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

الحقيبة التدريسية لمادة الالكترونيك

الصف الاول

تدريسي المادة

م.م وسام رحيم رسن

الفصل الدراسي الثاني

جدول مفردات مادة الالكترونيك

الاسبوع	المفردات
١	نقاط العمل-نقطة السكون-أمثلة تطبيقية.
٤-٢	استخدام الترانزستور في تكبير الإشارات الصغيرة – الدائرة المكافئة المتناوبة- كسب التيار – كسب الجهد- كسب القدرة.-التقريب المثالي-الثوابت الهجينية-الدائرة المكافئة باستخدام معاملات h –كسب الجهد-كسب التيار-كسب القدرة-مقاومتا الدخل والخرج-مكبرات الإشارة الصغيرة-سوق القاعدة-سوق الباعث.
٥	استخدام الترانزستور في تنظيم الجهد-منظم توالي-منظم توازي –دائرة مصدر جهد مستمر.
٧-٦	ترانزستور تأثير المجال- تركيبه- منحني E-MOSFET – MOSFET – منحني الخواص- منحنيات جهد الضيق Vgs,Idss,Vp – مقارنة بين BJT,JFET-نظرية العمل
١٠-٨	دوائر انحيازFET-انحياز مصدر التيارالثابت-نقطة العمل-الانحياز الذاتي-الدائرة المكافئة للـFET – استخدام FET في تكبير الإشارة الصغيرة-مقارنة بين أنواع الـFET –(MOSFET ,FET) (BJT).
١١	المقاوم المعتمد على الضوء –الثنائي الباعث للضوء-الثنائي الضوئي-الترانزستور الضوئي-لوحة القطع السبع-تركيبها وتطبيقاتها.
١٣-١٢	الموحدات السليكونية ذات التحكم بالتيار (الثايرستور) – التركيب والأنواع-الخواص- نظرية العمل-الترياك –الدياك-رمزهم-خواصهم-نظرية عملهم-مقارنة بين الثايرستور والدياك والترياك –حماية الثايرستور (من تغير الجهد، من تغير التيار)، مكبر العمليات 741 –رمزه- إطراف توصيله-استخداماته .
١٥-١٤	الدوائر المتكاملة- معناه- مزاياها ومساوئها-مقارنة بينها وبين المكونات المنفصلة-فكرة عن تصنيعها - مكبر العمليات 741 –رمزه- إطراف توصيله-استخداماته -تطبيقات مكبر العمليات – تكبير الإشارة الصغيرة- جمع الاشارات-طرح الاشارات – أمثلة . تطبيقات مكبر العمليات :مفاضل –مقارن- مكامل-قالب ---الخ

الهدف من دراسة مادة الالكترونيك :

تهدف دراسة مادة الالكترونيك للصف الاول : الى تعريف الطالب على المكونات الالكترونية المصنعة من أشباه الموصلات باختلاف أنواعها –تركيبها-خواصها-استخداماتها في الدوائر الالكترونية-تطبيقاتها وتحليل الدوائر الالكترونية الخاصة بها . إعطاء الطالب فكرة عن الالكترونيك الضوئي ومكوناته والدوائر المتكاملة وتطبيقات مبسطة لمكبر العمليات .

الفئة المستهدفة:

طلبة الصف الاول / قسم التقنيات الالكترونية والاتصالات

التقنيات التربوية المستخدمة:

١. سبورة واقلام
٢. السبورة التفاعلية
٣. عارض البيانات Data Show
٤. جهاز حاسوب محمول Laptop

الاسبوع الأول

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

يتعرف الطالب على نقاط عمل الترانزستور واكتساب مهارة في حل المسائل الرياضية.

مدة المحاضرة: ٢ساعة نظري +٢ ساعة عملي

الأنشطة المستخدمة:

١. أنشطة تفاعلية صفية
٢. أسئلة عصف ذهني
٣. أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤. واجب بيتي
٥. واجب الكتروني

أساليب التقويم:

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

عنوان المحاضرة: (نقاط العمل-نقطة السكون-أمثلة تطبيقية.)

المنطقة الفعالة

نقطة القطع (Cut Off point) :هي نقطة تقاطع خط الحمل المستمر بالمنحني IB=0حيث تيار الجامع تيار صغير جدا (ICEO وهو تيار التسرب ويساوي تقريبا صفر)

(IC=0) نعوض بالمعادلة ⟸ VCE = VCC – IC RC عند القطع VCE(cutoff) = VCC

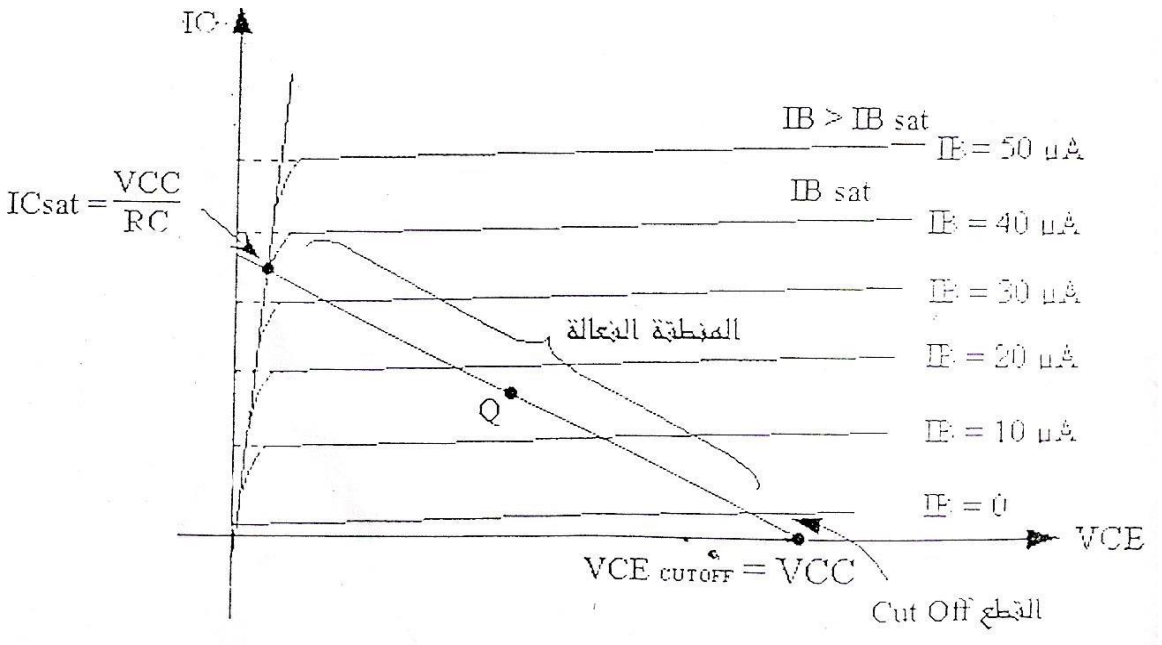
نقطة التشبع Saturation point

وتعرف نقطة تقاطع خط الحمل والمنحني IB Sat بالتشبع Saturation وهذا يعني مثاليا دائرة قصر بين طرفي الجامع والباعث اي(VCE = 0)وبالتعويض بالمعادلة VCE = VCC – IC RC

نحصل على قيمة $IC_{sat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$

واقل تيارقاعدة يحصل عند التشبع $IB_{sat} = \frac{V_{CC}}{\beta_{dc}}$

تعرف جميع نقاط العمل الواقعة بين القطع والتشبع بالمنطقة الفعالة للترانزستور حيث ثنائي الباعث منحاز أمامي وثنائي الجامع منحاز عكسيا ، وتسمى نقطة تقاطع تيار القاعدة مع خط الحمل (Q point) بنقطة العمل او النقطة الهامدة آو نقطة السكون



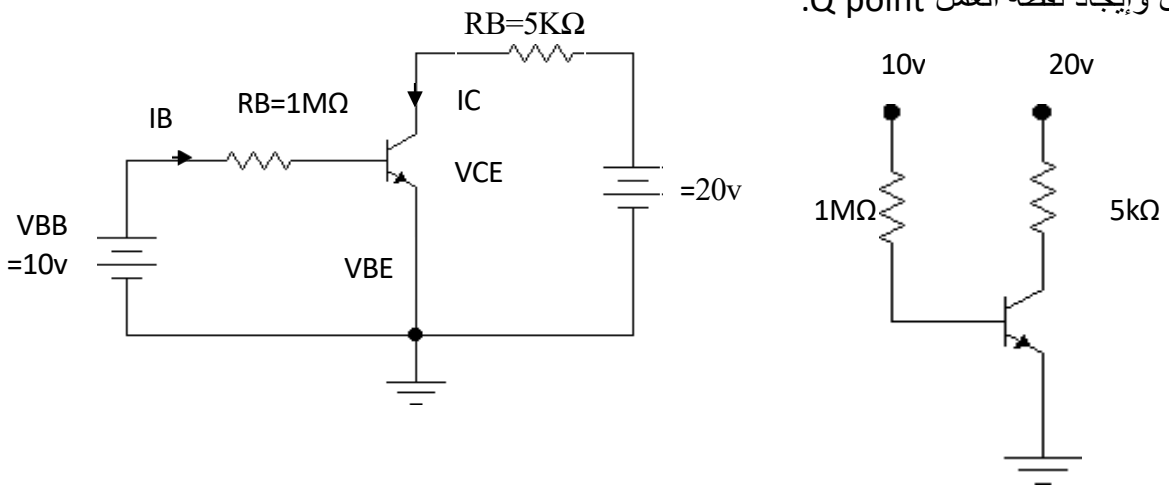
شكل (1) خط الحمل المستمر

حساب نقطة السكون او النقطة الهامدة (Q point)

$$IC_Q = \beta \times IB$$

$$VCE_Q = V_{CC} - IC_Q R_C$$

مثال 1: لترانزستور سليكون في الشكل أدناه βd.c = 100 ما مقدار الفولتية بين الجامع والباعث VCE مع رسم خط الحمل وإيجاد نقطة العمل Q point.



شكل (2)

الحل :

VCE =VCC –IC RC

IC = IB * β dc

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10 - 0.7}{1 \times 10^6} = 9.3\mu A$$

IC = 100* 9.3 *10 ^{6}

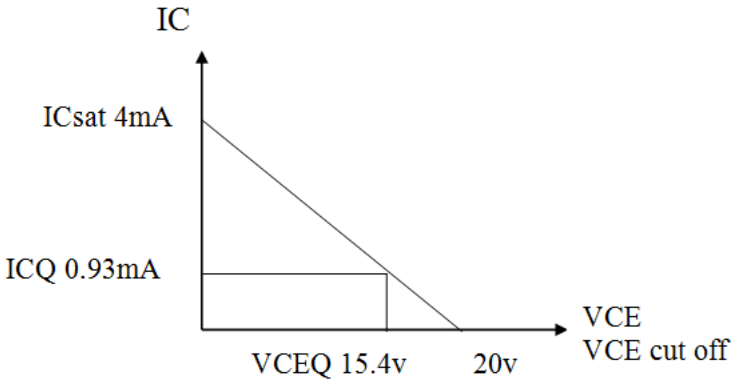
=0.93mA

VCE = 20- 0.93 *10 $^{-3}$ * 5* 10 ^{3}

=15.4V

$$IC_{sat} = \frac{V_{cc}}{R_c} = \frac{V_{cc}}{R_c} 4mA$$

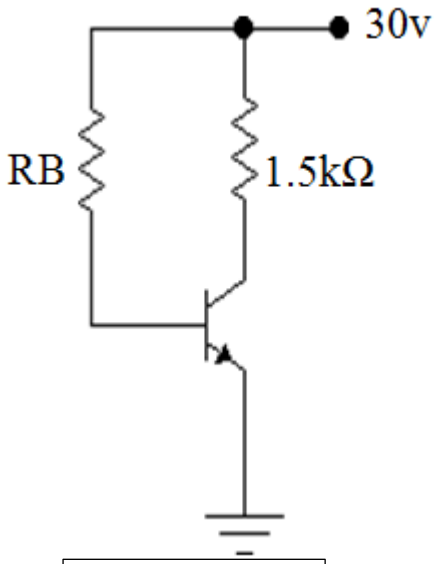
VCE Cut off = VCC=20V



شكل (3)

مثال: لترازستور السليكون (2N4401) (β d.c = 80) ارسم خط الحمل واين تقع نقطة العمل Q اذا كانت (RB= 390KΩ).

الحل :



شكل (4)

$$IC_{sat} = \frac{V_{cc}}{R_c} = \frac{30}{1.5 \times 10^3} = 20mA$$

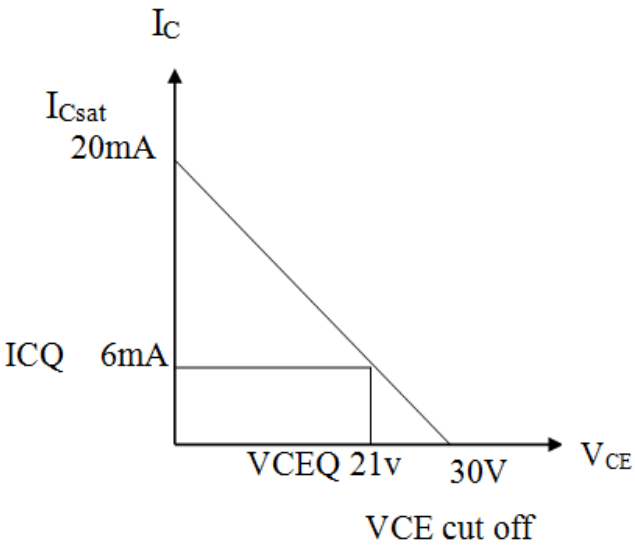
VCE Cut off = VCC =30V

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{30-0.7}{390\times10^3} = 75.1\mu A$$

*IC = IB * β dc*

*IC = 75.1 *10^{-6} *80=6mA*

*VCE =VCC –IC RC= 30- 6 *10 $^{-3}$ * 1.5* 10 ^{3}=21V*



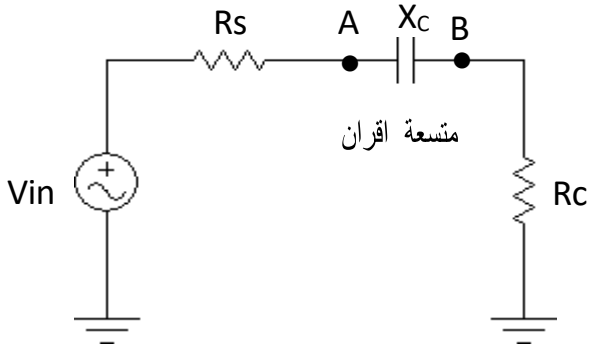
شكل (5)

المكبرات Amplifiers

متسعات الاقران والامرار

تكون معظم المتسعات اما متسعات اقتران او امرار(تمرير)

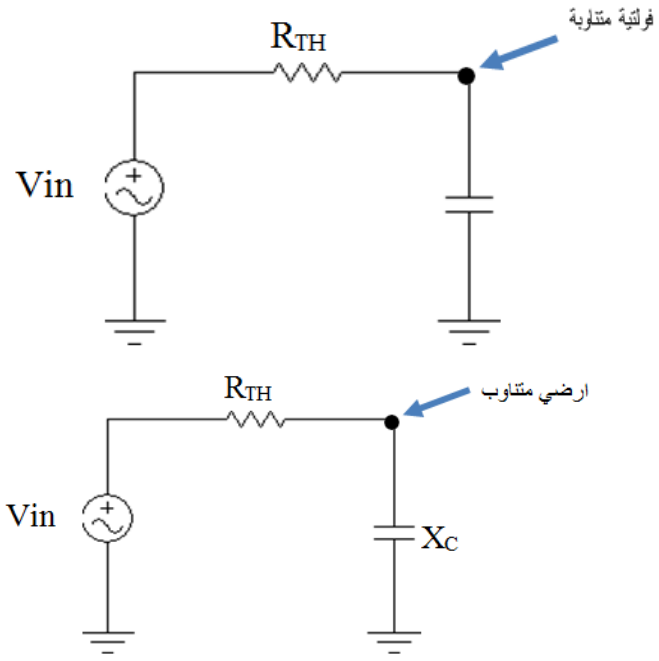
متسعة الاقتران : هي متسعة التي تعبر فقط الاشارة المتناوبة من نقطة غير مؤرضة الى نقطة غير مؤرضة اخرى كما في الرسم ادناة الفولتية المتناوبة عند النقطة A تظهر عند النقطة B ولا تعبر الاشارة المستمرة.



شكل (6)متسعة الاقتران المستمر

متسعة الامرار By Pass Cap

وهي المتسعة التي تربط نقطة غير مؤرضة بنقطة مؤرضة ,متسعة الامرار تبدو كدائرة قصر للاشارة المتناوبة (A.C)وكذلك تبدوكدائرة مفتوحة للاشارة المستمرة(DC)



شكل (7)متسعة الامرار المستمر

تحليل دوائر الترانزستور بتطبيق نظرية التراكب

1- تحليل DC

2- تحليل AC

وفيما يلي الخطوات التي تتبع عند تطبيق نظرية التراكب :

1- الدائرةالمكافئة المستمرة d.c

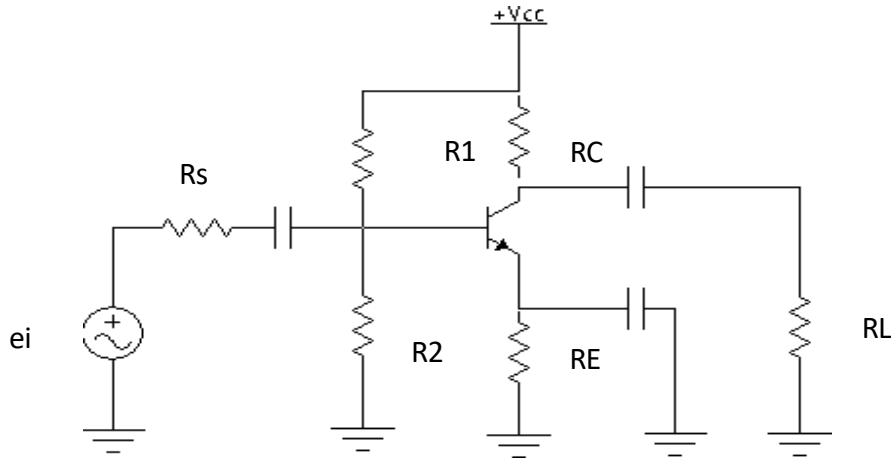
نختزل المصادر المتناوبة الى الصفر ونفتح جميع المتسعات (الاقتران والامرار) ثم نقوم بحساب كافة التيارات والفولتيات المستمرة .

2- الدائرة المكافئه المتناوبة a.c

نختزل كافة المصادر المستمرة الى الصفر ونقصر كافة المتسعات (الاقتران والامرار) وباستخد هذه الدائرة نستطيع حساب كافة التيارات والفولتيات المتناوبة

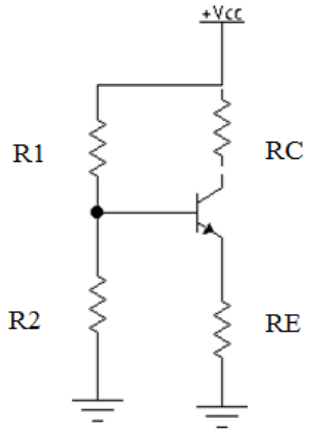
3- التيار الكلي في كل فرع هو حصيلة التيار المتناوب والتيار المستمر والفولتية الكلية عبر اي فرع هي حصيلة الفولتية المتناوبة والمستمرة .

لتطبيق نظرية التطابق على مكبر الترانزستور في الشكل



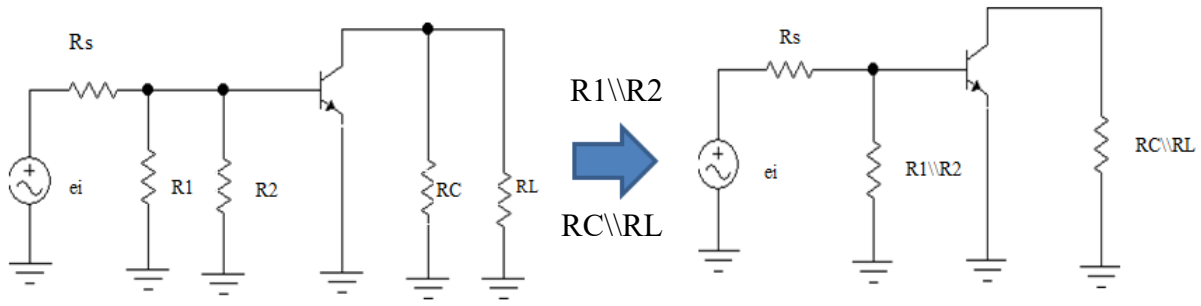
شكل (7) مكبر الترانزستور

1- اختزال كافة المصادر المتناوبة الى الصفر وفتح كافة المتسعات الدائرة الباقية هي الدائرة في الشكل(9) المكافئة المستمرة التي تحسب عن طريقها التيارات والفولتيات المستمرة.



شكل (8) الدائرة المكافئة المستمرة

2- اختزال كافة المصادر الستمرة الى الصفر وقصر كافة المتسعات الدائرة الباقية هي الدائرة في الشكل(9) الدائرةالمكافئة المتناوبه التي تحسب عن طريقها التيارات والفولتيات التي تهمنا.



شكل (9) الدائرة المكافئة المتناوبة

ترميز الفولتيات والتيارات

بالنسبة للدوائر المستمرة نستخدم الحروف

IB , IC , IE تيارات الترانزستورالمستمرة

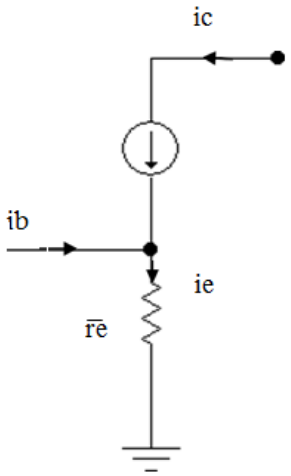
VCB, VCE, VBE فولتيات الترانزستورالمستمرة

الكبيرة وبالنسب للمتناوبة الحروف الصغيرة

ib , ic , ie تيارات الترانزستورالمتناوبة

v_{cb} , v_{ce} , v_{be} فولتيات الترانزستور المتناوبة

التقريب المثالى للترانزستور

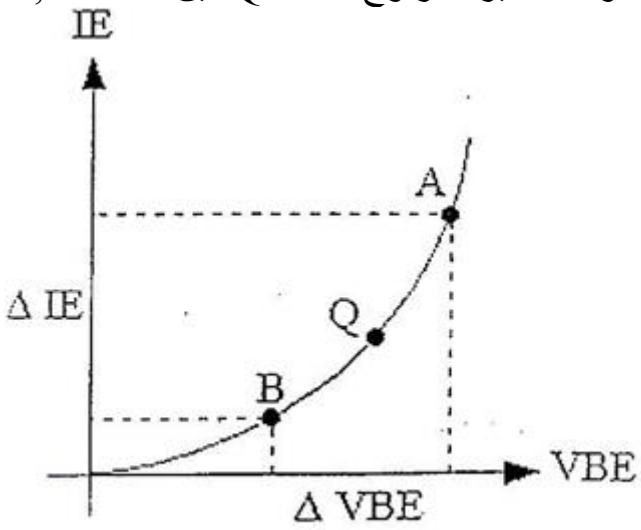


شكل (10) التقريب المثالي للترازستور

حيث re^- هي مقاومة ثنائي الباعث المتناوبة ونسمي هذه الدائرة بالدائرة المتناوبة المثالية للتردد الواطئ

مقاومة ثنائي الباعث المتناوبة

يمثل المنحني منحني الثنائي النموذجي الذي يربط العلاقة بين VBE , IE والنقطة Q هي نقطة العمل عند إدخال أشارة متناوبة صغيرة تتراوح النقطة Q بين النقطة B,A



شكل (11) الرسم البياني مقاومة ثمائي الباعث المتناوبة

$$r_{e}^{\prime} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_E}$$

ونرمز $\Delta IE = ie$ تيار الباعث المتناوب

$\Delta VBE = vbe$ الفولتية المتناوبة بين القاعدة والباعث

$$r_{e}^{\prime} = \frac{vbe}{ie}$$

$$r_{e}^{\prime} = \frac{25mv}{I_E}$$

كسب التيار المتناوب بيتا a.c (β) (hfe)

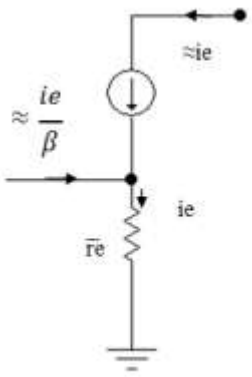
$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

$$\beta = \frac{i_c}{i_b} \approx \frac{ie}{i_b}$$

وتعرف β بأنها نسبة تيار الجامع المتناوب ci الى تيار القاعدة المتناوب bi لذا نستطيع رسم الدائرة المتناوبة المثالية كالأتي

الفا α ac

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \approx \frac{ic}{ie} \approx 1$$



الاسبوع(الثاني + الثالث + الرابع)

المحاضرة (الثانية+الثالثة +الرابعة)

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

- ان يتعرف الطالب على استخدام الترانزستورفي **في تكبير الإشارات الصغيرة** الدائرة المكافئة حساب الكسب وطرق الربط سوق القاعدة وسوق الباعث.

مدة المحاضرة: ٢ ساعة نظري +٢ ساعة عملي

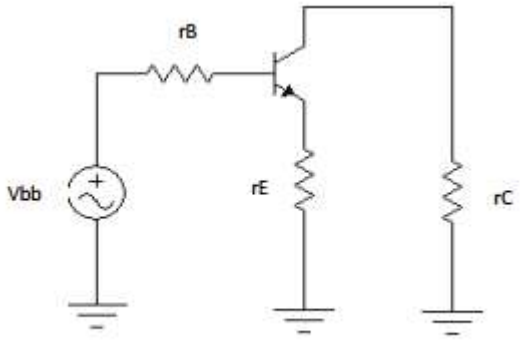
مفردات المحاضرة :-

استخدام الترانزستور في تكبير الإشارات الصغيرة – الدائرة المكافئة المتناوبة- كسب التيار – كسب الجهد- كسب القدرة.- التقريب المثالي-الثوابت الهجينية-الدائرة المكافئة باستخدام معاملات h –كسب الجهد- كسب التيار- كسب القدرة-مقاومتا الدخل والخرج-مكبرات الإشارة الصغيرة-سوق القاعدة-سوق الباعث.

مكبرات الإشارة الصغيرة

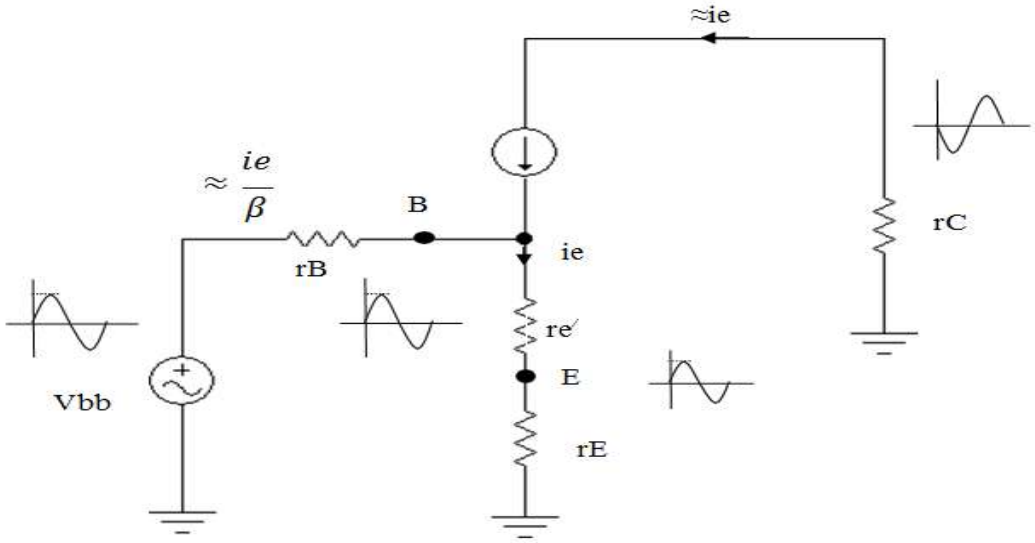
سوق القاعدة

تسمى هذه الدائرة بهذا الاسم لكون المصدر vbb يسوق القاعدة خلال المقاومة r_B وهي اما مقاومة منفردة او مجموعة مقاومات كذلك r_E , r_C (محسوبة بطريقة ثفنن)



شكل مكبر سوق القاعدة

وعندما نعوض عن الترانزستور بالدائرة المتناوبة المثالية حيث vbb موجه جيبية صغيرة



نلاحظ ان اشارة الاخراج تكون بفرق طور 180^0 عن اشارة الادخال ، والاشارة عند الباعث (النقطة E) تكون بنفس الطور مع اشارة الادخال

وحسب قانون كرشوف لدائرة الادخال

$$-vbb + \frac{ie}{\beta} rB + ie\,(re^{-} + rE) \approx 0$$

$$ie \approx \frac{vbb}{rE + re^{-} + \frac{rB}{\beta}}$$

$$Vc = ie * rc$$

$$Ve = ie * rE$$

$$Vb = ie(re^{-} + rE)$$

كسب الفولتية

$$Av = \frac{Vout}{Vin}$$

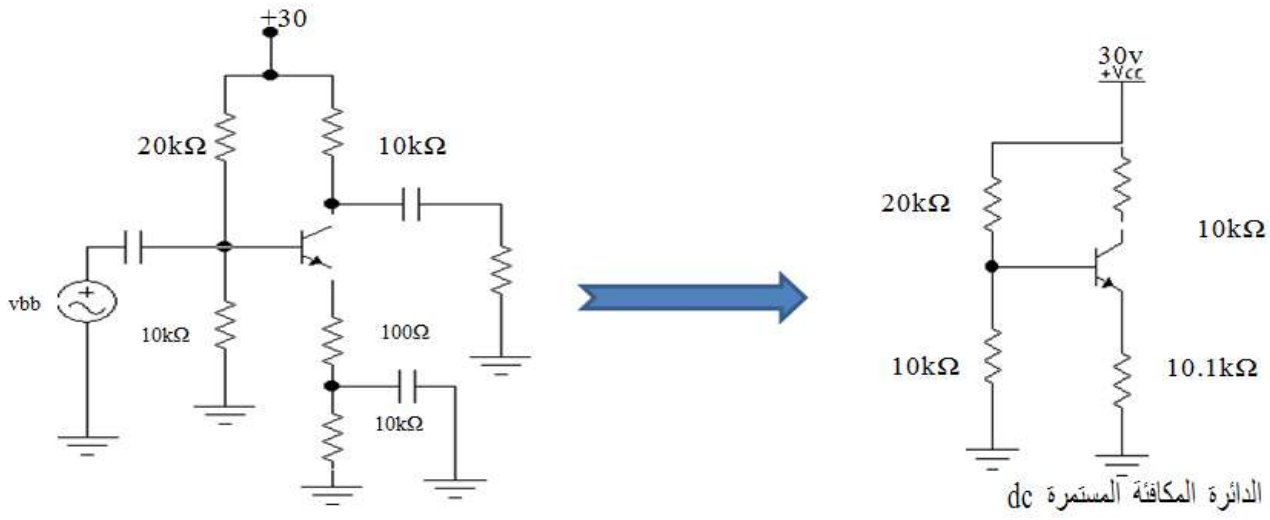
$$Av = \frac{vc}{vb} = \frac{ie * rc}{ie(re^{-} + rE)} \approx \frac{rc}{re^{-} + rE}$$

مثال : احسب تيار الباعث المتناوب i_e للمكبر المبين في الشكل ادناة ، كذلك احسب كسب الفولتية من القاعدة الى الجامع الفولتيات v_b ,v_e, v_c استخم (v_{bb}=1mv)كقيمة ذروة .

الحل : - للحصول علد الدائة المكافئة المستمرة

١ - قصر جميع المصادر المتناوبة.

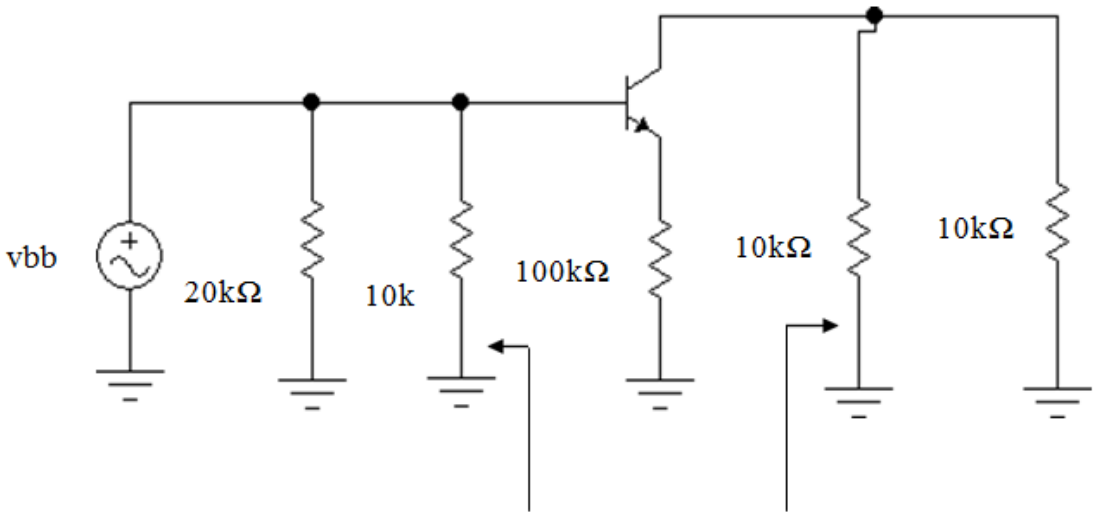
٢- اعتبار كل متسعة دائرة مفتوحة.



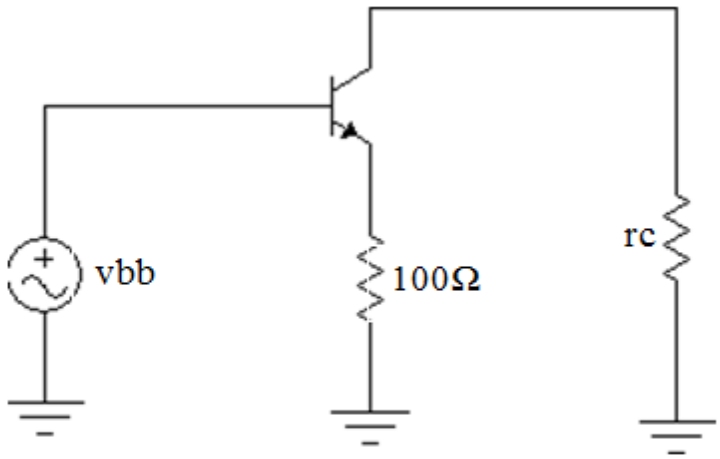
للحصول على الدائرة المكافئة ا لمتناوب

١ -قصر جميع مصادر الجهد المستمر.

٢-اعتبار جميع المتسعات دوائر قصر.



الدائرة المكافئة المتناوبة a.c



5KΩ = 10kΩ \\ 10kΩ

rb = 0 بطريقة ثفنن RC=5KΩ

$$ie \approx \frac{vbb}{rE + re^{-} + \frac{rB}{\beta}}$$

$$ie = \frac{v_{bb}}{r_E + re^{/} + \frac{r_B}{\beta}}$$

$$ie = \frac{vbb}{rE + re^{-} + 0}$$

$$ie = \frac{1 * 10^{-3}}{100 + 25} = 8\mu A$$

$$Av = \frac{rc}{rE + re^{-}} = \frac{5000}{100 + 25} = 40$$

$$vc = ie.rc = 8 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{3} = 40mv$$

$$ve = ie.re = 8 \times 10^{-6} \times 100 = 0.8mv$$

$$vb = ie.(re + \mathrm{r_E}) = 8 \times 10^{-6} \times (25 + 100) = 1mv$$

الدائرة المكافئة المتناوبة لترانزستور باستعمال المعاملات الهجينة

تعتبر طريقة المعاملات الهجينة (Hybrid Parameter) من ادق الطرق المعتمدة في تحليل دوائرمضخم الترانزستور، كما تمتاز تلك المعاملات بسهولة حساب قيمها عملياً. ان أي دائرة خطية لطرفيإدخال وطرفي إخراج يمكن تحليلها باستعمال اربع معاملات (احدها بوحدة بالأوم Ω والثانية مقلوب الأوم S والاثنان الباقيتان بدون وحدات)

$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12} v_2$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} v_2$$

$$h_{11} = \frac{v_1}{i_1}, \quad \text{for } v_2 = 0 \quad \text{(output shorted)}$$

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1}, \quad \text{for } v_2 = 0 \quad \text{(output shorted)}$$

$$h_{12} = \frac{v_1}{v_2}, \quad \text{for } i_1 = 0 \quad \text{(input open)}$$

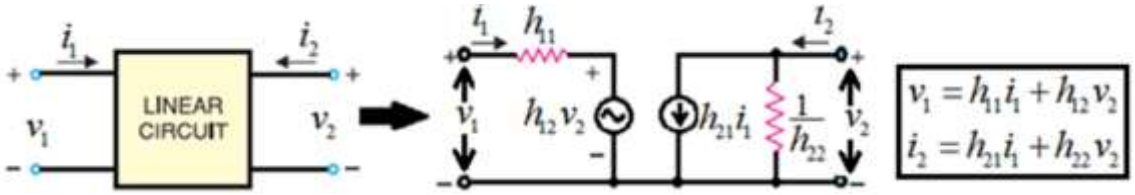
$$h_{22} = \frac{i_2}{v_2}, \quad \text{for } i_1 = 0 \quad \text{(input open)}$$

h_{11} يمثل ممانعة الإدخال للدائرة عند قصر طرفي الإخراج يرمز له أيضاhi

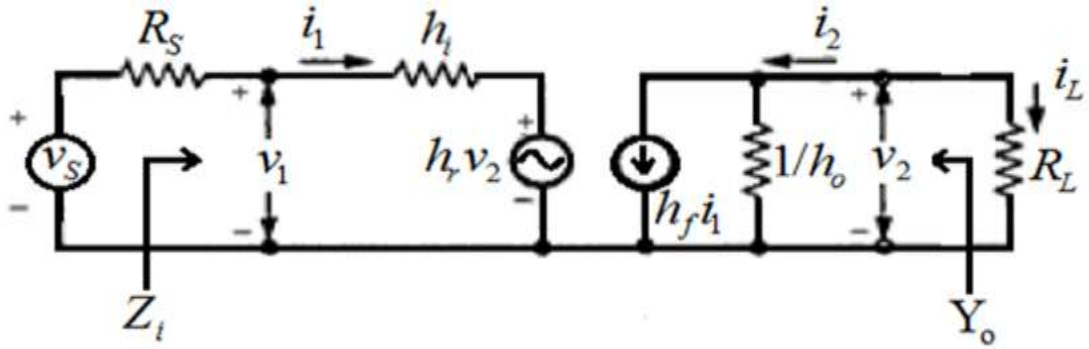
h_{21} يمثل كسب التيار عند قصر طرفي الإخراج يرمز له أيضاhf

h_{12}يمثل مقلوب كسب الفولتية عند فتح طرفي الإدخال يرمز له أيضاhr

h22يمثل مواصلة (مقلوب الممانعة) الإخراج عند فتح طرفي الإدخالho



الدائرة المكافئة المتناوبة للمضخم باستعمال المعاملات الهجينة



الدائرة المكافئة لمضخم باستعمال المعاملات الهجينة

حيث تمثل R_L المقاومة الحمل المكافئة، R_S المقاومة المكافئة لمصدر الإشارة ودائرة تحييز الإدخال، يلاحظ من الشكل أننا لم نحدد طريقة الربط معينة للترانزستور، وبالتالي يمكننا كتابة العلاقة الخاصة بفولتية الإدخال وتيار الإخراج بالصيغة

$$v_1 = h_i i_1 + h_r v_2$$

$$i_2 = h_f i_1 + h_o v_2$$

كسب التيار(Ai (Current Gain

$$A_i = \frac{-h_f}{1 + h_o R_L}$$

ممانعة الإدخال للمضخم Zi

$$\therefore Z_i = h_i + h_r A_i R_L$$

$$Z_i = h_i - \frac{h_f h_r R_L}{1 + h_o R_L}$$

كسب الفولتية Av (Voltage Gain)

$$A_v = A_i \frac{R_L}{Z_i}$$

مواصلة الإخراج Y_0 (Output Admittance)

$$Y_o = h_o - \frac{h_f h_r}{R_s + h_i}$$

كسب القدرة A_P (Power Gain)

$$A_P = \frac{A_i^{\,2}}{Z_i} R_L$$

مثال: مضخم باعث مشترك له ($h_{oe}=12X10^{-6}S$, $h_{fe}=100$, $h_{re}=10^{-4}$, $h_{ie}=1000\Omega$, $R_s=1k\Omega$, $R_L=2k\Omega$)،
أوجد: كسب التيار، ممانعة الإدخال، كسب الفولتية، ممانعة الإخراج، كسب القدرة؟

الحل:

كسب التيار لمضخم الباعث المشترك يعطى بدلالة المعاملات الهجينة بالصيغة: $A_i = \frac{-h_{fe}}{1+h_{oe}R_L}$

$$A_i = \frac{-100}{1+12\times10^{-6}\times2\times10^{3}} \quad \Rightarrow \quad A_i = -97.656$$

ممانعة الإدخال لمضخم الباعث المشترك يعطى بالصيغة: $Z_i = h_{ie} + h_{re}A_iR_L$

$$Z_i = 1000+10^{-4}\times(-97.56)\times2\times10^{3} \quad \Rightarrow \quad Z_i = 980.47\Omega$$

كسب الفولتية لمضخم الباعث المشترك يعطى بالصيغة: $A_v = A_i \frac{R_L}{Z_i}$

$$A_v = (-97.56)\frac{2\times10^{3}}{980.47} \quad \Rightarrow \quad A_v = -199.2$$

لإيجاد **ممانعة الإخراج** نجد أولا مواصلة الإخراج والذي يعطى بالصيغة: $Y_o = h_{oe} - \frac{h_{fe}h_{re}}{R_s+h_{ie}}$

$$Y_o = 12\times10^{-6} - \frac{100\times10^{-4}}{1\times10^{3}+1\times10^{3}} \quad \Rightarrow Y_o = 7\times10^{-6}S$$

$$Z_o = \frac{1}{Y_o} = \frac{1}{7\times10^{-6}} \quad \Rightarrow \quad Z_o = 142.85\times10^{3}\Omega$$

كسب القدرة يعطى بالصيغة: $A_P = A_v \times A_i$

$$A_P = (-199.2)\times(-97.656) \quad \Rightarrow \quad A_p = 19453$$

الاسبوع الخامس (المحاضرة الخامسة)

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

- ان يتعرف الطالب **استخدام الترانزستور وانواعة دائرة مصدر جهد مستمر.**

مدة المحاضرة: ٢ ساعة نظري +٢ ساعة عملي

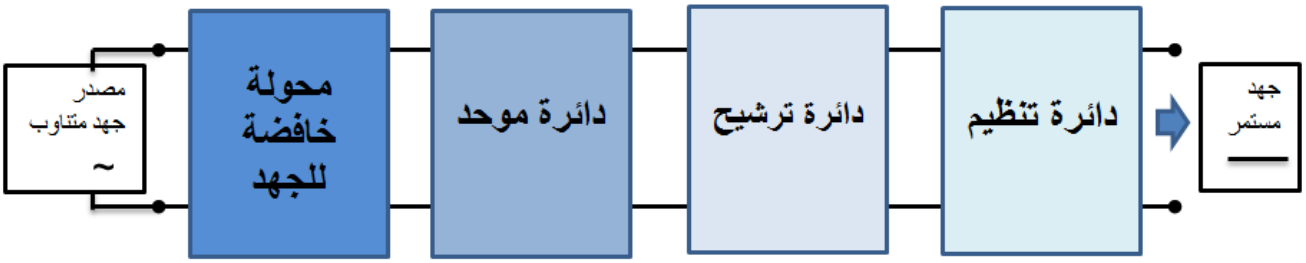
مفردات المحاضرة :-

استخدام الترانزستور في تنظيم الجهد-منظم توالي-منظم توازي –دائرة مصدر جهد مستمر.

مجهز القدرة المستمرة D.C Power Supply

تعتبر دائرة مجهز القدرة المستمرة من أهم الدوائر الالكترونية كونها دائرة مشتركة بين معظم الأجهزة الاليكترونية كالتلفزيون والحاسبة وجهاز استقبال والأجهزة الطبية الالكترونية وغيرها، وتقوم بتجهيز القدرة المستمرة إلى كافة مراحل الجهاز.

وتقوم هذه الدائرة بتحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر وتتألف من أربعة م ارحل كما مبين في المخطط الكتلي أدناه:



(شكل مخطط كتلي يوضح دائرة مجهز القدرة المستمرة)

المحولة تستخدم للعزل وكذلك تستخدم في بعض الحالات لخفض الفولتية دائرة الموحد التي تناولناها في الفصل الاول (موحد نصف موجة او موحد موجة كاملة) دائرة الترشيح للتخلص من التموج ايضا تناولناها في محاضرات سابقة (مرشح LC,RC الخ) دائرة التنظيم وتستخدم لتثبيت جهد الإخراج عند تغير المصدر أو الحمل أو كليهما ويكون تغير الحمل موضع اهتمام أكثر وتوجد أنواع عديدة من دوائر التنظيم

استخدام الترانزستور في تنظيم الجهد

الفكرة الاساسية :-

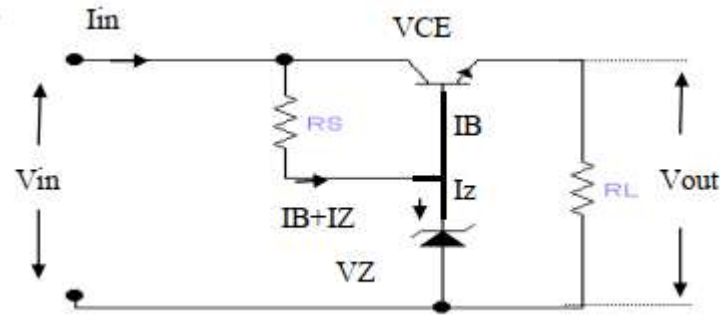
الشكل أدناه يصور لنا فكرة تنظيم الفولتية , فولتية المصدر تسوق مجهز قدرة غير منظم مثل مقوم الموجة الكاملة مع مرشح . الفولتية من المجهز غير المنظم تتغير مباشرة مع فولتية المصدر وكذلك اي تغير في تيار الحمل ينتج تغيرا في الفولتية غير المنظمة بسبب ممانعة المجهز وتفريغ متسعة المرشح. الخ

ياتي استعمال منظم الفولتية وهو كما في الشكل تسوق فولتية المجهز غيرالمنظم الذي ينتج الفولتية المنظمة والتي تكون تقريبا ثابتة لا تتغير مع تغيرات فولتية الخط ولا مع تغيرات تيار الحمل.

ان ابسط صوره لمنظم فولتية هو باستخدام ثنائي زينر لتغيرات قليلة في تيار ثنائي زينر , ماذا نعمل لو أصبحت التغيرات في تيار ثنائي زينر كبيرة

منظمات التوالي series Requlators

في حالة التغيرات الكبيرة في تيار ثنائي الزينر الوسيلة الأبسط هي اضافة ترانزستور يربط تابع الباعث على التوالي مع الحمل



شكل منظم توالي

حيث لاتزال فولتية الحمل مساوية لفولتية ثنائي زينر Vz مطروح منها هبوط الفولتية VBE في الترانزستور

$$VL = VZ - VBE$$

التغيرات في تيار ثنائي زينر قد قللت بمقدار β من المرات

$$\Delta Iz = \frac{-\Delta I_L}{\beta}$$

لان التغيرات في تيار الحمل تنتج تغيرات متساوية ومضادة في تيار ثنائي زينر

$$\Delta IZ = -\Delta IL$$

تسمى هذه الدائرة منظم فولتية التوالي لان طرفا الجامع والباعث على التوالي مع الحمل وكذلك غالبا يسمى بترانزستور المرور pass transistor الفولتية عبر ترانزستور المرور تساوي

$$V_{CE} = Vin - Vout$$

وان تيار الحمل I_L هو تيار الباعث I_E لترانزستور

$$IL=IE= (1+\beta)\ IB$$

ان ترانزستور القدرة له القابلية لتجهيز تيار عالي وتكون لقاعدة الترانزستور فولتية Vz ومجهزة بتيار عبر المقاومة Rs ولهذا يكون للدائرة القابلية على اعطاء تيار عالي جدا للحمل مقارنة بالتيار في حالة منظمالتوازي اي باستعمال ثنائي زينر فقط.

وقدرة التبديد المسموح بها للترانزستور فقط هي

$$P_D = (Vin\text{-}Vout)\ IL$$

مثال- :

من الشكل (1) فولتية زينر Vz تساوي (7.5 V) و (β=100) و RL=100Ω. كم هي فولتية الحمل وتيار الحمل علما ان Vin > Vz؟

الحل : $\mathbf{V_L = Vz - V_{BE}}$= 7.5-0.7= 6.8V

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

مثال:-

في المثال السابق Zz1=6Ω كم هو التغير في تيار الحمل عندما تتغير RL من 50-100Ω كم هو التغير في تيار زينر ؟ التغير التقريبي في فولتية الحمل؟

الحل :

$$VL = VZ - VBE = 7.5\text{-}0.7 = 6.8V$$

عندما RL=50Ω

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{6.8}{50} = 136mA$$

عندما RL=100Ω

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

التغير في تيار الحمل $\Delta_{IL} = 136mA - 68mA = 68\ mA$

التغيير في تيار زينر

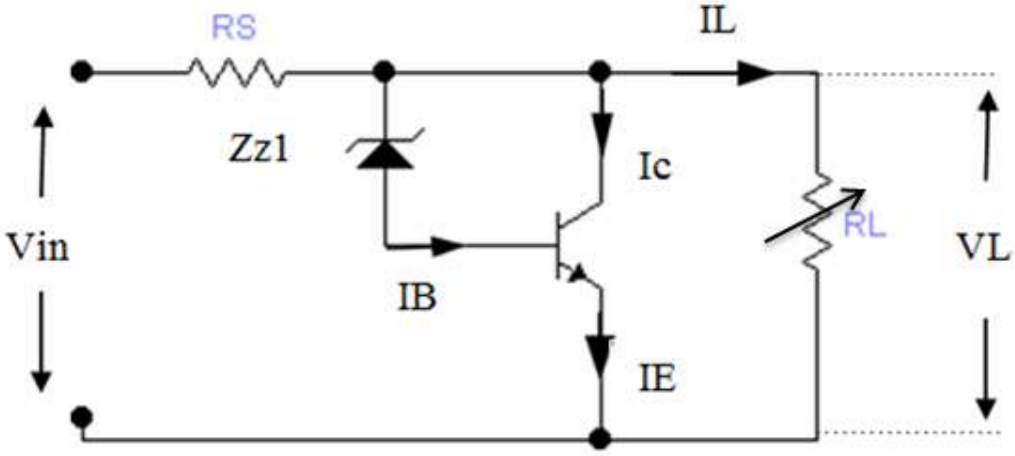
$$\Delta Iz = \frac{-\Delta I_L}{\beta} = \frac{-6.8mA}{100} = -0.68mA$$

التغير التقريبي في فولتية الحمل $Vout = Zz\ \Delta Iz = 68\times(-68\times10^{-3}) = -4.08mV$

منظم الفولتية التوازي

كما في الشكل يستخدم الترانزستور على التوازي مع ثنائي الزينر لذا تكون الفولتية عبر الحمل مساوية لفولتية ثنائي الزينر Vz زائدا هبوط الفولتية VBE

VL=VZ+VBE



منظم فولتية توازي

$$V_{out} = V_Z + V_{BE}$$
$$\Delta I_L = -\Delta I_C$$

$$\Delta I_B = \frac{\Delta I_C}{\beta} = -\frac{\Delta I_L}{\beta}$$

$$I_Z = I_B$$
$$\Delta I_Z = \Delta I_B = -\frac{\Delta I_L}{\beta}$$

الاسبوع (السادس +السابع)

(المحاضرة السادسة+السابعة)

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

- ان يتعرف الطالب **ترانزستور تاثير المجال تركيبة انواعة خواصة .**
- **ويتعرف على MOSFET .**

مدة المحاضرة: ٢ ساعة نظري +٢ ساعة عملي

مفردات المحاضرة :-

ترانزستورات تاثير المجال - تركيبة – نظرية العمل -منحنى الخواص – - منحنيات جهد الضيق Vgs,Idss,Vp- مقارنة بين E-MOSFETD -MOSFET-BJT,JFET

ترانزستورات تاثير المجال

يعتبر الترانزستور ثنائي القطبية "BJT" هو العمود الفقري للدوائر الالكترونية ولكن هناك بعض التطبيقات التي يفضل فيها استخدام الترانزستور تاثير المجال"Field effect Transistor" فيها ويرمز له اختصارا"FET" ويمكن بصورة عامة تقسيم الترانزستور الى قسمين هما الترانزستور المجال الوصلي "JFET" وترانزستور المجال ذات الاوكسيد المعدني "MosFET

*** ويسمى أيضا بالترانزستور الأحادي القطبية وذلك لان التيار الناتج يعتمد على حركة نوع واحد من حاملات الشحنة (اما الكترونات حرة أو فجوات)**

يمتاز ترانزستور تأثير المجال عن ترانزستور ثنائي القطبية الوصلي (BJT) في عدة جوانب أهمها:

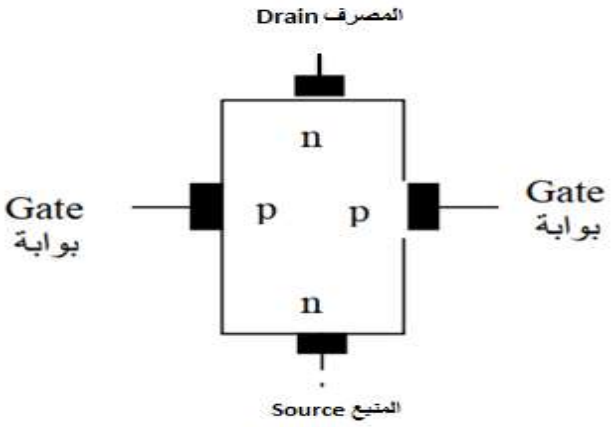
١. سهولة تصنيعه وكذلك صغر المساحة التي يشغلها لذلك فانه اكثر استعمالاً وملائمة في الدوائر المتكاملة، وكذلك تكون أطول عمراً واكبر كفاءة.
٢. يمتلك ممانعة إدخال عالية جداً (عادة ما تكون اكبر من 100MΩ).
٣. يكون أقل عرضة للتأثيرات الحرارية.
٤. يكون أقل توليداً للضوضاء.
٥. يمكن استعماله عند الترددات العالية وذلك لان حركة الحاملات في القناة لا تتم عن طريق الانتشار بل في مجال معجل.

هناك نوعان من ترانزستور تاثير المجال

١ - ترانزستور المجال الوصلي(JFET) Junction Field Effect Transistor
٢ - ترانزستور تأثير المجال ذي الأوكسيد المعدني (MOSFET) Metal-Oxide-Semiconductor

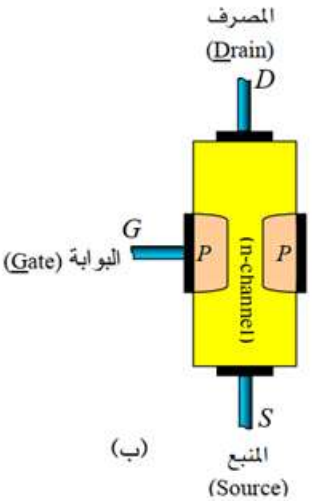
ترانزستور تأثير المجال الوصلي(JFET)

- تركيب ورمز الترانزستور تاثير المجال الوصلي
  - تسمى النهاية السفلى بالمنبع Source
  - النهاية العليا بالمصرف Drain
  - وقطعة شبه الموصل بينهما بالقناة channel

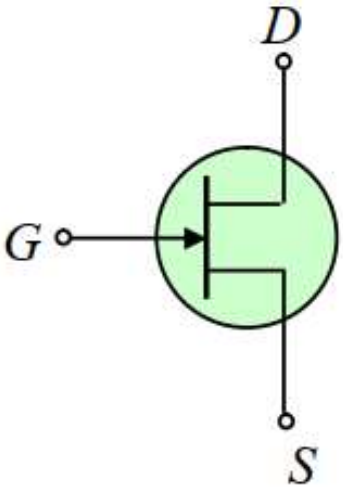


- يوجد نوعين حسب نوع القناة

هناك نوعان من ترانزستور تأثير المجال الوصلي وهما ترانزستور تأثير المجال الوصلي ذي القناة السالبة (n-channel JFET)وترانزستور تأثير المجال ذي القناة الموجبة (p-channel JFET) تبعاً لتركيب وخصائص كل نوع.



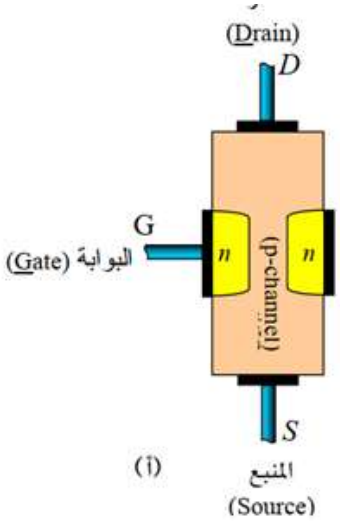
N – Channel JFET



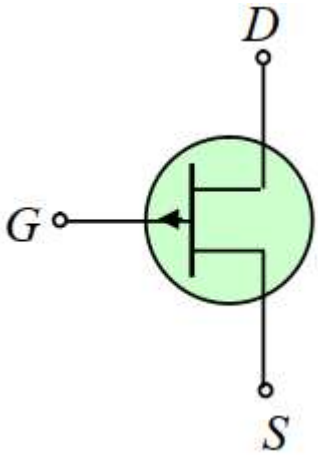
تركيب رمز

الترانزستور نوع القناة P

P – Channel JFET



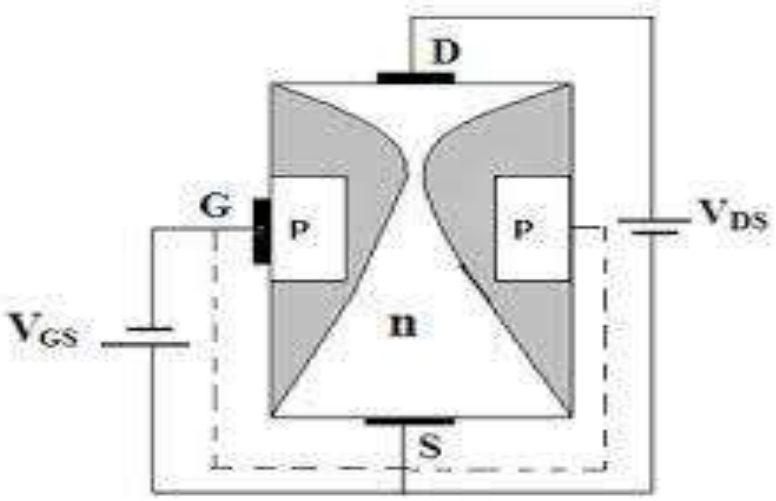
P - Channel JFET



تركيب رمز

تحييز الترانزستورJFET

- بتسليط فولتية سالبة بين البوابة والمنبع ويسري تيار عكسي صغيرجدا يمكن اهماله
- سمي تاثير المجال Field Effectنسبة الى طبقتي الاستنزاف حول كل وصلة p,nحيث يجب على التيار المار من المنبع الى المصرف ان يسري خلال القناة الضيقة بين طبقتي الاستنزاف

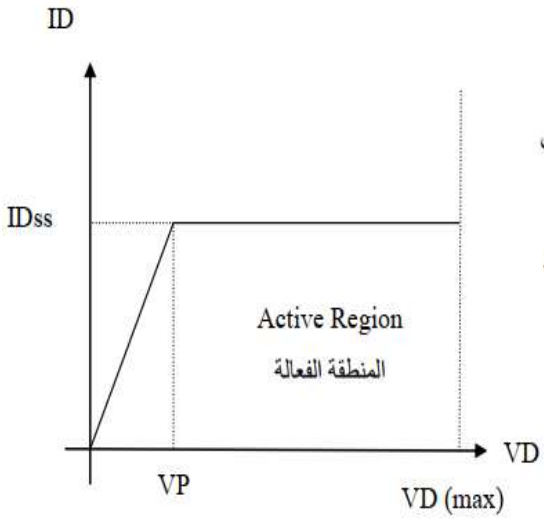


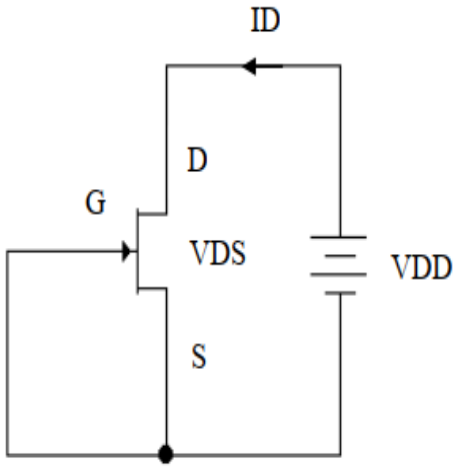
وحجم طبقتي الاستنزف يحدد عرض القناة الموصلة وكلما كانت فولتية البوابة اكثر سالبية كلما تصبح القناة الموصلة اضيق لاقتراب الطبقتين من بعضهما'وبذلك تسيطر فولتية البوابة على التيار المار بين المنبع والمصرف والتناسب عكسي وبذلك تسيطر فولتية الاخراج على تيار الاخراج وهذا يختلف عن الترانزستور ثنائي القطبية حيث يسيطر الادخال على تيار الاخراج.

منحنيات خواص JFET

العلاقة بين تيار المصرف ID وفولتية V_{DS}

بقصر البوابة اي جعل $V_{GS}=0$





يبين منحني العلاقة بين تيار المصرف وفولتية لحالة قصر البوابة حيث يرتفع تيار المصرف سريعا ثم يستوي في المنطقة بين Vp وvds يكون تيار المصرف ثابتا تقريبا. وعندما تكون فولتية المصرف كبيرة جدا يحصل انكسارفي الترانزستور وهذا يشبه مايحصل في ترانزستور ثنائي القطبية ومن الشكل نلاحظ بان المنطقة الفعالة تقع على طول الجزء الافقي تقريبا من المنحني ومدى العمل هو

Vp < VDS < VDS (max)

- **فولتية الضيق V_P**

وهي فولتية المصرف التي يكون تيار المصرف فوقها ثابت تقريباً وعندما تصبح القناة ضيقة وتوشك ان تتلامس طبقتا الاستنزاف يحاول الممر الصغير بين طبقتي الاستنزاف تحديد التيار فاي زيادة في فولتية المصرف تنتج زيادة طفيفة في تيار المصرف.

تيار المصرف IDss

وهو يعني تيار المصرف الى المنبع مع قصر البوابة.وهو اقصى تيارمصرف يمكننا الحصول عليه بالعمل الاعتيادي لترانزستور المجال الوصلي لانه مقاس تحت شرط قصر البوابة((VGS=0وان كل فولتيات البوابة الاخرى تكون سالبة وتنتج تيار مصرف اقل .وعادة لاتعطى قيمة IDssفي استمارة المواصفات للترانزستور مع VDS , Vp

- جهد القطع **Cutoff voltage $V_{Gs(off)}$:** يعرف جهد القطع $V_{Gs(off)}$ على أنه قيمة الجهد V_{GS} التي تجعل قيمة التيار I_D تقريباً تساوي صفر.

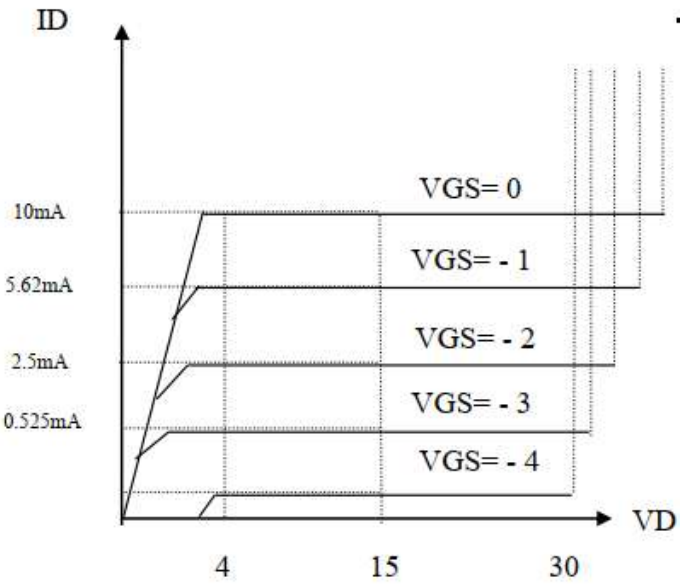
فولتية القطع بين البوابة والمصرفـر *VGS(off*

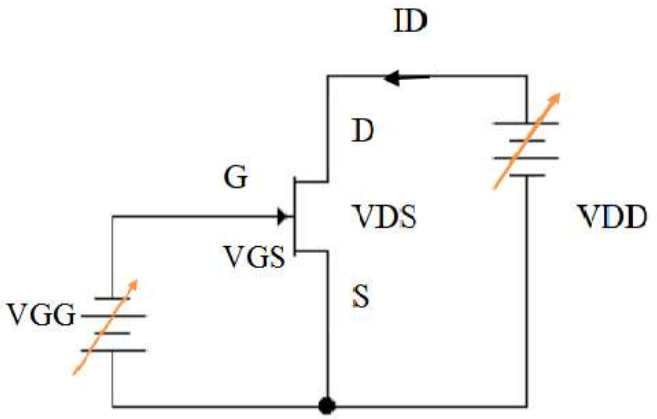
يبين الشكل منحنيات المصرف للترانزستور JFETالنموذجي وهي تشبه منحنيات الجامع كثيرا

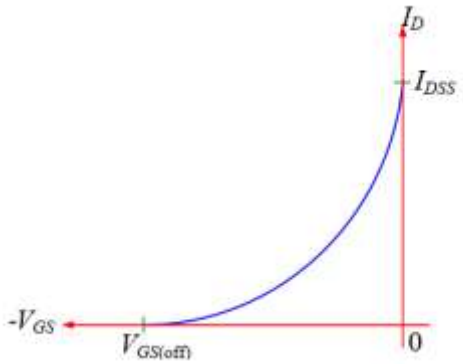
- اعلى منحني يمثل VGS قصر البوابة
- فولتية الضيق = 4v
- فولتية الانكسار = 30v

فتكون المنطقة الفعالة ***4V < VDS < 30V***

ونلاحظ ان فولتيات بوابة سالبة تهبط التيار للمصرف الى اقل قيم المنحني الاخير 4 - =VGSتقلل تيار المصرف الى صفر تقريبا







شكل منحنى خواص التحويل

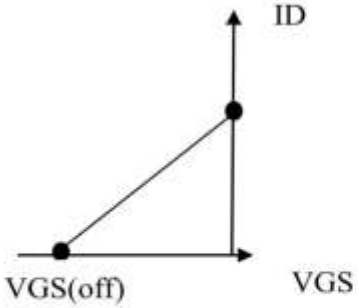
ثوابت JFET

منحنى القطع المكافئ

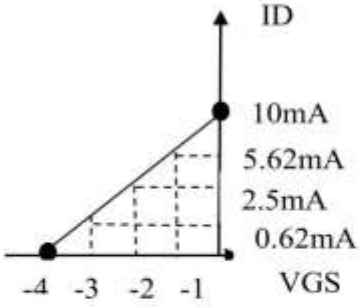
يكون منحني الموصلة التبادلية هو رسما يربط VGS , ID فمثلا بقراءة قيم VGS , ID في الشكل نستطيع ان نرسم منحني الموصلة التبادلية المبينة في الشكل (a) وعموما يبدو منحي الموصلة التبادليةلاي JFET كما في الشكل (b).

منحني الموصلة التبادلية هو جزء من قطع مكافئ يمكن ان تبين معادلة الموصلة التبادلية على انها

$$ID = IDss\left[1 - \frac{VGS}{VGS(off)}\right]^2$$



شكل (a)

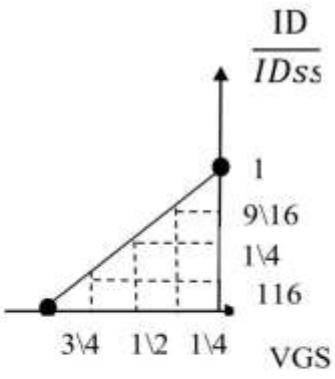


شكل(b)

منحنى الموصلة التبادلية المنسب

بامكاننا ان نعيد ترتيب المعادلة اعلاه للحصول على

$$\frac{ID}{IDss} = \left[1 - \frac{VGS}{VGS(off)}\right]^2 - - - - - (1)$$



بالمعادلة رقم (1) نستطيع حساب تيار المصرف لان فولتية البوابة في المنطقة الفعالة كمثال

افرض ان JFET له IDss = 4mA,VGS(off)= -2v بالتعويض في المعادلة

$$ID = 0.004\left[1+\frac{VGS}{2}\right]^2$$

بهذه المعادلة يمكن حساب تيار المصرف لاية فولتية بوابة .

قانون التربيع هو اسم اخر للقطع المكافئ وهذا هو سبب تسمية ترانزستورات المجال الوصلي بمكونات التربيع.

لتحييز JFET قرب منتصف مدى التيار المفيد له نحتاج تعين ID يساوي نصف IDss تقريبا لذلك نستطيع تعيين نقطة انحياز وسطى مع VGS تساوي تقريبا

$$VGS \cong \frac{VGS(off)}{4}$$

لو كان لدينا JFET فيه VGS(off) =-8 فيجب علينا ان نستعمل VGS=-2 للحصول على تيار مصرف يساوي تقريبا نصف اقصى تيار مصرف مسموح به.

معاملات ترانزستور تاثير المجال ذى الوصلة JFET Parameters

1- الموصلية التبادلية gm

هي عبارة عن معدل تغير تيار المصرف ID بالنسبة لتغير الجهد VGS عند ثبات قيمة الجهد VDS وتتراوح قيمة الموصلية من 0.1 الى 20 ملي امبير \فولت .

$$gm = \frac{\Delta ID}{\Delta VGS}$$

ملاحظة :- حساب gm عند فولتية VGS=0 نرمز له بالرمز gmo لنبين انها مقاسة عند يمكن حساب قيمة VGS=0 يمكن حساب قيمة gm(الوصلة التبادلية)من المعادلة التالية

$$gm = gmo\left[1-\frac{VGS}{VGS(off)}\right]$$

هذه المعادلة تعطي قيمة gm عند اي نقطة عمل بدلالة gmo الموجودة في استمارة المواصفات.

قيمة رقيقة لل VGS(off)

باستعمال الرياضيات نستطيع اشتقاق الصيغة التالية-:

$$VGS(off) == \frac{2IDss}{gmo}$$

وهذه المعادلة مفيدة بسبب قياس IDss و gmo بدقة عالية وصعوبة قياس VGS(off)

2- مقاومة المصرف المتناوبة rds

المقاومة rds هي المقاومة المتناوبة من المصرف الى المنبع وتعرف بانها عبارة عن معدل تغير الجهد VDS بالنسبة لتغير التيارID عند ثبات قيمة VDS وتتراوح قيمة الموصلية من 0.1 الى 20 ملي امبير\فولت

$$rds = \frac{\Delta VDS}{\Delta ID}$$

3- معامل التكبير μ

هو عبارة عن معدل تغير الجهد VDS بالنسبة لتغير الجهد VGS عند ثبات قيمة التيار ID

$$\mu = \frac{\Delta VDS}{\Delta VGS}$$

وترتبط هذه المعاملات الثلاث بالعلاقة التالية

$$\mu = gm\ rds$$

مقاومة المصرف الى المنبع لحالة التوصيل

يعمل JFET في المنطقة الفعالة مثل مصدر تيار ولكنه يعمل في منطقة التشبع "فولتية مصرف اقل من VP" مثل مقاوم لان تغيرا في فولتية المصرف في منطقة التشبع ينتج تغيرا طرديا في تيار المصرف وهذا هو سبب تسمية منطقة التشبع لل JFET بالمنطقة الاومية ومقاومة JFET في هذه المنطقة تساوي

$$rds(on) = \frac{\Delta VDS}{\Delta ID}$$

مثال

لترانزستور مجال وصلي IDSS=10mA وgmo=4000µs احسب VGS(off) كذلك احسب gm لانحياز عند النقطة الوسطى؟

الحل

$$VGS(off) == \frac{2IDss}{gmo}$$

$$VGS(off) = \frac{2*10*10^{-3}}{4000*10^{-6}} = 5v$$

لانحياز عند النقطة الوسطى

$$VGS = \frac{VGS(off)}{4}$$

$$VGS = \frac{5}{4} = 1.25v$$

$$gm = gmo\left[1 - \frac{VGS}{VGS(off)}\right]$$

$$gm = 0.004\left[1 - \frac{1.25}{5}\right] = 3000\mu s$$

مثال

IDSS في JFET يساوي 9mA و VGS (off) =-3 V ماهي معادلة الموصلة التبادلية لترانزستور المجال الوصلي؟كم هو تيار المصرف عندما VGS=-1.5V

الحل

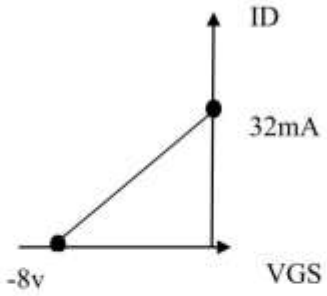
$$ID = IDss\left[1 - \frac{VGS}{VGS(off)}\right]^2$$

$$ID = 9*10^{-3}\left[1 + \frac{VGS}{3}\right]^2$$

$$ID = 9 * 10^{-3}\left[1 - \frac{-1.5}{-3}\right]^2 = 2.25mA$$

مثال

احسب قيمة تيار المصرف عند VGS=-4.5 في الشكل ادناه؟



الحل

$$ID = IDss\left[1 - \frac{VGS}{VGS(off)}\right]^2$$

$$ID = 32 * 10^{-3}\left[1 - \frac{-4.5}{-8}\right]^2 = 6.12mA$$

مثال

JFET يمتلك gmo=6.5 ms و VGS(off) =-6v ولو انه حيز عند ID=0.5IDss كم هي قيمة gm التقريبية عند نقطة العمل ؟

الحل

$$VGS = \frac{VGS(off)}{4}$$

$$VGS = \frac{-6}{4} = -1.5v$$

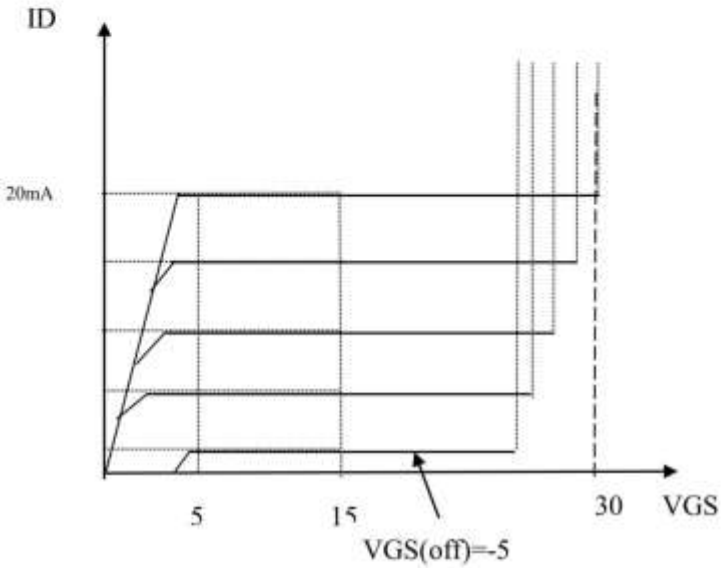
$$gm = gmo\left[1 - \frac{VGS}{VGS(off)}\right]$$

$$gm = 6.5 * 10^{-3}\left[1 - \frac{-1.5}{5}\right] = 4.8\mu s$$

مثال

اذا كان لل JFET منحنيات المصرف المبينة في الشكل . كم هي قيمة IDss لضمان العمل عند الجزء المستوي من المنحني. كم هو المدى الذي يجب ان تبقى فيه VDS؟

الحل



IDss=20mA

VP=5V

5v < VDS < 30v

مثال

قيمة VGS (off) الدنيا ل JFET تساوي 2v- وقيمتها القصوى هي 4.5v كم هي فولتية الضيق الدنيا التي نتوقعها في هذا النوع من JFET ؟ اذا كانت VDSmax لترانزستور المجال الوصلي هذا تساوي 25v في اي مدى يجب ان تقع VDS لكي يعمل الترانزستور مثل مصدر التيار "استخدم قيمة فولتية الضيق الاكبر"؟

الحل

VPmin=VGSmin =2v

4.5v < VDS < 25v

ترانزستورات MOSFET الاستنزافية-التعزيزية

وتسمى ترانزستورات المجال ذات الاوكسيد المعدني metal-oxide-semiconductor FET وتمتلك منبعاوبوابة ومصرفا،حيث تسيطر فولتية البوابة على تيار المصرف والفرق الوحيد بينهاوبين JFET هو اننا نستطيع تسليط فولتيات بوابة موجبة مع بقاءتيارالبوابة صفرا.

مناطق MOSFET

نلاحظ من الشكل ان الترانزستور يمتلك منطقة P
نسميها طبقة الاساس Substrate , وترسب طبقة
رقيقة من اوكسيد السليكون على الجهة اليسرى من القناة
لتكون عازلا ومن ثم ترسب بوابة معدنية على العازل

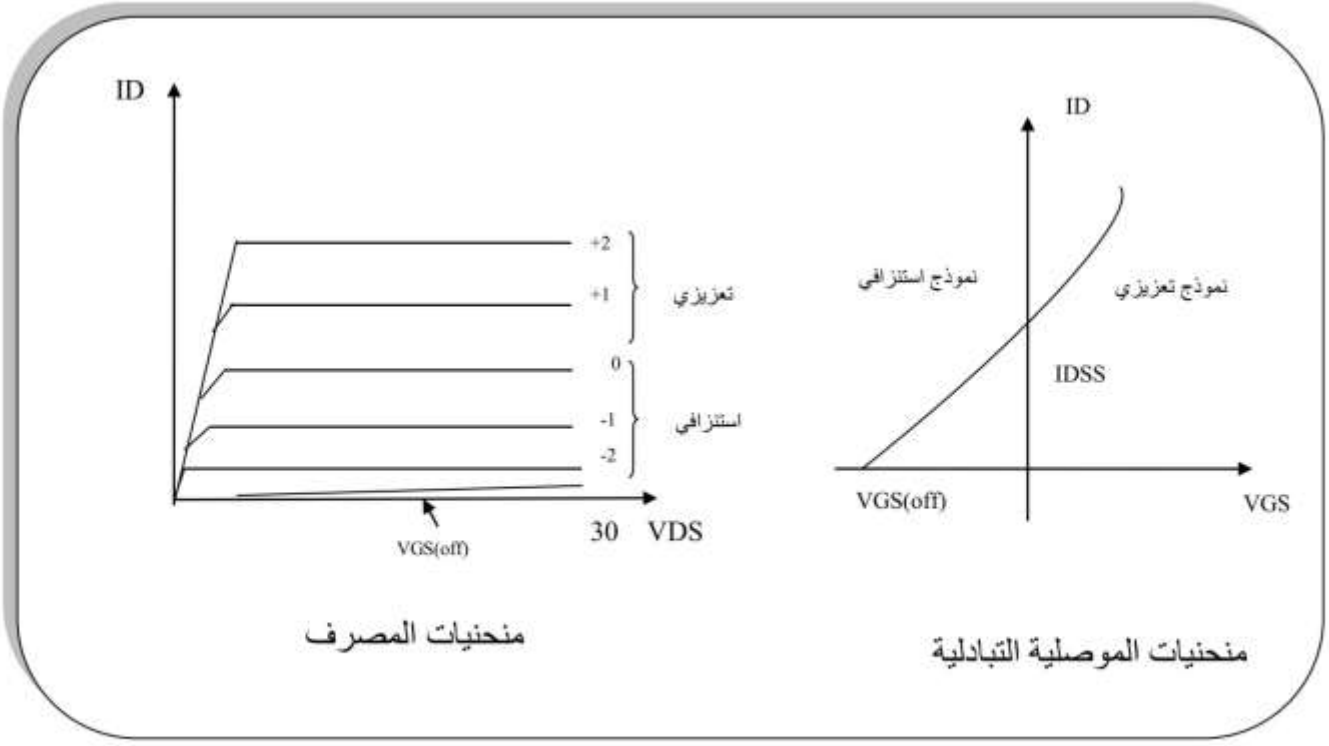
النموذج الاستنزافي D-MOSFET

كما في الشكل تسير الكترونات حزمة التوصيل من المنبع
الى المصرف خلال القناة الضيقة على يسار طبقة الاساس
P. فولتية البوابة السالبة ترفع الالكترونات على البوابة التي
تمثل احد لوحي متسعة والاوكسيد المعدني هو العازل والقناة
n تمثل اللوح الاخر.
هذه الشحنات السالبة تنافر الكترونات حزمة التوصيل في القناة
nوتترك ايونات موجبة في جزء من القناة.اي اخلينا بعض
الكترونات حزمة التوصيل للقناة **n** كما في الشكل وكلما تزيد
سالبية فولتية البوابة زاد استنزاف الكترونات حزمة التوصيل
في القناة n الى ان تصل الى قطع التيار بين المنبع والمصرف
وهذا يشبه اداء JFET

النموذج / لتعزيزى E-MOSFET

بما ان البوابة معزولة عن القناة نستطيع ان نسلط
فولتية موجبة كما في الشكل
وايضا تعمل البوابة كلوح متسعة لكن الشحنات الموجبة
على البوابة لحث الان شحنات سالبة في القناة n كما في
الشكل الاخر ،وهذه الشحنات هي الكترونات حزمة
التوصيل مسحوبة للقناة و اضيفت الى الالكترونات الموجودة
في القناة اصلا فيزداد العدد الكلي للالكترونات حزمة التوصيل
في القناة وبذلك تعزز فولتية البوابة الموجبة توصيلة القناة وكلما
كانت فولتية البوابة موجبة اكثر فان التوصيل من المنبع الى
المصرف يكون اعظم

منحنيات MOSFET

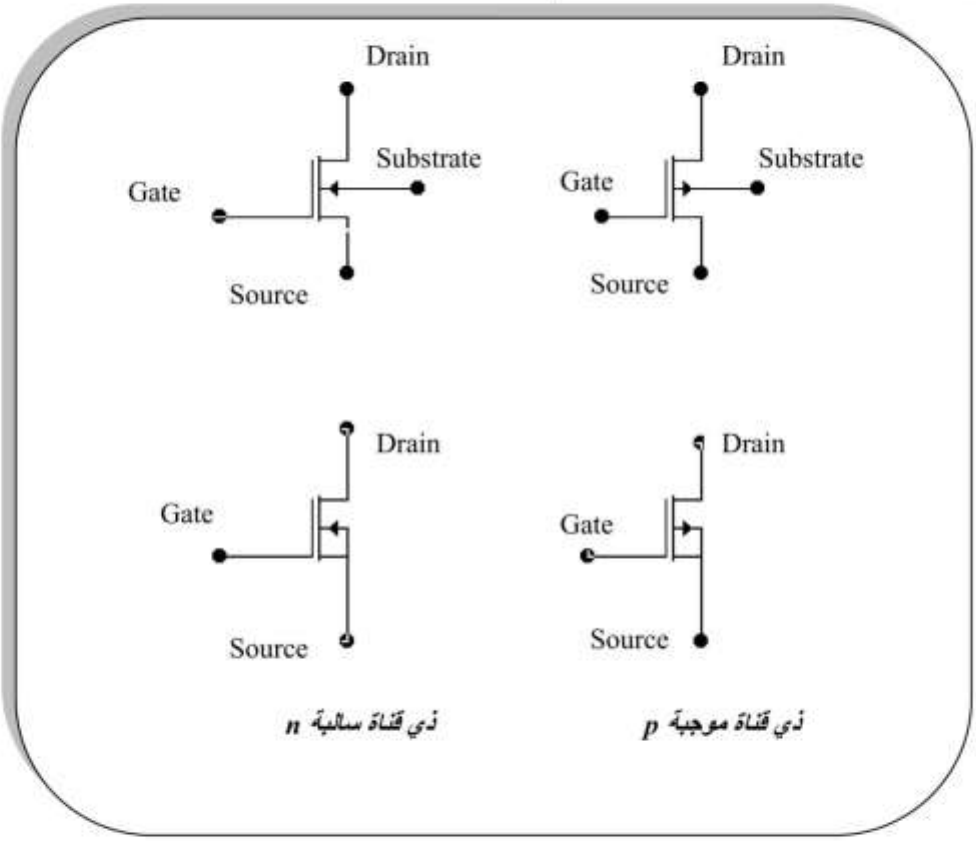


حيث تمثل

VGS(off) : فولتية البوابة السالبة التي تودي الى قطع تيار المصرف عندما VGS اقل من الصفر نحصل على نموذج استنزافي وعندما VGS اكبر من الصفر نحصل نموذج تعزيزي .

IDSS: يمثل تيار المصرف الى المنبع لحالة قصر البوابة "VGS=0"

الرمز التخطيطي لل MOSFET



السهم الموجود على طبقة الاساس يعني بان القناة من النوع **n** واذا كان **p** يقلب اتجاه السهم .المصنع عادة يربط طبقة الاساس بالمنبع داخليا

الاسبوع(الثامن +التاسع+العاشر)

(المحاضرة الثامنة +التاسعة+العاشرة)

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

- التعرف وفهم **دوائر انحيازFET** وفهم **استخدام FET في تكبير الإشارة الصغيرة.**

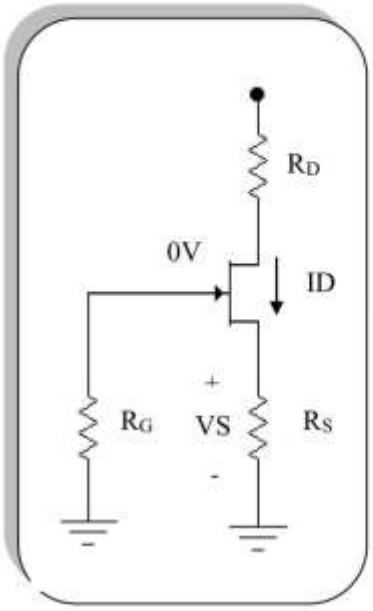
مدة المحاضرة: ٢ ساعة نظري +٢ ساعة عملي

مفردات المحاضرة :-

دوائر انحيازFET-انحياز مصدر التيارالثابت-نقطة العمل-الانحياز الذاتي-الدائرة المكافئة للـFET – استخدام FET في تكبير الإشارة الصغيرة-مقارنة بين أنواع الـFET –(MOSFET ,FET) (BJT).

دوائر انحياز FET

1- انحياز الذاتي:-



اكثر الطرق شيوعا في تحييز JFET يسري تيار المصرف الى الاسفل خلال R_D , R_S

الفولتية بين المصرف والمنبع $VDS=VDD-ID\ (R_D+R_S)$

الفولتية عبر مقاوم المنبع $VS=IDR_S$

$VG\approx0$ لان تيار البوابة صغيرة جدا يمكن اهماله

$VGS=VG-VS=0-IDR_S$

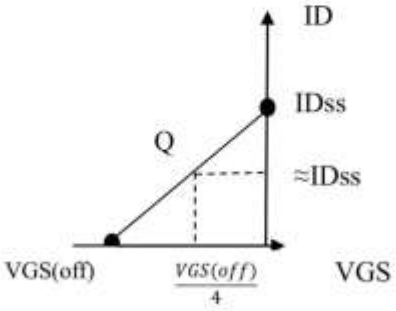
تمثل فولتية الانحياز الذاتي ولاضرورة لوجود مصدر فولتية خارجي يسوق البوابة $VGS=-IDR_S$

الانحياز الذاتي يثبت نقطة العمل QPoint ضد تغيرات ثوابت JFET مثل " gmo , IDss"

في الشكل فولتية بوابة تساوي ربع $VGS(off)$ تنتج تيار مصرف يساوي نصف $IDss$ تقريبا

وهذه القيم تنتج

$$RS = \frac{-VGS(off)}{2IDss}$$



ولكن عندنا

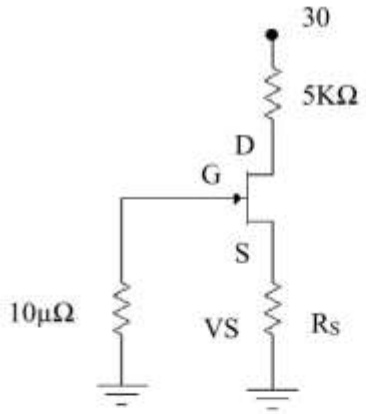
$$VGS(off) = \frac{2IDss}{gmo}$$

للانحياز عند نقطة وسطى

$$RS = \frac{1}{gmo}$$

مثال :-الترانزستور في الشكل له " $gmo=5000\mu s$ " " $IDss=5mA$ "كم هي قيمة RS لانحياز عند نقطة وسطى ؟وماقيمة VGS القابلة لها؟وماقيمة VDS؟

الحل:-



$$RS = \frac{1}{gmo} = \frac{1}{5000*10^{-6}} = 200\Omega$$

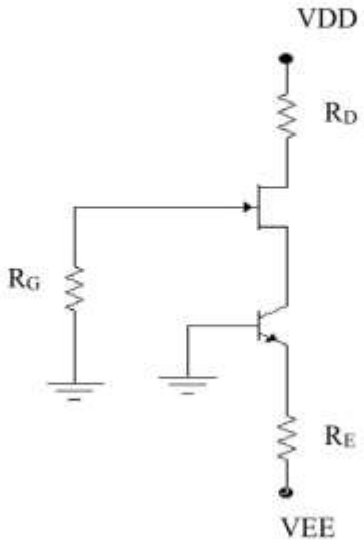
عند نقطة وسطى **ID= 2.5m A**

$$VGS = -IDR_S = -2.5*10^{-3}*200 = -0.5\ V$$

$$VDS = VDD - ID\ (R_D + R_S)$$

$$30 - 2.5*10^{-3}(5000+200) = 17V$$

2- انحياز مصدر التيار الثابت:-



الطريقة الامثل لتثبيت تيار المصرف ضد التغيرات في ثوابت FET وذلك بتوفير مجهز مجزا"مجهز ذو فولتية موجبة واخرسالبة" حيث يعمل ترانزستور ثنائي القطبية عمل مصدر تيار ويجبر ترانزستور المجال الوصلي على امتلاك ID يساوي IC وبذلك نستطيع التحكم بقيمة IDمن خلال IC.

تيار الباعث في ترانزستور ثنائي القطبية

$$IE \approx \frac{VEE}{RE}$$

يعمل الجامع للثنائي مثل مصدر تيار ' لذلك فهو يرغم تيار المصرف على ان يساوي IE تقريبا ولكن

الاسبوع الحادي عشر (المحاضرة الحادية عشرة)

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

- ان يتعرف الطالب **على المقاومةالمعتمدة على الضوء والثنائي الباعث للضوء والترانزستور الضوئي.**
- يتعرف الطالب على لوحة القطع السبعة

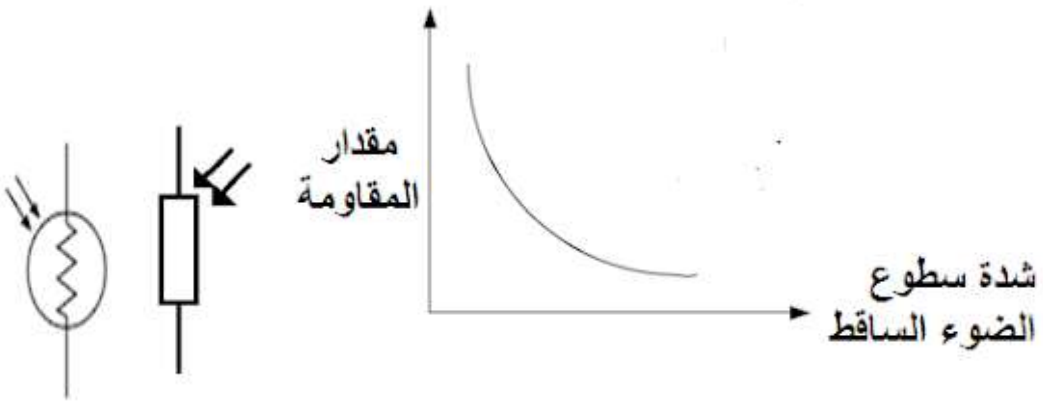
مدة المحاضرة: ٢ ساعة نظري +٢ساعة عملي

مفردات المحاضرة :-

المقاوم المعتمد على الضوء –الثنائي الباعث للضوء-الثنائي الضوئي-الترانزستور الضوئي-لوحة القطع السبع-تركيبها وتطبيقاتها

المقاومة الضوئية

عبارة عن عنصر الكتروني غير فعال تتغير قيمتها تبعا لشدة الضوء الساقط عليها وتكون العلاقة عكسية بين شدة الضوء وقيمة المقاومة حيث تقل قيمة المقاومة بزيادة شدة الضوء الساقط عليها وتزيد قيمتها في حالة الظلام او حجب الضوء عنها حيث ان مقاومتها في الظلام عالية جدا تصل الى اكثر من واحد ميجا اوم وعندما تتعرض للضوء تنخفض مقاومتها الى بضع مئات من الاوم.
اذ يوضح المنحني التالي طريقة او مبدأ العمل للمقاومة الضوئية(LDR)

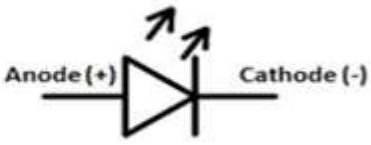


شكل منحى مبدا عمل المقاومة الضوئية

رمز القاومة الضوئية

الثنائي الباعث للضوء *Light Emitting Diode – LED*

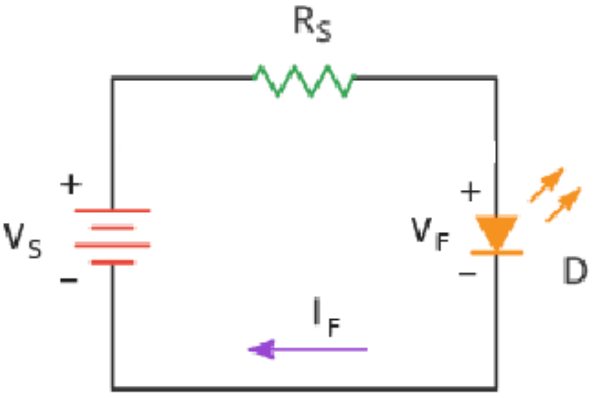
هي عبارة عن اشباه موصلات (وصلة PN) تبعث ضوئا عندما تكون منحازه أماميا . حيث تعبر الكترونات حزمة التوصيل وتسقط في الفجوات . عند سقوط الالكترونات من حزمة التوصيل الى حزمة التكافؤ تشع طاقة في الثنائي المقوم تنطلق هذه الطاقة على شكل حرارة أما في ثنائي باعث الضوء فأن الطاقة تشع على شكل ضوء .



رمزالدايود الباعث للضوء

●الثنائيات باعثة الضوء تمرر تيارا حينما تكون منحازة اماميا ولا تسمح بمرور التيار عندما تكون منحازة عكسيا **اي تحمل نفس خصائص الثنائي العادي** بالاشارة ان هذه الثنائيات تختلف عن الثنائي العادي بكون فرق الجهد عبرها عند الانحياز الامامي يزيد عادة عن واحد فولت كما ان فولتية زنر في حالة الانحياز العكسي لهذه الثنائيات تحدث عادة بقيم قليلة
ان إضاءة هذه الثنائيات تزداد بازدياد التيار الامامي الساري فيه وهناك انواع من الثنائيات يتغير لونها مع شدة التيار ويكثر استعمال هذه الثنائيات في حاسبات الجيب الالكترونية وذلك باظهار الارقام بواسطة سبع قطع من الثنائيات لكل رقم . (7segment display)

- دائرة الانحياز الامامي للثنائي باعث الضوء
- وجود مقاومة على التوالي مع الثنائي(كما في الشكل)الغرض منها تحديد قيمة تيار الدائرة في الحدود االمسموح بها



وتحسب قيمة مقاومة التوالي من خلال العلاقة التالية :

$$R_S = \frac{V_S - V_f}{I_f}$$

.

مميزات وعيوب LED

المميزات

- كفاءة عالية الاستهلاك القليل للطاقة الكهربائية
- عمرة طويل
- صغير الحجم والوان متعددة
- يتحمل الصدمات

العيوب

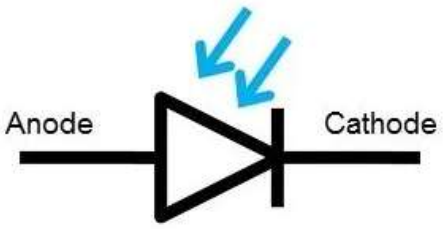
- باهض الثمن نسبيا
- يحتاج الى مصدر تيار ثابت
- يحتاج الى انظمة لتشتيت الحرارة منة

استخدمات الثنائي الباعث للضوء

- حاسبات الجيب الالكترونية وذلك باظهار الارقام
- **الشاشات الإلكترونية :**استخدام LEDsفي شاشات التلفاز والهواتف المحمولة.
- **الإضاءة المنزلية والصناعية**: استبدال المصابيح التقليدية بمصابيح LEDلتوفير الطاقة.
- **الشاشات الإلكترونية**: استخدام LEDsفي شاشات التلفاز والهواتف المحمولة.
- **أنظمة الإضاءة في المركبات**: تطبيقات في إشارات المرور والمصابيح الأمامية.
- **الأجهزة الإلكترونية**: استخدام LEDsفي مؤشرات الأجهزة وأجهزة التحكم عن بُعد.

الثنائيات الضوئية *PhotoDiode*

الثنائي الضوئي هو ذلك النوع من الثنائيات الذي يحول الضوء الساقط عليه الى طاقة كهربائية. وهي مصممة للعمل بالاتجاه العكسي . عندما تسقط الطاقة الضوئية على وصلة الثنائي الضوئي تتولد ازواج (الكترون فجوة) داخل طبقة الاستنزاف وكلما كان الضوء قويا زاد عدد الحاملات المنتجة ضوئيا وكبر التيار العكسي ولهذا السبب يمكن عمل كاشفات ضوئية ممتازة من الثنائيات الضوئية . والدائرة المبينة جانبا توضح ربط الثنائي الضوئي.



Photodiode symbol

رمز الديود الضوئي

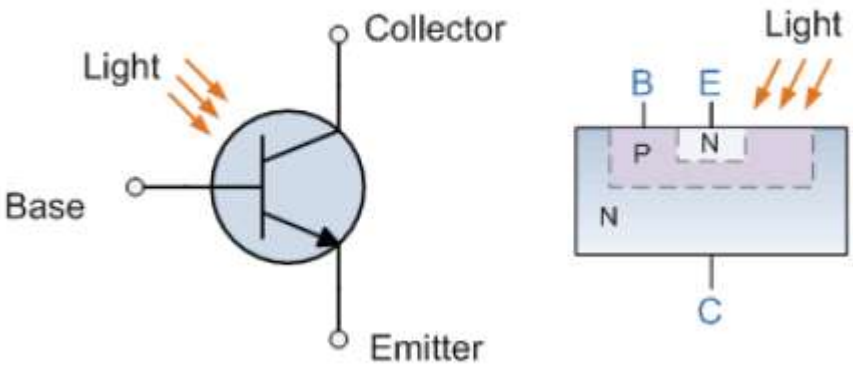
الترانزستور الضوئي (Photo Transistor):

يشبه الترانزستور الضوئي الترانزستور العادي من حيث التركيب الا انة يختلف عنه في أن القاعدة تكون ذات حساسية عالية للضوء وذات حجم كبير، ليتولد تيار القاعدة بتأثير الضوء. ومن ميزات الترانزستور الضوئي سرعة الاستجابة.

مبدا عمل الترانزستور الضوئي

في الظلام يكون الترانزستور الضوئي في حالة قطع ولا يمر تيار بين الجامع والباعث الا تيار صغير يمكن إهماله، وعند سقوط الضوء على قاعدة الترانزستور الضوئي يتولد تيار القاعدة حيث ينتقل الترانزستور االى حالةالتوصيل حيث يمر في الترانزستور تيار بين الجامع والباعث حسب شدة الضوء فكلما زادة شدة الضوء زاد التيار المارفي الجامع.

رمزوتركيب الترانزستور الضوئي موضح في الشكل ادناة.



شكل رمزوتركيب الترانزستور الضوئي

الاسبوع(الثاني عشر+الثالث عشر)

(المحاضرة الثانية عشرة+الثالثة عشر)

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

- ان يتعرف الطالب **على الموحدات السليكونية ذات التحكم بالتيار (الثايرستور) التركيب والخواص الانواع .**

مدة المحاضرة: ٢ ساعة نظري +٢ساعة عملي

مفردات المحاضرة :-

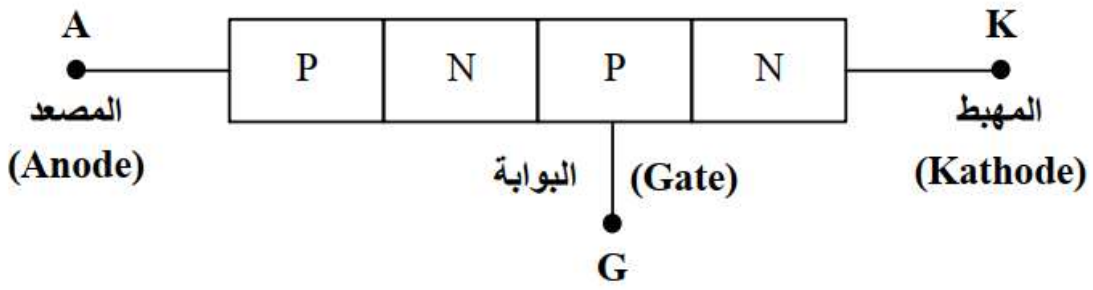
الموحدات السليكونية ذات التحكم بالتيار (الثايرستور) – التركيب والأنواع- الخواص- نظرية العمل-الترياك – الدياك-رمزهم-خواصهم-نظرية عملهم-مقارنة بين الثايرستور والدياك والترياك –حماية الثايرستور (من تغير الجهد، من تغير التيار)

الموحدات السليكونية ذات التحكم بالتيار (الثايرستور) (SCR)

هو عنصر ثلاثي الأطراف (مصعد، وبوابة، ومهبط) ا حادي الاتجاه يمرر التيار باتجاه واحد من المصعد إلى المهبط،ويتم التحكم في تشغيله عن طريق البوابة

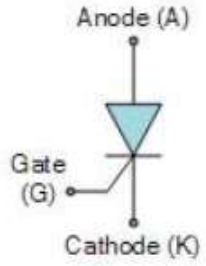
تركيب الثايرستورThyristor

يتركب الثايرستور من أربع طبقات PNPN كما مبين في الشكل التركيب الطبقي، والدارة المكافئة بالترانزستورات،ورمز الثايرستور



رمز الثايرستور

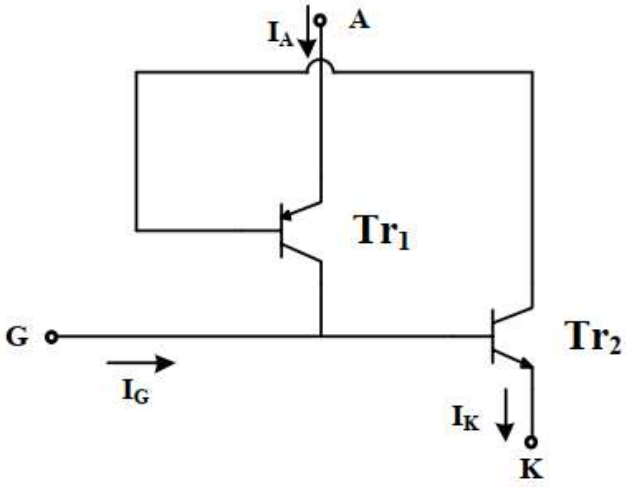
توجد ثلاث اطراف



طرف دخول التيار	المصعد (Anode)
طرف خروج التيار	المهبط (Cathode)
طرف دخول إشارة السيطرة (فولتية القدح)	البوابة (Gate)

الدائرة المكافئة للثايرستور

ويكافئ الثايرستور ترانزستورين أحدهما ،PNPوالثاني ترانزستور NPN كما مبين الشكل الدائرة المكافئة بالترانزستورات



الدائرة المكافئة بالترانزستورات

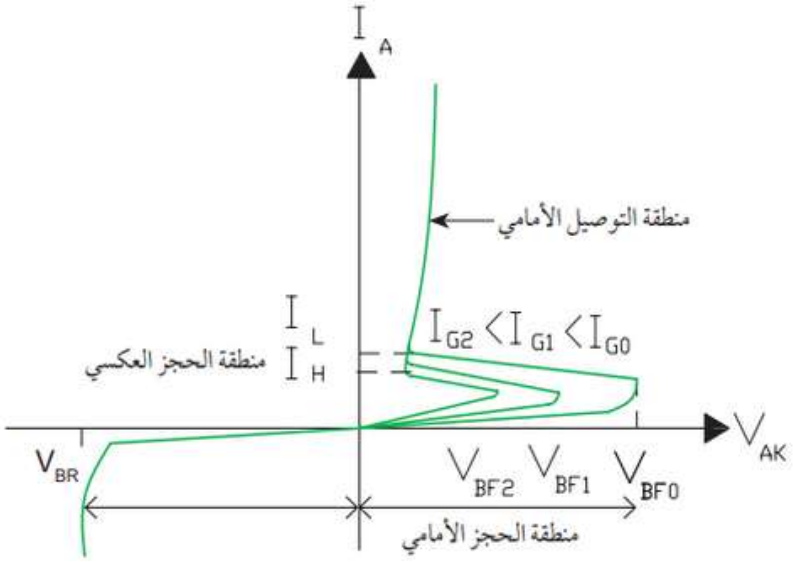
نظرية عمل الثايرستور:

عندما يكون المصعد موجبا بالنسبة إلى المهبط، وعند تسليط نبضة موجبة على البوابة بالنسبة للمهبط يتحول الثايرستور إلى حالة التوصيل، حيث يمر تيار من المصعد إلى المهبط. واذا زاد هذا التيار عن تيار معين يسمى تيار الامساك يبقى الثايرستور في حالة التوصيل، حتى لو تم إزالة النبضة عن البوابة، وذلك إلى أن يقل التيار المار فيه عن تيارمعين يسمى تيار الاستمرار بالتوصيل، فيتحول إلى حالة الفصل مرة أخرى.

.

تيار الامساك (Holding Current IH) : هو اقل كمية لتيار المصعد يحافظ على استمرارية التوصيل ، ولا ينتقل إلى حالة الفصل.

ويبين الشكل منحنى الخصائص للثايرستور مبينا عليه مناطق عمل الثايرستور



الشكل منحنى الخصائص للثايرستور

فصل الثايرستور (التبديل)

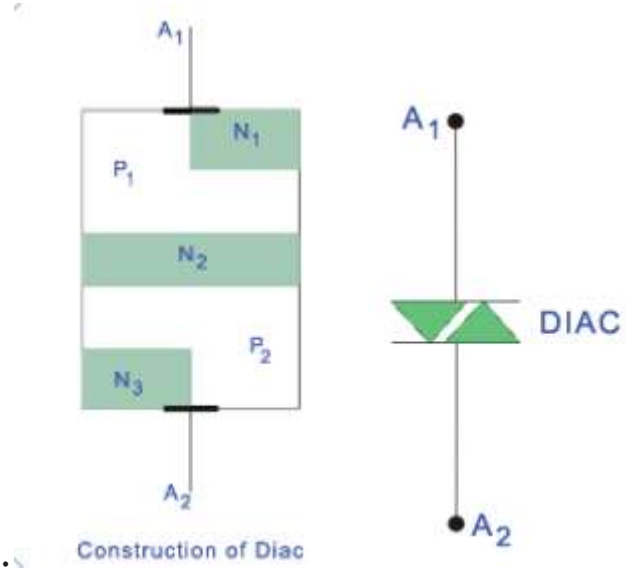
هو عملية نقل الثايرستور من حالة التوصيل الى حالة القطع، ، اذ لا يمكن إطفاء الثايرستور عن طريق البوابة، وتتم عملية التبديل بتوفر الشروط التالية:

١ - تقليل تيار المصعد الى قيمة اقل من تيار الامساك.

٢ - تسليط جهد عكسي بين المصعد والمهبط لفترة زمنية معينة.

الدایاك Diode Alternating Current Switch (DIAC)

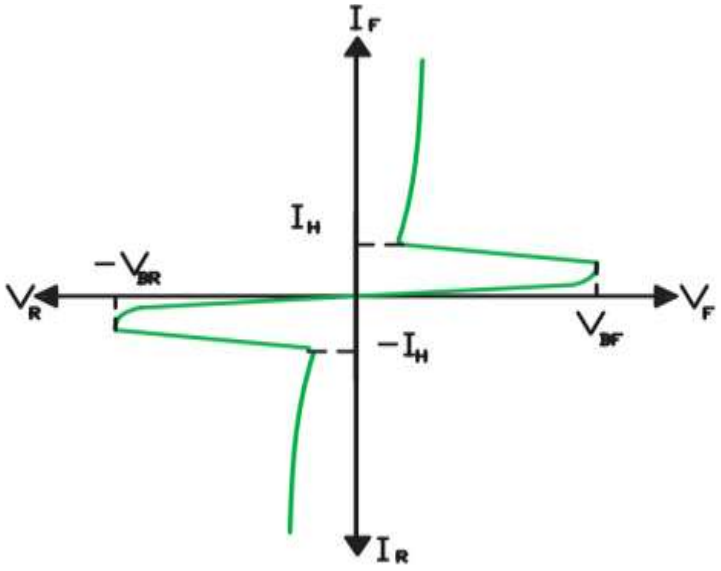
هو أحد عناصر عائلة الثايرستور، له طرفان متماثلان هما المصعد الأول ،(A_1)والمصعد الثاني (A_2) ويعمل كمفتاح ثنائي تجاه، حيث يسمح بمرور التيار في اتجاهين متعاكسين، ويتكون من خمس طبقات شبه موصلة كما في الشكل



رمز وتركيب الدایاك

نظرية العمل

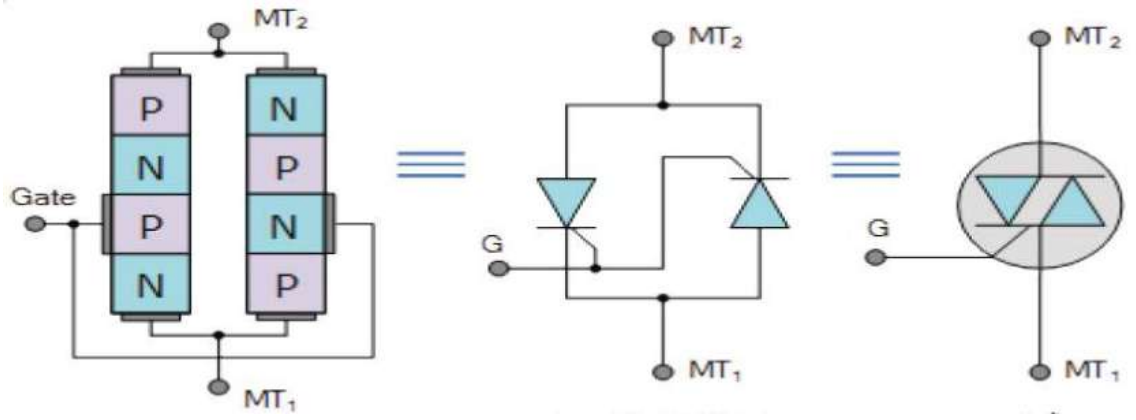
يوصل (يعمل) الدياك في أي الاتجاهين عن طريق زيادة الجهد عليه إلى قيمة تتجاوز قيمة جهد الانهيار الأمامي، حيث إنَّ له جهدي انهيار: أحدهما موجب، والاخر سالب كما هو موضح في منحنى الخصائص في الشكل ويعمل الدياك على جهود منخفضة في حدود(40V-25V) .



منحنى خصائص الدياك

الترياك

هو عنصر شبه موصل يكافئ مفتاح ثلاثي الأطراف ثنائي الاتجاه، يتحكم بمرور التيار باتجاهين متعاكسين؛ لذلك فهو مناسب في دوائر التحكم التي تعمل بالتيار المتناوب، ويكافئ ثايرستورين موصولين على التوازي، ومتعاكسين، اي أن مصعد الثايرستور الأول موصول إلى مهبط الثايرستور الثاني، ومصعد الثايرستور الثاني موصول إلى مهبط الثايرستور الأول،وتوصل بوابتهما معا.



التركيب الدائرة المكافئة رمز الترياك

نظرية العمل

عند توفير نبضة قدح مناسبة على البوابة يسمح الترياك بمرور التيار بالاتجاهين معتمدا على جهد كل من،T_1و ،T_2وفولتية البوابة.

الاسبوع(الرابع عشر+الخامس عشر)

(المحاضرة الرابعة عشرة+الخامسة عشر)

الهدف التعليمي (الهدف الخاص لكل للمحاضرة):

- ان يتعرف الطالب **على الموحدات السليكونية ذات التحكم بالتيار (الثايرستور) التركيب والخواص الانواع .**
- يتعرف الطالب على مكبر العمليات **741**

مدة المحاضرة: ٢ ساعة نظري+٢ساعة عملي

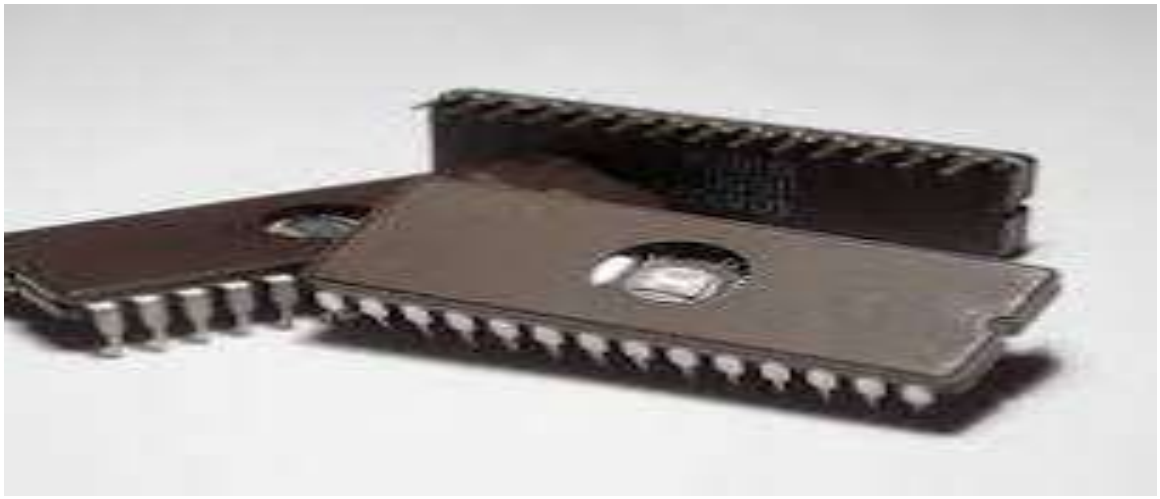
مفردات المحاضرة :-

الدوائر المتكاملة- معناه- مزاياها ومساوئها- مقارنة بينها وبين المكونات المنفصلة-فكرة عن تصنيعها - مكبر العمليات 741 –رمزه- إطراف توصيله-استخداماته -تطبيقات مكبر العمليات – تكبير الإشارة الصغيرة- جمع الاشارات-طرح الاشارات – أمثلة .

تطبيقات مكبر العمليات :مفاضل –مقارن- مكامل-قالب ---الخ

الدوائر المتكاملةIC

- الدارة المتكاملة:هي قطعة سليكونية مفردة تصنع عليها مكونات ترانزستورات وثنائيات ومقاومات ومكثفات ومحاثات مجمعة على شريحة مصنوعة من مادة شبه صلبة.



مميزات الدائرة المتكاملة :

- خفيفة الوزن صغيرة الحجم.
- تكلفتها منخفضة.
- سهولة التعامل معها.
- توفير الطاقة.

مساوئ الدوائر المتكاملة

- صعوبة تبديد الحرارة الناتجة عن تشغيلها بسبب صغر حجمها، مما قد يؤدي إلى تلفها عند ارتفاع درجة الحرارة
- .كما أنها حساسة للضوضاء والإشارات غير المرغوب فيها
- لا يمكن إصلاح الدوائر المتكاملة عند تلفها، بل يجب استبدالها بالكامل

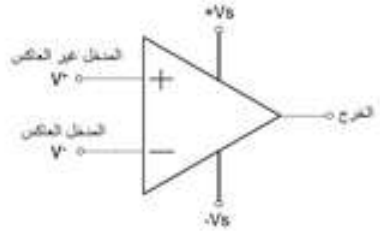
تصنيع الدوائر المتكاملة (الرقاقات) هو عملية معقدة تتضمن عدة خطوات لتشكيل دوائر إلكترونية كاملة على شريحة صغيرة من مادة شبه موصلة، عادةً السيليكون .تعتمد هذه العملية على تقنيات متقدمة مثل الطباعة الضوئية والترسيب والانتشار وزرع الأيونات

مكبر العمليات

هو مكبر يستخدم لتكبير الجهود المستمرة والإشارات المتناوبة، وقد صمم في الأصل لإنجاز بعض العمليات الحسابية كالجمع والطرح والتفاضل والتكامل، ومن هنا أتت تسميته.

يستخدم مكبر العملياتي في دارات التكبير والهزازات والمرشحات والمقارنات والمنظمات وغيرها

- كما هو موضح في رمز المكبر او المضخم يوجد مخرج واحد للمضخم و هو ذو مقاومة منخفضة جداً. كما يوجد مدخلين.
- يسمى المدخل الأول بالمدخل غير العاكس (non-inverting input)،
- أما المدخل الثاني فيسمى بالمدخل العاكس (inverting input)،
- يجري إدخال لإشارة المراد تكبيرها من أحد هذين المدخلين، في حين تخرج الإشارة بعد تكبيرها من الخرج.

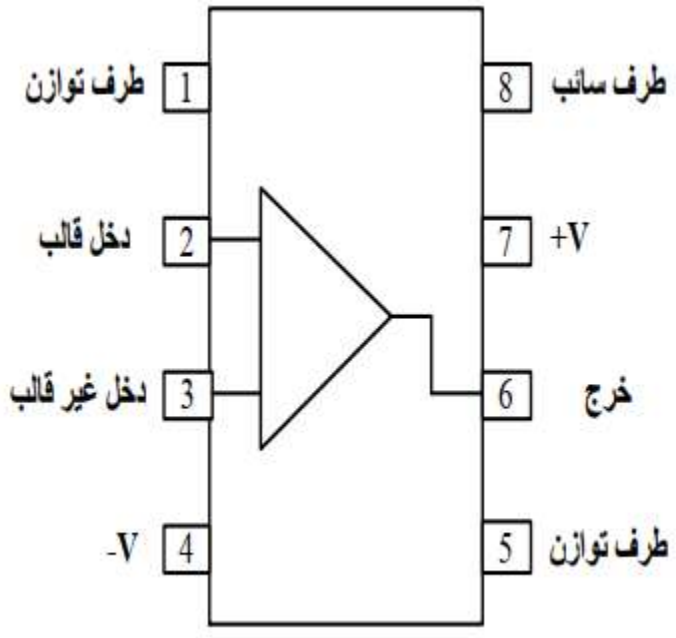


إذا سلطنا إشارة عند المدخل العاكس فإن قطبيتها (Polarity) سوف تنعكس عند المخرج. أما الاشارة المسلطة عند المدخل غير العاكس فإن قطبيتها ال يحدث لها أي تغيير عند المخرج.

لتشغيل المضخم يغذى من مصدرين DC أحدهما موجب والآخر سالب .تأتي المضخمات العملياتية عادةً على هيئة دارة متكاملة IC.

مكبر العمليات 741

من أشهر مضخمات العمليات نوع 741يسمى المضخم (OP AMP 741)وهو مضخم مشهور وله استخدامات عديدة ويتوفر على شكل شريحة كما هو موضح بالشكل.



جميع مضخمات العملياتيمكنها القيام بالعمليات الحسابية ألنها تقوم بتضخيم الفرق بين اإلشارات الموجودةعلى مداخلها. ويمكننا تلخيص ذلك بالمعادلة التالية

الجهد عندالمخرج = درجة التضخيم (الجهد عند المدخل غير العاكس–الجهد عند المدخل العاكس)

الرمز التخطيطي يمثل مكبر العمليا عادة بمثلث (كرأس السهم) والذي يشير إلى اتجاه سير البيانات (الدخل إلى الخرج). والشكل أدناه يبين مكبر عمليات ذو ثمانية أطراف (دبابيس) داخل عبوته البلاستيكية. وفيما يلي وصف موجز لوظيفة أطراف التوصيل

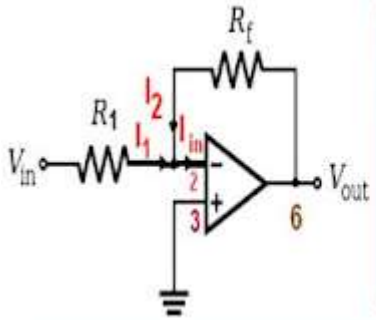
الادخال غير العاكس :الطرف ٣.
الادخال العاكس الطرف ٢.
الاخراج : الطرف ٦.
مصدر الجهد الموجب : الطرف ٧.
مصدر الجهد السالب : الطرف ٤.
إزاحة الإدخال :الطرفان ١ و ٥ (يستخدمان لضبط الانحراف).
لا تستخدم :الطرف ٨.

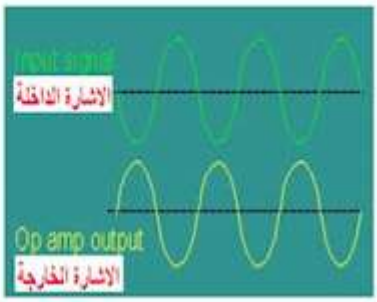
الاستخدامات:

- **التكبير :(Amplification)** يستخدم لتضخيم إشارات الجهد الصغيرة.
- **المقارنات :(Comparators)** يستخدم لمقارنة جهدين وتحديد أيهما أكبر.
- **العمليات الحسابية :**يستخدم في عمليات الجمع والطرح والتفاضل والتكامل.

المكبر العاكس (القالب)

يقوم المكبر العاكس بتكبير الاشارة مع قلب الاشارة لها إذا كانت إشارة الإدخال موجبة (+) ، فإن إشارة الخرج ستكون معاكسة سالبة (-)، أي هناك فرق طور 180°بين الإدخال والاخراج وتكون معادلة الإخراج Voutوعامل تكبير الفولتية في دائرة المكبر العاكس كما يلي:





$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}}$$ تكبيرالفولتية

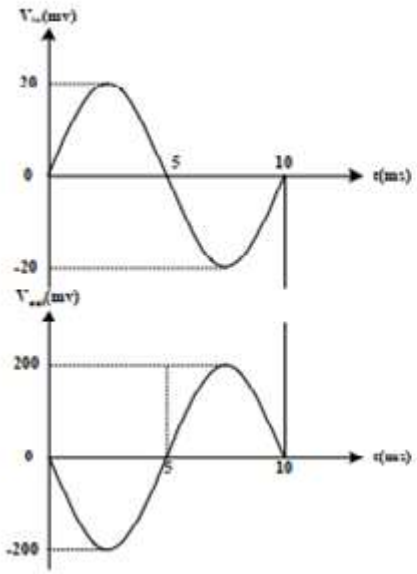
$$V_{out} = Av * V_{in} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in}$$

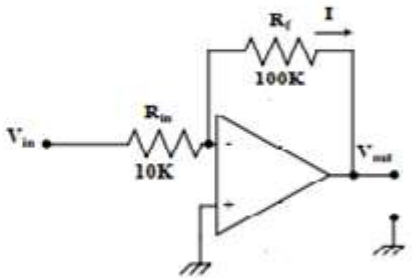
$$V_{out} = -I * R_f$$
$$V_{in} = I * R_{in}$$

عندما $R_{in} = R_f$ كسب الفولتية $A_{V=} - 1$ ***وتكون دائرة العاكس بدون تكبير***

مثال :في دائرة المكبر العاكس إذا كانت Rf = 100K وRin = 10K و Vcc = +15V.ارسم موجة الإخراج لموجة الإدخال المعطاة.

الحل :





$$AV = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}} = -\frac{100 \times 10^3}{10 \times 10^3} = -10$$

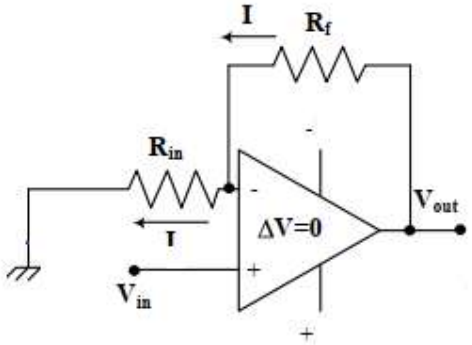
$$V_{out1} = V_{out} \times V_{in} = 20 \times (-10) = -200mV$$

$$V_{out2} = Vin \times Av = -20 \times (-10) = +200mV$$

المكبر الغير عاكس (الغير قالب)Non-Inverting Amplifier

في المكبر غير العاكس يكون التكبير بدون قالب الاشارة أي ان اشارة الاخراج تكون بنفس الطور مع اشارة الإدخال .

$$AV = 1 + \frac{R_f}{R_{in}}$$ تكبير الفولتية



شكل دائرة المكبر غير العاكس

مثال: في دائرة المكبر غير العاكس إذا كانت R_f=50K و R_{in}=10K و Vcc=±15V. أوجد فولتية الإخراج إذا كانت V_{in}=−1.5V مرة و V_{in}=4V مرة أخرى.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.

$$Av = 1 + \frac{R_f}{R_{in}} = 1 + \frac{50K}{15K} = 6$$

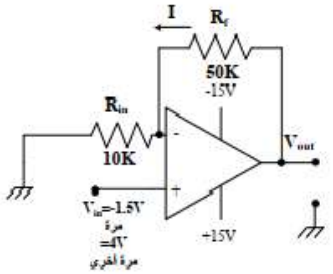
عندما V_{in}=−1.5V فإن الإخراج

$$V_{out} = V_{in} * Av = 6 * (-1.5) = -9V$$

وعندما V_{in}=4V فإن الإخراج

$$V_{out} = V_{in} * Av = 6 * 4 = 24V$$

وهذا عملياً غير ممكن
حيث ان: Vout ≤ Vcc أي أنها لا تتجاوز 15V في هذا المثال.



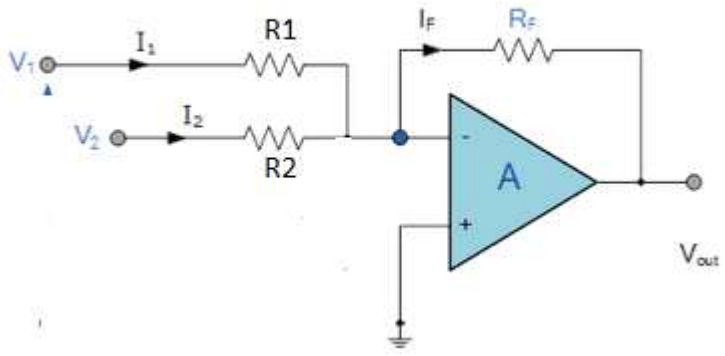
(دائرة المثال للمكبر الغير عاكس)

ملاحظة: إذا كانت R_f=0 و R_{in}=∝ في المكبر غير العاكس فإن الدائرة تسمى (تابع الفولتية) أو المصدر التناظري **Analog Buffer** ويكون Av=1 ويستخدم لتكبير التيار. $V_{out} = V_{in}$.

المضخم الجامع (Summing Amplifier)

يقوم بجمع الجهود الموجودة عند المدخل

الجامع العاكس

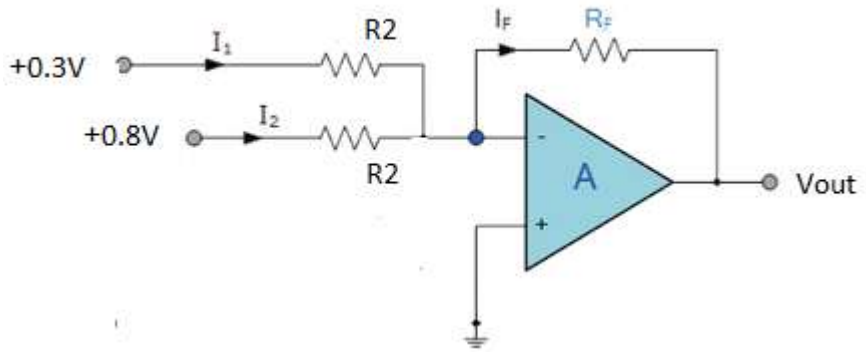


شكل الجامع القالب

$$V_{out} = -Rf\left[\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_1}{R_2}\right]$$

عندما تكون جميع المقاومات متساوية $Vout = -(V1 + V2)$

مثال: في الشكل ادناة اوجد فولتية الخرج (R2=5KΩ ، R1=5KΩ،Rf=10KΩ).



الحل:

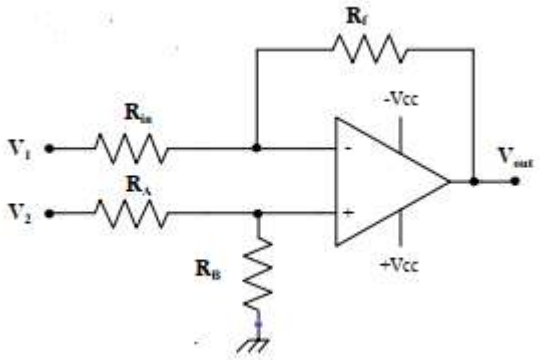
$$V_{out} = -Rf\left[\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_1}{R_2}\right] = -10K\left[\frac{0.3}{5K} + \frac{0.8}{5K}\right] = -2.2V$$

اعد حل المثال اذا تساوت جميع المقاومات

$$Vout = -(0.3 + 0.8) = -1.1V$$

الطارح Subtractor

يتم في دائرة الطارح طرح واحد من الأخر (V2-V1) حيث ان V2 هى التى تكون داخلة على الطرف الوجب للمكبر و V1داخلة على الطرف السالب؛يتم حساب جهد الخرج V out من خلال المعادلة التالية:

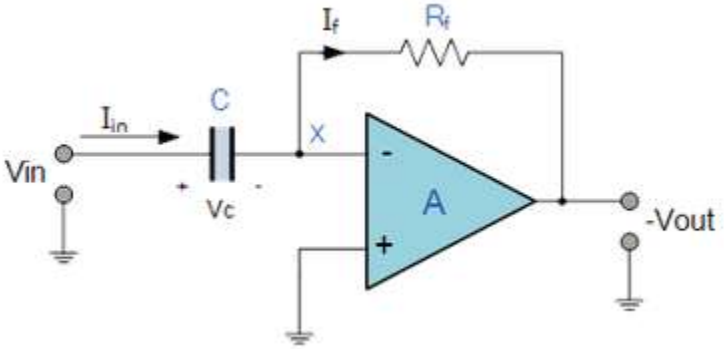


$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right)\left(\frac{(V_2 * R_B}{R_A + R_B}\right) - \frac{R_f}{R_{in}}.V_1$$

$Vout = V2 - V1$ ⟸ RA=RB & Rf=Rin

المفاضل Differentiator

الشكل ادناة يبين دائرة المفاضل حيث تربط المتسعة في مدخل المكبر تودي هذة الدائرة وضيفة رياضية هو التفاضل



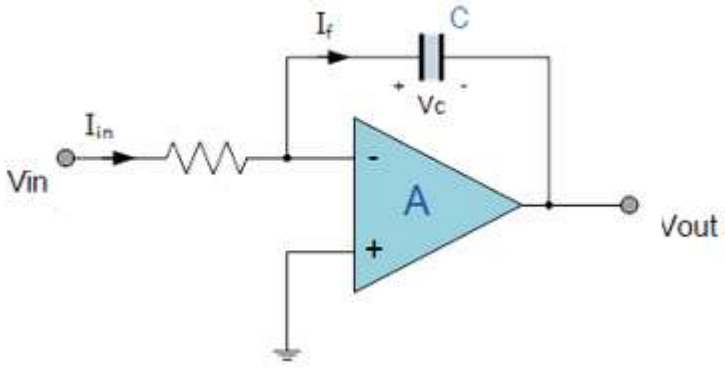
شكل دائرة المفاضل

$$Vout = -Rf \times C\frac{\mathrm{d}V_{in}}{\mathrm{dt}}$$

$I_{in}=I_f$

$$I_{in} = C\frac{dv_{in}}{dt}$$

الشكل ادناة يبين دائرة المكامل حيث تربط المتسعة كنعصر للتغذية العكسية تتعتبر المتسعة كوعاء تجمع اشارة الدخل خلال فترة من الزمن اي انها عملية تكامل

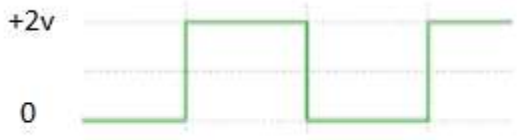


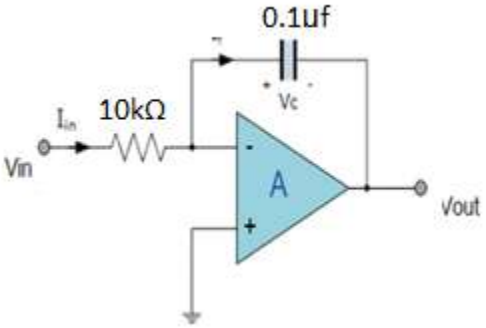
شكل دائرة االمكامل

فولتية الاخراج تحسب بالعلاقة التالية

$$V_{out} = -\frac{1}{R_1 C}\int_0^t V_{in}\,dt$$

مثال :اذا سلطت اشارة نبضية على طرفي الدخل لدائرة المكامل كما موضح بالشكل.





احسب قيمة فولتية الخرج بطريقة التكامل

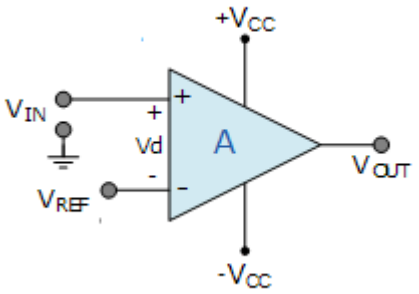
$$V_{out} = -\frac{1}{R_1 C}\int_0^t V_{in}\,dt$$

$T=RC=0.1\times10^{-6}\times10000=1\times10^{-3}$

$$V_{out} = -\frac{1}{0.1 \times 10 - 6 \times 10000}\int_0^{10-3} 2dt = -2V$$

المقارن comparator

يقارن المقارن مستوى جهد تماثلي بمستوى جهد تماثلي آخر، أو جهد مرجعي مُحدد مسبقًا(V_{REF}) ، ويُنتج إشارة خرج بناءً على هذه المقارنة .بمعنى آخر، يقارن مُقارن جهد المضخم التشغيلي قيمتي جهدي مُدخلين، ويحدد أيهما الأكبر.



شكل دائرة المقارن

جدول عمل المقارن التناضري

الادخال	الاخراج
$Vin > V_{REF}$	$Vout=-V_{CC}$
$Vin < V_{REF}$	$Vout=V_{CC}$
$V_{in}=V_{REF}$	$Vout=0$