كلية العلوم التطبيقية

قسم الفيزياء الحياتية

المرحلة الثالثة

الإلكترونيات

أ.م.د. غسان عدنان الهيتي

- المحاضرة السادسة -

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4 – 9 التحليل البياني : Graphical Analysis

خطي الحمل المستمر والمتناوب A.C and D.C load line :– توضح مميزات الخروج للترانزستور العلاقة بين V_{CE} و I_C وعليه فانها تصبح اداة مفيدة للتعريف بقيمة فولتية الركبة knec voltage وكيفية تغير I_C مع V_{CE} وكذلك حساب عامل التكبير β وممانعة الادخال والاخراج وأخيراً فولتية الانهيار . هذه المعلومات تصبح كلها لازمة عند التعامل مع دوائر الترانزستور من حيث التصميم او من حيث التعرف على طبيعة عمل هذه الدوائر .

على اية حال ، يمكن الحصول على نفس المعلومات بطريقة أبسط وبشكل مختصر وذلك عن طريق تمثيل العلاقة الرياضية بين I_C و V_{CE} بيانيا . هذه العلاقة كما هو معلوم ، هي خطية لذا فانه يمكن تمثيلها بوساطة خط مستقيم على منحنيات خواص الاخراج . هذا الخط يدعى بخط الحمل load line وعليه فان النقاط الواقعة على هذا الخط تمثل كل قيم V_{CE} و I_C الممكنة .

وحيث أن لأي دائرة مكبر ترانزستور – كما اسلفنا – دائرتي تكافؤ مستمرة ومتناوبة فان هناك نوعين من خطوط الحمل : خط الحمل المستمر d.c load line وخط الحمل المتناوب a.c load line .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

أ – خط الحمل المستمر d.c load line :– وكما اسلفنا فان خط الحمل المستمر يمثل كافة نقاط العمل الممكنة . النهاية العليا لخط الحمل المستمر تسمى بنقطة الاشباع saturation point ويمكن استخراجها من معرفة انه لو كان الترانزستور في حالة اشباع في الشكل (١ أ) فان فولتية المصدر V_{CC} ستظهر كلها عبر R_C و R_E – انظر الدائرة المكافئة المستمرة في الشكل (٢) أي ان

او أن

$$V_{CE} = 0 \quad \ldots\ldots$$

$$I_{C(max)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \qquad (7)$$

من جهة أخرى تسمى النهاية السفلى من خط الحمل المستمر بنقطة القطع ويمكن استخراجها من معرفة أنه لو كان الترانزستور في الشكل (١ أ) في حالة قطع فستظهر كل فولتية المصدر V_{CC} عبر طرفي المجمع – باعث أي ان

$$I_C = 0$$

.....او ان

$$V_{CE} = V_{CC} \qquad (8)$$

ب – خط الحمل المتناوب a.c load line :– يلاحظ في الشكل (٢) – الدائرة المكافئة المستمرة – أن R_L قد اهملت على الرغم من انها موجودة اصلا في دائرة المكبر الشكل (١) . ان السبب في ذلك يعود في الحقيقة الى كون جميع المتسعات ومن ضمنها متسعة الاقران ، دوائر مفتوحة عند استخراج الدائرة المكافئة المستمرة . وعليه فان مقاومة الحمل المستمر الذي يراها المجمع هو R_C فقط والحمل المستمر الذي يراه الباعث هو R_E . وعلى هذا الاساس ومن خلال الدائرة المستمرة المكافئة ، تم ايجاد نقطتي النهاية (الاشباع والقطع) التابعين لخط الحمل المستمر ثم رسمه .

من جهة اخرى ، نلاحظ أن R_L تكون ضمن الدائرة المكافئة المتناوبة – الشكل (٣) – وعليه فان الحمل المتناوب الذي يراه المجمع هو $r_c = R_c \parallel R_L$ والحمل المتناوب الذي يراه الباعث هو r_E . ذلك ان استخدام متسعات الاقران والامرار يعني ان r_C قد تختلف عن R_C وان r_E قد تختلف عن R_E .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

لاضافة خط الحمل المتناوب الى منحنيات الخواص نحتاج مرة أخرى لايجـاد نقطتي نهاية :– الاولى تمثل اقصى قيمة لفولتية المجمع – باعث $v_{CE(max)}$ والثانية تمثل اقصى قيمة لتيار المجمع $i_{c(max)}$. على أية حال ، عندما تسوق اشارة ما مكبرا فانها تسبب تغيرات في تيار وفولتية المجمع بحيث ان التيار الكلي للمجمع يصبح مساويا – انظر المعادلة (3) – لـ

$$i_C = I_c + i_c$$

حيث يمثل I_C مركبة التيار المستمر الناتج عن وجود مصدر الفولتية المستمرة ويمثل i_c مركبة التيار المتناوب الناتج عن تسليط الفولتية المتناوبة عند مدخل دائرة مكبـر الترانزستور .

الآن وعلى فرض ان I_C عند نقطة التشغيل – Q هو I_{CQ} فان i_c – انظر الدائرة المكافئة المتناوبة – يكون مساويا لـ $\frac{V_{CEQ}}{r_C}$ ، حيث ان V_{CEQ} هي الفولتية المستمرة عن النقطة – Q . لذا فان

$$i_{C(max)} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{r_C} \qquad \dots (9)$$

أو بصورة عامة

$$i_{C(max)} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{r_C + r_E} \qquad \dots (10)$$

نلاحظ ان المعادلة (10) تقود الى المعادلة (9) اذا كانت r_E = صفراً .

كذلك فان الفولتية الكلية للمجمع v_{CE} – في حالة تسليط اشارة ادخال متناوبة – تكون مساوية لـ $v_{CE} = V_{CE} + v_{ce}$

حيث تمثل V_{CE} فولتية المجمع – باعث المستمرة v_{ce} فولتية المجمع – باعث المتناوبة . عند النقطة – Q تكون V_{CE} مساوية لـ V_{CEQ} اما v_{CE} فتكون مساوية لـ

$$v_{CE} = I_{CQ} r_c$$

أو ان

$$v_{CE(max)} = V_{CEQ} + I_{CQ} r_c \qquad \dots (11)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

او بصورة عامة تكون

$$V_{CE\,(max)} = V_{CEQ} + I_{CQ}(r_c + r_E) \qquad \ldots (12)$$

مرة أخرى تقود المعادلة (12) الى المعادلة (11) في حالة كون r_E = صفراً .

مثـال :–

في الدائرة المبينة في الشكل (٧) اذا كانت $R_1 = 10$ كيلواوم و $R_2 = 5$ كيلواوم و $R_C = 1$ كيلوأوم و $R_E = 2$ كيلواوم و $R_L = 1$ كيلوأوم . فأرسم

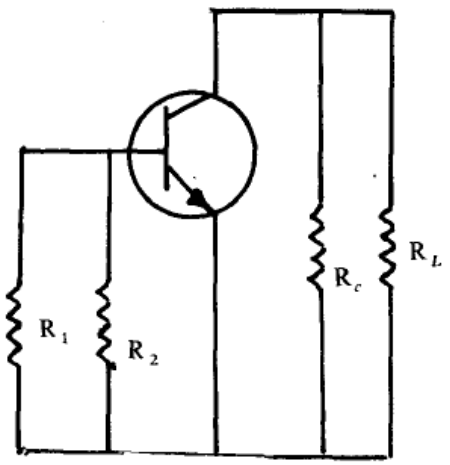
أ– خط الحمل الـ d.c .

ب – جد نقطة الشغل – Q . افترض ان $V_{BE} = 0.7$ فولت .

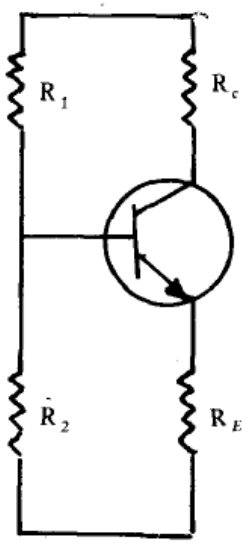
جـ– خط الحمل الـ a.c .

الحـل :–

لايجاد خط الحمل المستمر يلزمنا رسم الدائرة المكافئة المستمرة – الشكل (٨) . في هذا الشكل نجد ان $I_{c\,(max)}$ ستكون مساوية لـ

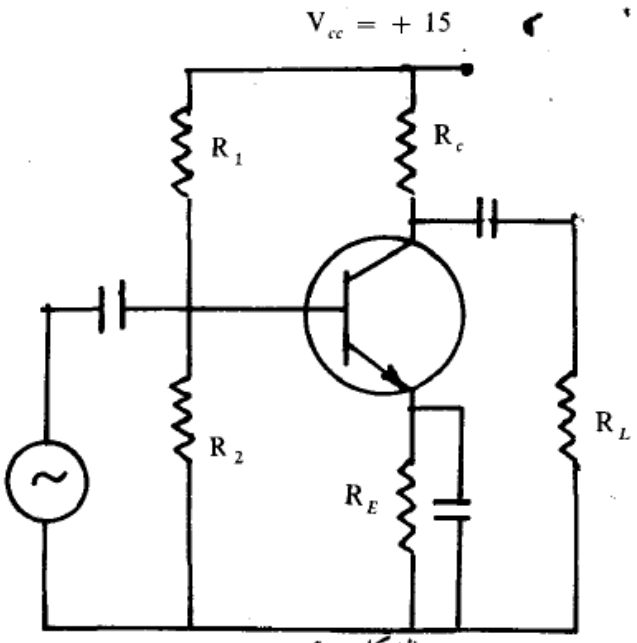


الشكل (٧)



الشكل (٨)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل (٩)

$$I_{c(max)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{15}{(1+2)\,K\Omega} = 5\,mA$$

كذلك فأن اقصى قيمة تصلها V_{CE} هي

$$V_{CE} = V_{CC} = 15\,V$$

وبهذا يتم رسم خط الحمل بين النقطتين (0,5) و(15,0) – انظر الشكل (١٠) .

ب – نقطة الشغل – Q :– يتم تعين نقطة الشغل – Q على خط الحمل اما عن طريق ايجاد قيمة I_B المار في الدائرة ومن ثم نقطة تقاطع I_B هذا مع خط الحمل او عن طريق ايجاد I_{CQ} و V_{CEQ} وستأخذ هنا بالثانية .

لدينا – انظر الشكل (٧) – أن

$$V_2 = V_{BE} + I_E R_E$$

او ان

$$I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_2}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$V_2 = \frac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2} = \frac{18 \times 5K\Omega}{(5 + 10) K\Omega} = 5V$$

وعليه فأن

$$I_E = \frac{5 - 0.7}{2K\Omega} = 2.15 \text{ mA}$$

ذكرنا أن $I_C \approx I_E$ وعليه فان

$$I_{CQ} = I_C = 2.15 \text{ mA}$$

من المعادلة

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

نجد ان

$$V_{CEQ} = V_{CE} = 15 - 2.15 \text{ mA} (1 + 2) K\Omega = 8.55 \text{ V}$$

وبهذا فان احداثيات نقطة التشغيل – Q هي (2.15 و 8.55) – انظر الشكل (10) .

جـ – لايجاد خط الحمل المتناوب يلزمنا ايجاد الدائرة المكافئة المتناوبة – الشكل (9) .
في هذه الدائرة نجد ان r_E = صفراً وان r_c تكون مساوية لـ

$$r_c = R_c \| R_L = \frac{1 \times 1}{1 + 1} = 0.5 \text{ K}\Omega$$

وباستخدام المعادلتين (9 و 11) نجد أن

$$i_{c(max)} = 2.15 + \frac{8.55}{0.5} = 19.25 \text{ mA}$$

و

$$v_{CE} = 8.55 + 2.15 \text{ mA} \times 0.5 \text{ K}\Omega = 9.62 \text{ V}$$

وبهذا يتم رسم خط الحمل المتناوب بين النقطتين (19.25 و 0) و(0 و 9.62) – انظر الشكل (10) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com