وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الجنوبية
المعهد التقني العمارة
قسم التقنيات الالكترونية والاتصالات

الحقيبة التدريسية لمادة

الدوائر الالكترونية

الصف الثاني

تدريسي المادة

م.خليل اسماعيل عبد الزهرة

الفصل الدراسي الثاني

جدول مفردات مادة الدوائر الالكترونية

الاسبوع	المفردات
1	دائرة الطارح ومعادلات الحساب لطرح فولتيتي ادخال VO=V2-V1-دائرة تطبيقية
3-2	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.
4	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
5	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.
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.
7	مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات-مولد الموجة المربعة –دائرته-اشتقاق المعادلة الخاصة بتردد موجة الإخراج تحوير الدائرة لإعطاء موجة مستطيلة – مثال-تصميم الدائرة.
8	مولد النبضة المهزاز أحادي الاستقرارية دائرته-فكرة العمل-رسم الموجات-اشتقاق المعادلة الخاصة بعرض نبضة الإخراج-مثال-تصميم-الدائرة .
9	مولد الموجة المثلثة-الدائرة-فكرة العمل-رسم الموجات-اشتقاق المعادلات الخاصة بذلك-اشتقاق معادلة التردد لموجة الإخراج.
11-10	الحاسبة التناظرية –تصميمها-أمثلة محلولة-المؤقت الزمني 555–تركيبه – مخططات لاستخدامه في الهزازت-معادلات حساب زمن عرض النبضه –أمثلة محلولة.
12	مرشحات RC الفعالة-مميزاتها-خواصها--HPF-LPF- (الميزات-الخواص-المعادلات-منحنيات الاستجابه –أمثلة حسابية)
13	مرشحات RC الفعالة-BSFBPF- مميزاتها-خواصها-- (الميزات-الخواص-المعادلات-منحنيات الاستجابه –أمثلة حسابية
14	الطرق الأساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة (أحادية البلورة-رقيقة الأغشية وسميكة الأغشية)
15	تصنيع دائرة متكاملة لترانزستور نوع NPN –تصنيع مقاومات ومتسعات متكاملة –تصنع دائرة متكاملة لدائرة الكترونية بسيطة.

الهدف من دراسة مادة الدوائر الالكترونية (الهدف العام):

تهدف دراسة مادة الدوائر الالكترونية للصف الثاني الى:

1) تعريف الطالب الدوائر الالكترونية الأساسية .
2) طرق تصميم الدوائر الالكترونية
3) استخدام الدوائر الالكترونية في تطبيقات عملية عديدة.

الفئة المستهدفة:

طلبة الصف الثاني / قسم التقنيات الالكترونية والاتصالات

التقنيات التربوية المستخدمة:

1. سبورة واقلام
2. السبورة التفاعلية
3. عارض البيانات Data Show
4. جهاز حاسوب محمول Laptop

الاسبوع الأول

الهدف التعليمي:

1- التعرف على نظرية العمل .
2- خصائص الدائره .
3- اهم الاستخدامات.

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

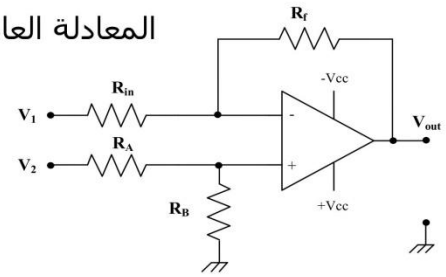
عنوان المحاضرة: دائرة الطارح

الطارح Subtractor

تقوم دائرة الطارح بطرح اشارتين كل منهما على أحد طرفي الإدخال، وتسمى أيضاً المكبر الفرقي أو المكبر التفاضلي.
ملاحظة: توجد أكثر من دائرة للطارح، وسوف نختار أحدها:

المعادلة العامة للطارح ..... (1)

$$V_{out}=\left(1+\frac{R_f}{R_{in}}\right)\left(\frac{(V_2*R_B}{R_A+R_B}\right)-\frac{R_f}{R_{in}}.V_1$$



(دائرة الطارح)

وإذا كانت RA=RB و Rf=Rin فإن علاقة الإخراج تكون:

$$V_{out}=(V_2-V_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

يتم الحصول على المعادلة (1) وهي المعادلة العامة للطارح باستخدام نظرية التراكب (Super Position) المعروفة في الدوائر الكهربائية وكما يلي:

$$V_{out1}=-\frac{R_f}{R_{in}}.V_1 \quad , \quad V_{out2}=\left(1+\frac{R_f}{R_{in}}\right)\left(\frac{R_B*V_2}{R_A+R_B}\right)$$

وبجمع V_{out1} مع V_{out2} نحصل على V_{out} المبين في المعادلة (1).
أما المعادلة (2) فهي ناتجة عن تبسيط المعادلة (1) وكما يلي:
لو فرضنا أن $R_A=R_B=R'$ & $R_f=R_{in}=R$ وتعويض هذه القيم نحصل على:

$$V_{out}=\left(1+\frac{R}{R}\right)\left(\frac{R'*V_2}{R'+R'}\right)-\frac{R}{R}.V_1$$

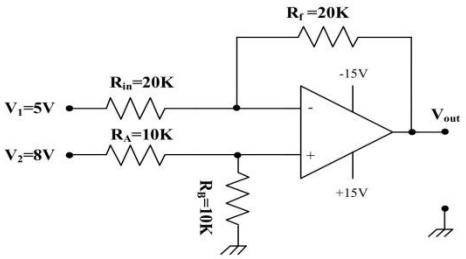
$$=(1+1)\left(\frac{R'*V_2}{2R'}\right)-V_1=V_2-V_1$$

ملاحظة: إذا كانت مواقع V_1 & V_2 متبادلة فإن المعادلة (2) ستكون: $V_{out}=V_2-V_1$ (لماذا؟)

مثال: في دائرة الطارح إذا كانت $R_f=R_{in}=20K$ & $R_A=R_B=10K$ و $Vcc=\pm 15V$، $V_1=5V$، $V_2=8V$. أوجد فولتية الإخراج في الدائرة.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.

$$V_{out}=V_2-V_1$$
$$=8-5$$
$$=3V$$ و.هـ.م



ملاحظة: إذا كانت V1=8V و V2=5V فإن فولتية الإخراج تكون:

$$V_{out}=5-8=-3V$$

مثال: ارسم دائرة مكبر العمليات التي يكون فيها الإخراج كما في المعادلة أدناه. إذا كانت مقاومة التغذية العكسية (R_F=75KΩ).

$$V_{out} = 7.5V_1 + 4V_2 + 10V_3$$

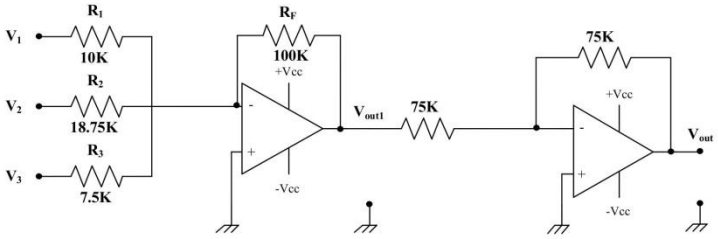
الحل:

$$\frac{R_F}{R_1} = 7.5 \Rightarrow R_1 = \frac{75}{7.5} = 10K\Omega$$

$$\frac{R_F}{R_2} = 4 \Rightarrow R_2 = \frac{75}{4} = 18.75K\Omega$$

وعليه يكون رسم الدائرة المطلوب كما يلي:

$$\frac{R_F}{R_3} = 10 \Rightarrow R_3 = \frac{75}{10} = 7.5K\Omega$$



(قالب الاشارة) (مكبر جامع قالب)

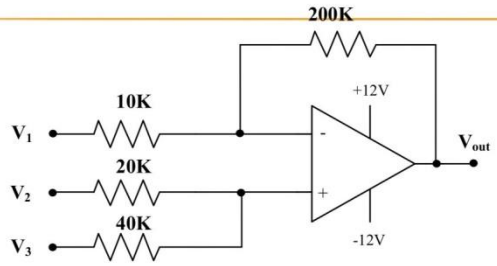
$$V_{out1} = -7.5V_1 - 4V_2 - 10V_3$$

$$= -(7.5V_1 + 4V_2 + 10V_3)$$

$$V_{out} = 7.5V_1 + 4V_2 + 10V_3$$

و.ه.م

مثال: أوجد معادلة الإخراج للدائرة المرسومة أدناه:



الحل:

V_{o1} = الإخراج الناتج من V_1 = $\frac{-200}{10}.V_1 = -20*V_1$

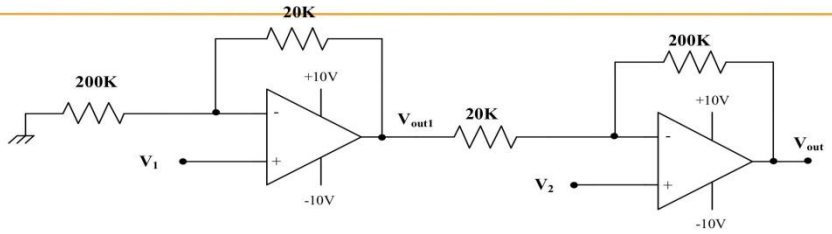
V_{o2} = الإخراج الناتج من V_2 = $\left(1+\frac{200}{10}\right).V_2 * \left(\frac{40}{20+40}\right) = 14*V_2$

V_{o3} = الإخراج الناتج من V_3 = $\left(1+\frac{200}{10}\right).V_3 * \left(\frac{20}{20+40}\right) = 7*V_3$

$$V_{out} = V_{o1} + V_{o2} + V_{o3}$$

$$V_{out} = -20V_1 + 14V_2 + 7V_3$$

مثال: أوجد معادلة الإخراج لدائرة مكبر العمليات المرسومة أدناه:



$$V_o = \left(1 + \frac{20}{200}\right).V_1 = 1.1V_1$$

الحل:

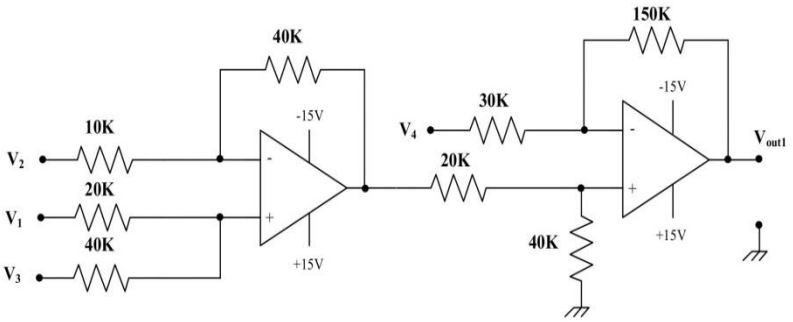
$$V_{out1} = V_o \text{ من الناتج الإخراج} = \frac{-200}{10}.V_o = -10*1.1V_1 = -11*V_1$$

$$V_{out2} = V_2 \text{ من الناتج الإخراج} = \left(1 + \frac{200}{20}\right).V_2 = 11*V_1$$

$$V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$$

$$V_{out} = -11V_1 + 11V_2$$ و.هـ.م

واجب: أوجد معادلة فولتية الإخراج للدائرة المرسومة أدناه:



ملاحظة: في مثل هذه الدوائر نقوم بإيجاد فولتية الإخراج للمرحلة الأولى ومن ثم اعتبارها احد إدخالات المرحلة الثانية.

الاسبوع الثاني والثالث

الهدف التعليمي:

1- التعرف على نظرية العمل .
2- خصائص الدائره .
3- اهم الاستخدامات.

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

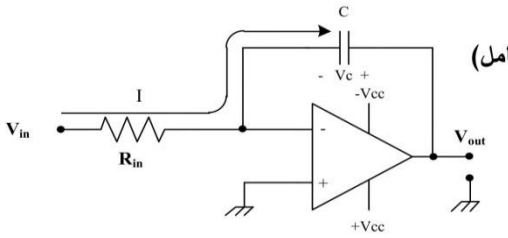
عنوان المحاضرة: تطبيقات مكبر العمليات-المكامل

المكامل Integrator

تقوم دائرة المكامل بإجراء عملية التكامل الرياضية لإشارة الإدخال، وفيها تشابه مع دائرة المكبر القالب (ماهو؟) وتستخدم هذه الدائرة في تحويل الموجة المربعة إلى موجة مثلثة وكذلك تستخدم في الحاسبة التناظرية (Analog Computer).

$$V_{out} = \frac{-1}{R_{in} * C} \int_0^t V_{in}\ dt$$

(دائرة المكامل)



لأجل الحصول على المعادلة أعلاه تتبع الخطوات التالية:

$I = \frac{V_{in}}{R_{in}}$ $\quad I = \frac{dQ}{dt}$ علاقة عامة $\quad \therefore \quad \frac{dQ}{dt} = \frac{V_{in}}{R_{in}}$ بالتعويض

$V_{out} = -V_C \quad , \quad V_C = \frac{Q}{C}$ علاقة الفولتية على المتسعة

$\frac{Q}{C} = -V_{out}$ بالتعويض $\quad \therefore Q = -C.V_{out}$ ..... (1)

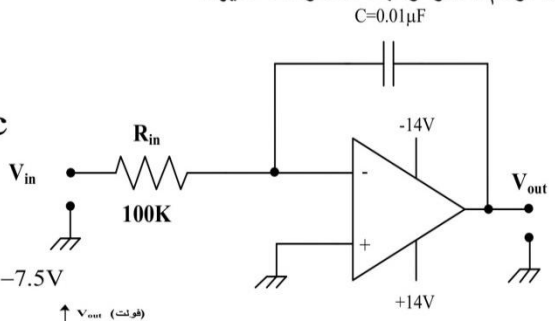
بأخذ مشتقة الطرفين للمعادلة (1) بالنسبة للزمن ينتج:

$\frac{dQ}{dt} = -C\frac{dV_{out}}{dt} \quad , \quad \frac{V_{in}}{R_{in}} = -C\frac{dV_{out}}{dt} \quad \frac{dV_{out}}{dt} = \frac{-V_{in}}{R_{in} * C} \Rightarrow dV_{out} = \frac{-1}{R_{in} * C}.V_{in}\ dt$ ..... (2)

وبإجراء تكامل الطرفين للمعادلة (2) نحصل على المعادلة المطلوبة.

مثال: في دائرة المكامل إذا كانت المقاومة تساوي 100KΩ والمتسعة 0.1µF و Vcc=±14V. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى اشارة إدخال مربعة ذو قيمة 30 Vp-p وبتردد 100Hz.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.



زمن الموجة $= 10ms = \frac{1}{100Hz} = \frac{1}{F}$

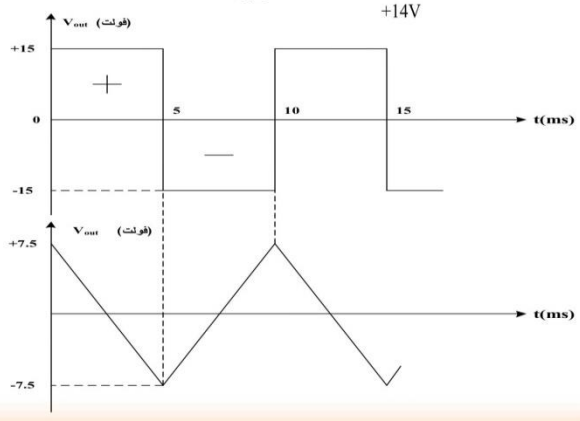
$R_{in} * C = 100 * 10^3 * 0.1 * 10^{-6} = 0.01sec$

تكامل النصف الموجب لموجة الإدخال Vin:

$$V_{out} = \frac{-1}{R_{in} * C} \int_0^t V_{in}\ dt = -0.01 * \left(\int_0^{5ms} 15\ dt \right) = -100 * (15 * 5 * 10^{-3}) = -7.5V$$

أما تكامل النصف السالب لموجة الـ Vin:

$$V_{out} = -0.01 * \left(\int_{0.5ms}^{10ms} -15\ dt \right) = 100 * 15 * (10 - 5) * 10^{-3} = -7.5V$$



مثال: في دائرة المفاضل إذا كانت المقاومة R_f=10K والمتسعة C=0.02μF، Vcc=±15V. المطلوب رسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى فولتية الإدخال المثلثية المعطاة.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها

للفترة من 0 إلى 2ms لموجة الإدخال يكون الإخراج V_{out} كما يلي:

$$V_{out} = -R_f * C * \frac{\Delta V_{in}}{\Delta t}$$

$$= -10*10^{3} * 0.02*10^{-6} * \frac{5-(-5)}{(2-0)ms}$$

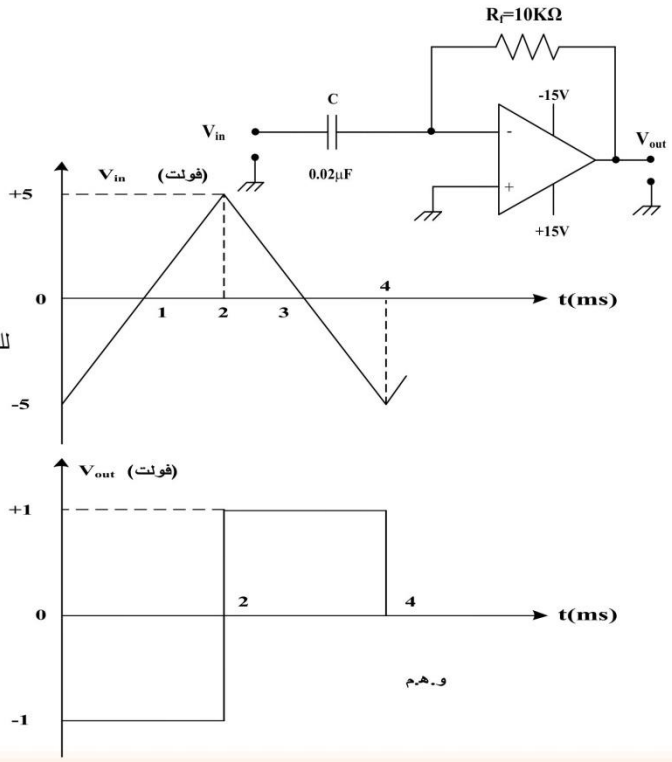
$$= -0.2*10^{-3} * \frac{10}{2*10^{-3}} \quad = -1V$$

للفترة من 2ms إلى 4ms لموجة الإدخال يكون الإخراج V_{out} كما يلي:

$$V_{out} = -R_f * C * \frac{\Delta V_{in}}{\Delta t}$$

$$= -0.2*10^{3} * \frac{-5-(+5)}{4*10^{-3}-2*10^{-3}}$$

$$= -0.2*10^{-3} * \frac{-10}{2*10^{-3}} \quad = +1V$$



الاسبوع الرابع

الهدف التعليمي:

1- التعرف على نظرية العمل .
2- خصائص الدائره .
3- اهم الاستخدامات.

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

6. أنشطة تفاعلية صفية
7. أسئلة عصف ذهني
8. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
9. واجب بيتي
10. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

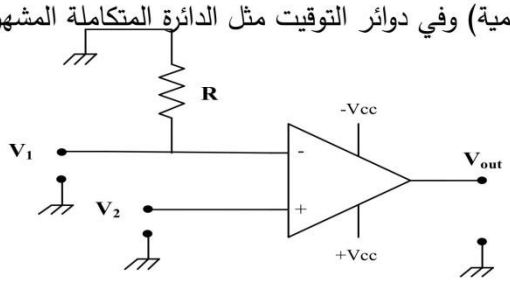
4. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
5. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
6. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: المقارن

المقارن التناظري (Analog Comparator)

تقوم دائرة المقارن بمقارنة اشارتي إدخال احدهما على الطرف القالب والأخرى على الطرف غير القالب ويسمى عادة (فولتية المرجع V_R). وتكون دائرة المقارن مشابهة لدائرة الطارح (المكبر الفرقي أو المكبر التفاضلي) مع وجود فروقات كما سنوضح ذلك في جدول خاص. وللمقارن استخدامات كثيرة مثل تحويل التناظري إلى رقمي A/D وفي السيطرة على اشتغال دوائر الكترونية (تناظرية أو رقمية) وفي دوائر التوقيت مثل الدائرة المتكاملة المشهورة 555 وغيرها.

دائرة المقارن التناظري



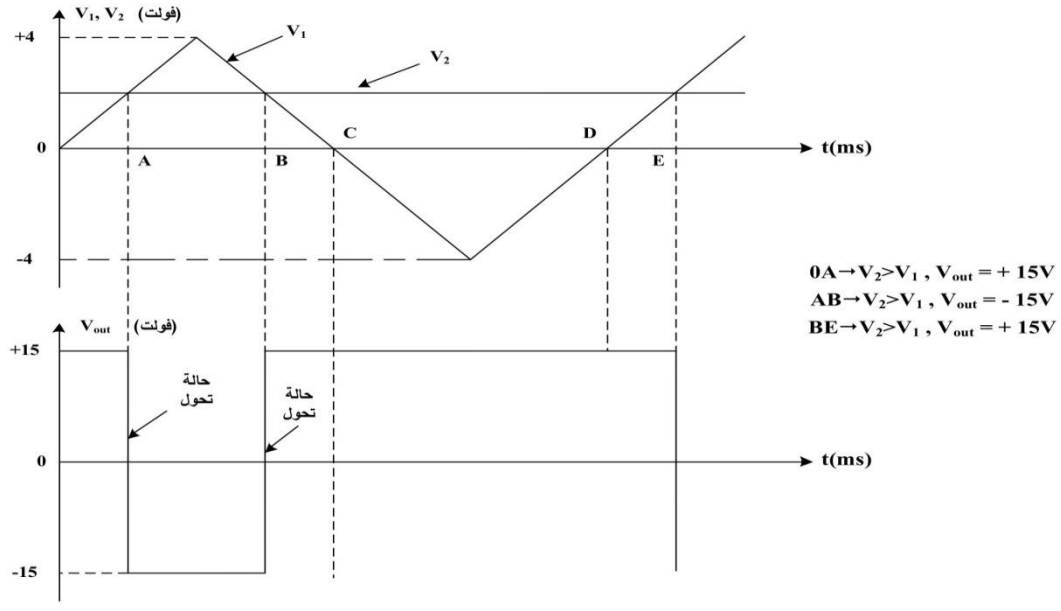
ملاحظة: دائرة المقارن التناظري ليس لها معادلة فولتية إخراج كما في الدوائر التي مرت علينا ولكن لها جدول عمل كما موشح أدناه.

جدول عمل المقارن التناظري

حالة الإدخال	حالة الإخراج
$V_1 > V_2$	$V_{out} = -Vcc$
$V_1 = V_2$	$V_{out} = 0$ (حالة تحول)
$V_2 > V_1$	$V_{out} = +Vcc$

مثال: في دائرة المقارن التناظري إذا كانت فولتية المرجع V_2=2V، R=10KΩ، Vcc=±15V. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى موجة فولتية الإدخال المثلثة المعطاة.

الحل:



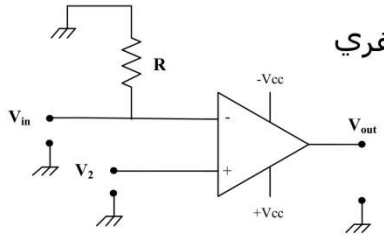
جدول مقارنة بين الطارح والمقارن

الطارح (المكبر الفرقي)	المقارن التناظري
١. أحد استخدامات مكبر العمليات.	١. أحد استخدامات مكبر العمليات.
٢. يستخدم الطرفين القالب وغير القالب.	٢. يستخدم الطرفين القالب وغير القالب.
٣. يكبر الفرق بين اشارتي الإدخال.	٣. يقارن بين اشارتي الإدخال.
٤. له تكبير فولتية محدد بسبب وجود مقاومة التغذية العكسية.	٤. له تكبير فولتية غير محدد بسبب عدم وجود مقاومة التغذية العكسية.
٥. فولتية الإخراج أقل من ±Vcc.	٥. فولتية الإخراج تساوي ±Vcc.
٦. له استخدامات محدودة.	٦. استخداماته كثيرة.
٧. رسم الدائرة	٧. رسم الدائرة.

الكاشف الصفري (Zero Crossing Detector)

وتسمى أيضاً دائرة العبور الصفري والاسم الكامل لها هو دائرة كاشف العبور الصفري، وهي عبارة عن دائرة مقارن تناظري تكون فولتية المرجع $V_2=0$. تستخدم دائرة العبور الصفري لتحويل الموجة الجيبية إلى موجة مربعة بنفس التردد. وهي تشبه دائرة المكبر القالب إلى حد ما.

دائرة العبور الصفري

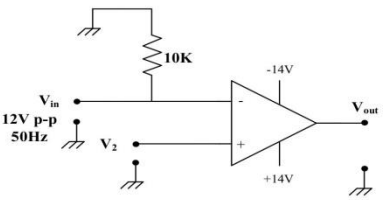


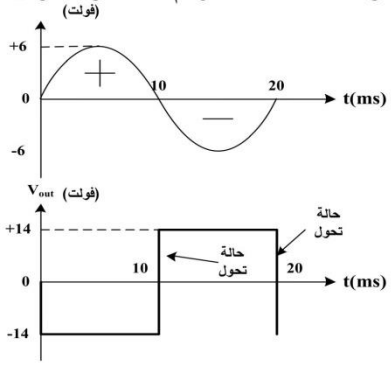
* إذا كانت 0<Vin تكون $V_{out} = -Vcc$.
* إذا كانت 0=Vin تكون حالة تحول $V_{out} = 0$.
* إذا كانت 0>Vin تكون $V_{out} = +Vcc$.

جدول عمل دائرة العبور الصفري

مثال: في دائرة العبور الصفري إذا كانت Vin موجة جيبية 12V p-p وبتردد 50Hz، R=10KΩ و Vcc=±14V. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.





في النصف الموجب لموجة الإدخال تكون $V_{in}>0$ وعندها $V_{out}=-14V$.

في النصف السالب لموجة الإدخال تكون $V_{in}<0$ وعندها $V_{out}=+14V$.

الاسبوع الخامس

الهدف التعليمي:

1- التعرف على نظرية العمل .
2- خصائص الدائره .
3- اهم الاستخدامات.

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: تطبيقات لاخطية لمكبر العمليات-المقوم

Non-Linear Application OP. AMP. استخدامات لاخطية لمكبر العمليات

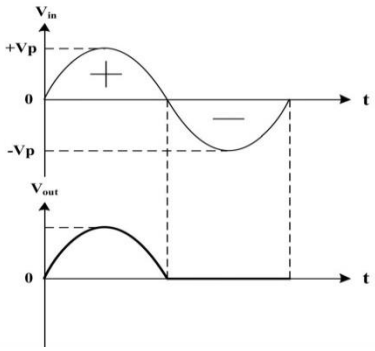
(Using OP. AMP. In wave Rectification) استخدام مكبر العمليات في توحيد الموجة

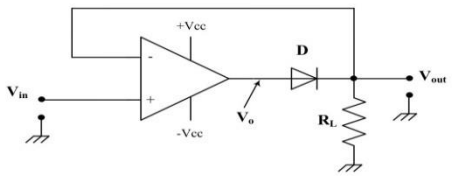
أن ثنائيات التوحيد الاعتيادية لا تصلح لتوحيد (تقويم) الاشارات الصغيرة لأن هذه الثنائيات تحتاج إلى قيمة معينة من فولتية الإدخال تتجاوز الجهد الحاجز (0.7V لثنائيات السيليكون و 0.3V لثنائيات الجرمانيوم) لكي تنحاز أمامياً وتقوم بالتوصيل من خلالها.
وللتغلب على هذه المشكلة يستفاد من امكانيات مكبر العمليات حيث يقوم بتقليل الجهد الحاجز إلى قيم قليلة لا تتجاوز 10 مايكروفولت، وعندها يسمى الثنائي بالثنائي الدقيق (Microdiode).
ويستخدم الثنائي الدقيق في: التوحيد، كشف الذروة، قطع والزام الاشارات ذات القيم الواطئة.

موحد نصف الموجة باستخدام الثنائي الدقيق

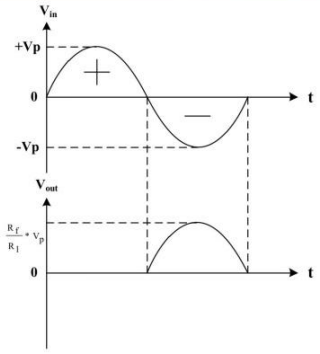
نظرية العمل:

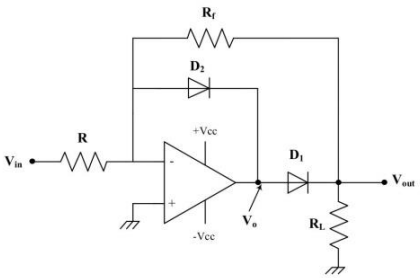
عند الجزء الموجب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_o موجباً مما يسبب احياز أمامي للثنائي D أي يكون في حالة توصيل (ON) وعندها تتحول الدائرة إلى دائرة تابع الفولتية حيث $V_{out}=V_{in}$ أما في الجزء السالب لموجة الإدخال يكون Vo سالباً مما يسبب قطع (OFF) للثنائي D وعليه يكون V_{out} صفراً. ويكون شكل موجة الـ V_{out} كما مبينة بالرسم.





دائرة ثانية لموحد نصف الموجة





نظرية العمل:

في الجزء الموجب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_o سالباً مما يسبب حالة القطع (OFF) للثنائي D_1 وحالة التوصيل (ON) للثنائي D_2 وعندها يكون الإخراج V_{out} صفراً (لماذا؟).
أما في الجزء السالب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_o موجباً ويسبب حالة التوصيل (ON) للثنائي D_1 وحالة القطع (OFF) للثنائي D_2، وتتحول الدائرة إلى دائرة مكبر قالب.
حيث يكون الإخراج:

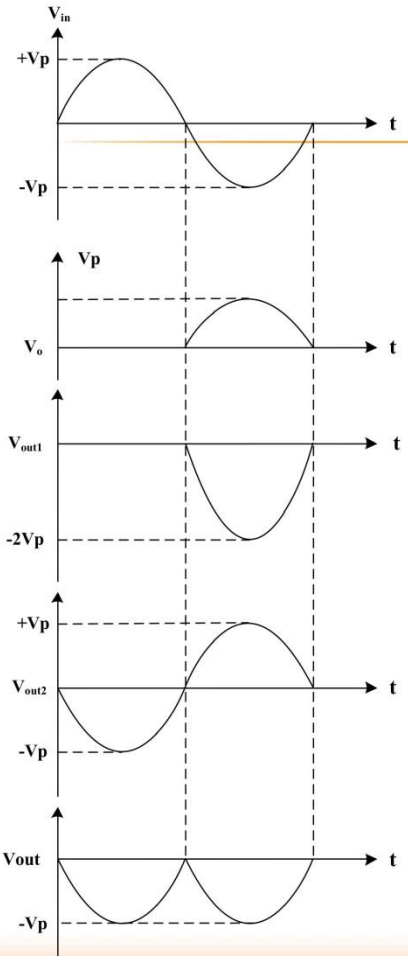
$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} * (-V_p)$$

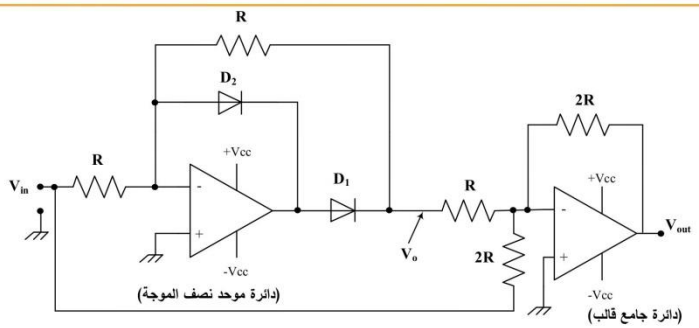
$$= \frac{R_f}{R_1} * V_p$$

وإذا كانت $R_f=R_1=R$ فإن الإخراج يكون:

$$V_{out} = V_p$$

موحد الموجة الكاملة باستخدام الثنائي الدقيق





نظرية العمل:

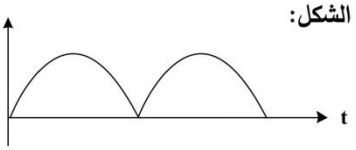
V_o هو إخراج موحد نصف الموجة.

V_{out1} هو الإخراج V_{out} الناتج من V_o كإدخال أول للجامع.

V_{out2} هو الإخراج V_{out} الناتج من V_{in} كإدخال ثان للجامع ويكون الإخراج النهائي:

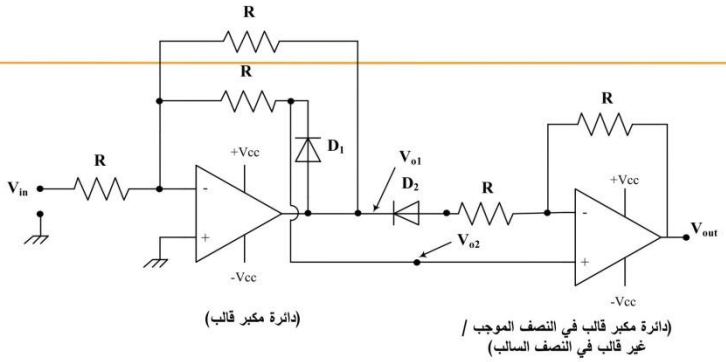
$$V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$$

ملاحظة: إذا أردنا V_{out} نبضات موجبة بهذا الشكل:



نحتاج إلى قالب اشارة يكون V_{out} اشارة الإدخال له.

دائرة ثانية لموحد الموجة الكاملة:

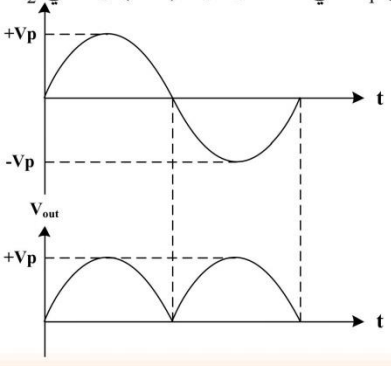


نظرية العمل:

في النصف الموجب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_{o1} سالباً (V_{o1}=-Vp) مما يسبب في قطع الثنائي D_1 أي (OFF) وتوصيل الثنائي D_2 أي (ON) ويكون V_{o2} صفراً، وعليه يكون الإخراج V_{out}=Vp (لماذا؟)

أما في النصف السالب لموجة الإدخال V_{in} يكون V_{o1} موجباً (V_{o1}=Vp) مما يجعل الثنائي D_1 في حالة توصيل (ON) والثنائي D_2 في حالة قطع (OFF) ويكون V_{o2}=V_{o1} وعليه يكون الإخراج V_{out}=Vp (لماذا؟).

وبذلك تكون موجة الإخراج V_{out} كما مبينة بالرسم.



الاسبوع السادس

الهدف التعليمي:

1- التعرف على نظرية العمل .
2- خصائص الدائره .
3- اهم الاستخدامات.

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

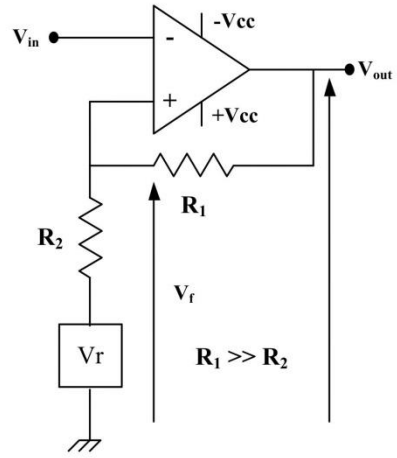
1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: قادح شميث

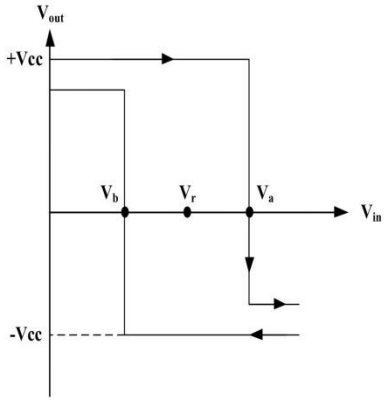
قادح (مقدلح) شميث Schmitt Trigger

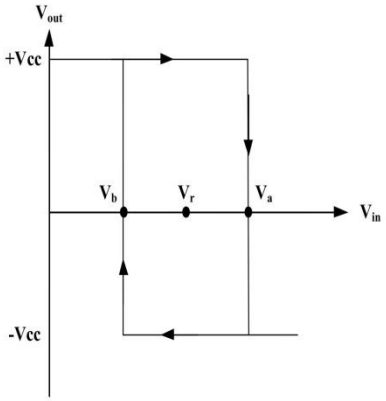
وهي من الدوائر المستخدمة كثيراً في توليد نبضات القدح لما تمتاز به من مناعة ضد الضوضاء. وقسم من دوائر البوابات المنطقية كدائرة لاو NAND (الدائرة المتكاملة 7413 والدائرة المتكاملة 74132) ودائرة النفي NOT (الدائرة المتكاملة 7414) تعتمد في تركيبها الداخلي قادح شميتّ.

ودائرته مركبة من دائرة العبور الصفري ودائرة المقارن التناظري كما موضح في الشكل أدناه، علماً أن قادح شميتّ يسمى أيضاً مقارن إعادة التوليد (Regenerating Comparator):



(دائرة قادح شميتّ)





(منحني عمل دائرة قادح شميتّ (حلقة جهد التخلفية))

حيث أن:

$V_a = V_{Utp}$ جهد القدح الأعلى (Upper trigger potential)

$V_b = V_{Ltp}$ جهد القدح الأسفل (Lower trigger potential)

الفرق بين V_a، V_b يسمى جهد التخلفية (Hysteresis Voltage).

ملاحظة:

عندما تكون $V_R=0$ فإن الدائرة نفسها تبقى مع عمل V_r دائرة قصيرة short أي أن المقاومة R_2 ترتبط مباشرة بالأرضي وعندها يكون:

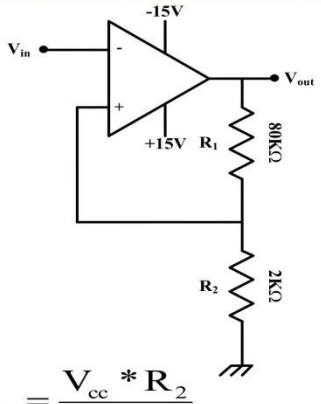
$$V_a = -V_b = V_{Utp} = -V_{Ltp} = \mp \frac{V_{cc}}{R_1 + R_2} * R_2$$

مثال:

في دائرة قادح شميث إذا كانت R_1=80K، R_2=2K، V_{cc}=±15V. أرسم موجة الإخراج نسبة إلى موجة إدخال

الحل:

نرسم الدائرة ثم نحدد القيم عليها ونوجد جهد القدح الأعلى وجهد القدح الأسفل:

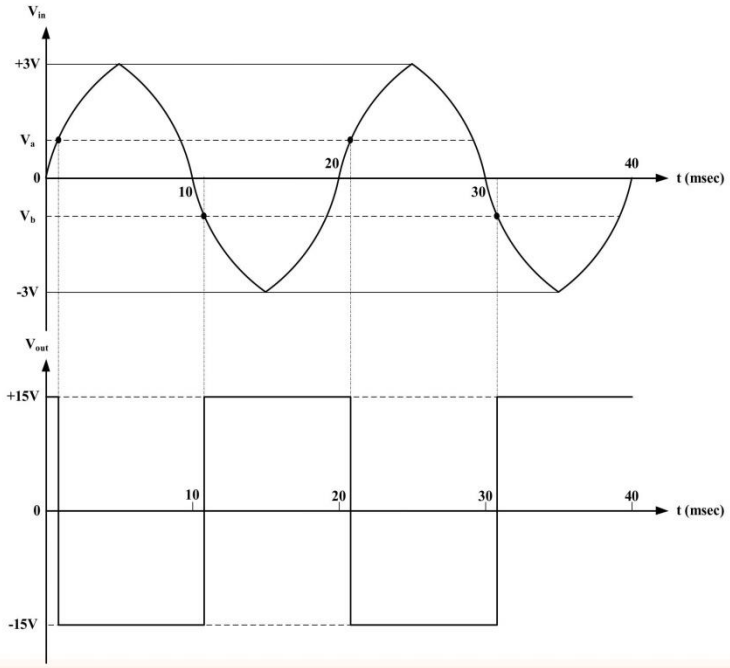


$$V_a = V_{Utp} = \frac{V_{cc} * R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{15 * 2K\Omega}{(80+2)K\Omega} = 0.37V$$

$$V_b = V_{Ltp} = -\frac{V_{cc} * R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{15 * 2K\Omega}{(80+2)K\Omega} = -0.37V$$



الاسبوع السابع

الهدف التعليمي:

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

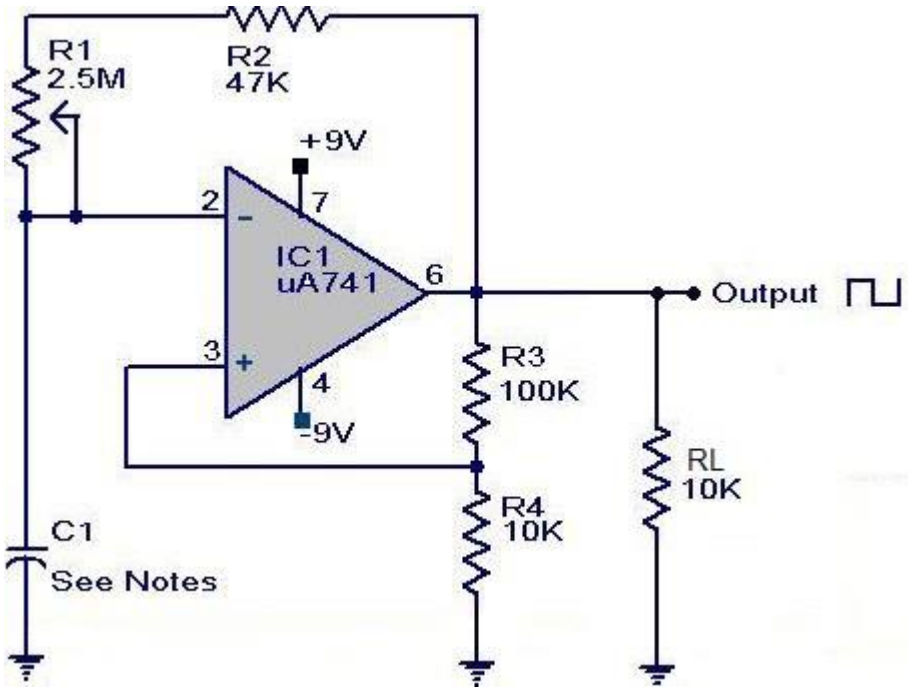
1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

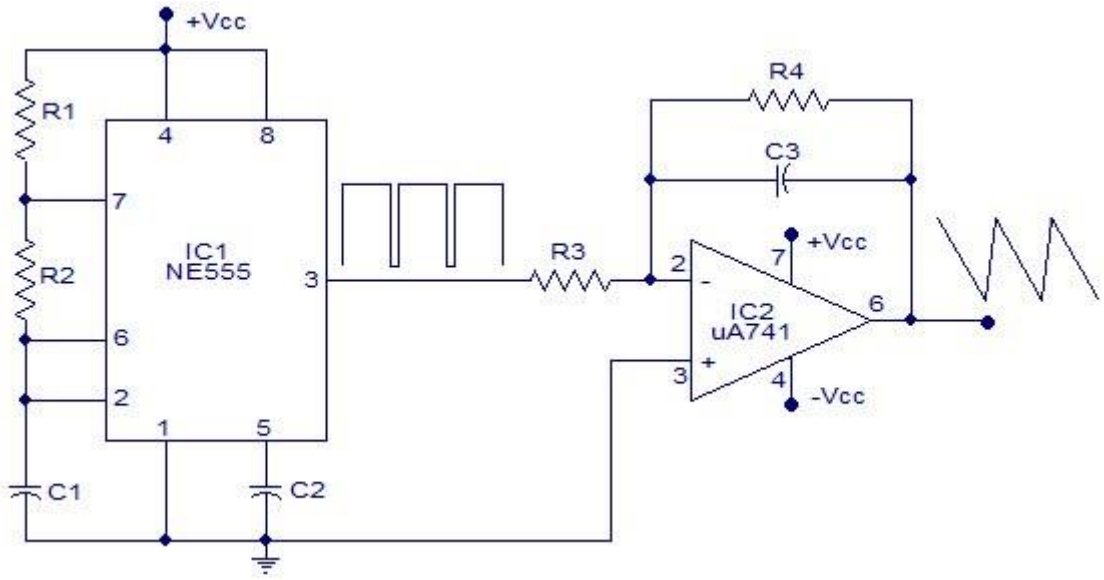
عنوان المحاضرة: مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات

يمكن تعريف الموجة المربعة بأنها شكل موجة دوري غير جيبي يمكن تمثيله كمجموع لا نهائي للموجات الجيبية. لها سعة متناوبة بتردد منتظم بين الحد الأدنى الثابت والقيمة القصوى بنفس المدة. تُستخدم مولدات الموجة المربعة بشكل عام في الإلكترونيات وفي معالجة الإشارات. الموجة المربعة هي الحالة الخاصة للموجة المستطيلة. مولد الموجة المربعة يشبه تمامًا دائرة الزناد شميت حيث يعتمد الجهد المرجعي للمقارن على جهد الخرج. يُقال أيضًا أنه متعدد الاهتزازات غير المستقر. شرح مخطط دائرة مولد الموجة المربعة مع أشكال الموجة يمكن إنشاء مولد الموجة المربعة باستخدام عاكسات الزناد شميت مثل TTL. إنها الطريقة السهلة لإنشاء مولد موجة غير مستقر أساسي. أثناء إنتاج إشارات الساعة أو التوقيت، ينتج هذا المتعدد الاهتزازات غير المستقر شكل موجة مولد موجة مربعة يتحول بين HIGHو LOW. كما نعلم أن خرج عاكس شميت هو عكس أو عكسي لدخله. من خلال إعطاء الهستيريسيس، يمكنه تغيير الحالة عند مستويات جهد مختلفة. يستخدم إجراء تشغيل شميت الذي يغير الحالة بين مستوى عتبة علوي وسفلي حيث تزداد إشارة جهد الدخل وتنخفض حول طرف الإدخال. هنا يحدد مستوى العتبة العلوي الإخراج ويعيد مستوى العتبة السفلي ضبط الإخراج. تتكون دائرة مولد الموجة المربعة البسيطة هذه من بوابة منطقية واحدة لمحول العاكس TTL 74LS14 شميت مع مكثف متصل بين طرف الإدخال والأرض ويتم توفير التغذية الراجعة الإيجابية المطلوبة لتذبذب الدائرة بواسطة مقاوم التغذية الراجعة. افترض أن الشحنة عبر لوحات المكثف أقل من مستوى عتبة شميت السفلي. لذلك يجعل الإدخال إلى العاكس عند مستوى منطقي صفر، مما ينتج عنه مستوى خرج **منطقي واحد**.

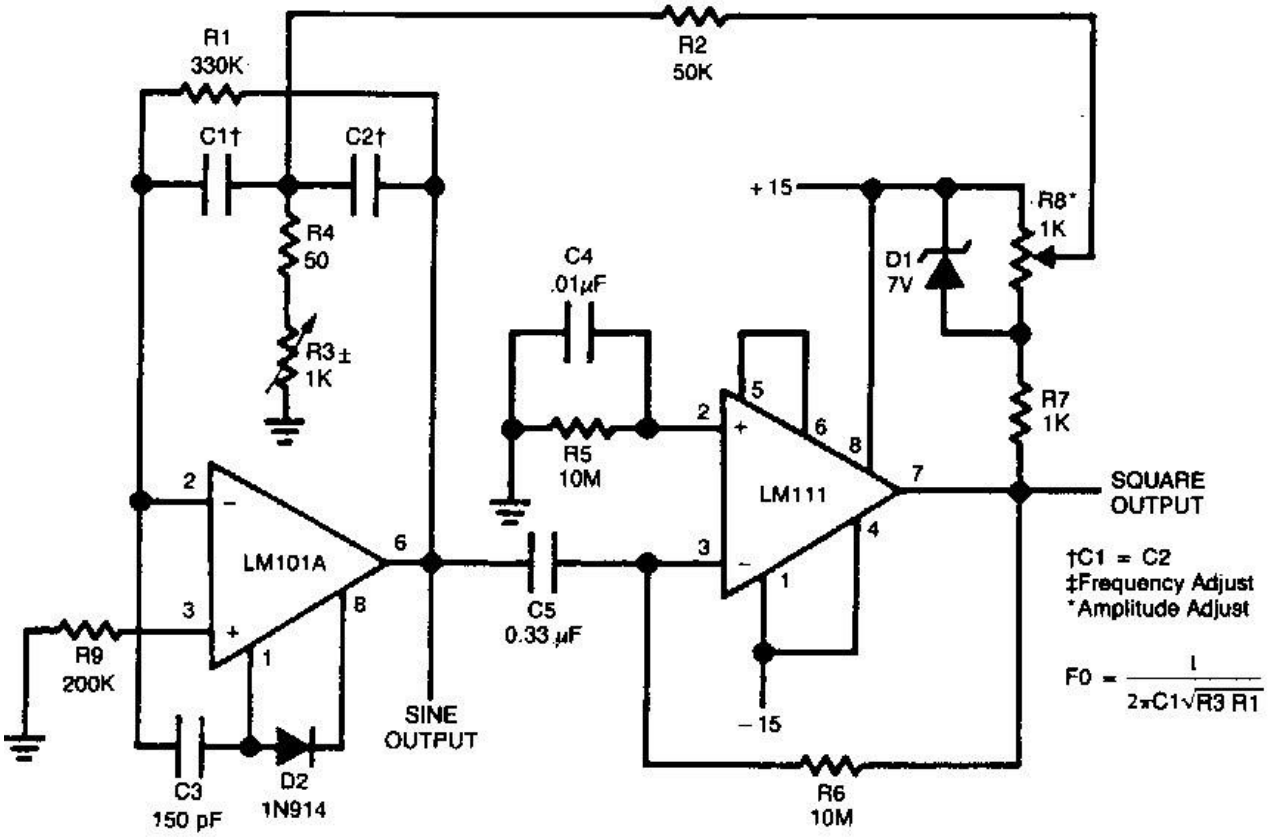


باستخدام مكبر التشغيلعمل مولد الموجة المربعةيتم توصيل المقاوم الآن بمخرج المستوى المنطقي ONE بينما يتم توصيل الجانب الآخر من المقاوم بالمكثف، والذي يكون عند مستوى صفر منطقي. يبدأ المكثف الآن في الشحن في اتجاه موجب من خلال المقاوم بمعدل يحدده ثابت الوقت RC للتركيبة.بينما تصل الشحنة عبر المكثف إلى مستوى العتبة العلوي لمحفز شميت ويتغير خرج عاكس شميت بسرعة من مستوى منطقي ONE إلى حالة مستوى منطقي صفر ويتغير التيار المتدفق عبر المقاوم في الاتجاه.سيكون تكامل الثابت، لنقل"C" ، مضاعفًا لـ "C" لـ t، حيث t هو الوقت الذي يتم خلاله التكامل، مما يعني أن الثابت الموجب سيعطي منحدرًا موجبًا وسيتكامل الثابت السالب مع منحدر سالب. من خلال جمعهما معًا نحصل على موجة مثلثة، ثم نحصل على مولد الموجة المربعة لإنتاج موجة مربعة من موجة مثلثة. هنا يتسبب التغيير الآن

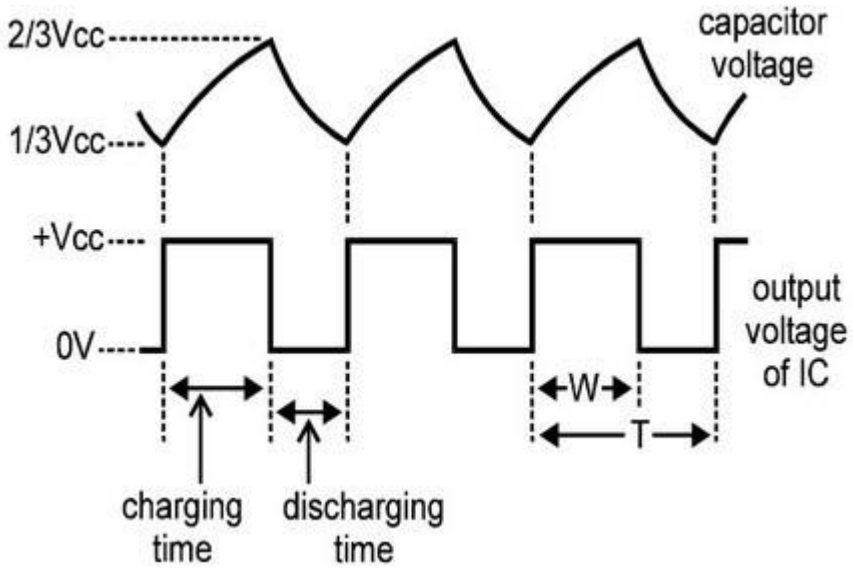
في أن يبدأ المكثف الذي تم شحنه في الأصل عبر المقاوم في تفريغ نفسه مرة أخرى عبر نفس المقاوم، حتى تصل الشحنة عبر ألواح المكثف إلى مستوى العتبة الأدنى. يتحول خرج العاكس إلى حالات أخرى مع تكرار الدورة مرارًا وتكرارًا طالما أن جهد لإمداد موجود.



المربعة باستخدام مؤقت 555 يتم شحن المكثف باستمرار وتفريغ نفسه خلال كل دورة بين مستويات المدخلات العليا والسفلى لعاكس شميت ينتج مستوى منطقي واحد أو مستوى منطقي صفر عند خرج العاكس. شكل الموجة غير متماثل ينتج دورة عمل تبلغ حوالي الثلث لأن نسبة العلامة إلى الفضاء بين HIGH و LOW هي 1 2toعلى التوالي بسبب خصائص بوابة الإدخال لمحول.TTL



يجب أيضًا إبقاء مقاومة التغذية الراجعة منخفضة إلى أقل من 1 كيلو أوم حتى تتذبذب الدائرة، حوالي 300 كيلو أوم جيدة ومن خلال تغيير قيمة المكثف لتغيير التردد. عند مستويات التردد العالية، يتغير شكل الموجة الناتجة من شكل موجة مربع الشكل إلى شكل موجة شبه منحرف حيث تتأثر خصائص الإدخال لبوابة TTL بالشحن والتفريغ السريعين. يتم إعطاء تردد التذبذب لمولدات الموجة المربعة كما هو موضح في الشكل. أشكال الموجة ونطاق التردد مع قيمة مقاومة بين 100 إلى 1 كيلو أوم وقيمة مكثف بين 1 إلى 1000 ميكروفاراد. سيعطي هذا نطاق تردد بين 1 هرتز إلى 1 ميجا هرتز تنتج الترددات العالية تشويه مولدات الموجة المربعة. لا تعمل بوابات المنطق TTL القياسية بشكل جيد للغاية كمولدات موجة مربعة بسبب خصائص الإدخال والإخراج المتوسطة وتشوه شكل الموجة الناتجة والقيمة المنخفضة لمقاومة التغذية الراجعة المطلوبة. يؤدي هذا إلى مكثف عالي القيمة للعمل بتردد منخفض. قد لا تتذبذب المذبذبات إذا كانت قيمة مكثف التغذية الراجعة صغيرة جدًا. يمكن تصنيع أجهزة الاهتزاز المتعددة غير المستقرة باستخدام تقنية منطق CMOS أفضل تعمل من الحد الأدنى إلى الحد الأقصى مثل عاكس .Schmitt يعد CMOS 40106 عاكسًا أحادي الإدخال بنفس عمل مشغل Schmittمثل TTL 74LS14 ولكن مع مناعة ضوضاء جيدة جدًا ذات مكسب مرتفع وخصائص إدخال/إخراج ممتازة لإنتاج شكل موجة خرج "أكثر مربعًا" كما هو موضح أدناه.



الاسبوع الثامن

الهدف التعليمي:

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: مولد النبضة المهزاز أحادي الاستقرارية دائرته

مذبذب أحادي الاستقرار (مولد النبضة) باستخدام مكبر العمليات

لـه نفس التسميات التي ذكرناها في دائرتي أحادي الاستقرار السابقتين (أحادي الاستقرار باستخدام ترانزستورين وأحادي الاستقرار باستخدام مؤقت 555) وله نفس المبدأ أيضاً حيث له حالة مستقرة وحالة غير مستقرة. ويبين الشكل أدناه رسم الدائرة:

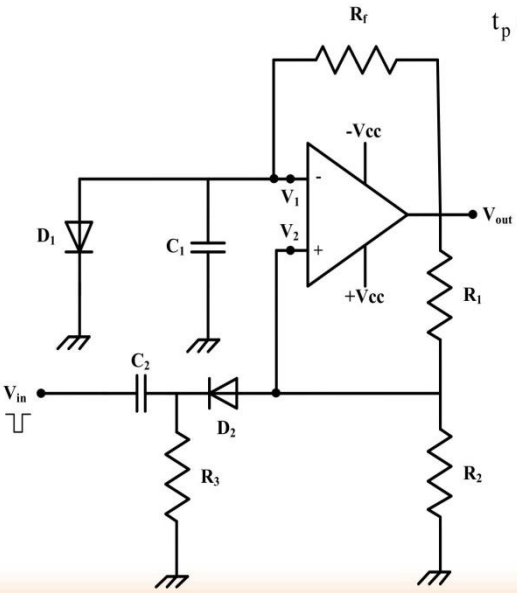
نظرية عمل الدائرة

تعتمد فكرة عمل الدائرة على مبدأ المقارن التناظري كما هو الحال في دائرة مذبذب شميت.

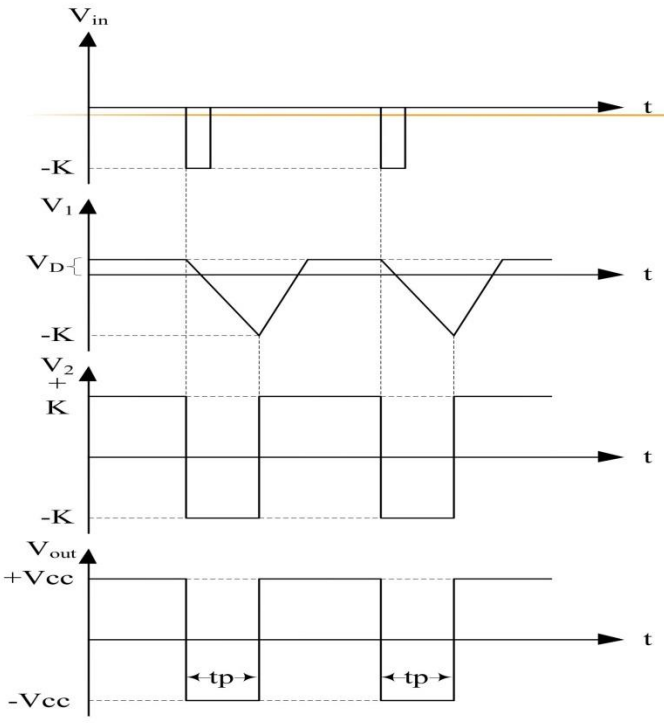
فعند عدم وجود نبضة قدح سالبة Vin فإن الإخراج يكون في التشبع الموجب +Vcc وهي حالة الاستقرار بسبب ان الثنائي D1 يكون منحاز أمامياً وجهده (0.7V أو 0.3V للسيليكون والجرمانيوم على التوالي) الذي يمثل V1 أصغر من V2 المساوي +K وبهذا يكون V2>V1، وتستمر حالة الاستقرار ما لم تأتي نبضة قدح سالبة. أما عند مجيء نبضة قدح سالبة Vin ذو قيمة –K فإن الثنائي D2 ينحاز أمامياً مما يجعل V2 مساوية-K وهذا يعني أن V1>V2 فعندها يتحول الإخراج إلى التشبع السالب –Vcc (وهي الحالة الغير المستقرة) مما يجعل D1 ينحاز عكسياً وتقوم المتسعة C1 بالشحن بالاتجاه السالب ويستمر إلى أن يصبح الجهد على طرفيها وهو (V1) أقل من –K ويستمر الشحن لفترة زمنية تمثل عرض نبضة الإخراج t_p حيث:

$$t_p = \frac{R_2}{R_1} * C_1 * R_f$$

عندها يكون V2>V1 ويتحول الإخراج إلى التشبع الموجب +Vcc وهي حالة الاستقرار.



(دائرة أحادي الاستقرار (مولد النبضة))



شكال الموجات لمولد النبضة (أحادي الاستقرار) استخدام مكبر العمليات

$$K = V_{cc} * \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

الاسبوع التاسع

الهدف التعليمي:

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: مولد الموجة المثلثة

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

$$Q = C * V_C$$

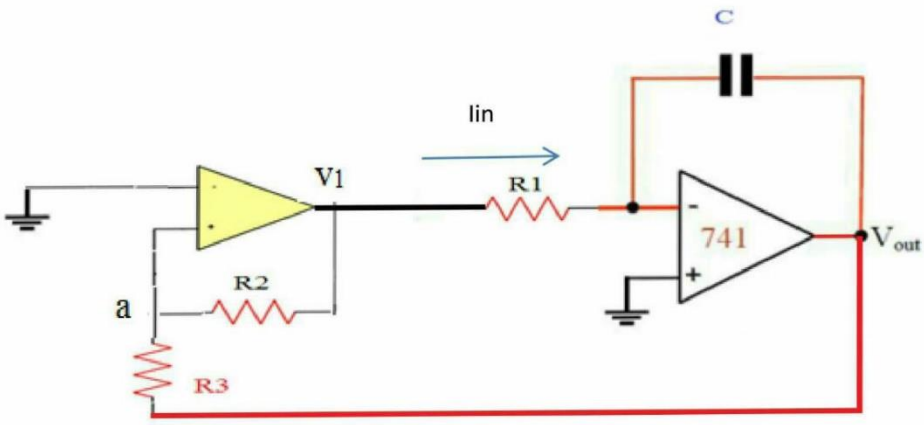
$$\therefore C * V_C = Iin * t = \frac{}{R_1} * t$$

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

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

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

$$F = 6.43kHz$$

الاسبوع العاشر والحادي عشر

الهدف التعليمي:

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: الحاسبة التناظرية

الحاسبة التناظرية (Analogue Computer)

ستخدم الحاسبة التناظرية لحل المعادلات التفاضلية، وهي مجموعة من دوائر تطبيقات مكبر العمليات مثل الجامع، المكبر
لقالب، قالب الاشارة والمكامل ولا يستعمل المفاضل وذلك لتقليل الضوضاء.
هناك قواعد تُعتَمد في تصميم دائرة الحاسبة التناظرية منها:
تحل المعادلات التفاضلية ابتداءً من الدرجة العليا.
يقوم كل مكامل بتقليل درجة التفاضل درجة واحدة.
ستخدم المكبر القالب للحصول على التكبير المطلوب لأي حد في المعادلة بينما يقوم قالب الاشارة لتغير الاشارة والجامع
جمع الاشارات المطلوب جمعها.

مثال: بالاستفادة من تطبيقات مكبر العمليات، صمم دائرة لحاسبة تناظرية لحل المعادلات التفاضلية لكل من الحالات.

١- $$f(t)=\frac{dV(t)}{dt}+aV$$

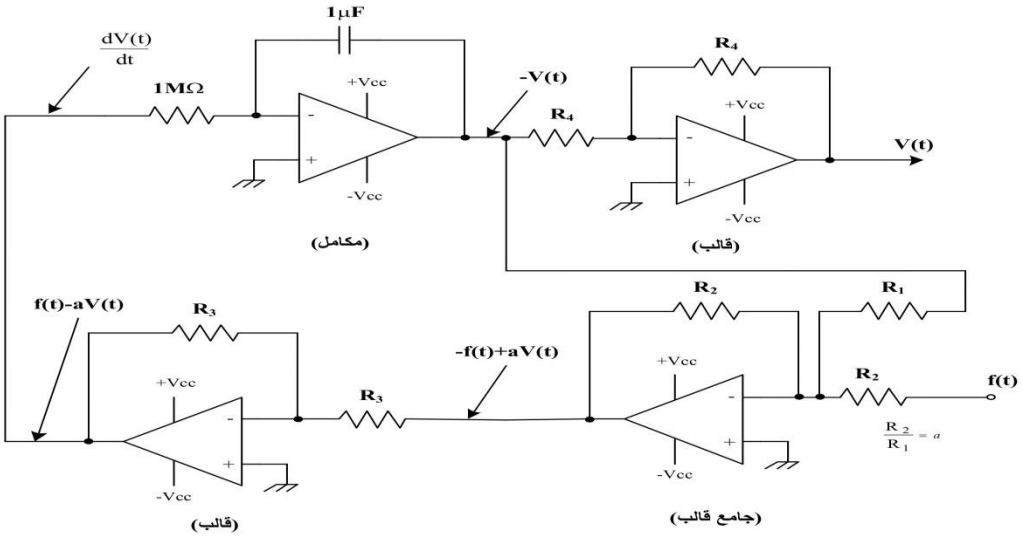
٢- $$\ddot{y}+4\dot{y}+5y=0$$

٣- $$f(t)=\frac{d^2V(t)}{dt^2}+10\frac{dV(t)}{dt}+2V(t)$$

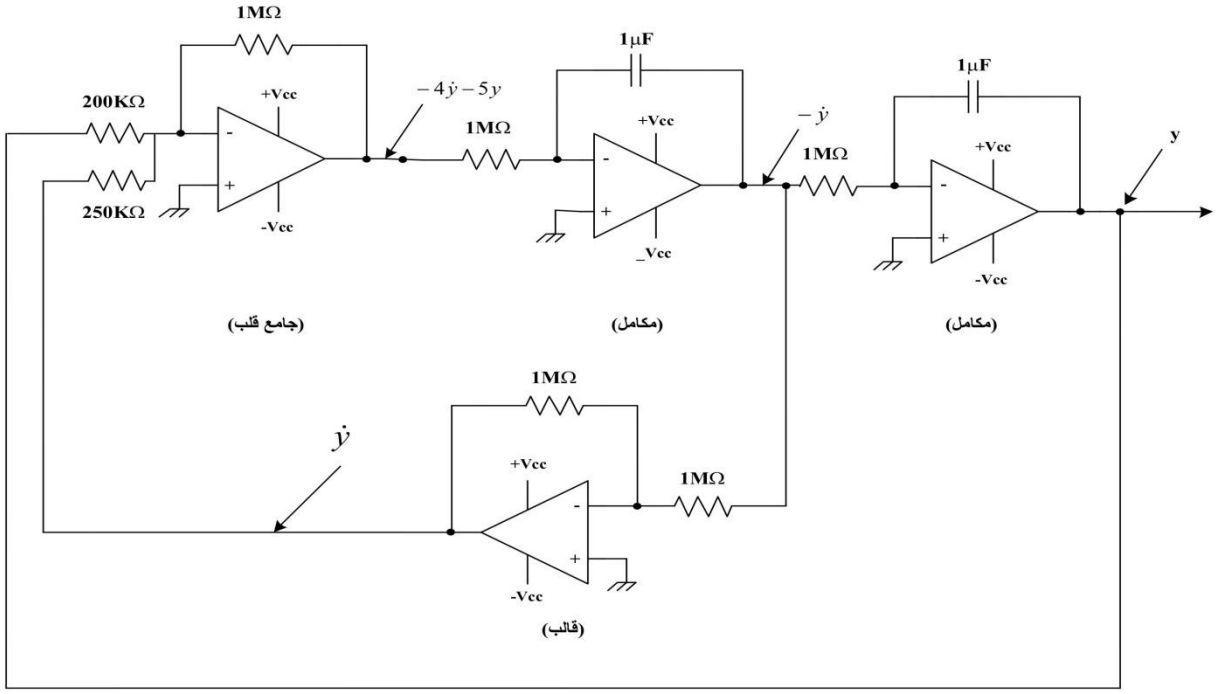
الحل:

(1) f(t) تمثل دالة متغيرة مع الزمن أو ثابت وهي تمثل اشارة إدخال للدائرة. A مقدار ثابت.
نعيد كتابة المعادلة بحيث يكون الحد الأعلى للمشتقة في طرف وبقية الحدود في الطرف الآخر للمعادلة.

بعد تكامل $\frac{dV(t)}{dt}$ نحصل على V(t) ثم نقوم بتكبيره بمقدار a وجمعه مع f(t) ثم نغير الاشارة ونحصل على الدائرة المطلوبة.

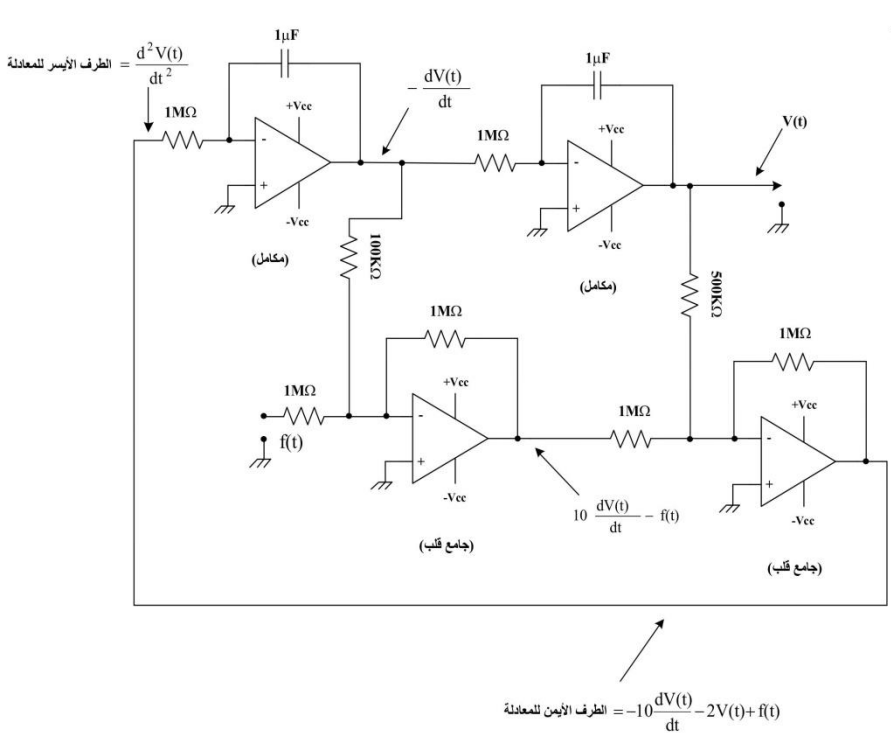


(2) نعيد كتابة المعادلة فتكون المشتقة الأعلى في طرف وبقية حدود المعادلة في الطرف الآخر: $\ddot{y} = -4\dot{y} - 5y$



(3) بعد إعادة كتابة المعادلة بحيث يكون الحد الذي فيه المشتقة الأعلى في طرف وبقية الحدود في الطرف الآخر فتكون المعادلة كما يلي:

$$\frac{d^2V(t)}{dt^2} = -10\frac{dV(t)}{dt} - 2V(t) + f(t)$$



الاسبوع الثاني عشر

الهدف التعليمي:

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: مرشحات RC الفعالة

المرشحات الفعالة

Active Filters

هي الدوائر التي تقوم بترشيح وتكبير الترددات المطلوبة وقطع الترددات الأخرى، وتتألف من مقاومات ومتسعات ومكبر عمليات. ولها محاسن ومساوي هي:

المحاسن Advantages

- صغيرة الحجم وخفيفة الوزن بسبب عدم استخدام المحاثة.
- تعمل على تكبير الإشارات بالإضافة إلى الترشيح.
- تعمل كعازل بسبب ممانعة المكبر العالية.
- تعمل بالترددات العالية تصل إلى 1MHz.
- تعمل بالترددات القليلة تصل إلى 1Hz.
- لها اعتمادية عالية.
- تصمم بطريقة غير معقدة.

المساوي Disadvantages

- تحتاج إلى مجهزات قدرة (±Vcc).
- قد تتأثر بالضوضاء مما يحولها إلى مهتزات.
- الإدخال والإخراج محدود (±Vcc) كما أن تيار الإخراج محدود بالملي أمبير.

IC's عالية نتاج إلى مقاومات ومتسعات ذات حجم كبير وعدد من الQ للحصول على عامل جودة.

مرشح الامرار الواطئ الفعّال Active LPF

ويقوم بإمرار الترددات الواطئة فقط، ودائرتهُ ومنحني الاستجابة الترددية له مبين أدناه:

نظرية عمل الدائرة

تظهر المتسعة C_1 كدائرة مفتوحة عند الترددات الواطئة وتعمل الدائرة كمكبر قالب بتكبير ($A=-\frac{R_2}{R_1}$)

ومع زيادة التردد تقل المفاعلة السعوية $X_{C1}=\frac{1}{2\pi fC1_1}$

مسببة هبوط تكبير الجهد. وعندما يزداد التردد بصورة كبيرة جداً تبدو المتسعة كدائرة قصر (short) ويقترب التكبير من الصفر كما يوضح هذا المنحني الاستجابة الترددية حيث يكون التكبير عالي في الترددات القليلة. وعندما يتساوى التردد مع تردد القطع أو (التردد الحرج) فإن التكبير يهبط بمقدار 3dB عن أعظم تكبير A(لأن $Av=\frac{A}{\sqrt{2}}$

عند هذا التردد)، بعد هذا التردد يهبط التكبير بمعدل كبير إلى أن يصل صفر تقريباً.

ملاحظة:

تردد القطع يسمى أيضاً التردد الحرج (critical freq.)

اشتقاق معادلة تردد القطع fc:

$$Z_1 = R_1 \ \& \ Z_2 = R_2 \ // \left(\frac{1}{jwc_1}\right)$$

$$\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{\frac{1}{jwC_1}} = \frac{1}{R_2} + jwc_1 = \frac{1 + jwR_2C_1}{R_2}$$

$$\therefore \ Z_2 = \frac{R_2}{1 + jwR_2C_1}$$

$$Av = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{R_2}{R_1} * \frac{1}{1 + jwR_2C_1}$$

$$= -\frac{R_2}{R_1} * \frac{1}{\sqrt{(1)^2 + (wR_2C_1)^2}}$$

عند تردد القطع (cutting freq.) يهبط التكبير بمقدار 3dB وعندها يكون:

$$W_cR_2C_1 = 1 \Rightarrow 2\pi\pi_cR_2C_1 = 1$$

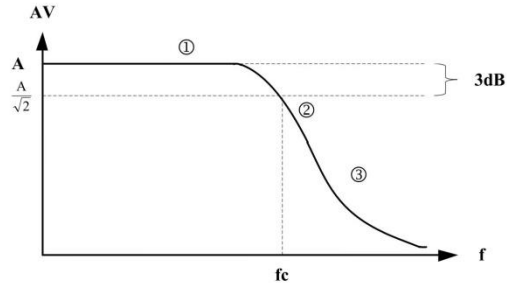
$$\therefore fc = \frac{1}{2\pi R_2C_1}$$

ملاحظة: تردد القطع يسمى أيضاً التردد الحرج (Critical freq.).

سؤال: من أين أتت الـ 3dB؟

الحل: عند تردد القطع يكون التكبير 0.707 من التكبير الأعلى وعليه ومن تطبيق قانون التكبير بالـ dB

عامل التكبير بالديسبيل $Av(indB) = 20\log_{10} Av = 20\log_{10} 0.707 = 20 * 0.15 = 3dB$



١٠- عند الترددات الواطئة (قبل تردد القطع بكثير) بالإمكان إهمال تأثيرات.

$$Av_1 = -\frac{R_2}{R_1}$$

٢٠- عند تردد القطع:

$$Av_2 = -\frac{R_2}{R_1} * \frac{1}{\sqrt{1^2 + (WR_2C_1)^2}}$$

$$= -\frac{R_2}{R_1} * \frac{1}{\sqrt{2}}$$ (لأن WR2C1=1)

٣٠- بعد تردد القطع بكثير أي $f \geq 10\ fc$ بالإمكان إهمال تأثير R_2:

$$Av_3 = -\frac{\frac{1}{WC_1}}{R_1} = -\frac{1}{2\pi\pi f_1C_1}$$

ملاحظة: C_1 متغيرة تسمح بتغيير تردد القطع fc و R_1 متغيرة للتحكم بالتكبير Av.

مثال: في دائرة مرشح الامرار الواطئ الفعّال إذا كانت $R_1=1K\Omega$، $R_2=100K\Omega$، $C=160PF$. أوجد تردد القطع وارسم منحني الاستجابة الترددية للدائرة.

الحل:

نرسم الدائرة ونثبت عليها القيم ثم نحسب تردد القطع وقيم التكبير في ثلاثة مناطق مختلفة التردد لكي نتمكن من رسم منحني الاستجابة الترددية للمثال وكما يلي:

$$f_c=\frac{1}{2\pi R_2C_1}=\frac{1}{2*3.14*100*10^3*160*10^{-12}}=10KHz$$

$$Av_1=-\frac{R_2}{R_1}=-\frac{100*10^3}{1*10^3}=-100\Rightarrow 40dB$$

$$Av_2=-\frac{R_2}{R_1}*\frac{1}{\sqrt{2}}=-100*\frac{1}{\sqrt{2}}=-70.7\Rightarrow 37dB$$

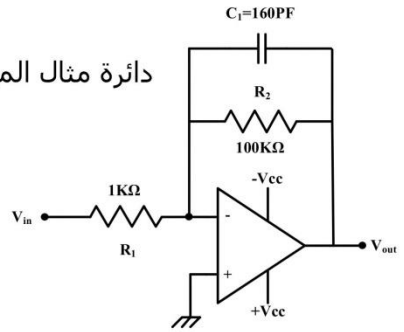
أو

$$=40-3=37dB$$

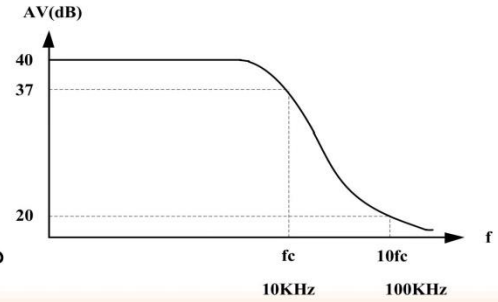
$$Av3=-\frac{1}{2\pi fR_1C_1}=-\frac{1}{2*3.14*100*10^3*1*10^3*100*10^{-12}}$$

$$=-10\Rightarrow 20dB \qquad f=10fc \text{ عند}$$

دائرة مثال المرشحLPF الفعال

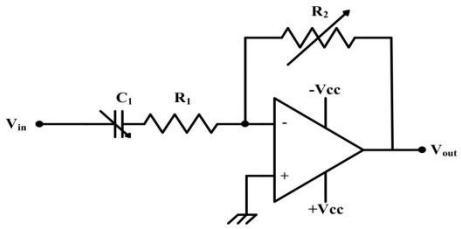


منحني الاستجابة للمثال

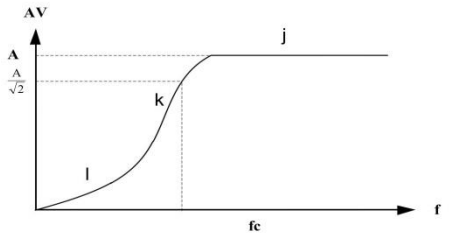


مرشح الامرار العالي الفعال — Active HPF

يهدف إلى امرار الترددات العالية فقط، ودائرته ومنحني الاستجابة الترددية له كما مبين أدناه:



دائرة مرشح HPF الفعّال



منحني الاستجابة الترددية لمرشح HPF الفعّال

نظرية عمل الدائرة:

عند الترددات القليلة فإن المتسعة C_1 تبدو كدائرة مفتوحة ويكون التكبير صفر تقريباً، ومع ازدياد التردد تقل المفاعلة السعوية ويزداد التكبير تدريجياً لحين تساوي التردد مع تردد القطع فإن

$$Av_2=\frac{A}{\sqrt{2}}$$

. وفي الترددات العالية أكبر من تردد القطع فإن المتسعة تتصرف كدائرة قصيرة (short) وعندها يكون التكبير أعلى ما يمكن $Av_1=A$ حيث

$$A=-\frac{R_2}{R_1}$$

لأن الدائرة تبدو كمكبر قالب. نظرية العمل هذه تكون واضحة من خلال منحني الاستجابة الترددية.

عند تردد القطع يقل عامل التكبير بمقدار 3dB عن القيمة العليا لمتكبر A وهذا يتحقق عندما: $WcR_1C_1=1$

$$2\pi fcR_1C_1=1\Rightarrow fc=\frac{1}{2\pi R_1C_1}$$

أما عامل التكبير فيمكن حسابه من العلاقات التالية:

١- عند الترددات العالية $Av_1 = -\frac{R_2}{R_1}$

٢- عند تردد القطع: $Av_2 = -\frac{R_2}{R_1} * \frac{1}{\sqrt{1^2 + (WR_2C_1)^2}}$

$$= -\frac{R_2}{R_1} * \frac{1}{\sqrt{2}}$$

٣- عند الترددات الواطئة $f \le \frac{fc}{10}$ $Av_3 = -\frac{R_2}{\frac{1}{jWC_1}} = -jWC_1R_2 = -2\pi fR_2C_1$

ملاحظة: C_1 متغيرة لتغيير تردد القطع R_2 متغيرة للتحكم بالتكبير.

مثال:
في دائرة مرشح الامرار العالي الفعّال HPF إذا كانت R_1=33KΩ، R_2=330KΩ و C_1=47nF. أوجد تردد القطع ثم أرسم منحني الاستجابة الترددية للدائرة.

الحل:
أولاً: نرسم الدائرة ثم نثبت عليها ثم نوجد تردد القطع وقيم التكبير في ثلاثة نقاط مختلفة التردد لكي نتمكن من رسم منحني الاستجابة الترددية.

تردد القطع $fc = \frac{1}{2\pi R_1C_1}$

$$= \frac{1}{2*3.14*33*10^3*47*10^{-9}}$$

$$= 100Hz$$

التكبير عند الترددات العالية $Av_1 = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{330*10^3}{33*10^3}$

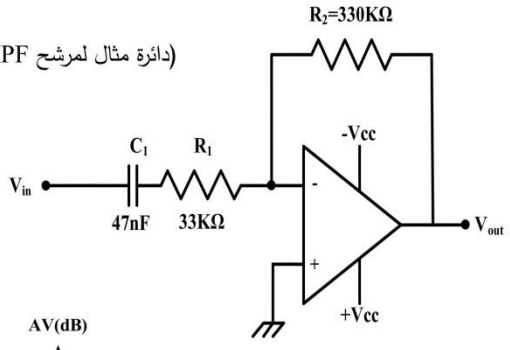
$$= -10 \Rightarrow 20dB$$

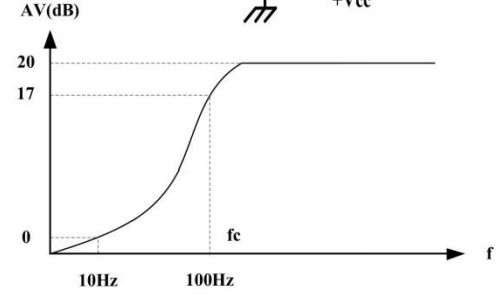
$$Av_3 = -2\pi fR_2C_1 = -2\pi*10*330*10^3*47*10^{-9}$$

$$= -1 \Rightarrow 0dB$$

التكبير عند تردد واطئ $f = \frac{fc}{10}$

(دائرة مثال لمرشح HPF الفعّال)





(منحني الاستجابة الترددية لمثال مرشح HPF الفعّال)

الاسبوع الثالث عشر

الهدف التعليمي:

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

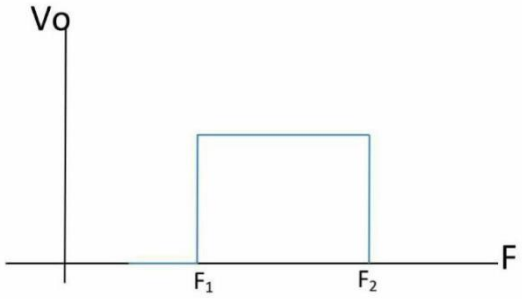
٣- مرشح امرار الحزمة (Band pass filter)

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

$$F_o = \sqrt{F_1 F_2}$$

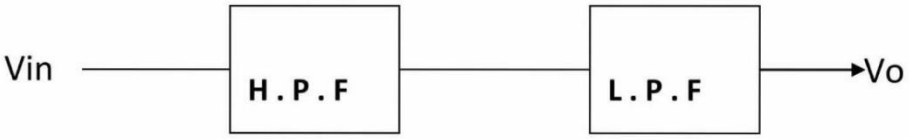
حيث ان $w_{c1} = \frac{1}{R_H C_H}$ و $w_{c2} = \frac{1}{R_L C_L}$ والكسب يساوي $\frac{R_f}{R_i} = \frac{k\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}}$

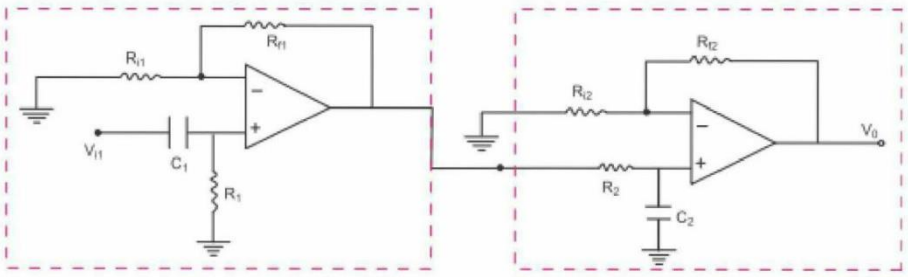
أو $R_f = \frac{k\, R_i\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}}$



الشكل-١-

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

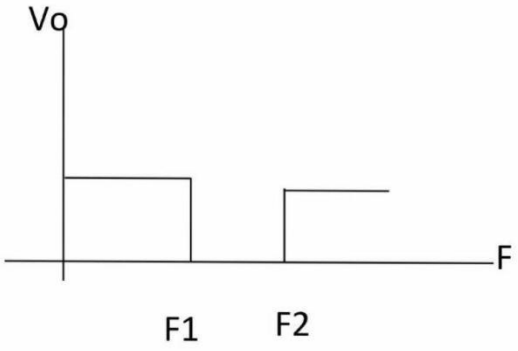




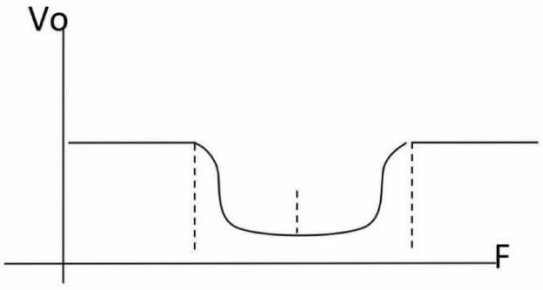
مرشح تمرير ترددات النطاق الفعال

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.

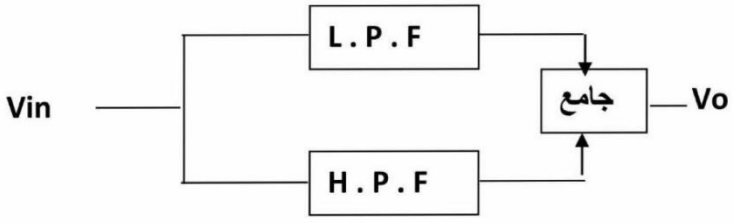


شكل -١-



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:

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

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

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

الاسبوع الرابع عشر والخامس عشر

الهدف التعليمي:

مدة المحاضرة: 2 ساعة نظري+2 ساعة عملي .

الأنشطة المستخدمة:

1. أنشطة تفاعلية صفية
2. أسئلة عصف ذهني
3. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
4. واجب بيتي
5. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

1. التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
2. اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
3. التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.

عنوان المحاضرة: الطرق الأساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة

تصنيع الدوائر المتكاملة INTEGRATED CIRCUITS FABRICATION

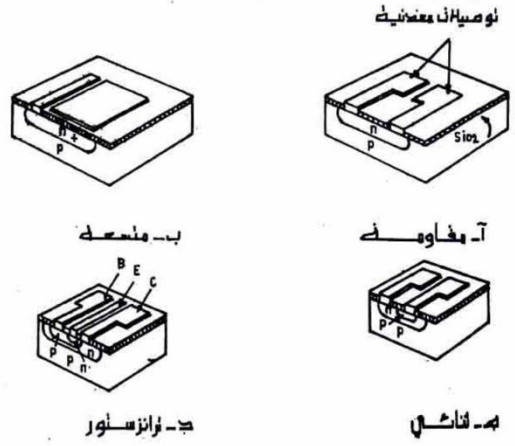
مكونات الدائرة المتكاملة

تشمل الدائرة المتكاملة على العناصر غير الفعالة (المقاومات، المتسعات والمحاثات) وكذلك العناصر الفعالة (الثنائيات والترانزستورات) وهي عناصر الدائرة الالكترونية الاعتيادية والمأوفة وتصنع جميع هذه العناصر باستخدام أشباه الموصلات.

ففي الشكل (أ) مقاومة تنتج بانتشار مادة سالبة n على طبقة سفلية موجبة p. ويغطي 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 السيلكون SiO_2 على طبقة موصلة وبعدئذٍ تشكل طبقة معدنية لتوليد الصفيحة الثانية للمتسعة كما في الشكل (ب).

ولا تختلف صناعة العناصر الفعالة عن غير الفعالة وكما هو مبين في الشكل (جـ، د) غير أن المساحات التي تحتاجها المتسعة تكون أكبر من المقاومة في حين تحتاج الثنائيات والترانزستورات إلى مساحات أصغر. ويتم ربط هذه العناصر مع البعض بترسيب طبقة من موصل مثل الالمنيوم.



مكونات الدائرة المتكاملة

وبطبيعة الحال، فإن عمليات الانتشار تتم خلال منافذ بعد تعريض السطوح المعدنية للانتشار بتقنية الطبع الضوئي ومن خلال اقنعة خاصة تصمم لكل مرحلة.

وفيما يخص المحاثات، فلم يتم العثور على طرق تصنيعها بمقادير مرضية نسبياً.

وتعطي الفقرات التالية تفصيلاً أوسع في تصنيع الدوائر المتكاملة.

تصنيع الترانزستور المستوي Planar Transistor Fabrication

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

الخطوة الأولى – تصنيع الجامع

- تحضر شريحة سالبة n كما في الشكل (أ) ويصقل أحد السطحين لتخليصه من العيوب وتستعمل هذه الشريحة كطبقة سفلية Substrate لاسناد بقية أجزاء الترانزستور وفي نفس الوقت تمثل الجامع.
- يغطي سطح الجامع بطبقة من ثاني اوكسيد السيلكون SiO_2 العازلة لمنعه من التلوث، ويجري ذلك عن طريق نفخ السطح بغاز الاوكسجين النقي وكما هو مبين بالشكل (ب).

الخطوة الثانية – انتشار القاعدة

- يطلى سطح الاوكسيد SiO_2 بغشاء رقيق من مادة المضاد الضوئي Photoresist.
- يعرض المضاد الضوئي إلى أشعة فوق البنفسجية خلال قناع ضوئي لفتح منفذ (نافذة) نحو وسط البلورة (طبقة الجامع) بعد حفره بالحامض.
- توضع الشريحة في فرن وتعرض إلى ذرات شوائب ثلاثية التكافؤ فتتولد قاعدة الترانزستور الموجبة P وحسب ما يوضحه الشكل (جـ).
- يعاد تعريض السطح إلى الاوكسجين لبناء الطبقة الاوكسيدية العازلة وتتضح في الشكل (د).

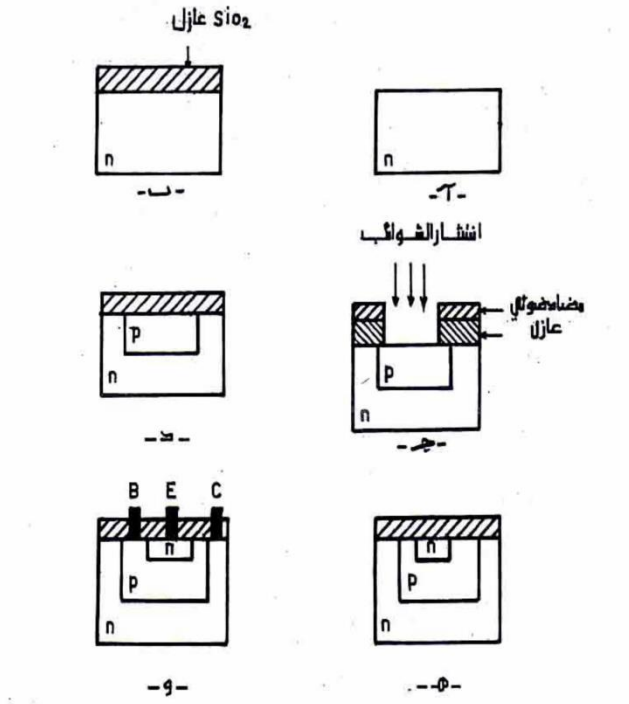
الخطوة الثالثة – انتشار الباعث

- يعاد طلي الطبقة الاوكسيدية بطبقة جديدة من مادة المضاد الضوئي ثم تعرض إلى الضوء خلال قناع آخر لفتح منفذ جديد.
- تمرر ذرات شوائب خماسية التكافؤ خلال النافذة مما تترسب طبقة الباعص.
- يغطي السطح بطبقة الاوكسيد العازلة مرة أخرى كما مبين بالشكل (هـ).

الخطوة الرابعة – المعدنة بالالمنيوم

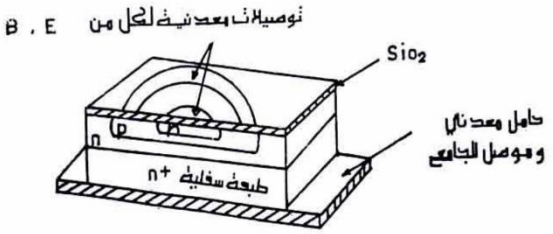
- لأجل تكوين توصيلات اقطاب الترانزستور تستخدم اغشية معدنية ذات مقاوميات واطئة، ويعد الالمنيوم وسبائكه من أكثر المعادن شيوعاً في الدوائر المتكاملة والمنفصلة على السواء. إضافة إلى ان الالمنيوم يلتصق جيداً مع ثاني اوكسيد السيلكون، وتدعى عملية ترسيب غشاء رقيق من الالمنيوم على طبقات الترانزستور بالمعدنة metallization. ولتحقيق ذلك، يطلى السطح كلياً بغشاء رقيق من الالمنيوم ثم تفتح منافذ لإزالة المعدن من جميع المساحات غير المطلوبة باستعمال طبقة جديدة من المضاد الضوئي ويتم الاقطاب الثلاث للترانزستور بالألمنيوم كما يظهر في الشكل (و).

شكل يبين خطوات تصنيع الترانزستور المستوي



وعلى الطالب أن يقدر بأن ما سبق شرحه هو شرح مبسط للعمليات المتبعة لأنه في الواقع تتطلب صناعة الدائرة المتكاملة إلى حوالي من 80 إلى 100 عملية منفصلة، تحتاج بعضها إلى بضع ساعات أو أكثر لإنتاجها.

ولما كانت المساحة المكشوفة للانتشار باستخدام قناع في الترانزستور المستوي هي نفسها لكل ترانزستور ضمن الشريحة الواحدة، لذلك يمكن تعريض شريحة السيلكون كلياً في نفس الوقت لعمليات الانتشار مما يؤدي إلى صناعة ما يصل عشرة آلاف ترانزستور على شريحة بقطر سنتمتر واحد وخلال مرحلة تصنيع واحدة. ومن الجدير بالذكر ، أن صناعة الترانزستور (هنا npn) تعد أساساً في الدائرة المنفصلة أو المتكاملة، غير ان سمك الطبقة السفلية لهذا الترانزستور يزيد من مقاومة الجامع ويعيق استجابة الترانزستور لحالات الاقلاب (الفتح والغلق) وللتغلب على هذه الاعاقة، طورت تقنية الترانزستور المستوي إلى نوع آخر يدعى بالنمو (الترتيب) الفوقي Epitaxial. ولكن لا يختلف النوعين من حيث المبدأ باستثناء أن الجامع يتركب من طبقتين مرتبتين الواحدة فوق الأخرى. وتصنع الطبقة الفوقية بسمك قليل جداً وذات مقاومية عالية. وهكذا تغلبت تقنية النمو الفوقي على غيرها في صناعة الدوائر المتكاملة والشكل الموضح يبن نموذج آخر لتوضيح الطبقة الفوقية وتدل الإشارة الموجبة التي ترافق الحرف n، على أن منسوب التطعيم يزيد على المنسوب المستخدم مع بقية الحروف.



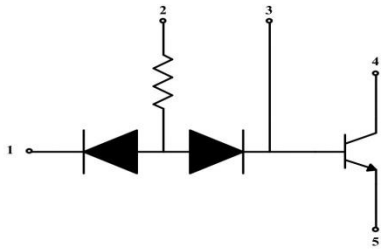
ترانزستور مستوي ذو الترتيب الفوقي

الدوائر المتكاملة احادية (البلورة) القطعة Monolithic Ingrated circuit

أن اللفظ اللاتيني (Monolithic) الذي يطلق على هذه الدوائر مشتقة من الكلمة اليونانية Monos معناها احادي أو مفرد وكلمة Lithos تعني حجر وهكذا فامعنى العام يصبح احادي الطبقة أو القطعة. ومن هنا يتضح أن العناصر الفعالة وغير الفعالة تصنع وتجمع على رقاقة (شريحة) أو طبقة سفلية (شاصي) Substrate واحدة من السيلكون وعليه يمكن اعتبار المصطلح مناسباً لأن المكونات جزء من رقاقة واحدة. وتعد طريقة صناعة الدوائر المتكاملة بهذه التقنية أكثر شيوعاً، حيث تم صناعة دوائر متكاملة تعمل بكفاءة جيدة عند الترددات العالية. كما تم صناعة دائرة متكاملة تجارياً بحيث تحوي في حدود 500000 ترانزستور بهذه الصيغة. لأجل فهم صناعة دائرة متكاملة احادية القطعة يفضل الاستعانة بمثال.

مثال:

ارسم مقطعاً عرضياً للدائرة المتكاملة بتقنية احادية القطعة للدائرة الالكترونية المبينة بالشكل أدناه، ثم وضح خطوات تصنيع الدائرة المتكاملة.

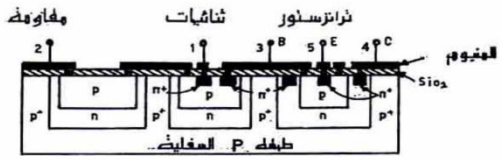


الدائرة الالكترونية

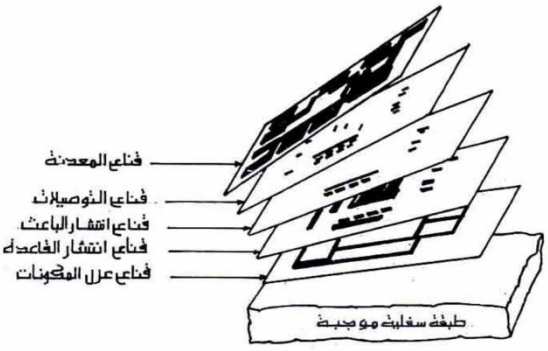
الحل:

يوضح الشكل أدناه المقطع العرضي للدائرة الالكترونية المبينة في الشكل اعلاه. تطبق الخطوات المبينة في الفقرة السابقة لتصنيع هذه الدائرة المتكاملة. إلا أن صناعة كل دائرة متكاملة تمرر خلال العمليات الدقيقة التالية:

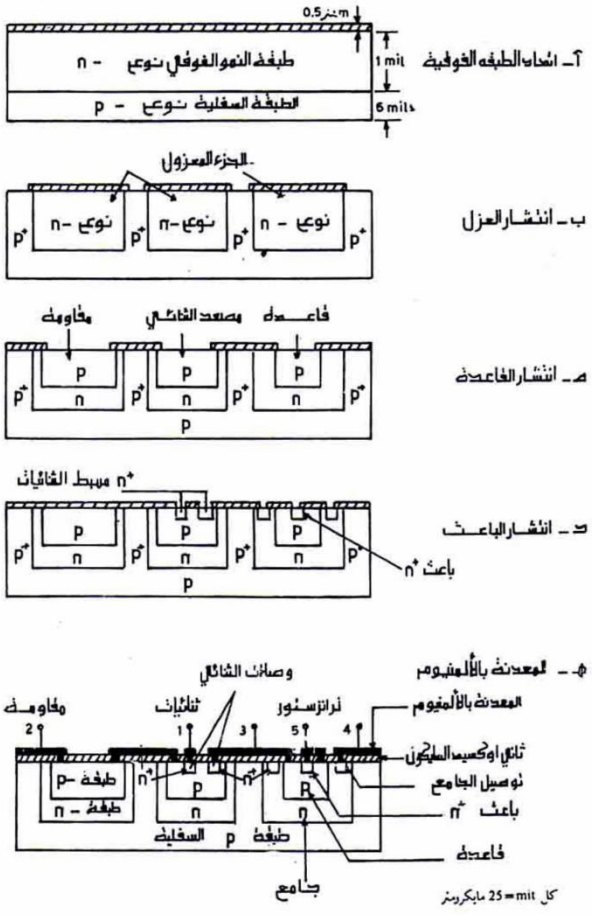
١. نمو الترتيب الفوقي	Epitaxy
٢. الانتشار	Diffusion
٣. الاكسدة	Oxidation
٤. الترسيب والمعدنة	Deposition & Metallization



ولكل مرحلة اقنعة خاصة بها وقد تعاد المراحل والاقنعة أكثر من مرة وحسب خطوة التصنيع، وتستخدم في ذلك أجهزة تكبير وتصغير وتصوير (ميكرسكوبات وكاميرات) لغرض التحكم الدقيق في مراحل التصنيع والشكل أدناه يوضح نموذج لمصفوفة أقنعة.



مصفوفة تعاقب الاقنعة

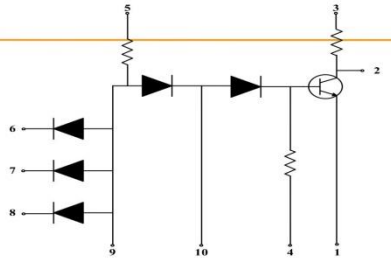


ويظهر من الشكل السابق وجود قناع عزل المكونات. فكيف يتم عزل المكونات عن بعضها في الدائرة المتكاملة؟ والجواب ببساطة يتضح من الشكل المجاور (ب). فبعد إزالة الطبقة الاوكسيدية من أربعة مناطق على سطح الرقاقة بطريقة الاستنساخ الضوئي والحفر تعرض الرقاقة لانتشار شوائب قابلة (بورون مثلاً) داخل فرن وتحت ظروف حرارة معينة وخلال فترة زمنية تسمح بانتشار الشوائب الموجبة خلال الطبقة السالبة (n) كما في الشكل (أ) بحيث تنتج جزر (مناطق أو وصلات) عازلة لفصل المكونات عن بعضها وكما هو مبين في الشكل (جـ) ثم تعقبها عمليات التصنيع اللاحقة وتنتهي بالمعدنة.

خطوات تصنيع دائرة متكاملة احادية القطعة للمثال السابق

مثال:

أرسم رقاقة سليكونية ثم حدد سطحها المساحات المناسبة للدائرة الالكترونية المبينة في الشكل أدناه بتقنية الدوائر المتكاملة احادية القطعة.



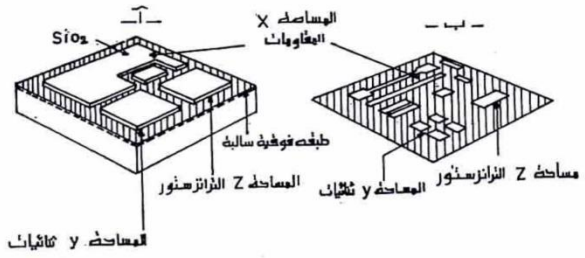
الحل:

يتبين من دائرة الشكل أعلاه وجود ترانزستور واحد، ثلاث مقاومات وست ثنائيات ولأجل تحديد المساحات اللازمة لمكونات هذه الدائرة، يمكن تحضير قناع لعزل المكونات بصورة مجمعة وكما يتضح من الشكل (أ)، ثم مناقشة مساحة كل عنصر بشكل مفصل وكالآتي:

المساحة X للمقاومات الثلاث، بحيث تأخذ مساحات متجاورة ومستطيلة، وتصنع بانتشار مادة موجبة في ماجدة سالبة وبنفس التقنية التبعة في الفقرات السابقة.

المساحة Y لأربع ثنائيات في جانب واحد لأنها ذات مصاعد مشتركة، في حين يوضع الثنائيين الآخرين في مساحة منفصلة وقريبة من الترانزستور.

المساحة Z للترانزستور، وتكون أكبر من مساحة الثنائي الواحد بسبب طبقة الجامع العريضة والتوصيلات الخاصة به ولبقية اقطاب الترانزستور. وتظهر المساحة منفصلة في الشكل (ب).



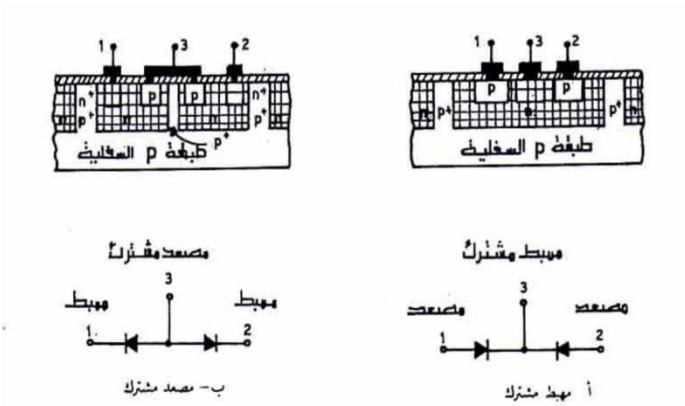
مخطط المساحات اللازمة للمثال السابق

الترانزستورات المتكاملة

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

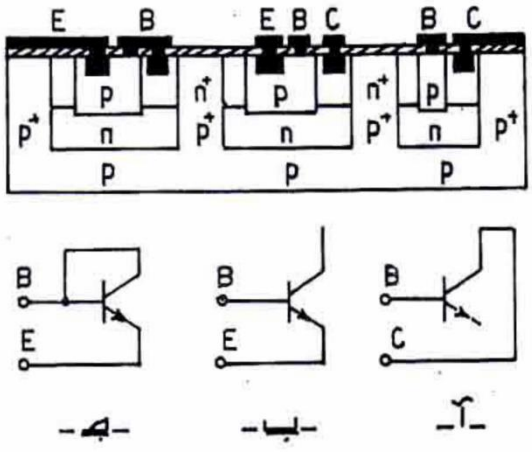
الثنائيات المتكاملة

تصنع ثنائيات الدوائر المتكاملة بنفس قتنية صناعة الترانزستورات. وتوجد خمس طرائق لربط هذه الثنائيات، ولكن اختيار طريقة الربط يعتمد بالدرجة الأولى على نوع الأداء المطلوب أو الغرض من الثنائي. فعندما تقتضي الحاجة إلى فولتية انهيار أكثر من 12 فولت، تكون الثنائيات المتولدة من وصلة (مفرق) الجامع – قاعدة أكثر انهيار ملائمة، وفي هذه الحالة ترصف الثنائيات على هيئة المهبط المشترك كما في الشكل (أ)، وتصنع بانتشار طبقة عازلة مفردة (جذرة مفردة). ويمكن تحقيق نفس الهدف ولكن بجزر مزدوجة، حيث يعزل كل ثنائي عن الآخر ويعاد توصيلهما في مرحلة المعدنة وبطريقة المصعد المشترك والشكل (ب) يبين ذلك.



الثنائيات المتكاملة

ومع هذا، تصنع الثنائيات بشكل مفرد ويعزل كل واحد عن الاخر. كما يظهر في الشكل أدناه.



الثنائيات المتكاملة المستقلة