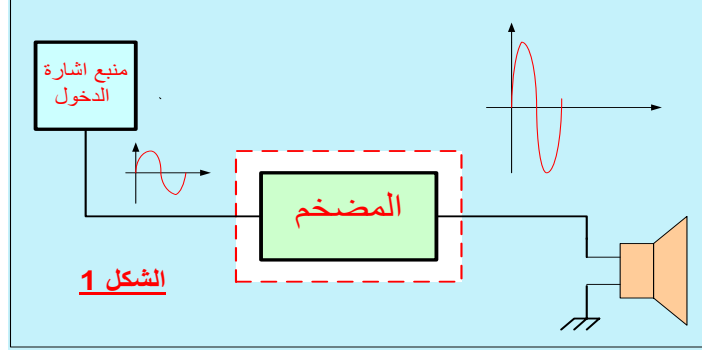


## الوحدة التعليمية: وظيفة التضخيم

### الوضعية التعليمية: مضخم ذو مقحل تركيب باعث مشترك

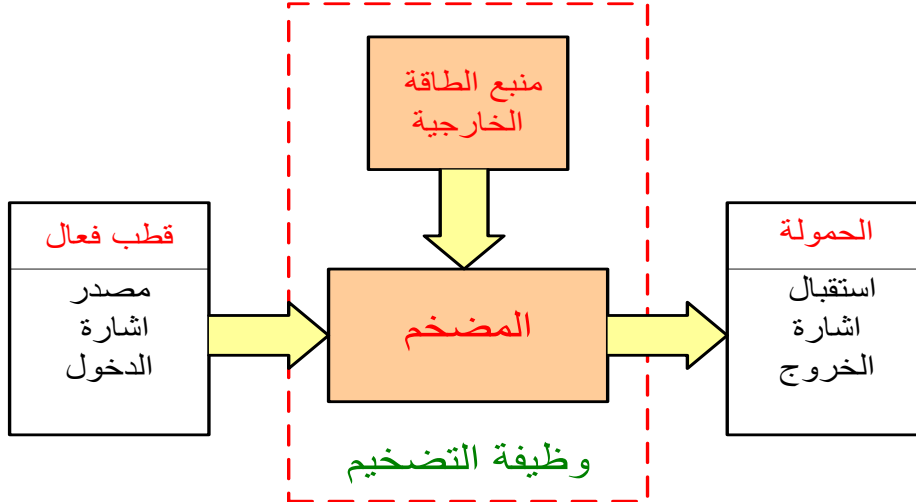
#### I- طرح الإشكالية:



يتطلب مكبر الصوت في تشغيله إشارة معتبرة نسبيا، بينما الإشارة التي يوفرها منبع الدخول ضعيفة لا يمكن استعمالها مباشرة لأن استطاعتها غير كافية للتحكم، إذن لابد من استعمال طابق وسيط يقوم بتكثيف إشارة الدخول مع مكبر الصوت. الإشكالية: ما وظيفة الذي يقوم بها هذا الطابق؟

#### الإجابة:

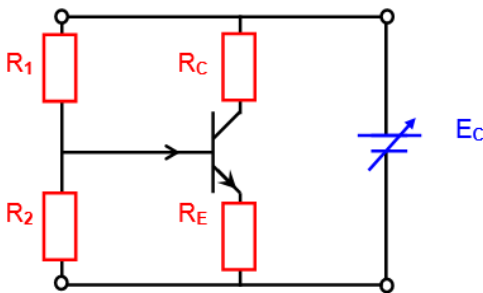
الوظيفة التي يقوم بها هذا الطابق تسمى **التضخيم**.  
**I-1 مفهوم وظيفة التضخيم:** التضخيم هو عملية رفع مطال إشارة.  
التركيب المبدئي لوظيفة التضخيم:



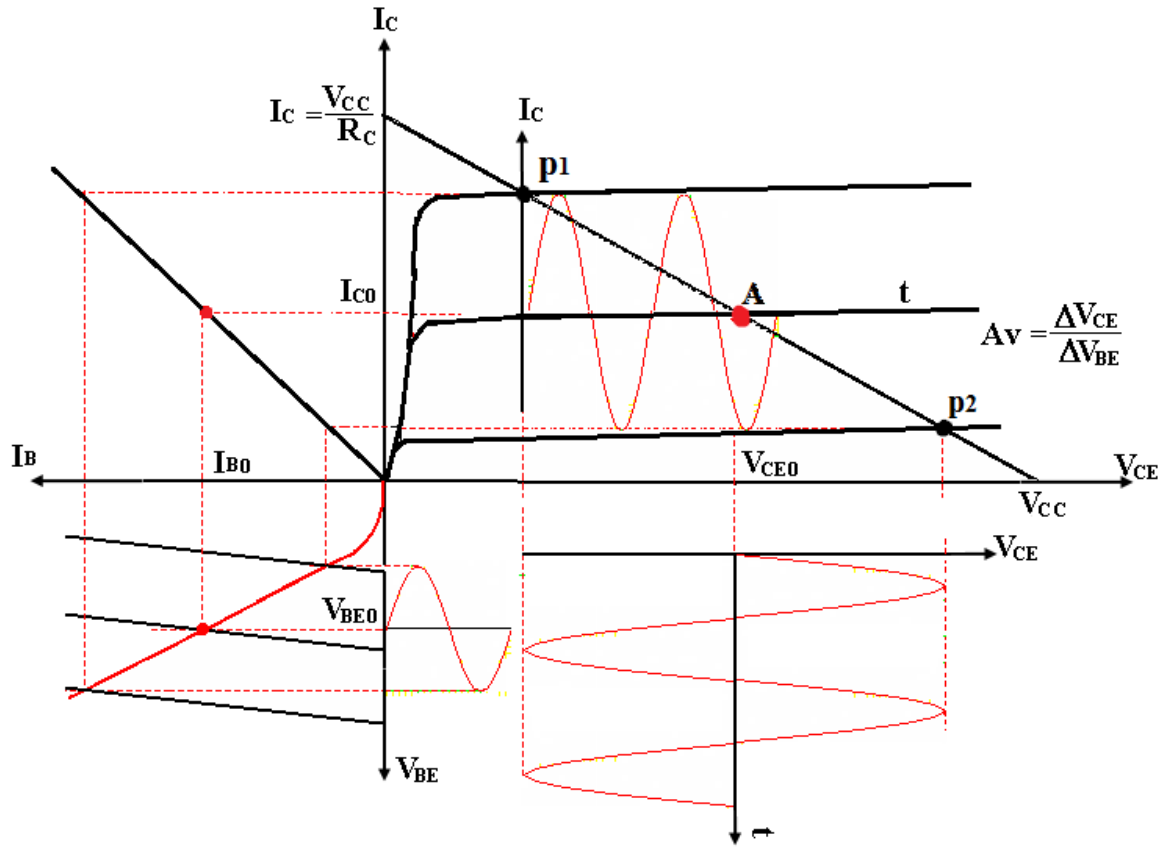
#### I. 2 المضخمات بواسطة مقحل ثنائي القطب بباعث مشترك

##### 1- استقطاب المقحل:

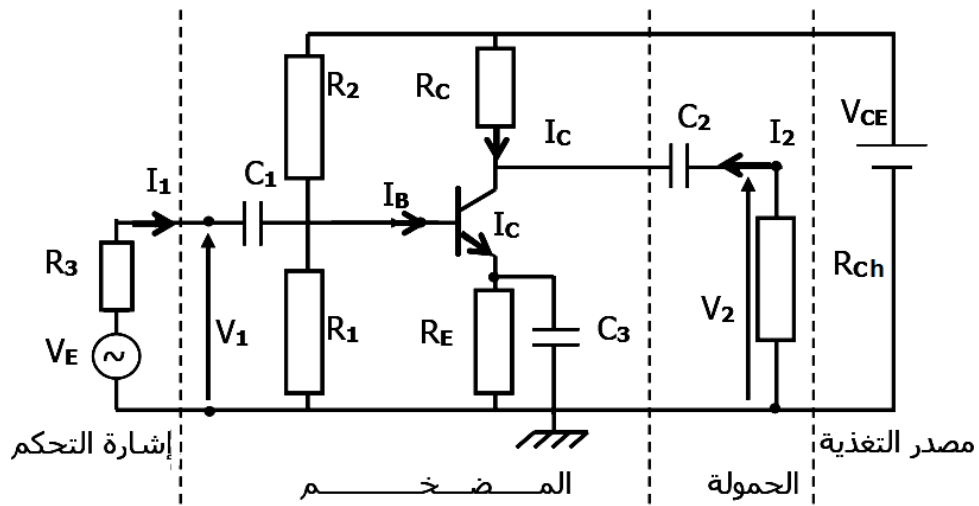
توجد نماذج عديدة لاستقطاب المقحل و الأكثر استعمالا هو الاستقطاب بواسطة جسر القاعدة:



كي يعمل المقحل وفق وثائق الصانع الخاصة بكل مقحل، يجب تثبيت نقاط التشغيل (الراحة:  $I_{B0}$ ,  $V_{BE0}$ ) في دارة الدخول، و ( $V_{CE0}$ ,  $I_{C0}$ ) في دارة الخروج. يتم ذلك بالاستقطاب.



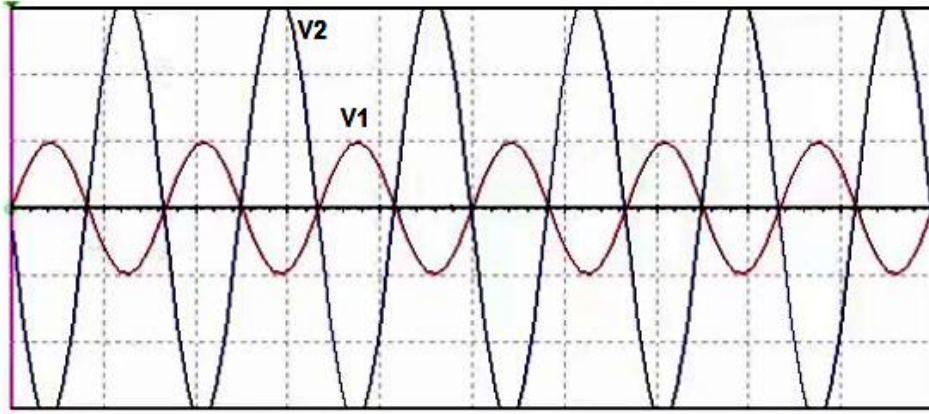
## 2- تركيب مضخم بواسطة مقحل ثنائي القطب بباعث مشترك:



### دور المكثفات:

- ( $C_1$ ) تستعمل لمنع تيار الاستقطاب من المرور نحو مولد الإشارة وتسمى مكثفة الربط.
- ( $C_2$ ) تستعمل لمنع مرور تيار الاستقطاب نحو الحمل وتسمى كذلك مكثفة الربط.
- ( $C_3$ ) لها ممانعة صغيرة جدا في الترددات المنخفضة، ولهذا تقوم بقصر الدارة للمقاومة  $R_E$ .

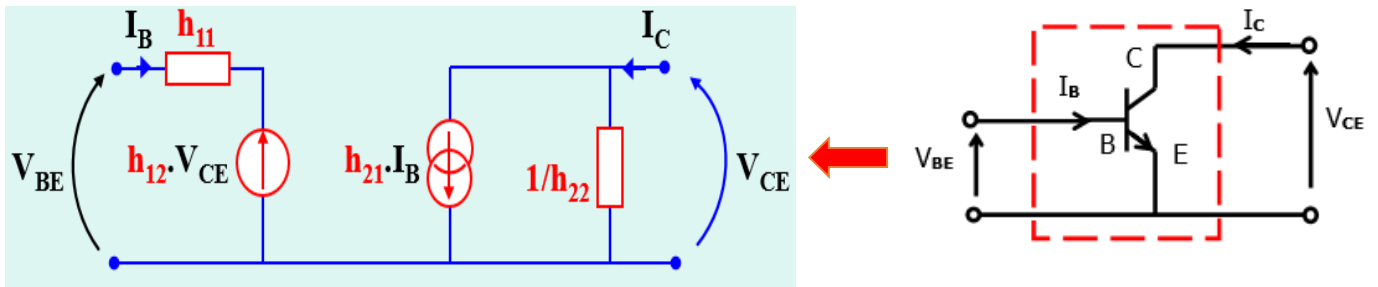
توتر الدخول  $V_1=V_e$   
توتر الخروج  $V_2=V_s$



يضخم المقحل كامل إشارة الدخول بنوبتيها الموجبة و السالبة ، مع العلم أن إشارة الخروج تعاكس إشارة الدخول في كل لحظة.

### 3- الرسم المكافئ للمقحل :

(  $h_{22}$ ,  $h_{21}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{11}$  ) تسمى بالوسائط الهاجينية لان ليست لها نفس الطبيعة  
من هذه العناصر الهاجينية نستخلص الدارة المكافئة للمقحل في النظام الحركي



علما أن:

$$h_{11} = \frac{V_{BE}}{I_B} \quad \text{مع } V_{ce} = 0 \quad (\text{أي بقصر توتر الخروج وهذا في العمل الديناميكي})$$

أي بالنسبة للإشارة المتناوبة)

$$h_{12} = \frac{V_{BE}}{V_{CE}} \quad \text{معامل ارتداد التوتر بدون وحدة، في المخرج عندما يقصر الدخول أي } (I_B=0) \text{، عمليا: } h_{12} \approx 0$$

$$h_{21} = \beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{بدون وحدة يمثل التضخيم في التيار مع } V_{ce} = 0 \quad (\text{أي بقصر توتر الخروج وهذا في العمل الديناميكي})$$

أي بالنسبة للإشارة المتناوبة).

$$h_{22} = \frac{I_C}{V_{CE}} \quad \text{تمثل سماحية الخروج و هي عكس الممانعة مع } (I_b = 0) \quad (\text{أي دارة الدخول مفتوحة})$$

من خلال الرسم المكافئ نستنتج معادلات دارة الدخول و الخروج

$$V_{be} = h_{11}I_b + h_{12}V_{ce}$$

$$I_c = h_{21}I_b + h_{22}V_{ce}$$

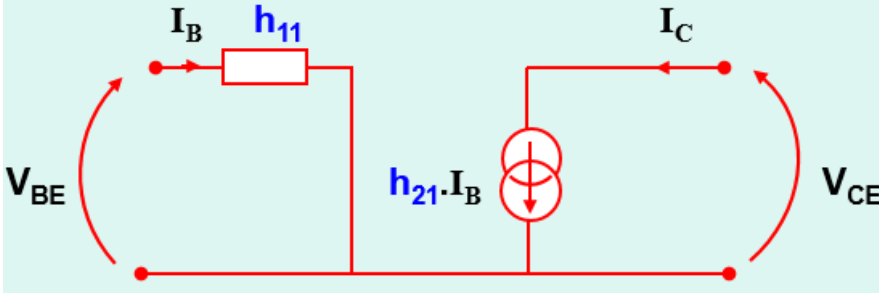
عملية:

$$(h_{12} \approx 0) \text{ و } (R_B = h_{11})$$

$$\rho = \frac{1}{h_{22}} \leftarrow 0 \leftarrow h_{12} \text{ كبيرة جدا، فتعتبر دارة مفتوحة.}$$

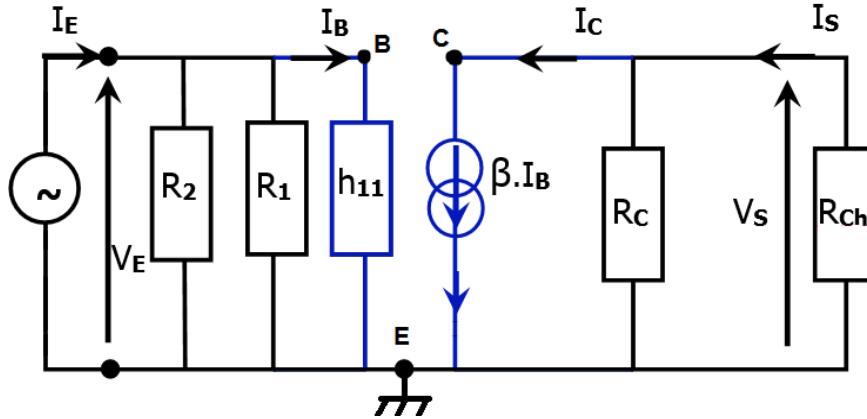
$$\beta = h_{21} \text{ و}$$

فحصل على التصميم المكافئ التالي:



#### 4- الشكل العام المكافئ للتركيبة في النظام الحركي (الديناميكي):

لرسم الشكل العام للتركيبة نقوم بقصر المولد التغذية وإهمال ممانعة المكثفات



#### 5- حساب مميزات التضخيم:

$$A_V = \frac{V_S}{V_E} \text{ التضخيم في التوتر: يعرف بالعلاقة التالية:}$$

$$V_E = h_{11} \cdot I_B$$

لدينا العلاقات التالية:

$$V_S = -(R_C // R_{CH}) \cdot I_C = R_{eq} \cdot \beta \cdot I_B$$

$$A_V = \frac{V_S}{V_E} = -\frac{R_{eq} \cdot \beta \cdot I_B}{h_{11} \cdot I_B} \Rightarrow A_V = -\frac{R_{eq} \cdot \beta}{h_{11}}$$

الإشارة السالبة تدل على أن التوترين ( $V_E$ ) و ( $V_S$ ) متعاكسان

$$A_i = \frac{I_S}{I_E} \text{ التضخيم في التيار: يعرف بالعلاقة التالية:}$$

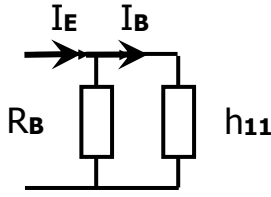
$$V_S = R_{CH} \cdot I_S = (R_C // R_{CH}) \cdot \beta \cdot I_B$$

نضع:  $R_{eq} = (R_C // R_{CH})$

فنحصل على:  $R_{CH} \cdot I_S = R_{eq} \cdot \beta \cdot I_B$  (1).....

بتطبيق قاعدة قاسم التيار نجد :

$$R_B = (R_1 // R_2)$$



(2).....  $I_B = \frac{R_B}{R_B + h_{11}} \cdot I_E$

نعوض (2) في (1) نحصل على:  $\frac{I_S}{I_E} = A_i = \beta \cdot \frac{R_{eq}}{R_{CH}} \cdot \frac{R_B}{R_B + h_{11}}$

التضخيم في الاستطاعة: يعرف بالعلاقة:  $A_P = |A_V| \cdot |A_i|$

$$\Rightarrow A_P = \frac{R_{Eq} \cdot \beta}{h_{11}} \cdot \beta \cdot \frac{R_{Eq}}{R_{CH}} \cdot \frac{R_B}{R_B + h_{11}}$$

حساب مقاومة الدخول: يعرف بالعلاقة:  $R_E = \frac{V_E}{I_E}$

$$V_E = (h_{11} // R_1 // R_2) \cdot I_E \Rightarrow \frac{V_E}{I_E} = h_{11} // R_1 // R_2 \Rightarrow R_E = h_{11} // R_1 // R_2$$

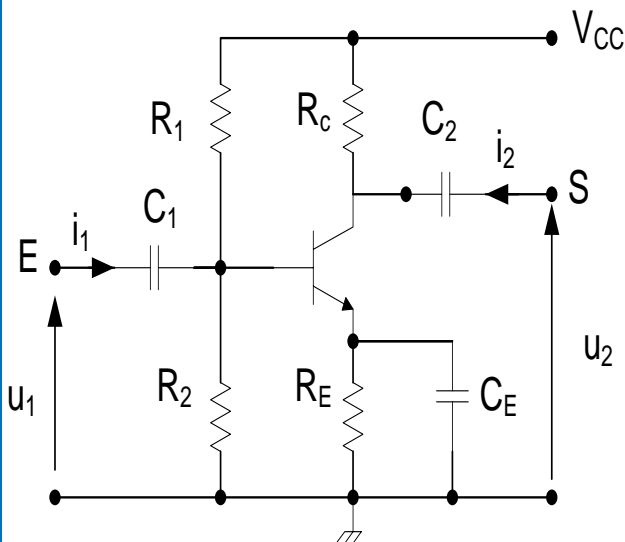
حساب مقاومة الخروج:

هي المقاومة المكافئة بين طرفي المخرج  $R_S = R_C$

تمرين تطبيقي: ليكن التركيب الآتي:

نعطي:  $R_C = 2.2 \text{ k}\Omega$  ,  $R_E = 1 \text{ k}\Omega$  ,  $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$  ,  $R_1 = 68 \text{ k}\Omega$

و الوسائط الهجينة للمقحل:  $h_{22} = 0$  ,  $r = h_{11} = 1.5 \text{ k}\Omega$  ,  $\beta = h_{21} = 100$



1. أعط التصميم المكافئ للتركيب. اذكر دور المكثفة  $C_E$ .
2. احسب : . التضخيم في التوتر .
3. احسب . التضخيم في التيار .
4. مقاومة الدخول و مقاومة الخروج للتركيب.

## الوحدة التعليمية: وظيفة التضخيم

### الوضعية التعليمية: المضخم العملي

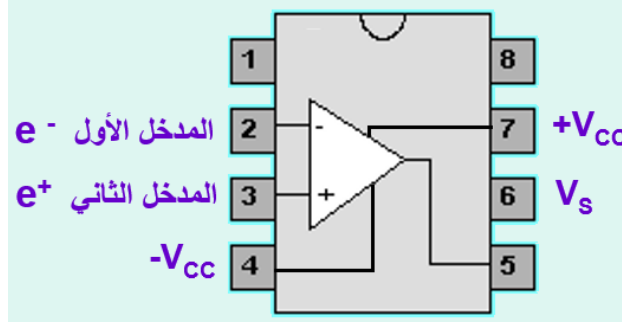
#### الإشكالية:

ان حسابات استقطاب المقحل والبحث عن نقطة السكون في منتصف المستقيم السكوني للمقحل صعبة وغير دقيقة. فكيف يمكن انجاز مضخمات بطريقة بسيطة وبدون حسابات إضافية؟

**الحل:** انجاز التضخيم بالدارة المندمجة (مضخم عملي)

**تعريف المضخم العملي:** هو عبارة عن دارة مدمجة تحتوي على مجموعة من المقاحل بالإضافة الى عناصر أخرى موضوعة داخل علبة

ذات 8 مخارج



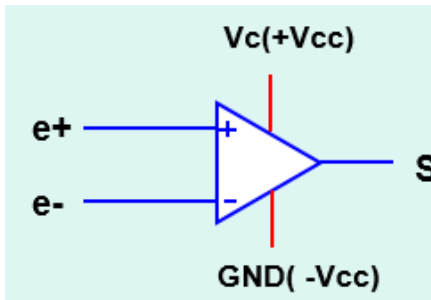
يستعمل المضخم العملي في كثير من العمليات الحسابية كالجمع والطرح والمقارنة وغيرها، ويستعمل أيضا في كثير من التراكيب الإلكترونية مثل المضخم

يتكون المضخم العملي من الأقطاب التالية:

- قطب دخول غير عاكس  $e^+$
- قطب دخول عاكس  $e^-$
- قطب الخروج S
- قطبين للاستقطاب  $(+V_{CC}, -V_{CC})$

#### الرمز:

يرمز للمضخم العملي بالشكل التالي



#### استقطاب المضخم العملي:

لكي يشتغل المضخم يجب استقطابه وذلك بتغذيته بتوترين متناظرين  $(-V, +V)$

#### خصائصه:

المضخم العملي هو مضخم فرق التوتر

حيث توتر الخروج  $U_s$  يتناسب مع فرق التوترين في المدخلين  $e^+$  و  $e^-$

$$U_s = A_d(e^+ - e^-)$$

حيث:

Ad هو معامل التضخيم ويكون كبير جدا (أكبر من  $10^5$ )

$$U_d = e^+ - e^-$$

- المقاومة الدخول للمضخم كبيرة جدا اذا تيارات الدخول معدومة  $I^+ = 0, I^- = 0$

- مقاومة الخروج للمضخم صغيرة جدا

**أنظمة التشغيل:**

تعطى ميزة التحويل بالشكل التالي:

من خلال الميزة نلاحظ ان المضخم العملي

يعمل في منطقتين:

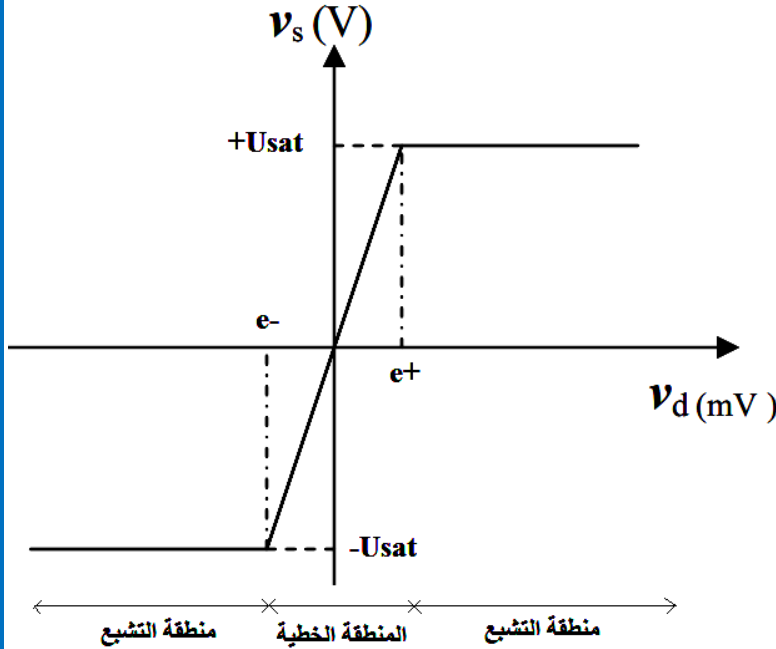
- المنطقة الخطية:

التوتر الخارج  $U_s$  يتناسب مع توتر الدخول  $U_d$

$$U_s = Ad \cdot U_d$$

يكون توتر الخارج محصورا بين القيمتين

$$-U_{sat} \leq U_s \leq +U_{sat}$$



حيث  $U_{sat}$  هو توتر التشبع ويكون اصغر قليلا من توتر الاستقطاب  $V$

- منطقة التشبع:

التوتر الخارج  $U_s$  لا يتعلق بتوتر الدخول  $U_d$  ويكون ثابت يساوي  $\pm U_{sat}$

**التضخيم:**

**المضخم العاكس:**

يمثل التركيب التالي مضخم عاكس حيث يوضع مولد

التوتر في القطب العاكس

نفرض ان المضخم العملي مثالي:

$$U_d = 0, I^+ = 0, I^- = 0$$

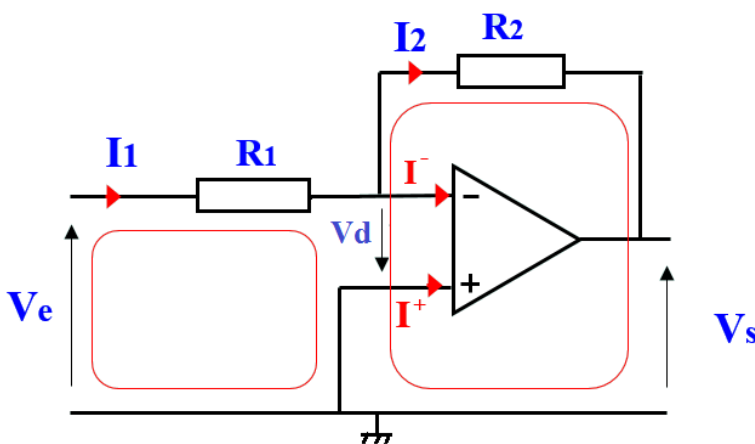
حساب التضخيم في التوتر:

$$A_v = \frac{V_s}{V_e}$$

نفس التيار يمر في المقاومة  $R_1$  و  $R_2$   $I_1 = I_2$

توتر الدخول:  $V_e - R_1 \cdot I_1 + V_d = 0$

مع  $U_d = 0$  اذا  $V_e = R_1 \cdot I_1$



$$V_s + R_2 \cdot I_2 + V_d = 0 \quad \text{توتر الخروج:}$$

$$V_s = -R_2 \cdot I_2 \quad \text{مع } U_d = 0 \quad \text{اذا}$$

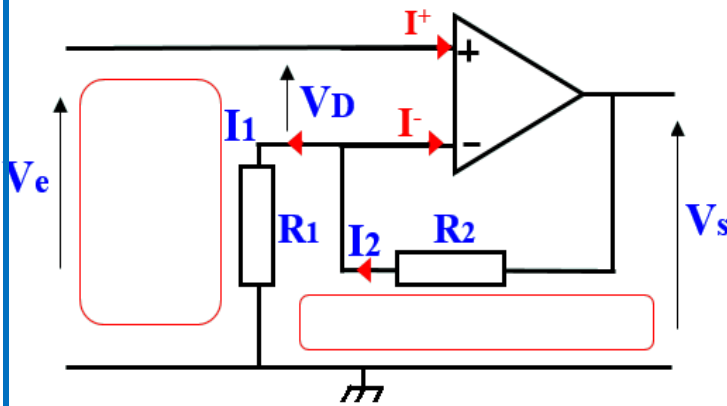
$$A_v = \frac{-R_2 \cdot I_2}{R_1 \cdot I_1} = -\frac{R_2}{R_1} \quad \text{اذا التضخيم في التوتر}$$

$$R_e = R_1 \quad \text{مقاومة الدخول}$$

$$R_s = 0 \quad \text{مقاومة الخروج}$$

ملاحظة :

في التضخيم العاكس تكون إشارة الدخول وإشارة الخروج متعاكستين لأن معامل التضخيم سالب



المضخم الغير العاكس:

يمثل التركيب التالي مضخم غير عاكس حيث يوضع

مولد التوتر في القطب الغير العاكس

حساب التضخيم في التوتر:

$$A_v = \frac{V_s}{V_e}$$

نفس التيار يمر في المقاومة R2 و R1

$$I_1 = I_2$$

$$V_e - V_d - R_1 \cdot I_1 = 0 \quad \text{توتر الدخول:}$$

$$V_e = R_1 \cdot I_1 \quad \text{مع } U_d = 0 \quad \text{اذا}$$

$$V_s - R_2 \cdot I_2 - R_1 \cdot I_1 = 0 \quad \text{توتر الخروج:}$$

$$V_s = (R_2 + R_1) \cdot I_1 \quad \text{مع } U_d = 0 \quad \text{اذا}$$

$$A_v = \frac{(R_2 + R_1) \cdot I_1}{R_1 \cdot I_1} = \frac{R_2 + R_1}{R_1} \quad \text{اذا التضخيم في التوتر}$$

$$R_e = \infty \quad \text{مقاومة الدخول}$$

$$R_s = 0 \quad \text{مقاومة الخروج}$$

ملاحظة :

في التضخيم الغير العاكس تكون إشارة الدخول وإشارة الخروج متوافقتين لأن معامل التضخيم موجب