المحاضـــ 11 ـــرة

مكبرات ترازستور متعدد المراحل

Multistage Transistor Amplifiers

مقدمة

مكبر ترانزستور مكون من مرحلة واحدة عادة يكون غير كافي لتكبير الاشارة في كثير من التطبيقات. في هذا النوع من المكبرات يكون اخراج احدى مراحل التكبير كاشارة داخلة للمرحلة اللاحقة والتي ستكبرها لتكون اشارة ادخال للمرحلة التالية وهكذا. من امثلة ذلك اجهزة الراديو اذ يستخدم مكبر متعدد المراحل يصل الى ستة لتكبير الصوت.

طرق ربط المراحل المتعددة لمكبر الترانزستور

يتم ربط المراحل مع بعضها البعض بعدة طرق واشهرها استخدام المتسعة capacitor الو المحلولة transformer. تقوم المتسعة الو المحولة بمهمتين رئيستين في دائرة مكبر متعدد المراحل وهي:

1. امرار الاشارة المتناوبة (المراد تكبيرها) من مرحلة الى اخرى
2. منع الجهد المستمر (جهد تحيز الجامع) للمرحلة السابقة من المرور للمرحة اللاحقة.

في بعض دوائر تكبير الاشارة يمكن اقران مراحل التكبير بشكل مباشر دون الحاجة لاستخدام متسعة او محولة اقران. تعد المتسعة الاكثر استخداما كوسيلة اقران وذلك لصغر الحجم وقلة التكلفة.

الاقران بواسطة المتسعة لدوائر مكبر ترانزستور متعدد المراحل

يتم اختيار قيمة المتسعة لغرض اقران مرحلة باخرى طبقا لتردد الاشارة المراد امرارها اذ يجب ان تكون مفاعلة reactance او ممانعة المتسعة للاشارة اقل ما يمكن طبقا للعلاقة:

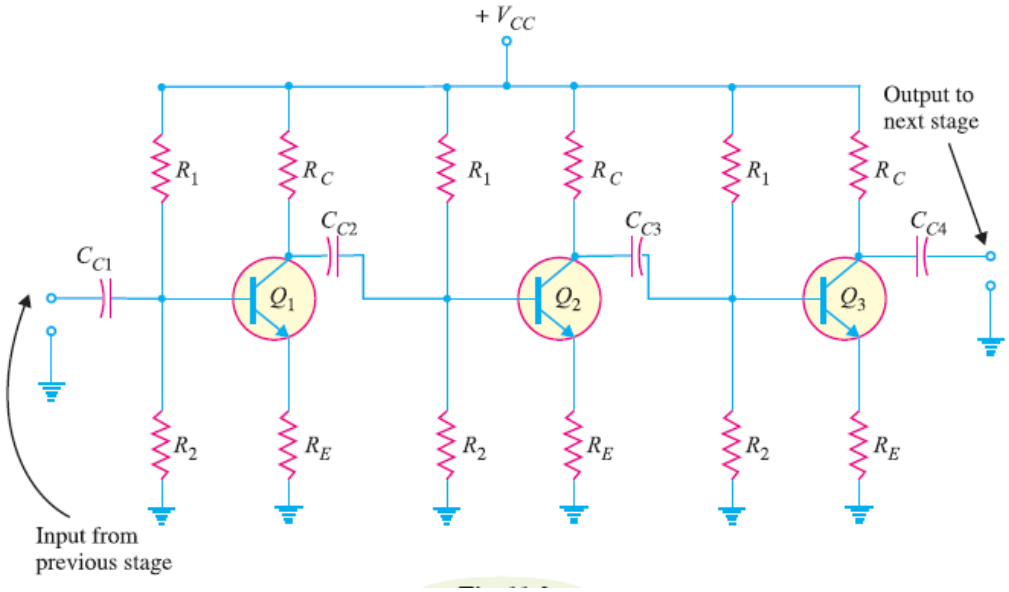
$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \quad \text{..... 4.1}$$

حيث f يمثل التردد و C سعة المتسعة.

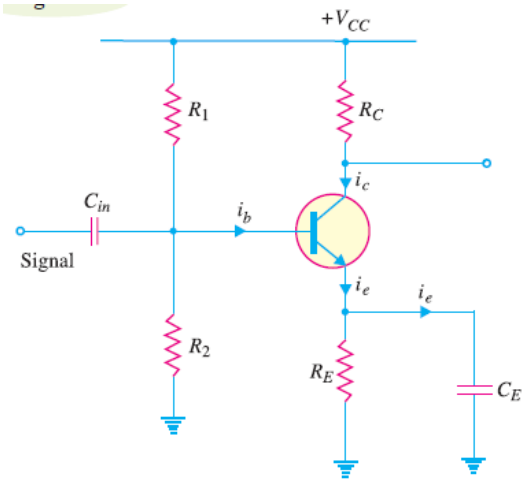
يلاحظ من العلاقة ان ممانعة المتسعة تعتمد على قيمة السعة لها وتردد الاشارة وتكون ممانعة المتسعة مالانهاية للجهد المستمر.

تقوم المتسعة في دوائر تكبير الاشارة متعددة المراحلة بعملين حسب مكان ربطها بالدائرة، فهي متسعة اقران Coupling capacitors Cc تربط مرحلة باخرى ومتسعة امرار Bypass او تجزئة الجهد وتربط على التوازي مع مقاومة الباعث.

الشكل ادناه يبين متسعات الاقران وهي C1, C2, C3, and C4



الشكل ادناه يبين متسعة تجزئة الجهد (امرار المتناوب) C_E على الباعث.



تعمل المتسعة هنا على امرار الاشارة المتناوبة على طرفي الباعث الاى الارضي دون المستمرة وبالتالي ستكون قيمة التيار المتناوب المار بالمقاومة R_E =صفر

علل/ تعتبر المتسعة C_E مهمة جدا في دوائر تكبير الاشارة المتناوبة.

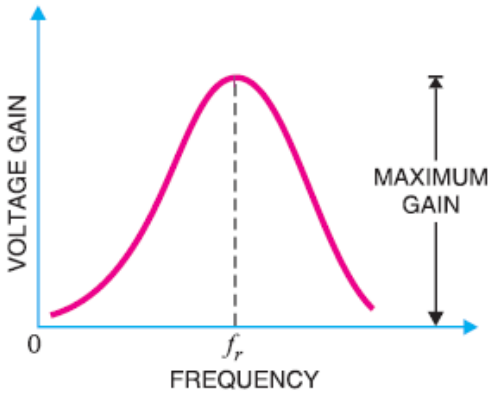
التحصيل gain يعرف بانه نسبة الكمية الكهربائية الخارجة الى الداخلة لدائرة مكبر، والتحصيل يمكن ان يحسب للجهد، التيار، او القدرة. التحصيل الكلي لدائرة المكبر متعدد المراحل يساوي حاصل ضرب تحصيل المراحل كلها.

$$A_{total} = A_1 \times A_2 \times A_3 \times ..... \qquad 4.2$$

س/ اثبت ان التحصيل الكلي لدائرة مكبر ترانزستور يساوي حاصل ضرب تحصيل المراحل.

الاستجابة الترددية Frequency response

تحصيل الجهد في دوائر مكبر الترانزستور يتاثر بتردد الاشارة الداخلة كون ممانعة المتسعات تتغير بتغير التردد (تناسب عكسي). الشكل ادناه يبين العلاقة بين تحصيل الجهد وتردد الاشارة الداخلة اذ يلاحظ ان التحصيل يكون قليلا جدا عند الترددات الواطئة ثم يزداد حتى يصل الى اكبر قيمه له ومن ثم يقل مرة اخرى بزيادة التردد.



يجب على مصمم دائرة المكبر الاخذ بنظر الاعتبار

التردد او حزمة الترددات التي يراد للدائرة العمل

ضمنها وبالتالي تصمم الدائرة وكذلك يتم اختيار نوع

الترانزستور بحيث يتم الحصول على اعلى تحصيل.

التحصيل بوحدات الديسيبيل

على الرغم من ان امكانية التعبير عن التحصيل كعدد لكن

التعبير باستخدام وحدة البيل bel او الديسبيل decibel يعتبر مهما.

$$\text{Power gain} = \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} (bel) \quad \text{..... 4.3}$$

1bel=10 db

Thus, power gain (A_P) in db units can express by

$$A_P = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} (db) \quad \text{.....4.4}$$

حساب التحصيل بوحدات db له فائدتين الاولى ان استجابة اذن الانسان للصوت لوغارتمية اي تتحسس الاذن يكون لوغارتم شدة الصوت وليس لشدة الصوت وكذلك التحصيل بوحدات db لوغارتم ام الثانية فهي ان ان التحصيل الكلي بوحدات db لمكبر متعدد المراحل يكون حاصل **جمع** تحصيل المراحل وليس ضربها.

س/ اثبت ان تحصيل مكبر من مرحلتين بوحدات db يكون حاصل جمع تحصيل المرحلتي.

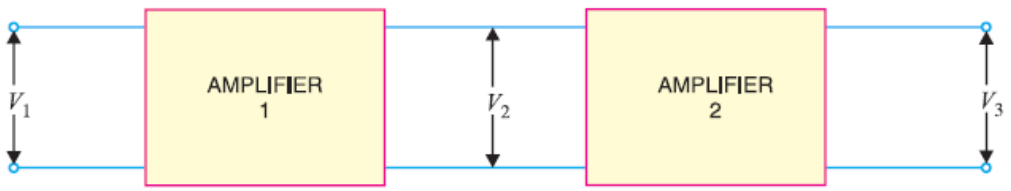
الحل/

$$\text{Gain as number} = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_3}{V_2}$$

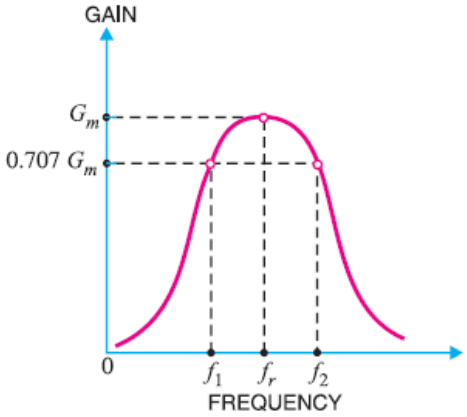
$$\text{Gain in } db = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_3}{V_2}$$

$$= 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1} + 20 \log_{10} \frac{V_3}{V_2}$$

$$= \text{1st stage gain in } db + \text{2nd stage gain in } db$$



يعرف عرض النطاق الترددي band width بانه نطاق الترددات التي يكون عندها التحصيل مساوي او اكبر من 70.7% من التحصيل الاعلى كمت يوضح ذلك الشكل ادناه.



السوال لماذا تم تحديد قيمة 70.7% من قيم التحصيل الاقصى

لتحديد مدى الترددات؟

ان ذلك يعود الى كون اذن الانسان ليست متحسس بشكل مثالي،

فقد وجد عمليا ان هبوط التحصيل بشدة الصوت الى حدود 70.7%

من التحصيل الاعلى لا تتتحس الاذن ذلك التغير ولكن عند هبوط التحصيل لاقل من هذه القيمة فان الاذن تتحسس تشويها واضحا بالصوت.

عرض نطاق التردد يساوي f1-f2 اذا يعرف f1 بانه تردد القطع الادنى بينما f2 هو تردد القطع الاعلى.

س/ اثبت ان هبوط التحصيل بين قيمته العضمى و 70.7% من القيمة العظمى يساوي 3db

الحل/

$$\text{Fall in voltage gain from maximum gain}$$
$$= 20 \log_{10} 100 - 20 \log_{10} 70.7$$
$$= 20 \log_{10} \frac{100}{70.7}\ db$$
$$= 20 \log_{10} 1.4142\ db = 3\ db$$

مثال/ احسب التحصيل بوحدات db للحالات الاتية:

1. تحصيل جهد مساوي ل 30 db
2. تحصيل جهد ل 100

الحل/

1. $Av=20\log_{10}$ 30 db=29.54 db
2. $Ap=10\log_{10}$ 100 db=20 db

مثال/عبر عن تحصل القدرة المعطى بوحدات db الى عدد

1. 40 db
2. 43 db

الحل/

$$\therefore \quad \text{Gain} = \text{Antilog } 4 = 10^4 = 10{,}000$$

$$(ii) \quad \text{Power gain} = 43\ db = 4.3\ bel$$

$$\therefore \quad \text{Power gain} = \text{Antilog } 4.3 = 2 \times 10^4 = 20{,}000$$

Alternatively. $10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} = 43\ db$

or $\log_{10} \frac{P_2}{P_1} = 43/10 = 4.3$

$$\therefore \quad \frac{P_2}{P_1} = (10)^{4.3} = 20{,}000$$

In general, we have,

$$\frac{V_2}{V_1} = (10)^{gain\ in\ db/20}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = (10)^{gain\ in\ db/10}$$

مثال/ مكبر اشارة مكون من ثلاثة مراحل تكبير الجهد للمرحلة الاولى 100 والثانية 200 والثالثة 400، احسب التكبير الكلي للدائرة بوحدات db

الحل/

$$\text{First-stage voltage gain in } db = 20 \log_{10} 100 = 20 \times 2 = 40$$
$$\text{Second-stage voltage gain in } db = 20 \log_{10} 200 = 20 \times 2.3 = 46$$
$$\text{Third-stage voltage gain in } db = 20 \log_{10} 400 = 20 \times 2.6 = 52$$
$$\text{Total voltage gain} = 40 + 46 + 52 = 138\ db$$

مثال/ مكبر مكون من خمسة مراحل التحصيل لكل مرحلة 30 db، جد التحصيل الكلي.

الحل

$$A_P = 10 \log_{10} 30 = 14.77$$

$$A_P\ (total) = 5 \times 14.77 = 73.85\ db$$

واجب/ دائرة مكبر القدرة الخارجة 1.5W عند تردد 2 KHz و 0.3 W عند تردد 20 KHz وكانت القدرة الداخلة 10mW، احسب الفرق بكسب القدرة بوحدات الديسبيل بين الترددين.

واجب/ تحصيل الجهد لمكبر بدون مقاومة حمل يبلغ 70 db لمكبر مقاومته الخارجية 1.5kΩ، احسب اقل مقاومة حمل يمكن ربطها بالمكبر بحيث لاتتعدى قيمة التحصيل 67 db.

واجب/ مكبر اشارة قدرة الاخراج له 40W وصلت به سماعة مقاومتها 10 اوم احسب قدرة الادخال اذا علمت ان تحصيل القدرة 25db وكذلك احسب جهد الادخال اذا كان تحصيل الجهد 40db.