كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : الكترونيات٢

المحاضرة :الرابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

مضخمات الترانزستور ثنائي القطبية

Bipolar Junction Transistor Amplifiers

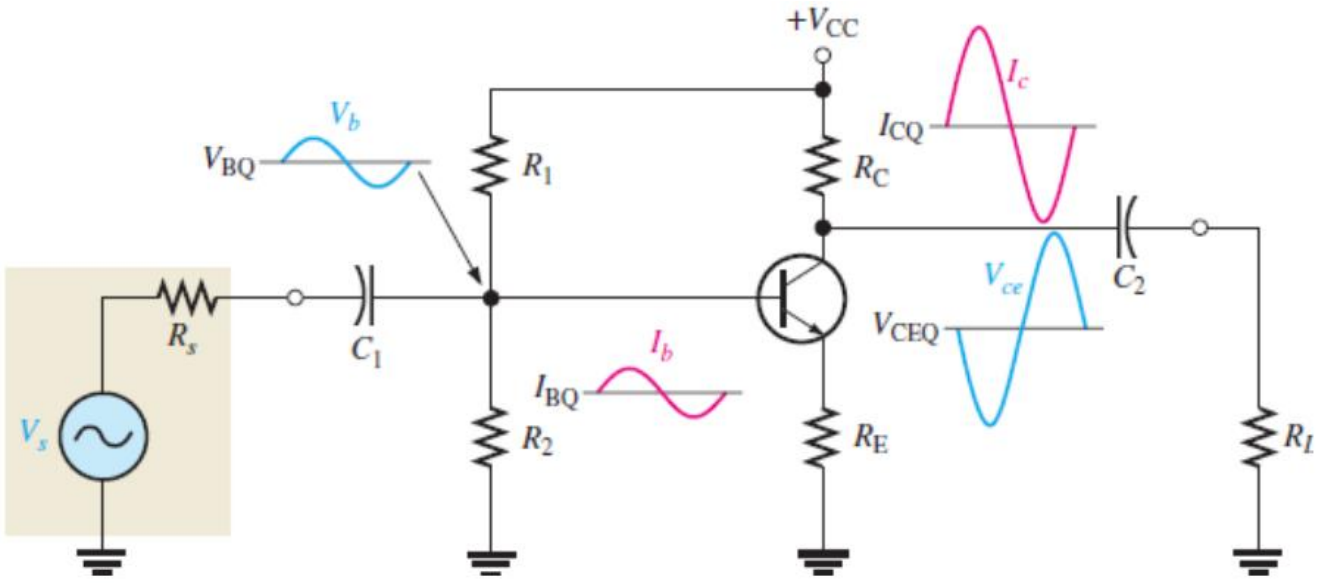
إن انحياز الترانزستور هو عملية ساكنة تماماً، والهدف من الانحياز هو تحديد نقطة العمل التي يمكن أن تجري حولها تغيرات في التيار والجهد استجابة لإشارة الدخل المتناوبة.

تكون التغيرات في التيار والجهد التي يمكن أن تحدث بجوار نقطة العمل صغيرة نسبياً وذلك في التطبيقات العملية المخصصة لتضخيم إشارات الجهد الصغيرة كتلك الصادرة عن هوائي إرسال أو ميكرفون تسمى عادة المضخمات التي تصمم للتعامل مع تلك الإشارات المتناوبة الصغيرة بمضخمات الإشارة الصغيرة Small Signal Amplifiers.

تمثل المقادير I_e وI_c وI_b والكميات V_{ce} و V_{cb} و V_{be} و V_c و V_b و V_{e} التيارات والجهود المتناوبة بالإضافة إلى أن الأدلة الصغيرة والمائلة تستخدم للكميات المتناوبة التي تمثل القيمة التربيعية الوسطية *rms* والقيمة العظمى (مطال الإشارة) والقيمة بين النهايتين الحديتين العظمى والسفلى، وتمثل المقاومة الداخلية الديناميكية للباعث r_e'.

المضخم الترانزستوري الخطي:

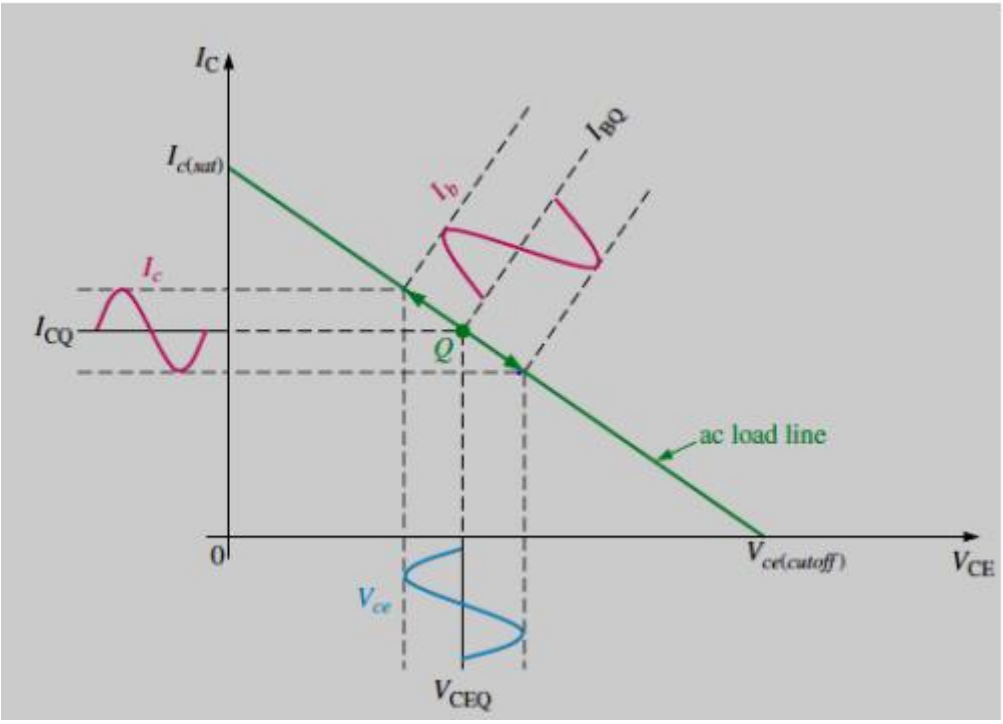
يوضح الشكل (1) دارة مؤلفة من ترانزستور في حالة انحياز بمقسم جهد ومنبع جيبي متناوب مرتبط سعوياً بالقاعدة من خلال المكثفة C_1 ومجمع الترانزستور مقترن مع مقاومة الحمولة من خلال المكثفة C_2 حيث تستخدم هذه المكثفات لمنع مرور التيارات المستمرة، وبالتالي تمنع كل من المقاومة الداخلية للمنبع R_s ومقاومة الحمولة R_L من أن تغير جهود الانحياز الساكنة عند القاعدة والمجمع. وجهد المنبع الجيبي يجعل جهد القاعدة يتغير جيبياً فوق مستوي انحيازه الساكن وتحته والتغيير الحاصل في تيار القاعدة ينتج تغيراً كبيراً في تيار المجمع بسبب الربح بالتيار الذي يتصف به الترانزستور.



الشكل (1): دارة مضخم

عند استخدام دارة الترانزستور كمضخم لإشارة الدخل ندرس مميزة الخرج للترانزستور أي تغيرات تيار الخرج بدلالة تغير جهد المجمع–باعث نلاحظ انزياح الإشارة بمقدار جهود وتيارات نقطة العمل حيث بازدياد التيار المتناوب للمجمع

يتناقص جهد المجمع وبالتالي يتغير تيار المجمع فوق قيمة نقطته الساكنة وتحتها متوافقاً في الطور مع تيار القاعدة، ويتغير جهد المجمع–باعث الجيبي فوق قيمة نقطة عمله الساكنة وتحتها مختلفاً في الطور مع جهد القاعدة بمقدار 180^0 كما هو موضخ في الشكل (2) وبالتالي الترانزستور المدروس يسبب انقلاباً في الطور بين جهد القاعدة وجهد المجمع.



الشكل (2): مميزة الخرج والتغيرات التي تطرأ عليها

الدارات المكافئة للترانزستور Transistor Equivalent Circuite:

من المفيد عادة تمثيل الجهاز الالكتروني المدروس بدارة مكافئة لفهم عمل الترانزستور في دارة المضخم بوضوح.

درات الترانزستور المكافئة في حالة التيار المستمر Transistor DC Equivalent Circuite:

بدايةً نقوم برسم الدارة المكافئة المستمرة Circuite Equivalent DC بإتباع الخطوات التالية:

نقصر منابع الجهد المتناوبة ونستبدل المكثفات بدارة مفتوحة والملفات بدارة مقصورة.

نحسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموصولة على التسلسل وللمقاومات المربوطة على التفرع.

نفصل المنبع المستمر المعلوم إلى عدة منابع منفصلة لغرض التحليل فقط واستبدال منابع الجهد المستمرة بالرمز الالكتروني للمنبع مع الانتباه إلى القطبية، وتحديد قطبية هبوطات الجهد على المقاومات.

تحليل الدارة باستخدام طرائق التحليل المذكورة سابقاً ورسم المميزات الساكنة للترانزستور المدروس وتحديد نقطة العمل الساكنة.

درات الترانزستور المكافئة في حالة التيار المتناوب Transistor AC Equivalent Circuite:

أي التأكد من أن نقطة العمل الساكنة تقع ضمن المنطقة الفعالة وإيجاد الدارة المكافئة المتناوبة لدارة الترانزستور ويتم ذلك وفقاً للخطوات التالية:

نقوم باستبدال منابع الجهد المستمرة DC بدارة مقصورة موصولة إلى الأرضي، ونقوم بفتح منابع التيار المستمرة.
نستبدل المكثفات بدارة مقصورة $X_C \cong 0\Omega$ والملفات بدارة مفتوحة.
نحسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموصولة على التسلسل وللمقاومات المربوطة على التفرع.
تحديد نوع الوصلة: يتم تحديد نوع الوصلة بعد رسم الدارة المكافئة المتناوبة، نسمي الوصلة وفقاً للنهاية الموصولة مع نقطة الأرضي.
استبدال الترانزستور بنموذج الإشارة الصغيرة.
حساب بارامترات نموذج الإشارة الصغيرة من معطيات إحداثيات نقطة العمل.
إجراء التحليل المتناوب من خلال حساب ربح الجهد وربح التيار ومقاومة الدخل ومقاومة الخرج.

الوسائط r للترانزستور ثنائي القطبية والدارة المكافئة:

تستخدم المقاومة والوسائط على نطاق واسع من أجل الترانزستورات ثنائية القطبية. وتعطى علاقة الربح من أجل الدارة الديناميكية بالعلاقات التالية:

$$\alpha_{ac} = \frac{I_c}{I_e}$$

و

$$\beta_{ac} = \frac{I_c}{I_b}$$

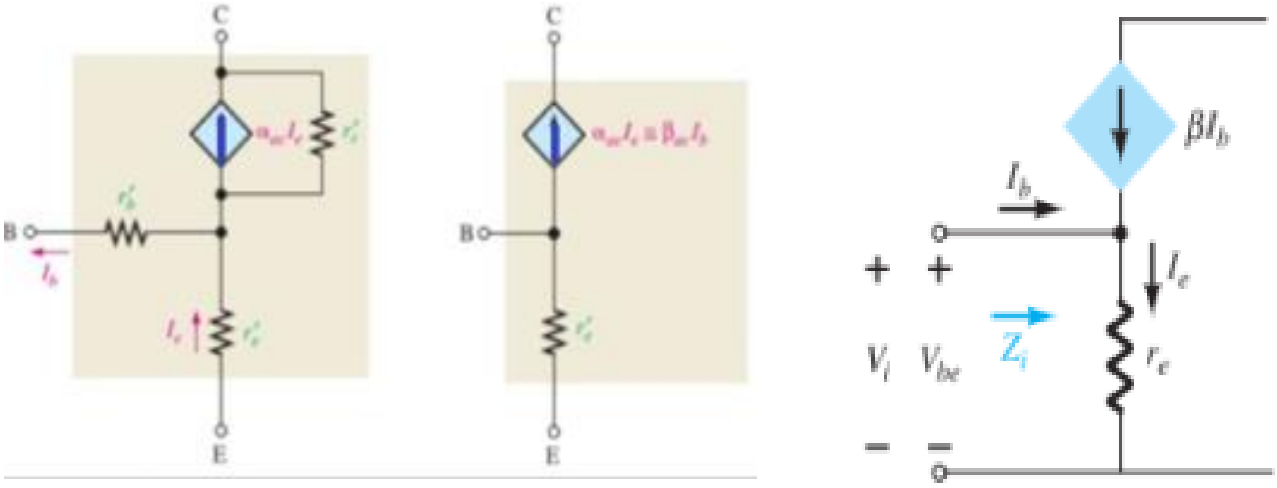
وتسمى كل من r'_e و r'_b و r'_c مقاومة الباعث الديناميكية ومقاومة القاعدة الديناميكية ومقاومة المجمع الديناميكية على الترتيب.

عادةً في تحليل دارة الترانزستور ذو الوسائط الديناميكية يكون تأثير مقاومة القاعدة الديناميكية r'_b صغير جداً لدرجة يمكن إهمالها وتستبدل بدارة قصر، بالإضافة إلى أن المقاومة الديناميكية للمجمع كبيرة نسبياً تبلغ في معظم الحالات عدة مئات الكيلو أوم فتستبدل بدارة مفتوحة، أما المقاومة الديناميكية للباعث تظهر بين طرفي الباعث والقاعدة مما يعني أن المقاومة تبدو في باعث ترانزستور انحاز أمامياً وعندها يفعل المجمع فعل مصدر تيار مقداره $I_c = \alpha_{ac} I_e$ أو $I_c = \beta_{ac} I_b$ وبما أن المقاومة الديناميكية للباعث تعتبر من أهم وسائط الترانزستور في تحليل دارة المضخم فتعطى قيمتها التقريبية وفق العلاقة التالية:

$$r'_e \cong \frac{25mV}{I_E}$$

وهي ليست مستقلة عن درجة الحرارة لذا حسبت من أجل درجة حرارة 20^0.

يوضح الشكل (3) الدارة المكافئة لدارة ترانزستور ثنائي القطبية ذات الوسائط الديناميكية.



الشكل (3) الدارة المكافئة لدارة ترانزستور ثنائي القطبية ذات الوسائط الديناميكية

تعطى علاقة بيتا الساكنة كما ذكر سابقاً بالعلاقة:

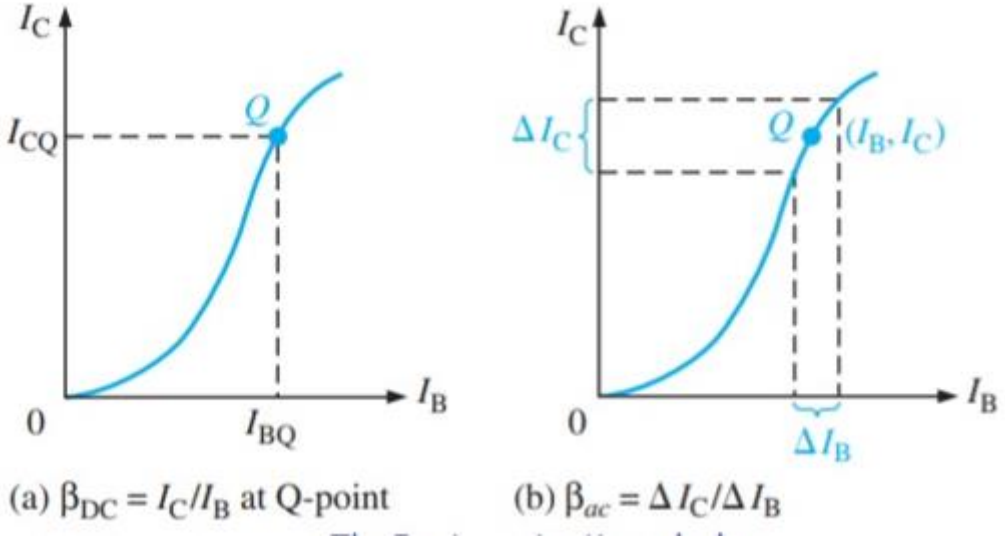
$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$$

وبالنسبة لعلاقة بيتا الديناميكية فتعطى بالعلاقة:

$$\beta_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

عند تغيير تيار القاعدة بمقدار ΔI_B سيتغير تيار المجمع بمقدار ΔI_C.

ويبين الشكل (4) الفرق بين الربح بالتيار في حال التيار المستمر والتيار المتناوب.



الشكل (4) الفرق بين الربح بالتيار في حال التيار المستمر والتيار المتناوب

كما أن على لوحة المعطيات الصادرة عن معمل الأجهزة الالكترونية للعناصر الالكترونية المستخدمة في تشكيل الدارة نلاحظ وجود الوسائط الهجينة h حيث تسمى كل من تسمى كل من الوسائط h_i و h_r و h_f و h_o ب ممانعة المدخل (المقاومة) وشرط أن يكون المخرج مقصور، نسبة التغذية العكسية للجهد بشرط المخرج مفتوح، والربح بالتيار الأمامي بشرط أن يكون المخرج مقصور، و سماحية المخرج (الناقلية) بشرط أن يكون المدخل مفتوح على الترتيب.

وترتبط الوسائط الهجينة h مع الوسائط الديناميكية بالعلاقات التالية:

$$\alpha_{ac} = h_{fh}$$
$$\beta_{ac} = h_{fe}$$

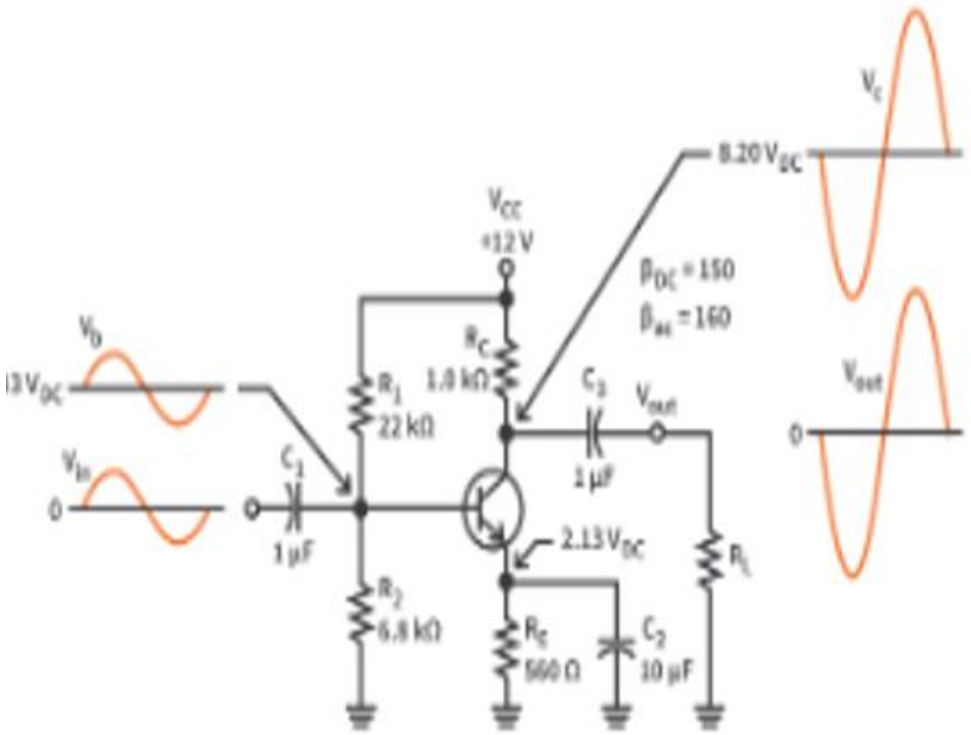
ومن أجل الباعث المشترك ترتبط علاقات الوسائط ببعضها وفق العلاقات التالية:

$$r_e' = \frac{h_{re}}{I_{oe}}$$
$$r_c' = \frac{h_{re} + 1}{I_{oe}}$$
$$r_c' = h_{re} - \frac{h_{re}}{I_{oe}}(1 + h_{fe})$$

المضخم الترانزستوري ذو الباعث المشترك The Common Emitter Transistor Amplifier:

تتصف مضخمات الترانزستور ذو الباعث المشترك بأنها تبدي ربحاً عالياً بالجهد و ربحاً عالياً بالتيار.

يوضح الشكل (5) مضخماً ترانزستورياً ذو الباعث المشترك مزوداً بمقسم جهد للانحياز الساكن ومكثفتي ارتباط C_1 و C_3 عند مدخل ومخرج دارة المضخم على الترتيب ومكثفة تمرير C_2 تصل بين الباعث والأرضي وتحوي الدارة على قسمين: الأول ويمثل العملية الساكنة للدارة أي الانحياز الساكن والتعامل مع التيار المستمر، ويمثل الجزء الثاني العملية الديناميكية للدارة (أي دارة التعامل مع التيار المتناوب). لذا سنقوم بتحليل دارتي التيار المستمر والتيار المتناوب كل على حدا.



الشكل (5): دارة مضخم ترانزستوري ذو الباعث المشترك

سنحلل دارة الترانزستور المدروس والتي تقسم إلى تحليل دارتين دارة التحليل المستمر ودارة التحليل المتناوب وفق التالي:

تحليل دارة التيار المستمر المكافئة:

أولاً نرسم الدارة المكافئة للتيار المستمر كما ذكرنا سابقاً في عملية التحليل ونستبدل المكثفات بدارة مفتوحة (المكثفة دارة مفتوحة بالنسبة للتيار المستمر).

نحلل الدارة الموضحة في الشكل (6) التي تمثل الدارة المكافئة الساكنة كما تم في الفصل السابق.

انحياز بواسطة مقسم جهد لذا سنعين أولاً مقاومة الدخل عند قاعدة الترانزستور والتي تعطى بالعلاقة (9−1) كما وجدنا سابقاً:

$$R_{IN(Base)} = \beta_{DC} R_E$$

وإذا تحقق الشرط $\beta R_E \geq 10R_2$ أي يهمل تيار القاعدة لصغره.

تحسب قيمة الجهد عند قاعدة الترانزستور بالشكل:

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

و$I_E = \frac{V_E}{R_E}$ وتحسب V_E من العلاقة:

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

وبما أن $I_C \cong I_E$ يمكننا حساب قيمة جهد المجمع وفق العلاقة:

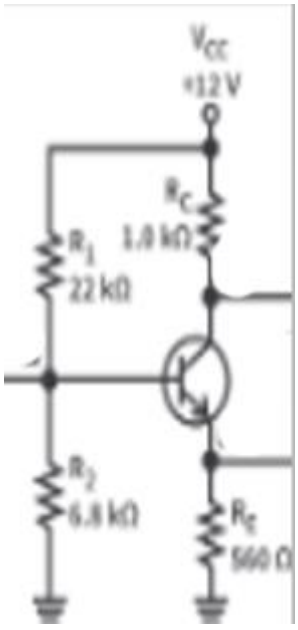
$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

ومنه

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

تحسب قيم الجهود وفق العلاقات السابقة والموافقة للقيم المعطاة على الدارة في الشكل (5) والتي تساوي إلى:

$R_{IN(Base)} = 84k\Omega$ و $V_B = 2.83V$ و $V_E = 2.13V$ و $V_C = 8.20V$ و $V_{CE} = 6.07V$



الشكل (6): دارة التحليل المستمر لدارة مضخم الباعث المشترك

ثانياً: تحليل دارة التيار المتناوب المكافئة:

لتحليل عمل الإشارة المتناوبة للمضخم نجد الدارة الديناميكية المكافئة وفق ما يلي:

نستبدل المكثفات في حالة التيار المتناوب بدارة مقصورة لأن قيم سعاتها تختار بحيث تكون الممانعة الموافقة معدومة من أجل التردد العامل للإشارة المدروسة. $X_C = \frac{1}{wC} \cong 0\Omega$

نستبدل منبع التغذية المستمر في الدارة الديناميكية (دارة تيار متناوب) بالأرضي.

نفترض المقاومة الداخلية لمنبع الجهد تساوي الصفر بحيث لايتشكل جهد متناوب بين طرفي المنبع ولهذا السبب يقع طرف الجهد V_{CC} عند كمون متناوب يساوي صفر فولط ويسمى بالأرضي الموافق للتيار المتناوب أو الأرضي الديناميكي.

يمثل الشكل (5) دارة المضخم ذو الباعث المشترك لأن مكثفة التمرير C_2 تحافظ على بقاء الباعث عند الأرضي الديناميكي وهو نقطة مشتركة في الدارة.

جهد الإشارة المتناوبة عند القاعدة:

بوجود منبع جهد متناوب على مدخل الدارة المكافئة للتيار المتناوب وطالما أن المقاومة الداخلية للمنبع المتناوب تساوي الصفر فإن مجمل جهد المنبع سيظهر عند طرف القاعدة. ولكن في حال كانت تملك قيمة معينة سنأخذ بالحسبان المعاملات الثلاثة التالية عند تعيين قيمة الجهد عند القاعدة:

مقاومة المنبع R_s ومقاومة الانحياز $R_1 \parallel R_2$ و مقاومة الدخل عند قاعدة الترانزستور $R_{IN(Base)}$.

يوضح الشكل (7) الدارة المكافئة للتيار المتناوب من أجل المضخم ذو الباعث المشترك.

و يوضح الشكل (8) تركيب المقاومات الموصولة على التوازي للحصول على المقاومة الكلية للمدخل $R_{IN(total)}$ وفق العلاقة التالية:

$$R_{IN(total)} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{IN(Base)} \qquad (1-1)$$

وعندها منبع الجهد يقسم بالمقاومتين مقاومة المنبع R_s والمقاومة الداخلية الكلية $R_{IN(total)}$ ويتم الحصول على جهد الإشارة عند قاعدة الترانزستور من علاقة مقسم الجهد التالية:

$$V_b = \frac{R_{IN(total)} V_s}{R_s + R_{IN(total)}} \qquad (1-2)$$

ويمكن أن يساوي الجهد عند قاعدة الترانزستور (جهد الدخل للمضخم) تقريباً إلى جهد المنبع إذا تحقق الشرط $R_s \ll R_{IN(total)}$ وتصبح العلاقة (1-2) بالشكل : $V_b = V_s$.

وتحسب مقاومة الدخل عند قاعدة الترانزستور وفق العلاقة:

$$R_{IN(Base)} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{V_b}{I_b}$$

وجهد القاعدة يساوي إلى:

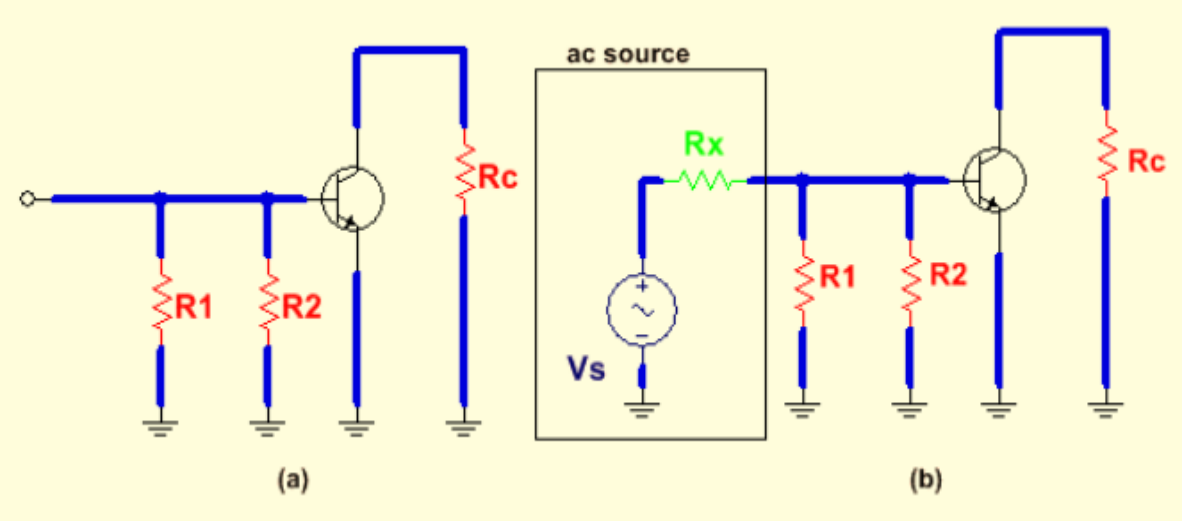
$$V_b = I_e r'_e$$

وبما أن تيار القاعدة صغير جداً فإن $I_e \cong I_c$ فيمكننا إيجاد تيار القاعدة من العلاقة $\beta_{ac} = \frac{I_c}{I_b}$ وفق مايلي:

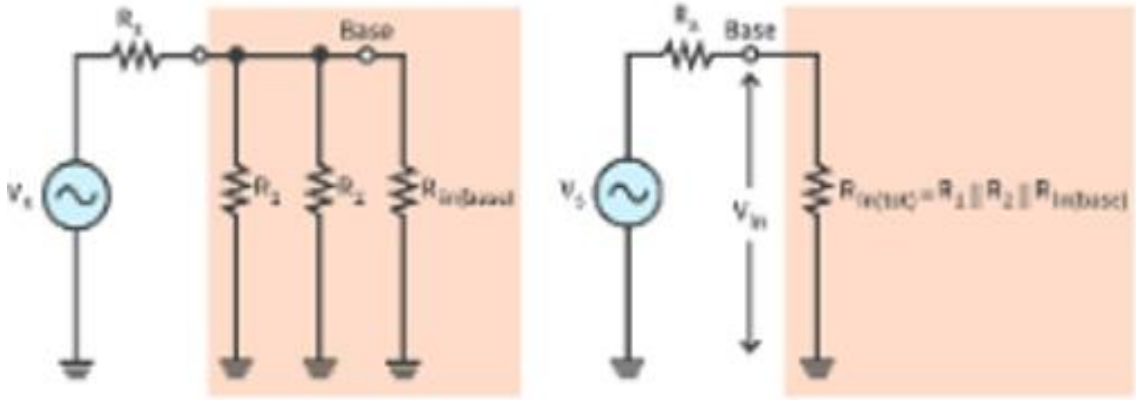
$$I_b \cong \frac{I_e}{\beta_{ac}}$$

وبالتعويض عن كل من I_b و V_b تصبح مقاومة الدخل من الشكل:

$$R_{IN(Base)} = \frac{V_b}{I_b} = \frac{I_e r'_e}{\frac{I_e}{\beta_{ac}}} = \beta_{ac} r'_e \qquad (1-3)$$



الشكل (7): الدارة المكافئة للتيار المتناوب من أجل المضخم ذو الباعث المشترك



الشكل (8): تركيب المقاومات الموصولة على التوازي للحصول على المقاومة الكلية للمدخل $R_{IN(total)}$

ومقاومة المخرج للمضخم الترانزستوري ذو الباعث المشترك هي المقاومة التي تظهر عند المجمع وتساوي إلى:

$$R_{out} = R_C \parallel r_c'$$

ولكن المقاومة الداخلية الديناميكية لمجمع الترانزستور كبيرة وأكبر بكثير من R_C وبالتالي تهمل وتصبح:

$$R_{out} \cong R_C \qquad (1-4)$$

ويمكننا الحصول على علاقة الربح بالجهد الديناميكية من أجل المضخم ذو الباعث المشترك باستخدام الدارة المبينة في الشكل (9) والربح هنا هو نسبة جهد الخرج المتناوب عند المجمع V_c إلى جهد الدخل المتناوب عند القاعدة V_b بالشكل:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_c}{V_b} \qquad (1-5)$$

يعطى جهد الخرج V_c بالعلاقة:

$$V_c = I_c R_C$$

ومن الدارة $I_c = \alpha_{ac} I_e \cong I_e$

ومنه

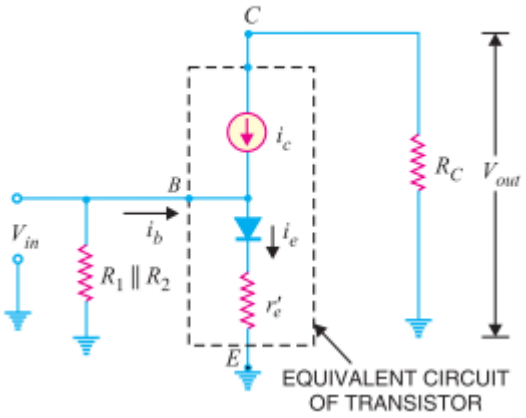
$$V_c = I_e R_C$$

و $V_b = I_e r'_e$

وبالتعويض عن كل من V_b وV_c بالعلاقة (5−1) نجد:

$$A_v = \frac{V_c}{V_b} = \frac{I_e R_C}{I_e r'_e} = \frac{R_C}{r'_e} \qquad (1-6)$$

وتعبر المعادلة (6−1) عن الربح بالجهد من أجل الدارة المدروسة والموافقة من القاعدة إلى المجمع.



الشكل (9): الدارة المكافئة لدارة المضخم

وللحصول على الربح الإجمالي للمضخم عند انتقال الإشارة من منبع الجهد إلى المجمع لابد من احتساب الضعف الذي تتعرض له إشارة الجهد في مدخل الدارة وتضعف إشارة الجهد.

يساوي الربح الإجمالي للمضخم إلى حاصل ضرب مقدار إضعاف الإشارة التي تبدأ من المنبع وتصل إلى القاعدة في الربح الذي تكتسبه الإشارة عند انتقالها من القاعدة إلى المجمع.

يعطى مقدار إضعاف الإشارة بالعلاقة:

$$\text{مقدارالإضعاف} = \frac{V_b}{V_s} = \frac{R_{IN(total)}}{R_s + R_{IN(total)}}$$

ويعطى عندها الربح الإجمالي بالعلاقة:

$$A'_v = \frac{V_b}{V_s} A_v \qquad (1-7)$$

دراسة تأثير مكثفة التمرير الموصولة بالباعث على الربح بالجهد:

تؤمن مكثفة التمرير الموصولة بباعث الترانزستور والممثلة بالكمية C_E قصراً فعالاً أمام الإشارة المتناوبة بعيداً عن مقاومة الباعث بحيث يبقى الباعث عند الأرضي الديناميكي ويكون ربح المضخم المدروس أعظمياً بوجود مكثفة التمرير ويساوي إلى العلاقة (6−1) ويجب أن تكون سعة مكثفة التمرير كبيرة كفاية بحيث تكون ممانعتها الردية في كامل المجال الترددي للمضخم صغيرة جداً مقارنة مع المقاومة R_E ويجب أن تكون مكثفة التمرير X_C أصغر ب 10 مرات على الأقل من R_E عند التردد الأصغري الذي يعمل من أجله المضخم $10X_C \leq R_E$

وتتعين قيمة سعة مكثفة التمرير من العلاقة:

$$C_E = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

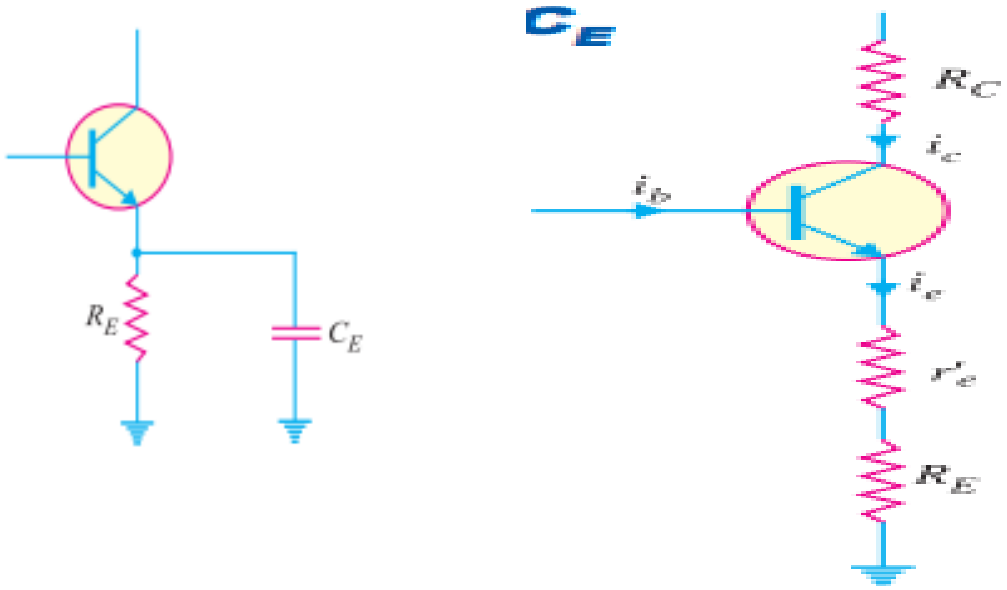
أما في حال عدم وجود مكثفة التمرير فإن إشارة التيار المضخمة المتدفقة عبر R_E ستسبب انخفاضاً في الجهد عبرها ومنه انخفاض جهد المخرج. أي ستظهر المقاومة R_E أمام الإشارة المتناوبة وتضاف إلى المقاومة الداخلية للباعث r_e' وتعطى علاقة الربح بالجهد عندئذٍ بالشكل:

$$A_v = \frac{R_C}{r_e' + R_E} \qquad (1-9)$$

وبوجود مكثفة التمرير تصبح العلاقة من الشكل:

$$A_v = \frac{R_C}{R_E}$$

يوضح الشكل (10) جزء الدارة المكافئة لدارة المضخم الباعث المشترك بوجود مكثفة التمرير وبغيابها.



الشكل (10): جزء الدارة المكافئة للمضخم بوجود مكثفة التمرير وبغيابها

دراسة تأثير الحمولة على الربح بالجهد:

تعرف الحمولة بأنها كمية التيار المسحوبة من مخرج مضخم أو دارة أخرى عبر مقاومة الحمولة.

ترتبط مقاومة الحمولة R_L بالمخرج من خلال مكثفة الاقتران C_2 وعندها تساوي المقاومة الديناميكية الكلية للمجمع وفق العلاقة:

$$R_c = R_C \parallel R_L = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \qquad (1-10)$$

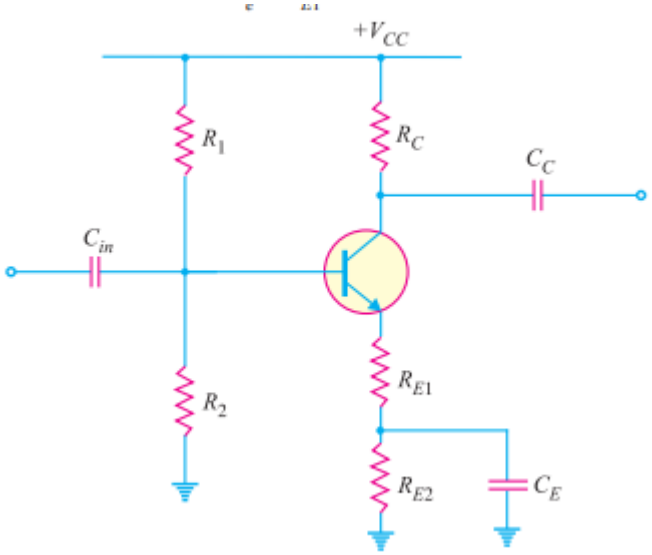
وعندها تعوض R_c وفق قيمتها المحسوبة (1-10) بعلاقة الربح بالجهد (1-6).

دراسة استقرارية الربح بالجهد:

تعد الاستقرارية معياراً أو مقياساً لقدرة المضخم على الاحتفاظ جيداً بقيمه التقديرية عند تغيرات درجة الحرارة على الرغم من أن غياب مقاومة الباعث ينتج ربحاً أعظمياً بالجهد إلا أنه لابد من التطرق ل عملية استقرارية الدارة كون الربح بالجهد المتناوب مرتبط بالمقاومة الديناميكية للباعث r_e' وفق العلاقة (1-6) و ترتبط المقاومة الداخلية للباعث بكل من تيار الباعث المستمر ودرجة الحرارة وهذا ما يجعل الربح غير مستقر خلال التغيرات التي تطرأ على درجة الحرارة لأنه عند ازدياد r_e' يتناقص الربح والعكس بالعكس.

عند غياب مكثفة التمرير يتناقص الربح بالجهد وفق العلاقة (9-1).

وفي حال وجدت مكثفة التمرير وارتباطها جزئياً بين مقاومتي الباعث الداخلية والمستمرة (مقترنة سعوياً جزئياً من خلال مكثفة التمرير C_E) كما هو موضح في الشكل (11).



الشكل (11): الدارة مع مكثفة تمرير مرتبطة جزئياً مع الباعث

في هذه الحالة تعطى المقاومة الديناميكية الداخلية عند مدخل الترانزستور بالعلاقة:

$$R_{IN(Base)} = \beta_{ac}(r'_e + R_{E1})$$

وتعطى علاقة الربح بالجهد بالعلاقة:

$$A_v \cong \frac{R_C}{R_{E1}}$$

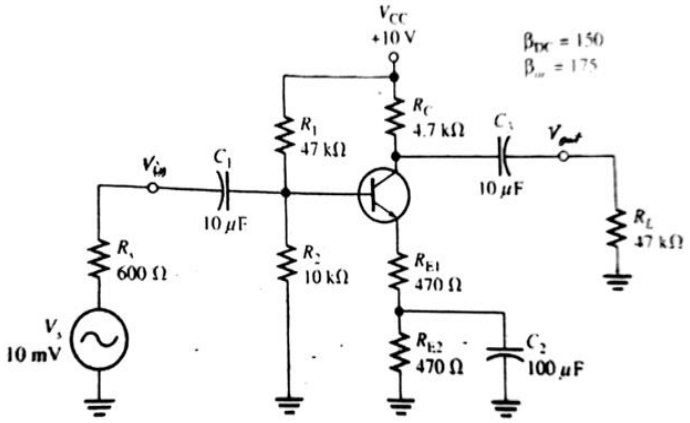
انقلاب الطور في المضخم ذو الباعث المشترك:

إن جهد الخرج عند المجمع للمضخم يختلف بالطور عن جهد الدخل عند القاعدة بمقدار 180^0 ويشار إلى الانقلاب في الطور أحياناً بإشارة سالبة توضع أمام الربح بالجهد.

مثال: لتكن دارة المضخم ذو الباعث المشترك الموضحة في الشكل المجاور والمطلوب:

عين كلٍ من جهد المجمع الساكن، وجهد المجمع الديناميكي.

ارسم شكل الجهد الكلي للمجمع وشكل جهد الخرج الكلي.



أولاً لإيجاد قيمة جهد المجمع الساكن لابد من تحليل الدارة المستمرة المكافئة المبينة في الشكل (12) وتطبيق القوانين الخاصة بحساب الجهد للقاعدة والباعث والمجمع وأولاً نحسب مقاومة الدخل للترانزستور والتي تعطى بالعلاقة

$$R_{IN(Base)} = \beta_{DC}R_E = \beta_{DC}(R_{E1} + R_{E2}) = 150(470 + 470)\Omega = 141k\Omega$$

وطالما محقق الشرط $\beta R_E \geq 10R_2$ ويحسب جهد القاعدة الساكن بتطبيق العلاقة:

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{10k\Omega}{(47 + 10)k\Omega}(10) = 1.75$$

وتحسب V_E من العلاقة:

$$V_E = V_B - V_{BE} = 1.75 - 0.7 = 1.05V$$

ومنه:

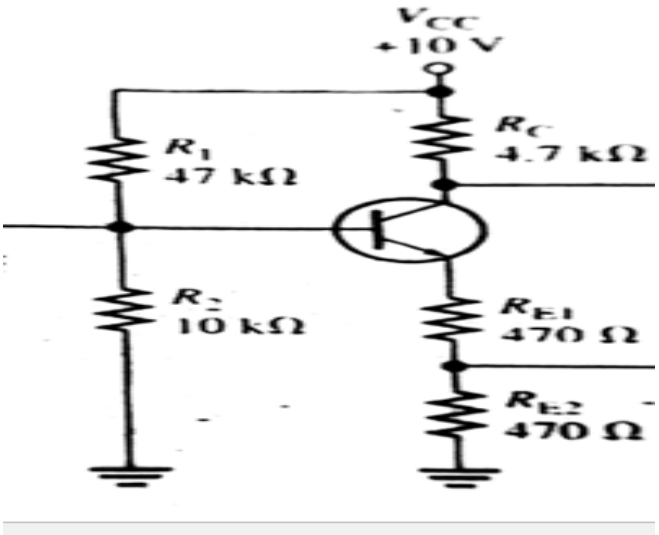
$$I_E = \frac{V_E}{(R_{E1} + R_{E2})} = \frac{1.05}{470 + 470} = 1.12mA$$

وبما أن $I_C \cong I_E$ يمكننا حساب قيمة جهد المجمع من العلاقة:

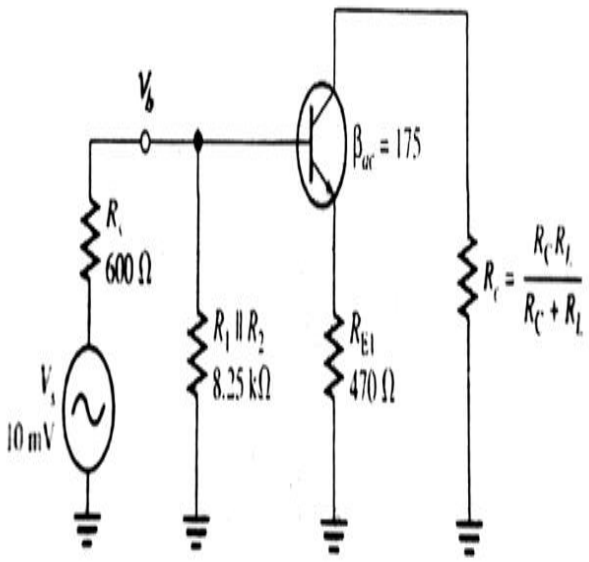
$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 10 - (1.12mA)(4.7k\Omega) = 4.74V$$

ومنه

$$V_{CE} = V_C - V_E = V_{CC} - I_C(R_C + R_E) = 3.69V$$



الشكل (12) الدارة المستمرة المكافئة



الشكل (13)الدارة المتناوبة المكافئة

لحساب جهد المجمع الديناميكي سندرس ونحلل الدارة الديناميكية المكافئة لدارة المضخم المدروس الموضحة بالشكل (13).

نحسب أولاً المقاومة الديناميكية الداخلية للباعث من العلاقة:

$$r'_e \cong \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{1.12mA} = 22\Omega$$

نحسب المقاومة الداخلية الكلية من العلاقة (1−1):

$$R_{IN(total)} = R_1 \| R_2 \| R_{IN(Base)}$$

نحسب المقاومة الداخلية الديناميكية من العلاقة:

$$R_{IN(Base)} = \beta_{ac}(r_e' + R_{E1}) = 175(492) = 86.1k\Omega$$

ومنه

$$R_{IN(total)} = 47 \parallel 10 \parallel 86.1 = 7.53\ k\Omega$$

نحسب مقدار إضعاف الإشارة عند انتقال الإشارة من المنبع إلى القاعدة ويساوي إلى:

$$\frac{V_b}{V_s} = \frac{R_{IN(total)}}{R_s + R_{IN(total)}} = \frac{7.53k\Omega}{600\Omega + 7.53k\Omega} = 0.93$$

نعين الربح بالجهد الكلي من العلاقة $(1-9)$

$$A_v = \frac{R_C}{r_e' + R_E} \cong \frac{R_C}{R_{E1}}$$

وطالما موجودة مقاومة الحمولة فإن $R_c \cong R_C$ وتحسب من العلاقة $(1-10)$:

$$R_c = R_C \parallel R_L = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} = \frac{(47)(47)}{47 + 47} = 4.27\ k\Omega$$

ومنه الربح بالجهد من القاعدة إلى المجمع يساوي إلى:

$$A_v \cong \frac{R_c}{R_{E1}} = \frac{4.27k\Omega}{470\Omega} = 9.09$$

والربح الكلي للجهد يعطى بالعلاقة $(1-7)$:

$$A_v' = \frac{V_b}{V_s} A_v = (0.93)(9.09) = 8.45$$

والمنبع يقدم جهداً قيمته التربيعية الوسطية 10mV فإن القيمة التربيعية للجهد عند المجمع تساوي إلى:

$$V_c = A_v' V_s = 8.45(10\text{mV}) = 84.5\text{mV}$$

الجهد الكلي للمجمع هي إشارة الجهد ذات القيمة التربيعية الوسطية 84.5mV والمحمولة على المستوي الساكن وتتعين القيمة العظمى كما يلي:

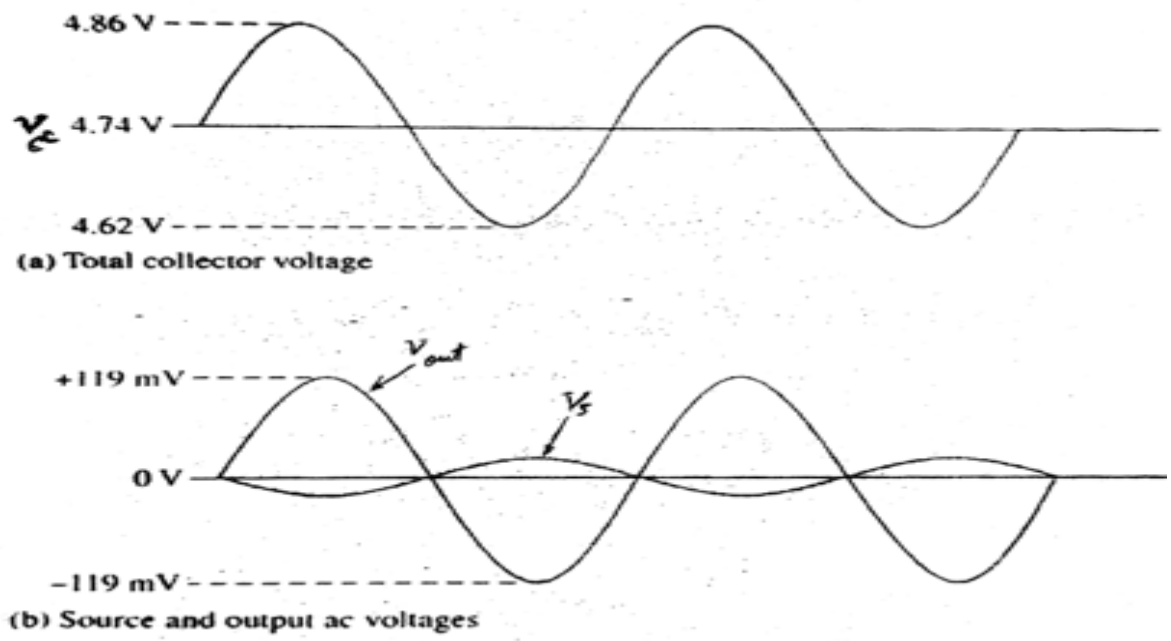
$$maxV_{c(peak)} = V_C + \sqrt{2}V_{rms} = 4.74 + (1.414)(84.5mV) = 4.86V$$

$$minV_{c(peak)} = V_C - \sqrt{2}V_{rms} = 4.74 - (1.414)(84.5mV) = 4.62V$$

تحافظ مكثفة الاقتران على المستوي الساكن لكي لا يذهب إلى الخرج وعليه V_{out} يساوي إلى الجزء المتناوب فقط من جهد المجمع

$$V_{out} = (1.414)(84.5mV) = 119mV$$

ويوضح الشكل التالي شكل جهد الخرج الكلي.



الربح بالتيار:

يساوي الربح بالتيار كما تعلمنا سابقاً إلى $\beta_{ac} = \frac{I_c}{I_b}$ ولكن الربح الكلي بالتيار لدارة المضخم ذو الباعث المشترك فيساوي إلى:

$$A_i = \frac{I_c}{I_s}$$

تمثل I_s إلى تيار المدخل الكلي لدارة المضخم والناتج من المنبع والذي يقسم إلى جزئين تيار القاعدة الديناميكي I_b والجزء الأخر الذي يذهب إلى دارة الانحياز بمقسم جهد وبالتالي يعطى التيار الكلي الناتج من المنبع بالعلاقة:

$$I_s = \frac{V_s}{R_s + R_{IN(total)}}$$

ويعطى الربح بالاستطاعة وفق العلاقة:

$$A_p = A'_v A_i$$

مكتبة A to Z