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

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: الاجهزة الطبية

اسم المقرر: : الدوائر الالكترونية(2)

المرحلة/المستوى : الثاني

الفصل الدراسي:الثاني

السنة الدراسية:2024-2025



معلومات عامة

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

معلومات تدريسي المادة

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

الوصف العام للمقرر

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

الاهداف العامة

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

الأهداف الخاصة

تعليم الطالب:

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

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

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

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

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

المتطلبات السابقة

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

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

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

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

تنمية قدرة الطالب على تحديد الخطأ في ربط الدوائر الالكترونية و بناء دوائر الكترونية و دراسة خواصها وتطبيقاتها والاستفادة منها في حقل التخصص .

1	المؤسسة التعليمية	الجامعة التقنية الشمالية/المعهد التقني الدور
2	القسم العلمي / المركز	التقنيات الالكترونية
3	اسم رمز المقرر	**الدوائر الالكترونية(2) EOTO216**
4	اشكال الحضور المتاحة	الزامي
5	الفصل / السنة	الفصل الثاني - (15 أسبوع) / المستوى الثاني
6	عدد الساعات الدراسية (الكلي)	4 ساعة أسبوعيا - (60) ساعه بالفصل
7	تأريخ اعداد الوصف	
8	اهداف المقرر	بناء دوائر الكترونية عملية ودراسة خواصها وتطبيقاتها
9	مخرجات البرنامج المطلوبة وطرائق التعليم والتعلم والتقييم	
	أ- الاهداف المعرفية	
أ-1	بناء دوائر الكترونية عملية ودراسة خواصها وتطبيقاتها	
أ-2	تنمية قدرة الطالب على تحديد الخطأ في ربط الدوائر الالكترونية	
	ب- الاهداف المهاراتية الخاصة بالبرنامج	
ب-1	القابلية على اداره المشاريع	
ب-2	القدرة على حل المشاكل في موقع العمل واللازمه في هذا المجال	
	طرائق التعليم والتعلم ((المحاضرات النظرية / المحاضرات العملية / الورشة / حل الامثلة / مشروع التخرج / التدريب الصيفي))	

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

10. المقرر

المقرر الدراسي :- الدوائر الالكترونية (2) المستوى الدراسي الثاني – الفصل الثاني

الاسبوع	الساعات	مخرجات التعلم المطلوبة	اسم الموضوع	طريقة التعلم	طريقة التقييم
1	4	المعرفة والتطبيق العملي	**دائرة الطارح ومعادلات الحساب لطرح فولتيتي -دائرة تطبيقيةVO=V2-V1ادخال**	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
2+3	4	المعرفة والتطبيق العملي	**تطبيقات مكبر العمليات-المكامل دائرته-اشتقاق المعادلة الخاصه به-مثال-إدخال موجه مربعة الى دائرة المكامل وإيجاد موجة الإخراج لها-مثال- إدخال موجة نبضية الى دائرة المكامل وإيجاد موجة الإخراج-مثال- تأثير فولتية المكامل-حل تمارين.**	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

4	4	المعرفة والتطبيق العملي	المقارن-دائرته-فكرة العمل-إدخال موجة مثلثة الى الإدخال القالب وربط الإدخال غير القالب الى الأرض-إدخال موجة مثلثة الى الإدخال القالب وربط الإدخال غير القالب الى فولتية مرجع موجبة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
5	4	المعرفة والتطبيق العملي	تطبيقات لاخطية لمكبر العمليات-المقوم المثال-الفكرة من استخدام مكبر العمليات في دوائر التقويم –مميزاتها عن الدوائر التي بدون مكبر العمليات مقارنة بين الخواص المثالية والغير مثالية للمقوم-دائرة المقوم المثالي نصف الموجي-فكرة عمله-دائرة المقوم المثالي كامل الموجه-فكرة العمل.	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
6	4	المعرفة والتطبيق العملي	قادح شميث-التحول الكاذب في المقارن وكيفية منع حدوثه-مثال-دائرة قدح شميث رسم خواص التحويل لها-مثال-إدخال موجة عشوائية الى دائرة قادح شميث ورسم فولتية الإخراج-حل تمارين.	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
7	4	المعرفة والتطبيق العملي	مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات-مولد الموجة المربعة –دائرته-اشتقاق المعادلة الخاصة بتردد موجة الإخراج تحوير الدائرة لإعطاء موجة مستطيلة –مثال-تصميم الدائرة.	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
8	4	المعرفة والتطبيق العملي	مولد النبضة المهزاز أحادي الاستقرارية دائرته-فكرة العمل-رسم الموجات-اشتقاق المعادلة الخاصة بعرض نبضة الإخراج-مثال-تصميم-الدائرة .	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
9	4	المعرفة والتطبيق العملي	مولد الموجة المثلثة-الدائرة-فكرة العمل-رسم الموجات-اشتقاق المعادلات الخاصة بذلك-اشتقاق معادلة التردد لموجة الإخراج.	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
10+11	4	المعرفة والتطبيق العملي	الحاسبة التناظرية –تصميمها-أمثلة محلولة-تركيبه –مخططات 555المؤقت الزمني لاستخدامه في الهزازت-معادلات حساب زمن عرض النبضه –أمثلة محلولة.	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
12	4	المعرفة والتطبيق العملي	- الفعالة-مميزاتها-خواصها-RCمرشحات HPF-LPF- (الميزات-الخواص-المعادلات-منحنيات الاستجابه –أمثلة حسابية)	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
13	4	المعرفة والتطبيق العملي	مميزاتها-BSFBPF- الفعالة-RCمرشحات - خواصها- (الميزات-الخواص-المعادلات-منحنيات الاستجابه –أمثلة حسابية	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
14	4	المعرفة والتطبيق	الطرق الأساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة (أحادية البلورة-رقيقة الأغشية وسميكة الأغشية)	عملي +	الاختبارات

		العملي		نظري	والتقارير
15	4	المعرفة والتطبيق العملي	**تصنيع دائرة متكاملة لترانزستور نوع NPN– تصنيع مقاومات ومتسعات متكاملة –تصنع دائرة متكاملة لدائرة الكترونية بسيطة.**	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

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

12	خطة تطوير المناهج
- استحداث مناهج دراسية ملائمة مع سوق العمل - عقد ندوات ومؤتمرات علمية تستهدف تحديث المناهج الدراسية - متابعة التطورات العلمية في مجال التخصص	

الفصل الثاني من المحتوى العلمي						
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	النظري	العملي				
الأسبوع				محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
1	2	2	دائرة الطارح ومعادلات الحساب -VO=V2لطرح فولتيتي ادخال -دائرة تطبيقيةV1	محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
3+2						
	2	2	تطبيقات مكبر العمليات-المكامل دائرته-اشتقاق المعادلة الخاصه به- مثال-إدخال موجه مربعة الى دائرة المكامل وإيجاد موجة الإخراج لها- مثال-إدخال موجة نبضية الى دائرة المكامل وإيجاد موجة الإخراج- مثال- تأثير فولتية المكامل-حل تمارين	محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
4	2	2	المقارن-دائرته-فكرة العمل-إدخال موجة مثلثة الى الإدخال القالب وربط الإدخال غير القالب الى الأرض-إدخال موجة مثلثة الى الإدخال القالب وربط الإدخال غير القالب الى فولتية مرجع موجب	محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
			تطبيقات لاخطية لمكبر العمليات- المقوم المثال-الفكرة من استخدام مكبر العمليات في دوائر التقويم –			
5	2	2		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

		مميزاتها عن الدوائر التي بدون مكبر العمليات مقارنة بين الخواص المثالية والغير مثالية للمقوم-دائرة المقوم المثالي نصف الموجي-فكرة عمله-دائرة المقوم المثالي كامل الموجه-فكرة العمل					
6		قادح شميث-التحول الكاذب في المقارن وكيفية منع حدوثه-مثال-دائرة قدح شميث رسم خواص التحويل لها-مثال-إدخال موجة عشوائية الى دائرة قادح شميث ورسم فولتية الإخراج-حل تمارين		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير	
7	2	مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات-مولد الموجة المربعة – دائرته-اشتقاق المعادلة الخاصة بتردد موجة الإخراج تحوير الدائرة لإعطاء موجة مستطيلة –مثال-تصميم الدائرة		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير	
8	2	مولد النبضة المهزاز أحادي الاستقرارية دائرته-فكرة العمل-رسم الموجات-اشتقاق المعادلة الخاصة بعرض نبضة الإخراج-مثال-تصميم-الدائرة		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير	

9	2	2	مولد الموجة المثلثة-الدائرة-فكرة العمل-رسم الموجات-اشتقاق المعادلات الخاصة بذلك-اشتقاق معادلة التردد لموجة الإخراج		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
11+10			الحاسبة التناظرية –تصميمها-أمثلة محلولة-المؤقت الزمني 555– تركيبه –مخططات لاستخدامه في الهزازت-معادلات حساب زمن عرض النبضه –أمثلة محلولة.		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
12			الفعالة-مميزاتها-RCمرشحات -HPF-LPF- خواصها- (الميزات-الخواص-المعادلات- منحنيات الاستجابه –أمثلة حسابية)		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
13			مرشحات RC الفعالة-- BSFBPF مميزاتها-خواصها-- (الميزات-الخواص-المعادلات- منحنيات الاستجابه –أمثلة حسابية		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

14			الطرق الأساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة (أحادية البلورة-رقيقة الأغشية وسميكة الأغشية)		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير
15			تصنيع دائرة متكاملة لترانزستور نوع NPN –تصنيع مقاومات ومتسعات متكاملة –تصنع دائرة متكاملة لدائرة الكترونية بسيطة		محاضرة	عملي + نظري	الاختبارات والتقارير

المحتوى العلمي

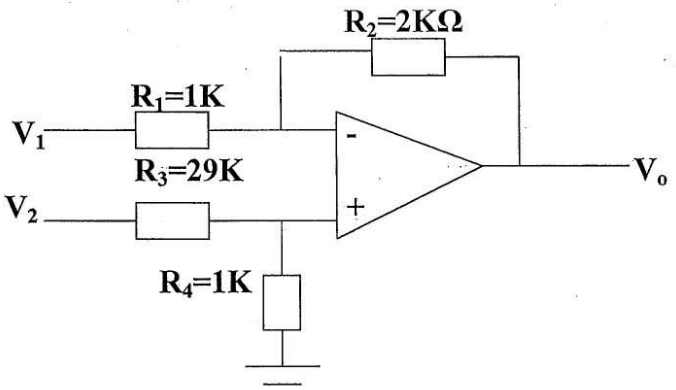
الوحدة النمطية للاسبوع الاول

دائرة الطارح ومعادلات الحساب

الاختبار القبلي

س1: ما هي دائرة الطارح؟

س2: هل يمكنك تصميم مكبر العمليات؟



الشكل (6.18) دائرة المكبر الطارح.

6.1.6 Integrator Op-Amp: المكبر المكامل:

دائرة المكبر المكامل مبينة بالشكل (6.19).

$$V_X = V_Y = 0$$

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R} \qquad I_1 = I_f$$

- ان التيار (I_f) هو معدل تغير الشحنة (Q) فيالمتسعة (C) مع الزمن (t).

$$I_f = -\frac{dQ}{dt}$$

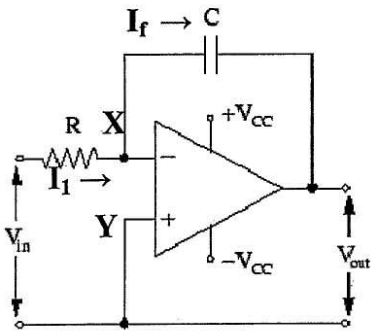
$$\therefore \frac{V_{in}}{R} = -\frac{dQ}{dt}$$

$$Q = CV_{out}$$

$$-\frac{dQ}{dt} = C\frac{dV_{out}}{dt}$$

$$\frac{V_{in}}{R} = -C\frac{dV_{out}}{dt}$$

$$\therefore \frac{I_1}{C} = -\frac{dV_{out}}{dt}$$



الشكل (6.19) دائرة المكامل.

- هذا يعني ان ميل اشارة الخرج يحدد بمقدار النسبة ($\frac{I_1}{C}$)، أو ان المعادلة اعلاه يمكن صياغتها كالاتي:

تمثل هذه المعادلة معدل تغير فولتية الخرج خلال نبضة واحدة.

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

$$\therefore V_{out} = -\frac{1}{RC}\int V_{in}\,dt$$

مثال: إذا كانت معطيات الدائرة كما يلي: (R=10KΩ وC=0.1μf و V_i موجة مربعة بسعة (5V) وتردد (1KHz))، ارسم موجة الخرج.

الحل:

$$t=\frac{1}{F}=RC\ ,\ \longrightarrow t=\frac{1}{F}=\frac{1}{1K}=1m\sec.$$

$$V_i=\begin{Bmatrix}5V\ 0<t<0.5m\sec.\\ -5V\ 0.5<t<1m\sec\end{Bmatrix}$$

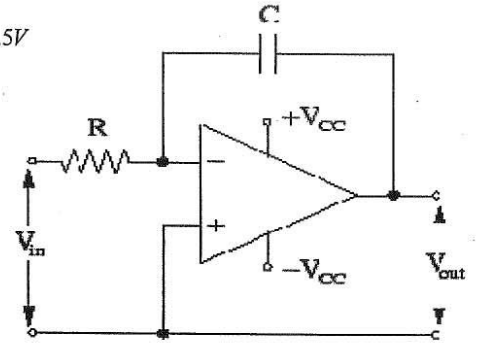
$$V_o=-\frac{1}{RC}\int V_i dt$$

$$V_o=-\frac{1}{10\times10^3\times0.1\times10^{-6}}\int_0^{0.5\times10^{-3}}5dt=-1000\int_0^{0.5\times10^{-3}}5dt=-5000\int_0^{0.5\times10^{-3}}dt=-5000\left[t\right]_0^{0.5\times10^{-3}}$$

$$=-5000\left[0.5\times10^{-3}-0\right]=-2.5V$$

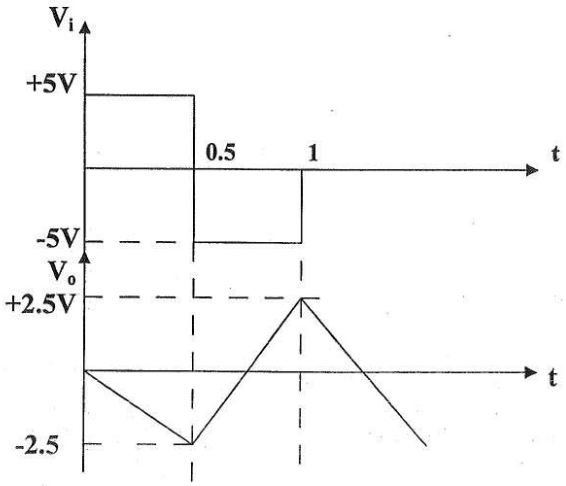
$$V_o=-\frac{1}{10\times10^3\times0.1\times10^{-6}}\int_{0.5\times10^{-3}}^{1\times10^{-3}}(-5)dt=-1000\int_{0.5\times10^{-3}}^{1\times10^{-3}}(-5)dt$$

$$\therefore V_o=5000\left[t\right]_{0.5\times10^{-3}}^{1\times10^{-3}}=+2.5V$$



الشكل (6.20) دائرة المكامل (C=0.1μF & R=10KΩ).

- موجتي الادخال والاخراج مبينة بالشكل (6.21).



الشكل (6.21) موجتي الإدخال والإخراج.

الاختبار البعدي

س1: صمم دائرة باستخدام مكبر العمليات تحقق المعادلة

$$VO = v1 - v2$$

س2: ماذا يحصل لدائرة الطارح اذا استبدلنا v2 بفولتية ثابتة مقدارها vr .

الوحدة النمطية للاسبوع الثاني والثالث

تطبيقات مكبر العمليات

الاختبار القبلي

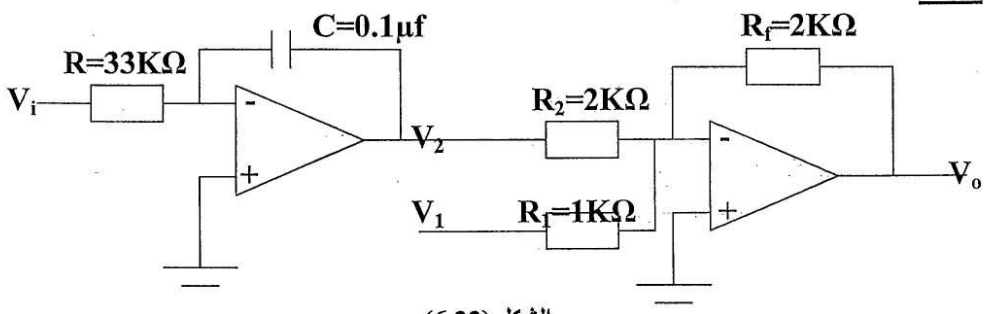
س1: كيف يمكنك باستخدام مكبر العمليات بناء دوائر للعمليات الحسابية؟

س2: ما الفرق بين الدائرة المغلقة والمفتوحة في تطبيقات مكبر العمليات؟

مثال: صمم الدائرة التي تنتج الخرج التالي؟

$$V_o = -2V_1 - 3\int V_2\,dt$$

الحل:



الشكل (6.22).

$$V_o = -\frac{1}{RC}\int V_i dt$$

$$\frac{1}{RC} = 3$$

Let $C = 10\mu f$

$$\therefore R = \frac{1}{3C} = \frac{1}{3\times10\times10^{-6}} = 33K\Omega$$

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

$$\frac{R_f}{R_1} = 2, \text{ Let } R_f = 2K\Omega$$

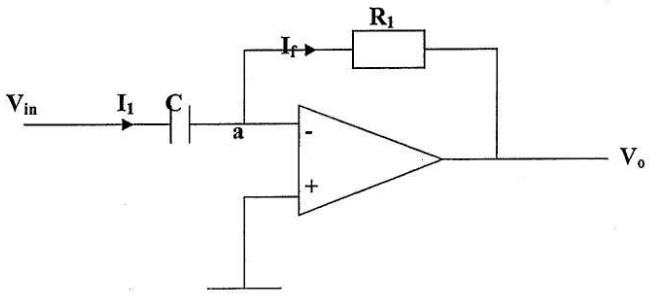
$$\therefore R_1 = \frac{R_f}{2} = \frac{2K}{2} = 1K\Omega$$

$$\frac{R_f}{R_2} = 1 \Rightarrow \therefore R_2 = \frac{R_f}{1} = \frac{2K}{1} = 2K\Omega$$

6.1.7 The Differentiator Amplifier: المكبر المفاضل:

عند تبديل مواقع ربط كل من المتسعة والمقاومة في دائرة المكامل للشكل (6.19) ستنتج دائرة اخرى تؤدي وظيفة رياضية اخرى، الا وهي دائرة المفاضل المبينة بالشكل (6.23). والتفاضل تماماً عكس التكامل.

يمثل الشكل (6.23) دائرة المكبر المفاضل.



الشكل (6.23).

$I_1 = I_f$

بما ان الفولتية عند النقطة (a) تساوي صفر يكون التيار (I_f):

$$I_f = -\frac{V_o}{R_1}$$

ولكن

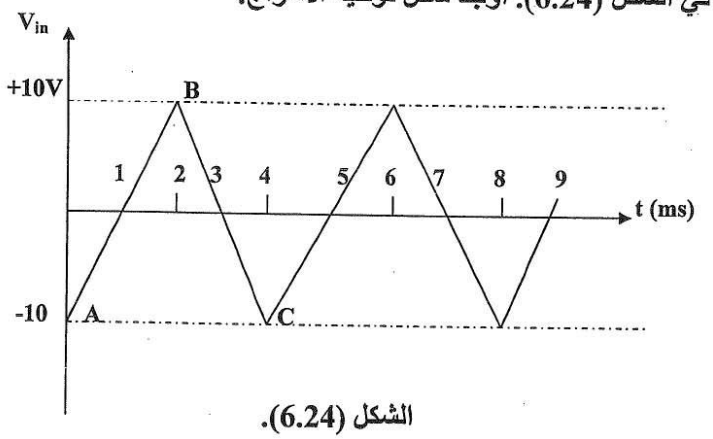
$$I_1 = C\frac{dV_{in}}{dt}$$

$$\therefore -\frac{V_o}{R_1} = C\frac{dV_{in}}{dt}$$

$$\therefore V_o = -RC\frac{dV_{in}}{dt}$$

توضح المعادلة اعلاه ان خرج الدائرة يكون المشتقة لأشارة الأدخال لذلك تدعى هذه الدائرة بالمفاضل. وان خرج مضخم العمليات يتناسب مع مشتقة فولتية الدخل، حيث تزداد قيمة فولتية الخرج كلما تغير معدل اشارة الدخل بشكل اسرع.

مثال: لدائرة المفاضل اذا كانت قيمة ($R_1=10K\Omega$ & $C=0.001\mu F$) و كانت موجة الادخال كما مبينة في الشكل (6.24). أوجد شكل فولتية الأخراج.



الشكل (6.24).

الحل:

ثابت زمن الدائرة ($RC=10\times10^3\times0.001\times10^{-6}=10^{-5}$).

a) A→ B

يكون التغير في فولتية الادخال هو قيمة الميل ($\frac{dV_{in}}{dt}$).

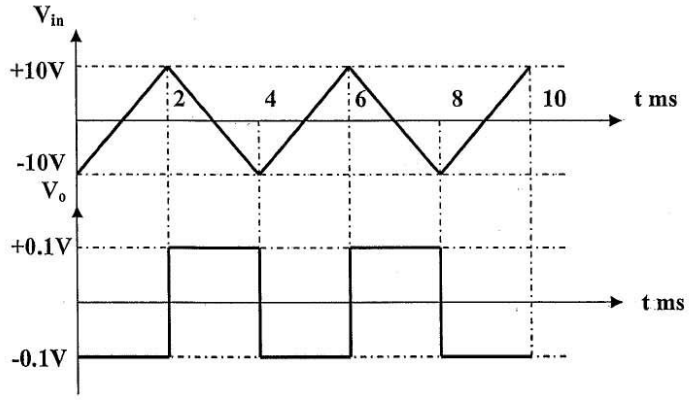
$$\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{+10-(-10)}{2\times10^{-3}-0} = \frac{20}{2\times10^{-3}} = 10^4\ V/S$$

$$V_o = -RC\frac{dV_{in}}{dt} = -10^{-5}\times10^4 = -0.1V$$

b) B→ C

$$\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{-10-(+10)}{(4-2)\times10^{-3}} = \frac{-20}{2\times10^{-3}} = -10^4\ V/S$$

$$V_o = -RC\frac{dV_{in}}{dt} = -10^{-5} \times -10^{4} = +0.1V$$



الشكل (6.25).

مثال: أوجد شكل فولتية الأخراج لدائرة المفاضل اذا كانت موجة الادخال مربعة كما في الشكل (6.26).

الحل:

ان ميل أي خط عمودي يكون مالانهاية. بسبب عدم وجود تغير بالزمن. ولكن تتغير قيمة فولتية الدخل بين ($\pm 5V$) في الاتجاه الموجب والسالب. مما تصبح فولتية الدخل بمقدار **20V** وهذه الفولتية تجبر مضخم العمليات على التتبع بالاتجاهين السالب والموجب ($\pm V_{sat}$). ويتبع ذلك ظهور نبضات رفيعة جداً في دائرة الخرج وحسب ما هو موضح في الشكل (6.26).

$$a]t_1 = 0 \rightarrow 1ms$$

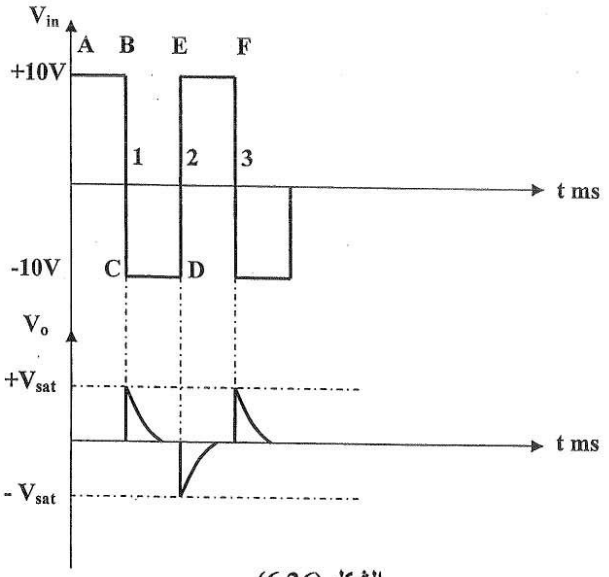
$$\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{V_B - V_A}{(1-0)ms} = \frac{10-10}{1ms} = 0$$

$$\therefore V_o = -RC\frac{dV_{in}}{dt} = -RC \times (0) = 0V$$

$$b]t_2 = 1ms \Rightarrow \therefore dt = 0$$

$$\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{V_C - V_B}{0} = \frac{-10-(+10)}{0} = -\infty$$

$$\therefore V_o = -RC\frac{dV_{in}}{dt} = -RC(-\infty) = +\infty$$

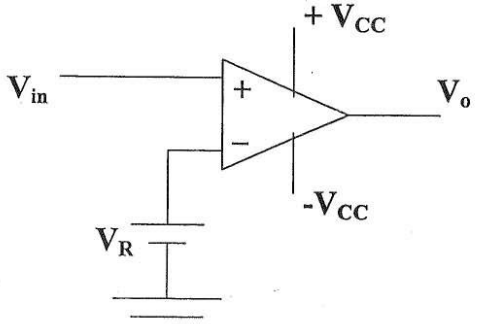


الشكل (6.26).

6.1.8. Comparator Amplifier: المكبر المقارن:

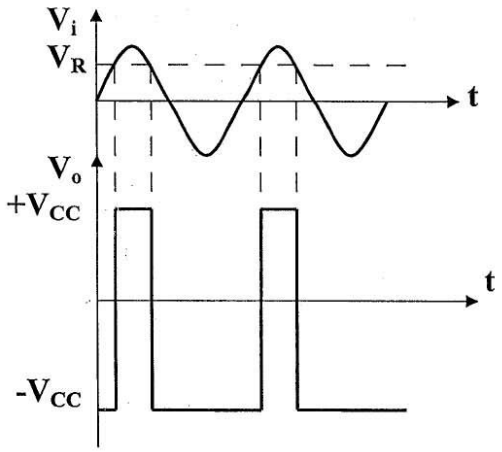
المقارن دائرة الكترونية وظيفتها المقارنة بين اشارتين، احدهما ثابتة عادةً وتدعى الاشارة المرجعية (VR) أما الثانية فتتغير مع الزمن وغالباً تكون اشارة تناظرية (V_{in}) والشكل(6.27) يمثل نموذج لدائرة المكبر المقارن.

1. If $V_i > V_R \Rightarrow V_o = +V_{CC}$
2. If $V_i < V_R \Rightarrow V_o = -V_{CC}$
3. If $V_i = V_R \Rightarrow V_o = zero$



الشكل (6.27) دائرة المكبر المقارن.

- موجتي الادخال والاخراج مبينة بالشكل (6.28).



الشكل (6.28) موجتي الادخال والاخراج لدائرة المقارن.

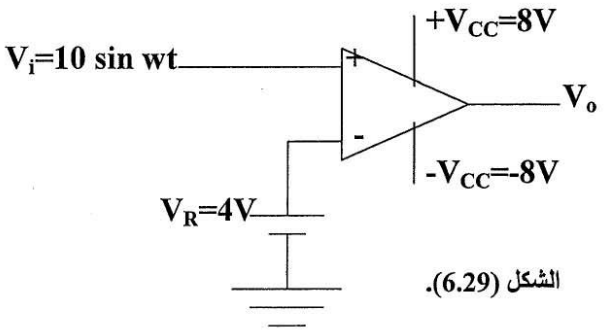
مثال: لدائرة المكبر المقارن، أوجد ما يلي:

1. ارسم الدائرة؟
2. ارسم الموجة الخارجة؟

اذا علمت ان (V_i=10 sin wt V_R=4V, V_{CC}=8V, and f=1KHz).

الحل:

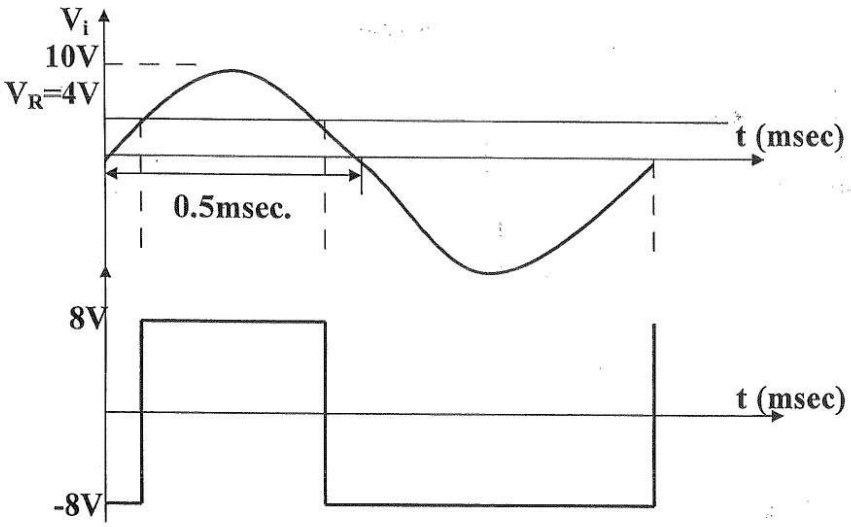
1. الدائرة مبينة بالشكل (6.29).



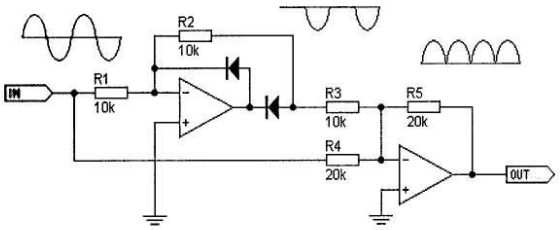
الشكل (6.29).

2. $f=\frac{1}{T}\Rightarrow\therefore T=\frac{1}{f}=\frac{1}{1K}=1m\sec.$

• موجة الإخراج مبينة بالشكل (6.30).



الشكل (6.30).


R2
10k
IN
R1
10k
R3
10k
R5
20k
R4
20k
OUT

الاختبار البعدي

س1: كيف يمكن تحويل دائرة المكامل الى دائرة مكامل عملي؟

س2: بين خرج دائرة لدائرة المكبر المكامل عندما تكون اشارة الدخل مربعة $vm = 2v$.

الوحدة النمطية للاسبوع الرابع

المقارن

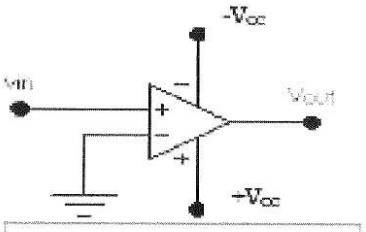
الاختبار القبلي

س1 : ماذا يحصل لدائرة الطارح عندما تكون . v1 = -1 , v2= 2

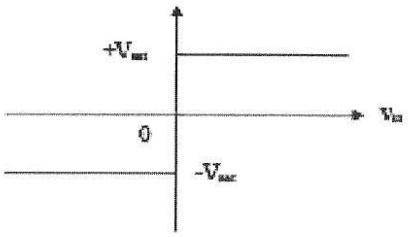
س2 : كيف تحدث عملية المقارنة في دوائر المنطق؟

المقارن(comparator)

الهدف من المقارن هو مقارنة جهدين عند المدخلين وإنتاج إشارة تدل على أي الجهدين أكبر.
في هذا التطبيق مكبر العمليات يستعمل في حالة دائرة مفتوحة. في الدخل الأول إشارة جهد وفي الدخل الثاني إشارة جهد مرجعية.
مقارن بسيط. خرج مقارن الشكل2-18 موضح في الشكل2-19

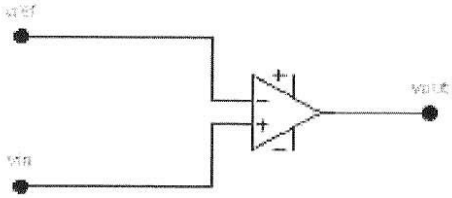


الشكل2-18: مكبر عمليات مقارن



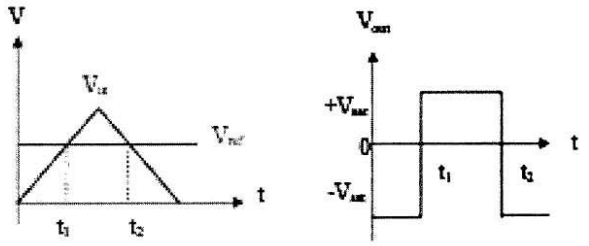
الشكل2-19: الخرج بدلالة الدخل

لاحظ أن مقاومة التغذية الخلفية لا تستخدم في هذه الدائرة.
الاستخدام الأساسي لدائرة مفتوحة باستخدام مكبر عمليات هي مقارنة جهدي الدخل. بدون استخدا التغذية الخلفية يقوم المكبر بمقارنة جهد الدخل المطابق بجهد الدخل العاكس ويجد الفرق بينهما ويقو بتكبيره بنسبة كسب الدائرة المفتوحة للمكبر. الخرج الناتج هو خرج التكبير إذا لم يصل لجهد الإشباع فإذا وصل جهد الإشباع يصبح جهد الإشباع هو الخرج. أحد التطبيقات التي تستخدم هذ الحقيقة هو كاشف جهد الموضح بالشكل2-20 . نستخدم لهذا التطبيق جهداً ثابتاً نسميه جهد المرجع V_{REF}.



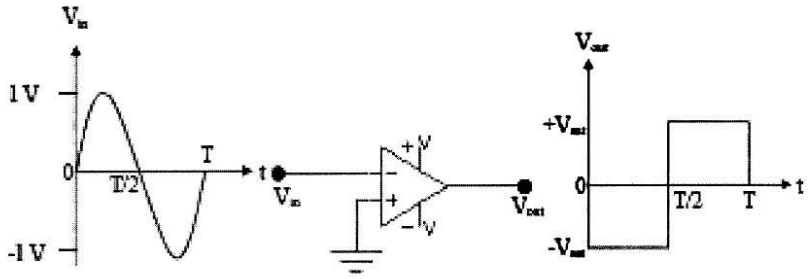
الشكل2-20: دائرة مكبر مقارن مع جهد

عندما يكون جهد الدخل أقل من جهد المرجع يكون الجهد الفرقي سالباً وتكون إشارة الخرج هي جهد الإشباع السالب. عندما تكون إشارة الدخل أكبر من جهد المرجع يكون الجهد الفرقي موجبا وتكون إشارة الخرج هي جهد الإشباع الموجب. الشكل2-21 يوضح إشارة الدخل والخرج لهذه الدائرة.

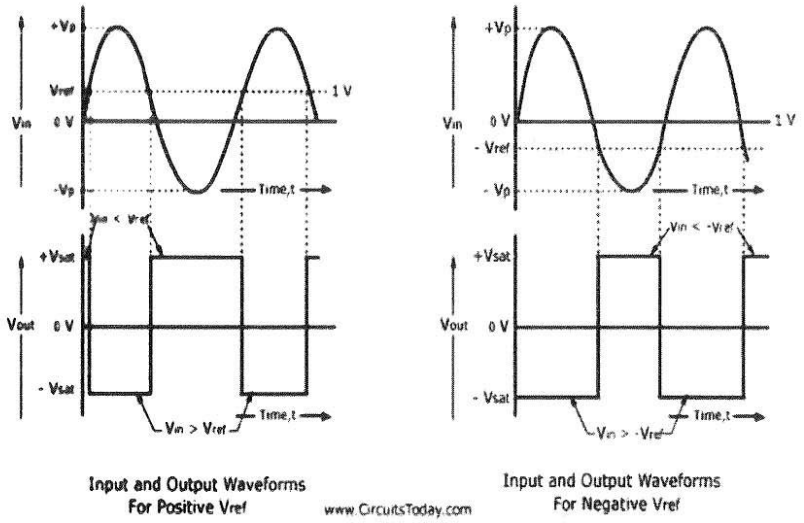


الشكل2-21: مكبر مقارن مع جهد مرجعي

نحصل على نفس النتيجة عند استخدام دخل جيبي للدائرة مما يدل على إمكانية استخدام الدائرة كمولد إشارات مربعة (الشكل2-22) وذلك من إشارة جيبية.



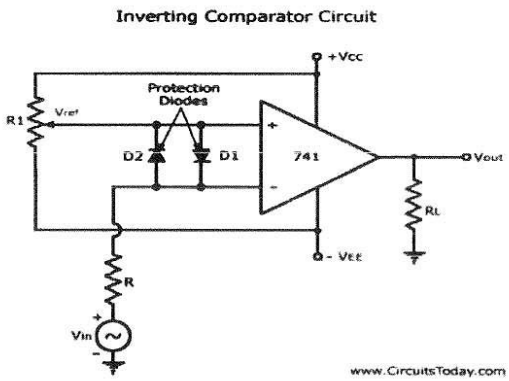
الشكل2-22: جهد الدخل إشارة جيبية وجهد الخرج إشارة مربعة



741 IC Op-Amp Inverting Comparator Waveform

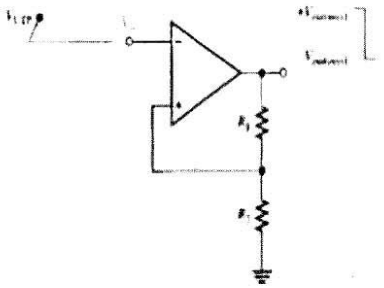
مخططات شكل موجة خرج المقارن اذا تم ربط جهد مرجع على احد الطرفين بدل الربط الى الأرضي

كما في الدائرة المجاورة

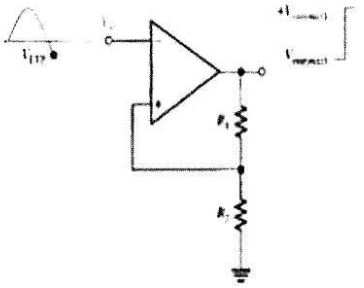


The basic operation of the comparator with hysteresis is illustrated in Figure 13-8. Assume that the output voltage is at its positive maximum, $+V_{out(max)}$. The voltage fed back to the noninverting input is V_{UTP} and is expressed as

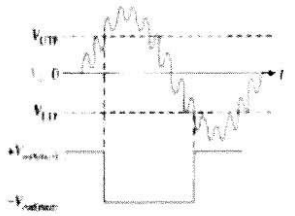
Equation 13-1 $$V_{UTP} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(+V_{out(max)})$$



(a) When the output is at the maximum positive voltage and the input exceeds UTP, the output switches to the maximum negative voltage.



(b) When the output is at the maximum negative voltage and the input goes below LTP, the output switches back to the maximum positive voltage.



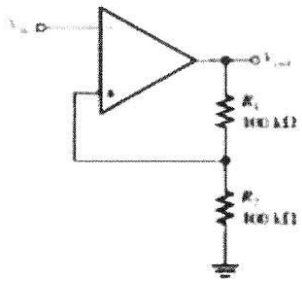
(c) Device triggers only once when UTP or LTP is reached; thus, there is immunity to noise that is riding on the input signal.

FIGURE 13-8

Operation of a comparator with hysteresis.

Determine the upper and lower trigger points for the comparator circuit in Figure 13–9. Assume that $+V_{out(max)} = +5\text{ V}$ and $-V_{out(max)} = -5\text{ V}$.

FIGURE 13–9



$$V_{UTP} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(+V_{out(max)}) = 0.5(5\text{ V}) = +2.5\text{ V}$$

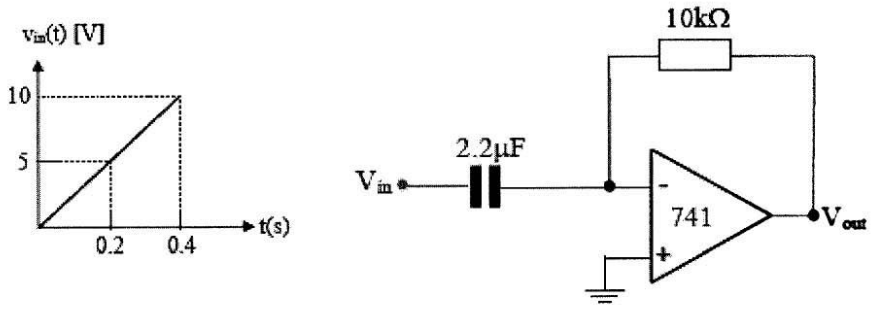
$$V_{LTP} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(-V_{out(max)}) = 0.5(-5\text{ V}) = -2.5\text{ V}$$

Determine the upper and lower trigger points in Figure 13–9 for $R_1 = 68\text{ k}\Omega$ and $R_2 = 82\text{ k}\Omega$. Also assume the maximum output voltage levels are now ±7 V.

مثال يوضح كيفية حساب نقطة القدح العليا والسفلى

مثال .

للدائرة بالشكل2-30 أوجد جهد الخرج إذا كان الدخل يتغير خطيا من 0 V إلى 10 V خلال 0.4 s



الشكل2-30: تغير خطي لإشارة الدخل

الحل:

إذا فرضنا أن الدخل يتغير بمعدل ثابت . نجد أن :

$$V_{out} = -RC\frac{dV_{out}}{dt} = -(10k\Omega)(2.2\mu F)\times\frac{10V-0V}{0.4s} = -0.55V$$

إشارة الخرج تكون ثابتة.

الاختبار البعدي

س1: اوجد موجة الخرج لدائرة المقارن اذا علمت ان موجة الدخل موجة جيبية تساوي V= 10 sinwt .

س2: ماهي مساوئ استخدام دائرة المكبر المقارن؟ مبينا ذلك على موجة الخرج لموجة دخل انت تختارها.

الوحدة النمطية للاسبوع الخامس

تطبيقات لا خطية

الاختبار القبلي

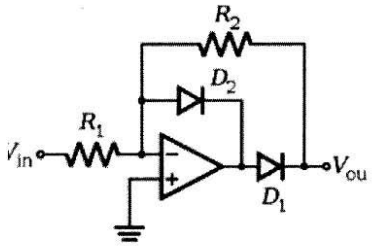
س1: ماهي فكرتك عن التطبيقات غير الخطية لمكبر العمليات ، ولماذا سميت بهذا الاسم؟

س2: صنف انواع موحدات الاشارة ، مع ذكر مثال لكل منها.

تطبيقات لاخطية لمكبر العمليات

معدلات الموجة

معدل نصف الموجة المثالي

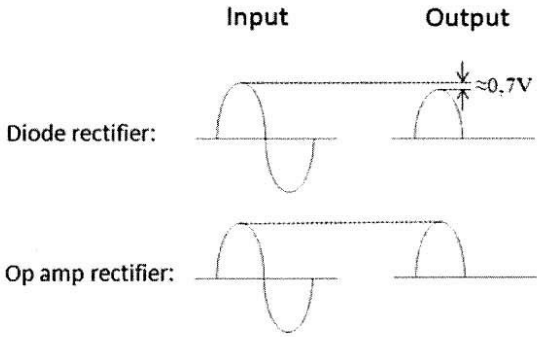


لاحظنا في معدلات الموجة التي تستخدم الدايودات عند تعديل الإشارات الصغيرة لانة لايبدأ التوصيل حتى تصل إشارة الدخل الى جهد الحاجز للدايود (0.7 v) وفي بعض التطبيقات نحتاج الى تعديل إشارات تكون قيمتها قليلة لايستطيع الدايود تعديلها ولذلك نستخدم معدل الموجة الدقيق للاستفادة من التكبير العالي لمكبر العمليات .

المعدل في الصورة يعدل الموجات السالبة ويقلبها الى موجبة لأننا ربطنا الدخل الى الطرف القالب للمكبر. عندما تاتي الموجة الموجبة فان الدايود (D1) ينحاز امامیا وتغلق حلقة التغذية العكسية ونحصل في الخرج على موجة موجبة .

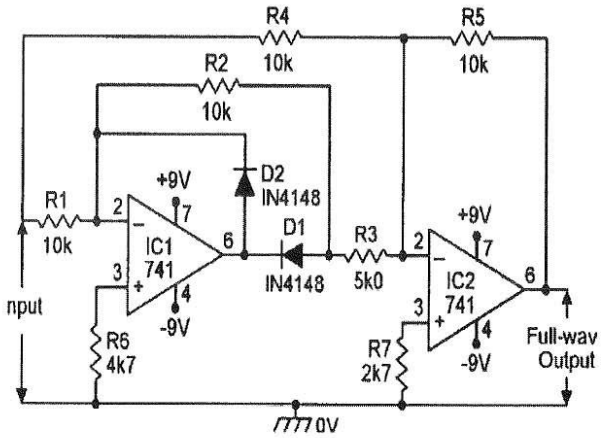
ولايعمل المعدل خلال موجة الدخل الموجبة لان الدايود ينحاز عكسيا.

يمكن تغيير اتجاه الدايود ليعدل الموجات السالبة في الخرج .



معدل الموجة الكاملة الدقيق (precision fullwave rectifier)

عند النصف الموجب لموجة الدخل فان المكبر الأول يقلبها الى سالبة وينحاز الدايود الأول اماميا .



عند النقطة رقم(٢) تصل اشارتان احدهما سالبة والأخرى موجبة عن طريق المقاومة (R4) .

نلاحظ ان قيمة المقاومة(R4) هي ضعف المقاومة (R3)

وعلية فان قيمة الموجة السالبة ضعف قيمة الموجة الموجبة حاصل الجمع يكون موجة سالبة على المدخل القالب للمكبر الثاني يقلبها الى موجة موجبة في الخرج .

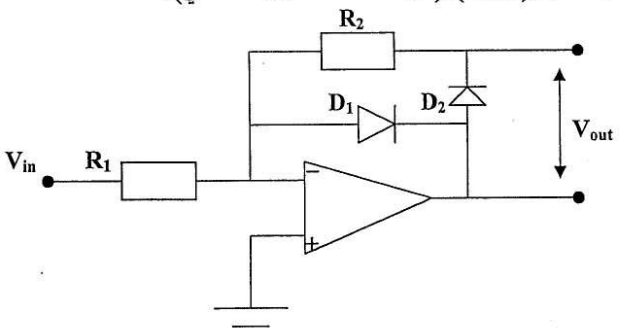
وعند النصف السالب لاشارة الدخل فان الدايود ينحاز عكسيا ويمنع مرورها حيث تمر فقط عن طريق المقاومة (R4) يقوم المكبر الثاني بقلبها الى موجبة .

وبذلك نحصل على موجات موجبة في الخرج .

6.1.9 The Non- Linear Application of Op- Amp:

6.1.9.1 The Ideal Rectifier: الموحد المثالي:

ان ثنائيات التوحيد (التعديل) الاعتيادية لا تصلح لتعديل الاشارات ذات الفولتيات المنخفضة، لأن هذه الثنائيات تحتاج الى قيمة معينة من فولتية الدخل لكي تنحاز امامياً.
فالثنائيات المصنعة من السليكون تحتاج الى (0.7V) ومثيلاتها من الجرمانيوم تتطلب (0.3V) قبل أن يحدث التوصيل فيها (فولتية القطع أو العتبة). لهذا السبب لا تستطيع الاشارات الصغيرة (ملي فولت مثلاً) في اجتياز هذا المنسوب أو التغلب عليه لأحداث فعل التوصيل في الثنائي.
ولأجل تقليل فولتيات القطع وتمكين الثنائي في تقويم الاشارات الصغيرة يستخدم معه مكبر العمليات وكما واضح بالشكل (6.31) (موحد نصف موجة مثالي).



الشكل (6.31) موحد نصف موجة مثالي.

فأذا كانت (V_{in}) موجة جيبية (الشكل (6.32)):

- في الجزء الموجبة من الموجة الجيبية يكون (D_1 & D_2) في حالة توصيل (ON) لذا فان:

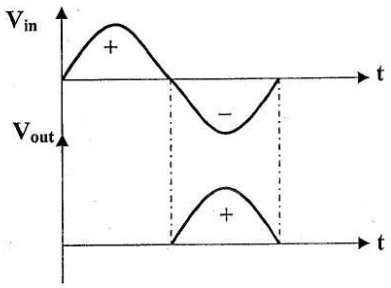
$$V_{out} = zero$$

- في الجزء السالب للموجة يكون (D_1 & D_2) في حالة قطع (OFF) أي دائرة مفتوحة فتكون الدائرة مكبر قالب لذا فان:

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in}$$

وفي حالة (R_1=R_2) تظهر نفس الاشارة وبقطبية معكوسة:

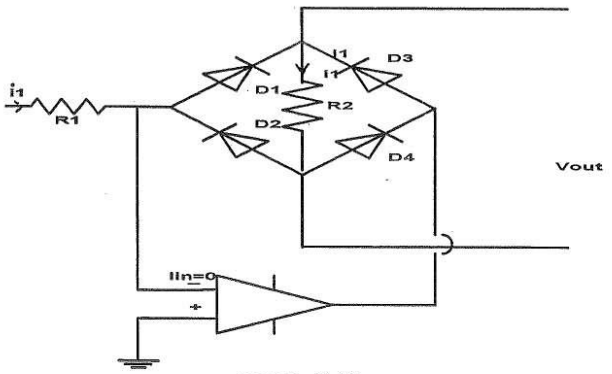
$$\therefore V_{out} = V_{in}$$



الشكل (6.32).

6.1.9.2 The Ideal Full-wave Rectifier: موحد الموجة الكاملة المثالي:

يبين الشكل (6.33) دائرة الموحد القنطري المثالي.



الشكل (6.33).

يكون التيار الداخل للدائرة (i_1) المار في المقاومة (R_1):

$$i_1 = \frac{Vin}{R_1} \text{.....(1)}$$

في النصف الموجب لموجة الادخال يسري هذا التيار خلال ($D_1 \leftarrow R_2 \leftarrow D_4$ خرج مكبر العمليات).

في النصف السالب لموجة الادخال ينعكس اتجاه (i_1) ويسري خلال ($D_3 \leftarrow R_2 \leftarrow D_2$).

تكون فولتية الخرج:

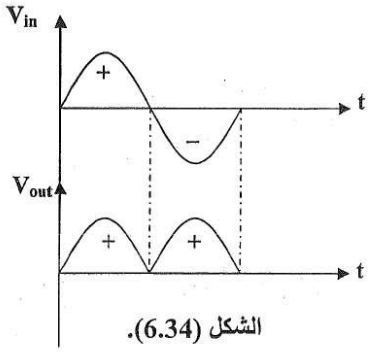
$$V_{out} = R_2 i_1 \text{.....(2)}$$

بتعويض المعادلة (1) في (2).

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1}|V_{in}|$$

عند تساوي R_1 , R_2 تكون

$$V_{out} = |V_{in}|$$



الشكل (6.34).

الاختبار البعدي :

س1: لدائرة موحد موجة مثالي احسب فولتية الاخراج ، اذا علمت ان فولتية الادخال تساوي Vn = 25 sin1000t , و R2= 4KΩ و R1.

س2 : بين الفرق على قيمة موجة الخرج اذا علمت ان موجة الدخل تساوي Vi = 10sin100t

عند استخدام دائرة معدل نصف الموجة المثالي . ودائرة معدل الموجة الكاملة المثالي .

الوحدة النمطية للاسبوع السادس

قادح شمت

الاختبار القبلي :

س1 ماذا يحصل برايك اذا اضيفت مقامة ما الى التغذية الخلفية الموجة لدائرة المقارن ؟

س2 : هل تقوم دائرة المكبر القادح بتغير شكل اشارة الخرج بين ذلك وما هو السبب ؟

مثال: لدائرة موحد موجة مثالي، احسب فولتية الاخراج لفولتية ادخال($V_{in}=25\sin 1000t$) و $R_1=1K\Omega$ و $R_2=2k\Omega$.

الحل:

$$i_1=\frac{V_{in}}{R_1}$$

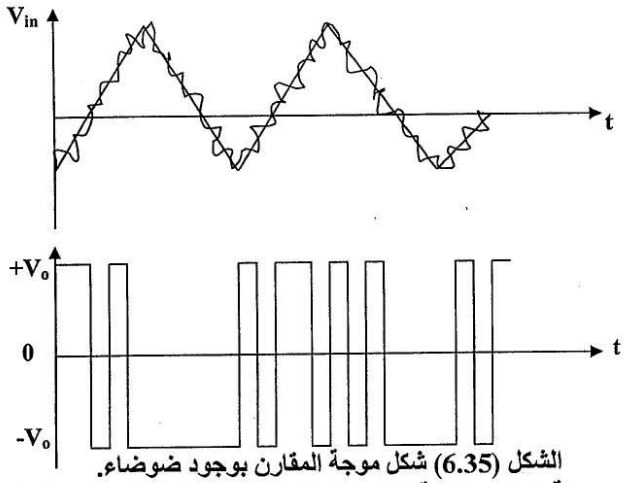
$$V_{in_{r.m.s}}=\frac{V_m}{\sqrt{2}}=\frac{25}{\sqrt{2}}=17.677V$$

$$\therefore i_1=17.677mA$$

$$V_{out}=i_1R_2=17.677\times10^{-3}\times2\times10^{3}=35.355V$$

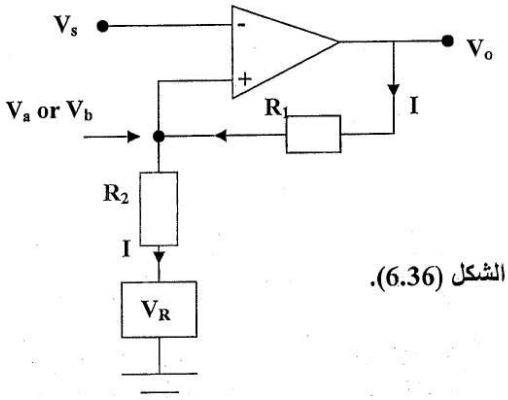
6.1.9.3 The Schmitt Trigger: قادح شميت:

اذا كان هناك ضوضاء أو أية اشارة مشوشة على اشارة الدخل للمقارن، يمكن ان يحدث تحول كاذب كما مبين في الشكل (6.35) حيث يحدث تغير في خرج المقارن في غير أوانه وبعيداً عن القيمة الفعلية للاشارة.



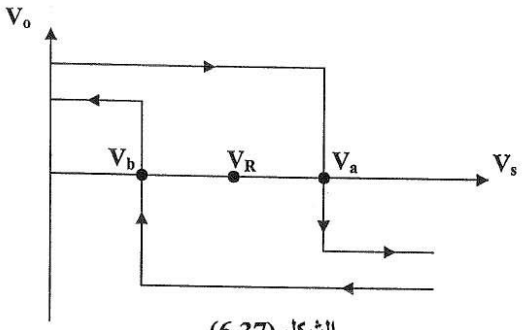
الشكل (6.35) شكل موجة المقارن بوجود ضوضاء.

دائرة شميت دائرة مصممة لمنع مشكلة التحويل الكاذب هذه. الغرض من المقداح تجهيز الخرج (V_o) بفولتية عظمى عندما تصل اشارة الدخل (V_s) الى مقدار معين سبق تحديده بواسطة المقاومتين (R_1 & R_2) والفولتية المرجعية (V_R).



الشكل (6.36).

اذا كانت فولتية الدخل أكبر بقليل من الفولتية المرجعية ($V_s>V_R$) فان المكبر يتشبع نحو الفولتية السالبة ($-V_{CC}$). في حين يتشبع المكبر باتجاه الجهد الموجب اذا اصبحت فولتية الدخل اقل بقليل من الفولتية المرجعية ($V_s<V_R$) لذلك يسيطر على عمل المقداح جهد قدح علوي (V_a) وجهد قدح سفلي (V_b) وحسب المنحني في الشكل (6.37).



الشكل (6.37).

- قيمة فولتية القدح التي تحقق الاقلاب في خرج المقداح :

$$V_a = IR_2 + V_R \quad \& \quad V_b = IR_2 + V_R$$

$$I = \frac{V_o - V_R}{R_1 + R_2}$$

$$\therefore V_a = (\frac{+V_o - V_r}{R_1 + R_2})R_2 + V_R$$

$$V_b = (\frac{-V_o - V_R}{R_1 + R_2})R_2 + V_R$$

- تتأرجح قيمة (V_o) بين ($-V_{CC}$ & $+V_{CC}$).

مثال: دائرة مقداح شميت فيها($V_{CC}=\pm 12V$, $V_R=1.5V$, $R_2=150\Omega$, $R_1=15K\Omega$). احسب قيمة فولتيتي القدح العلوي والسفلي.

الحل:

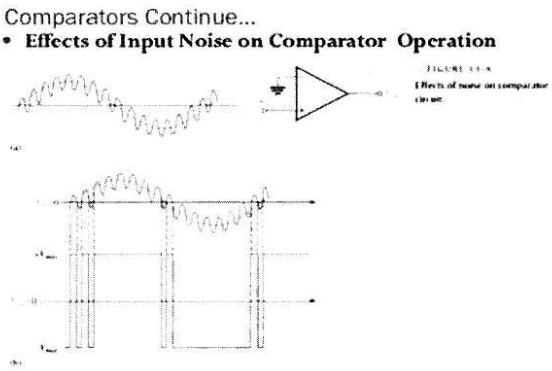
$$V_a = (\frac{+V_o - V_r}{R_1 + R_2})R_2 + V_R = (\frac{+12 - 1.5}{15\times10^3 + 150})\times 150 + 1.5 = +1.6V$$

أي ان فولتية الدخل (V_s) لو أصبحت أكثر من (1.6V) بقليل فأن المكبر يسير نحو التشبع السالب ($-V_{CC}$).

$$V_b = (\frac{-V_o - V_R}{R_1 + R_2})R_2 + V_R = (\frac{-12 - 1.5}{15\times10^3 + 150})\times 150 + 1.5 = 1.36V$$

ولكن عندما تقل فولتية الدخل عن (1.36V) فأن اشارة الخرج تنقلب نحو التشبع الموجب ($+V_{CC}$).

قادح شمت (schmitt trigger)

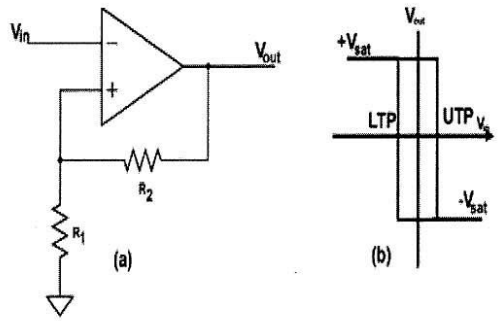


بسبب التكبير العالي للمكبر بربط الدارة المفتوحة أي من دون تغذية عكسية في دائرة المقارن فان أي إشارة ضوضاء ممكن ان تحول خرج المكبر من حالة الى أخرى كما موضح في الرسم . تسمى هذه الظاهرة بالتحول الكاذب .

ولغرض التخلص من هذه الظاهرة يتم ربط تغذية عكسية الى الطرف غير القالب للمقارن ليتحول الى دائرة أخرى تسمى دائرة قادح شمت نسبة الى مصممها.

$$UTP = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} \quad \text{----------Eq.1}$$

$$LTP = \frac{-R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} \quad \text{----------Eq.2}$$

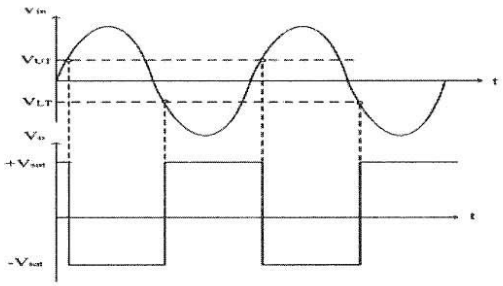


تتكون لدينا منطقة حماية نسميها الهسترة تكون حدودها من منطقتي قدح نسميهما (نقطة قدح عليا).(upper trigger point) ونقطة قدح سفلى Lower trigger) point)

تحسب حسب المعادلات اعلاة

جهد الهسترة يرمز لة (V_H)

$$V_H = UTP - LTP$$



عندما تكون فولتية الدخل موجة جيبية كما في المخطط المجاور تكون فولتية الخرج موجة مربعة لكن خرج المكبر لايتغير حتى يصل جهد الدخل الى قيمة نقطتي القدح العليا او الدنيا .

الاختبار البعدي

س1: لدائرة قادح شمت المعطيات التالية :

(Vcc = + 12 , VR = 1.5 v , R2 = 180 Ω , R 1 = 10 K Ω) واحسب قيمة فولتية القدح العلوي والسفلي .

س2: ما هي استخدامات دائرة مكبر قادح شمت ؟

الوحدة النمطية للاسبوع السابع

مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات

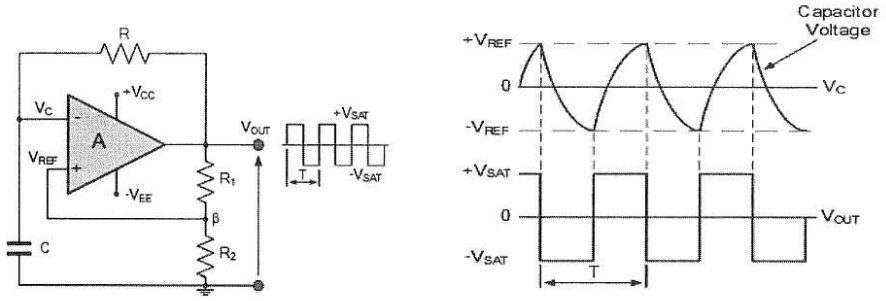
الاختبار القبلي

س1: ماذا تعرف عن دوائر مذبذبات وهل يمكن الاستفادة منها في محاضرتنا لهذا الاسبوع.

س2: ماذا تعرف عن التغذية الخلفية ومدى تعلقها بتوليد الاشارة.


مولدات الموجات
باستخدام مكبر العمليات

مولد الموجة المربعة (Astable multivibrator)



دائرة المهتز وشكل موجات الخرج

لدينا مكبر عمليات مع دائرتي تغذية عكسية احدهما موجبة من خلال (R1& R2) والثانية سالبة من خلال (R&C). قيمة التغذية العكسية الموجبة يمكن حسابها كالتالي

$$\beta=\frac{R2}{R1+R2}$$

بحيث يكون جهد المدخل غير القالب (β Vo) اذا كان جهد الخرج موجب فانه يكون موجب واذا كان جهد الخرج سالب فانه يكون سالب .

جهد المدخل القالب يعتمد على شحن وتفريغ المتسعة .

هنا لاتوجد لدينا فولتية دخل ولكن يعتمد عمل المهتز عند بداية نشوء الذبذبة على جهد الضوضاء (Noise) .

عندما نحصل على إشارة ضوضاء صغيرة على دخل المكبر غير القالب وبسبب التكبير العالي للمكبر فان الخرج يكون عند الاشباع (Vo=Vsat)

جهد الطرف غير القالب (v^+=β Vo) .

الطرف القالب يعتمد على المتسعة التي تبدأ بالشحن عن طريق المقاومة وفي اللحظة التي يصبح فيها جهد المتسعة (جهد الطرف القالب) مساويا لجهد (β Vo=β Vsat) فان خرج المكبر سوف ينقلب الى السالب ويتغير جهد الطرف الغير القالب ليصبح (V^+= - β Vo) . وتبدأ المتسعة

بالتفريغ عبر المقاومة حتى يصل جهد المتسعة الى($V_c = -\beta V_o$) ينقلب خرج المكبر مرة ثانية ويتغير جهد الطرف القالب وتبدا المتسعة بالشحن ثانية .تكرار هذه العملية يولد موجات خرج مربعة .

جهد المتسعة وموجات الخرج كما في المخطط أعلاه .

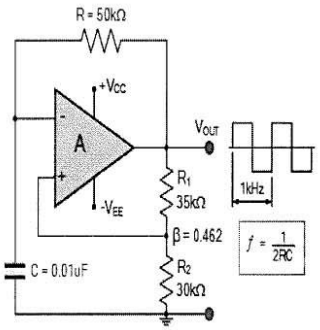
زمن الموجة والتردد يعتمد على زمن شحن وتفريغ المتسعة .يمكن زيادة سرعة الدائرة عن طريق تحديد فولتية الخرج وذلك بربط زنر دايود يحدد الخرج .

$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$T = 2RC\ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right) \qquad \therefore f = \frac{1}{T}$$

يحسب الزمن من خلال هذه المعادلة رقم(2) في بداية المعادلة لان الشحن والتفريغ عبر(R &C)

مثال . احسب قيمة التردد للدائرة ادناة .



عندما تكون قيمة (β=0.462) يمكن حساب التردد كما في المعادلة اعلاة .

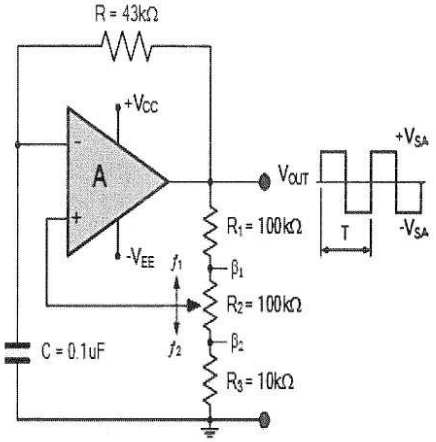
$$\beta = \frac{R2}{R1+R2} = \frac{30k\Omega}{35k\Omega + 30k\Omega} = 0.462$$

$$T = 2RC\ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right) = 2RC\ln\left(\frac{1+0.462}{1-0.462}\right)$$

$$T = 2\times(50k\Omega \times 0.01uF)\times\ln(2.717)$$

$$\therefore T = 0.001\times 1 = 0.001Sec \quad or \quad 1mS$$

$$\therefore \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.001} = 1{,}000Hz \quad or \quad 1kHz$$



$$\beta_1 = \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{100k\Omega + 10k\Omega}{100k\Omega + 100k\Omega + 10k\Omega} = 0.524$$

$$T_1 = 2RC\ln\left(\frac{1+0.524}{1-0.524}\right)$$

$$T_1 = 2(43k\Omega \times 0.1uF)\ln(3.2)$$

$$T_1 = 0.01Sec \quad \therefore f_1 = \frac{1}{T_1} = 100Hz$$

meter wiper at β2

$$\beta_2 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{10k\Omega}{100k\Omega + 100k\Omega + 10k\Omega} = 0.0476$$

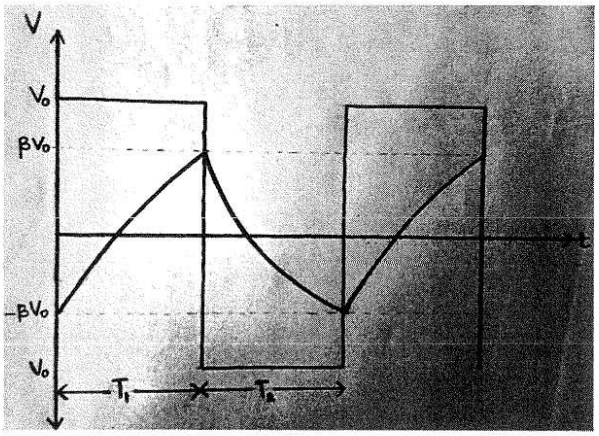
$$T_2 = 2RC\ln\left(\frac{1+0.0476}{1-0.0476}\right)$$

$$T_2 = 2(43k\Omega \times 0.1uF)\ln(1.1)$$

$$T_2 = 0.82Sec \quad \therefore f_2 = \frac{1}{T_2} = 1220Hz \text{ or } 1.2kHz$$

يمكن تصميم دائرة مهتز غير مستقر يمكن ضبطة للحصول على ترددات مختلفة كما تبين المعادلات الملحقة .

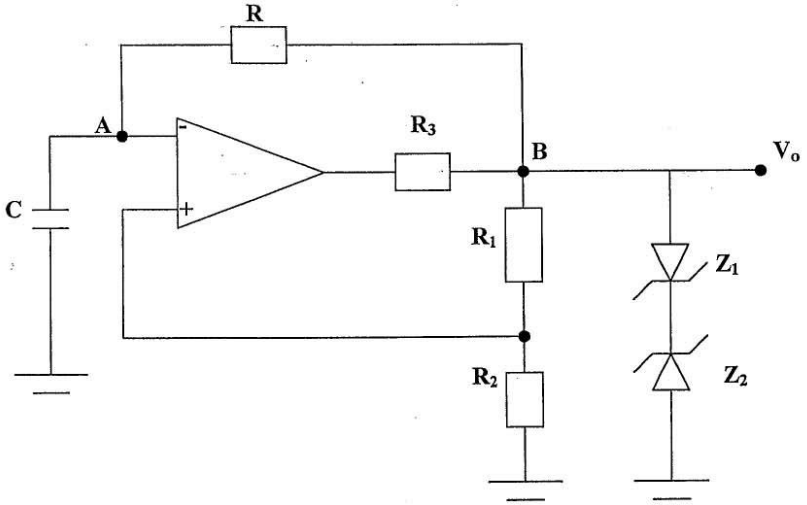
تستخدم هذه المهتزات لتوليد موجات تصل ترددتها لغاية ($10K_{HZ}$) التحديد يأتي من سرعة انتقال المكبر المحدودة .



6.1.10 Wave Generator: مولد الموجة:

6.1.10.1 Square- Wave Generator: مولد الموجة المربعة:

دائرة مولد الموجة المربعة مبينة بالشكل (6.38).



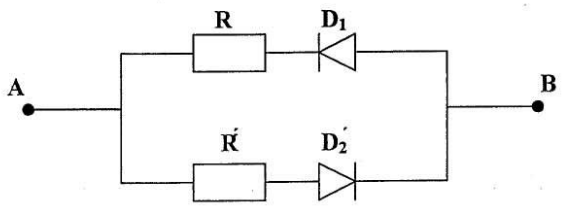
الشكل (6.38).

- $\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
- $T = 2RC\ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$ (الزمن للموجة المولدة)

$T_1 = T_2 = \frac{T}{2}$

$f = \frac{1}{T}$ (تردد الموجة المولدة)

عندما تكون الحاجة الى ان يكون ($T_1 \neq T_2$) نقوم بتغيير طريق شحن المتسعة وكما موضح في الشكل (6.39):



الشكل (6.39).

$T_1 = R.C\ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$

$T_2 = R'.C\ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$

$T = T_1 + T_2$ & $f = \frac{1}{T}$

- مولدة الموجة هذا مفيدة بصورة خاصة في مدى الترددات من (10Hz) الى (10KHz).
- عندما يراد الحصول على موجة مربعة غير متناظرة (أي قيمة الجزء الموجب لها يساوي الجزء السالب) نأخذ في هذه الحالة.

$V_{Z1} \neq V_{Z2}$

مثال: صمم دائرة لتوليد موجة مربعة ترددها (1KHz) وزمن الجزء الموجب يساوي (0.2ms) وقيمة الجزء الموجب والسالب (0.7V) (اختار قيمة β=0.5).

الحل:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1\times10^3} = 1ms$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$T_1 = 0.2ms$$

$$T_2 = 1 - 0.2 = 0.8ms$$

$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 0.5 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

نفرض قيمة: R_2=10KΩ

$$0.5 = \frac{10\times10^3}{R_1 + 10\times10^3} \Rightarrow \therefore R_1 = 10K\Omega$$

نفرض قيمة: C=0.1μF

$$T_1 = R.C\ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$$

$$0.2\times10^{-3} = R\times0.1\times10^{-6}\ln\frac{1+0.5}{1-0.5} \Rightarrow \therefore R = 1.82K\Omega$$

$$T_2 = R'.C\ln\frac{1+\beta}{1-\beta}$$

$$0.8\times10^{-3} = R'\times0.1\times10^{-6}\ln\frac{1+0.5}{1-0.5} \Rightarrow \therefore R' = 7.28K\Omega$$

لجعل قيمة الجزء الموجب والجزء السالب (7V) نختار ($V_{Z1}=V_{Z2}$=7V).

6.1.10.2 Pulse Generator: المهزاز أحادي الاستقرار أو مولد النبضة:

دائرة مولد النبضة مبينة بالشكل (6.40).

- عرض النبضة المتكونة (T): $T = R.C_1\ln\frac{1}{1-\beta}$

حيث $\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

حالة خاصة، اذا كانت (β=0.5) ← ($T=0.69R.C_1$).

الاختبار البعدي:

س1: ارسم الدائرة التطبيقية لمولد الموجة المربعة مبينا ذلك برسم موجة الخرج، اذا علمت ان موجة الدخل مثلثة.

س2: ماذا يحدث لدائرة مولد الموجة المربعة اذا اضفنا دايودين نوع زنر عند مخرج فولتية الخرج.

الوحدة النمطية للاسبوع الثامن

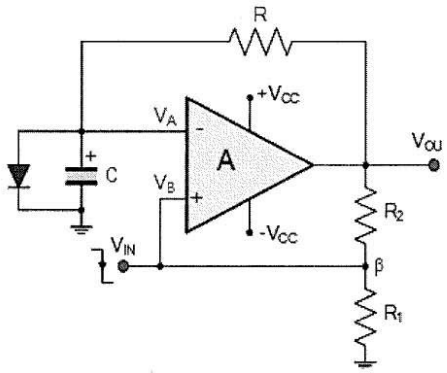
مولد النبضة المهزاز احادي الاستقرارية

الاختبار القبلي

س1: ماذا تعلم عن دوائر المعتزات؟

س2: كيف يمكنك التمييز بين دائرة المهتز احادي الاستقرارية و المهتز غير المستقر عند استخدام الترانزستر.

المهتز احادى الاستقرارية (Monostable mult.)

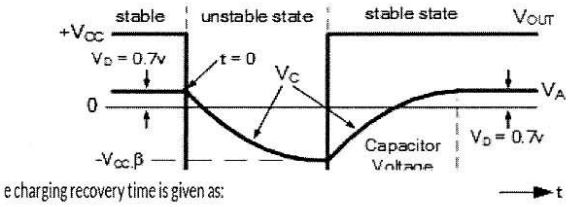


لغرض الحصول على دائرة مهتز احادي الاستقرارية تمت إضافة دايود على التوازي مع المتسعة .اصبحت لدينا حالة استقرار للدائرة عندما يكون جهد الخرج موجب فان المتسعة نشحن لغاية جهد الدايود (0.7v) وتستقر الدائرة على هذا الوضع .

لتغيير حالة الدائرة نسلط نبضة تحفيزية سالبة على الطرف غير القالب تحول الخرج الى (-Vo)

وجهد الطرف غير القالب الى (-βVo) تبدأ المتسعة بالتفريغ الى ان تصل الى هذا الجهد ينقلب خرج المكبر وتبدأ المتسعة بالشحن الى ان نصل الى حالة الاستقرار . نحتاج الى نبضة تحفيزية سالبة أخرى لتغيير حالة الدائرة وهكذا يستمر عمل المهتز .

المخطط التالي يوضح شكل موجات الخرج لدائرة المهتز .



e charging recovery time is given as:

$$T_{(charging)} = RC.\ln\left(\frac{V_{CC}+\beta(-V_{CC})}{V_{CC}-V_D}\right) = RC.\ln\left(\frac{1+\beta}{1-\frac{V_D}{V_{CC}}}\right)$$

$$T = RC\times\ln\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)$$

:rs feedback resistors are of the s
lifies down too:

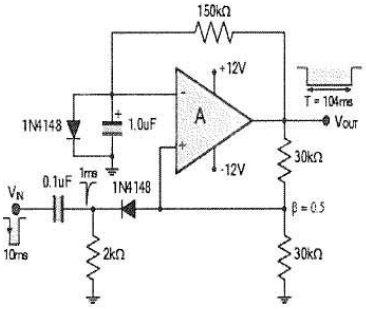
$$T = 0.693RC$$

مثال

An **op-amp monostable circuit** is constructed using the following components.

R1 = 30kΩ, R2 = 30kΩ, R = 150kΩ and C = 1.0uF. If the op-amp monostable is supplied from a ±12V supply and the timing period is initiated with a 10ms pulse.

Calculate the circuits timing period, capacitor recovery time, total time between trigger pulses and the differentiator network values. Draw the completed circuit.



Data given: R1 = R2 = 30kΩ, R = 150kΩ, C = 1.0uF and pulse width equals ten milliseconds, (10ms).

1. Timing Period, T:

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{30k\Omega}{30k\Omega + 30k\Omega} = 0.5$$

$$T = RC.\ln\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$= RC \times \ln\left(1 + \frac{30k\Omega}{30k\Omega}\right)$$

$$= 150k\Omega \times 1.0uF \times 0.693$$

$$T = 0.104 \text{secs or } \underline{104ms}$$

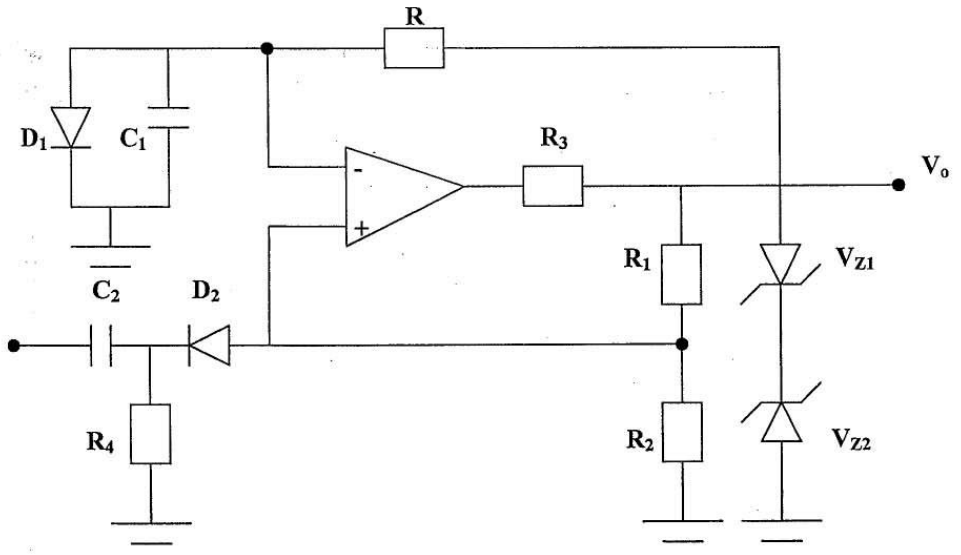
2. Capacitor recovery time:

$$T_{(charging)} = RC \times \ln\left(\frac{1+\beta}{1-\frac{V_D}{V_{CC}}}\right)$$

$$T_{(charging)} = RC \times \ln\left(\frac{1+0.5}{1-\frac{0.7}{12}}\right)$$

$$\therefore T_{(ch.)} = 150k\Omega \times 1.0uF \times 0.465 = \underline{70ms}$$

- يعمل المهزاز عند وضع قدحة سالبة ضيقة عبر (D_2) الى الادخال الغير قالب وبقيمة أكبر من ($\beta.V_o$).



الشكل (6.40).

مثال: صمم دائرة لأعطاء نبضات بعرض (0.3ms) اذا كان الادخال قدحات سالبة قيمتها (4V) وبتردد (1KHz). علماً بأن ($V_{sat}=\pm 10V$).

الحل: يجب ان تكون قيمة القدحة السالبة أكبر من ($\beta.V_o$) لكي تتمكن من التأثير على الدائرة وتغيير حالتها اي: $\beta.V_o \rangle 4V \Rightarrow \therefore \beta \times 10 \langle 4V$

وعلى هذا الاساس يتم اختيار (β) حيث نختارها ($\beta=0.3$).

$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 0.3 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

نفرض ($R_1=10K\Omega$).

$$0.3 = \frac{R_2}{10\times10^3 + R_2} \Rightarrow \therefore R_2 = 4.28K\Omega$$

$$T = R.C_1 \ln\frac{1}{1-\beta}$$

نفرض قيمة ($C_1=0.1\mu F$)

$$0.3\times10^{-3} = R\times0.1\times10^{-6}\ln\frac{1}{1-0.3}$$

$$\therefore R = 8.4K\Omega$$

الاختبار البعدي:

س1: صمم دائرة لاعطاء نبضات بعرض 0.4 ms اذا علمت ان قدحة الادخال قيمتها تساوي 4 – فولت، وبتردد 2 khz علما ان Vsat ± 10 .

س2: ارسم دائرة مهتز احادي الاستقرارية باستخدام تطبيقات مكبر العمليات ، مع ذكر قانون ايجاد زمن النبضة الخارجي.

الوحدة النمطية للاسبوع التاسع

مولد الموجة المثلثة

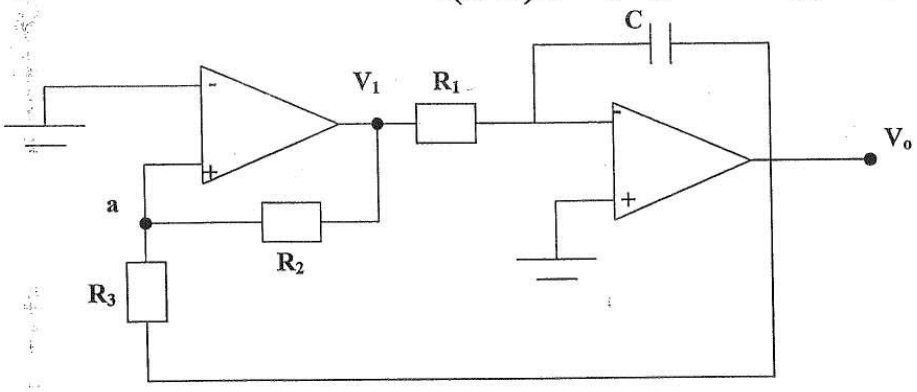
الاختبار القبلي

س1: كيف يمكن لثابت الزمن RC التحكم بمقدار تردد التذبذب.

س2: ماذا تعرف عن مولد الموجة المثلثة.

6.1.10.3 Triangle- Wave Generator: مولد الموجة المثلثة:

دائرة مولد الموجة المثلثة مبينة بالشكل (6.41).



الشكل (6.41).

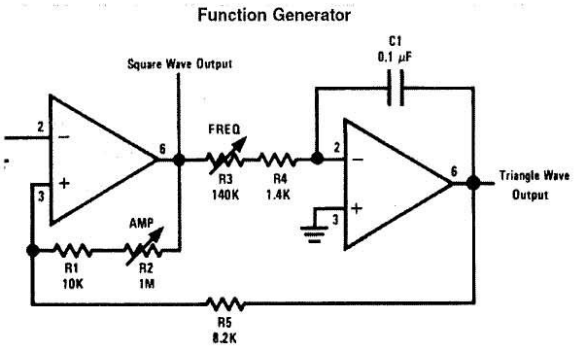
- تعتمد قيمة خرج المكامل (المقطع الثاني من الدائرة) على قيم (R_2 & R_3).
- يتحكم ثابت زمن (R_1. C) في مقدار تردد التذبذب بحيث يمكن تغيير قيمة المقاومة (R_1) للحصول على تردد متغير لكل من المقارن والمكامل.
- تعتمد سعة الاشارة المثلثية على قيم كل من (R_2 & R_3).
- قيمة التردد لهذه الدائرة:

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

- الدائرة اعلاه تولد موجة مربعة واخرى مثلثة، لذلك فأن مثل هذه الدائرة تعرف عادة بمولد الاشارات لانها تنتج اكثر من اشارة واحدة.

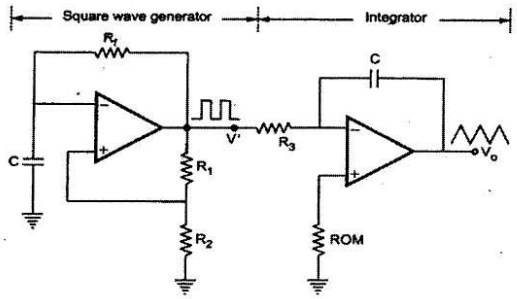
مولد الموجة المثلثة (Triangle wave gen.)

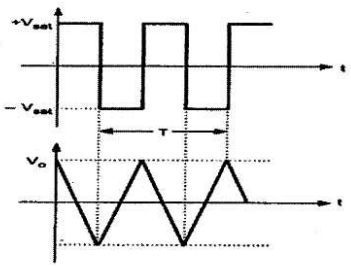
تسمى هذه الدائرة بمولد متعدد الموجات (function generator) حيث يكون الخرج الأول موجة مربعة والخرج الثاني موجة مثلثة .



تم استخدام المكامل لغرض الحصول على موجة مثلثة تتغير خطيا (Linear) وليس اسيا كما هو الحال في دائرة مولد الموجة المربعة

دائرة أخرى مع شكل موجات الخرج





$$T_{total} \quad T_{delay)} + T_{(charging)}$$

$$\therefore T_{total} \quad 104ms + 70ms = 174ms$$

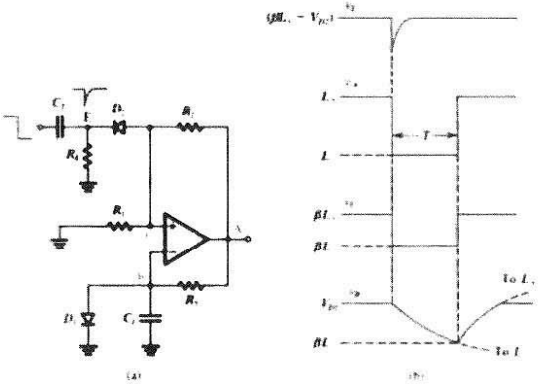
4. The input pulse is given as 10ms, therefore the negative spike duration will be 1ms (10%). If we assume a capacitance value of 0.1uF, then the differentiator RC values are calculated as :

$$\text{Pulse width} = 1ms = 5RC$$

$$\text{If } C = 0.1uF$$

$$R \quad \frac{1ms}{5 \times 0.1uF} = 2000\Omega \text{ or } 2k\Omega$$

Monostable Multivibrators



كيفية حساب التردد واتساع موجة الخرج

$$-V_{ramp} + \frac{R_2}{R_2 + R_3}[+V_{sat} - (-V_{ramp})] = 0$$

$$-V_{ramp} + \frac{R_2}{R_2 + R_3}(V_{ramp}) + \frac{R_2}{R_2 + R_3}(+V_{sat}) = 0$$

$$\frac{-R_3}{R_2 + R_3}(V_{ramp}) = -\frac{R_2}{R_2 + R_3}(+V_{sat})$$

$$\therefore \quad -V_{ramp} = \frac{-R_2}{R_3}(+V_{sat})$$

imilarly, when comparator output is at $-V_{sat}$, we can write,

$$V_{ramp} = \frac{-R_2}{R_3}(-V_{sat})$$

ıe peak to peak amplitude of the triangular wave can be given as

$$V_{o(pp)} = +V_{ramp} - (-V_{ramp})$$

$$= \frac{-R_2}{R_3}(-V_{sat}) - \left(\frac{-R_2}{R_3}\right)(+V_{sat})$$

If $|+V_{sat}| = |-V_{sat}|$ then, we can write

$$V_{o(pp)} = \frac{R_2}{R_3}V_{sat} + \frac{R_2}{R_3}V_{sat} = \frac{2R_2}{R_3}V_{sat}$$

$$V_{o(pp)} = -\frac{1}{R_1 C_1}\int_0^{T/2}(-V_{sat})\,dt = \left(\frac{V_{sat}}{R_1 C_1}\right)\frac{T}{2}$$

$$T = \frac{2R_1 C_1 V_{o(pp)}}{V_{sat}}$$

Substituting value of **Vo(pp)** we get,

$$T = \frac{2R_1 C_1\left(\frac{2R_2}{R_3}V_{sat}\right)}{V_{sat}} = \frac{4R_1 C_1 R_2}{R_3}$$

Therefore, the frequency of oscillation can be given as,

$$f_o = \frac{1}{T} = \frac{R_3}{4R_1 C_1 R_2}$$

الاختبار البعدي

س1 : ارسم دائرة مولد متعدد الموجات.

س2 : علام يعتمد قيمة خرج المكامل في دائرة مولد الموجة المثلثة؟

الوحدة النمطية للاسبوع العاشر والحادي عشر

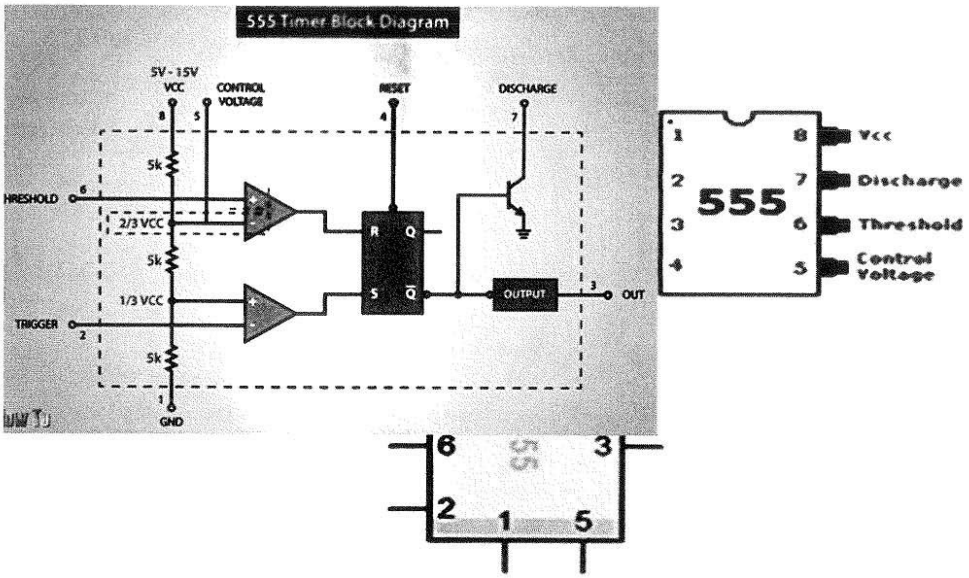
المؤقت الزمني

الاختبار القبلي

س1 : ماذا تعرف عن المؤقت الزمني.

المؤقت الزمني (555)

دائرة متكاملة متعددة الجوانب والاستخدامات



555 Timers – Pin explanation

- **Pin 8 – POWER- Connect to +V**
- **Pin 1 – 0V – Connecto to Zero volts (-Ve)**
- **Pin 2 – TRIGGER – Pulling this pin LOW will start the timing . – Can be done with a switch (see monostable circuit) or by its own circuit (connect 'discharge' pin 6 to pin 2)**
- **Pin 3 – OUTPUT – This is connected to whatever you are trying to control or 'time' with a timer. – It could be an LED or a speaker, maybe even a motor**
- **Pin 5 – CONTROL– Not really used for 90% of GCSE projects – Ignore.**
- **Pin 4 – RESET – Connecting this pin LOW means the chips 'timing' will reset. – This pin should be held HIGH if the chip is to operate.**
- **Pin 7 – THRESHOLD – This pin monitors the 'voltage' across the capacitor and therefore is measuring the 'time' it takes the capacitor to fill 2 thirds full**
- **Pin 6 – DISCHARGE – This pin is used to discharge the capacitor once it is full**

شكل المؤقت الزمني ونقاط الربط والتوصيل

H.W:

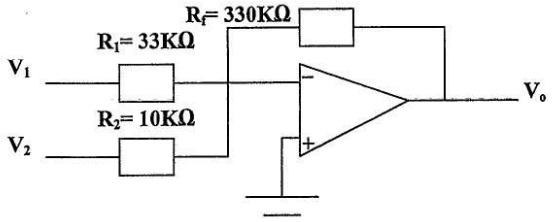
1) لدائرة المكبر المقارن (Comparator Op-Amp)، أوجد ما يلي:
   1. أرسم الدائرة، إذا علمت إن (V_i) تم ربطها على الطرف العاكس؟
   2. أرسم الموجة الخارجة لدورتين، إذا علمت إن (V_i= 10 cos wt, V_R= -4V, V_{CC}= ±12V, and f=2KH$_Z$)؟

2) صمم الدائرة التي تنتج الخرج التالي:

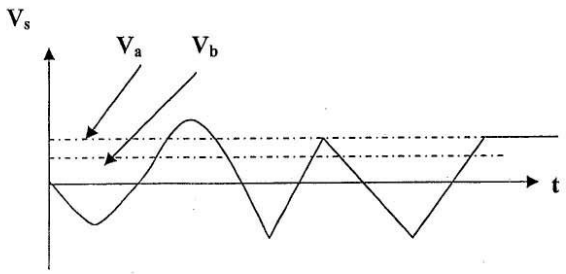
$$V_o = 0.1V_2 - 2\int V_1.dt$$

3) إذا كانت معطيات دائرة المكبر المكامل (Integrator Op- Amp) كما يلي (R= 50KΩ، C=0.02µF، و V_i موجة مربعة بسعة ($10V_{p-p}$) وتردد ($1KH_Z$))، اوجد معدل تغير فولتية الخرج خلال نبضة واحدة، ثم ارسم الشكل الموجي لفولتية الخرج؟

4) احسب فولتية الخرج للدائرة التالية، اذا كانت (V_1= 50mV sin(1000t) & V_2= 10mV sin(3000t))؟



5) اذا سلطت الاشارة المبينة في الشكل أدناه عبر طرفي الدخل لمقداح شميت وكانت قيم الدائرة (R_1=15KΩ, R_2=150Ω, V_R=2V, & V_{CC}=±12V). أرسم الشكل الموجي لأشارة الخرج.



الاختبار البعدي

س1: ارسم دائرة المكبر المقارن ، اذا علمت ان V1 مربوطة على الطرف المعاكس.

س2: اشرح خطوات عمل دائرة المؤقت الزمني.

الوحدة النمطية للاسبوع الثاني عشر والثالث عشر

المرشحات الفعالة

الاختبار القبلي

س1: عدد مميزات المرشحات الفعالة.

س2: عدد الانواع الرئيسية للمرشحات الفعالة.

Chapter Seven
Active Filter Design

7.1 R.C- Active Filter: المرشحات الفعالة:

المرشحات هي دوائر ذات أربعة أطراف، طرفان في الدخل وطرفان في الخرج، وتقوم بنقل الطاقة ضمن حزمة من الترددات المحددة ولا تسمح بنقلها خارج تلك الحزمة. تستخدم المرشحات بصورة عامة لعزل الإشارات عن بعضها اعتماداً على التردد.

مرشحات (RC) الفعالة هي من صنف الدوائر التي تقوم باختيار نطاق محدد من الترددات والعناصر الالكترونية التي تتكون منها فقط هي المقاومات والمتسعات (العناصر الغير فعالة (Passive Component)) ومكبرات العمليات (كعناصر فعالة (Active Component)).

◄توجد أربعة أنواع من المرشحات هي:

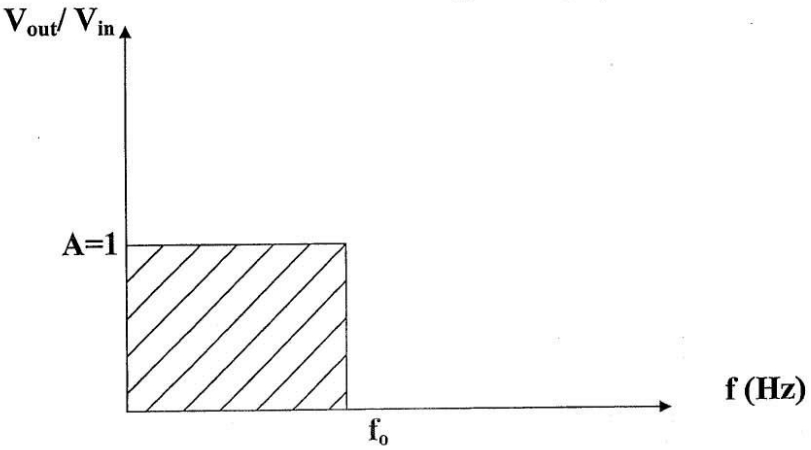
1. مرشح إمرار واطئ (L.P.F).
2. مرشح إمرار عالي (H.P.F).
3. مرشح إمرار حزمة (B.P.F).
4. مرشح مانع حزمة (B.S.F).

الميزة الرئيسية في هذا النوع من المرشحات هي عدم حاجتها إلى المحاثات لكونها ضخمة وثقيلة وتولد مجالات مغناطيسية وتبدد قدرة عالية بالإضافة إلى عدم استخدامها في الدوائر المتكاملة.

7.2 Low- Pass Filter (L.P.F): مرشح إمرار واطئ:

يمرر هذا المرشح الترددات الواطئة المحصورة بين ($0Hz \rightarrow f_o$)، حيث إن f_o هو تردد القطع (Cut-off Frequency) ويمنع أي تردد أعلى من تردد القطع.

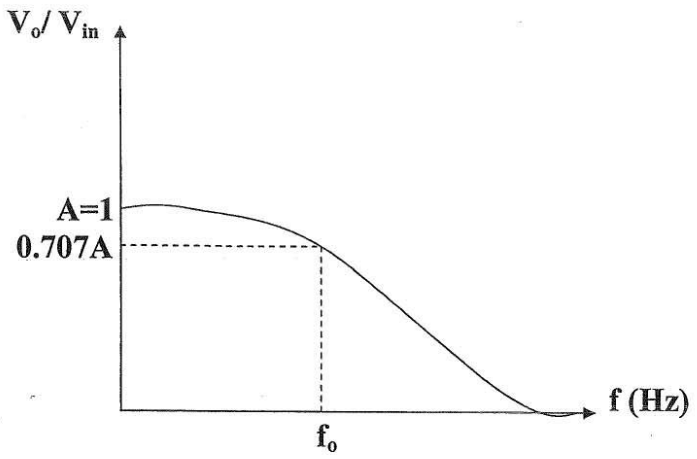
يبين الشكل (7.1) الاستجابة المثالية لمرشح الإمرار الواطئ، وهو الرسم البياني لتغير كسب الفولتية ($A=V_{out}/V_{in}$) مع التردد (f).



($0 \le f \le f_o$)

الشكل (7.1) الخواص المثالية لمرشح الإمرار الواطئ.

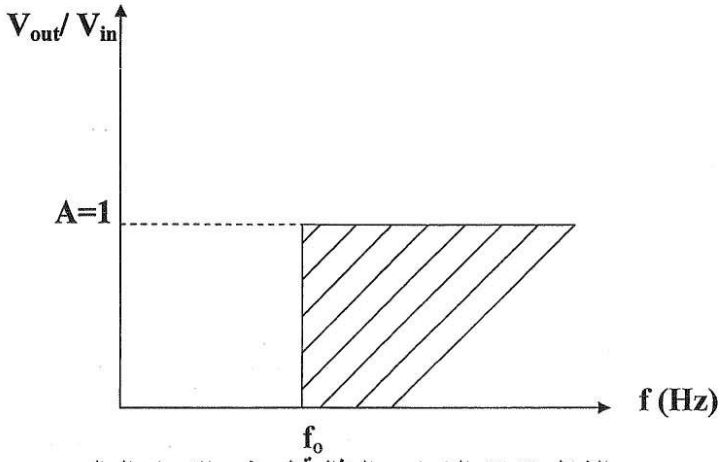
عملياً يستحيل الحصول على الاستجابة المبينة في الشكل (7.1) وكن يمكننا الاقتراب من ذلك حيث يمتلك المرشح العملي استجابة كما في الشكل (7.2) وفيها ينخفض التكبير إلى (0.707) من التكبير الكلي أي بمقدار (3dB) من تردد القطع.



الشكل (7.2) الخواص العملية لمرشح الإمرار الواطئ.

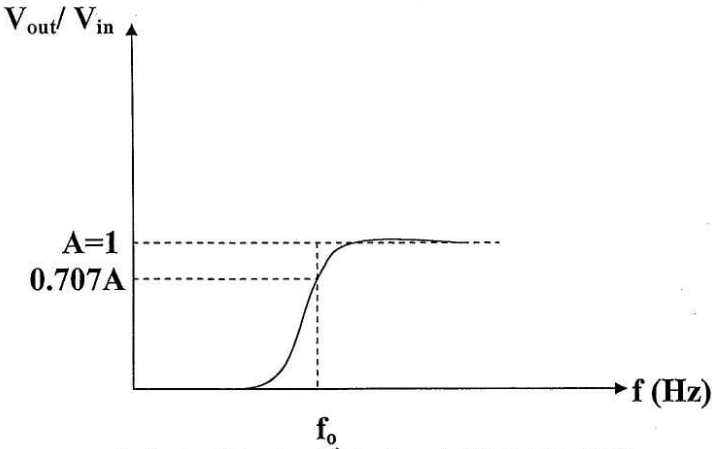
7.3 High- Pass Filter (H.P.F): مرشح إمرار عالي:

يبين الشكل (7.3) الاستجابة المثالية لمرشح إمرار عالي حيث يسمح بمرور الترددات التي تزيد على تردد القطع (f_o) ويمنع الترددات بين ($0Hz \rightarrow f_o$).



الشكل (7.3) الخواص المثالية لمرشح الإمرار العالي.

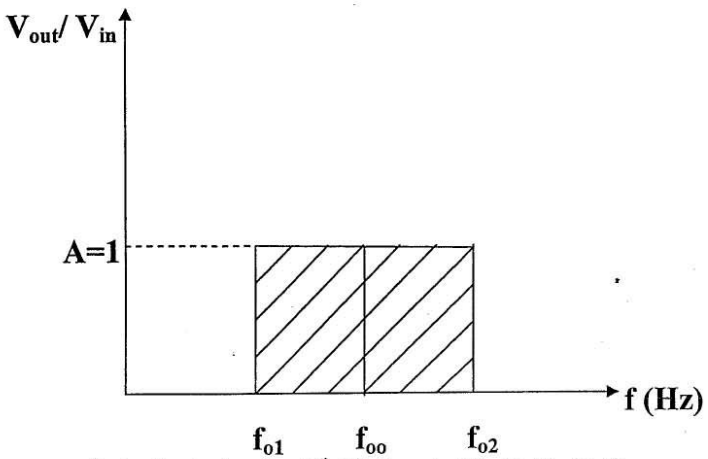
وبنفس الأسلوب السابق لا يمكننا الحصول على مرشح مثالي عملياً بل تكون له خواص كالموضحة بالشكل (7.4).



الشكل (7.4) الخواص العملية لمرشح الإمرار العالي.

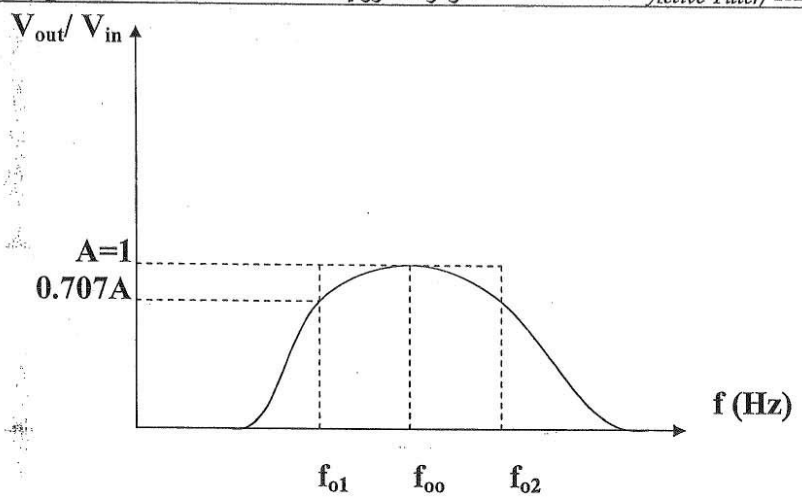
مرشح إمرار الحزمة: 7.4 Band- Pass Filter (B.P.F):

يمتلك هذا المرشح الاستجابة المثالية الموضحة بالشكل (7.5) وتمثل حزمة الإمرار مجموعة الترددات بين (f_{o1} و f_{o2}) حيث تمرر فقط تلك الترددات وتمنع بقية الترددات التي أقل من f_{o1} وأكبر من f_{o2}.



الشكل (7.5) الخواص المثالية لمرشح إمرار الحزمة.

يبين الشكل (7.6) منحني الاستجابة الترددية لمرشح عملي.



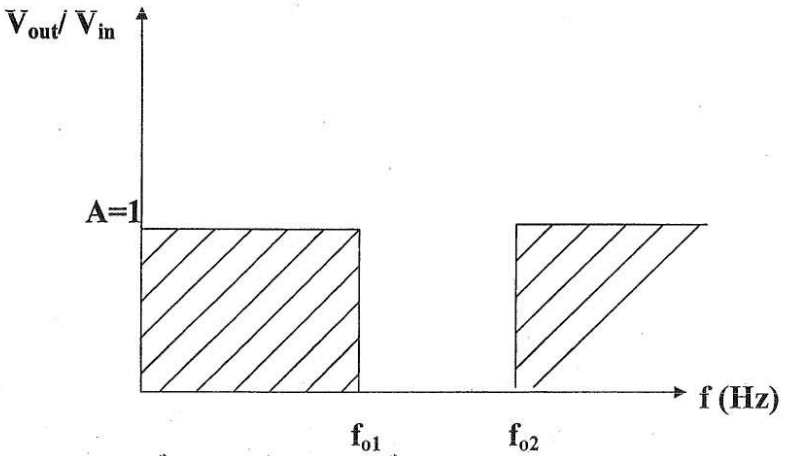
الشكل (7.6) الخواص العملية لمرشح إمرار الحزمة.

◄ عرض الحزمة (Band- Width (B.W)) لهذا المرشح هي:

$$B.W = f_{o2} - f_{o1}$$

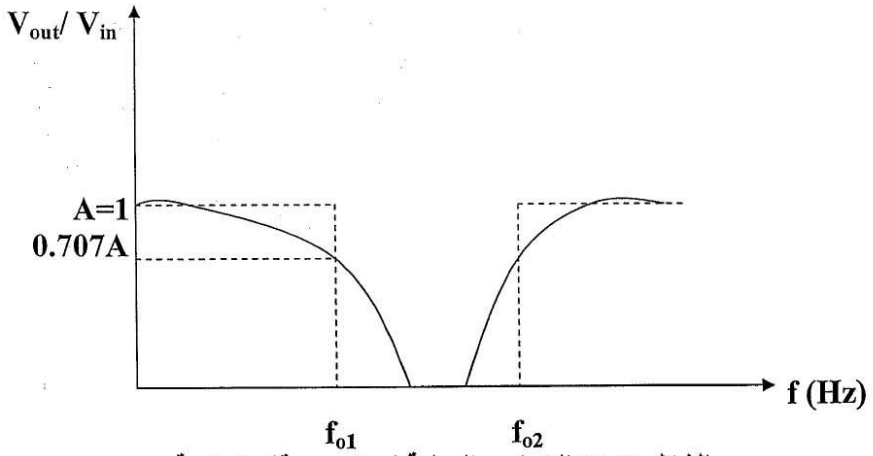
مرشح موقف الحزمة: 7.5 Band- Stop Filter (B.S.F):

الاستجابة الممثلة بالشكل (7.7) تمثل الاستجابة المثالية لمرشح موقف الحزمة، فهو يوقف كافة الترددات بين (f_{o1} و f_{o2})من المرور ويسمح لباقي الترددات بالمرور.



الشكل (7.7) الخواص المثالية لمرشح موقف الحزمة.

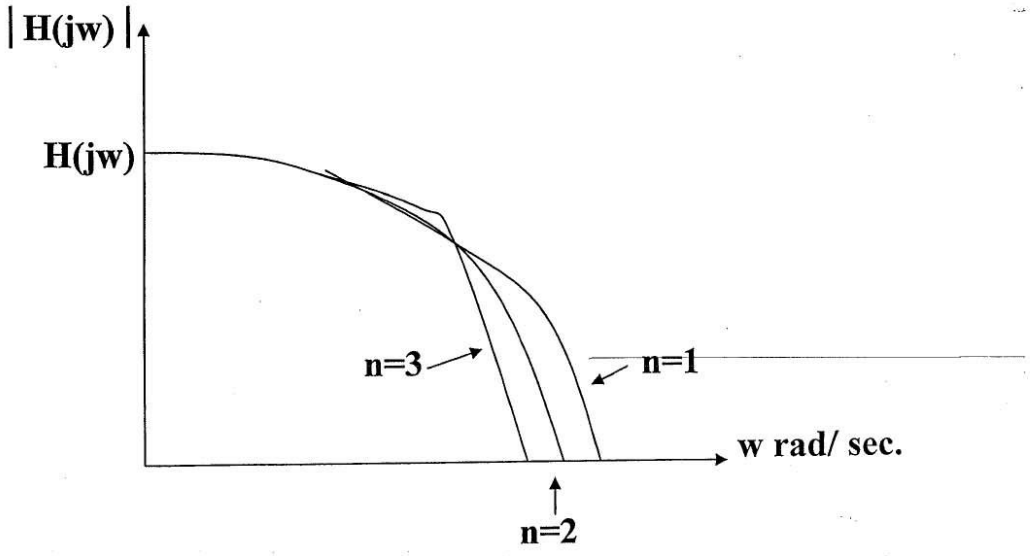
يمثل الشكل (7.8) الاستجابة العملية لدائرة مرشح موقف الحزمة.



الشكل (7.8) الخواص العملية لمرشح موقف الحزمة.

7.6 Butterworth Filter: مرشح بتروورث:

الاستجابة الترددية المثالية للمرشحات لا يمكننا الحصول عليها ولكن يمكن الاقتراب من تلك الخواص المثالية بعدة طرق ومنها طريقة مرشح بتروورث ويبين الشكل (7.9) الاستجابة العملية لمرشح إمرار واطئ (L.P.F).



الشكل (7.9).

◄ حيث تمثل n درجة المرشح وكلما كبرت n كلما اقترب المنحني أكثر إلى الخواص المثالية.
التقريب الذي وضعه بتروورث هو:

$$H(S)=\frac{H_o}{B(S)}$$

حيث إن B(S) هو متعدد الحدود لبتروورث والمرشحات التي تستخدم متعدد الحدود لبتروورث تدعى مرشحات بتروورث والجدول أدناه يعطي قيم متعددة الحدود لبتروورث باعتبار أن w_o=1rad/sec ولغاية n=4.

n	B(S)
1	S+1
2	S^2+1.414S+1
3	(S+1)(S^2+S+1)
4	(S^2+0.765S+1)(S^2+1.848S+1)

الجدول (1).

7.7 Low- Pass Filter Design (L.P.F): تصميم المرشح ذو الإمرار الواطئ:

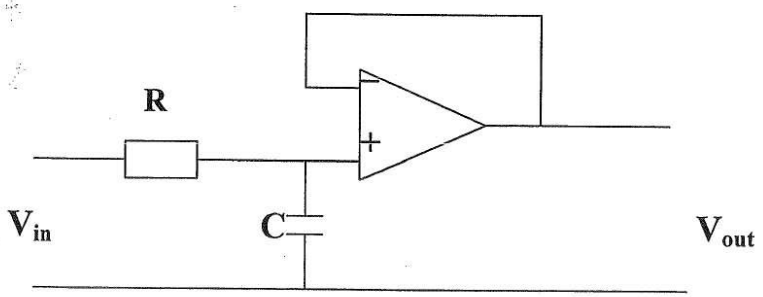
◄ مرشح إمرار واطئ درجة أولى: (n=1).

عند تصميم مرشح من الدرجة الأولى فان:

$$w_o=\frac{1}{R.C}$$

$$H(S)=\frac{H_o}{S+1}$$

H_o تمثل ربح الدائرة ويتم اختيارها عشوائياً.



الشكل (7.10) مرشح إمرار واطئ من الدرجة الأولى (n=1).

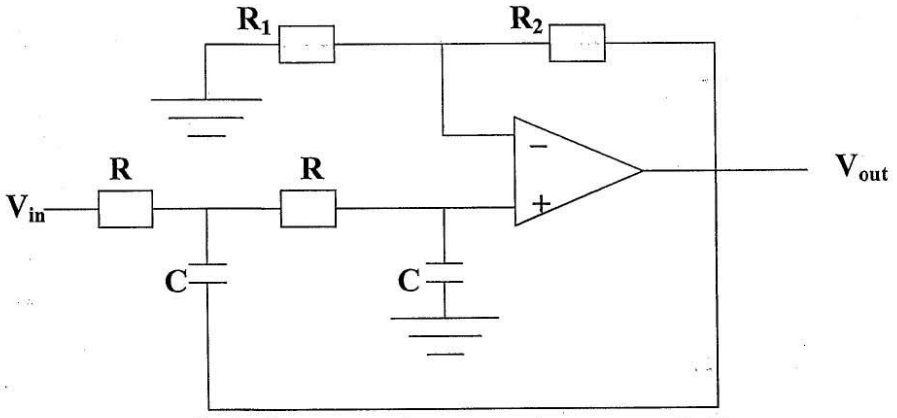
◄ مرشح إمرار واطئ درجة ثانية: (n=2).

$$H_o=3-2K$$

♦ ويتم الحصول على قيمة K من معادلة متعددة الحدود لبتروورث المذكورة في الجدول (1).

♦ للحصول على قيم المتسعات والمقاومات من خلال المعادلة الخاصة بالمرشحات:

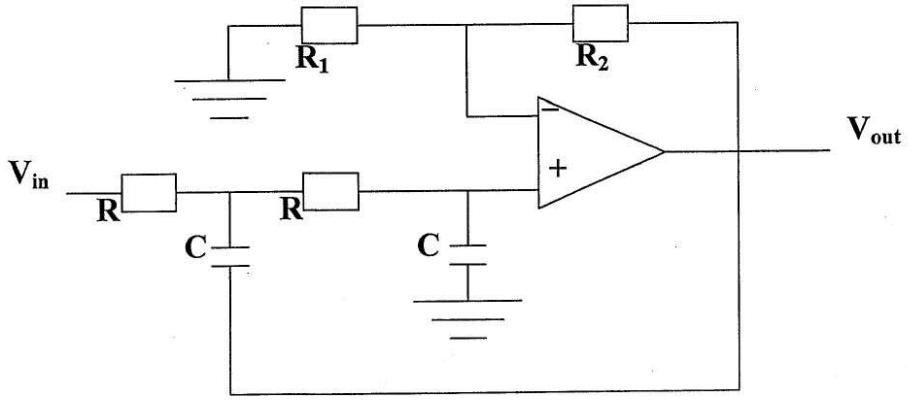
$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$



الشكل (7.11) مرشح إمرار واطئ من الدرجة الثانية (n=2).

مثال: صمم مرشح للترددات الواطئة من الدرجة الثانية نوع بتروورث له تردد قطع (f_o=1KHz)؟

الحل: إن شكل دائرة المرشح موضحة بالشكل (7.12):



الشكل (7.12).

من الجدول متعدد الحدود:

$$B(S)=S^2+1.414S+1$$

$$2K=1.414 \quad \text{(معامل S)}$$

$$H_o=3-2K \quad \text{(الكسب)}$$

$$=3-1.414=1.586$$

$$H_o=1+\frac{R_2}{R_1} \quad \text{(كسب المكبر الغير قالب)}$$

$$1.586=1+\frac{R_2}{R_1}$$

◄ نفرض قيمة $(R_1=10K\Omega)$

$$1.586=1+\frac{R_2}{10\times10^3}$$

$$0.586=\frac{R_2}{10\times10^3}\Rightarrow R_2=5.86K\Omega$$

لإيجاد قيم R و C:

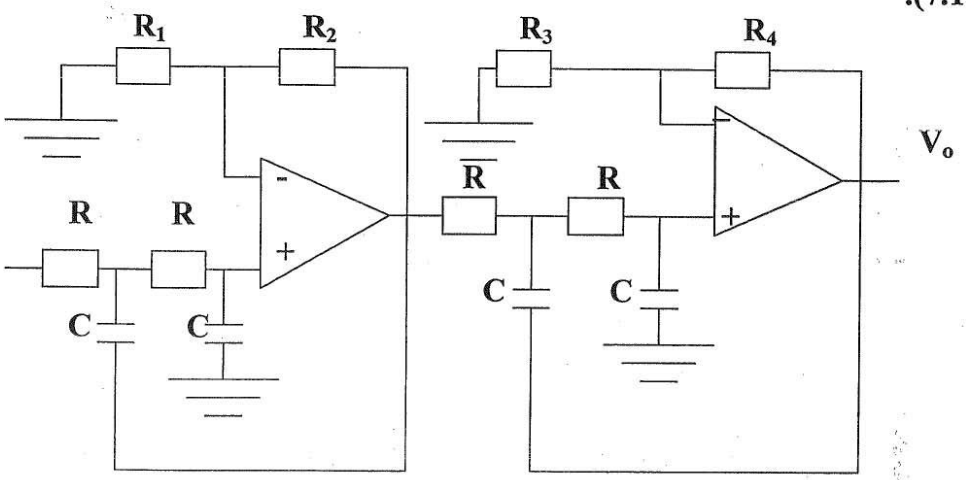
$$f_o=\frac{1}{2\pi RC}$$ نفرض قيمة $(R=1K\Omega)$

$$1\times10^3=\frac{1}{2\pi\times1\times10^3\times C}$$

$$C=\frac{1}{2\pi\times1\times10^3\times1\times10^3}=0.16\mu F$$

مثال: صمم مرشح للترددات الواطئة نوع بتروورث من الدرجة الرابعة (n=4) له تردد قطع $(f_o=1KHz)$؟

الحل: للحصول على مرشح درجة رابعة نربط مرحلتين لمرشح درجة ثانية وكما موضح بالشكل (7.13).



الشكل (7.13).

◄ نلاحظ من الجدول بأن المرشح من الدرجة الرابعة له معاملي إخماد (معاملات S).

$2K_1 = 0.765$

$2K_2 1.848$

$H_{o1} = 3 - 2K_1$

$= 3 - 0.765 = 2.235$

$H_{o1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

$2.235 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

نفرض $R_1 = 10K\Omega$

$2.235 = 1 + \frac{R_2}{10 \times 10^3}$

$1.235 = \frac{R_2}{10 \times 10^3}$

$\therefore R_2 = 12.35K\Omega$

لإيجاد قيم كل من C و R.

$f_o = \frac{1}{2\pi \times R \times C}$

نفرض $R = 1K\Omega$

$1 \times 10^3 = \frac{1}{2\pi \times 1000 \times C}$

$\therefore C = \frac{1}{2\pi \times 1000 \times 1 \times 10^3}$

$\therefore C = 0.16\mu F$

$H_{o2} = 3 - 2K = 3_1.848 = 1.152$

$H_{o2} = 1 + \frac{R_4}{R_3}$

$1.152 = 1 + \frac{R_4}{R_3}$

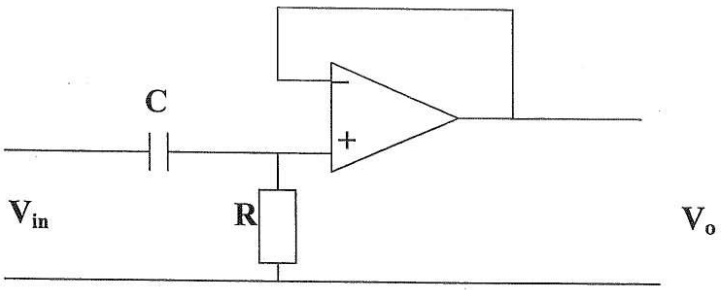
نفرض $R_3 = 10K\Omega$

$\therefore 0.152 = \frac{R_4}{10 \times 10^3} \Rightarrow \therefore R_4 = 1.52K\Omega.$

7.8 High- Pass Filter Design (H.P.F): تصميم المرشح ذو الإمرار العالي:

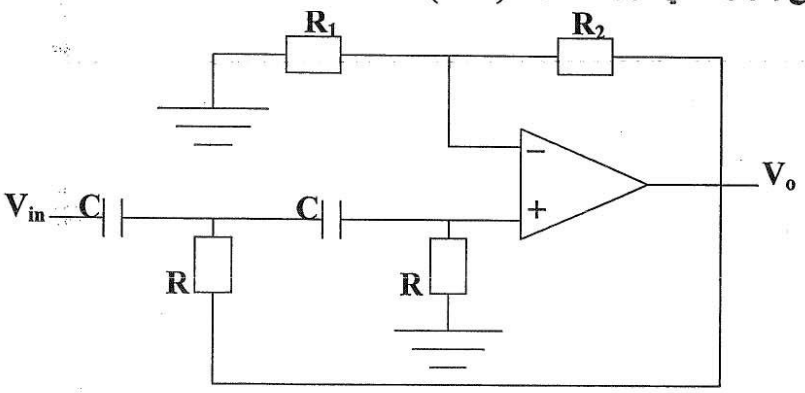
مرشح الترددات العالية نوع بتروورث يمكن الحصول عليه بنفس الطريقة التي يتم الحصول فيها على مرشح الإمرار الواطئ وبنفس قيم المتسعات والمقاومات وذلك بجعل المقاومات بدلاً من المتسعات وبالعكس.

◄ مرشح إمرار عالي درجة أولى: (n=1).



الشكل (7.14) مرشح إمرار عالي من الدرجة الأولى (n=1).

◄ مرشح إمرار عالي درجة ثانية: (n=2).



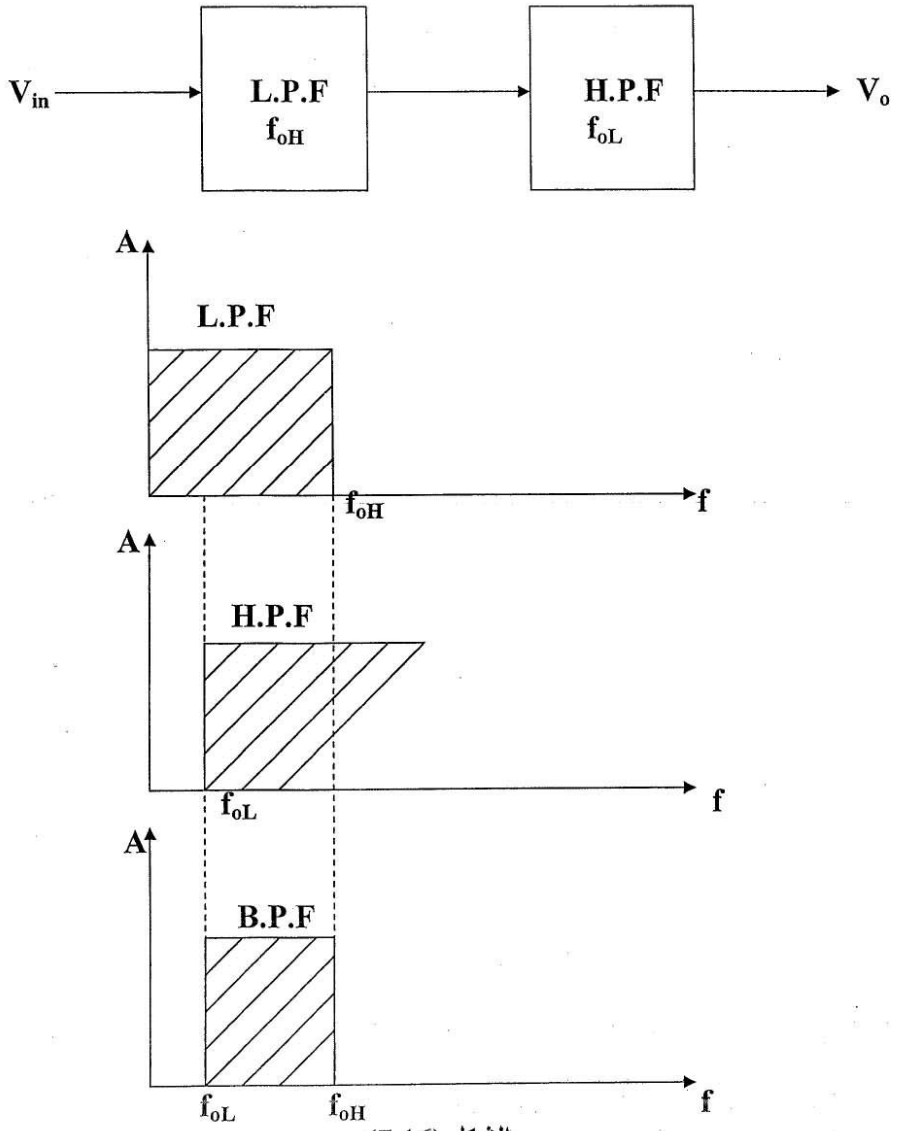
الشكل (7.15) مرشح إمرار عالي من الدرجة الثانية (n=2).

7.9 Band- Pass Filter Design (B.P.F): تصميم مرشح إمرار الحزمة:

إن مرشح إمرار الحزمة يمكن الحصول عليه بربط مرشح للترددات الواطئة مع مرشح للترددات العالية بحيث له تردد قطع f_{oH} والأخر f_{oL} بحيث أن :

$$f_{oH} > f_{oL}$$

والربط يكون على التوالي وكما واضح بالشكل (7.16).



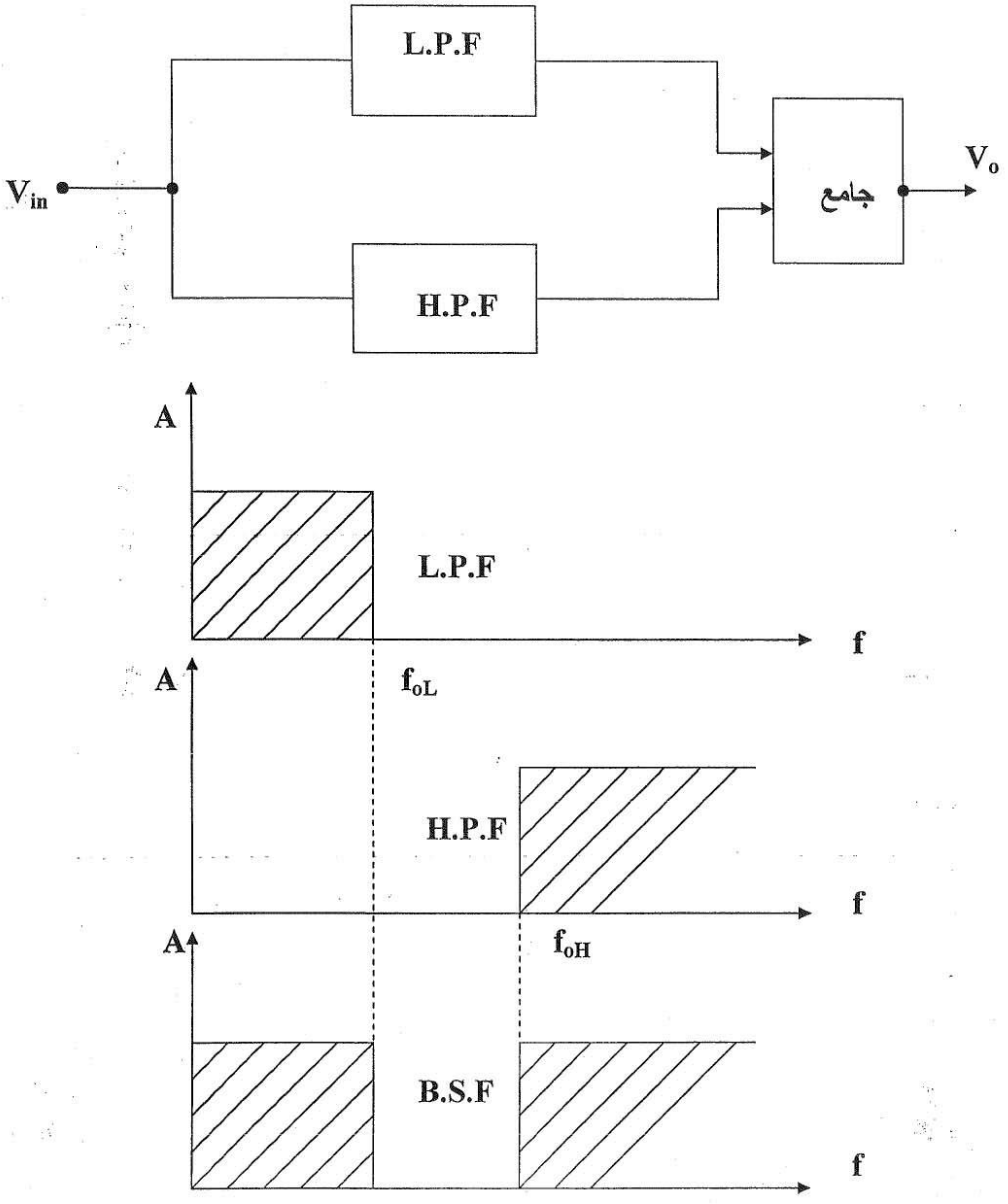
الشكل (7.16).

7.10 Band- Stop Filter Design (B.S.F): تصميم مرشح مانع الحزمة:

يمكن الحصول على هذا المرشح بربط مرشحي إمرار واطئ وإمرار عالي وكما موضح بالشكل (7.17)، ويجب أن تكون قيمة ($f_{oL} < f_{oH}$).

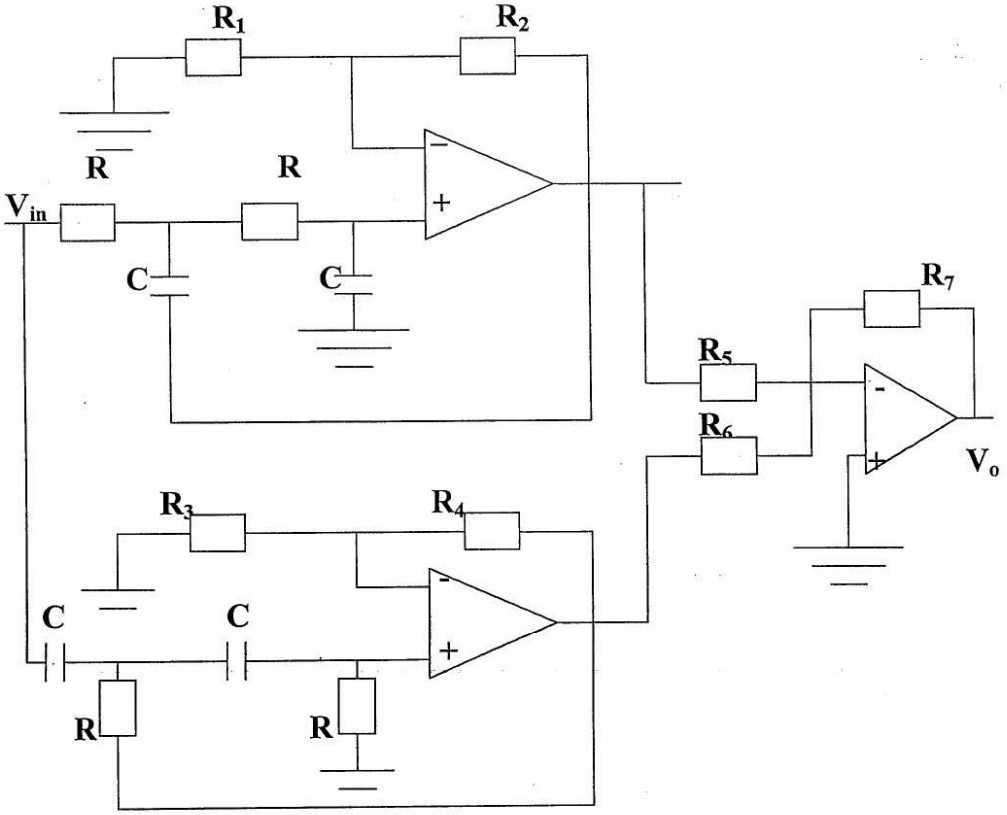
حيث إن: f_{oH}: هو تردد القطع لمرشح الترددات الواطئة.

f_{oL}: هو تردد القطع لمرشح الترددات العالية.



الشكل (7.17).

الشكل (7.18) يبين الدائرة الكاملة لمرشح (B.S.F) درجة ثانية (يربط مرشح إمرار واطئ درجة ثانية مع مرشح إمرار عالي درجة ثانية على التوازي وجمع النتيجة باستخدام جامع).



الشكل (7.18) دائرة مرشح مانع الحزمة من الدرجة الثانية.

H.W:

1) صمم مرشح امرار عالي فعال (Active High- Pass Filter) من الدرجة الرابعة نوع بتروورث (Butterworth Filter) له تردد قطع (f_o=1KHz) ثم ارسم الاستجابة الترددية العملية لهذا المرشح.
2) صمم مرشح امرار واطئ فعال (Active Low- Pass Filter) من الدرجة الثالثة نوع بتروورث (Butterworth Filter) له تردد قطع (f_o=2KHz) ثم ارسم الاستجابة الترددية العملية لهذا المرشح.
3) صمم مرشح مانع الحزمة (Active Band- Stop Filter) من الدرجة الرابعة نوع بتروورث (Butterworth Filter) له تردد قطع (f_o=2KHz) ثم ارسم الاستجابة الترددية العملية لهذا المرشح.

الاختبار البعدي

س1: كيف يمكن الحصول على مرشح مانع الحزمة؟ مع الرسم.

س2: كيف يمكن الحوص على مرشح امرار الحزمة ؟ مع الرسم.

الوحدة النمطية للاسبوع الرابع عشر والخامس عشر

الدوائر المتكاملة

الاختبار القبلي

س1 : كيف يتم تصنيع الدوائر المتكاملة؟

س2: كيف يتم تصنيع الترانزتور المستوي؟

Chapter Eight

Integrated Circuits Fabrication

8.1 Integrated Circuits Fabrication: تصنيع الدوائر المتكاملة:

الدائرة المتكاملة (IC) هي عبارة عن قطعة سليكونية مفردة تصنع عليها مكونات فعالة (ترانزستورات وثنائيات)، وعناصر غير فعالة (مقاومات، متسعات، ومحاثات) من مواد شبه صلبة. تعد الدوائر المتكاملة بداية للثورة الالكترونية الحقيقية، بسبب المحاسن التي رافقت تجميع الدوائر والمتمثلة بخفة الوزن، متانة التصنيع، صغر الحجم، الاستهلاك الواطئ للقدرة، والاعتماد عليها لفترة عمل طويلة.

8.1.1. Integrated Circuit: مكونات الدائرة المتكاملة:

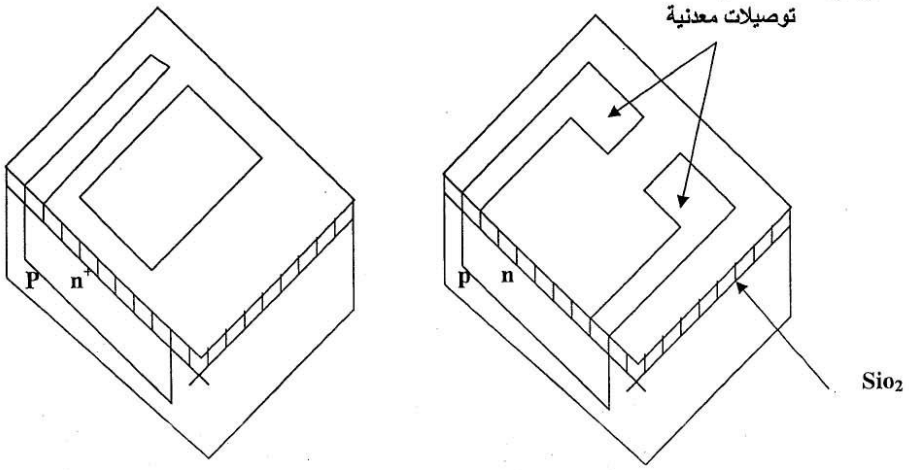
تشتمل الدائرة المتكاملة على العناصر الغير الفعالة (المقاومات، المتسعات، والمحاثات) وكذلك العناصر الفعالة (الثنائيات والترانزستورات) وهي عناصر الدائرة الالكترونية الاعتيادية والمألوفة وتصنع جميع هذه العناصر باستخدام اشباه الموصلات.

الشكل (8.1a) يمثل مقاومة تنتج بانتشار مادة سالبة (n) على طبقة سفلية موجبة (p). ويغطى سطح البلورة بطبقة من اوكسيد عازلة (SiO_2) لحماية السطح من التلوث ثم تنتهي بتوصيلات معدنية.

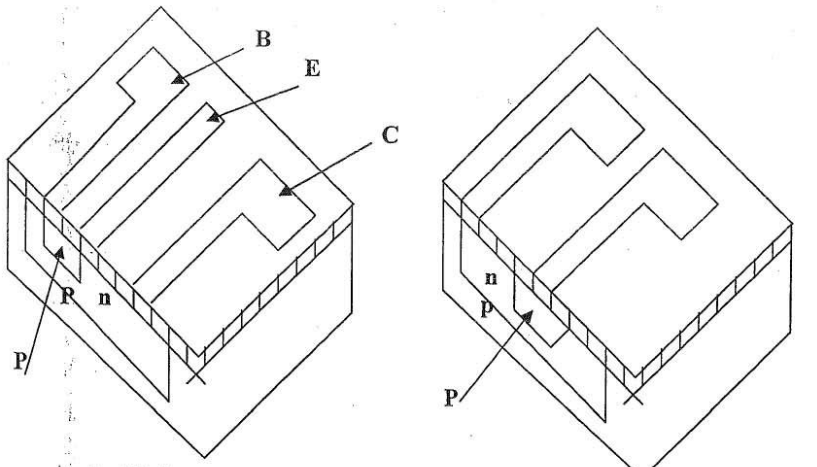
كما تصنع المتسعات بترسيب طبقة عازلة من ثاني اوكسيد السليكون (SiO_2) على طبقة موصلة وبعدئذٍ تشكل طبقة معدنية لتوليد الصفيحة الثانية للمتسعة كما في الشكل (8.1b).

ولا تختلف صناعة العناصر الفعالة عن غير الفعالة وكما هو مبين في الشكل (8.1 c & d) غير ان المساحات التي تحتاجها المتسعة تكون أكبر من القاومة في حين تحتاج الثنائيات والترانزستورات الى مساحات أصغر. ويتم ربط هذه العناصر مع البعض بترسيب طبقة من موصل مثل الالمنيوم.

وتعطي الفقرات التالية في مجال تصنيع الترانزستور نوع (NPN) تفصيلاً اوسع في تصنيع الدوائر المتكاملة.



(b) متسعة. (a) مقاومة.



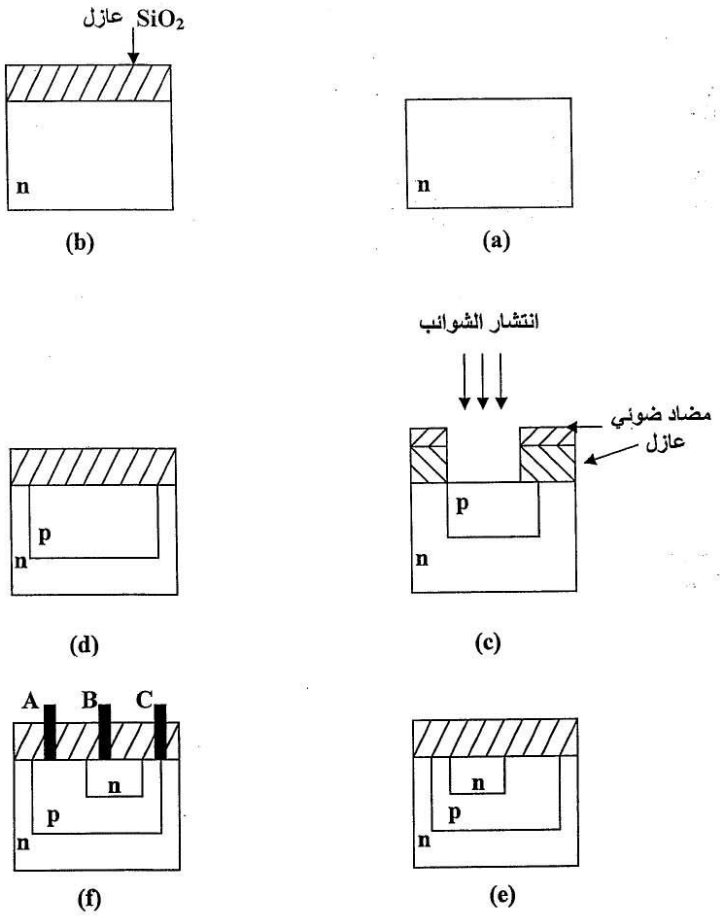
(c) ثنائي. (d) ترانزستور.

الشكل (8.1)

8.1.2 Planar Transistor Fabrication: تصنيع الترانزستور المستوي:

بعد التعرف على مكونات الدائرة المتكاملة، يمكن استعراض الخطوات المتبعة في صناعة الترانزستور المستوي نوع (NPN) وكما يلي:

1. تحضير شريحة سالبة (n) كما في الشكل (8.2a) ويصقل احد السطحين لتخليصه من العيوب وتستعمل هذه الشريحة كطبقة سفلية (Substrate) لأسناد بقية اجزاء الترانزستور وفي نفس الوقت تمثل الجامع.
2. يغطى سطح الجامع بطبقة من ثنائي اوكسيد السليكون (SiO_2) العازلة لمنعه من التلوث، ويجري ذلك عن طريق نفخ السطح بغاز الاوكسجين النقي وكما مبين بالشكل (8.2b).
3. يطلى سطح الاوكسيد (SiO_2) بغشاء رقيق من مادة المضاد الضوئي (Photoresist).
4. يعرض المضاد الضوئي الى أشعة فوق البنفسجية خلال قناع ضوئي لفتح منفذ نحو وسط البلورة بعد حفره بالحامض.
5. توضع الشريحة في فرن وتعرض الى ذرات شوائب ثلاثية التكافئ فتتولد قاعدة الترانزستور الموجبة (p) وحسب ما يوضحه الشكل (8.2c).
6. يعاد تعرض السطح الى الاوكسجين لبناء الطبقة الاوكسيدية العازلة وتتضح في الشكل (8.2d).
7. يعاد طلي الطبقة الاوكسيدية بطبقة جديدة من مادة المضاد الضوئي ثم تعرض الى الضوء خلال قناع اخر لفتح منفذ جديد.
8. تمرر ذرات شوائب خماسية التكافؤ خلال النافذة مما تترسب طبقة الباعث.
9. يغطى السطح بطبقة الاوكسيد العازلة مرة اخرى كما مبين بالشكل (8.2e).
10. لأجل تكوين توصيلات اقطاب الترانزستور تستخدم اغشية معدنية ذات مقاوميات واطئة، ويعد الالمنيوم من اكثر المعادن شيوعاً في الدوائر المتكاملة. وتدعى عملية ترسيب غشاء رقيق من الالمنيوم على طبقات الترانزستور بالمعدنة (Metallization). ولتحقيق ذلك، يطلى السطح كلياً بغشاء رقيق من الالمنيوم ثم تفتح منافذ لازالة المعدن من جميع المساحات غير المطلوبة باستعمال طبقة جديدة من المضاد الضوئي ويتم توصيل الاقطاب الثلاث للترانزستور بالالمنيوم كما يظهر في الشكل (8.2f).



الشكل (8.2) خطوات تصنيع الترانزستور المستوي.

8.1.3 Integrated Circuits Types: انواع الدوائر المتكاملة:

يمكن تصنيف الدوائر المتكاملة تبعاً لطرائق التصنيع الى ما يلي:

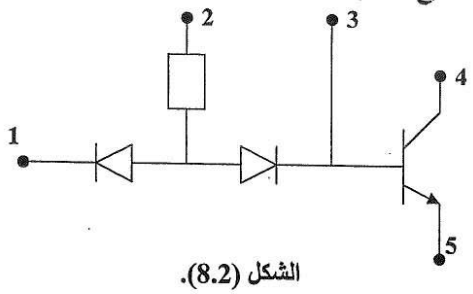
1) الدوائر المتكاملة احادية (البلورة) القطعة (Monolithic IC's).
2) دوائر الاغشية (Film Circuits).
   a) الاغشية الرقيقة (Thin Films).
   b) الاغشية السميكة (Thick Films).
3) الدوائر الهجينة (المختلطة) (Hybrid Circuits).

8.1.3.1 Monolithic Integrated Circuits: الدوائر المتكاملة احادية البلورة:

ان العناصر الفعالة والغير فعالة تصنع وتجمع على رقاقة (شريحة) واحدة من السليكون. وتعد طريقة صناعة الدوائر المتكاملة بهذه التقنية اكثر شيوعاً، حيث تم صناعة دوائر متكاملة تعمل بكفاءة جيدة عند الترددات العالية جداً. كما تم صناعة دائرة متكاملة تجارياً بحيث تحوي في حدود (500000) ترانزستور بهذه الصيغة. لاجل فهم صناعة دائرة متكاملة احادية البلورة نناقش المثال التالي:

مثال:

ارسم مقطعاً عرضياً للدائرة المتكاملة بتقنية احادية البلورة للدائرة الالكترونية المبينة بالشكل (8.2)، ثم وضح خطوات تصنيع الدائرة المتكاملة.

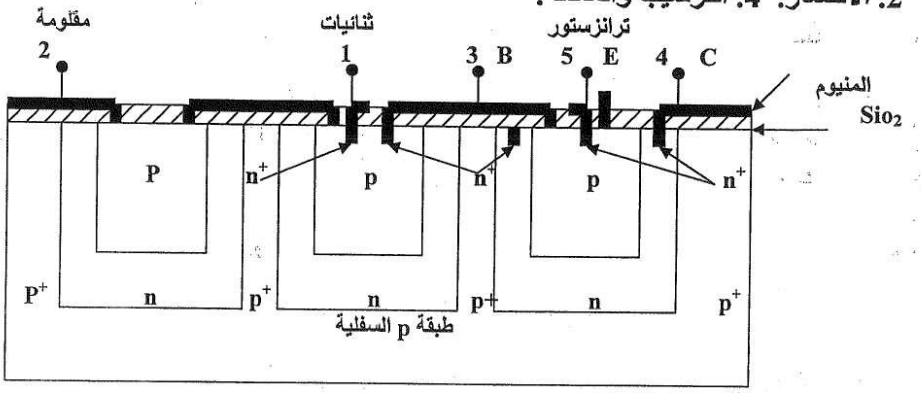


الشكل (8.2).

الحل:

يوضح الشكل (8.3) المقطع العرضي للدائرة الالكترونية المبينة في الشكل (8.2). تطبق الخطوات المبينة في الفقرة (8.1.2) لتصنيع هذه الدائرة المتكاملة. الا ان صناعة كل دائرة متكاملة تمرر خلال العمليات الدقيقة التالية:

1. نمو الترتيب الفوقي. 3. الاكسدة.
2. الانتشار. 4. الترسيب والمعدنة.



الشكل (8.3).

8.1.3.2 Film Circuits: دوائر الأغشية:

تختلف دوائر الاغشية عن الدوائر احادية القطعة بأن الاولى اكبر حجماً وتستخدم هذه التقنية في صناعة العناصر غير الفعالة. وتصنع هذه العناصر عادةً بترسيب مواد موصلة او غير موصلة فوق السفلية (أرضية العنصر) العازلة او غير الفعالة. ومن خصائص دوائر الاغشية امكانية التحكم في قيم المقاومات والمتسعات بدقة عالية خلال مرحلة التصنيع، عن طريق ازالة الاجزاء الزائدة وصولاً الى القيم المطلوبة. وتقسم دوائر الاغشية الى صنفين، على الرغم من عدم وجود اختلاف كبير بينهما. باستثناء السمك، وهما الغشاء الرقيق (10^{-3}mil) والغشاء السميك (10^{-1}mil).

8.1.3.2.1 Thin Films: الأغشية الرقيقة:

تصنع الدوائر المتكاملة بتقنية الغشاء الرقيق من حيث المبدأ، أما بطريقة التبخير المفرغ أو الرشق المهبطي. ولا تخلو هاتين الطريقتين من عمليات الاقنعة والاستنساخ الضوئي كما هو الحال في الدوائر المتكاملة احادية القطعة. أما المواد المستخدمة في صناعة الرقائق المتكاملة فتشمل سبائك النيكل- كروم والتنتاليوم. وتعد سبائك النيكل كروم الأكثر شيوعاً.

8.1.3.2.2 Thick Films: الأغشية السميكة:

يميز الغشاء السميك عن الغشاء الرقيق بعمق الموصل. حيث يتراوح عمق الموصل في دوائر الغشاء السميك بين (10^{-3}mil - 10^{-1}) في حين يكون العمق في الغشاء الرقيق بين (10^{-3} - 10^{-5}) لهذا تعتبر كلتيهما رقيقة بالمقاييس المألوفة، على الرغم من ان دوائر الاغشية السميكة اشد صلابة ورخيصة اضافة الى سهولة تصنيعها. والغشاء السميك ما هو الا عملية صبغية الى حد ما. ان قيم المقاومات في الاغشية السميكة تتراوح بين (20Ω الى 1MΩ). في حين تكون قيم المتسعات بين (20pF الى 5000pF).

8.1.4 Transistors Fabrication: تصنيع الترانزستورات المتكاملة:

لا يختلف الترانزستور المستوي في صناعته عن ترانزستورات الدوائر المتكاملة احادية القطعة، ولكن في الدوائر المتكاملة يتم عزل الجامع عن الطبقة السفلية بواسطة توفير انحياز عكسي للثنائيات. غير ان هذا الاسلوب قد ينتج بعض المتاعب، لأن هذه الثنائيات تغطي أرضية الرقاقة بالكامل مما تولد وتضيف متسعات خيالية الى قطب الجامع وتزيد من مسار تيار التسرب وطول مسار تيار الجامع مولداً ارتفاع في مقاومة الجامع وفولتية التشبع. الا ان هذه التأثيرات يتغلب عليها في دوائر القطعة الواحدة، لان جميع الترانزستورات تكون متقاربة عن بعضها مما يحقق التوافق بنسبة كبيرة بين خصائصها.

8.1.5 Resistors Fabrication: تصنيع المقاومات المتكاملة:

عند صناعة مقاومة من أشباه المواصلات في الدوائر المتكاملة يكون التركيز على الثوابت الفيزيائية للمواد. وهذه الثوابت تعتمد على المقاومة النوعية للمادة والتي يعبر عنها بالرمز (ρ).

$$R = \rho \frac{l}{a}$$

حيث ان:

ρ: المقاومة النوعية للمادة.

ℓ: طول المسار.

a: مساحة المقطع.

ويمكن كتابة المعادلة اعلاه بالشكل التالي:

$$R = \frac{\rho}{t}\frac{L}{W} \ldots\ldots\ldots (\Omega)$$

حيث ان:

t: سمك المساحة المصنوع منها المقاومة.

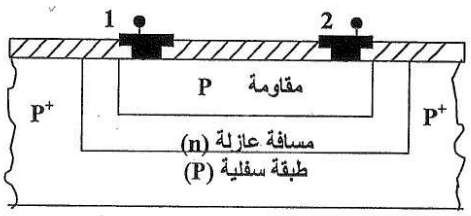
L: طول المقاومة.

W: عرض المقاومة.

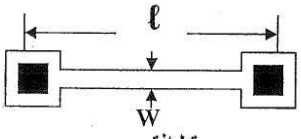
وقد اعتمدت حساب المقاومة على سمك المادة وسميت المادة بالمقاومة السطحية او الصفيحة (Sheet Resistance (R_s))

$$R_s = \frac{\rho}{t} \ldots\ldots\ldots (\Omega/square)$$

في الدوائرالمتكاملة احادية القطعة، تصنع المقاومات باستغلال صفة الانتشار، حيث يتم انتشار شوائب قابلة او مانحة في الطبقة العازلة. ومن هنا يتضح ان قيمة المقاومة المنتجة تعتمد على تركيز ذرات الشوائب وعمق الانتشار. ففي حالة تكون مقاومة بأنتشار قاعدة الترانزستور يكون تركيز الشوائب وعمق الانتشار ثابتين لذلك تصنع المقاومات على شرائح رفيعة وطويلة كما في الشكل (8.4).



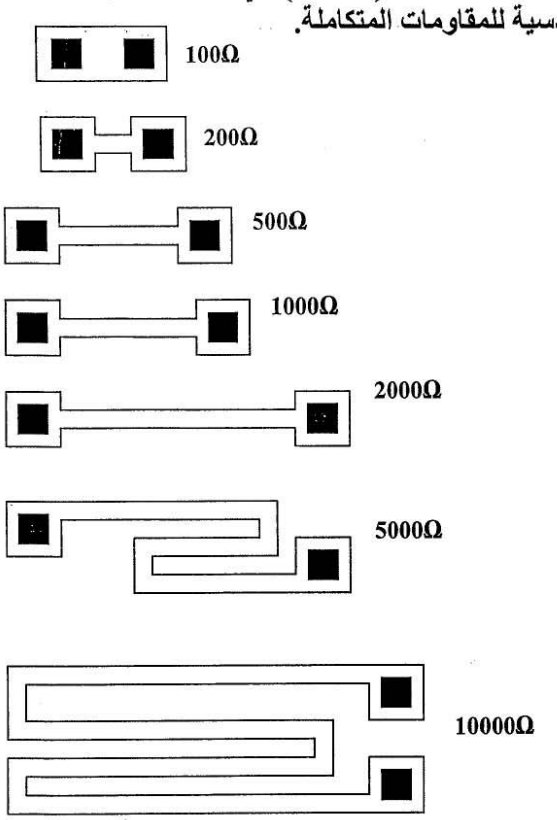
مقطع جانبي



مسقط افقي

الشكل (8.4) المقاومة المتكاملة في دوائر احادية القطعة.

ولما كان انتشار القاعدة على سبيل المثال، يعطي مقاومة بحدود (100) أوم لكل مربع، هذا يعني، ان العرض المثالي للمقاومة يكون 12 مايكروميتر و (120mm) لمقاومة قيمتها (1KΩ). وقد امكن صناعة مقاومة بقيمة (40KΩ) في دوائر القطعة الواحدة. ويوضح الشكل (8.5) بعض الاشكال الهندسية للمقاومات المتكاملة.



الشكل (8.5).

مما لا شك فيه ان درجة الحرارة تؤثر على القدرة المتبددة في وحدة المساحة من الطبقة السفلية. فاذا كانت القيمة العظمى للقدرة المسموحة في وحدة المساحة هي (P_m) وعليه تصبح القدرة الفعلية المبددة هي:

$$P = P_m \times a = P_m \times Wl$$

مثال: سطح شريحة يحتوي على (9) مربعات، والتلامس عند الطرفين يناظر (1.3) مربع فاذا كانت المقاومة السطحية مساوية (1KΩ/□) احسب قيمة المقاومة.

الحل:

R=(9□+1.3□)×1KΩ/□=10.3KΩ

8.1.6 Capacitors Fabrication: تصنيع المتسعات المتكاملة:

تصنع المتسعات ضمن بنية الدوائر المتكاملة باستغلال الوصلات (Junctions) بين الطبقات المتباينة مثل وصلة (P-N). وتعد هذه الطريقة من اسهل التقنيات في صناعة المتسعات. وتعتمد قيمة المتسعة على مقدا الجهد المسلط. حيث تصل المتسعات لهذا النوع الى (300pF). الا ان هذه الطريقة غير ملائمة لتصنيع متسعات عالية القيمة وبدقة عالية بسبب حاجتها الى مساحات واسعة قد تفوق المساحات المستغلة للترانزستورات. وتحسب المتسعة تبعاً للمعادلة التالية:

$$C = \frac{\epsilon}{t}$$

$$\epsilon = \epsilon_o \epsilon_r$$

حيث ان:

ϵ_o: نفاذية الهواء.

ϵ_r: ثابت العزل لثاني اوكسيد السليكون.

t: سمك الطبقةالعازلة.

C: سعة المتسعة بالفاراد.

:H.W

1. قارن بين صناعة الترانزستور المستوي وترانزستور الدائرة المتكاملة معززاً بمقطع عرضي للترانزستورين.
2. اذا كانت نسبة طول المقاومة الى عرضها هي (10) وقيمة المقاومة لكل مربع هي (200) احسب قيمة المقاومة.
3. مقاومة قيمتها (10KΩ) صنعت بتقنية الغشاء الرقيق، فاذا كانت المقاومة السطحية ذات قيمة (1KΩ□) والقيمة الفعلية للقدرة المبددة (0.5W) وللقدرة العظمى المبددة ($10W/cm^2$) استخرج ابعاد المقاومة.
4. احسب سمك العازل لمتسعة ذات سعة (50nF).

الاختبار البعدي:

1. قارن بين صناعة الترانزستور المستوي وترانزستور الدائرة المتكاملة معززاً بمقطع عرضي للترانزستورين.
2. اذا كانت نسبة طول المقاومة الى عرضها هي (10) وقيمة المقاومة لكل مربع هي (200) احسب قيمة المقاومة.
3. مقاومة قيمتها (10KΩ) صنعت بتقنية الغشاء الرقيق، فاذا كانت المقاومة السطحية ذات قيمة (1KΩ□) والقيمة الفعلية للقدرة المبددة (0.5W) وللقدرة العظمى المبددة ($10W/cm^2$) استخرج ابعاد المقاومة.
4. احسب سمك العازل لمتسعة ذات سعة (50nF).

المصادر:

1. الدوائر الالكترونية، تأليف: ضياءمهدي فارس، يوسف ابراهيم طه، و صباح دانييال رفو. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/ هيئة التعليم التقني/ مطبعة جامعة الموصل/ 2002.

2. مبادئ الالكترونيات، تأليف مالفينو/ ترجمة: د. رياض كمال، بدر محمد علي هيئة التعليم التقني/ مطبعة جامعة الموصل.

References:

3. Thomas L. Floyd, Electronic Devices, Second Edition. Merrill Publishing Company. A Bell & Howell Information Compan Colubus Toronto London Melbourne.

- **المصادر** الاساسية :+

(اساسيات الالكترونيك:

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

- **المصادر المقترحة:**
- **Thomas, L.F.(2000 Electronic devices , 2nd ed., Merrill Publishing Company. London.**
- **روابط مقترحة ذات صلة:**
- يذكر هنا بعض الروابط ذات الصلة بالمواضيع الخاصة بالمحتوى لزيادة المعرفة او المهارة كان يذر بعض روابط اليوتيوب لمحاضرات ضمن نفس المواضيع او تقدم شرح مفصل لبعض. الفقرات التي لم يتم تغطيتها في المحاضرة ويفضل. ان تكون بصيغة رمز الاستجابة السريع QRC