دارات الكترونية /١/

مكبرات الترانزستورات (BJT) - ... Transistors Ampli

مدرس المقرر
د. السموءل صالح

Course Contents

مفردات المقرر

Transistor Amplifier (BJT)

- مكبرات الاستطاعة
  - مكبر الاستطاعة صنف (A)،
  - مكبر الاستطاعة صنف (B).
  - مكبر الاستطاعة صنف (C).
  - وصل المضخمات على التسلسل.
  - مكبر دارلينغتون.

مكبرات الاستطاعة

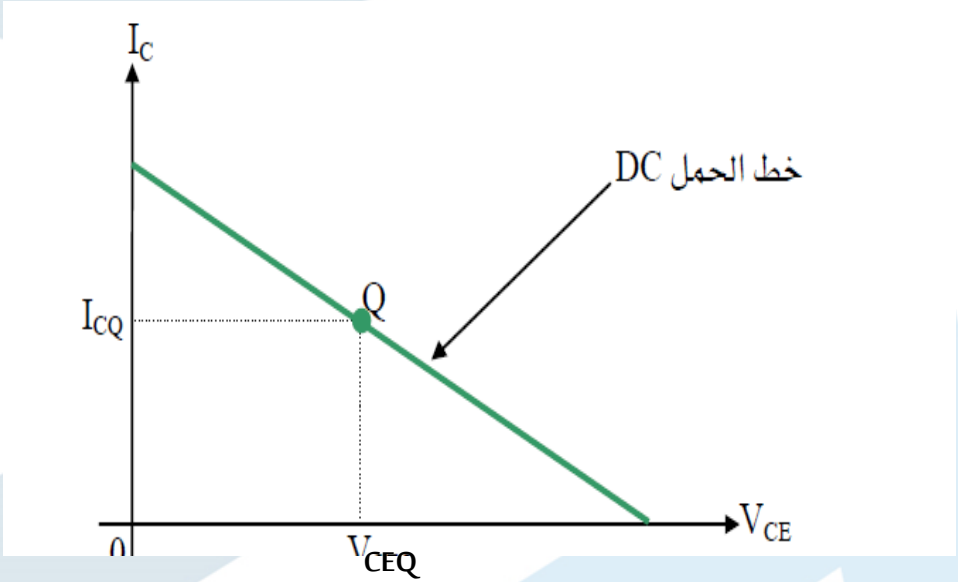
- تصنف مكبرات الاستطاعة تبعاً لموقع نقطة العمل على خط الحمل كالآتي:

١- المكبر صنف (A) حيث تكون نقطة العمل في منتصف الجزء المفيد من خط الحمل أي الجزء الواقع ضمن المنطقة الخطية الفعالة، وذلك حتى يتوفر أكبر مجال لتغيرات الإشارة فإذا كانت الإشارة جيبية فإن زاوية التمرير تساوي 2π لأن الإشارة تظهر على الخرج كاملة دون تشوية أو انقطاع.

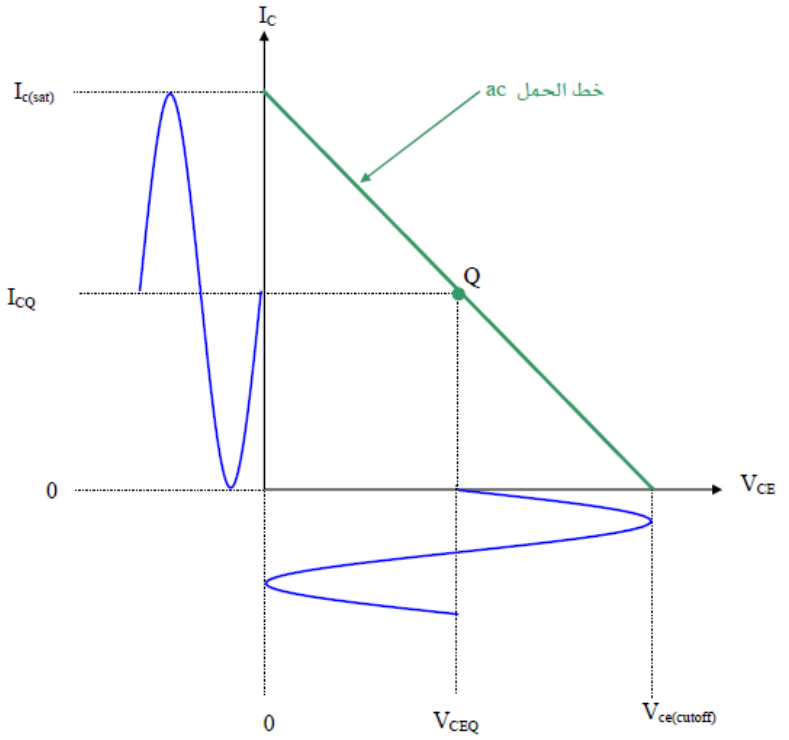
٢- المكبر صنف (B) وفيه تتوضع نقطة العمل على الحد الفاصل بين المنطقة الخطية الفعالة ومنطقة القطع فيظهر نصف الموجة فقط وتكون زاوية التمرير تساوي π فقط.

٣- المكبر صنف (C) وفيه تتوضع نقطة العمل ضمن منطقة القطع فيقطع المكبر أكثر من نصف موجة الدخل وتكون زاوية التمرير بين 0 و π.

-- كون نقطة العمل في منتصف خط الحمل تقريباً وتكون إشارة الدخل صغيرة بحيث لا تؤدي لإدخال الترانزستور لمنطقة القطع أو الإشباع في منحني خواص الخرج.

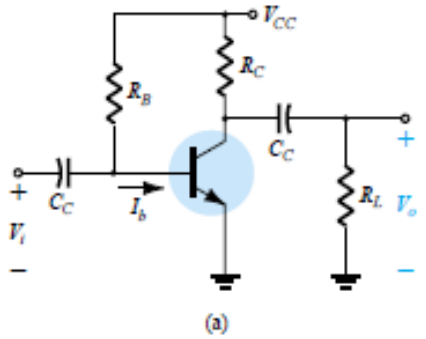


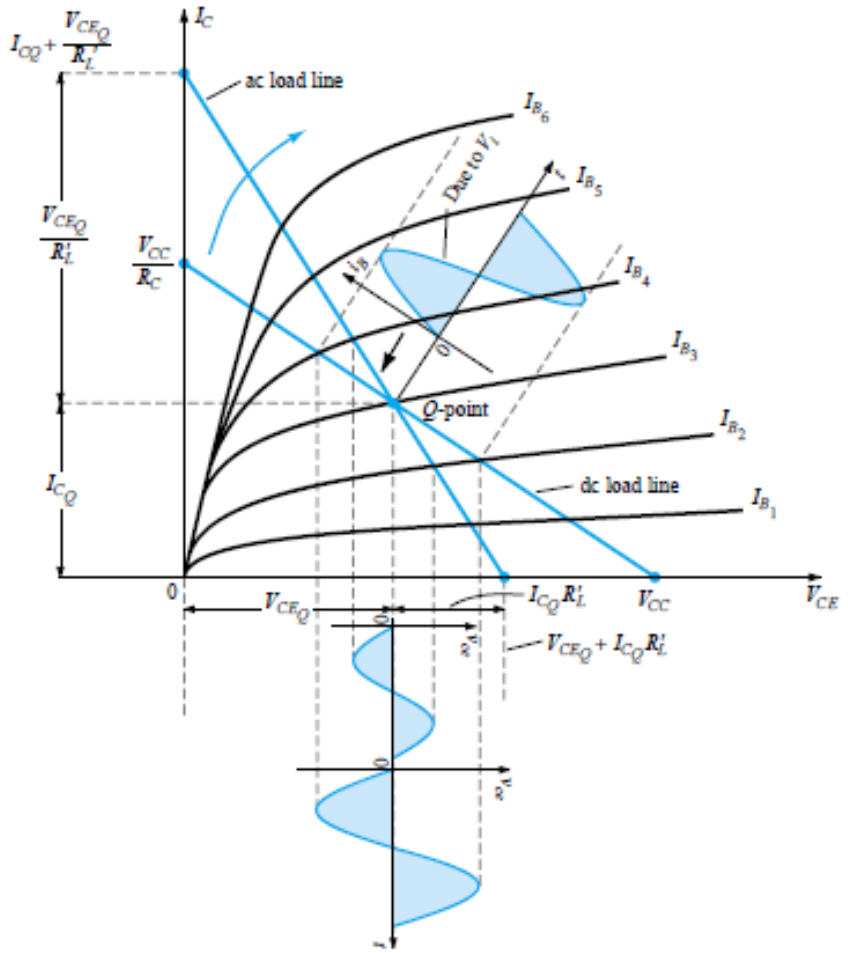
خط الحمل DC وموقع نقطة العمل لمكبر صنف A



AC- Load Line Analysis

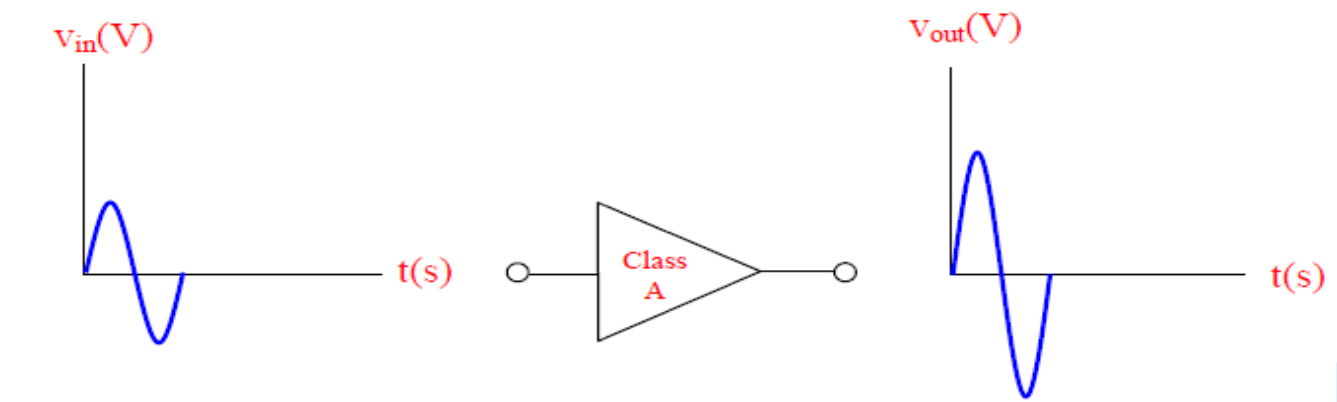
خط الحمل الديناميكي





مكبر صنف A

- نلاحظ عدم تشوه إشارة الخرج إذا كانت نقطة العمل Q في وسط خط الحمل.
- يعمل هذا النوع من المكبرات في الحالة الخطية خلال جميع فترات موجة الدخل كما في الشكل.

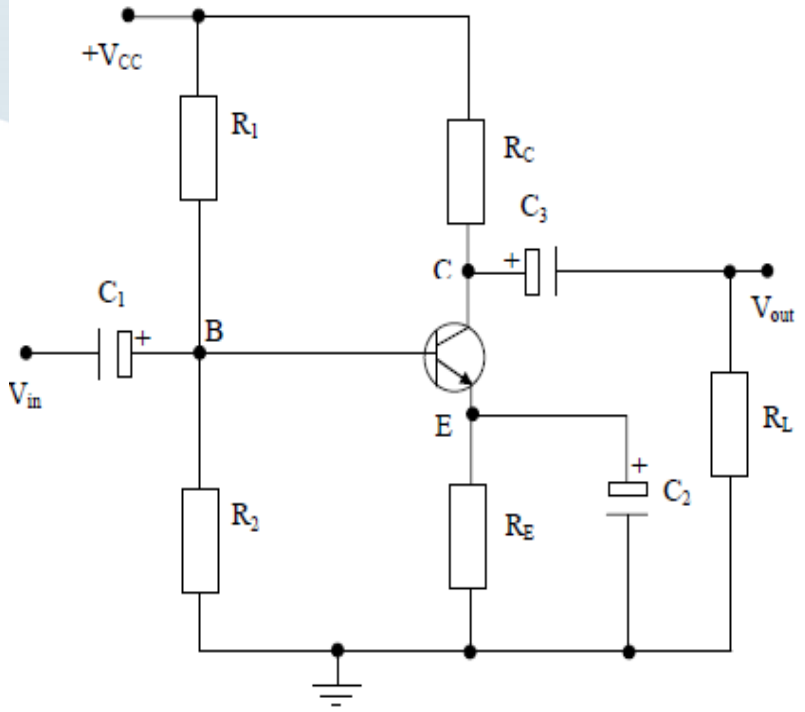


شكل إشارة الدخل والخرج لمكبر صنف (A)

- أهم مميزات هذا المكبر أنة لا يوجد تشويه في إشارة الخرج تقريباً أما عيبه فهو أننا نحتاج دوماً لقدرة كهربائية لتشغيل المكبر وهذه القدرة تأتي من مصدر جهد مباشر وتستخدم في تحديد نقطة العمل ولا يظهر إلا جزء محدود منها في إشارة الخرج.
- يظل مكبر صنف (A) محتاجاً لقدرة كهربائية طوال تشغيله وهو لذلك غير مناسب لتكبير الإشارات عندما نحتاج لقدرة عالية من المكبر،

Class A Power Amplifier

مكبر الاستطاعة صنف (A)



دارة باعث مشترك وهي دارة مكبر صنف (A)

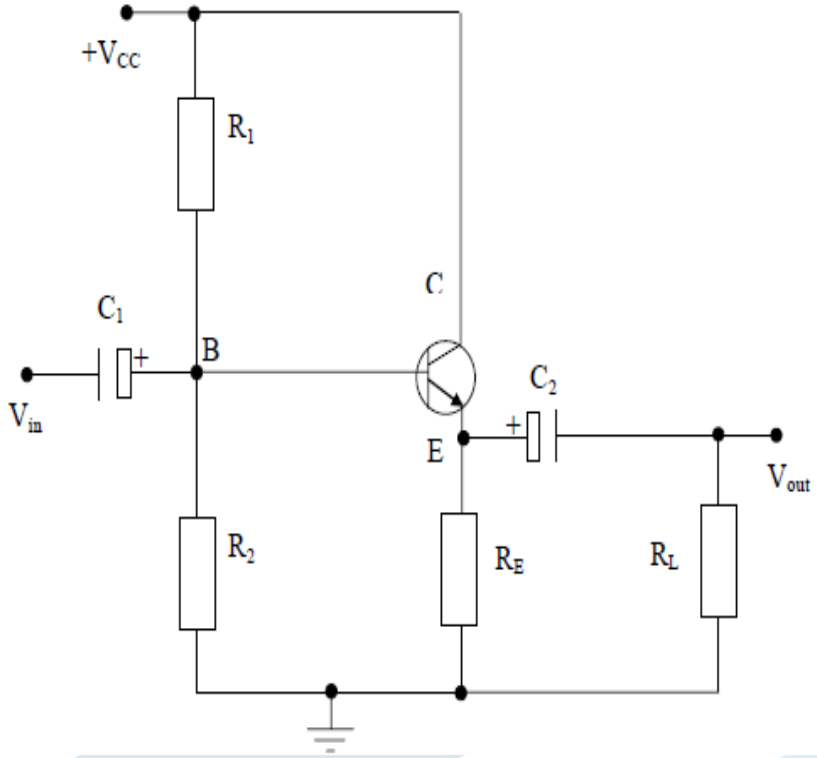
- من دارة المكبر المبينة جانباً وهي دارة باعث مشترك نجدأن الباعث مؤرض بالنسبة للتيار المتناوب بواسطة المكثف C2 كما أن الانحياز العكسي لوصلة المجمع-القاعدة يؤمنه المنبع المستمر Vcc والمقاومة Rc أما انحياز وصلة الباعث-القاعدة فيؤمنه مقسم الجهد R1و R2 من Vcc ويجب أن يكون أمامياً حتى يعمل الترانزستور في المنطقة الخطية الفعالة.

- إن المركبة المستمرة لإشارة الدخل (إن وجدت) تحرف نقطة العمل الساكنة عن موضعها الاسمي. تصد هذه المركبة من خلال المكثف C1 ويوضع مكثف ربط آخر C3 بين الترانزستور والحمل الخارجي لصد المركبة المستمرة لإشارة الخرج.

- تعتبر مقاومة الباعث ضرورية لاستقرار نقطة العمل فإذا ازداد تيار المجمع بسبب ازدياد تيار الإشباع العكسي الناتجة عن الحرارة يزداد تيار الباعث المار في المقاومة Re فيزداد فرق الجهد عليها ويعمل على تخفيض تيار القاعدة مما يحد من زيادة تيار المجمع Ic

Class A Power Amplifier

مكبر الاستطاعة صنف (A)



دارة مجمع مشترك وهي دارة مكبر صنف (A)

- تبين الدارة المجاورة دارة مكبر صنف A بوصلة مجمع مشترك
- تتميز دارة المكبر ذي المجمع المشترك بالخواص التالية:

١. تكبير عالي للتيار Ai >>1

٢. تكبير الجهد يساوي تقريباً الواحد ولا يوجد انزياح بالطور بين إشارتي الدخل والخرج

٣. مقاومة الدخل عالية

٤. مقاومة الخرج منخفضة

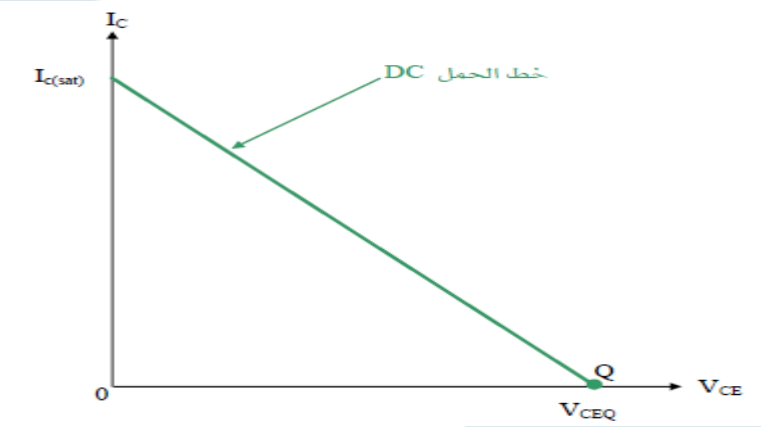
٥. ربح الاستطاعة أخفض من كل التشكيلات لذلك تستخدم هذه الدارة كمرحلة عزل بين منبع ذي مقاومة عالية ومكبر ذي مقاومة دخل منخفضة

- إن المركبة المستمرة لإشارة الدخل (إن وجدت) تحرف نقطة العمل الساكنة عن موضعها الاسمي.

تصد هذه المركبة من خلال المكثف C1 ويوضع مكثف ربط آخر C2 بين الترانزستور والحمل الخارجي لصد المركبة المستمرة لإشارة الخرج.

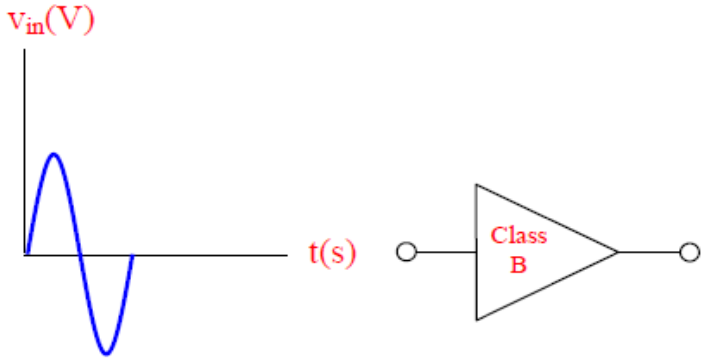
Class B Power Amplifier

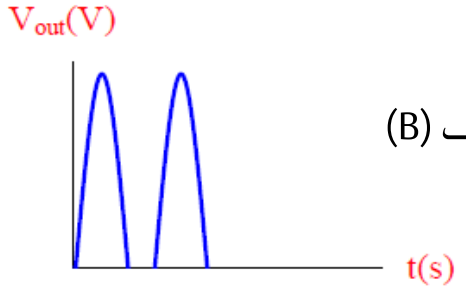
مكبر الاستطاعة صنف (B)



خط الحمل DC وموقع نقطة العمل لمكبر صنف (B)

- مكبر أكثر كفاءة هو مكبر صنف (B) وهذا النوع تكون نقطة العمل فيه على حافة منطقة القطع تماماً
- في هذا النوع تستهلك الطاقة الكهربائية فقط عند حالة التوصيل في النصف الآخر من الإشارة يكون الترانزستور في حالة القطع ويكون الخرج عبارة عن نصف موجة جيبيه
- خرج هذا المكبر يؤدي إلى تشوه كبير في إشارة الخرج بالنسبة لإشارة الدخل حيث يختفي نصف إشارة الخرج





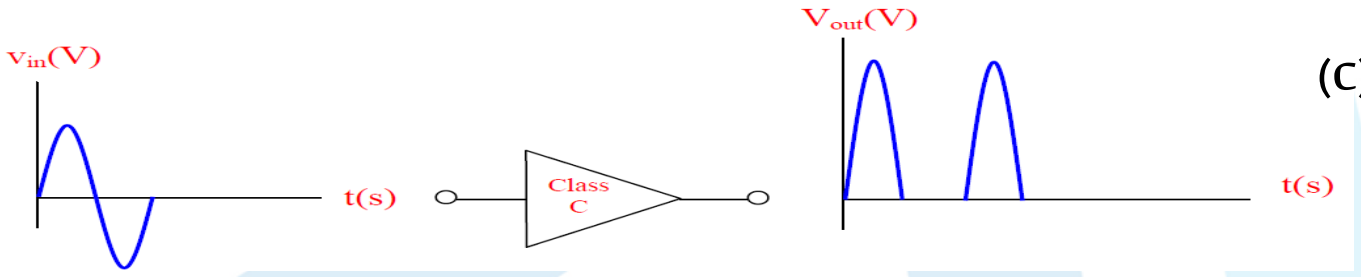
إشارة الدخل وإشارة الخرج لمكبر صنف (B)

مكبر الاستطاعة صنف (C)

Class C Power Amplifier

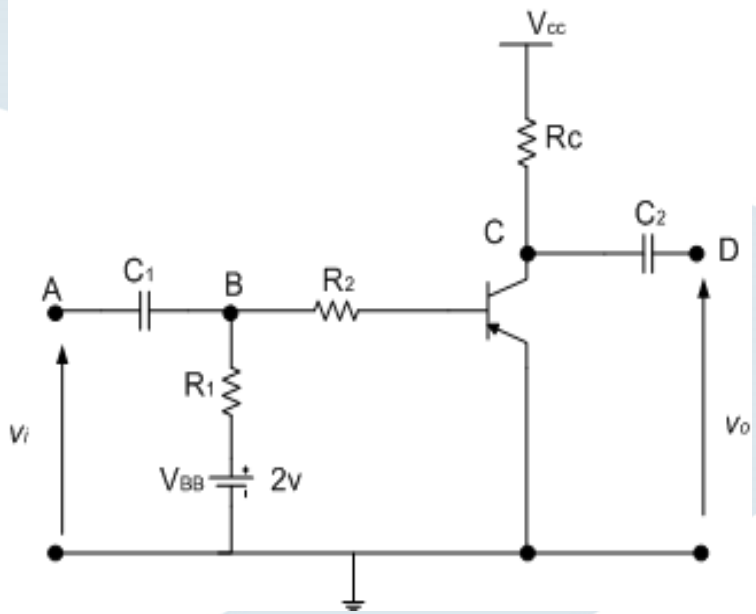
- يعرف مكبر صنف C أنه المكبر الذي يقوم خرجه بتوصيل تيار للحمل خلال مدة أقل من نصف موجة واحدة من إشارة الدخل الجيبية
- يتميز بأن نقطة العمل الساكنة تقع في منطقة القطع وبالنتيجة يقوم هذا المكبر بتكبير جزء من نصف الموجة لإشارة الدخل المتناوبة أي يكبر إما جزء من نصف الموجة الموجبة فقط أو جزء من نصف الموجة السالبة وذلك حسب نوع الترانزستور المستخدم (npn or pnp) وبالنتيجة تكون زاوية التمرير أقل من 180° وتعرف بأنها الزاوية التي يكون خلالها الترانزستور بحالة توصيل أو تمرير التيار
- بما أن الترانزستور يكون بحالة قطع بشكل فعلي معظم مدة الدورة الكاملة لإشارة الدخل فإن الاستطاعة المبددة تكون صغيرة وبالنتيجة تحول معظم الطاقة المقدمة من المنبع المستمر إلى الحمل وبالنتيجة فإن مردود المكبر صنف C يكون كبيراً بالمقارنة مع بقية أنواع المكبرات وهذا ما يجعله مناسباً للاستخدام في دارات الاستقبال الراديوية

إشارة الدخل وإشارة الخرج لمكبر صنف (C)



Class C Power Amplifier

مكبر الاستطاعة صنف (C)



دارة المكبر صنف C

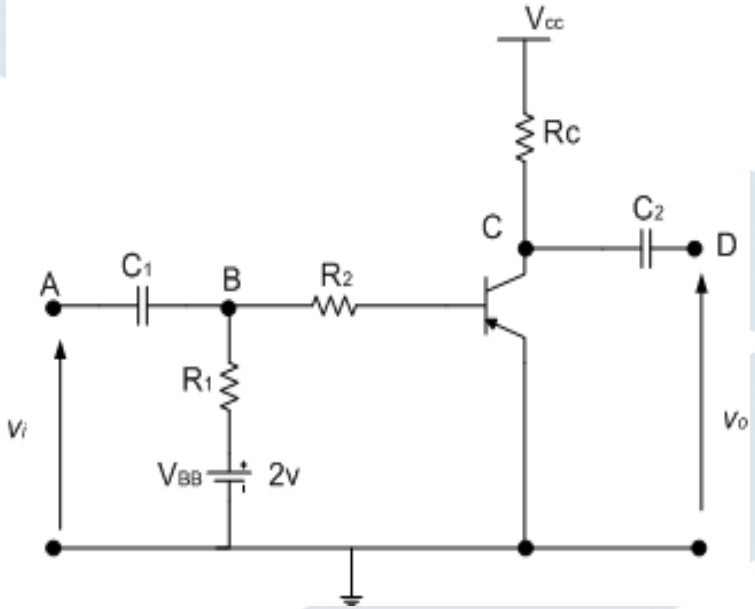
- في حالة عدم تطبيق إشارة على الدخل (الحالة الساكنة) يكون الترانزستور في حالة القطع وذلك بسبب الجهد VBB حيث يطبق القطب الموجب لهذا الجهد على قاعدة الترانزستور ذات النوع (n) مما يجعل المتصل قاعدة-باعث بحالة انحياز عكسي وكذلك المتصل قاعدة-مجمع يكون بحالة انحياز عكسي بسبب الجهد Vcc السالب.

نقطة العمل تقع في منطقة القطع ويتحدد موقعها حسب قيمة الجهد V_{BB} فكلما زادت قيمةهذا الجهد كلما ابتعدت نقطة العمل أكثر في عمق منطقة القطع وكلما نقصت قيمة هذا الجهد اقتربت نقطة العمل من منطقة القطع وتكون التيارات المارة في الدارة تساوي الصفر.

$I_B = 0 \rightarrow Ic = 0 \rightarrow V_{CE} = Vcc = -15v$

Class C Power Amplifier

مكبر الاستطاعة صنف (C)

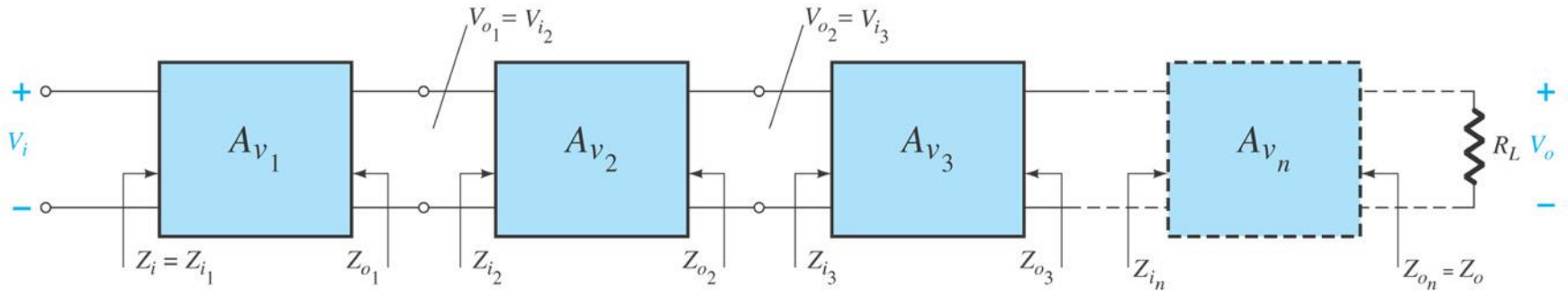


دارة المكبر صنف C

- عند تطبيق إشارة جيبية على الدخل يبقى الترانزستور في حالة القطع عند ورود النبضة الموجبة وبالنتيجة تكون التيارات في الدارة تساوي الصفر ويكون الجهد المتناوب يساوي الصفر
- كي يفتح الترانزستور ويمر فيه تيار يجب أن يكون مطال إشارة الدخل سالباً وكبيراً بشكل كافٍ للتغلب على الجهد VBB وجهد فتح الترانزستور VBE لذلك عند ورود النبضة السالبة يبقى الترانزستور بحالة قطع وجهد الخرج مساوياً للصفر حتى اللحظة التي يصبح فيها مطال جهد الدخل السالب أكبر بالقيمة المطلقة من القيمة (VBB+VBE)
- عندها يصبح الجهد المطبق على قاعدة الترانزستور كافياً لنقل الترانزستور إلى الوصل أي تمرير تيار وبالنتيجة يقوم المكبر بتكبير جزء من النبضة السالبة لإشارة الدخل.
- يكون مطال إشارة الخرج موجباً عندما يكون مطال إشارة الدخل سالباً أي أن هناك فرق في الطور مقداره 180° بين إشارتي الخرج والدخل وذلك بسبب وصلة الباعث المشترك المستخدمة في هذا المكبر.

الوصل التسلسلي للمضخمات

يمكن وصل عدد من المضخمات على التسلسل من اجل الحصول على مميزات إضافية جديدة.



-- خرج إحدى المضخمات يكون دخلا للمضخم التالي.

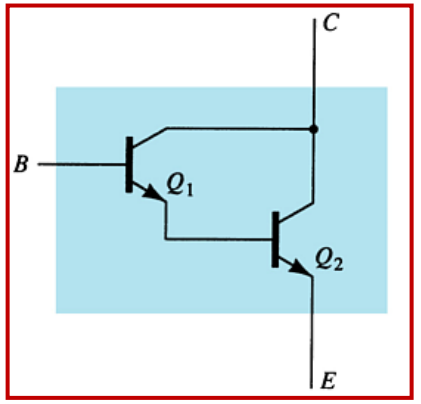
-- الربح الكلي للوصل التسلسلي يساوي إلى جداء ربح المراحل الجزئية اي: $A_{veq} = A_{V1} \cdot A_{V2} \cdot A_{V3} \ldots A_{vn}$

-- بالنسبة لدارة التغذية في كل مرحلة تكون مفصولة عن المرحلتين السابقة واللاحقة عن طريق مكثف مقارن.

-- حسابات التغذية المستمرة لكل مرحلة تكون مستقلة عن التسلسل.

-- حسابات التغذية المتناوبة للربح والممانعات أيضا مستقل في كل مرحلة.

-- ابسط وصلة تسلسلية للترانزستورات بحيث يوصل باعث الترانزستورالأول إلى قاعدة الثاني ويطبق الدخل على قاعدة Q_1 ويؤخذ الخرج على مجمع أو باعث Q_2.

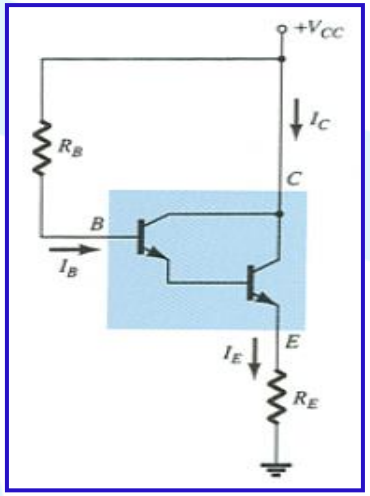


ملاحظات:

١- هذه الدارة تقدم ربح تيارعال جدا ويساوي إلى جداء ربح التيار للمرحلة الأولى والثانية أي: $\beta_D = \beta_1 \beta_2$

٢- فيزيائيا هذه الدارة تقدم ممانعة دخل عالية جدا.

DC Bias of Darlington Circuits



Base current:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta_D R_E}$$

Emitter current:

$$I_E = (\beta_D + 1) I_B \cong \beta_D I_B$$

Emitter voltage:

$$V_E = I_E R_E$$

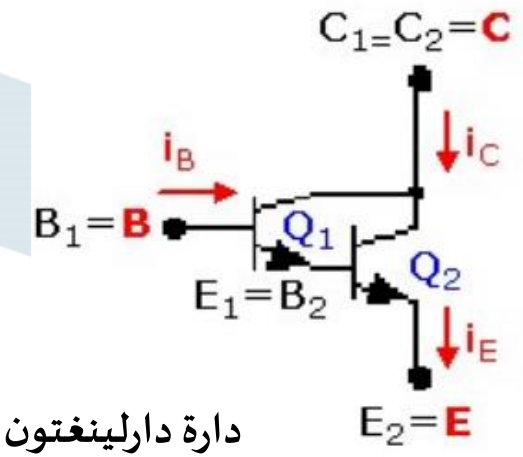
Base voltage:

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

مكبر دارلينغتون

Darlington's Amplifier

- من أجل تحسين أداء الدارات وومواصفات الدخل/ الخرج قد يكون استخدام ترانزستور وحيد في الدارة غير فعال بشكل كافٍ لذلك تم اقتراح استخدام ترانزستورين موصولين بطريقة دارلينغتون كما هو مبين في الشكل جانباً.
- تتألف هذه التوصيلة من ترانزستورين مترابطين بشكل مباشر حيث يربط خرج الترانزستور الأول (الباعث E1) مع دخل الثاني (القاعدة B2) أما المجمعان فهما مترابطان معاً وبالنتيجة أصبح للترانزستورين ثلاثة مسارٍ خارجية ويمكن معاملتهما كترانزستورواحد
- عند عمل الدارة بنمط مجمع مشترك نلاحظ أن مقاومة حمل الباعث للترانزستورالأول Q1تشكل مقاومة دخل للترانزستور Q2 أي مكبر دارلينغتون بتشكيل مجمع مشترك يتألف من مرحلتي تكبير.
- تمتلك الدارة الكلية مقاومة دخل عالية جداً ومقاومة خرج منخفضة جداً.



دارة دارلينغتون بتشكيلة مجمع مشترك