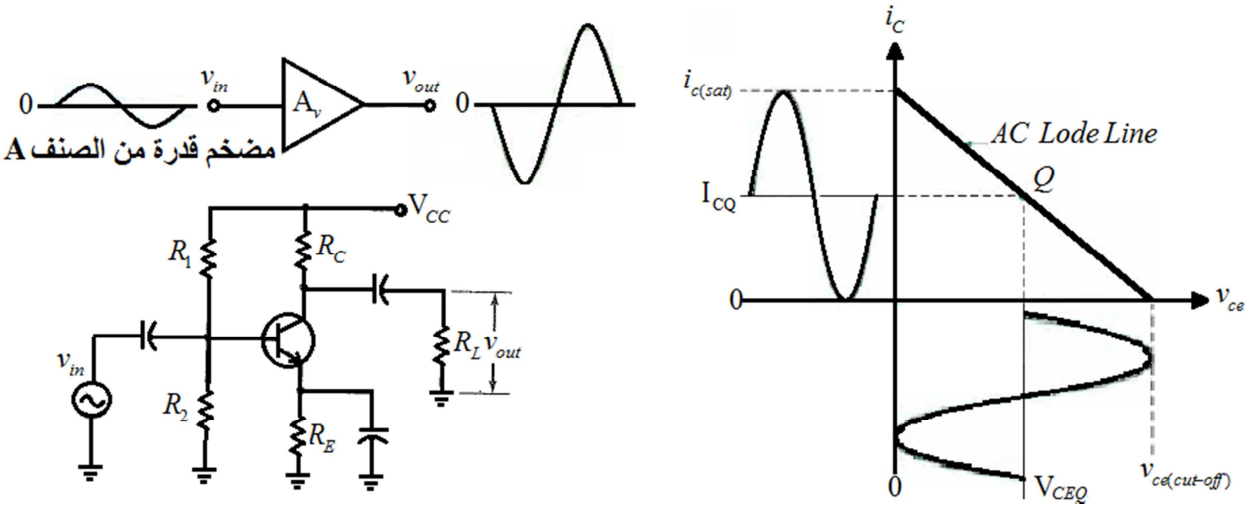
تكون المراحل الأخيرة في العديد من المنظومات مضخمات اشارة كبيرة والتي يكون فيها التركيز على كسب القدرة، وتسمى تلك المضخمات بمضخمات قدرة (Power Amplifiers). الترانزستورات المستعملة في مضخمات الاشارة الصغيرة التي سبق ان تناولناها في الفصل السادس يطلق عليها ترانزستورات الاشارة الصغيرة (small-signal transistors)، بينما تسمى الترانزستورات المستعملة في مضخمات القدرة بترانزستورات القدرة (power transistors)، وعادة ما تكون لترانزستورات الاشارة الصغيرة قدرة اقل من نصف وات، بينما تكون لترانزستورات القدرة بحدود واحد وات فاكثر وقد تصل الى 75 وات. تستعمل مضخمات القدرة بشكل اساسي في اجهزة الاتصالات (الاستقبال والارسال) حيث تستعمل لتوفير اشارة بقدرة عالية التي تتطلبها اجهزة الاستقبال مثل السماعات و شاشات العرض، او هوائيات الارسال.

عادة ما تستعمل مضخمات القدرة ربط من نوع الباعث المشترك وذلك لكونه طريقة الربط الوحيدة التي توفر اكبر تضخيم في القدرة، وهناك اربعة انواع (اصناف) اساسية من مضخمات القدرة وهي:

١.٨ مضخم القدرة من الصنف A (Class A Power Amplifier)

يشبه مضخم القدرة من الصنف A مضخم الاشارة الصغيرة من حيث تصميم دائرة تحيزه لجعله عاملاً في المنطقة الفعالة بحيث تكون نقطة العمل الساكنة واقعة في منتصفه، ويختلف عنه بكون الترانزستور المستعمل هو ترانزستور قدرة كما ان الجزء المستغل من خط الحمل يكون اكبر وقد يصل الى كامل خط الحمل، الشكل (٨-١) يوضح مضخم القدرة من الصنف A وشكل الفولتية الداخلة والخارجة. حيث يلاحظ ان فولتية الاخراج هي نسخة مكبرة من فولتية الادخال وباختلاف في الطور مقداره (180^o) وان تيار الجامع (i_C) يمر في طرف الجامع خلال الدورة الكاملة (360^o).



شكل ٨-١: مضخم قدرة من الصنف A

من مميزات مضخم القدرة من الصنف A هو خلو الاشارة الخارجة من التشويه، حيث يكون شكل الاشارة الخارجة مشابهاً لشكل الاشارة الداخلة ولكن بصورة مكبرة، وكما يمتاز بكسب قدرة عالي.

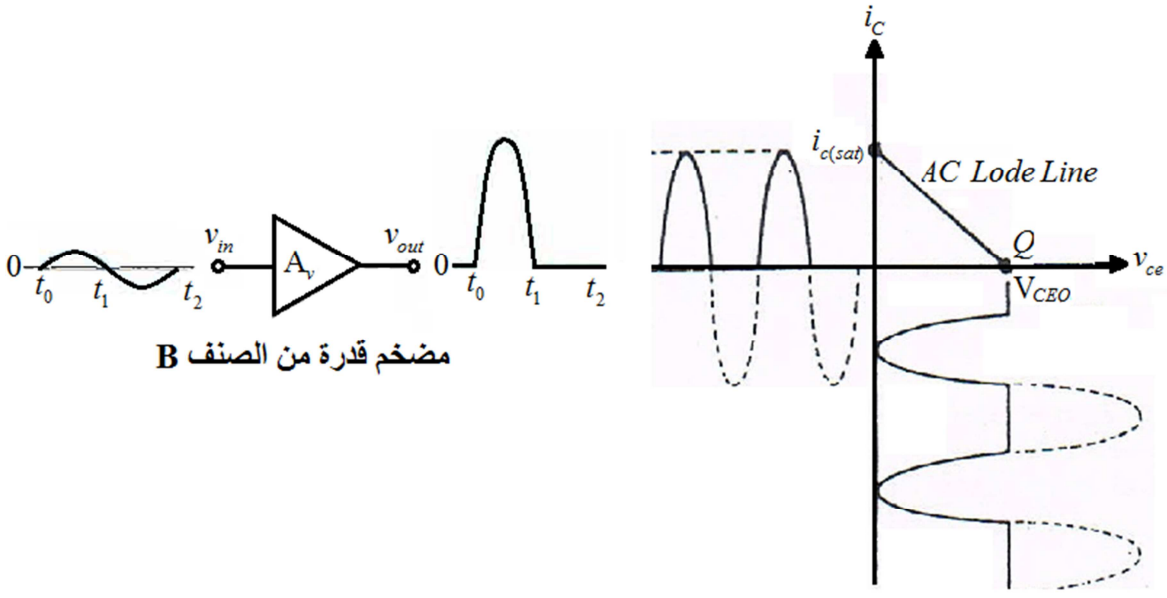
اما سلبيات مضخم القدرة من الصنف A فتتمثل بكونه يستهلك طاقة مستمرة حتى عند غياب اشارة الادخال (والمتمثلة بتيار السكون I_{CQ})، وبالنتيجة فانه يمتلك كفاءة η (efficiency) واطئة، وتعرف الكفاءة بانها النسبة بين القدرة المتناوبة الخارجة من المضخم الى القدرة المستمرة المجهزة له، اي ان:

$$\eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{in(dc)}} \qquad (8-1)$$

ان اقصى كفاءة يمكن الحصول عليها من مضخم قدرة من الصنف A يستعمل اقران المتسعة لا يمكن ان تتجاوز (25%) وعملياً تكون بحدود (10%)، وعلى الرغم من انه بالإمكان تحسين الكفاءة من خلال استعمال اقران المحولة حيث يمكن الوصول الى كفاءة تعادل (50%) الا ان ذلك يصاحبه زيادة في الوزن والتكلفة بالإضافة ان اقران المحولة يصاحبه مشاكل تتعلق بالتشويه في الجهد بسبب المحولة. وبشكل عام فان ضعف الكفاءة يحد من استعمال مضخم صنف A في التطبيقات المتعلقة بمضخمات القدرة.

٢.٨ مضخم القدرة من الصنف (B) Class B Power Amplifier

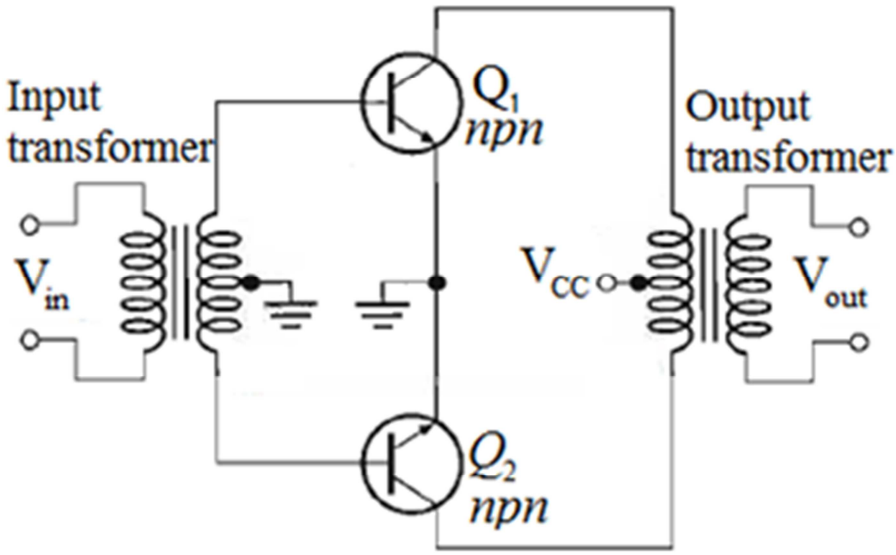
الشكل (٨-٢) يوضح مضخم قدرة من الصنف B وشكل الموجة الداخلة والخارجة، في هذا النوع يتم التحييز بحيث تكون نقطة العمل الساكنة تقطع في نقطة القطع ($I_{CQ}=0,\ V_{CEQ}=V_{CE(cut\text{-}off)}$)، وكما نلاحظ من الشكل ان مضخم الصنف B يقوم بتضخيم نصف موجة الادخال الموجب (t_0-t_1)، اما النصف السالب (t_1-t_2) فلا يتم تضخيمه (الترانزستور في منطقة القطع)، اي ان التيار يمر في الترانزستور خلال



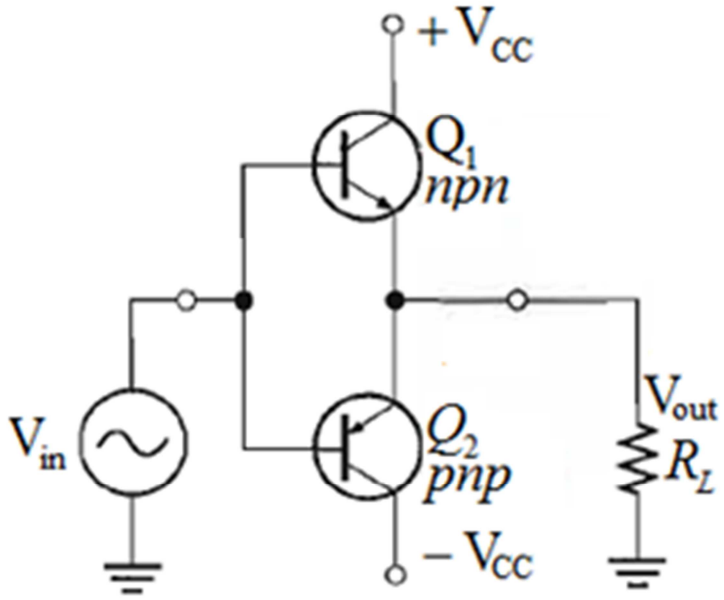
مضخم قدرة من الصنف B

شكل ٨-٢: مضخم قدرة من الصنف B

نصف موجة فقط (180^o) ان هذا الترتيب يتيح استغلال كامل خط الحمل لتضخيم نصف الموجة، مما يوفر تضخيم يعادل ضعف التضخيم الذي يتحصل عليه من مضخم صنف A، كما يلاحظ انه لا يمر تيار في المضخم عند عدم وجود اشارة ادخال (نقطة العمل الساكنة في نقطة القطع)، وهذا يعني ان لمضخم B كفاءة افضل من مضخم صنف A، حيث تكون كفاءة صنف B عالية (78.5%)، بجانب هذه الصفات الايجابية هناك سلبية اساسية لمضخم صنف B وهي ان التضخيم يشمل نصف موجة الادخال فقط، ولتلافي هذه المشكلة يتم ربط مضخمي قدرة من صنف B للعمل بالتعاقب كمضخم قدرة واحد بحيث يقوم كل مضخم بتضخيم نصف الموجة وبالنتيجة نحصل على تضخيم لكامل الموجة، يسمى هذا النوع بمضخم (دفع–سحب) Push–Pull، وهناك نوعان منها: الأول مضخم Push–Pull من صنف B باقران المحولة الموضح بالشكل (٨–٣) والثاني مضخم Push–Pull من صنف B باستعمال ترانزستورين متتامين مع مصدري جهد كما هو موضح بالشكل (٨–٤) .

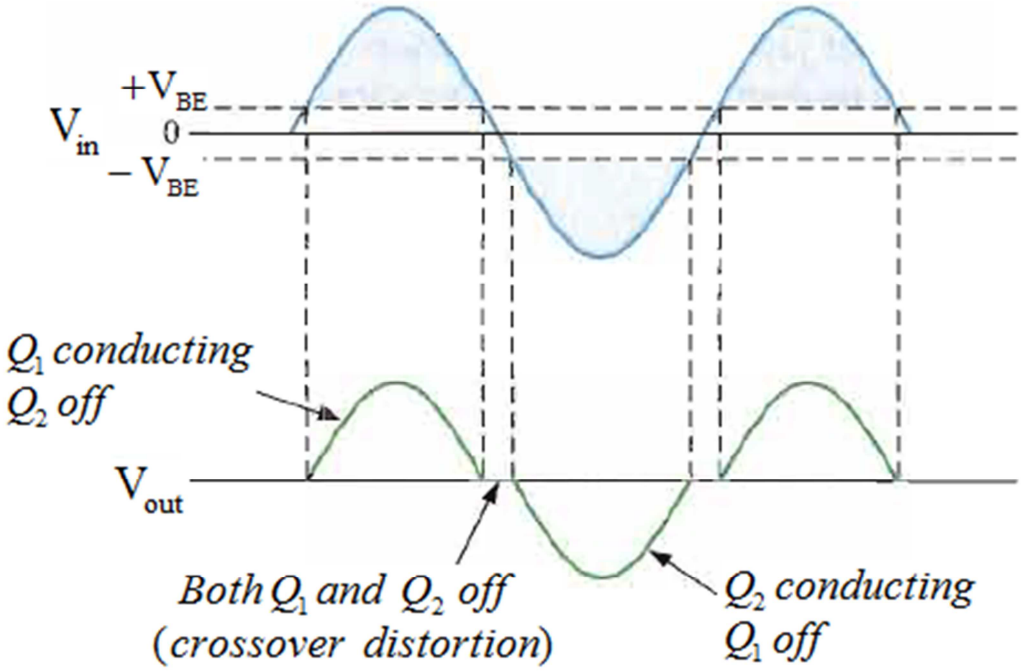


شكل ٨–٣: مضخم Push–Pull من صنف B باقران محولة



شكل ٨–٤: مضخم Push–Pull من صنف B باستعمال ترانزستورين متتامين

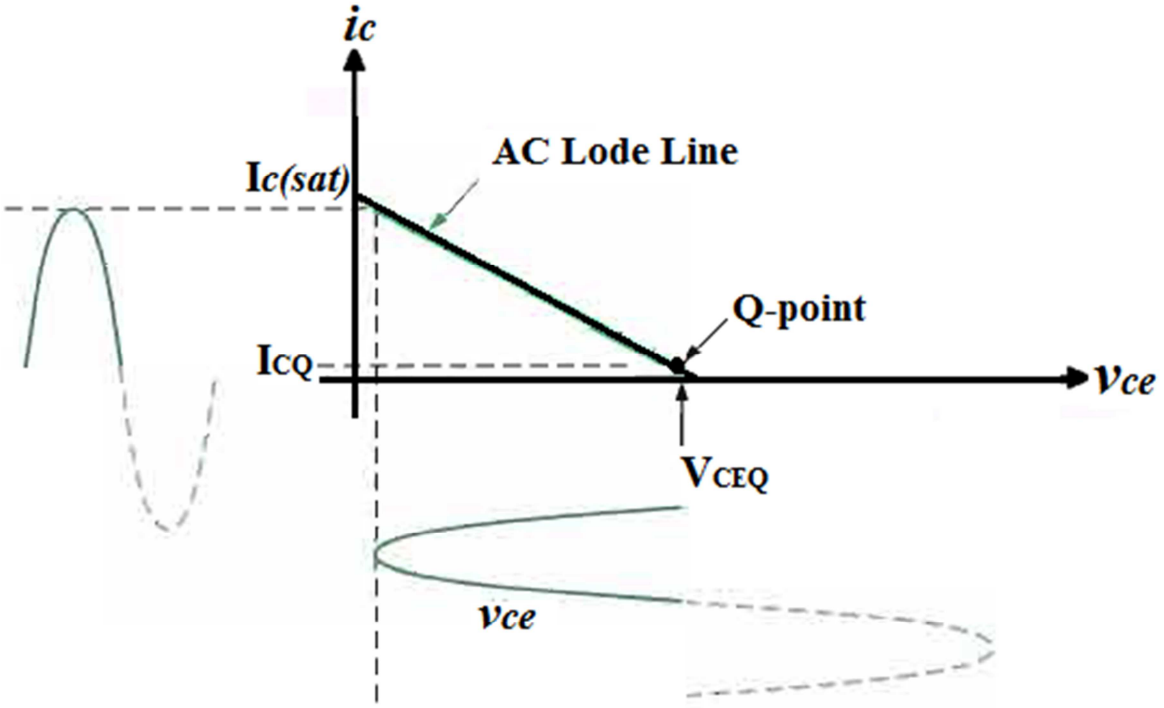
هناك مشكلة أساسية تعاني منها مضخمات Push–Pull من الصنف B هو تشويه يسمى تشوه العبور (crossover distortion)، فعندما يكون جهد تحييز القاعدة صفراً يكون كلا الترانزستورين في حالة قطع (نقطة السكون في نقطة القطع)، وعندها يكون لزاماً على إشارة الإدخال ان تتغلب على جهد الوصلة (V_{BE}) لكي يصبح الترانزستور في حالة توصيل، ونتيجة لذلك فان جزء موجة الإدخال التي اقل من جهد الوصلة لنصفي موجة الإدخال سوف لا تظهر في إشارة الإخراج، وتظهر إشارة الإخراج مشوهة في تلك منطقة وكما موضح بالشكل (٨–٥).



شكل (٨–٥) تشوه العبور في مضخمات Push–Pull

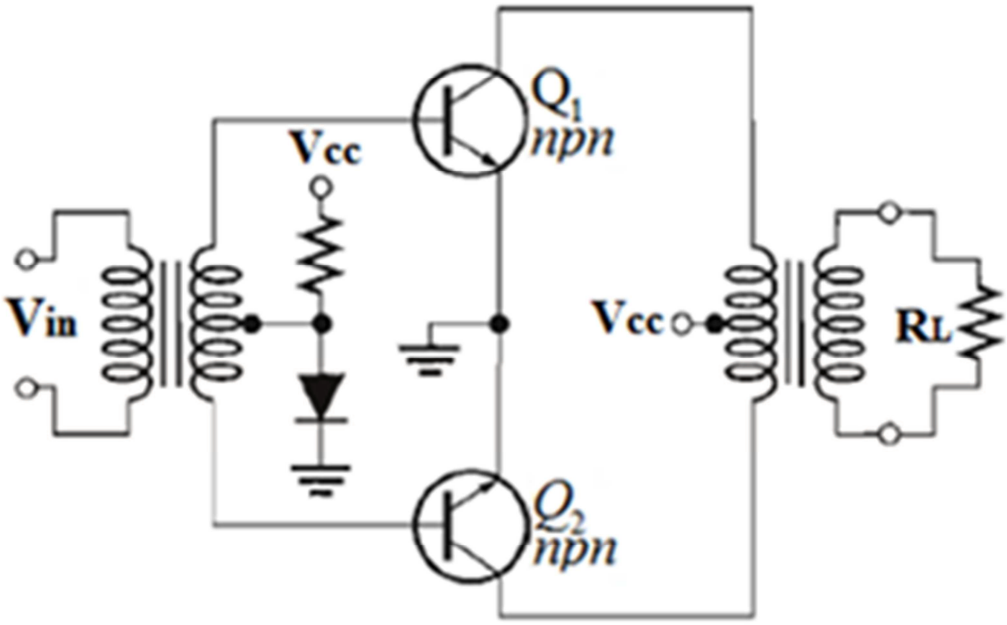
٣.٨ مضخم القدرة من الصنف Class AB Power Amplifier (AB)

في هذا الصنف من مضخم القدرة يتم التغلب على مشكلة تشوه العبور من خلال ضبط دائرة التحييز بطريقة تتيح التغلب على جهد الوصلة للترانزستور، حيث يكون موضع نقطة العمل الساكنة اعلى بقليل من نقطة القطع، ونتيجة لذلك يمر تيار في الترانزستور لفترة اكبر بقليل من (180^o)، الشكل (٨-٦) يوضح خط الحمل المتناوب لمضخم قدرة من الصنف AB .

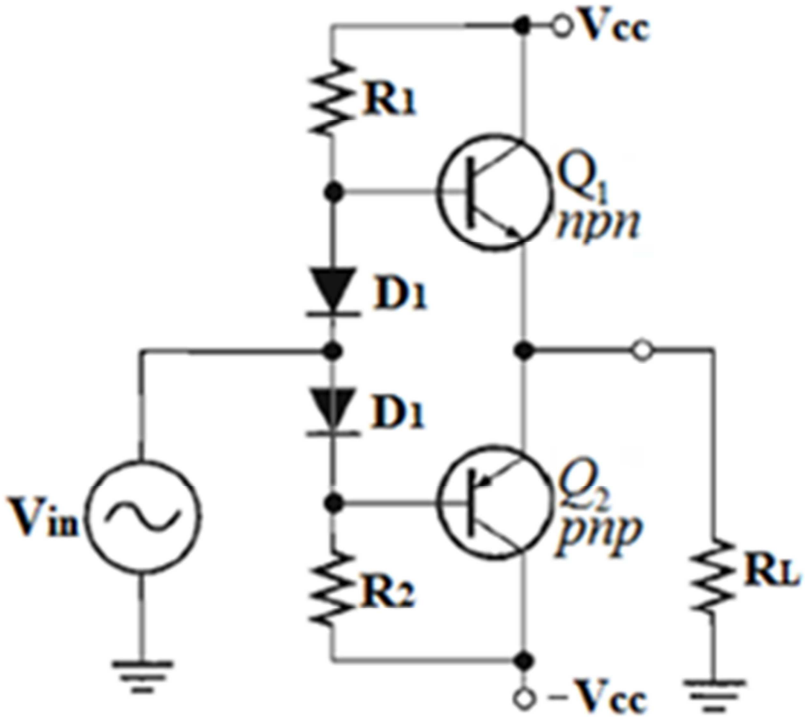


شكل (٨-٦) خط الحمل المتناوب في مضخم القدرة من الصنف AB

عادة ما يكون مضخم القدرة من الصنف AB من نوع مضخم (push-pull) (لماذا؟)، الشكل (٨-٧) يوضح مضخم (push-pull) من الصنف AB باقران محولة بينما يمثل الشكل (٨-٨) مضخم (push-pull) من الصنف AB باقران بترانزستورين متتامين.



شكل ٨–٧: مضخم Push–Pull من صنف AB باقران محمولة



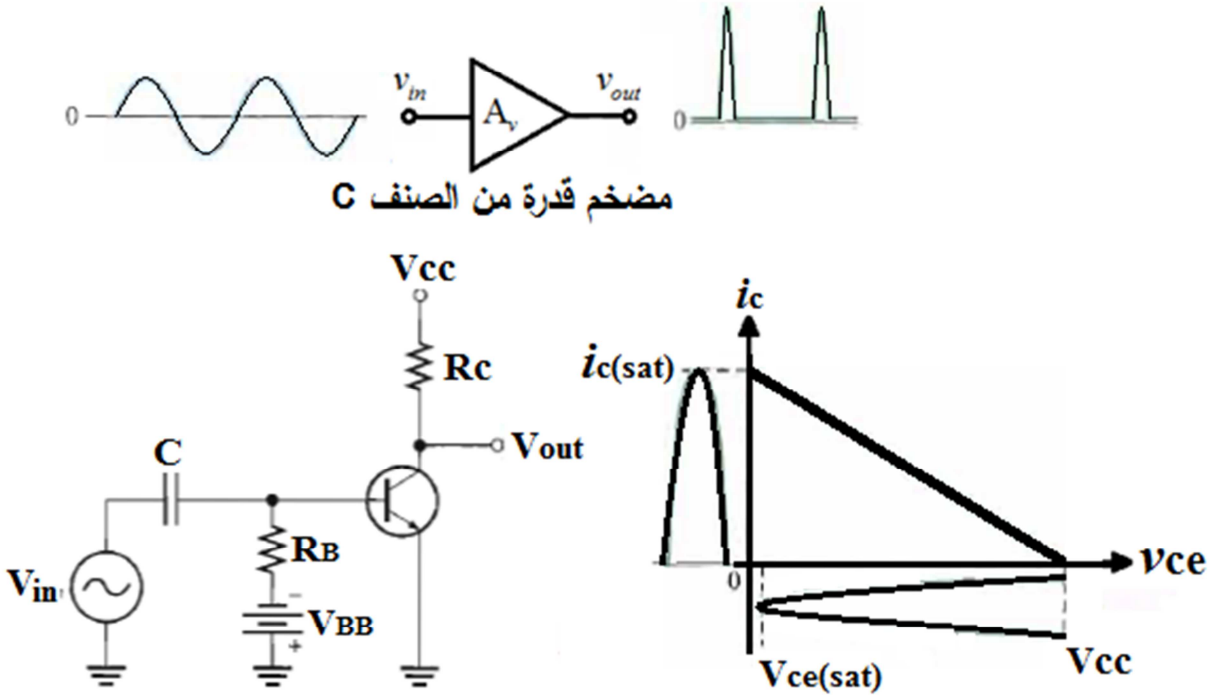
شكل ٨–٨: مضخم Push–Pull من صنف AB باستعمال بترانزستورين متتامين

ان جعل موضع نقطة العمل اعلى بقليل من نقطة القطع سيؤدي الى امرار تيار (وان كان قليلاً) في الترانزستور حتى عند غياب اشارة الادخال، وبالنتيجة فان الكفاءة ستقل كلما ارتفعت نقطة العمل عن موضع

القطع، ولهذا فان كفاءة مضخم القدرة AB تكون اقل من كفاءة مضخم القدرة B حيث تتراوح كفاءة مضخم قدرة AB بين (25%–78.5%).

٤.٨ مضخم القدرة من الصنف (C) Class C Power Amplifier

يستعمل هذا النوع من مضخمات القدرة عندما يكون التضخيم في القدرة مطلوباً عند تردد معين او في مدى ضيق من الترددات لذا فكثيراً ما يستعمل في دوائر المذبذبات والمراحل الاخيرة من اجهزة الارسال الراديوية حيث تكون الحاجة الى الكفاءة العالية من غير الاهتمام بشكل الموجة (تشوهها)، ويمر التيار في الترانزستور لفترة اقل من نصف موجة (180^o). ويمتاز مضخم القدرة من الصنف C بكفاءة عالية (90%) او اكثر. الشكل (٨–٩) يوضح مضخم القدرة من الصنف C.



شكل ٨–٩: مضخم قدرة من الصنف C

أسئلة الفصل الثامن

س١: وضح المقصود بمضخمات القدرة وما انواعها.

س٢: قارن بين كل من مضخم القدرة من الصنف A و B و AB وذلك من حيث: أ- شكل الموجة الخارجة ب-الفترة التي يمر فيها التيار بالترانزستور جـ- موضع نقطة العمل الساكنة د.- الكفاءة.

س٣: ما هو الاختلاف بين مضخم القدرة من الصنف B ومضخم القدرة من الصنف AB.

س٤: بالاعتماد على المفاهيم التي درستها في مادة الالكترونيات، ارسم مخططاً لمنظومة الكترونية مؤلفة من عدة مراحل يمكنك بواسطتها الحصول على مضخم صوتي يجهز من الشبكة الوطنية، باعتبار توفر العناصر التالية: ميكرفون (جهاز يحول صوت المتحدث الى اشارة كهربائية ضعيفة)، سماعة (جهاز يحول الطاقة الكهربائية الى صوتية) عالية القدرة، مقاومات، متسعات، محولات مختلفة، ثنائيات تقويم، ثنائي زينر، ترانزستورات مختلفة npn و pnp.