وظيفة التضخيم

1.عموميات.

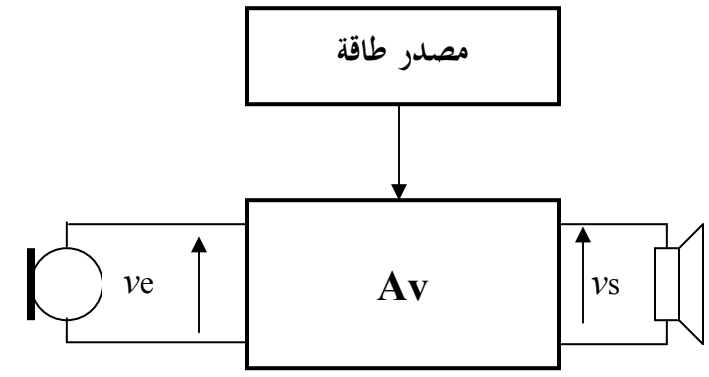
شكل1

شكل2

شكل3

شكل4

يمكن تمثيل المجموعة المتكونة من الميكرفون (**شكل4**)، المضخم (**شكل3**) و المجهار (**شكل2**) عن طريق التصميم التالي (**شكل5**).



شكل5

شكل6: مختلف أنواع المقاحل

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

سوف نقتصر هذه الدراسة على مضخم مُتكون من مقحل مُركب على شكل باعث مشترك، يشتغل في الترددات المتوسطة مع تطبيق إشارات ضعيفة في الدخول.

2. التركيب (شكل7).

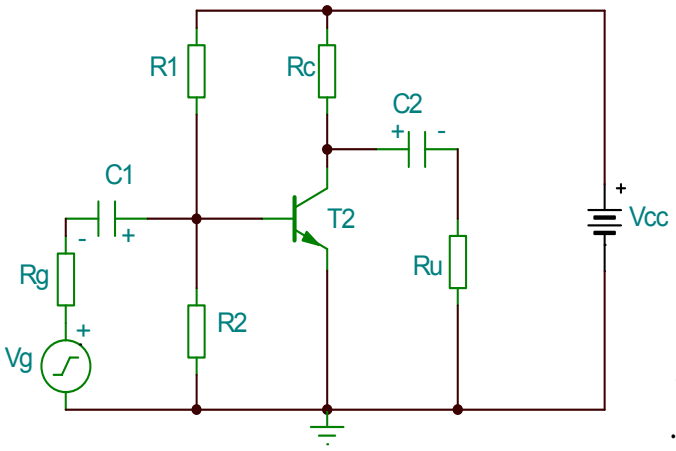
يُحرر المولد Vg توترا جيبيا ذو العبارة التالية:

$$Vg = E_{gm}\sin(\omega t)$$

تيار القاعدة يتكون من مركبتين:

$$Ib = ib + Ib_0 \quad \text{حيث}$$

ib هو تيار المولد Vg و Ib_0 عبارة عن التيار الصادر عن المولد Vcc (تيار الاستقطاب).



شكل7 مضخم باعث مشترك

3. دراسة بيانية للتضخيم (شكل8).

نلاحظ من خلال دراسة خاصيات المقحل (**شكل8**) **ظاهرة التضخيم**. حيث تغير توتر Vbe (الذي يساوي V_e) حول توتر V_{BE0} يؤدي إلى تغير تيار الجامع حول قيمته في الراحة. عن طريق اسقاط تغيرات توتر الدخول على خاصية التحويل ثمّ مستقيم التحميل الحركي (خاصيات الخروج) نحصل على تغيرات V_{ce} أي تغيرات توتر الخروج Vs حول توتر الراحة.

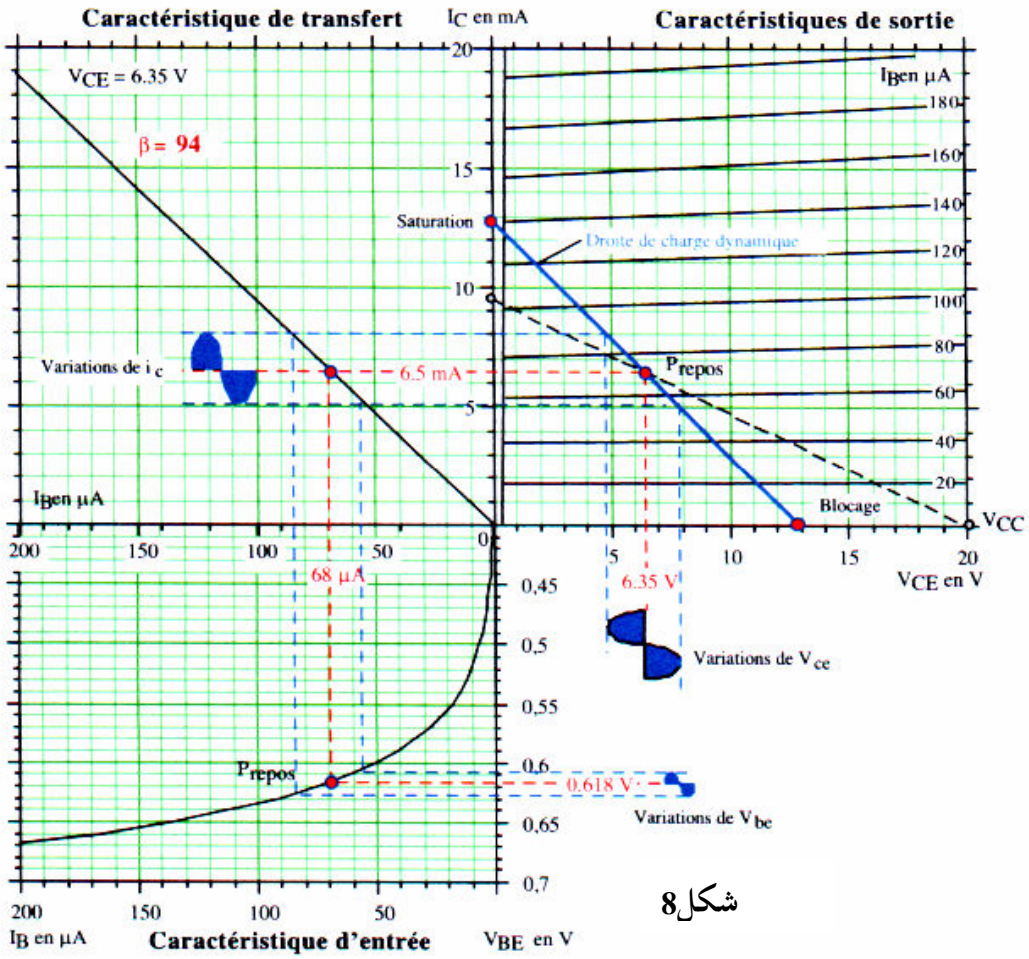
نلاحظ:

- أنّ مطال توتر الخروج **أكبر بكثير** من **مطال** توتر الدخول.
- أنّ توتر الخروج و توتر الدخول **متعاكسان الطور**.

نعبر عن التضخيم بالعلاقة التالية:

$$Av = \frac{\Delta Vce}{\Delta Vbe}$$

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com



شكل8

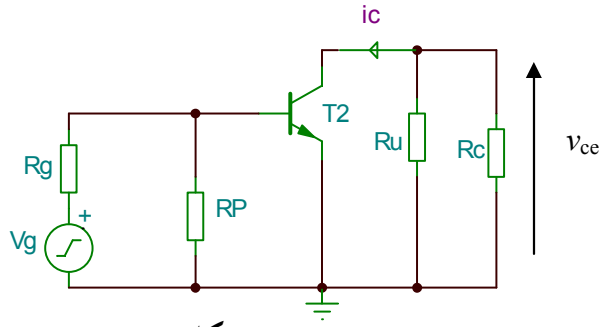
ملاحظات:

- في السكوني، نعتبر كل المكثفات كقاطعة مفتوحة. حيث : $Zc = \frac{1}{C\omega}$
- بما أنّ $\omega = 0$. $Zc \longleftarrow \infty$ $\omega = 2\pi f$
- في الحركي، و نظرا لاختيار محكم لسعة المكثفات، نعتبر هذه الأخيرة كقاطعة مغلوقة. حيث $Zc \longleftarrow 0$.
- نظرا لاعتبار المقادير المتغيرة فقط، يّعتبر المولد Vcc كذلك، كدارة قصيرة.
- يجب أن تكون تغيرات Ve ضعيفة وإلاّ سنلاحظ **تشويها** في إشارة الخروج كون خاصيات الدخول غير خطية.

1.3. معادلة مستقيم التحميل الحركي.

باعتبار الملاحظات المذكورة أعلاه، يمكن إعادة رسم التركيب **شكل7** لكي نحصل في الحركي على التركيب **شكل9**.

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com



شكل9

يمكن أن نكتب: $\Delta v_{ce} = - R. \Delta i_c$

مع $R = \frac{Rc.Ru}{Rc + Ru}$

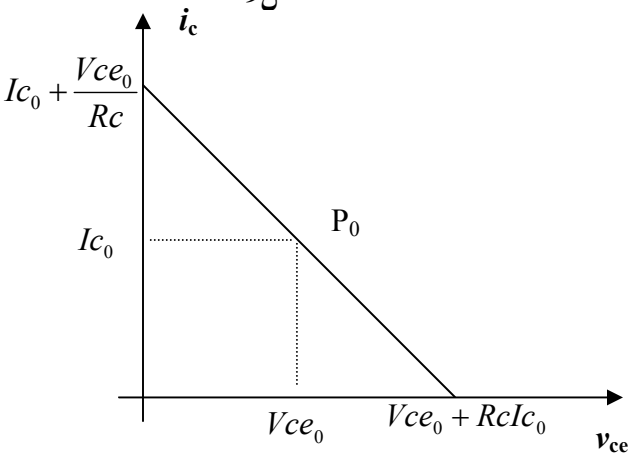
مع العلم أنّ مستقيم التحميل يمر على نقطة الراحة،

نكتب:

$$Vce_0 - v_{ce} = - R \left(Ic_0 - i_c \right)$$

نحصل في الأخير على معادلة مستقيم الحركي:

$$\boxed{i_c = -\frac{1}{R} v_{ce} + Ic_0 + \frac{1}{R} Vce_0}$$



شكل10

4. دراسة رياضية للتضخيم في الحركي.

يبين **الشكل 11** النموذج المكافئ للمقحل عند الموجات الضعيفة و الترددات المتوسطة.

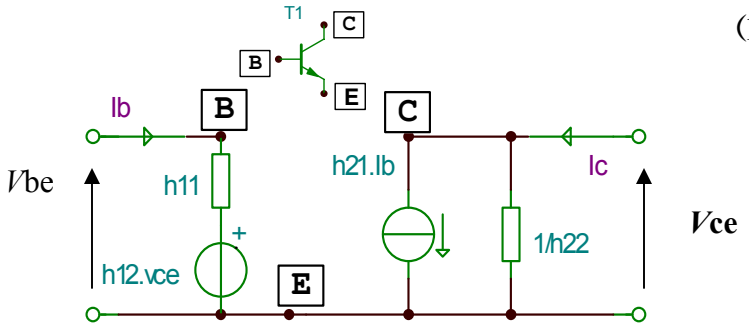
1.4. المعاملات الهجنية (paramètrs hybrides)

بما أنّ المقحل عبارة عن رباعي القطب،

يمكن كتابة المعادلات التالية:

$$v_{be} = h11.i_b + h12.v_{ce}$$
$$i_c = h21.i_b + h22.v_{ce}$$

نستنتج المعاملات الهجنية التالية:



شكل11

$$h11 = (\frac{dVbe}{dIb})(v_{ce} = 0) \qquad h21(\beta) = (\frac{dIc}{dIb})(v_{ce} = 0) \qquad h22 = (\frac{dIc}{dVce})(i_b = 0)$$

$$h12 = (\frac{dVbe}{dVce})(i_b = 0)$$

- ملاحظات:

يُرمز لـــ $h11$ في بعض الكتب بـــ r.

يُرمز كذلك لـــ $1/h22$ بـــ ρ.

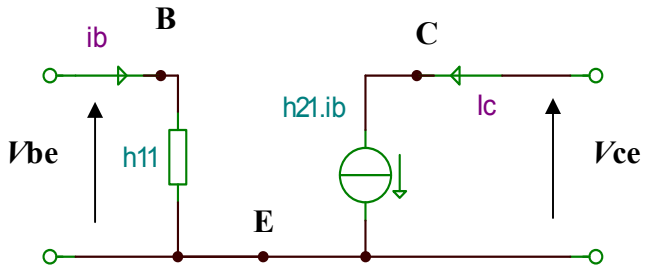
Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

2.4. فرضيات التبسيط:

في أغلب الأحيان نتخذ:

$h12 \approx 0$ و $h22 \approx 0$

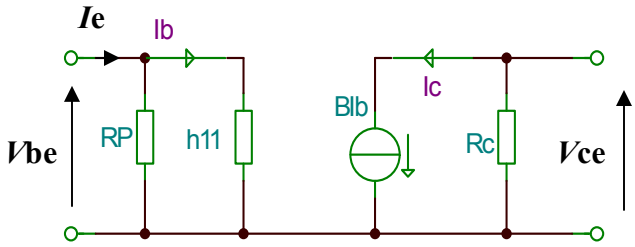
نحصل حينئذ على النموذج المُبسط المكافئ للمقحل، المبين **شكل 12**.



شكل12

3.4. النموذج المكافئ الكامل للتركيب في الفراغ (شكل12)

$$Rp = \frac{R1R2}{R1 + R2}$$



شكل13

أ) **التضخيم في التوتر Av.**

$$\boxed{Av = \frac{vce}{Vbe} = -\frac{\beta Rc}{h11}}$$

نلاحظ أنّ التضخيم سالب. إذن، توتر الدخول و توتر الخروج متعاكسان الطور.

ب) **التضخيم في التيار Ai.**

$$\boxed{Ai = \frac{Ic}{Ib} = \frac{\beta.Ib}{Ib} = \beta}$$

جـــ) **التضخيم في الإستطاعة.**

$$\boxed{Ap = |Av|.|Ai| = \beta^2.\frac{Rc}{h11}}$$

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

د) مقاومة الدخول.

$$\boxed{\mathrm{Re} = \frac{Vbe}{Ie} = \frac{Rp.h11}{Rp + h11} \approx h11}$$

مع $Rp \rangle\rangle h11$

ه) مقاومة الخروج.

لحساب مقاومة الخروج، نطبق نظرية تفنين. إذن، نفصل الحمولة Ru مع إعدام كل القوى المتحركة.

أي: $v_{be} = 0$. إذن $i_b = 0$. مولد التيار عبارة عن قاطعة مفتوحة. و بالتالي:

$$\boxed{Rs = Rc}$$

- مثال لبعض القيم:

$h_{11} = 1.5\ \mathrm{k\Omega}$ $\quad Rc = 1\mathrm{k\Omega}$ $\quad \beta = 120$ $\quad i_b = 0.2 \sin(\omega t)\ (\mathrm{mA})$

$v_{be} = h_{11}.\ i_b = 0{,}3 \sin(\omega t)\ (\mathrm{Volt})$

$ic = \beta\ i_b = 36 \sin(\omega t)\ (\mathrm{mA})$

$v_{ce} = -Rc\ i_c = -36 \sin(\omega t)\ (\mathrm{Volt})$

$Ai = 120$ $\quad Av = -80$ $\quad Ap = 9600$

4.4.تكييف الممانعات.

حسب الهدف المُنتظر، يوجد مختلف أنماط **تكييف الممانعة**.

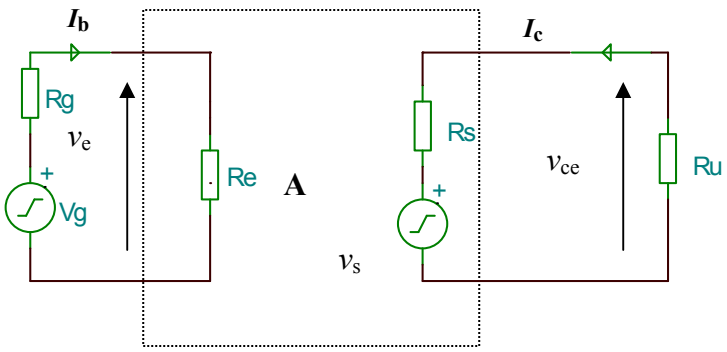
إذا تعلق الأمر **بمضخم التوتر**، يجب أن تكون الحمولة المُتمثلة في مقاومة الدخول **Re** **كبيرة** حتى لا تؤثِر على مصدر الإشارة Vg. نتكلم حينئذ عن **تكييف في التوتر**.

امّا إذا تعلق الأمر **بمضخم الاستطاعة** يجب أن تتحصل على **استطاعة أعظمية** في الحمولة.

لإبراز معنى **التكييف**، يمكن تعويض النموذج المكافئ للتركيب (**شكل13**) بالتصميم التالي (**شكل14**):

حيث نعوض مدخل المضخم A بمقاومة الدخول **Re** و نعتبر مخرج المضخم كمولد بالتسلسل مع مقاومته الداخلية **Rs** (أنظر **الشكل**13).

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com



شكل14

أ) تكييف في التوتر.

$$Ve = Vg.\frac{\mathrm{Re}}{\mathrm{Re}+Rg}$$

إذا حققنا الشرط **Re >> Rg** $\leftarrow$ $Ve \approx Vg$

نتكلم عن تكييف في التوتر حيث المولد Vg **مستقل** عن Re.

ب) تكييف في الإستطاعة.

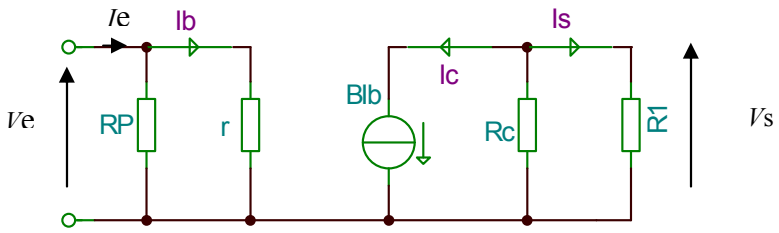
إذا أردنا إستطاعة أعظمية في الحمولة Ru، يجب تحقيق الشرط التالي:

Rs = Ru

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

تصحيح تمارين صفحة – 169 - 168 لكتاب الهندسة الكهربائية.

1) **الترسيمة التحريكية المكافئة (شكل14).**



شكل14

2) حساب مقاومة الدخول للتركيب.

نعوض المقاومتين R_P و r على التوازي بمقاومة مكافئة R.

نكتب $v_e = R \, . \, i_e$. و منه:

$$Re = \frac{Ve}{Ie} = R$$

3) حساب التضخيم في التوتر $Gv = \frac{vs}{ve}$.

$$ve = r.ib \qquad vs = -R'.ic$$

مع $R' = \frac{R.Rc}{R + Rc}$ $\qquad Gv = \frac{-R'.\beta.ib}{r.ib} = -\beta\frac{R'}{r}$

4) حساب التضخيم في التيار $Gi = \frac{is}{ie}$.

$$Gi = \frac{is}{ie} = \frac{is}{ic}\frac{ic}{ie} = \frac{is}{ic}\frac{ic}{ib}\frac{ib}{ie}$$

بتطبيق قانون قاسم التيارات، لدينا: $\frac{is}{ic} = -\frac{Rc}{Rc + R}$ ، $\frac{ic}{ib} = \beta$ ، $\frac{ib}{ie} = \frac{Rp}{Rp + r}$

إذن: $\boxed{Gi = \frac{-Rc}{Rc + R}\beta\frac{Rp}{Rp + r}}$

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

5) التضخيم في الإستطاعة $Gp = |Gv||Gi|$

$$\boxed{Gp = \beta \frac{R'}{r} \frac{Rc}{Rc + R} \beta \frac{Rp}{Rp + r}}$$

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

المضخم العملي (Amplificateur Opérationnel)

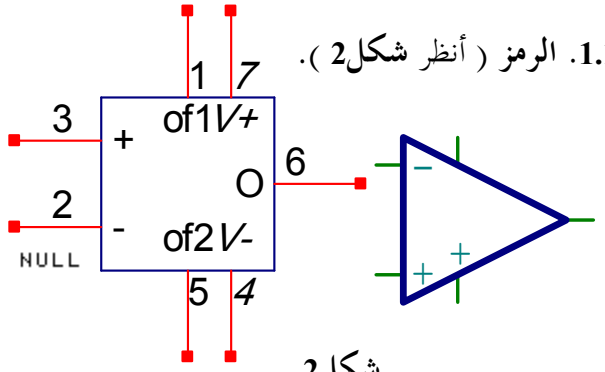
1.التقديم و الوصف.

يبين **الشكل**1، البنية الخارجية للمكبر العملي LM741.

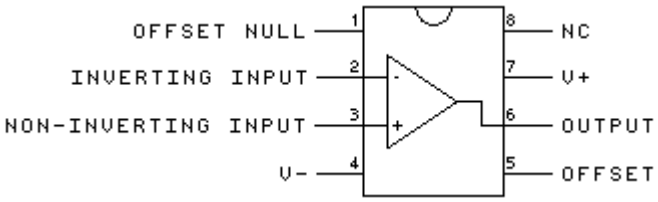
شكل1

يتكون هذا العنصر من عدة مقاحل (ترانزستورات) مُركبة على شكل مضخمات فرقية (أنظر البطاقة التقنية).

1.1. الرمز (أنظر **شكل2**).



شكل2



شكل3

يبين **الشكل3** مختلف أقطاب المكبر العملي **LM741**.

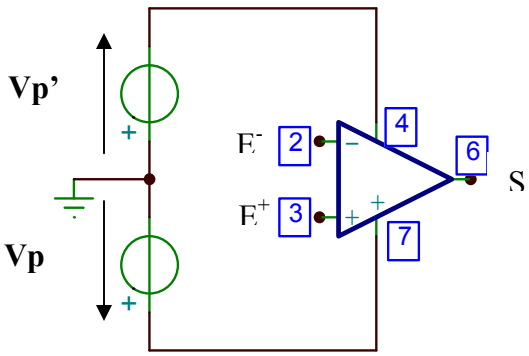
2.1. الاستقطاب.

لكي يشتغل، يحتاج المكبر العملي (م.ع) إلى تغذية متناظرة حسب **الشكل4**.

لإستغلال كامل إمكانيات م.ع نختار:

$Vp = +15\ V$ و $Vp' = -15\ V$

- القطب2 يُسمى : مدخل عاكس،
- القطب3 يُسمى : مدخل غير عاكس،
- القطب6 يُسمى : خروج.



شكل4

3.1. خاصيات.

المكبر العملي عبارة عن مضخم فرقي، إذن:

$$v_s = A_d\,(V^+ - V^-) = A_d \cdot v_d$$

مع $v_d = V^+ - V^-$

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

(V^+ هو التوتر المطبق على الطب3، و V^- على القطب2).

4.1. أنظمة التشغيل.

أ) حدود.

بما أنّ المكبر العملي مستقطب بـــ Vcc+ و Vcc– ، يكون توتر الخروج محصور بين:

$$\boxed{-Vcc < v_s < +Vcc}$$

عمليا، و بسبب وجود توتر نفايا **Vd** (tension de déchet)، القيمة المطلقة لتوتر الخرود يُساوي:

$$|v_s| \leq Vsat \quad \text{مع} \quad Vsat = Vcc - Vd$$
$$Vd \approx 1\ V$$

ب) التضخيم.

معامل التضخيم ***Ad*** كبير جدا. يصل إلى **10^4** و حتى **10^5**.

جـــ) النظام الخطي.

يكون نظام التشغيل خطي عندما يكون توتر الخروج متناسبا طرديا مع توتر الدخول:

$$v_s = A_d . v_d$$

لهذا، يجب:

$$|vd| \leq \frac{Vsat}{Ad}$$

د) نظام التشبع.

نكون في نظام التشبع عندما تكون تغيرات توتر الخروج غير تابعة لتوتر الدخول. يحدث هذا لّما:

$$|vd| \rangle \frac{Vsat}{Ad}$$

في هذه الحالة:

$$vd \rangle \frac{Vsat}{Ad} \quad \Rightarrow \quad vs = +Vsat$$

$$vd \langle -\frac{Vsat}{Ad} \quad \Rightarrow vs = -Vsat$$

تطبيق عددي:

نختار: $Ad = 10^5$ $\quad Vd = 1V$ $\quad Vp = 15V$

نستنتج: $Vsat = Vp - Vd = 14V$

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

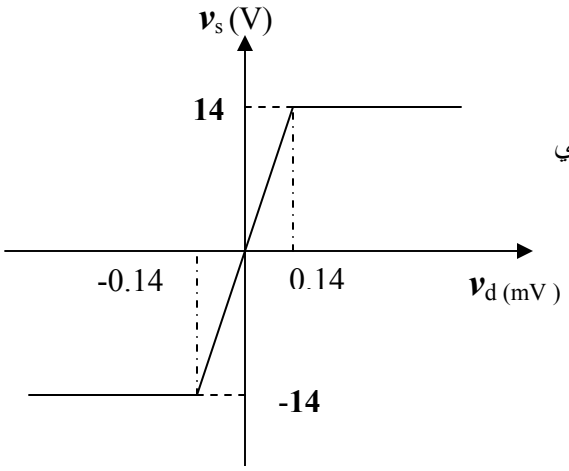
يكون النظام خطي، إذا: $vd \le \frac{14}{10^5} = 14.10^{-5} = 0.14mV$

نكون في النظام التشبعي إذا: $vd \rangle 0.14mV$ ، إذن $|vs| = Vsat = 14V$

نلخص هذه النتائج بواسطة المنحنى **شكل5**.

ملاحظة:

في الراحة، و نظرا لكون العناصر المُكونة للمكبر العملي غير متناظرة تماما سيؤول هذا الأخير لإلى حالة تشبع رغم أنّ v_d معدوم. لهذا يجب إضافة عناصر أخرى لاستغلاله.



شكل5 نظام خطي، نظام تشبعي

5.1. فرضيات التبسيط.

نعتبر مكبر عملي مثالي **شكل6**.

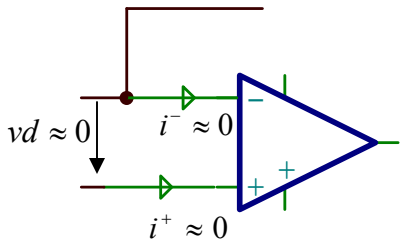
نُهمل التيارين i^+ و i^- أمام التيارات الأخرى للتركيب. إذن: $i^+ \approx 0, i^- \approx 0$

نُهمل التوتر v_d أمام التوترات الأخرى للتركيب. إذن: $vd \approx 0$

نتائج:

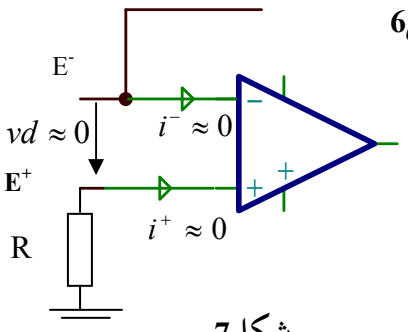
- غالبا ما يُوصل القطب E^+ بالهيكل عبر مقاومة كما هو مُبين في **الشكل**7. .بما أنّ :

$$i^+ \approx 0 \Rightarrow Ri^+ \approx 0, vd \approx 0$$



شكل6

إذن، المدخل E^- موصول بدوره بالهيكل. نقول أنّ هذا المدخل عبارة عن **هيكل وهمي**.



شكل7

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

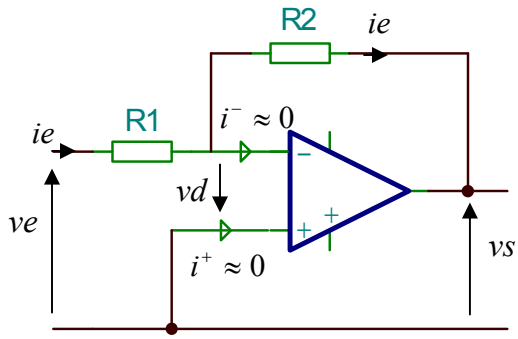
6.1. خاصيات .

- تُعتبر المقاومة ما بين القطبين E^- و E^+ **ما لا نهاية**،
- تُعتبر مقاومة الخروج معدومة.

2. التركيب العاكس (شكل8).

1.2 حساب التضخيم في التوتر.

باستعمال الفرضيات الذكورة أعلاه، نكتب:



شكل8

$$ve = R1.ie$$

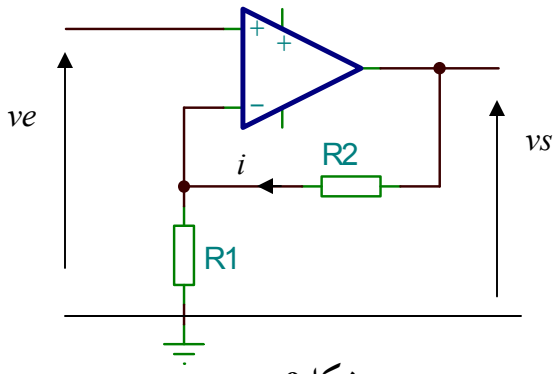
$$vs = -R2.ie$$

$$Av = \frac{vs}{ve} = \frac{-R2.ie}{R1.ie} = -\frac{R2}{R1}$$

$$\boxed{Av = -\frac{R2}{R1}}$$

3. التركيب العاكس (شكل9).

1.3 حساب التضخيم في التوتر.



شكل9

نطبق قاسم التوترات حيث:

$$ve = vs\frac{R1}{R1+R2}$$

نستنتج:

$$Av = \frac{vs}{ve} = \frac{R1+R2}{R1} = 1+\frac{R2}{R1}$$

$$\boxed{Av = 1+\frac{R2}{R1}}$$

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

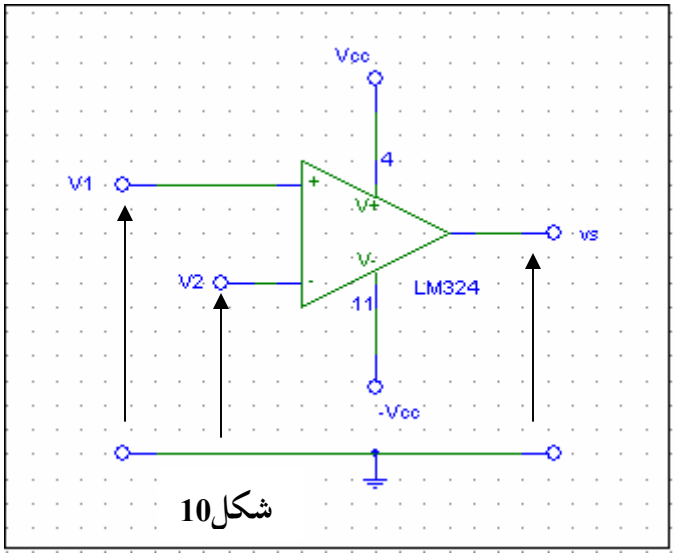
4. المقارن (Comparateur شكل10).

في هذه الحالة، يشتغل المكبر العملي في حلقة مفتوحة (أي المدخل E^- غير موصول بالمخرج).

لدينا حالتين:

- إذا $V1 \rangle V2 \Rightarrow vs = +Vsat$
- إذا $V1 \langle V2 \Rightarrow vs = -Vsat$

نذكر بأنّ : $Vsat = Vcc - Vd$



شكل10

أعضاء لجنة تحضير الدرس:

كمّار أحمد العربي بشير جبار فاطمة

بوعلقة لوطفي عقاد العالية

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com

Created by Neevia Personal Converter trial version http://www.neevia.com