

دارات الكترونية /١/

مكبرات الترانزستورات (BJT) - Transistors Ampli ...

مدرس المقرر
د. السموءل صالح



Course Contents

Transistor Amplifier (BJT)

مفردات المحاضرة

- مكبرات الاستطاعة
 - مكبروصلة الباعث المشترك.
 - مكبروصلة القاعدة المشتركة.
 - مكبر وصلة المجمع المشترك.



ملاحظات + تعاريف

ريج التيار المستمر DC (ريج التيار = تيار الخرج / تيار الدخل): $\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_D}$

ريج التيار المتناوب ac (ريج التيار = تيار الخرج / تيار الدخل): $\beta_{ac} = \frac{i_c}{i_b}$

تمثل فرق الجهد بين عقدتين: V_{be}, V_{ce}, V_{cb}

-- نستعمل الحروف الكبيرة مع دلائل كبيرة في حالة التيار المستمر DC.

ونستعمل حروف صغيرة مع دلائل صغيرة في حالة التيار المتناوب ac

مقاومة الباعث الداخلية في حالة ac:

$$r_e' = \frac{V_{be}}{i_e} \cong \frac{25mV}{I_E}$$

تمثل التيار المستمر الذي يدخل أو يخرج من العقدة المشار إليها: I_E, I_C, I_B

تمثل الجهود المستمرة في عقدة ما بالنسبة للأرضي: V_B, V_C, V_E

تمثل فرق الجهد بين عقدتين: V_{BE}, V_{CE}, V_{CB}

تمثل التيار المتناوب الذي يدخل أو يخرج من العقدة المشار إليها: i_e, i_c, i_b

تمثل الجهود المتناوبة في عقدة ما بالنسبة للأرضي: v_b, v_c, v_e



مكبر الباعث المشترك، الدارة المكافئة المستمرة DC

نقوم في البداية بدراسة المكبر الباعث في حالة DC نحصل على الدارة المكافئة بفتح كل المكثفات وقصر

منابع الجهد المتناوب:

• من تحليل هذه الدارة يمكن أن نكتب:

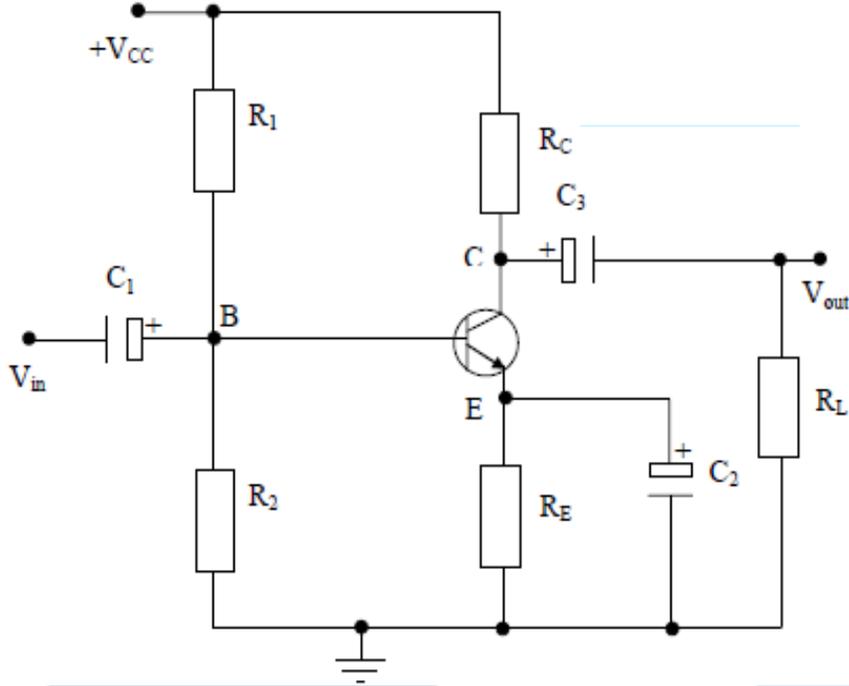
$$V_B \cong \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC} \quad \text{الجهد عند القاعدة:}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} \quad \text{الجهد عند الباعث:}$$

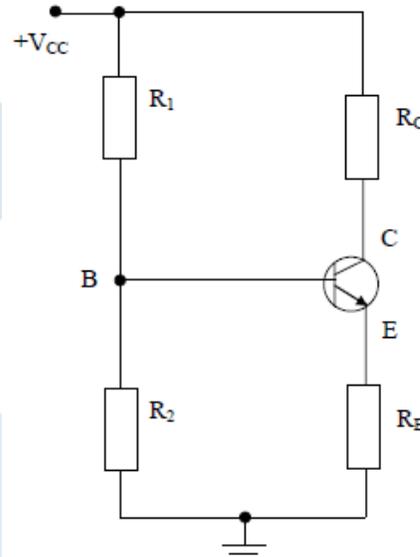
$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \cong I_C \quad \text{تيار الباعث:}$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C \quad \text{الجهد عند المجمع:}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E \quad \text{فرق الجهد بين المجمع والباعث:}$$



دارة مكبر باعث مشترك

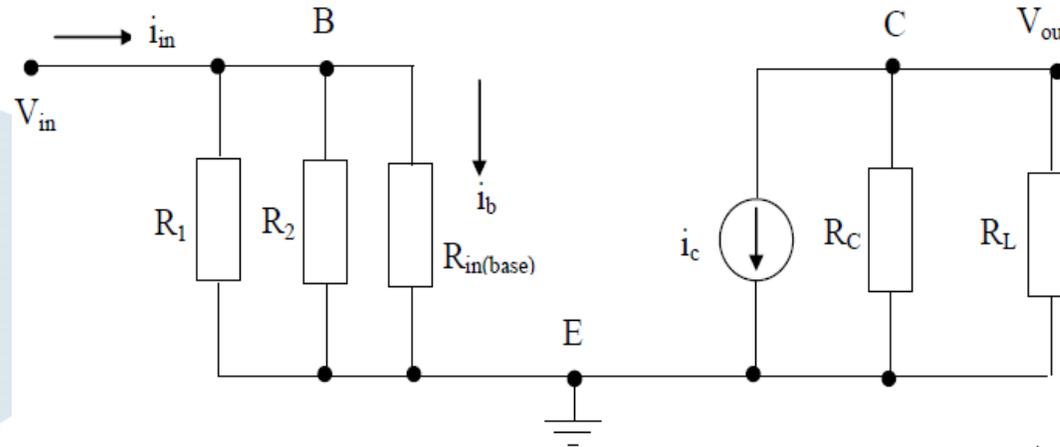
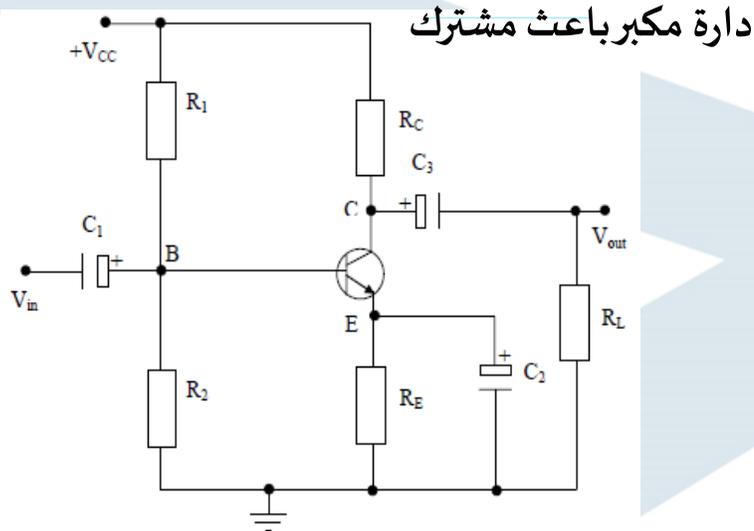


الدارة المكافئة DC



مكبر الباعث المشترك، الدارة المكافئة المتناوبة ac

سنقوم بدراسة مكبر الباعث المشترك في حالة ac نحصل على الدارة المكافئة بقصر كل المكثفات وكل منابع الجهد المستمر والتي تتمثل في الدارة التالية:



مكبر باعث مشترك في حالة ac

مقاومة الخرج: $R_{out} = \frac{V_{out}}{i_{out}} = R_C // R_L$

رجح الجهد = جهد الخرج / جهد الدخل: $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_C}{r'}$

رجح التيار = تيار الخرج / تيار الدخل: $A_i = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{i_c}{i_{in}} \cong \beta_{ac}$

من هذه الدارة يمكن أن نكتب مقاومة الباعث: $r'_e = \frac{v_{be}}{i_e} = \frac{25mV}{I_E}$

مقاومة الدخل المرئية من القاعدة: $R_{in(base)} = \frac{V_{in}}{i_b} = \beta_{ac} r'_e$

مقاومة الدخل الكلية: $R_{in(tot)} = \frac{V_{in}}{i_{in}} = R_1 // R_2 // R_{in(base)}$



مكبر الباعث المشترك، حل الدارة المستمرة

مثال: قيم العناصر في الدارة المجاورة تساوي

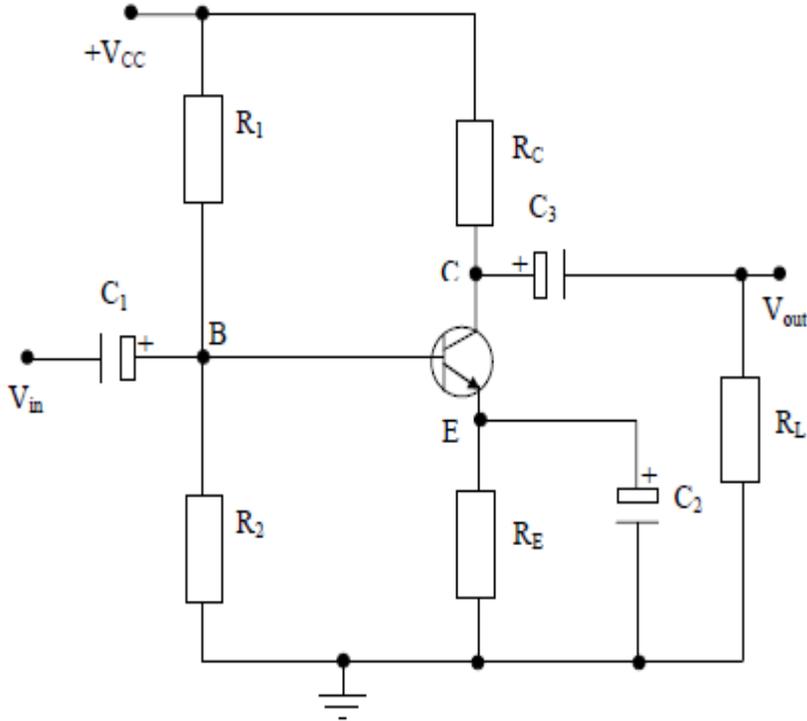
$$R_1 = 22 \text{ k}\Omega, R_2 = 6.8 \text{ k}\Omega, R_C = 1 \text{ k}\Omega, R_E = 560 \Omega$$

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}, \beta_{DC} = 150, V_{CC} = +12 \text{ V}$$

والمطلوب: ١- حساب قيم جهد وتيار الخرج وتحديد منطقته العمل؟

٢- حساب قيم مقاومة الباعث، مقاومة الدخل، مقاومة الخرج، ربح الجهد،

وربح التيار إذا كان ربح التيار المتناوب $\beta_{ac} = 160$.



الحل:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{6.8 \text{ k}\Omega}{28.8 \text{ k}\Omega} \times 12 \text{ V} = 2.83 \text{ V} \quad -1-$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 2.83 \text{ V} - 0.7 \text{ V} = 2.13 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{2.13 \text{ V}}{560 \Omega} = 3.80 \text{ mA} \cong I_C$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 12 \text{ V} - (3.80 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega) = 12 \text{ V} - 3.80 \text{ V} = 8.20 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 8.20 \text{ V} - 2.13 \text{ V} = 6.07 \text{ V}$$



مكبر الباعث المشترك، حل الدارة المتناوبة

الحل: ٢- حساب قيم مقاومة الباعث، مقاومة الدخل، مقاومة الخرج، ربح الجهد، وربح التيار إذا كان ربح التيار المتناوب $\beta_{ac} = 160$.

مقاومة الخرج

$$R_{out} = \frac{V_{out}}{i_{out}} = R_C // R_L = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} = \frac{1k\Omega \times 5k\Omega}{6k\Omega} = 833\Omega$$

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_C}{r'_e} = \frac{1k\Omega}{6.58\Omega} = 152$$

ربح الجهد

ربح التيار

$$A_i = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{i_c}{i_{in}} \cong \beta_{ac} = 160$$

مقاومة الباعث

$$r'_e = \frac{V_{be}}{i_e} = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{3.80mA} = 6.58\Omega$$

مقاومة الدخل المرئية من القاعدة

$$R_{in(base)} = \frac{V_{in}}{i_b} = \beta_{ac} r'_e = 160(6.58\Omega) = 1.05k\Omega$$

مقاومة الدخل الكلية المرئية من المصدر

$$R_{in(tot)} = \frac{V_{in}}{i_{in}} = R_1 // R_2 // R_{in(base)} = \frac{1}{\frac{1}{22k\Omega} + \frac{1}{6.8k\Omega} + \frac{1}{1.05k\Omega}} = 873\Omega$$

نلاحظ من المثال السابق أن دارة مكبر باعث مشترك له:

١- مقاومة دخل صغيرة.

٢- مقاومة خرج صغيرة.

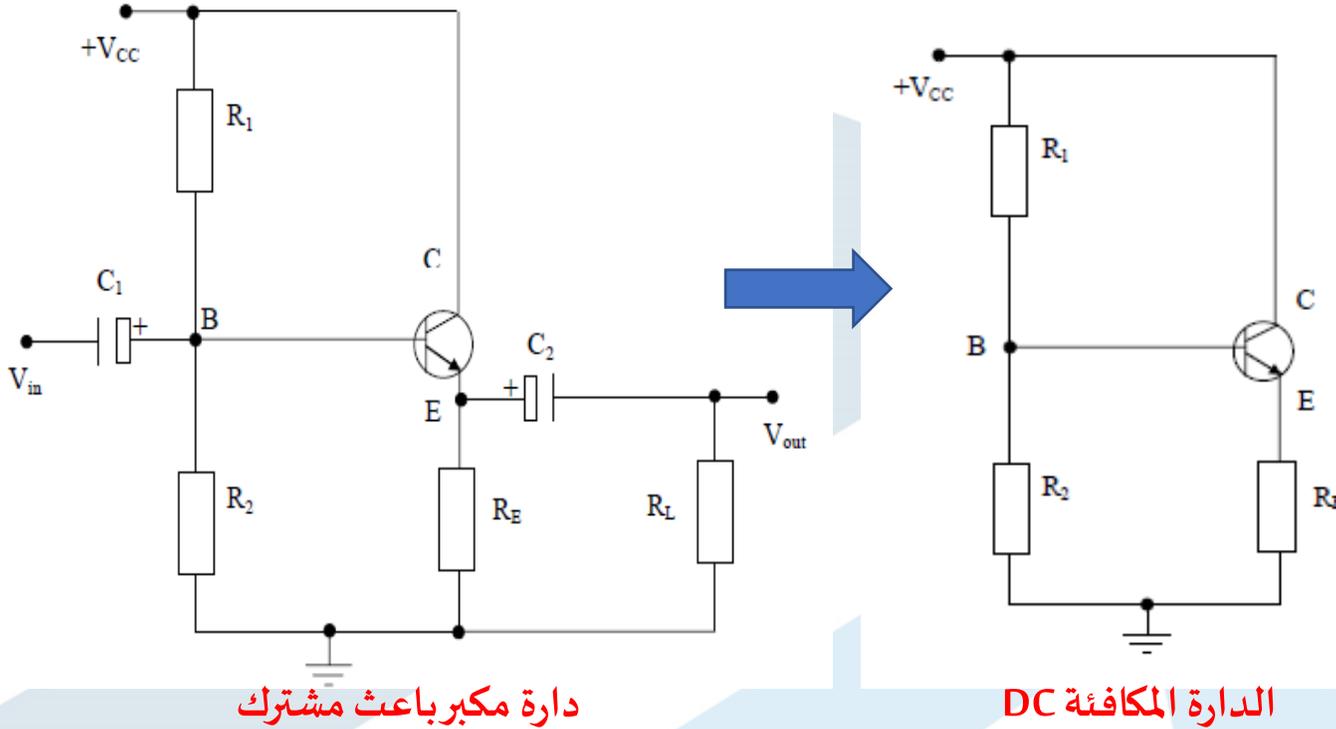
٣- ربح جهد كبير.

٤- ربح تيار كبير.



مكبر المجمع المشترك، الدارة المكافئة المستمرة DC

نقوم في البداية بدراسة المكبر الباعث في حالة DC نحصل على الدارة المكافئة بفتح كل المكثفات وقصر منابع الجهد المتناوب:



• من تحليل هذه الدارة يمكن أن نكتب:

$$V_B \cong \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC} \quad \text{الجهد عند القاعدة:}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} \quad \text{الجهد عند الباعث:}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \quad \text{تيار الباعث:}$$

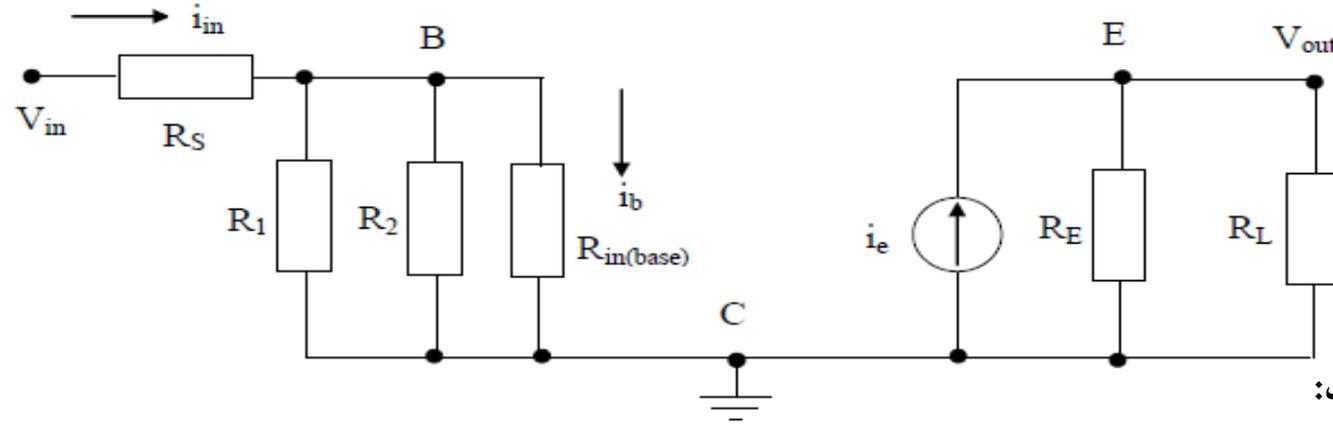
$$V_C = V_{CC} \quad \text{جهد المجمع}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E \quad \text{جهد باعث-مجمع}$$



مكبر المجمع المشترك، الدارة المكافئة المتناوبة ac

سنقوم بدراسة مكبر المجمع المشترك في حالة ac نحصل على الدارة المكافئة بقصر كل المكثفات وكل منابع الجهد المستمر والتي تتمثل في الدارة التالية:



من هذه الدارة يمكن أن نكتب:

$$A_i = \beta_{ac} \quad \text{ربح التيار:}$$

$$R_{in(tot)} = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta_{ac}(R_E + r'_e) \quad \text{مقاومة الدخل:}$$

$$R_{in(base)} = \beta_{ac}(R_E + r'_e)$$

$$R_{out} = (R_S / \beta_{ac}) \parallel R_E \quad \text{مقاومة الخرج:}$$

$$v_{in} = (R_E + r'_e) i_e \quad \text{ربح الجهد:}$$

$$v_{out} = R_E i_e$$

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_E i_e}{(R_E + r'_e) i_e} = \frac{R_E}{(R_E + r'_e)} \cong 1$$

مقاومة الباعث الخارجية:

$$R_e = \frac{R_E R_L}{R_E + R_L}$$

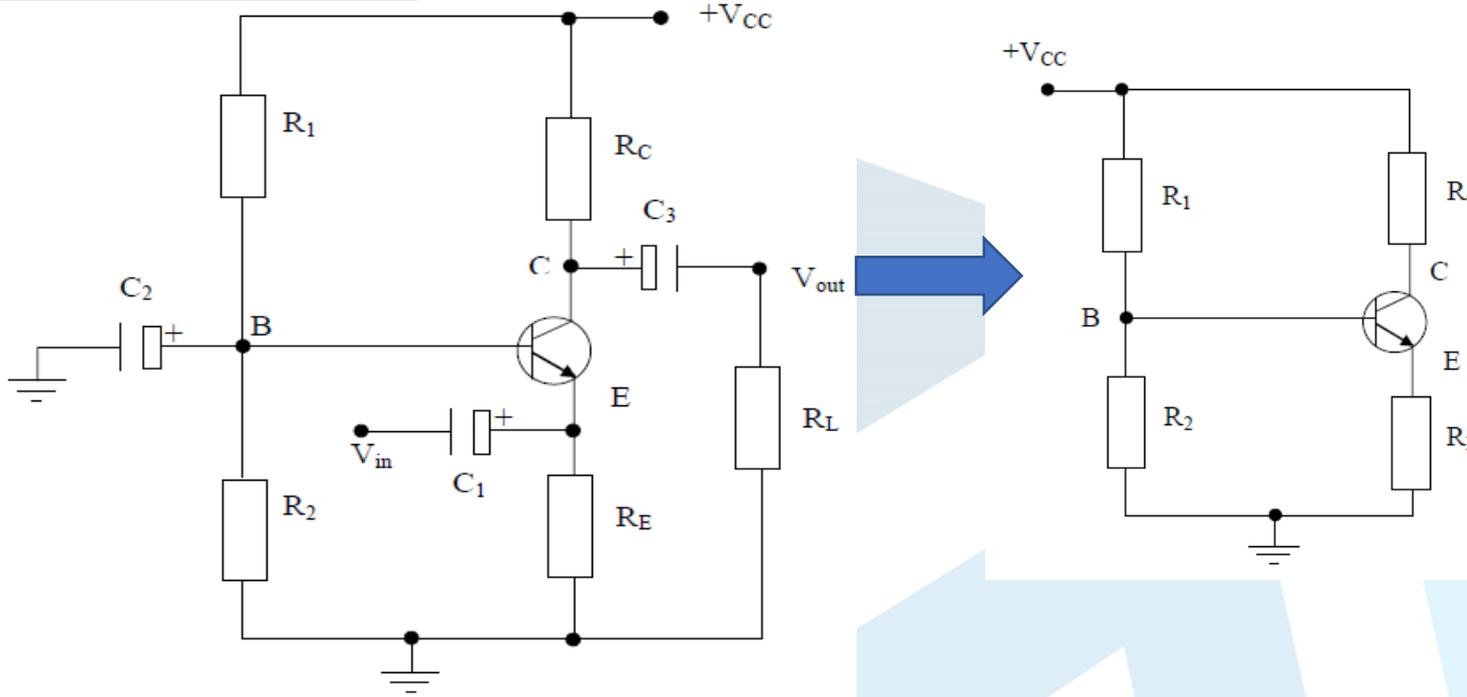
مقاومة الباعث الداخلية:

$$r'_e = \frac{v_{be}}{i_e} = \frac{25mV}{I_E}$$



مكبر القاعدة المشتركة، الدارة المكافئة المستمرة DC

نقوم في البداية بدراسة مكبر القاعدة المشتركة في حالة DC نحصل على الدارة المكافئة بفتح كل المكثفات وقصر منابع الجهد المتناوب:



• من تحليل هذه الدارة يمكن أن نكتب:

$$V_B \cong \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC}$$

الجهد القاعدة:

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

الجهد الباعث:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \cong I_C$$

تيار الباعث:

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C$$

جهد المجمع:

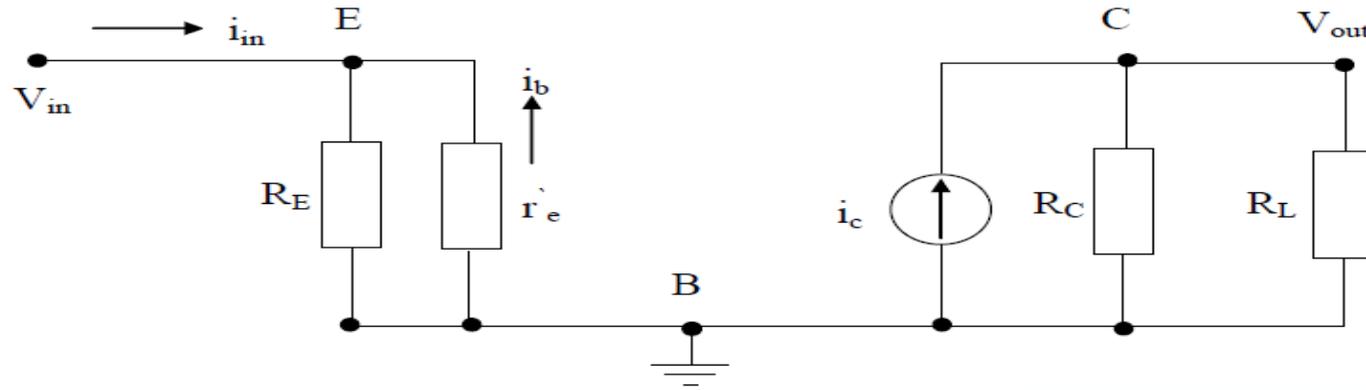
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

جهد باعث-مجمع:



مكبر القاعدة المشتركة، الدارة المكافئة المتناوبة ac

سنقوم بدراسة مكبر القاعدة المشتركة في حالة ac نحصل على الدارة المكافئة بقصر كل المكثفات وكل منابع الجهد المستمر والتي تتمثل في الدارة التالية:



من هذه الدارة يمكن أن نكتب

-- ربح الجهد:

$$A_v = v_{out}/v_{in} = v_c/v_e = i_c(R_C \parallel R_L) / i_e(r'_e \parallel R_E) = (R_C \parallel R_L) / (r'_e \parallel R_E)$$

-- مقاومة الخرج: $R_{out} \cong R_C \parallel R_L$ لكن في حالة عدم وجود حمل تكون $R_{out} \cong R_C$

$$A_i = i_{out}/i_{in} = i_c/i_e = 1 \quad \text{-- ربح التيار:}$$

$$A_p = A_v A_i = A_v \quad \text{-- ربح الاستطاعة:}$$

إذا كان $R_E \gg r'_e$ ربح الجهد يأخذ الشكل: $A_v = (R_C \parallel R_L) / r'_e$

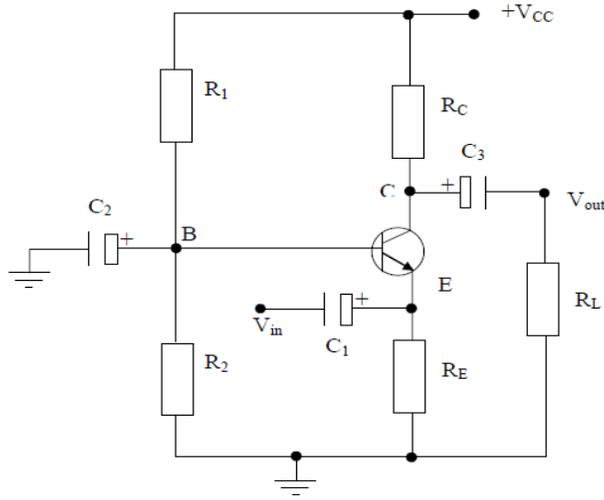
-- مقاومة الدخل:

$$R_{in}(\text{emitter}) = v_{in}/i_{in} = v_e/i_e = i_e(r'_e \parallel R_E)/i_e = r'_e \parallel R_E$$

إذا كان $R_E \gg r'_e$ مقاومة الدخل تأخذ الشكل: $R_{in}(\text{emitter}) \cong r'_e$



مكبر القاعدة المشتركة،



مثال: قيم العناصر في الدارة المجاورة تساوي

$$R_1 = 56 \text{ k}\Omega, R_2 = 12 \text{ k}\Omega, R_C = 2.2 \text{ k}\Omega, R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega, V_{CC} = +10 \text{ V}, \beta_{DC} = 250, V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

والمطلوب: ١- حساب قيم جهد وتيار الخرج وتحديد منطقة العمل؟

٢- حساب قيم مقاومة الباعث، مقاومة الدخل، مقاومة الخرج، ربح الجهد، وربح التيار.

الحل: ٢-

$$A_v = (R_C || R_L) / r'_e = 1.8 \text{ k}\Omega / 23.6 \Omega = 76.3$$

ربح الجهد:

$$r'_e = 25 \text{ mV} / I_E = 25 \text{ mV} / 1.06 \text{ mA} = 23.6 \Omega$$

مقاومة الباعث:

$$A_i = i_{out} / i_{in} = i_c / i_e = 1$$

ربح التيار:

$$R_{in(emitter)} = r'_e = 23.6 \Omega$$

مقاومة الدخل:

$$A_p = A_v = 76.3$$

ربح الاستطاعة:

$$R_{out} \cong R_C || R_L = 1.8 \text{ k}\Omega$$

مقاومة الخرج:

دارة مكبر قاعدة مشتركة لها:

٢- مقاومة خرج متوسطة

١- مقاومة دخل صغيرة جداً

٤- ربح تيار واحد

٢- ربح جهد عالي



يمكن تلخيص التوصيلات المدروسة مع ملخص النتائج لكل توصيل كما يلي:

توصيلات الترانزستور ثنائي القطبية

اسم التوصيل	ربح الجهد	ربح التيار	ربح الاستطاعة	مقاومة الدخل	مقاومة الخرج
باعث مشترك	متوسط/عالي (٤٠ إلى ٨٠)	عالي (٢٠٠)	عالي جداً (٨٠٠٠)	متوسطة (2.5 K Ω)	متوسطة/عالية (2.5 K Ω)
مجمع مشترك	1	عالي (٢٠٠)	عالي (٢٠٠)	عالية (100 K Ω)	منخفضة (100 Ω)
قاعدة مشتركة	عالي (٢٠٠)	١	عالي (٢٠٠)	منخفضة (٢00 Ω)	عالية (٥٠ K Ω)

