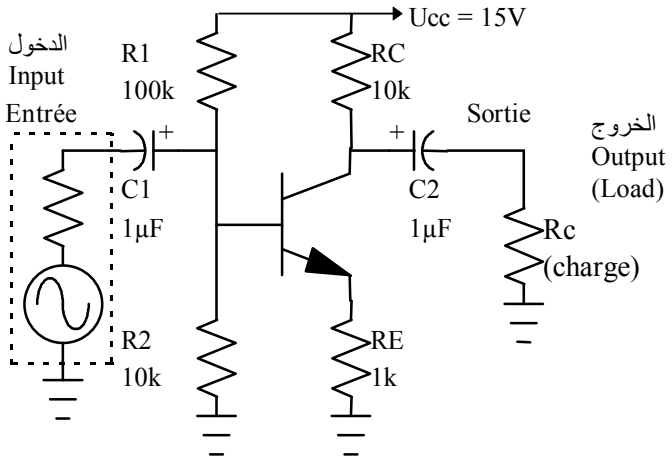
باسم الله الرحمن الرحيم

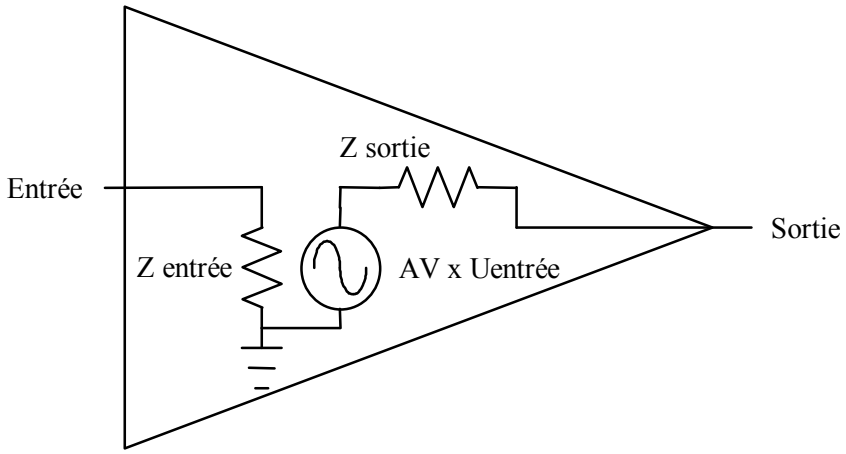
إعداد : احمد زهار

تقديم

الشكل أسفله يمثل مضخم يعتمد على ترانزيستور. فهو يحتوي على شبكة من المقاومات، تمكن من تقطيب الترانزيستور و مكثفات تعمل على ربط المضخم بأخر، وذلك بتمرير الإشارات المتناوبة.

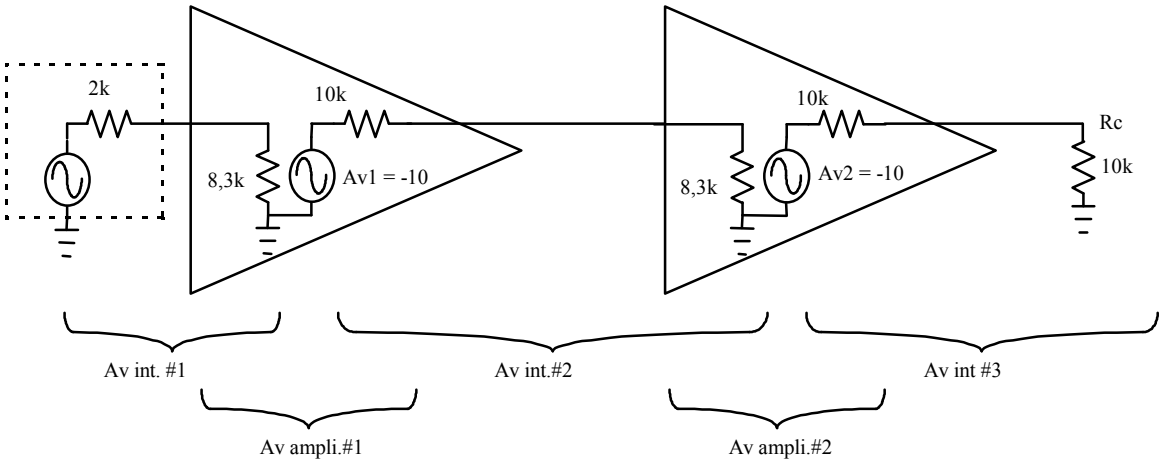


هذا المضخم له معامل تضخيم يساوي 10- ، ممانعة الدخول حوالي 8,3kΩ و ممانعة الخروج 10kΩ. و الشكل أسفله يمثل



إن أي نوع من المضخمات يمكن إن يكون على هيئة هذا الرسم التخطيطي. فهو يحتوي على معطيات مهمة ، ممانعة الدخول هي المُستقبِل الذي يمثله المضخم بالنسبة لإشارة التي سيتم تضخيمها او التي سيركب عليها مضخم آخر معه. ممانعة الخروج تمثل المقاومة الداخلية المعادلة (Rth) للخروج. هاتان الممانعتان الدخول و الخروج، تؤثران على العمل الجيد للمضخم عندما يكون عدة مضخمات مركبة مع بعضها، فممانعة الخروج مع ممانعة الدخول يخلقان ما يعرف ب (قانون) قاسم التوتر.

نحدد تأثير قاسم التوتر بواسطة عامل يسمى معامل التضخيم السطحي. فهو يعتمد على حساب قاسم التوتر الكلي للتركيب.



الشكل اعلاه يمثل مضخمان مشابهان للشكل الأولي. ان مولد الإشارات التي ستضخم على اليسار و هو يحتوي على مقاومة داخلية تساوي $2k\Omega$. هذه المقاومة تشكل قاسم التوتر مع ممانعة الدخول للطبقة الأولى.

قاسم التوتر الأول:

$$Av\ int\ \#1 = 8,3k / (2k + 8,3k) = 0,806$$

نفس الظاهرة تحصل مع الطابقين الآخرين(Av int #2 و Av int #3) و مع المضخم الاخير و(Rc)، ونحصل على:

$$Av\ int\ \#2 = 8,3k / (10k + 8,3k) = 0,454$$

$$Av\ int\ \#3 = 10k / (10k + 10k) = 0,5$$

معامل التضخيم الكلي يساوي جداء المعاملات السابقة

$$Av\ total = Av\ int\ \#1 \times Av1 \times Av\ int\ \#2 \times Av2 \times Av\ int\ \#3$$

$$= 0,806 \times -10 \times 0,454 \times -10 \times 0,5 = 18,3$$

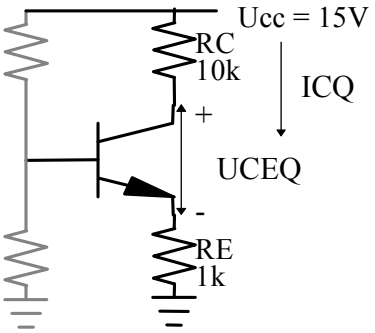
هذه النتيجة بعيدة عن هذه النتيجة !$Av1 \times Av2 = -10 \times -10 = 100$ فينصح بان تكون ممانعات الخروج اضعف ما يمكن و ممانعات الدخول اكبر ما يمكن حتى يتسنى التقليل من تأثير معامل التضخيم السطحي. قد تعتمد على التقدير في إعطاء قيم لتحد من التأثير. يوجد طريقة لحل المشكل فتابع معي.

استقطاب التر انزيستور

1. المبدأ

لكي يمكن معالجة إشارة تناوبيه، يعني تغيير التيار، يجب أن يكون التر انزيستور مستقطب جيدا. ادن نحتاج إلى تيار مستمر مقدم سابقا و أن يكون التر انزيستور غير مشبع أو غير مكبوح. الأفضل أن يكون في الحالة الوسطى بينهما. القاعدة الأساس و هي أن يكون التوتر المستمر U_{CEQ} (التوتر بين المجمع والمفرق، Qمن اللاتينية "quies")مساوي لنصف توتر التغذية

إذا أخدنا المثال في الشكل الأول نجد توتر مستمر U_{CEQ} ذو قيمة تساوي 7,5V. الشكل أسفله يمثل دارة التوتر المستمر المستقطبة.



الميزتان السابقتان (الإشباع و الكبح) تحسبان كالتالي:

I_C saturation = Ucc / (R_C + R_E) = 15V / (10k + 1k) = 1,36mA

هذا التيار هو التيار القصوى المسموح به في الترانزيستور. الترانزيستور معتبر كدارة قصيرة بين المجمع و المفرق.

U_{CE} coupure = Ucc = 15V

هذا التوتر هو التوتر القصوى المسموح به بين قطبي الترانزيستور. الترانزيستور معتبر كدارة مفتوحة و كل قيمة توتر التغذية (Ucc) توجد بين قطبيه.

الحالة الوسطى التي تحدتنا عنها، توجد في النصف تماما:

U_{CEQ} = Ucc / 2 et I_{CQ} = $I_C$sat / 2.

Dans ce cas-ci:

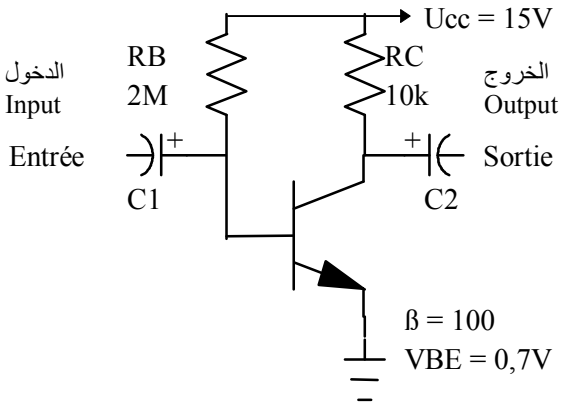
إذن:

U_{CEQ} = Ucc / 2 = 7,5V

I_{CQ} = $I_C$sat / 2 = 1,36mA / 2 = 682µA.

استقطاب الترانزيستور بتيار القاعدة

إن الطريقة الأنجع لاستقطاب ترانزيستور هي بان نتحكم بتيار القاعدة. السبب في ضعف هذا التيار حيت انه يساوي خارج قسمة تيار المجمع على المعامل ß



في الشكل أعلاه نلاحظ غياب مقاومة المفرق. الكل متحكم به بتيار القاعدة. للبدء بالحسابات نبدأ بتيار القاعدة.

$I_B = (U_{RB}\text{-}VBE)/ R_B = (15V - 0,7V) / 2M = 7,15\mu A$

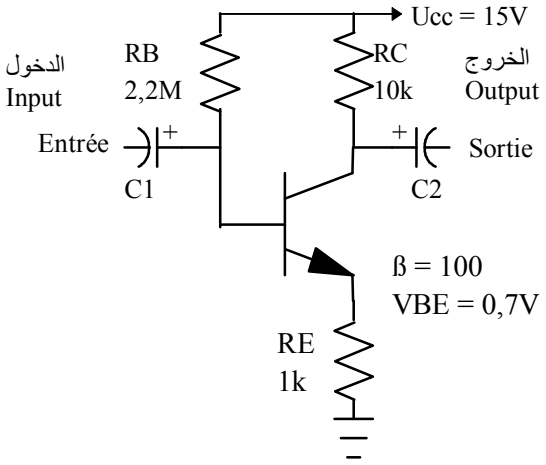
$I_{CQ} = ß \times I_B = 100 \times 7,15\mu A = 715\mu A$

$U_{RC} = 715\mu A \times 10k \text{ -= } 7,15V$

$U_C = U_{CEQ} = 15V - 7,15 = 7,85V$

هذه الحسابات صحيحة لمعامل ß يساوي 100

لزيادة التباتية نزيد مقاومة في المفرق



هذه المقاومة تقوم بعمل ضد- رد الفعل. إذا كان تيار المجمع كبيرا بسبب المعامل ß، سينتج توتر كبير بين قطبي المقاومة R_E . R_B سيكون بين قطبيها توتر صغير و بالتالي تيار قاعدة صغير و سينتج عن ذلك تيار صغير في المجمع.

حساب تيار المجمع سهل في هذا الشكل (العلوي) على الشكل الذي يسبقه:

لنطبق قانون كيرتشوف Kirchhoff

$Ucc = U_{RE} + U_{BE} + U_{RB}$
$Ucc = I_E \times R_E + U_{BE} + I_B \times R_B$
$Ucc = I_E \times R_E + U_{BE} + I_E / (ß+1) \times R_B$
$I_E = (Ucc - U_{BE}) / (R_E + R_B / (ß+1))$

في الشكل أعلاه تيار المفرق يساوي:

$I_E = (15V - 0,7V) / (1k + 2,2M / (100 + 1)) = 628\mu A$

و بالتالي:

$I_C = 628\mu A \times 100 / (100 + 1) = 621\mu A$
$U_E = 628\mu A \times 1k = 628mV$
$U_C = 15V - 621\mu A \times 10k = 8,79V$
$U_{CEQ} = 8,79V - 628mV = 8,16V$
$U_B = 628mV + 0,7V = 1,33V$

$U_C = 15V - 682\mu A \times 10k = 8,2V$
$I_C sat = 15V / (10k + 1k) = 1,36mA$
$U_{CE} coup = Ucc = 15V$

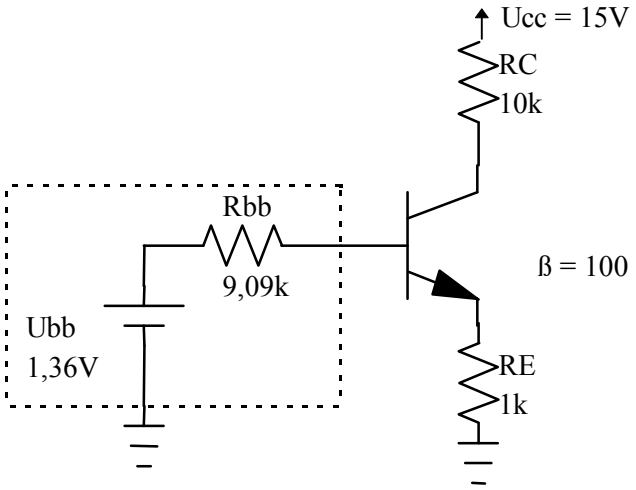
الاستقطاب بالطريقة h

إن الاستقطاب بتيار القاعدة حتى بوجود مقاومة في المفرق، تبقى طريقة غير ناجعة، و ذلك بسبب المعامل ß الذي له دور أساسي. الاستقطاب ب يحتوي على قاسم التوتر في القاعدة، هذا الأخير هو الذي يتحكم في الاستقطاب

لنعد إلى الشكل الأول. ولنحول دارة الاستقطاب من جهة القاعدة إلى مكافئتها ب Thévenin، فنحصل على الدارة التالية، مع حساب عناصر Thévenin:

$U_{th} = U_{bb} = 15V \times 10k / (100k + 10k) = 1,36V$

$R_{th} = R_{bb} = 100k // 10k = 9,09k$



لنتفحص الحلقة U_{bb}، U_{RE} ، U_{BE} و U_{Rbb} :

$U_{bb} = U_{RE} + U_{BE} + U_{Rbb}$

$U_{bb} = I_E \times R_E + U_{BE} + I_B \times R_{bb}$

$U_{bb} = I_E \times R_E + U_{BE} + I_E / (ß+1) \times R_{bb}$

$I_E = (U_{bb} - U_{BE}) / (R_E + R_{bb} / (ß+1))$

الحد $R_{bb} / (ß+1)$ صغير مقارنتا مع R_E، يمكن إهماله.هذا يرجع إلى افتراضنا أن لا تيار مار في Rbb، او بعبارة أخرى تيار القاعدة منعدم او مهمل. توتر القاعدة يساوي U_{bb}.

كزيادة، هذه حسابات دقيقة خاصة بالشكل الأول دون إهمال أي تيار أو توتر:

(ß = 100):

$I_E = (1,36V - 0,7V) / (1k + 9,09k / (100+1)) = 605\mu A$

$I_{CQ} = 605\mu A \times 100 / (100 + 1) = 600\mu A$

$U_E = 605\mu A \times 1k = 605mV$

$U_C = 15V - 600\mu A \times 10k = 9V$

$U_{CEQ} = 9V - 605mV = 8,4V$

$U_B = 605mV + 0,7V = 1,31V$

حسابات تقريبية:

$U_B = 1,36V$

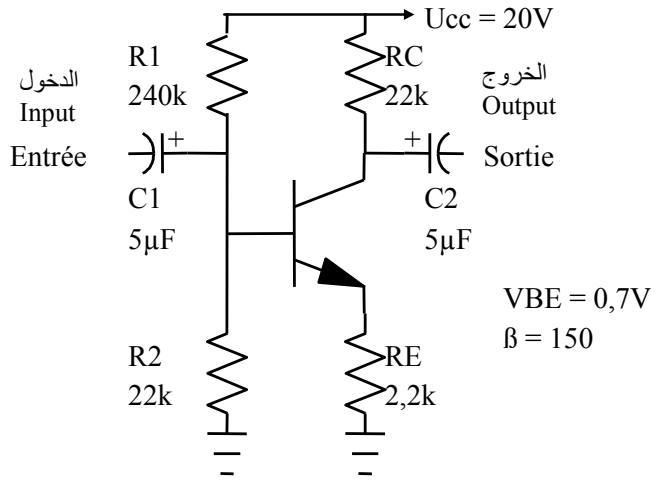
$U_E = 1,36V - 0,7V = 660mV$

$I_E = I_{CQ} = 660mV / 1k = 660\mu A$

$U_C = 15V - 660\mu A \times 10k = 8,4V$

$U_{CEQ} = 8,4V - 660mV = 7,74V$

مثال:



a) U_B = ?
b) U_E = ?
c) I_{CQ} = ?
d) U_C = ?
e) U_{CEQ} = ?

حل تقريبي:

a) $U_B = 20V \times 22k / (22k + 240k) = 1,68V$ (قاسم التوتر)
b) $U_E = U_B - U_{BE} = 1,68V - 0,7V = 979mV$
c) $I_{CQ} = I_E = U_E / R_E = 979mV / 2,2k = 445\mu A$
d) $U_C = Ucc - U_{RC} = 20V - 445\mu A \times 22k = 10,21V$
e) $U_{CEQ} = U_C - U_E = 10,21V - 979mV = 9,23V$

حل دقيق:

c) $Ubb = 20V \times 22k / (22k + 240k) = 1,68V$
$Rbb = 22k // 240k = 20,2k$
$I_E = (1,68V - 0,7V) / (2,2k + 20,2k / (150 + 1)) = 420\mu A$
$I_{CQ} = 420\mu A \times 150 / (150 + 1) = 417\mu A$
b) $U_E = 420\mu A \times 2,2k = 924mV$
a) $U_B = 924mV + 0,7V = 1,62V$
d) $U_C = 20V - 417\mu A \times 22k = 10,8V$
e) $U_{CEQ} = 10,8V - 924mv = 9,9V$