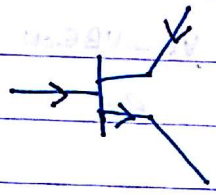
*ch 6: ABasic Amplifier circuit.

26/7/2016



* What is an electric charge ?

⇒ It is aproperty of ~~Matter~~ Matter which give rise

- قانون كولوم: $F \propto \frac{1}{r^2}$

أي حالة ←○○→

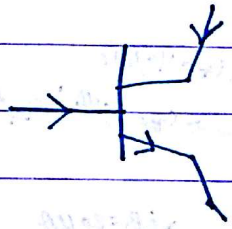
أحسن حالة

← وعشان تكون شحنة نقطية .

⇒ 2 Types of Transistors:

1 pnp

2 npn ✓

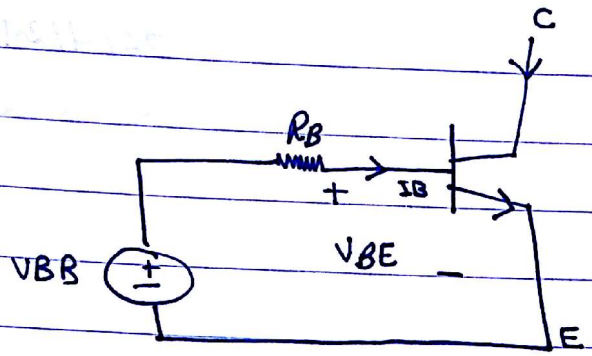


ماينة Power داخلين

هو واسطة بين ال Signal وال Supply .

→ 4 modes operation → one of them is: Forword Active mode.

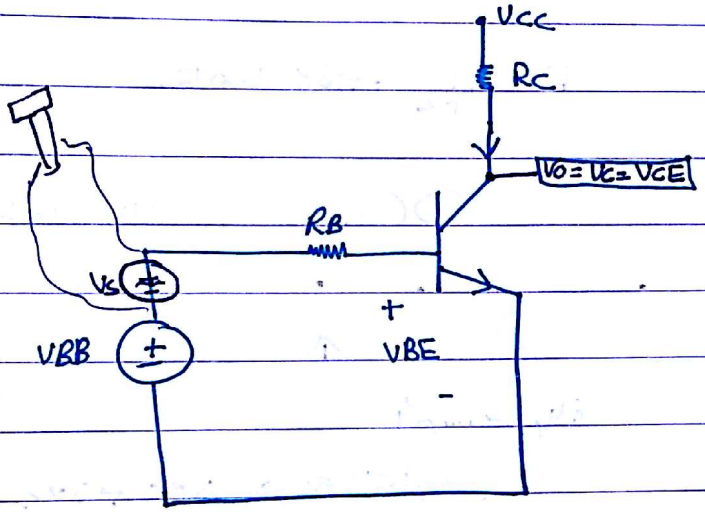
Scanned by CamScanner



$V_{BB} > V_{BE_{ON}}$ ← Forward Active mode

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE_{ON}}}{R_B}$$

* I_C يعتمد على I_B لما يكون من I_B معناها من I_C .



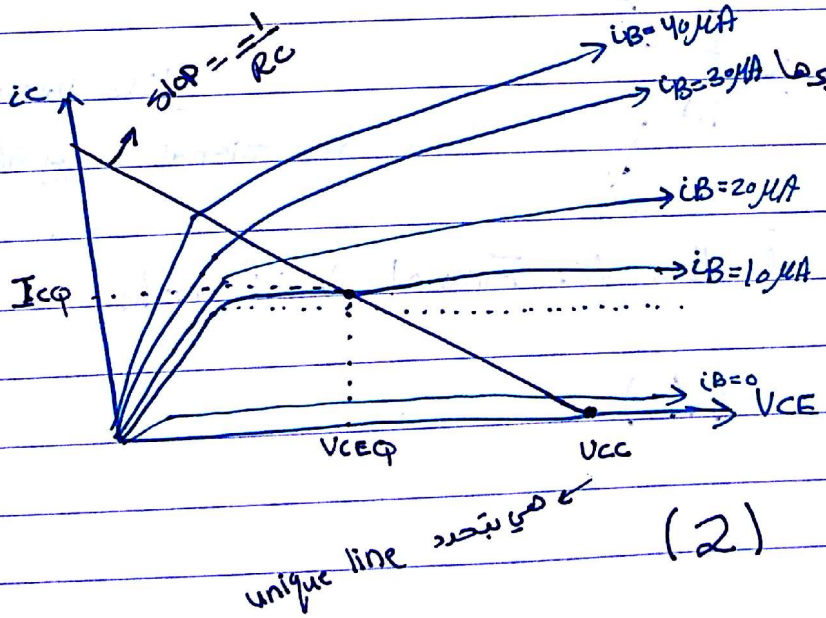
* V_{CC} ، R_C ما إلهم علاقة في I_C لكن إلهم علاقة في الـ Voltage بين C ، E .

$\Rightarrow V_{CC}, R_C$ don't control i_C . They control V_{CE} .

$$i_C = \beta i_B$$

* لو في مقاومة عند E كان $V_C \neq V_{CE}$

* اختيار قيم V_{CC} ، R_C ، R_B ⇐ عشان Forward Active mode ≡ linear mode



* Vs عشان يوخذ Signal ويكبرها

عند قيم VCE الصغيرة iB بزيد لحتى ما تكبر قيم VCE بتصير الزيادة طفيفة .

* قيم iB بـ μA .

unique line ← هي بتحدد

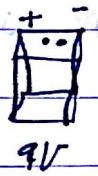
(2)

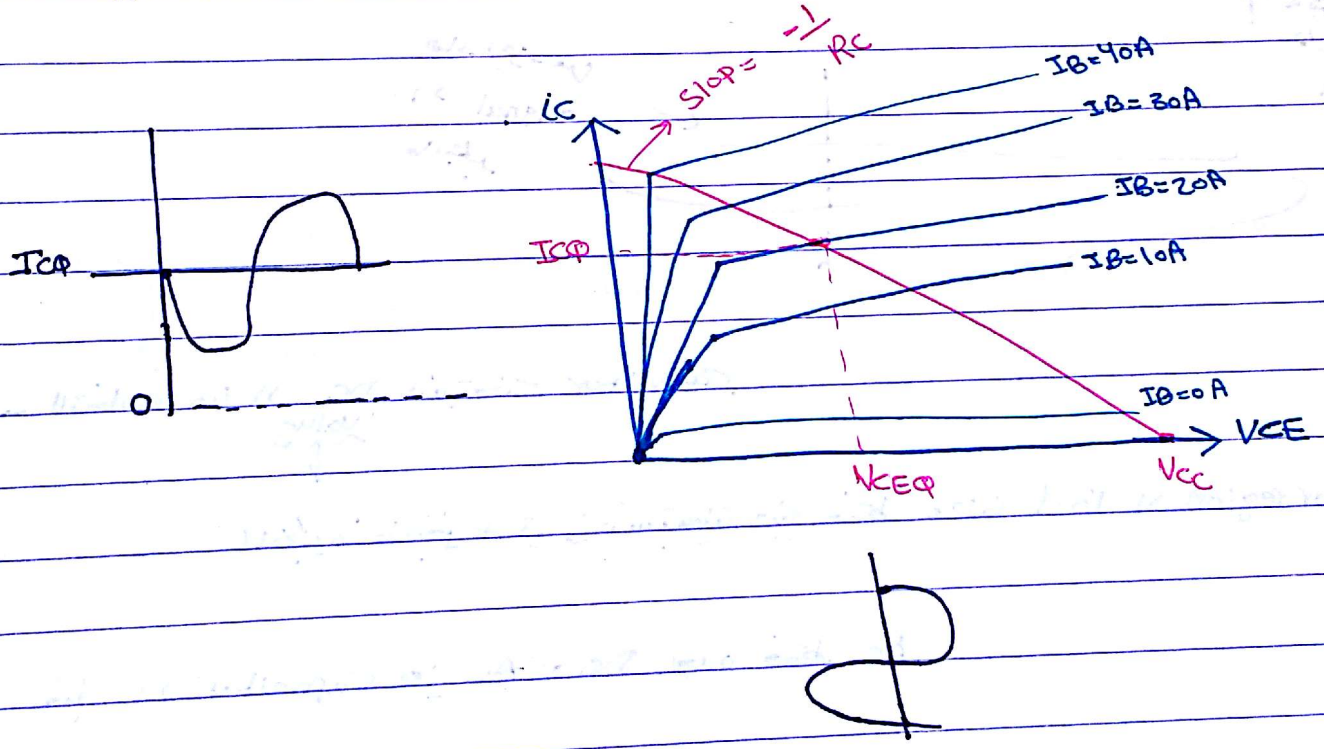
Scanned by CamScanner

$i_C = \beta i_B + I_{BCO}$ ← صغير بنهمله

← كل (كلام) سابق بدون وجود VI .

← بعد وجود VI ← VI = total ← VI بتعتمد على VBB كانت .

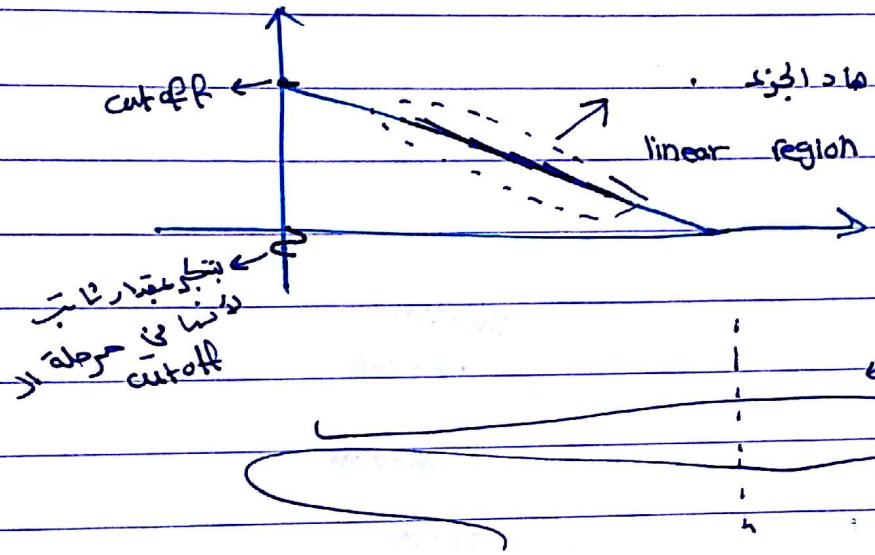




Scanned by CamScanner

27/7/2021

- الـ Biasing هي عملية بتخلي الـ Transistor جاهز يستقبل الـ Signal اللي جاية تكبرها.
- بعد ما يكبر بيدخل كمان الـ Signal Another DC Value



بصير جزء AC وجزء DC ← بنشتغل على هاد الجزء.

- للتخلص من الـ DC بنستخدم Capacitor.
Value

هاد الكلام ما بتغير شي (بنستعين فيه فقط عشان أدخل الـ linear region) ← أكيد بنستفيد بأشياء تانية

- قبل الـ Capacitor في AC و DC بعده فقط AC.

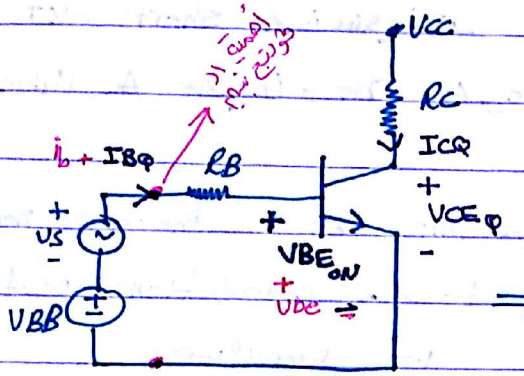
* الـ Analysis بدنا نتحاشا مع الـ AC فقط

Scanned by CamScanner

* Transistor circuits From Ac: point of view.

↓

⇒ The signal is small and Time Varying.



⇒ complete CKT

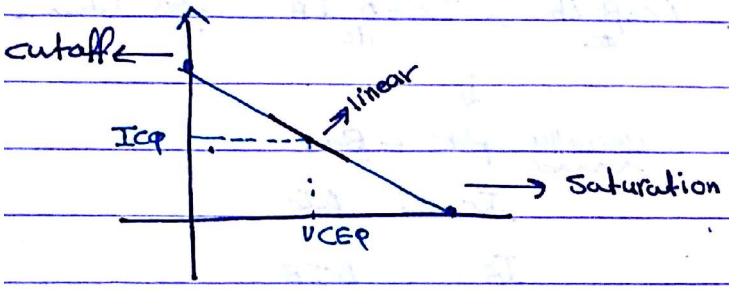
الدارة كاملة

⇒ Transistor is in FAM.

(If Vs=0).

VBE ON = 0.7 V

← Q-point



* Saturation & cutoff are non linear → switch

Vs > Vbe *

** for linearity Vbe < 10 mV → يكون أصغر ما يمكن

⇒ |Vbe| < |Vs|

Ic, Vcc → DC values

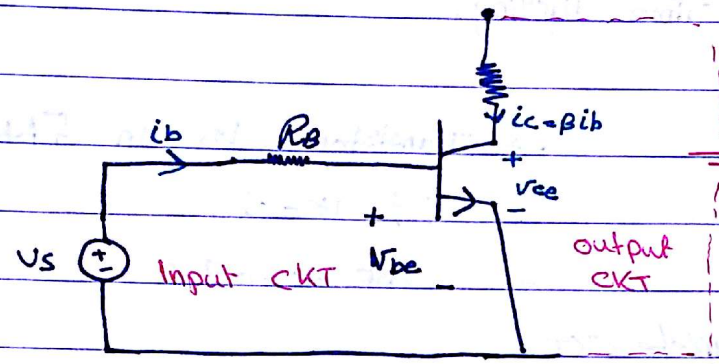
ib, Vbe → Small Ac Value

VCE, iB → Ac with DC

ib تيار الـ Base الناتج من Vs و IBQ هو تيار الـ Base الناتج من VBB.

Scanned by CamScanner

* It can be shown that (see book: ch 6.) the AC equ. CKT is as shown:



Vs ما بتشوف UBB لأنها بتشوف short CKT يكون بيني وبينك فقط

. vce ، ic ، Vbe ، ib هم AC Values

→ This CKT is the one need to do calculations relatin to Amplifiers.

$$* \; ic = \beta \, ib$$

. $ic = \beta_{ac} \, ib$ ، $Ic = \beta_{dc} \, IB$ بس بنكتب

↓

usually $\beta ac = \beta dc$

$$\frac{Ic}{IB} = \frac{\Delta Ic}{\Delta IB}$$

* لأن الـ AC signal ما بتشوف الـ DC عشان هيك ما بتشوف عشان هيك بنعتبرها open ckt لأن current بدها تمر بالبطارية / short CKT

* for the input CKT:

$$[\, Vs = RB\, ib + Vbe \,]$$

* for the output CKT:

$$[\, Vce = -Rc\, ic \,]$$

الـ linear ما بتغير الـ freq. content ما بتغير

كل شي بيضل على حاله.

عشان نحول الـ Transistor لـ DC لازم يكون في

. DC com

* FAM: Forward Active mode.

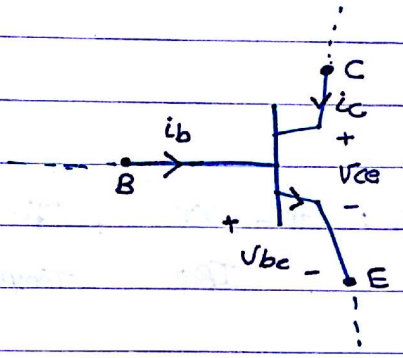
Scanned by CamScanner

* Small Signal Hybrid_π model of a npn BJT :-

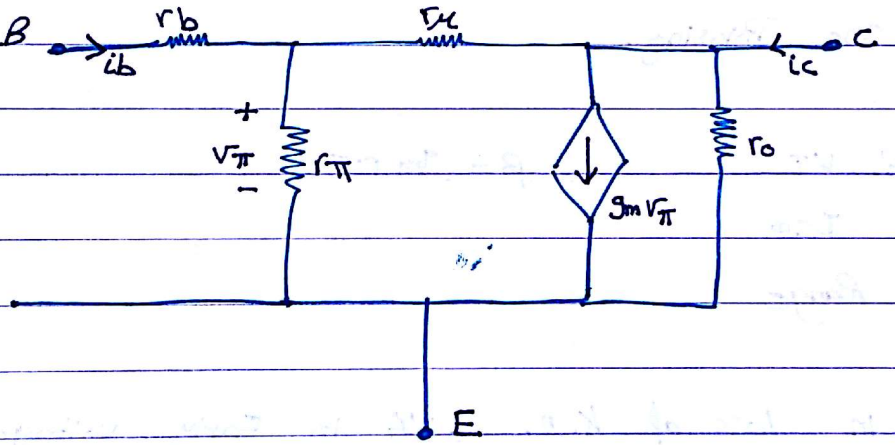
إضافين

npn & pnp → بزبط أستخدم أي واحد منهم من أي تصابيا لكن بعض التصابيات تتاج وجود إشيء معاً.

- The expanded model is as shown:



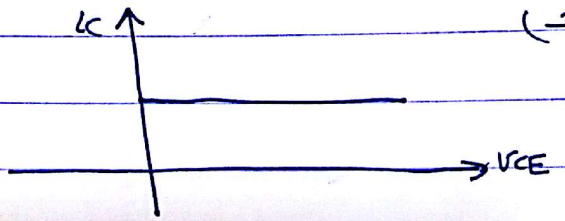
EquiValent



← هاد الموديل يجي أكتر عن الـ Transistor.

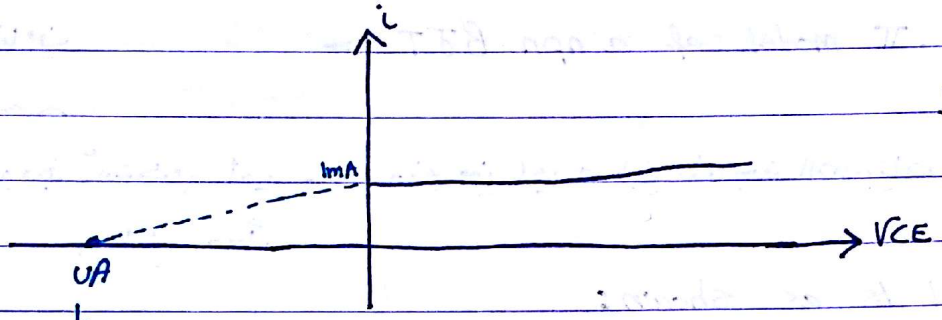
- gm: Conductance
- Voltage dependent current source → بعطي جزء من الـ ic
- B, C, E → Junctions
- rμ → كيف c يؤثر على الـ B → هي العلاقة بين c و B
- لما في ro و rμ بكون ic يعتمد على gmVT → من هاي الحالة ic لا يعتمد على Vce.

لتوضيحها في الرسم هو خط مستقيم ميله صفر. (وطبت)



(Idealized)

Scanned by CamScanner



هاي هي الرسمة not idealized
بحيث في علاقة لازم اخط اله مبل
لي بتغير عفا في الـ CKT بـ ro

early effect.

⇒ It can be shown that (see book): $r_\pi = \frac{V_T}{I_{BQ}}$, $V_T = 26\,mV$ @ room Tempreture ⇒ $K = 300K$

Design parameters ← r_π متغيرة بتغير I_{BQ} لذلك بتستخدم r_π بالشغل

* I_{BQ} → from DC Biasing.

⇒ $r_\pi = \frac{V_T}{I_{BQ}} = \beta \frac{V_T}{I_{CQ}}$, $\beta = g_m r_\pi$

↳ in KΩ Range

⇒ $r_o = \frac{V_A}{I_{CQ}}$ in 10's of KΩ , V_A is Early voltage.
10's to 100's of Volts

⇒ $g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T}$

⇒

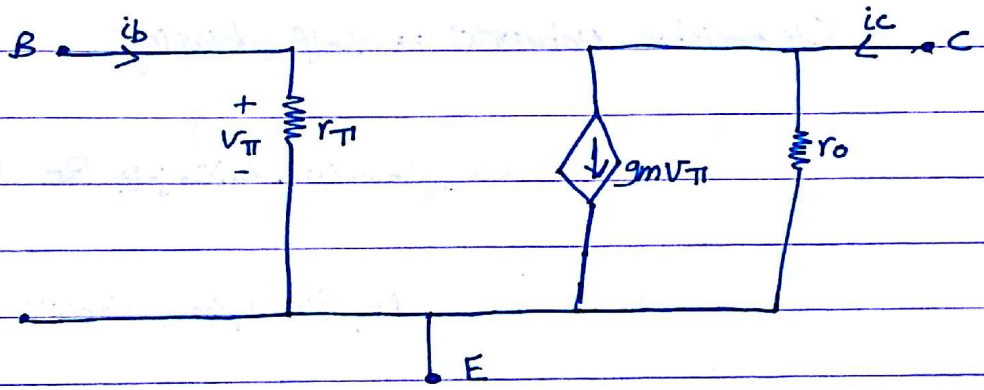
Scanned by CamScanner

* Simplified Model :

↳ * Since r_b is 10's of Ω we can neglect it → i.e let $r_b = 0\ \Omega$.

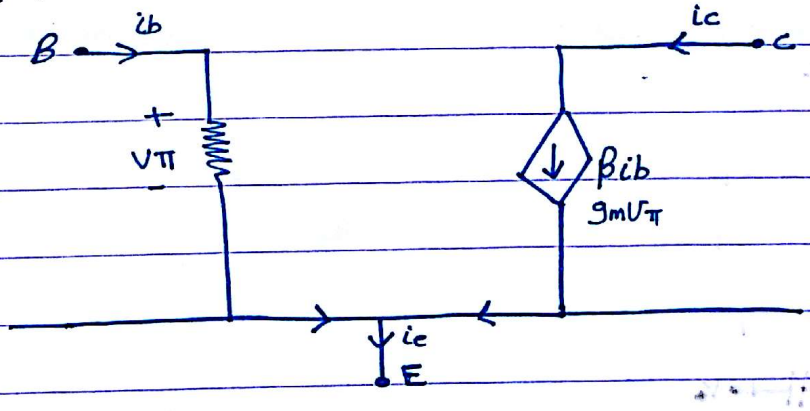
⇒ r_μ is 100's of $K\Omega$ to $M\Omega$ → i.e let $r_\mu = \infty$ → open CKT → current = 0

So, the CKT become:



So

⇒ more simplification can be excercised, ↑ consider $r_o = \infty\ \Omega$ → open CKT.



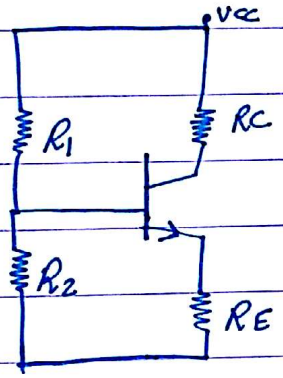
اتجاه التيار واتجاه القوسين V_π كيف عرفتهم عليهم أعيزه.

Scanned by CamScanner

30/7/2017

* Example 6.1 page 382

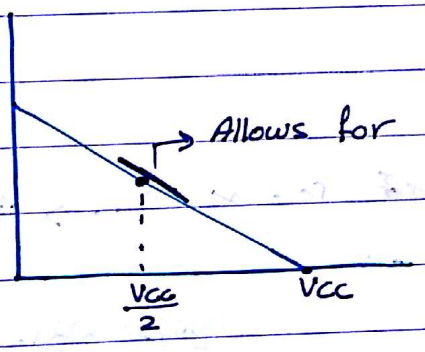
* The Common Emitter Amplifier :- (with $R_E \neq 0\ \Omega$)

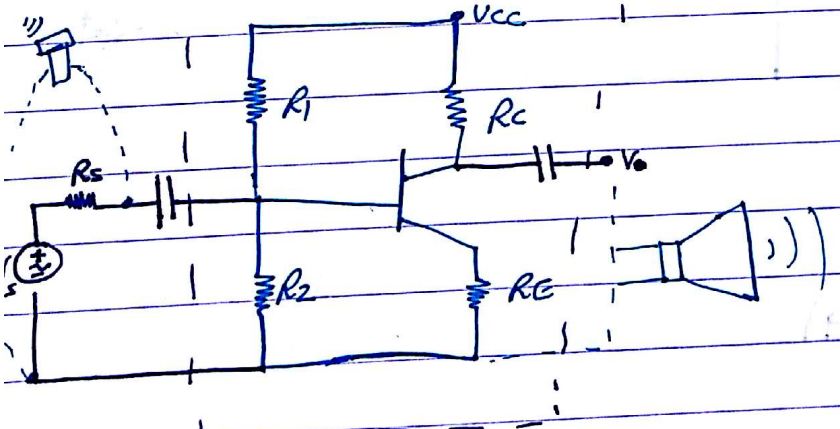


(4 Resistor Network) = self biasing

لو ما في R_E بيؤثر مقاومة ووزن وسعر.

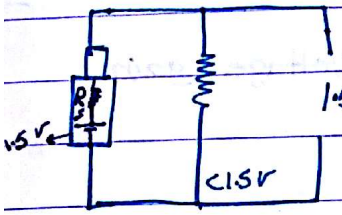
Q-point في المنتصف حتى يكون Amplifier





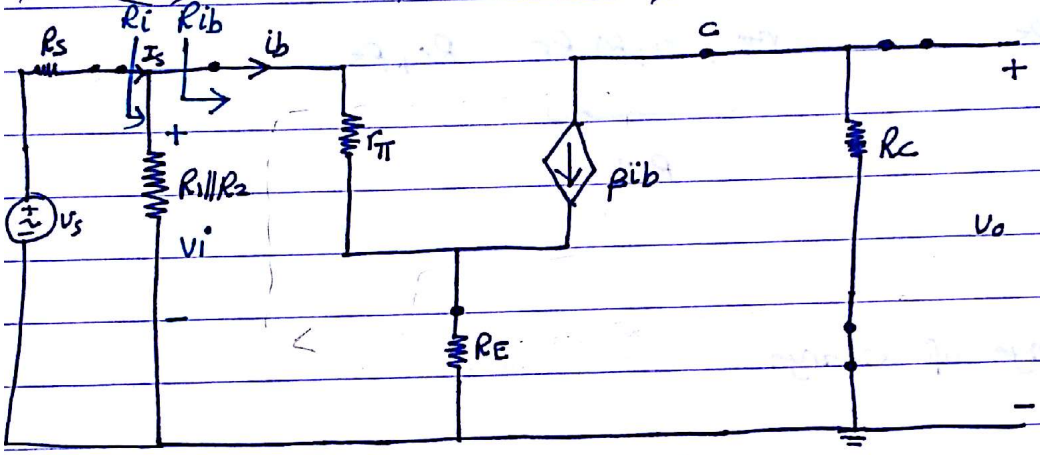
Amplifier circuit.

Scanned by CamScanner



$V_o = \frac{\infty}{\infty + R_s} \times 1.5\,V$ open CKT

$V_o = \frac{R_L}{R_L + R_s} \times 1.5 \quad < 1 \times 1.5\,V < 1.5V$



Vcc تستبدل بـ short CKT ⇐ (DC لأنها) ground

V_o ← capacitor @ low freq. is short CKT.

input CKT ↑↑ output CKT

تفريغ الدائرة ⇐ (*)

* Input Resistance: (Rib) ⇒ total Resistor seen from Rib

$$* R_{ib} = \frac{V_i}{i_b} = \frac{r_\pi i_b + (1+\beta) i_b R_E}{i_b} = r_\pi + (1+\beta) R_E$$

⇐ قيمتها عالية جدًا

$$* R_i = \frac{V_i}{I_s} = (R_1 \| R_2) \| R_{ib}$$

⇐ قيمتها أقل من أقل مقاومة موجودة

$$* V_o = -R_c i_c = -\beta R_c i_b$$

$$* V_i = R_{ib} \cdot i_b \Rightarrow i_b = \frac{V_i}{R_{ib}}$$

↓

$$V_i = \frac{R_1 \| R_2 \| R_{ib}}{R_1 \| R_2 \| R_{ib} + R_s} \cdot V_s$$

(11)

Scanned by CamScanner

$$\Rightarrow V_o = \frac{-\beta R_c}{r_\pi + (1+\beta) R_E} \cdot \frac{R_1 \| R_2 \| R_{ib}}{R_1 \| R_2 \| R_{ib} + R_s} = A_v \rightarrow \text{Voltage gain}$$

$$\Rightarrow A_V = \frac{-\beta R_c}{R_{ib}} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} = \frac{-\beta R_c}{\underbrace{r_\pi + (1+\beta) R_E}_{R_{ib}}} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

*Current : Rate of change of charge

Scanned by CamScanner

31/7/2017

* $AV = \frac{-\beta R_C}{r_\pi + (1+\beta) R_E} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s}$ → الأكثر دقة وبه يجب

$\frac{R_i}{R_i + R_s} < 1$

{ tells us that if Vs is ~ then Vo is ~

(العلاقة بين الـ Input والـ output عكسية (الزيادة يقابلها نقصان)

i.e 180° phase shift between i/p & o/p.

يا إما Ri كبيرة جداً أو Rs قليلة جداً → $\frac{R_i}{R_i + R_s} < 1$
أو الشرطين معاً.

↓

- الكلام العالي هو أنه Ri كبيرة جداً يعني مابقى بتحكم فيه Rs (Internal Resistor)

↓

بس مش معناها دكون اكبر بكتير من Rs .

$\frac{-\beta R_C}{r_\pi + (1+\beta) R_E}$ → بدنا المقدار كامل يكبر إما بنكبر β أو بنكبر Rc لكن اذا كبرناهاتين مكان تاني بنحتاج أنها تكون صغيرة عشان هيك بنخليها قيمة متوسطة حتى ترضي الطرفين (Comprimised) بنخذ لها قيمة تقريباً 5kΩ أو حاصل ضرب $(1+\beta) R_E$ يكون صغير.

*Input Resistor → كبيرة

Scanned by CamScanner

$\Rightarrow$ If $R_i \gg R_s$ then:

$$A_V = \frac{-\beta R_C}{r_\pi + (1+\beta) R_E}$$

$\Rightarrow$ If $(1+\beta) R_E \gg r_\pi$ then:

$$A_V = \frac{-\beta R_C}{(1+\beta) R_E}$$

$\Rightarrow$ If $(1+\beta) \approx \beta$ then: غالباً بتتحقق لأنه عادةً بيكون $\beta > 50$

$$A_V = \frac{-R_C}{R_E}$$ ← gain for the common Emitter Amplifier. (If all conditions satisfied).

* ٣ أنواع مهمة من الـ Amplifier CKT:

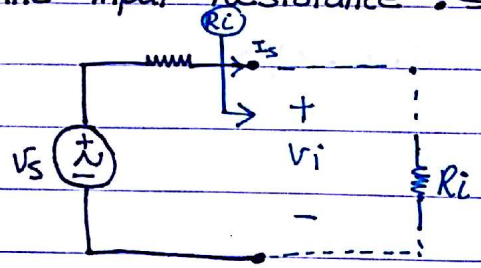
① Voltage gain

② Current gain

③ Input & output Resistance

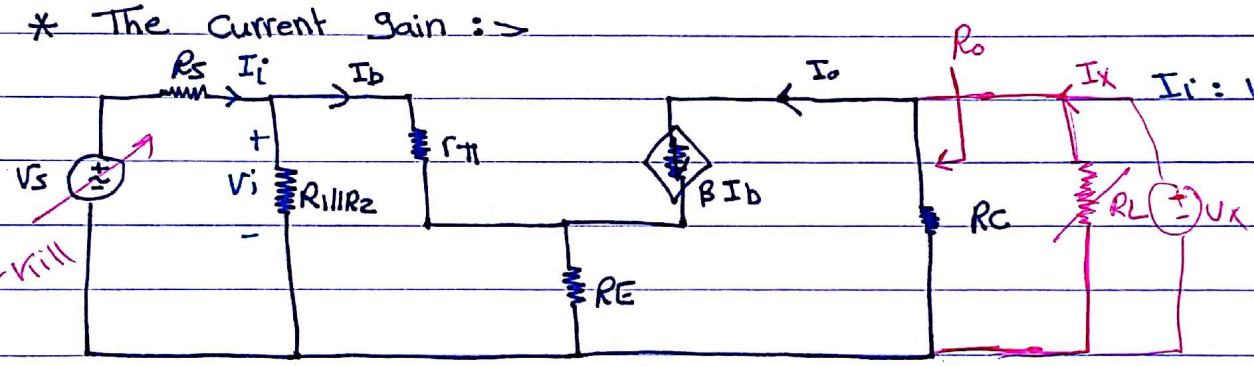
Scanned by CamScanner

* The Input Resistance :>



$Ri = \frac{Vi}{Is}$ getting $Ri = R_1 \| R_2 \| Rib$

* The current gain :>



* In common Emitter Amplifier the current gain = β. تقريباً

$$Ai = \frac{Io}{Ii} = \frac{\beta Ib}{\frac{Vi}{R_1 \| R_2 \| Rib}} = \frac{\beta \dot{I}b}{(r\pi + (1+\beta)) \dot{i}b\, RE} = \frac{\beta (R_1 \| R_2 \| Rib)}{r_{TH}(1+\beta) RE} < \beta$$

$$\frac{}{R_1 \| R_2 \| Rib} > 1$$

i.e we have current gain.

$\frac{R_1 \| R_2 \| Rib}{Rib} < 1$ لأنه البط أصغر من الكل.

* الدائرة الوحيدة اللي فيها Current gain & Voltage gain هي الـ common Emitter ⇐ الأكبر من 1

Scanned by CamScanner

* current gain → dimention less ← مقدار بلا وحدة

* The output Resistance :

⇒ open CKT AV → هو الجهد Voltage ممكن أحصله من أي سيرفت

Short CKT Ai → " " " " " تيار

(*)

output Resistance ← حتى نقدر نوجد Ix ونحسب Vx ونأخذ نسبتهم RL نشيل

بعد ما نعمل . kill all Independent src.

↓

Kill Us (short CKT).

* $R_o = \frac{V_x}{I_x} = \frac{R_c I_x}{I_x} = R_c$ by Lucky hunch.

↳ correct answer but need rigorous proof to confirm that ib=0A.

Exercise.

* EX : proof rigorously that $R_o = R_c$.

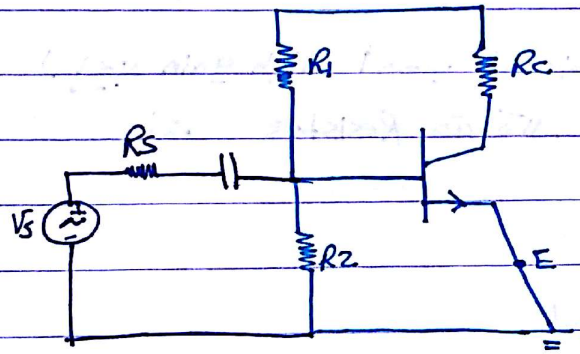
Scanned by CamScanner

1/8/2017

* AV و Ai قيمهم عالية ماينفي لازم تكون الـ Input & Output Resistance قيمهم مناسبة.

- Current Amplifier → Input signal is current.
  Coutput Resistance (قيمتها عالية)
  ↓
  حتى يتحقق توزيع التيار.

* Common Emitter with RE = 0Ω :-



dis: Curstable Q-point)
Adv: الـ Input signal بيدخل من خلال الـ capacitor لتسهيل الحسابات
Input → Small signal with low freq.
(علاقة w بالـ Impedance عكسية)

$$\tilde{Z} = \frac{1}{jw\tilde{C}}$$

⇓

نطبق جميع العلاقات السابقة ولكن نستبدل RE بصفر.

Adv: دون وسعر أكد

⇒ A special case taking RE = 0Ω.

- hence:

$$AV = \frac{-\beta R_c}{r_\pi} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} = \frac{-\beta R_c}{r_\pi} \quad \text{when } R_i \gg R_s$$

Scanned by CamScanner

$$= \frac{(-g_m r_\pi) R_c}{r_\pi} = \boxed{-g_m R_c} \quad *$$

(β فوق r_π)

* لما $R_E = 0$ قيمة A_V أكبر من لما $R_E \neq 0$.

$$\Rightarrow \text{always } |-g_m R_c| > \left| \frac{-\beta R_c}{r_\pi + (1+\beta) R_E} \right|$$

i.e the voltage gain is now higher compared to the case where $R_E \neq 0$.

لإيجاد high gain أصعب لأنك بتحتاج Transistor أما الـ low gain أسهل لأنه بتستخدم فقط Resistors حتى تقلل قيمة الـ gain

* Proper Design results in $|g_m R_c| \gg 1$

$\Rightarrow$ i.e $g_m = 80\,mA/V$, $R_c = 2K\Omega$?

$80 * 10^{-3} * 2 * 10^{3} = 160 \gg 1$

* Input Resistance :>

$$R_i = R_1 // R_2 // r_\pi \approx r_\pi$$

في الأحوال العادية r_π هي أقل مقاومة

↳ much lower than that when $R_E \neq 0\Omega$.

Scanned by CamScanner

* output Resistance :>

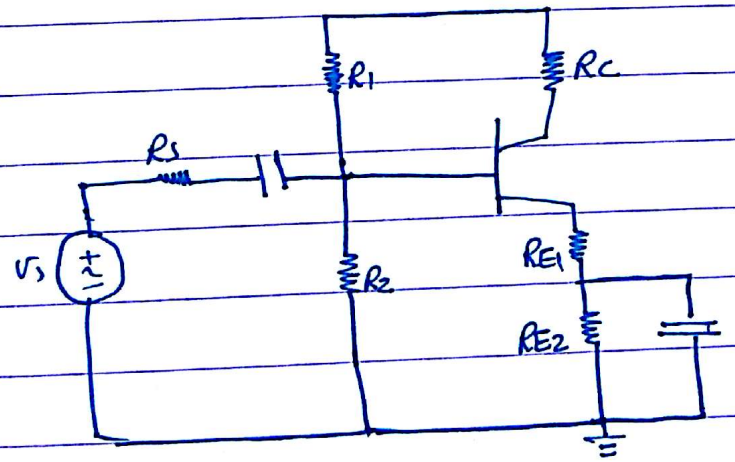
$$\boxed{R_o = R_C}$$ → Independent of R_E.

* Current Gain :>

$$\boxed{A_i = \frac{\beta R_1 \| R_2 \| r_\pi}{r_\pi} = \frac{\beta r_\pi}{r_\pi} = \beta}$$

Common Emitter : output و input هو المشترك بين الـ Emitter لأنه الـ
(مشبوك على الـ ground مباشرة في حال $R_E=0$ أما في حالة
$R_E \neq 0$ يسمى Common Emitter بشكل عام)

* Common Emitter Amplifier with bypass capacitor :>



في حالة DC المقاومة بين E و ground هي $R_{E1}+R_{E2}$

في حالة الـ AC دائماً نستبدل
Short CKT ← المكثف
← قيمة المقاومة في فقط R_{E1}

Scanned by CamScanner

* وسيلة لرفع AV في حالة AC : هي تجزئة RE إلى RE2 and RE1 ووضعة مفعم عليها

* RE1 + RE2 affects DC calculations.

* RE1 affects AC calculations.

* i.e an approximate AV is $AV = \frac{-R_C}{R_{E1}}$

* أعلى Rib عايطون ما في ، اذا خففنا على وضعة من المقاومات Rib تقل ، Rib بتكون أكل شي ما بنضيف على المقاومتين وحدة.

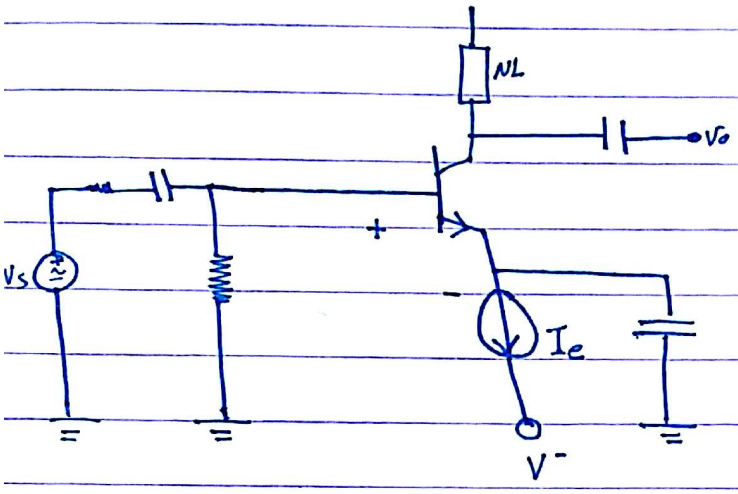
* EX 6.5, Page 402 :

* EX 6.5, Page 403 :

Scanned by CamScanner

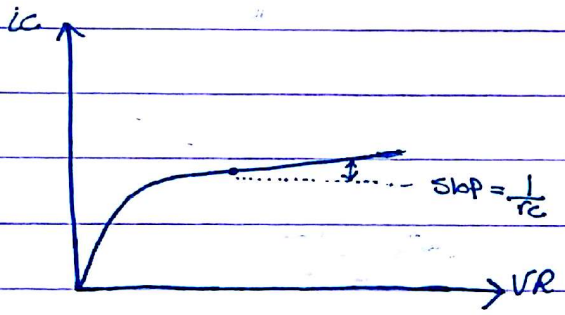
2/8/2017

* A Transistor Amplifier with active load:



AC Src & DC Src : Ie

Negative Src : V⁻

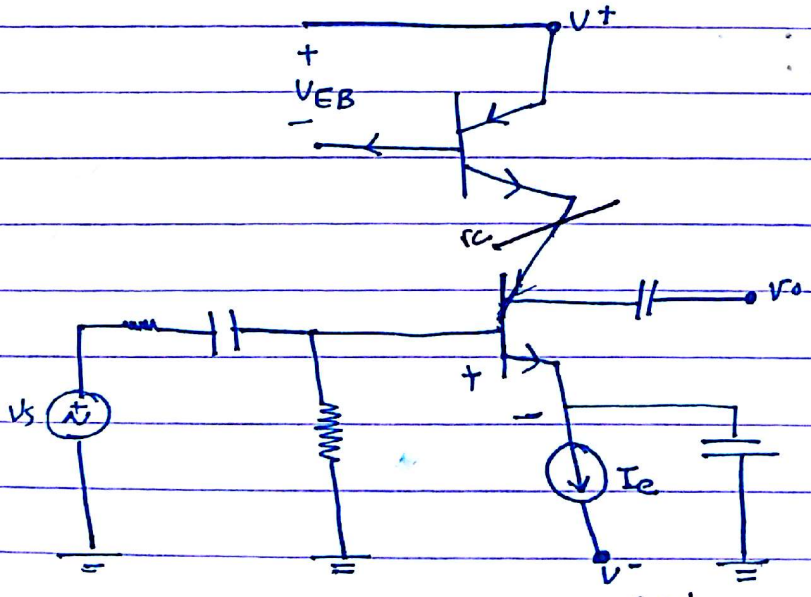


* (Non linear Resistance) مقاومة متغيرة rc

* non linear Resistance لتحقيق ال

نستخدم pnp (التي تحافظ على ثبات التيار)

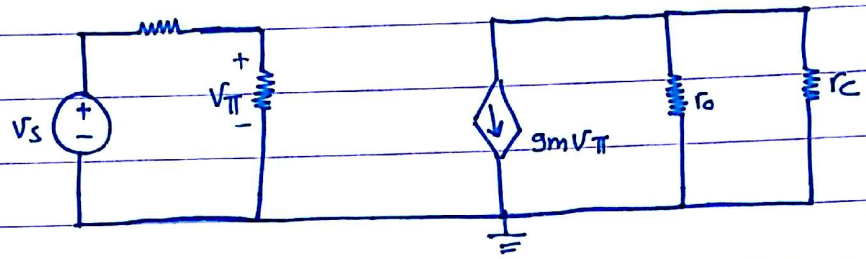
* The Non_linear resistance is implemented using a pnp circuit.



* دقة ال non linear عالية

Scanned by CamScanner

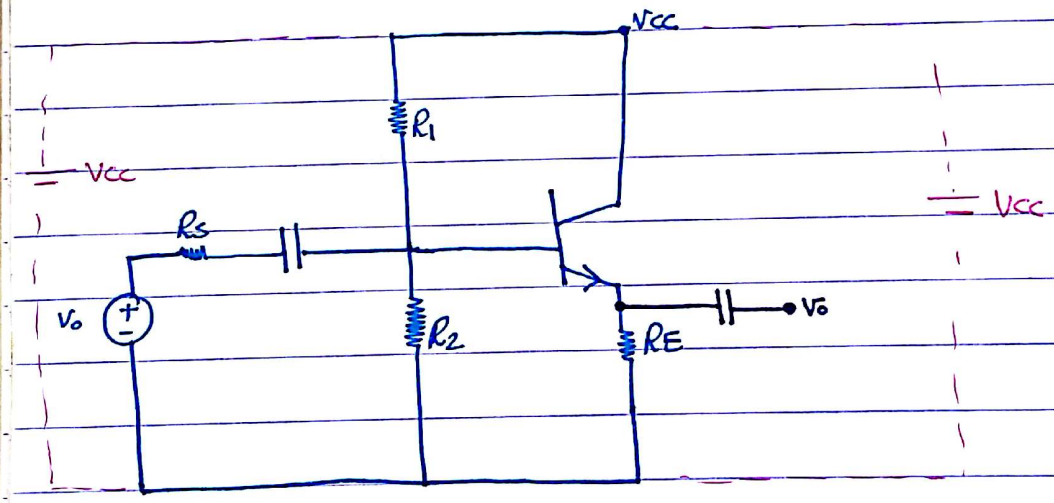
* The non linear Resistance (rc) is Implemented using a pnp circuit Can active elemnt), hence the name active load.

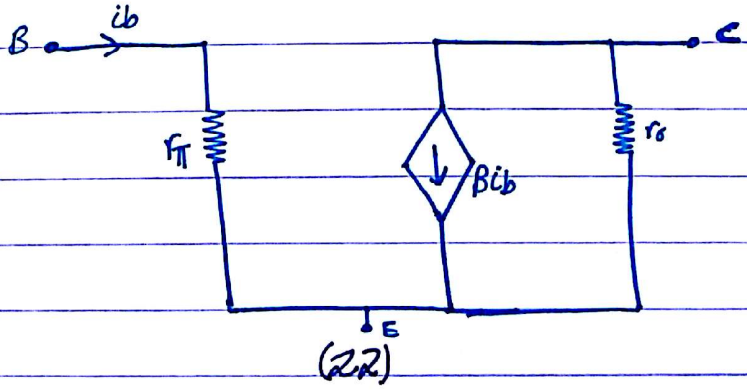


$\Rightarrow A_V = -g_m (r_c \| r_o)$

=> Since rc is Comparable to ro we cannot neglect the effect of ro.

* The Common Collector Amplifier (Emitter follower) :>



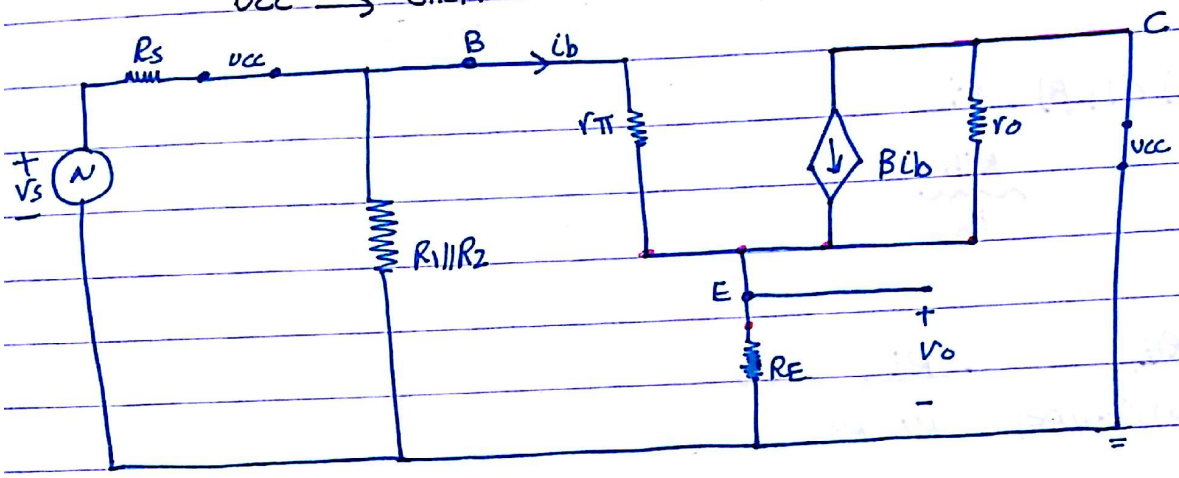


(2.2)

Scanned by CamScanner

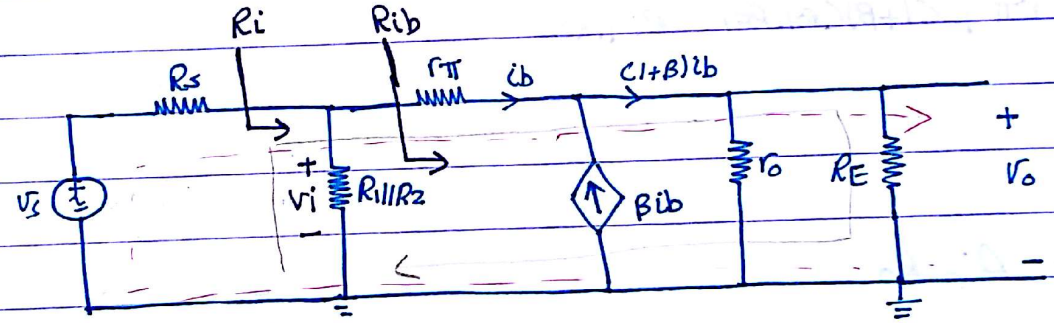
⇒ from Ac Point of View :=

Vcc → short CKT



(Small signal low frequency common collector CKT)

* لتسهيل الحل بفيد إرسم.



I. Voltage gain Av:

* كل الـ Amplifiers فيها power gain لكن مش كلها فيها Ai or Av

$$Av = \frac{Vo}{Vs} < 1$$

* Vo أقل من Vs دايماً وبتزيد من Vs بمقدار r_π ، R_s بين

$$Vi = r_\pi\, ib + (1+\beta)\, ib\, (ro \,||\, RE)$$

$$Rib = \frac{Vi}{ib} = r_\pi + (1+\beta)(ro \,||\, RE)$$ i/p resistance looking into base.

$$Ri = R_1 \,||\, R_2 \,||\, [r_\pi + (1+\beta)(ro \,||\, RE)]$$ i/p resistance of the CKT (from Vs point of view)

Scanned by CamScanner

$V_o = (r_o \| R_E)(1+\beta) i_b$

$i_b = (r_o \| R_E)(1+\beta) \dfrac{v_i}{R_{ib}}$ (R_{ib} : v_i, i_b)

$= \dfrac{(1+\beta)(r_o \| R_E)}{r_\pi + (1+\beta)(r_o \| R_E)} \cdot \dfrac{R_i}{R_i + R_s} \cdot v_s$ ($R_i + R_s$: v_i)

$A_V = \dfrac{v_o}{v_s} = \dfrac{(1+\beta)(r_o \| R_E)}{r_\pi + (1+\beta)(r_o \| R_E)} \cdot \dfrac{R_i}{R_i + R_s}$

* EX : Derive A_i, R_o

* EX : Study examples 6.12, 6.13, 6.14 (P 422, P 424, P 427)

Scanned by CamScanner