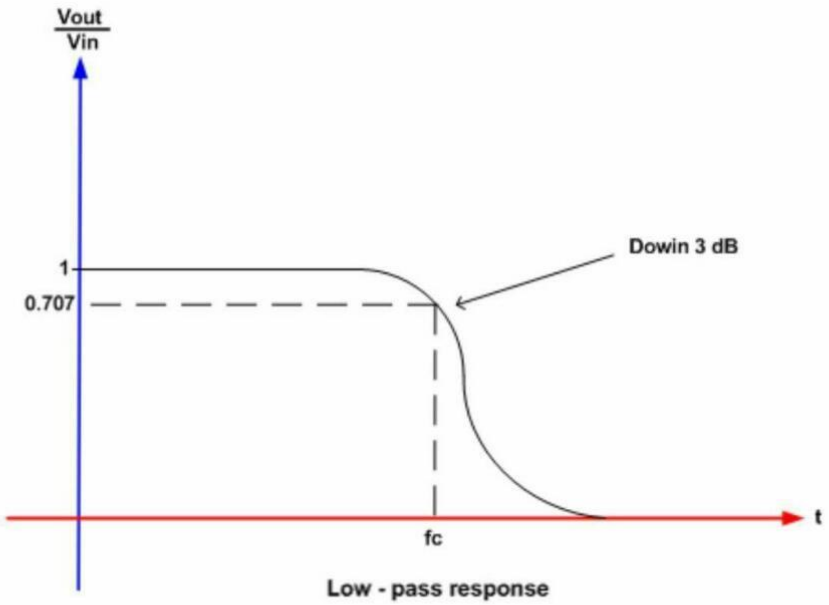
١) حذف الملفات غالية الثمن كبيرة الحجم .
٢) يعطى كسب للجهد .
٣) لها مقاومة خرج صغيرة ، بمعنى أنها لاتسبب أي حمل للدائرة الموجود بها المرشح .

انواع المرشحات حسب تمريرها للتردد :

١. مرشح امرار تردد منخفض LPF حيث يمرر الترددات المنخفضة ويمنع الترددات العالية.
٢. مرشح امرار تردد عالي HPF يسمح للترددات العالية أن تمر ويمنع الترددات المنخفضة .
٣. مرشح امرار نطاق معين من الترددات BPF حيث يسمح لنطاق معين من الترددات أن تمر ويمنع الترددات الأعلى والأقل من هذا النطاق والشكل التالي يوضح منحنى الاستجابة لهذة المرشحات.

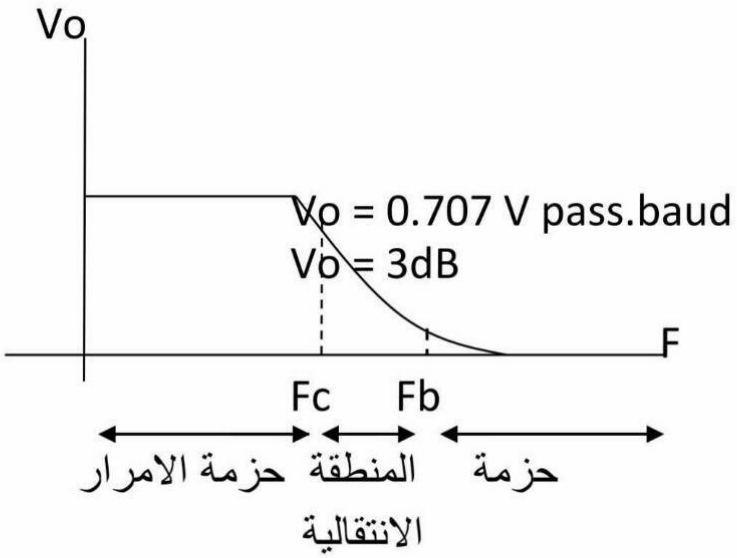
١- مرشح الامرار الواطئ ((L.P.F))

يسمح بمرور الترددات من الصفر لغاية تردد قطع منتخب والترددات التي فوق تردد القطع يتم اضعافها وكما في الشكل ان مدى الترددات من صفر الى (fc) يسمى حزمة الامرار اما مدى الترددات فوق (fc) يسمى حزمة الايقاف.

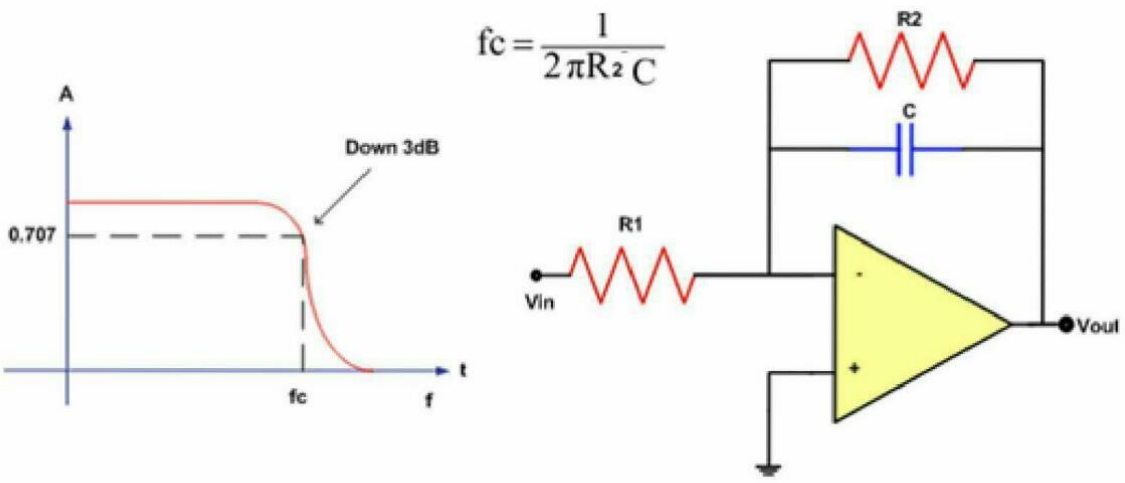


شكل -١-منحني الخواص المثالي

ان هذا المنحني لايمكن الحصول عليه عمليا بواسطة مكونات الدائرة المتوفرة لذلك يستخدم المنحني في الشكل (2) حيث تسمى مدى الترددات بين (Fb&Fc) بالمنطقة الانتقالية حيث ان في هذه المنطقة تعتمد خصائص المرشح والتي فيها يتغير مقدار الانحناء.



تردد القطعFC فهو التردد الذي تكون عنده فولتية الاخراج بمقدار (3dB).



الشكل (٣) مرشح مرور واطئ فعال

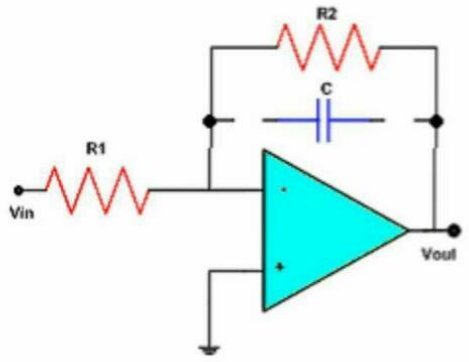
الشكل (٣) بين مرشح مرور واطئ فعال ويحمل هذا المرشح كالتالي عند التردد الواطئة تظهر المتسعة مفتوحة والدائرة تعمل مثل مكبر قالب بكسب فولتية مقدار (-RF /R1) مرفع زيادة التردد ثقل المانعة السعوية مسببة هبوط كسب الفولتية وعندما يقترب التردد من ما لانهاية تظهر المتسعة كدائرة قصر ويقترب كسب الفولتية من صفر.

عمل الدائر :

معاوقة المكثف $$Xc = \frac{1}{2\pi f C}$$

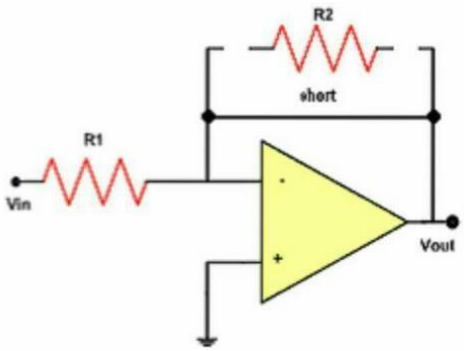
١) عند التردد المنخفض $F << F$ صغيرة ، فتكون مقاومة المكثف كبيرة ويظهر كأنه دائرة مفتوحة. ويعمل المكبر التشغيلي كأنه مكبر عاكس له كسب جهد يساوي $\frac{-R2}{R1}$.

٢) عند التردد العالي $F >> F$ كبيرة . تكون مقاومة المكثف صغيرة جداً ، وكأنه دائرة قصر (short) فيقل كسب الجهد حتى يصبح صفراً عند الترددات العالية جداً ، فيصبح جهد الخرج صفر .



عند الترددات المنخفضة

$$VO = \frac{-R2}{R1} V$$

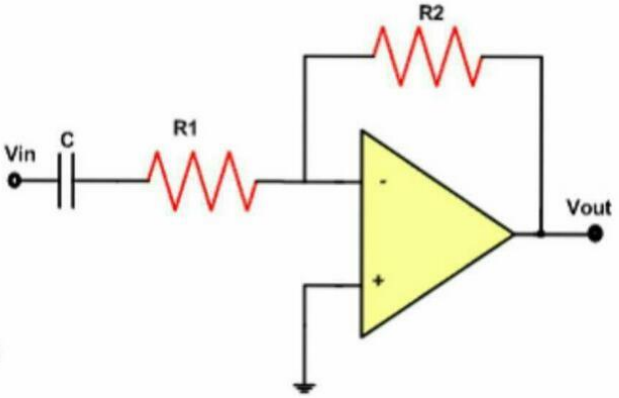


عند الترددات العالية جداً

$$VO \cong \frac{O}{R2} Vi = 0$$

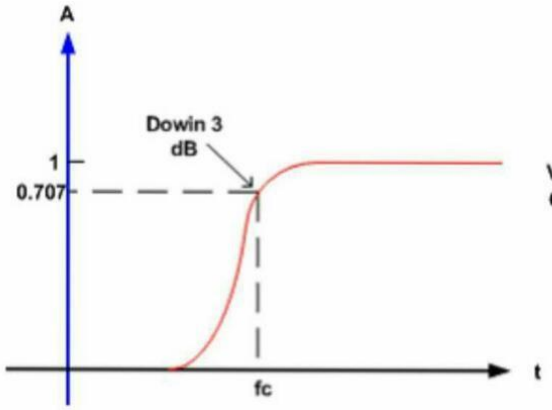
٢- مرشح الامرار العالي (H.P.F)

يقوم هذا المرشح باضعاف كل الترددات من الصف الى قيمة fc ويمرر كل الترددات التي فوق fc لغاية حدود تردد مرشح الامرار العالي وكما بمبين في الشكل (١) وهو يمثل منحني الخواص المثالية والذي لايمكن الحصول عليه عمليا اما المنحني الواقعي فهو المنحني في الشكل رقم -٢-



شكل مبسط لمرشح فعال امرار تردد عالي
(درجة اولى)

الشكل رقم -٢-



شكل العلاقة بين التردد والكسب لمرشح
HPF

الشكل رقم -٣-

الشكل رقم –٢– بين مرشح مرور عالي فعال وعمله يكون كالتالي عند الترددات الواطئة تظهر المتسعة مفتوحة ويقترب كسب الفولتية من الصفر. اما عند الترددات العالية تظهر المتسعة مقصور وتصبح الدائرة مكبرا قالبا بكسب فولتية قدرة (-RF /R1) . حيث ان

$$fc = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

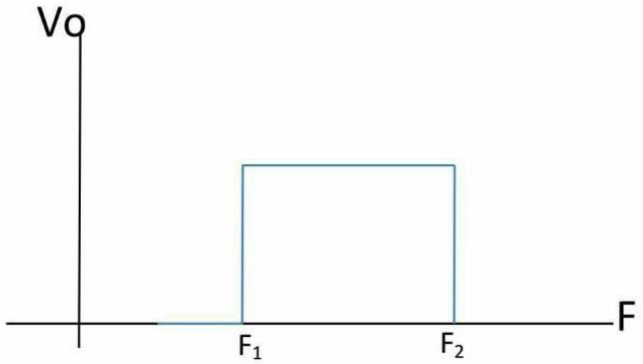
٣– مرشح امرار الحزمة (Band pass filter)

يقوم هذا المرشح بإمرار كل الترددات التي تقع بين تردد القطع الادنى F_1 وتردد القطع الاعلى F_2 اما الترددات التي قبل F1 وبعد F2 فيتم اضعافها ولا تمر ويوضح الشكل–١– الخواص المثالية لهذا المرشح اما منحني الخواص الواقعية فيظهر في الشكل رقم – ٢ – وتوجد في هذا المنحني منطقتين انتقاليتين بين الطرفين (F_1 .F_2) اما F_0 فيمثل الوسط الهندسي بين F1 & F2 وقيمته تساوي

$F_o = \sqrt{F_1 F_2}$

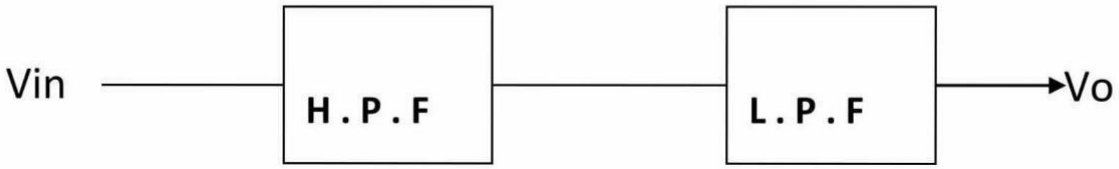
حيث ان $W_{c1} = \frac{1}{R_H C_H}$ و $W_{c2} = \frac{1}{R_L C_L}$ والكسب يساوي $\frac{R_f}{R_i} = \frac{k\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}}$

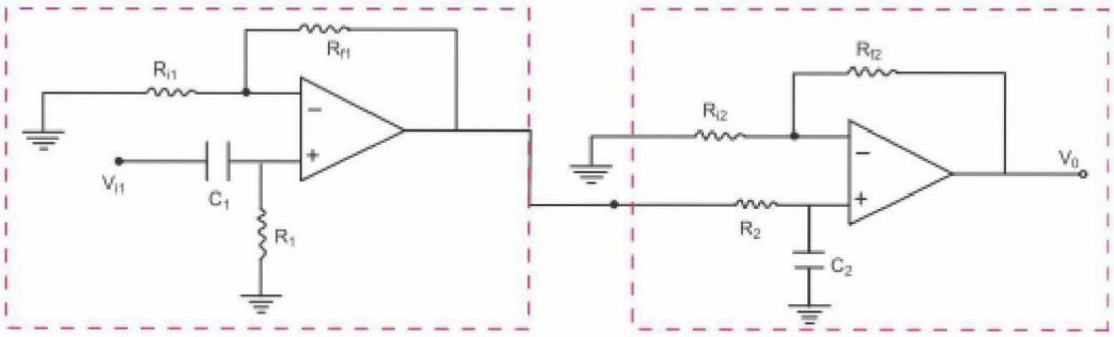
أو $R_f = \frac{k\, R_i\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}}$



الشكل–١–

ويمكن الحصول على هذا المرشح يدمج مرشحين الاول للترددات العالية والثاني للترددات الواطئة وكما بين في الشكل

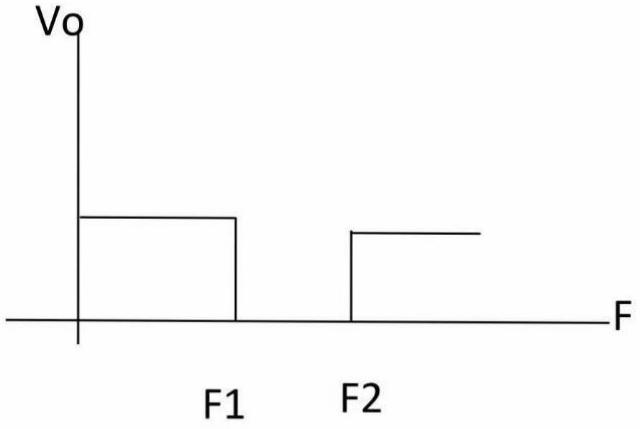




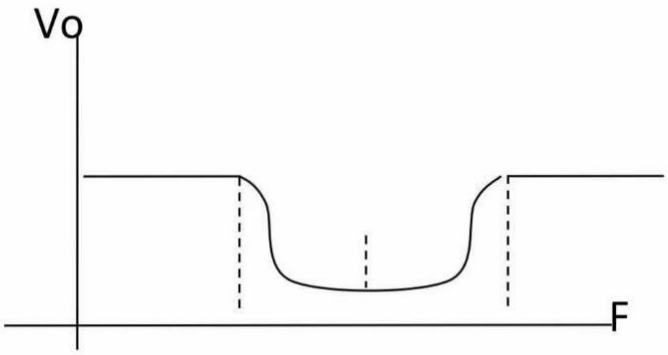
مرشح تمرير ترددات النطاق الفعال

مرشح مانع الحزمة (Band reject filter)

يقوم هذا المرشح باضعاف او منع كل الترددات بين F_1 و F_2 ويمرر باقي الترددات وتعتبر للخواص المثالية لمرشح المنع قيمة للخواص الترددية المثالية لمرشح امرار الحزمة وعندما يتم تضيق حزمة الترددات الغير مسموح بها يسمى عند ذلك بمرشح الاخدود ويستخدم هذا النوع من المرشحات في ازالة الترددات الغير مرغوب فيها مثال ذلك حذف التردد 60H2 في الفطومات السمعية الشكل ١ يمثل الخواص المثالية اما شكل -٢- يمثل الخواص الواقعية.

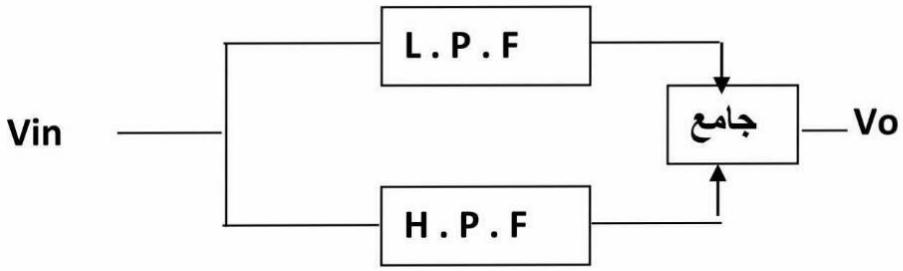


شكل -١-



شكل رقم-٢-

يمكن الحصول على مرشح مانع الحزمة بجمع اخراج مرشح ترددات واطئة ومرشح ترددات عالية وكما مبين في الشكل التالي.



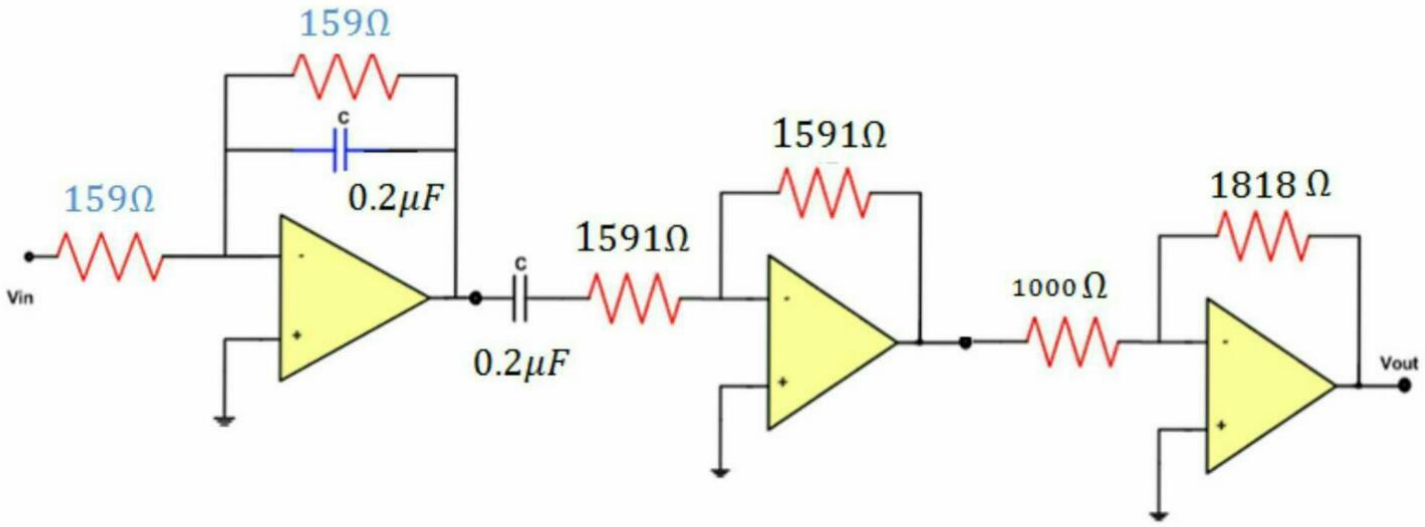
مثال : صمم مرشح مرشح امرار الحزمة (Band pass filter) اذا علمت الكسب هو ٢، و $w_{c2} = 5000$ و $w_{c1} = 500$ والمتسعة $C = 0.2\mu F$.

الحل:

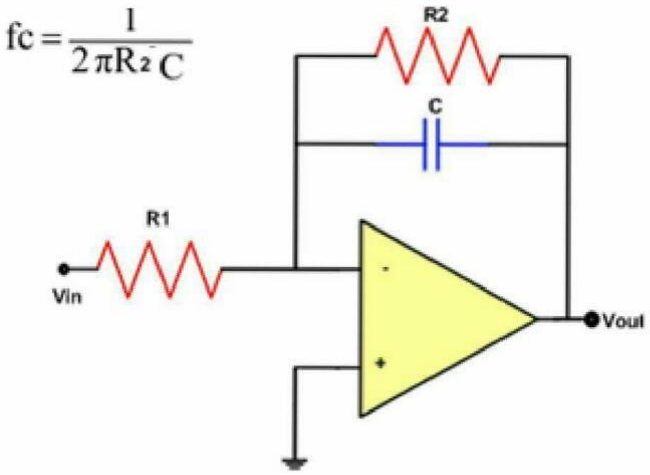
$$w_{c1} = \frac{1}{R_H C_H} \rightarrow \quad R_H = \frac{1}{w_{c1} C_H} = \frac{1}{2*\pi*500*0.2*10^{-6}} = 1591\Omega$$

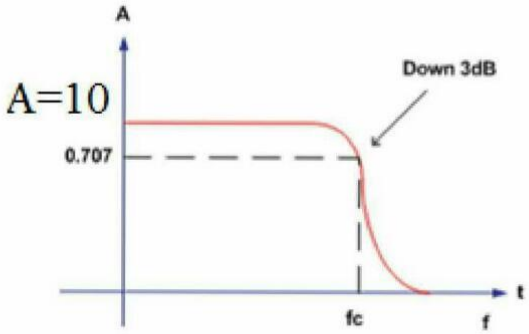
$$w_{c2} = \frac{1}{R_L C_L} \rightarrow \quad R_L = \frac{1}{w_{c2}\, C_L} = \frac{1}{2*\pi*5000*0.2*10^{-6}} = 159\Omega \text{ و}$$

الكسب يحدد قيم المقاومات لذلك نختار واحدة من المقاومات ونحدد الثانية على اساسها. سوف نختار $R_i = 1k\Omega$ ، سوف ينتج $R_f = \frac{k\, R_i\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}} = \frac{2*1000*500}{5000+500} = 1818\Omega$



مثال (٢): صمم دائرة مرشح امرار واطيء فعال يستجيب الى الترددات الواطئة لحد $(f_c = 1KHz)$.





نفرض ان قيمة الكسب $\frac{R_2}{R_1} = 10$ ، ونفرض قيم المقاومة$R_1 = 1k\Omega$ ، اذا $R_2 = 10k\Omega$

$$f_c = \frac{1}{2 * \pi * 10000 * C}$$

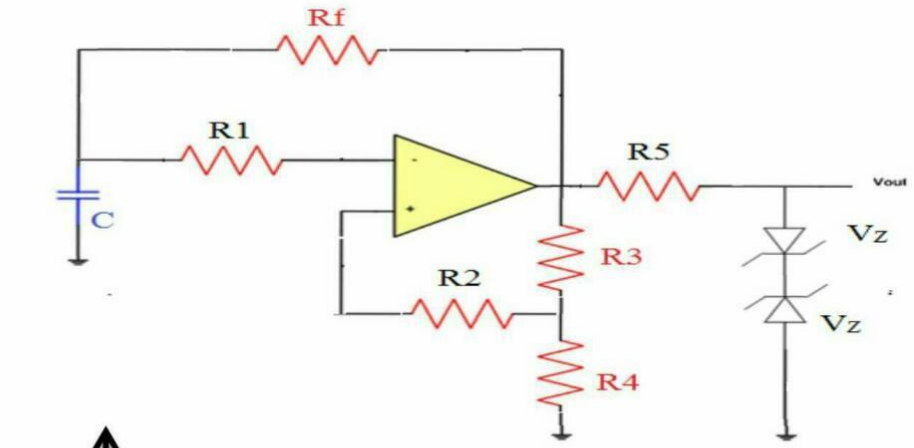
$$C = \frac{1}{2 * \pi * 10000 * 1000} = 15.9\ nF$$

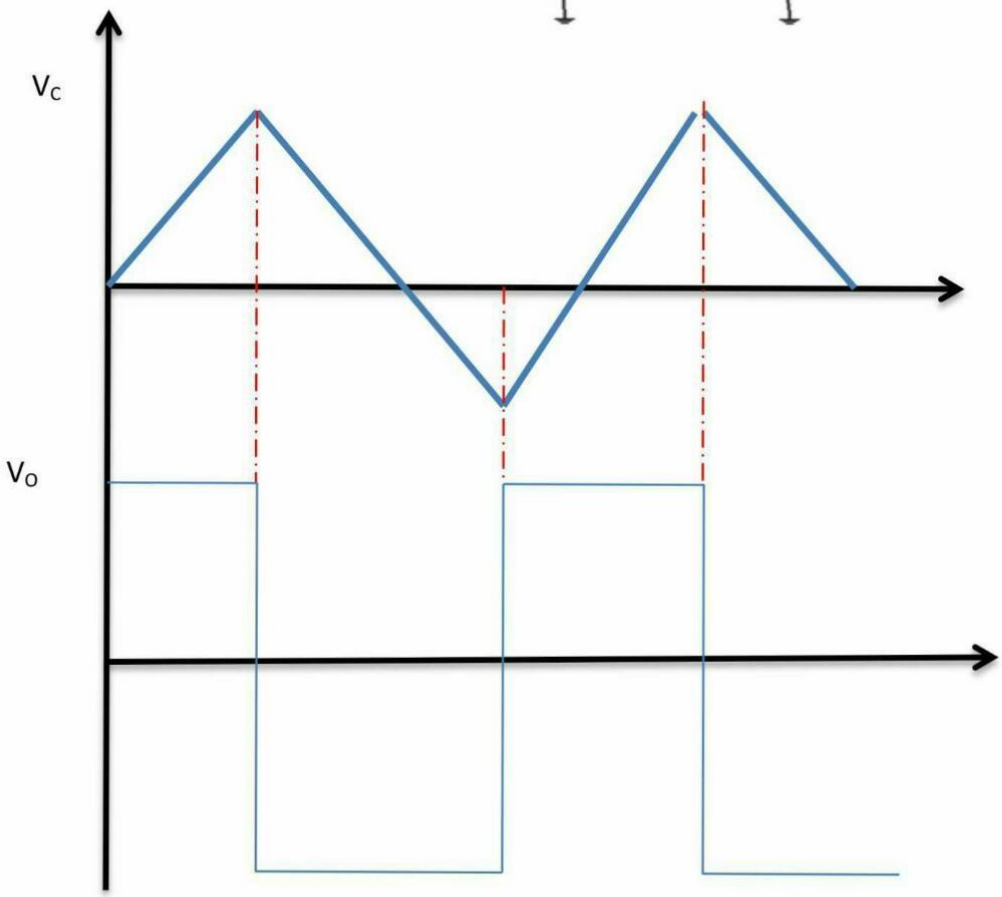
وبذلك تكون قيمة المتسعة $15.9\ nF$لكي يستجيب المرشح للترددات المطلوبة.

مولدات الموجات باستخدام مكبر العمليات

مولد الموجه المربعة Square wave generator

ان ربط دايودين من الزنر دايود بشكل متعاكس يسيطر على سعة فولتية الاخراج ويتم تحديدها بقيمة ($+V_2$ $-V_2$,) .المقاومة R_f والمتسعة C توفر دائرة توقيت للمكبر عند عمله كمقارن. تربط التغذية الخلفية الى الطرف الغير قالب وتتم بواسطة مجزئ الجهد R_3 و R_4، حيث يكون معامل التغذية الخلفية (β) يساوي $\beta=\frac{R4}{R3+R4}$.





مقاومة الادخال R1 تفيد في ضمان ممانعة عالية للمكبر ولحماية الادخال. ولتوضيح عمل الدائرة ، فعند تغذية المذبذب بالقدرة اللازمة من المصدر المستمر $(\mp V_{CC})$ سوف تظهر فولتية عبر طرفي الدخل وبخاصة عند الطرف الغير قالب . هذه الاشارة تدفع المضخم الى التشبع بسبب الكسب العالي للدارة المفتوحة ولنفرض ان المضخم قد وصل الى التشبع باتجاه الفولتية الموجبة $(+V_{CC})$ ،فأن جزء من هذه الاشارة ترتد الى الطرف غير القالب وتصبح الفولتية الراجعة (المرتدة) بمقدار β v.

بما ان فولتية الاخراج موجبة تبدأ المتسعة (C) بالشحن ومن خلال المقاومة R_f. وتستمر بالشحن الى ان تصبح فولتية المتسعة اكبر من الفولتية المرتدة عند ذلك يدخل المضخم الى التشبع ولكن باتجاه الفولتية السالبة($-V_{CC}$) ،لان عمله كمقارن، وفي هذه الاثناء تبدأ المتسعة بالتفريغ خلال المقاومة R_f. غير ان اسبب التفريغ عن الفولتية المرتدة عندها تقفز فولتية الخرج الى منسوب التشبع الموجب وتعاد الدورة من جديد.

ان الفترة الزمنية المولد الموجه المرتبة تساوي

$$T = 2R_f c\, Ln\left(1 + \frac{1+\beta}{1-\beta}\right) \quad = 2R_f c\, Ln(1 + \frac{2R_4}{R_3}) =$$

ان اقصى تردد لهذه الدائرة يحدد حسب نوع المذبذب واستقرارية التردد تعتمد بشكل اولي على استقرارية الزنر دايود والمقاومة R5 تفيد في منع مرور تيار زائد في الزنر دايود

مثال:١

اذا علمت ان مكونات المذبذب الغير مستقر(مولد الموجة المربعة) هي

$R_f = R_3 = R_4 = 10k\Omega$ ، $C = 0.22\mu F$. احسب تردد التذبذب

الحل:

يكون زمن الدورة الواحدة

$$T = 2R_f c\, Ln\left(1 + \frac{1+\beta}{1-\beta}\right)$$

$$= 2R_f c\, Ln\left(1 + \frac{2R_4}{R_3}\right) = 2 * 10 * 10^{3} * 0.22 * 10^{-6} * Ln(1 + \frac{2 * 10 * 10^{3}}{10 * 10^{3}})$$

$$T = 4.8\, ms$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.8 * 10^{-3}} = 207Hz$$

مثال:٢

اذا كانـــت $R_4 = 50k\Omega$ ، $R_3 = 100k\Omega$ ، $\mp V_{CC} = \mp 15$. اســـتخرج قيمـــة الفولتيـــة المرتدة(V_b).

الحل:

$$V_b = \beta V_{CC}$$

$$= \left(\frac{R4}{R3+R4}\right) * V_{CC}$$

$$\left(\frac{50*10^3}{100*10^3+50*10^3}\right) * 15 = 5V$$

بما ان الفولتية المرتدة متماثلة حول المحور المرجعي وذات سعة واحدة في الاتجاهين السالب والموجب اذن

$$V_b = \mp 5V$$

مولدة الموجبة المثلثة Triangle wave Generator

يقوم مولد الموجة المثلثة بتوليد فولتية مشابهة لشكل المثلث وبصورة دورية ويتكون المولد من مقارن ذي هسترة ومكامل وكما في الشكل حيث يولد المقارن ذي الهسترة موجة مربعة تدخل الى المكامل الذي يحولها الى موجة مثلثة

اذا كانت اقصى فولتية موجة على اخراج المقارن هي (+13V) فأن تيار شحن المستعة $I_{C=} Iin = \frac{V_1}{R_1}$ ويكون هذا التيار ثابتا والشحنة على المتسعة تساوي $Q = Iin * t$ وبما

$$Q = C * V_C$$

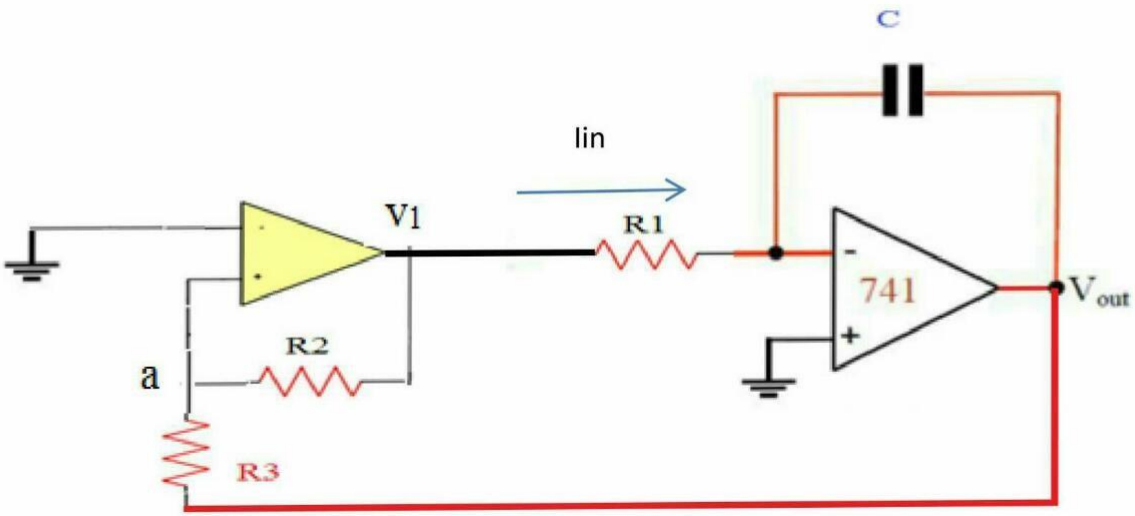
$$\therefore \quad C * V_C = Iin * t = \frac{V_1}{R_1} * t$$

وبما ان اخراج المكامل هو

$$V_{out} = -V_C$$

$$V_{out} = -\frac{V_1}{C*R_1} * t$$

$$f = \frac{1}{R_1 * C}\left(\frac{R_2}{R_3}\right)$$



مولد موجة مثلثة

وهذا يعني ان الفولتية المتكاملة تهبط بصورة خطية وعندما تصبح فولتية المقارن سالبة كما في الشكل اعلاه فان فولتية الاخراج للمقارن تنتقل من (+13V) الى (-13V) أي سوف تغذي فولتية سالبة الى ادخال المكامل و بذلك يقوم المكامل الان بتكامل الفولتية بالاتجاه الموجب ويستمر التكامل بهذا الاتجاه الى ان تثير فولتية اخراج المقارن الى الحالة الموجبة حيث تحدث نقطة انقلاب المقارن وتكون

فولتية مقدارها صفر على طرف الادخال الموجب للمقارن التيار IR1 دائما يساوي IR2 عند نقطة الانقلاب .

مثال :

احسب تردد الإشارة المتولدة لمولد الموجه المثلثة اذا علمت ان $R2 = 56k\Omega$, $C = 0.022\ \mu f$
$R3=18k\Omega$, $R1= 22k\Omega$,

الحل

$$F = \frac{1}{R1C}\left(\frac{R2}{R3}\right)$$

$$= \frac{1}{(22k\Omega)(0.022\mu f)}\left(\frac{56k\Omega}{18k\Omega}\right)$$

$$F = 6.43kHz$$

المهزاز احادي الاستقرارية باستخدام مكبر العمليات

الدائرة في الشكل تمثل دائرة هزاز احادي الاستقرارية وباستخدام مكبر العمليات والذي يعمل كمقارن للفولتية المسلطة على الادخال القالب مع الفولتية المسلطة على الادخال غير القالب ولنوضح عمل الدائرة نفرض انها في حالة الاستقرار حيث الاخراج (Vo=+Vcc) والثنائي D1 يكون في حالة انحياز امامي مما يجعل فولتية المتسعة تساوي (0.7v) أي ان (Va=Vc=0.7) وبما انه

$$V_b = \left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) * Vo$$

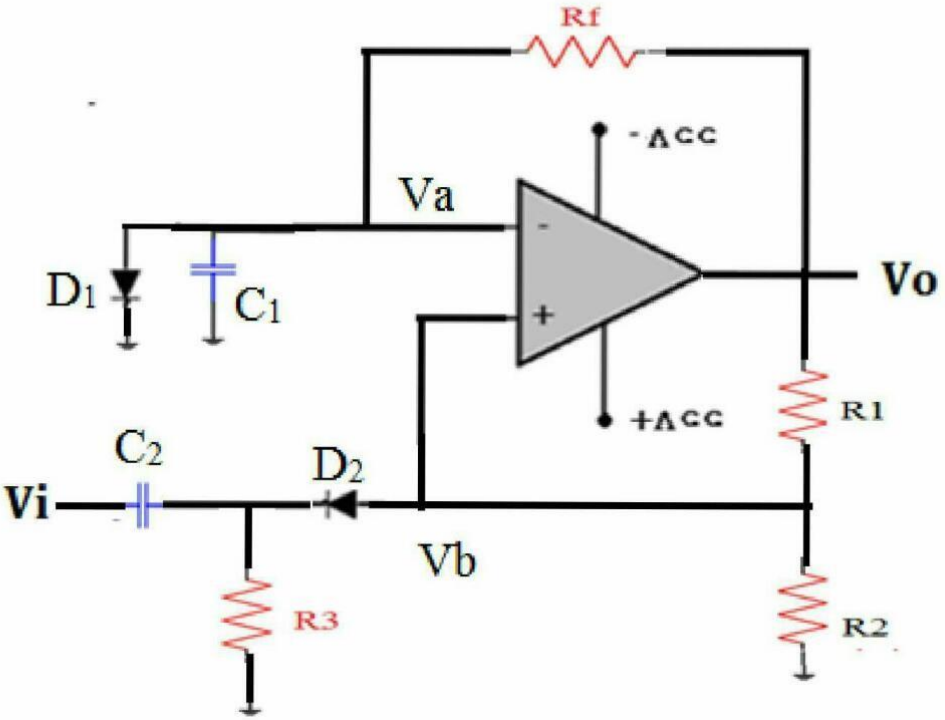
وبالتأكيد (V_b) اكبر من الفولتية (Va) لذلك تحافظ على حالة الاستقرار الموجب لفولتية الاخراج vo وتكون القيمة (+Vcc) .

وعند تحفيز المذبذب بنبضة قدح سالبة (Vi−) على الطرف الغير قالب لمكبر العمليات عبر الثنائي D2 واذا كانت قيمتها تتجاوز قيمة (V_b) سوف تؤدي هذه النبضة الى تغيير حالة الاخراج الى

(Vo= -Vcc). عندها يكون D_1 بالانحياز العكسي وتبدأ المتسعه C_1 بالشحن بالتجاه السالب، فأذا صارت (Va) اكثر سلبا من (V_b) أي تكون V_b اكبر من Va فأن خرج المكبر سيعود الى التشبع الموجب وعندما تصبح $Vo = +Vcc$.

ان قيمة Va السالبة لفترة معينة تحدد بقيم العناصر (R_f & C_1) بالإضافة للنسبة بينR_1 الى R_2 وعلى فرض ان النسبة تساوي 10 فعليه تكون فترة الاستقرار السالبة في خرج المذبذب (t_p) هي:

$$t_p = 0.1\ R_f\ C_1$$



6 / قادح سميث (المقارن المتجدد) :-

قادح شميث(المقارن المتجدد) schmitt trigger(Regenerative Comparator)

المقارن المتجدد الذي توضحه الدائرة بالشكل التالي a في المعتاد يسمى قادح شميت . جهد الدخل يطبق على إلى الطرف العاكس 2 بينما يطبق جهد التغذية الراجعة إلى الطرف غير العاكس 1. معامل التغذية الراجعة β يعطى بدلالة المقاومات كما يأتي:

$$\beta = R_2 /(R_1 + R_2)$$

عندما $A_V = -5000$, $R_1 = 10\ K$, $R_2 = 100\ \Omega$ فإن معامل كسب الحلقة loop gain يكون كما يأتي:

$$-\beta A_V = -A_V \beta = R_2 /(R_1 + R_2)$$

$$= 0.1 \times 5000/10.1 = 49.5 >> 1$$

بفرض ان $v_i < v_1$ حتى ان :

$$v_O = + V_O\ (+5V)$$

فإنه باستخدام قاعدة superposition ومن الشكل a نجد ان:

$$v_1 = [V_R R_1 /(R_1 + R_2)] + [V_O R_2 /(R_1 + R_2)] \equiv V_1$$

إذا زاد v_i فإن جهد الخرج v_O يبقى ثابتا عند القيمة V_O , $v_1 = V_1 = \text{constant}$ حتى ان $v_i = V_1$. عند جهد العتبة هذه threshold أو يمكن ان يسمى أيضا: critical or triggering voltage فإن جهد الخرج متجددا يتحول إلى القيمة :

$$v_O = - V_O$$

ويبقى عند هذه القيمة طالما ان : $v_i > V_1$. خواص الانتقال transfer characteristic هذه يوضحها الشكل b.

الجهد عند الطرف غير العاكس للمكبر عندما $v_i > v_1$ يكون كالاتي:

$$v_1 = [V_R R_1 /(R_1 + R_2)] - [V_O R_2 /(R_1 + R_2)] \equiv V_2$$

لقيم البارامترات الموضحة بالشكل ومع $V_O = 5$ V, فإن:

$$V_1 = [V_R R_1 /(R_1 + R_2)] + [V_O R_2 /(R_1 + R_2)]$$

$$= [10 \times 10^3 \times 1/1000 (10 +0.1)] + [0.1 \times 5 /(10 + 0.1)]= 0.99 + 0.05$$

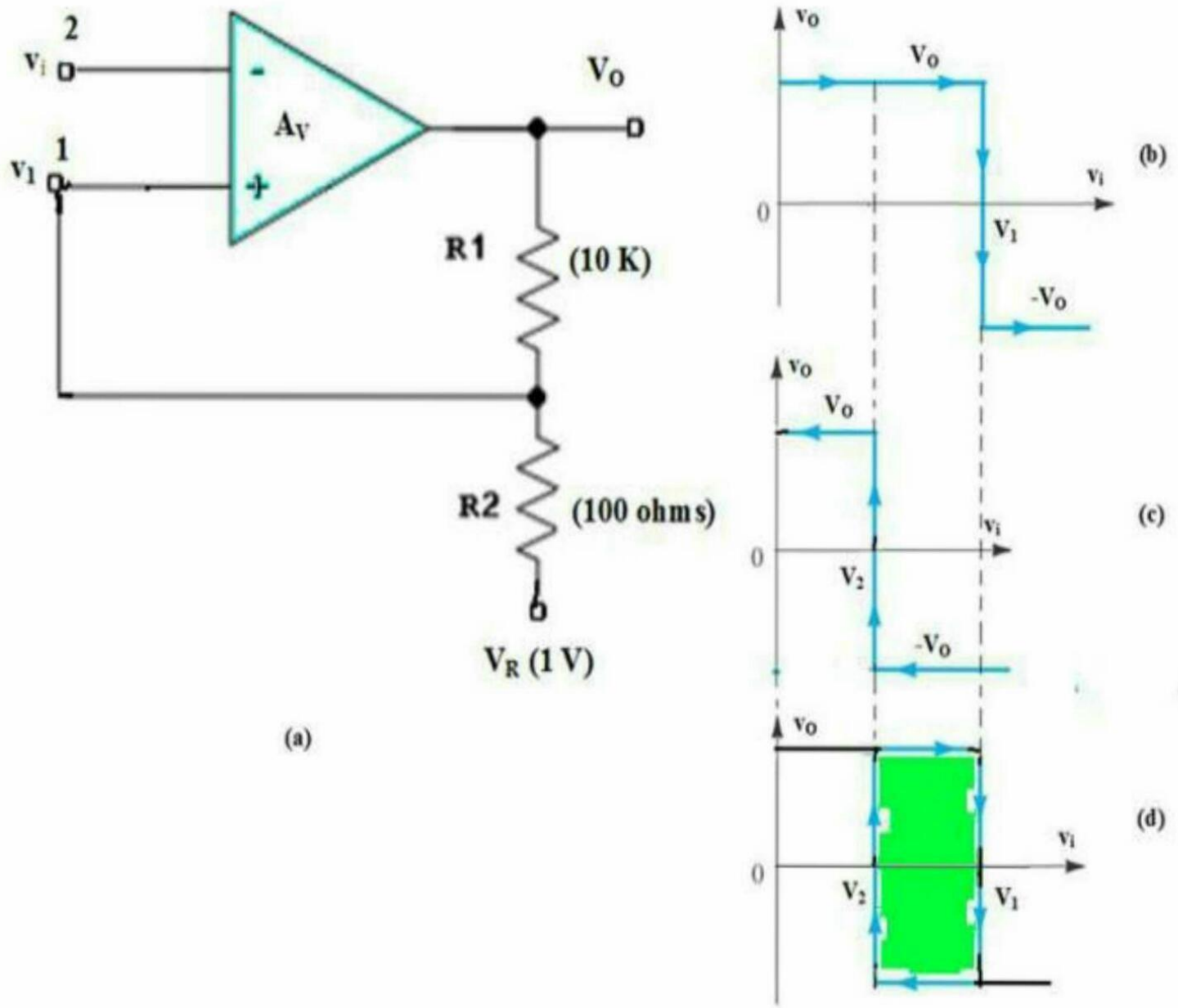
$$= 1.04 \text{ V}$$

$$V_2= [V_R R_1 /(R_1 + R_2)] - [V_O R_2 /(R_1 + R_2)] = 0.99 - 0.05 = 0.94 \text{ V}$$

يلاحظ ان :

$V_2 < V_1$ والفرق بين هاتين القيمتين وهو V_H يسمى بالتخلفية hysteresis، وقيمته تكون كالتالي:

$$V_H = V_1 - V_2 = 2V_O R_2 /(R_1 + R_2) =1.04 - 0.94 = 0.10 \text{ V}$$



(a) A schmitt trigger. The transfer characteristics for (b) increasing vi and (c) decreasing vi (d) the composite input-output curve

قادح شميت . b تزايد جهد V_i . c تناقص V_i . d منحنى جمع الدخل-الخرج.

الآن إذا تناقص v_i فإن جهد الخرج v_O يبقى ثابتا عند القيمة V_O- حتى يساوي v_i الجهد عند الطرف 1 أو حتى : $v_i = V$. عند هذا الجهد يحدث انتقال متجدد :

Regenerative transition وكما بالشكل c الخرج يعود غالبا إلى V_O + آنيا. دالة الانتقال كاملة يوضحها الشكل d حيث الجزء المظلل (المستطيل الرأسي المحصور بين V_1 V_2)

أي ان هذا الشكل يوضح ما يسمى بالتخلفية لقادح شميت وهو العلاقة بين الدخل والخرج.

الجزء المظلل يمكن عبوره إلى أحد الاتجاهين أما أجزاء الخطوط يتم الحصول عليها إذا تغير v_i طبقا لما توضحه الأسهم. يلاحظ انه بسبب التخلفية فإن الدائرة يتم قدحها عند الجهد الأعلى للإشارة المتزايدة اكثر من الإشارة المتناقصة.

وواضح ان الخرج يكون فقط إما موجب V_O + (جهد التشبع الموجب) أو سالب V_O - (جهد التشبع السالب).

ويوجد قيمتان لجهد الدخل هما:

١-جهد السقوط العلوي(نقطة القدح العلوي) upper triggering point UTP والتي يبدأ عندها جهد الخرج في التحول من جهد التشبع الموجب إلى جهد التشبع السالب. والجهد V_1 يمثل هذا الجهد.

٢- جهد السقوط السفلي(نقطة القدح السفلي) lower triggering point LTP والتي يبدأ عندها جهد الخرج في التحول من جهد التشبع السالب إلى جهد التشبع الموجب. والجهد V_2 يمثل هذا الجهد.

وعلى الشكل d يتضح الأتي:

١- يكون الخرج موجبا وثابت ويساوي جهد التشبع الموجب طالما ان جهد الدخل v_i أقل من جهد نقطة السقوط العلوي UTP. ويمثل هذا الجهد V_1.

٢- إذا زاد جهد الدخل v_i عن جهد السقوط العلوي يتحول الخرج إلى جهد التشبع السالب ويكون جهد الخرج يساوي V_O - .

٣- يظل جهد الخرج سالب ويساوي V_O - طالما كان v_i أكبر من جهد (نقطة) السقوط السفلي LTP.

٤- إذا قل جهد الدخل عن جهد السقوط السفلي LTP يتحول جهد الخرج إلى جهد التشبع الموجب وهكذا.

في الغالب ،الاستخدام المهم لقادح شميت هو لتحويل جهد الدخل المتغير ببطء إلى شكل موجي حاد للخرج (غير متصل) وهذا يحدث عند قيمة دقيقة لجهد الدخل. هذا المقارن المتجدد يمكن استخدامه في تطبيقات عديدة مثل كاشف عبور الصفر zero-crossing detector , و توليد موجات square waves from sine wave ومولد العلامات الزمنية Timing –markers generator from sine wave و .....الخ. مثال ذلك استخدام قادح شميت في توليد الموجات المربعة من الموجة الجيبية كما بالشكل ادناه إشارة الدخل اختيارية عدا انها تملك دورة excursion كبيرة بدرجة كافية لتجعل الدخل يبعد عن مدى حدود التخلفية V_H. الخرج يكون موجة مربعة كما بالشكل ادناه واتساعه its amplitude لا يعتمد على قيمة قمة –الى –قمة لموجة الدخل. الخرج يملك حافات رئيسية leading وحافات ذيل trailing edges اسرع من تلك للدخل.

7/ الدوائر المتكاملة

الدوائر المتكاملة :-

لقد ادى التطور الكبير لتقنيات تصنيع الدوائر المتكاملة منذ عام 1961 وحتى الان دورا كبيرا في تقدم صناعة الإلكترونيات والحاسبات حتى عرفت هذه الفترة بعصر الحاسبات الالكترونية حبت دخلت الحاسبات والاجهزة الالكترونية والتي تعد الدوائر المتكاملة مكوناتها الاساسية كافة ميادين الحياة كالأجهزة المنزلية والأجهزة الطبية والساعات الكترونية ووسائل الاتصالات بما فيها الاقمار الصناعية كذلك قدمت الدوائر المتكاملة خدمات فائقة في السيطرة والتحكم المباشر للعمليات الصناعية الدقيقة. والدوائر المتكاملة (**Ic**) تعرف بانها مجموعة من المكونات الالكترونية كالترانزستورات والثنائيات بالإضافة الى مقاومات ومتسعات ربط بعضها مع بعض داخليا وتقع ضمن غلاف واحد بحيث تظهر قطعة واحدة اطراف خارجية للإدخال.

والاخراج وتجهيز القدرة وهي تقوم مقام دائرة الكترونية لها نفس الربط من مكونات الكترونية منفصلة وتمتاز الدائرة المتكاملة عند الدوائر المنفصلة بمزايا عديدة اهمها.

١- صفر مجمها وصفة رزتها ٢- جدارتها العالية في الاداء ٣- كلفتها المنخفضة ٤- سهولة استعمالها ٥- استهلاك القدرة فيها قليل ٦- ممانعتها ضد الضوء.

تقنيات الدوائر المتكاملة

١- تقنية القطعة الواحدة (البلورة الواحدة) ٢- تقنية الاغشية الرقمية والتنمية والمختلطة

تقنية الدائرة المتكاملة ذات القطعة الواحدة

تعتبر هذه التقنية من اكثر التقنيات استخدما ويمكن بواسطتها الحصول على دوائر متكاملة تعمل بكفاءة عاليه في تردد عالي جدا تصل الى عدة ميكا هيرتز وكيفية صنع الدائرة المتكاملة بهذا التقنية تتم كالاتي:

١- يتم في البداية انتاج بلورة من شبه الموصل نوع ((P)) اسطوانية الشكل طولها عدة سنتمترات وقطرها ٥ سم

٢- تقطع هذه البلورة الى شرائح كثيرة بحيث يكون سمك الشريحة الواحدة (0.03Cm) ثم يصقل احد وجهي الشريحة حتى يصبح سطحها املس ناعم وذلك لتخلص السطح من العيوب حتى يقل سمكها الى (0.01Cm) وتشكل هذه الشريحة طبقة الاساس وتعتبر هيكل اساسيا لاجزاء الدائرة المختلفة تستعمل كشاصي الاجزاء الدائرة المتكاملة).

٣- بعد ذلك توضح الشريحة في فرت تتجاوز درجة حرارته (1.000c) ويسلط عليها يخار من مزيج من ذرات السليكون وذرات خماسية التكافؤ وعند ئذ تتكون طبقة خفيفة من شبه الموصل نوع(N)على السطح العلوي للطبقة الاساس (أ) وتسمى هذه الطبقة الخفيفة بالطبقة الفوقية ويكون سمكها من (0.1) الى (1) حيث ( )

٤- لمنع تلوث الطبقة الفوقية ينفخ اوكسجين نقي على سطحها وتتكون طبقة عازلة من ثاني اوكسيد السليكون (sio2) وهي تشبه الزجاج تختم السطح وتمنع أي تفاعل كيمياوي اخر وتسمى عليه الختم هذه بالتمهيد

٥- بعد عملية الاكسدة يتم حفر شبابيك عبر طبقة الاوكسيد باستخدام قناع ضوئي حيث يجري انتشار العزل والذي نهايته يمكننا الحصول على مناطق معزولة (جزر) من شبه الموصل (N) وتكون معزولة كهربائيا بعقها عن البعض

وهي معزولة عن طبقة الاساس ايضا وخطوات عملية فتح الحفر في طبقة الاوكسيد باستعمال القناع الضوئي تكون بالخطوات التالية أ- طلاء طبقة الاوكسيد بالمادة الحساسة للضوء ب- تعريض السطح الحساس للاشعة فوق البنفسجية (uv) جـ- ازالة الجزء الذي لم يتعرض للضوء بها لمادة الحساسة د- حفر الاوكسيد هـ - اكمال حفر الشباك بانتظار جملة (انتشار).

٦- باتمام انتشار العازل تعاد عملية الاكسدة حيث تغلق الفتحات وباستخدام القناع الضوئي المبين في الشكل اعلاه يتم حفر فتحات جديدة لانتشار القاعدة نوزع أ للإعطاء مناطق القاعدة الترانزستورات والمقاومات الكبيرة والاقطاب الموجبة للثنائيات ويتبع ذلك انتشار الباعث لتكوين مناطق الباعث الترانزستورات والمقاومات القليلة والاقطاب السفلية للمتسعات حيث يتكون كل منها من منطقة n ضمن الجزيرة المعزولة ثم تعاد الاكسدة.

٧- بعد انتشار الباعث واعادة الاكسدة تستخدم طريقة القناع الضوئي كذلك محضر فتحات من اجل التوصيت الكهربائية لكل من القاعدة والباعث والجامع والانود والكاثود والنهايات والمقاومات والاقطاب السفلية للمتسعات ويتم تكشف بخار الالمنيوم في اناء مطوع على السطح حيث تتكون وصلات الكهربائية بحيثيث يكون السلكيون في مناطق الفتحات وتؤدي الطبقة المعدنية هذه الى تشكيل الاقطاب العلوية للمتسعات كما انها تسمح بالتوصيل الكهربائي والدوائر المتكاملة وباستخدام الغطاء المعدني يحير ازالة الالميون من المناطق غير المرغوب فيها وبهذا يتم تشكيل نموذج التوصيل المعدني.

يتكمل الاجراء الصناعي عن طريق اختيار الرقاقات وهي لاتزال ضمن الشريحة وبعد ذلك يتم تقطيع الشريحة اجزاء مستقلة متشابهة تصل عددها الى (١٠٠٠) دائرة متكاملة (رقاقة) وهذا هو السبب في قلة كلفة الدوائر المتكاملة ٢- وتوضع كل رقاقة على قاعدة مصنوعة من سيراميك معدن وتوصل مناطق لتوصيل في القطعة باسلاك رفيعة ثم تخلف الرقاقة باحدى طرق التعليف وتنحهي عملية الانتاج بالاختيار النهائي للدائرة التكاملة بعد التقليض

٢- تقنية الاغشية

أ- تقنية الغشاء السميك

تتغير تقنية الغشاء بانها اسهل في التصنيع وقليل الكلفة ويكون الجزء الاساسي يكون من سيراميك اوكسيد الالمنيوم الحاوي على كميات صغيرة من الاكاسيد الاخرى وتكون ابعاد الجزء الاساسي عادة (()) ويستخدم اسلوب طبع الشاشه لوضع العناصر على (100) شكل لكل (سم) واحد وتكون مطلية بطلاء حساس للضوء.

ب- تقنية الغشاء الرقيق:-

يجري تصنيع الدوائر المتكاملة ذات الغشاء الرقيق في جو مفرغ من الهواء ويعد ذلك من مساوئ هذه التقنية لانها تحتاج الى اجهزة غالية الثمن وتوجد طريقتان اساسيتان لموضع الاغشية الرقيقة على الجزء الاساسي الادلى طريقة التفريغ المفرغ والثانية طريقة الفرقعة.

جـ- تقنية الدوائر المتكاملة الهجينة:

وتستخدم هذه التقنية مزيجا من التقنيات (احادية البلورة وتقنية الغشاء الرقيق والسميك).

موازنة بين تقنيات تصنيع الدوائر المتكاملة

بصورة عامة تعتبر الدوائر المتكاملة احادية البلورة هي الافضل من ناحية انخفاض الكلفة دوائر القطعة الواحدة في مجال الانتاج الضيق لما تكون مفضلة في الدوائر التي تحتاج الى عناصر فعالة قليلة وعناصر غير فعالة عديدة وتكون مقاومات الغشاء الرقيق ذات نوعية جيدة وامكانية سماح جيدة واتزان مراري ممتاز وتشويش منخفض كما يمكن تضيعها بقيم مختلفة وضمن مدى واسع وتعتبر دوائر الغشاء الهجينة جيدة من عملها في حالة وجود جهد عالي وطاقة عالية وهي مناسبة لمجال الترددات الميكروية وتمتاز كذلك بالمرونة والدقة العالية ولذلك فهي مناسبة للدوائر الخطية ذات الاداء اعالي وتكون كلفة دوائر الغشاء السميك المختلط هي الاقل وبفروق كبيرة في مجال الانتاج الضيق ومدى المقاومات اكبر ويكون عملها جيد في مجال الجهود والطاقات العالية والترددات العالية.

تراستورات ثنائية القطبية المتكاملة(BJT)

وتعد من العناصر الفعالة وتكون على نوعين npn و pnp وبسبب الانتاج والكلفة يفضل تصنيع ترانستور نوع npn في الدوائر المتكالمة انه سمك طبقة القاعدة في الترانستوارت المتكالمة يكون بحدود () ويمكن انتاج ترانستورات ذات() عالية جدا يجعل سمك طبقة القاعدة () وبين الشكل ترانستور متكامل بتقنية القطعة الواحدة من نوع npn.

مثال وضح بالرسم مراحل تصنيع تراستور npn

الحل :- ١- حضر جزء من طبقة الاوكسيد

٢- تكوين منطقة معزولة نوع n

٣- عملية اكسدة

٤- انتشا الجامع

٥- انتشار القاعدة

٦- عملية اكسدة الجزيرة نوع p

٧- فتح شباك لكشف

٨- انتشار الباعث

٩- عملية اكسدة في طبقة الاكسدة للوصول الى الجزر n.p.n

١٠- فتح ثلاث شبابيك

١١- اجراء التوصيلات المعدنية للاطراف e.b.c

المقاومات المتكاملة

هناك عدة انواع من المقاومات التي تصنع بتقنيات الدوائر المتكاملة من اهمها

١- مقاومات الانتشار والتي تشكل بطريقة انتشار القاعدة نوع p كما في الشكل ويمكن ايجاد والقيمة التقريبية للمقاومة R من العلاقة

حيث Ro مقاومة اللوحة للمادة وتقاس بوحدة ((اوم/ مربع))

L طول المقاومة / Wعرض المقاومة

ابعاد المربع () حيث كل ()

من مساوي هذا النوع مساحتها الكبيرة مما يجد استخدامها.

٢- مقاومات الغشاء الرقيق التي تصنع بطريقة الترسيب بالتبخير المفرغ وبين الشكل طريقة تصنيع مقاومات الغشاء الرقيق ويمكن ايجاد قيمة المقاومة R التقريبية من العلاقتين.

وتكون مقاومات هذا النوع ذات مساحية قليلة ومعامل حراري واطئ مما يجعلها ذات استخدامات واسعة.

كم هي ابعاد مقاومة الانتشار التي قيمتها () لها مقاومة اللوحة () في رقاقة لها عامل تصغير

المستعات المتكاملة :

توجد عدة انواع من المتسعات المصنعة تقنيات الدوائر المتكاملة منها

١- متسعات الوصلة والتي تعتبر من اسهل انواع المتسعات المتكاملة من حيث التصنع وتكون عادة من نوع المتسعات القطبية التي تعتمد علي قيمة الجهد وبين الشكل طريقة تصنيع هذا النوع من المتسعات.

متسعات الغشاء الرقيق تتكون هذه المتسعات من لوحين ترازين الاول تمثل اللوحن طبقة من ثاني اوكسيد السليكون تكون متسعات الغشاء الرقيق غير قطبية ولا تعتمد على الجهد وبين الشكل متسعة الفشاء والرقيق

ترانستورات تاثير المجال ذات الاوكسيد المعدني ()

وترعى اهذه mos فقط ويكون تصنيفها سهلا جدا بتقنيا الدوائر المتكاملة ذات القطعة الواحدة فهي لاتحتاج سوى انتشار طبقتين من شبه الموصل على طبقة اساس p لنوع nmos او طبقتين من شبه الموص p على طبقة اساس n لنوع Pmos ويعد ذلك يغطي السطح العلوي للشريحة بطبقة من مادة عازلة مثل si3 او sin4 وتكتمل عملية التصنيع باجراء التوصيلات المعندية من مادة الالمنيوم كما في الشكل.

ويمتاز تصنيع هذه الانواع من الترانستورات بما يلي:

١- عدد خطوات التصنيع قليلة

٢- استهلاكها للقدرة قليل

٣- تحتاج الى مساحة صغير فقط (ثلث مساحة ترانستور نوع BJT).

٤- او كافية تصنيع mos المتتامة التي تسمى cmos استقرار حراري ممتاز.

الثنائيات المتكاملة

تصنع بتقنية القطعة الواحدة على غرار العناصر الفعالة حيث يمكن الحصول عليها باجراء التوصيلات المناسبة للترانستور ثنائي القطبية BJT وتوجد خمسة انواع من الثنائيات المتكاملة المشعة من الترانستور كما في الشكل ويعتبر النوعان أ وب اكثر الانواع استعمالا

المصادر

Floyd, Thomas L. *Electronic devices*. Pearson Education India, 2005 الإليكترونيات في خدمة التطبيقات الكهربائية. (ترجمة د.سميرة رستم)
Gupta, J. B. *Fundamentals Of Electrical Engg. & Electronics*. SK Kataria and Sons, 2009.
Goldsmith, Andrea. *Wireless communications*. Cambridge university press, 2005.