دارات الكترونية /١/

التغذية العكسية + دارات الاهتزاز

Feedback Circuits + oscillator circuits

مدرس المقرر
د. السموءل صالح

Course Contents

مفردات المحاضرة

+ FeedBack and Amplifiers.

++ Feedback Concepts.

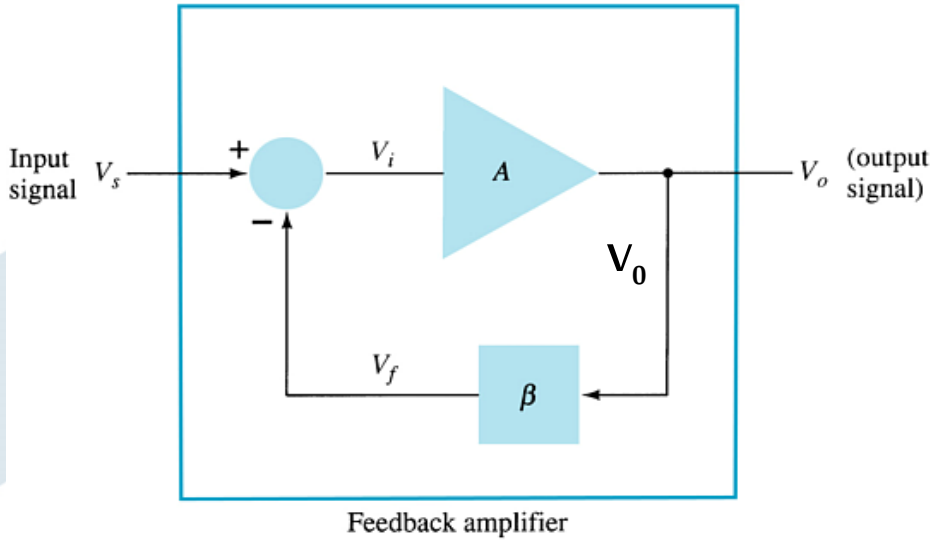
++ Feedback Connection Types.

+ Oscillator Circuites.

تعريف: التغذية العكسية عبارة عن عملية أخذ عينة من إشارة الخرج وإعادتها بأسلوب ما إلى دارة الدخل مما يجعل جهد الدخل مرتبط بتغيرات جهد الخرج وهذا مهم في عمليات التحكم والاستقرار لأي دارة (مضخم، هزاز ...) تحوي على التغذية العكسية، حيث يتم الحفاظ على خرج ثابت عن طريق التحكم بدارة الدخل (جهد أو تيار).

تقسم إلى: ١- تغذية عكسية سالبة (Negative FB) ، عندما تكون إشارة التغذية العكسية مخالفة لإشارة الدخل => إضعاف الدخل وبالتالي تخفيض الخرج وتخفض الربح، تستخدم للتحكم بربح المضخم (AGC).

٢- تغذية عكسية موجبة (Positive FB)، عندما تكون إشارة التغذية العكسية موافقة لإشارة الدخل => زيادة الدخل وبالتالي زيادة الخرج وتزيد الربح، تستخدم في الهزازات.



Feedback amplifier

حسنات التغذية الخلفية:

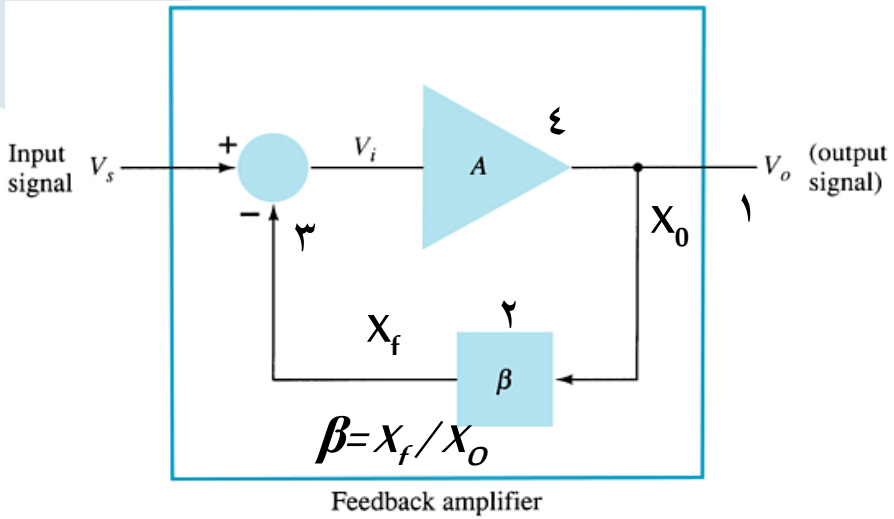
١- مقاومة دخل عالية.
٢- استقرار كبير للربح.
٣- مقاومة خرج منخفضة.
٤- تخفض الضجيج.
٥- عمليات خطية اكبر.

سيئات التغذية الخلفية:

١- انخفاض في ربح للمضخم.

Feedback Types and Principles

أقسام و أنواع التغذية العكسية



Feedback amplifier

أقسام دارة التغذية العكسية في دارة ما:

١_ العينة المأخوذة من الخرج $X_O = V_O$

٢_ شبكة التغذية العكسية، معامل التغذية β وتقسم إلى:
شبكة فعالة، ترانزستوريه وأخرى غيرفعالة، مقاومات.

٣_ العينة الممزوجة في الدخل $X_f = V_f$ ٤_ مرحلة المكبرالأساسي A للدارة بدون تغذية عكسية.

شبكات أخذ العينة من الخرج:

١- أخذ عينة جهد: حيث يتم وصل التغذية العكسية على التفرع مع جهد الخرج.

٢- أخذ عينة تيار: حيث يتم وصل التغذية العكسية على التسلسل مع تيارالخرج.

شبكات مزج العينة في الدخل:

١- مزج عينة جهد: حيث يتم وصل مخرج التغذية العكسية على التسلسل مع جهد الدخل.

٢- مزج عينة تيار: حيث يتم وصل مخرج التغذية العكسية على التفرع مع تيارالدخل.

أنواع مضخمات التغذية العكسية في :

١_ مضخم بتغذية عكسية (جهد-جهد) يسمى مكبرجهد.

٢_ مضخم بتغذية عكسية (جهد-تيار) يسمى مكبرمقاومة.

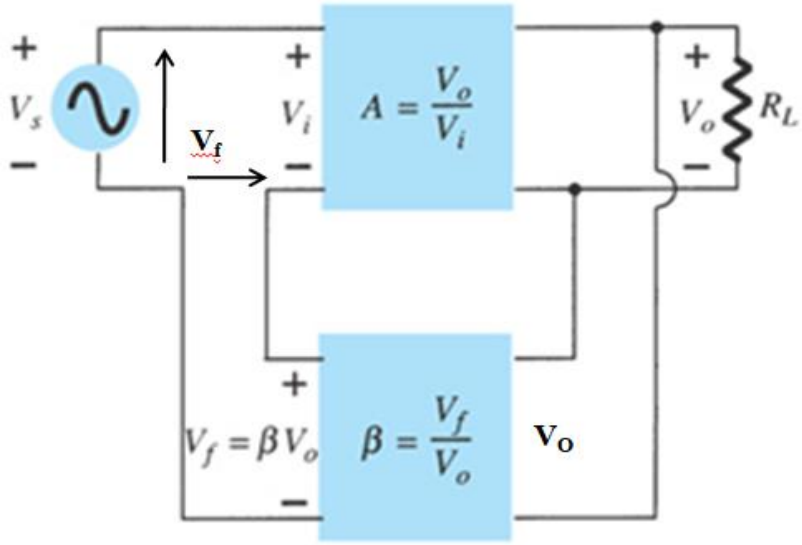
٣_ مضخم بتغذية عكسية (تيار-جهد) يسمى مكبرناقلية.

٤_ مضخم بتغذية عكسية (تيار-تيار) يسمى مكبرتيار.

Feedback Amplifier Types

أنواع مضخمات التغذية العكسية

١ _ مضخم جهد A_V، تغذية عكسية (جهد-جهد).

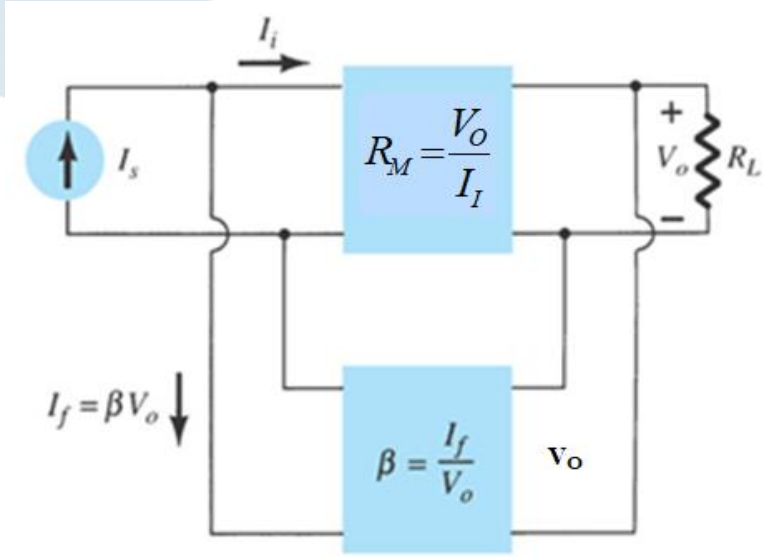


-- العينة المأخوذة من الخرج هي جهد $X_O=V_O$ إذا هي مأخوذة بشكل تفرعي

-- العينة المضافة إلى الدخل هي أيضا جهد $X_f=V_f=\beta V_O$ إذا هي مضافة بشكل تسلسلي

-- التغذية العكسية هي جهد-جهد أو تفرعي-تسلسلي

٢ _ مضخم مقاومة R_M ، تغذية عكسية (جهد-تيار)

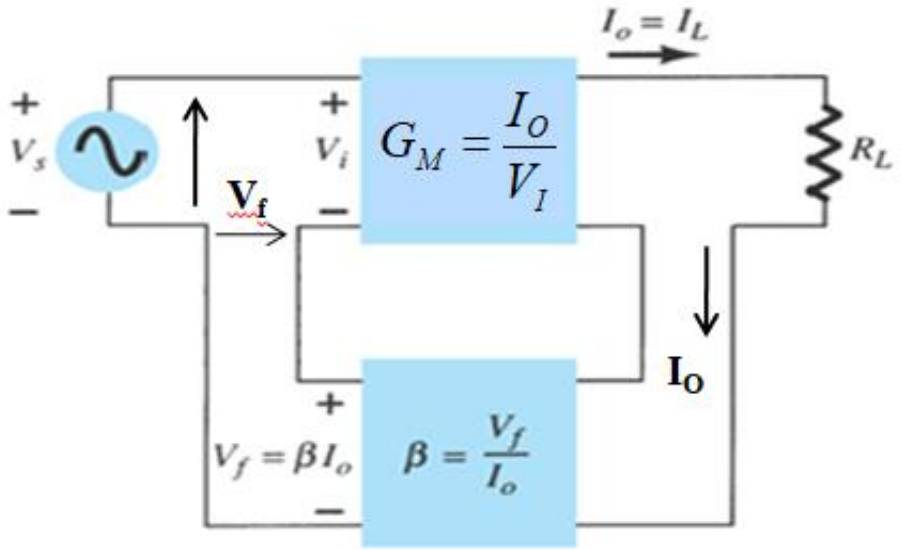


-- العينة المأخوذة من الخرج هي جهد $X_O=V_O$ إذا هي مأخوذة بشكل تفرعي

-- العينة المضافة إلى الدخل هي تيار $X_f=I_f=\beta V_O$ إذا هي مضافة بشكل تفرعي

-- التغذية العكسية هي جهد-تيار أو تفرعي-تفرغي

٣_ مضخم ناقلية G_M ، تغذية عكسية (تيار-جهد).

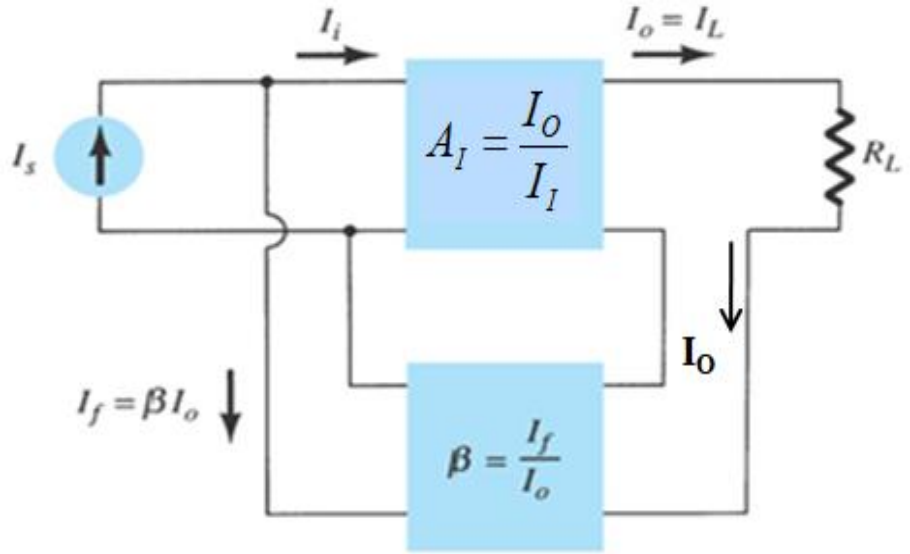


-- العينة المأخوذة من الخرج هي تيار $X_O=I_O$ إذا هي مأخوذة بشكل تسلسلي

-- العينة المضافة إلى الدخل هي أيضا جهد $X_f=V_f=\beta V_O$ إذا هي مضافة بشكل تسلسلي

--التغذية العكسية هي تيار-جهد أو تسلسلي-تسلسلي

٤_ مضخم تيار A_I ، تغذية عكسية (تيار-تيار)



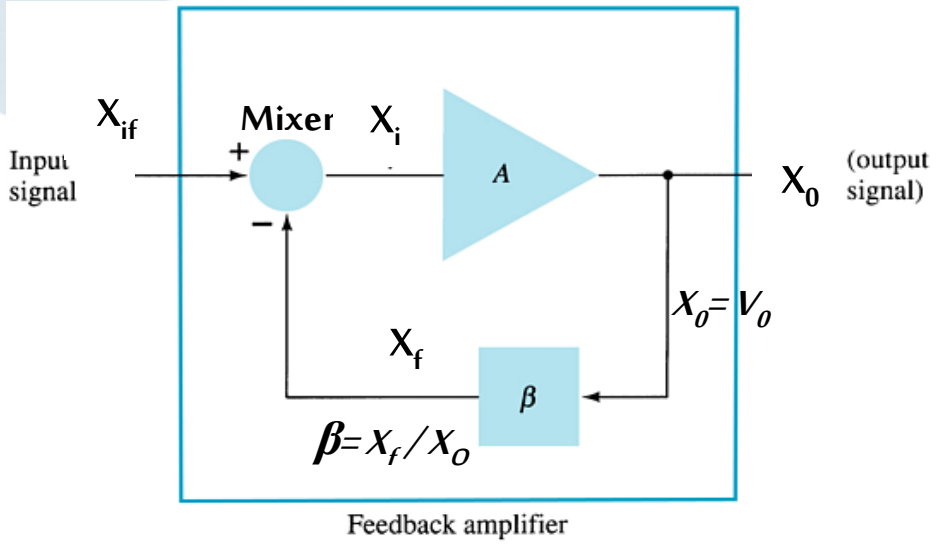
-- لعينة المأخوذة من الخرج هي تيار $X_O=I_O$ إذا هي مأخوذة بشكل تسلسلي

-- العينة المضافة إلى الدخل هي تيار $X_f=I_f=\beta I_O$ إذا هي مضافة بشكل تفرعي

-- التغذية العكسية هي تيار-تيار أو تسلسلي-تفرغي

Amplifier Gain Relationship with Feedback s

معادلة ربح المضخمات بوجود التغذية العكسية



Feedback amplifier

ملاحظات: X_O : إشارة الخرج وهي التي تؤخذ كعينة، جهد أو تيار.

X_f : إشارة خرج التغذية العكسية وهي التي تضاف كعينة، جهد أو تيار.

X_{if}: إشارة دخل المضخم مع وجود التغذية العكسية.

$A = X_O / X_i$: ربح المكبر الأساسي بدون تغذية عكسية يمثل إشارة الخرج مقسومة على الدخل ويمثل إحدى المضخمات السابقة A_V, A_I, R_M & G_M.

$\beta = X_f / X_O$: يمثل معامل التغذية العكسية.

حساب معامل التضخيم بوجود التغذية العكسية A_f :

$$A_f = \frac{X_O}{X_{if}} = \frac{X_O}{X_i + X_f} = \frac{X_O / X_i}{1 + X_f / X_i} \quad But \quad \beta = \frac{X_f}{X_O} \quad \Rightarrow$$

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta \frac{X_O}{X_i}} = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{A}{D}$$

-- يسمى المقدار التالي $D = 1 + \beta A$ بمعامل نقص الحساسية

-- التغذية العكسية السالبة عندما $A_f < A$ ويكون $\beta A > 1 <= D > 1$ إشارة موجبة

-- التغذية العكسية الموجبة عندما $A_f > A$ ويكون $\beta A < 1 <= D < 1$ إشارة سالبة

تحديد نوع التغذية العكسية في الدارات الالكترونية

يتم ذلك وفق الخطوات التالية:

-- تحديد نوع العينة المأخوذة من الخرج: في هذه الحالة يتم تحديد المعامل X_o إما جهد أو تياروتم ذلك بطريقتين:

١- أما بقصر الخرج أي $V_o=0$ أو $R_L=0$ فإذا أصبحت العينة $X_f=0$ أي انعدمت عندها يمكن القول أن العينة هي عينة جهد و إلا فهي عينة تيار.

٢- أو بفتح الخرج أي $I_o=0$ أو $R_L=\infty$ فإذا أصبحت العينة $X_f=0$ أي انعدمت عندها يمكن القول أن العينة هي عينة تيار و إلا فهي عينة جهد.

-- تحديد نوع العينة المضافة في الدخل: في هذه الحالة يتم تحديد المعامل X_f إما جهد أو تياروتم ذلك بطريقتين:

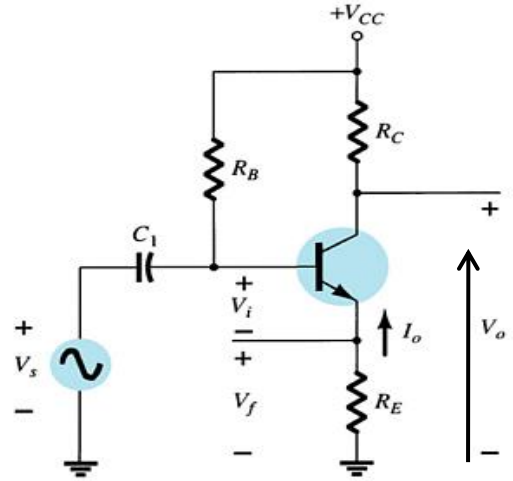
١- نكتب معادلة كيرشوف التي تبين هبوطات الجهد في دارة الدخل فإذا شاركت العينة X_f في معادلة الهبوطات تكون مطبقة تسلسليا على الدخل وبالتالي تعبر عن عينة جهد وإلا فهي عينة تيار.

٢- نكتب معادلة مجموع تيارات عقدة الدخل في دارة الدخل فإذا شاركت العينة X_f في المعادلة تكون العينة مطبقة تفرعيا على الدخل وبالتالي تعبر عن عينة تيارو إلا فهي عينة جهد.

-- تحديد معامل التغذية العكسية: $\beta=X_f/X_o$

مثال على تحديد التغذية العكسية

دارة (١):



من الخرج: $V_O=0 \Rightarrow X_f=V_f\neq 0$

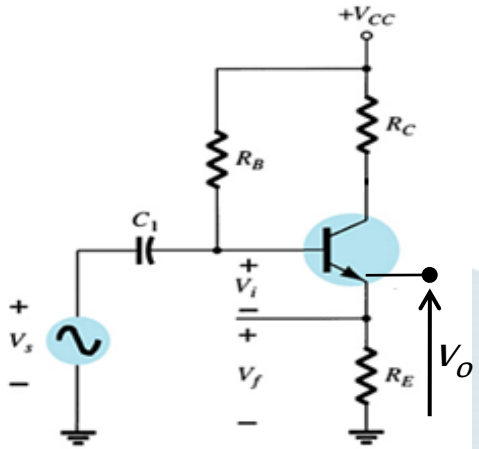
إذا العينة هي عينة تسلسلية تيار أي $X_O=I_O$

في الدخل: $X_f=V_f=I_eR_e=-I_OR_e \Rightarrow$

-- هذه العينة تشارك في هبوطات الجهد ولا تشارك في معادلة عقدة التيارات إذا هي عينة أيضا تسلسلية.

-- إذا التغذية العكسية هي تيار-جهد أو تسلسلية-تسلسلية.

دارة (٢):



من الخرج: $V_O=0 \Rightarrow X_f=V_f=0$

إذا العينة هي عينة تفرعية جهد أي $X_O=V_O$

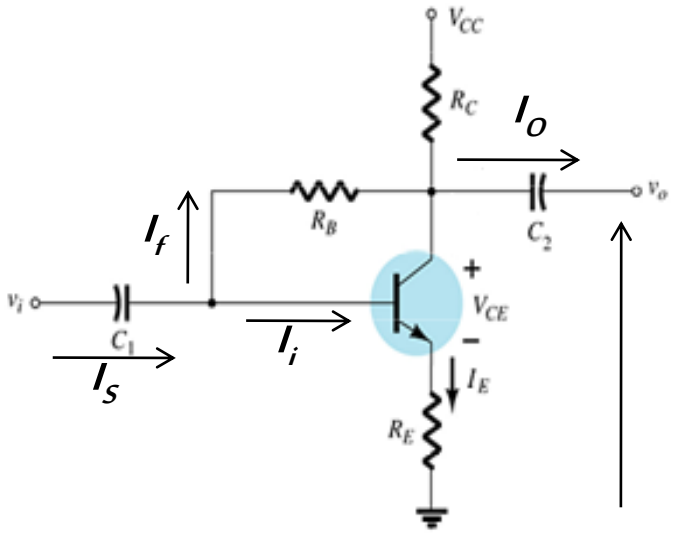
في الدخل: $X_f=V_f=I_eR_e=-I_OR_e \Rightarrow$

-- هذه العينة تشارك في هبوطات الجهد أي $V_S=V_i+V_f=V_i+I_eR_e$ ولا تشارك في معادلة عقدة التيارات و بالتالي عبارة عن عينة تسلسلية، عينة جهد.

-- إذا التغذية العكسية هي جهد-جهد أو تفرعية-تسلسلية.

مثال على تحديد التغذية العكسية

دارة (٣):

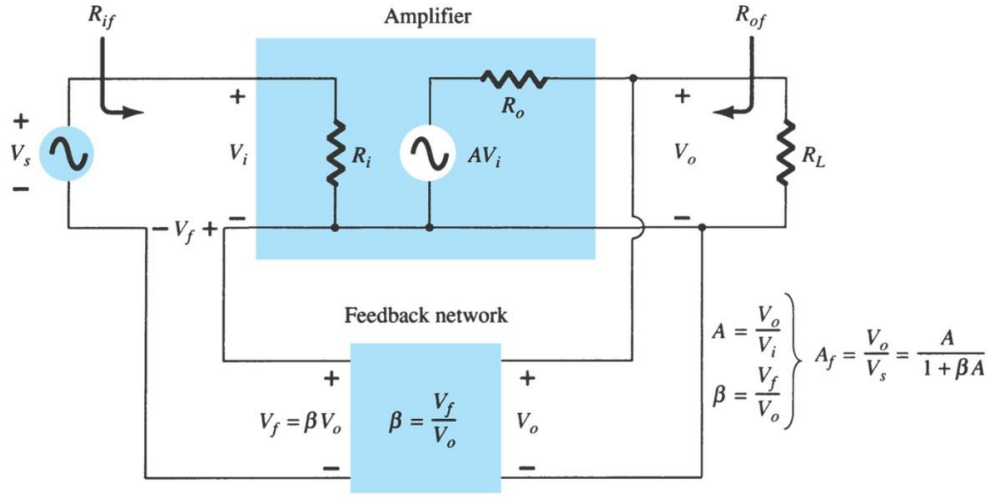


١- بقصر الخرج توصل المقاومة R_b إلى الأرضي و لا يمر تيار I_O إذا هبوط الجهد عليها معدوم وفق:

$V_O=0 \Rightarrow X_f=V_f=0$ إذا العينة هي عينة تفرعيه، جهد أي $X_O=V_O$.

٢- في دارة الدخل: $X_f=I_f \Rightarrow I_S=I_f+I_i \Rightarrow$

-- هذه العينة تشارك في معادلة عقدة التيارات ولا تشارك في هبوطات الجهد إذا هي عينة أيضا تفرعيه. إذا التغذية العكسية هي جهد-تيار أو تفرعيه-تفرعيه



دارات الهزازات

- مقدمة
- شروط الاهتزاز
- هزاز إزاحة الطور
- هزاز جسروين
- دارات الهزازت المولّفة
- هزازات الكريستال
- خلاصة

مقدمة 1/2

✓ يختلف المهتز عن المكبر في أنه لا يتطلب أية إشارة خارجية حتى يبدأ ويحافظ على أسلوب تحول الطاقة. حيث يمكن لدارة مهتز أن تعطي إشارة خرج طالما أن منبع التيار المستمر يغذي عناصر الدارة.

✓ تصنف المهتزات عادة بحسب شكل الإشارة أو بحسب مجال التردد أو بحسب العناصر أو ترتيب الدارة.

✓ يمكن لإشارة الخرج أن تكون ذات شكل جيبي أو مربعة أو سن منشار أو مثلثية الشكل أما تردد الاهتزاز فيمكن أن يكون جزءاً من الهرتز ويرتفع ليصبح بضعة جيغا هرتز.

✓ تستخدم دارات الاهتزاز عناصر فعالة وعناصر غير فعالة حيث يؤمن العنصر الفعال ميكانيزم تحول الطاقة أما العناصر غير الفعالة فتساهم في تحديد تردد الاهتزاز.

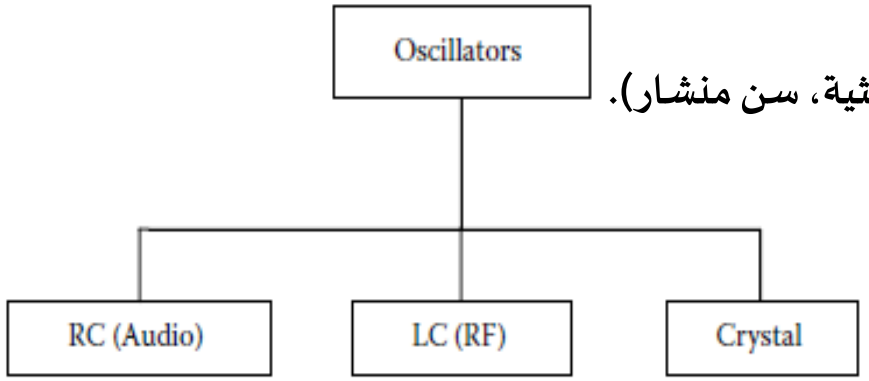
✓ تؤثر تغيرات خواص العناصر الفعالة والعناصر غير الفعالة على ثبات عمل المهتز ويقصد بهذا الثبات ثبات التردد والمطال وكذلك ثبات استطاعة الخرج.

✓ قد لا يكون عملياً أن نحاول تحقيق استطاعة خرج عالية لدارة مهتز فالمهم عند تصميم الدارة هو إنتاج إشارة خرج ثابتة من حيث التردد والمطال ولا تحتوي قدر الإمكان على تو افقيات أما الوصول إلى الاستطاعة المطلوبة فيكون بتكبير إشارة المهتز.

دارات الهزازات

مقدمة 2/2

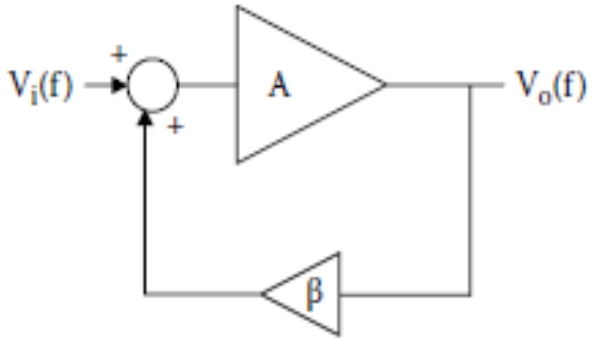
- ✓ يمكن تقسيم دارات الاهتزاز:
  - ✓ وفق العناصر المستخدمة في تشكيل التغذية الراجعة : RC,LC, Crystal.
  - ✓ وفق شكل الإشارات: مهتزات جيبية (إشارات جيبية) ومهتزات الاسترخاء (إشارات مربعة،مثلثية، سن منشار).
  - ✓ وفق تردد الاهتزاز: تردد منخفض(من 1Hz إلى 1MHz) ترددات راديوية (1MHz<).



- ✓ في مولدات الإشارة الجيبية، تم تحديد عمل العنصر الفعال بحيث يكون استقطابه في الصنف (A) أو الصنف (B) أو الصنف (C).
- ✓ تكون إشارات الخرج لدارات الصنف A خالية من التو افقيات نسبياً أما دارات الصنف C فتعتبر ذات المردود الأعلى إلا أن نسبة التو افقيات بها أيضاً ذات قيمة أعلى من أي صنف آخر.
- ✓ يمكن لدارة مكبر أن تتحول إلى دارة مهتز إذا تمكنا من إحداث تغذية راجعة موجبة من خرج المكبر إلى مدخله وتسمى المهتزات في هذه الحالة بالمهتزات ذات التغذية الراجعة (العكسية).

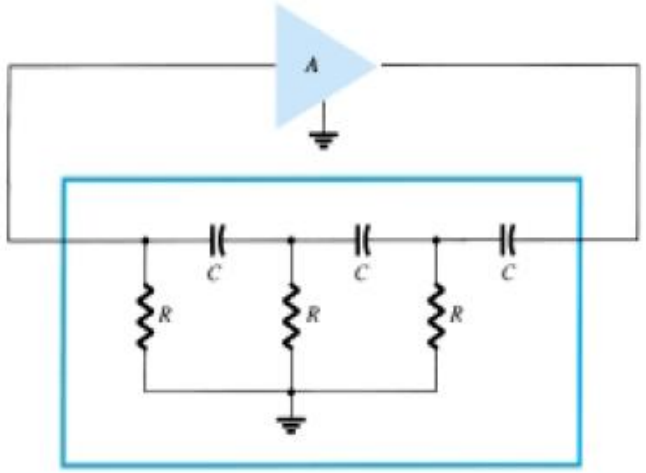
شروط الاهتزاز

- ✓ يمكن أن نعتبر أن معظم دارات الاهتزاز تتكون من دارتين أساسيتين: دارة تكبير ودارة تغذية عكسية تتمتع بخاصية اختيار التردد.
- ✓ <u>الشرط الضروري الأول:</u> للاهتزاز التلقائي في دارة ما هو أن يسمح العنصر الفعال بربح استطاعة عند تردد الاهتزاز. يجب على العنصر الفعال أن يتمتع بربح كاف ليتغلب على المفاقيد في الدارة وليؤمن ربحاً يساوي الواحد عند حلقة التغذية العكسية $\beta A=1$.



- ✓ <u>الشرط الضروري الثاني:</u> هو أن مجموع الانزياحات في الطور التي يسببها العنصر الفعال نفسه والتغذية العكسية يجب أن تساوي تماماً الصفر أو ١٨٠ درجة.
- ✓ إن هذين الشرطين: ربح الحلقة المغلقة يساوي الواحد و انزياح الطور لحلقة التغذية العكسية يساوي الصفر يعرفان بشرط (Barkhausen) للاهتزاز.
- ✓ هذه الشروط تضمن استمرارية الاهتزاز ولكنها لا تضمن انطلاق الاهتزاز فيجب أن يكون ربح الحلقة أكثر من الواحد في البداية حتى نحث انطلاق الاهتزاز.
- ✓ تعتبر الشروط المذكورة سابقاً شروطاً كافية وضرورية لبدء وبقاء عملية الاهتزاز في الدارة.

هزاز إزاحة الطور



Feedback network

- إن أحد أبسط دارات انزياح الطور هي الربط المتسلسل لدارت مرشح تمرير منخفض وتمرير عالي.
- إن الحد الأدنى لعدد المراحل المتسلسلة هو ثلاثة مراحل فربط مرحلتين فقط لا يمكن أن يؤمن بأي حال انزياح في الطور مساوياً 180° وذلك عند تردد محدد(كل مرحلة تعطي انزياح في الطور مقداره 60°).
- يبين الشكل المجاور نسخة مثالية من هذا المهتز.

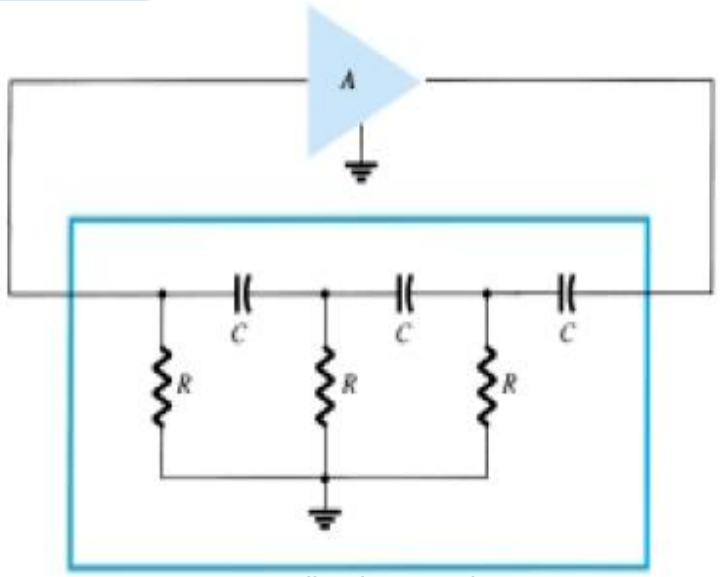
- تذكير: شروط الاهتزاز هو أن يكون ربح الحلقة βA أكبر من الواحد وأن يكون إزاحة الطور في حلقة التغذية العكسية مساوياً 180°
- نركز اهتمامنا في دارة إزاحة الطور على تخامد الدارة عند التردد الذي يقابل إزاحة طورية مقدارها 180°
- بتحليل دارة التغذية العكسية (دارة مرشح) نحصل على:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \qquad \beta = \frac{1}{29}$$

ونحصل على انزياح في الطور مقداره 180°

- لكي يكون ربح الحلقة βA أكبر من الواحد يجب أن يكون تكبير مرحلة التضخيم أكبر من 1/β وبالتالي A>29

هزاز إزاحة الطور

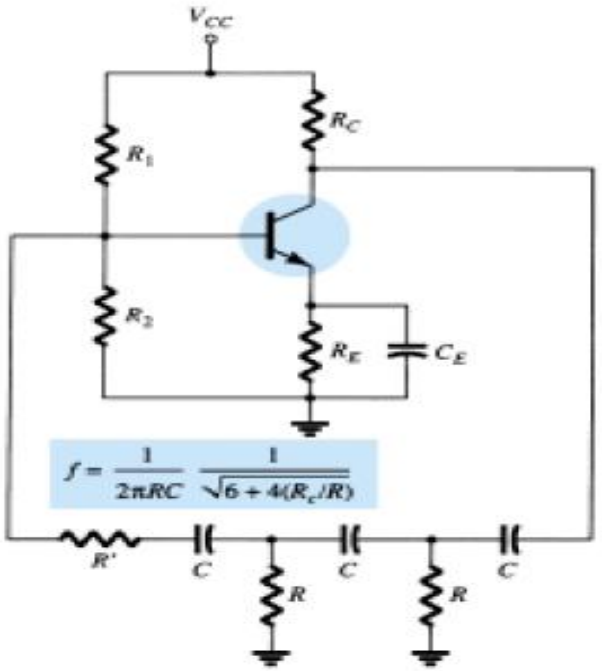


Feedback network

- يصلح مهتز انزياح الطور عادة من أجل مجال ترددات تبلغ بضعة هرتز وحتى بضعة مئات كيلو هرتز
- يمكن تغيير تردد الدارة بواسطة تغيير أي من عناصر الممانعة في دارة إزاحة الطور
- يتم عادة تغيير السعات الثلاثة في نفس الوقت وذلك للحصول على مجال كبير من الترددات
- مثل هذا التغيير يحافظ على قيمة ممانعة دخل دارة الانزياح ثابتة ويحافظ على قيمة β و $A\beta$ ثابتة

  ومنه يبقى مطال إشارة الخرج ثابتاً لا يتغير مع تغير التردد
- يتم استقطاب دارة مهتز انزياح الطور ليعمل في الصنف (A) وذلك من أجل إقلال التشويه في إشارة الخرج إلى أصغر ما يمكن.

هزاز إزاحة الطور باستخدام الترانزستور ثنائي القطبية



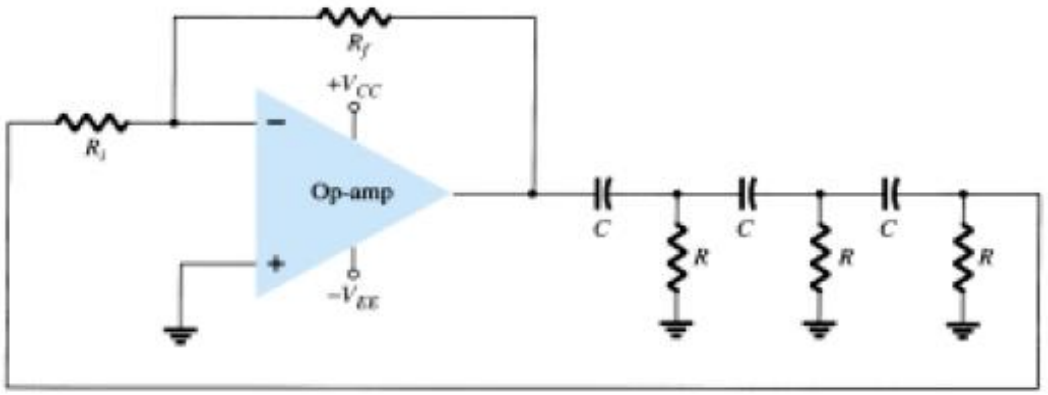
- يبين الشكل المجاور دارة عملية لهزاز إزاحة الطور باستخدام الترانزستور ثنائي القطبية .
- تحتوي هذه الدارة على المضخم والتغذية العكسية.
- يمكن أن نقول أن المقاومة (R) في هذه الدارة تساوي: $R=R'+Ri$
- يتم اختيار المقاومة (R') بحيث تصبح أجزاء الدارة (R-C) الثلاثة لدارة انزياح الطور تصبح تقريباً متماثلة وتسهل حسابات الدارة.
- نفترض للسهولة أيضاً أن المقاومات (R1), (R2), (Re) ليس لها تأثير على عمل دارة الاهتزاز.

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \frac{1}{\sqrt{6+4(R_C/R)}}$$

- إذا أدخلنا بالاعتبار تأثير المقاومة (Rc) على حساب تردد الاهتزاز فيمكن أن يعطى التردد بالعلاقة التالية:
- يحدد شرط إطلاق الاهتزاز بالمتراجحة التالية:

$$h_{fe} > 23 + 29\frac{R}{R_C} + 4\frac{R_C}{R}$$

هزاز إزاحة الطور باستخدام مكبر العمليات

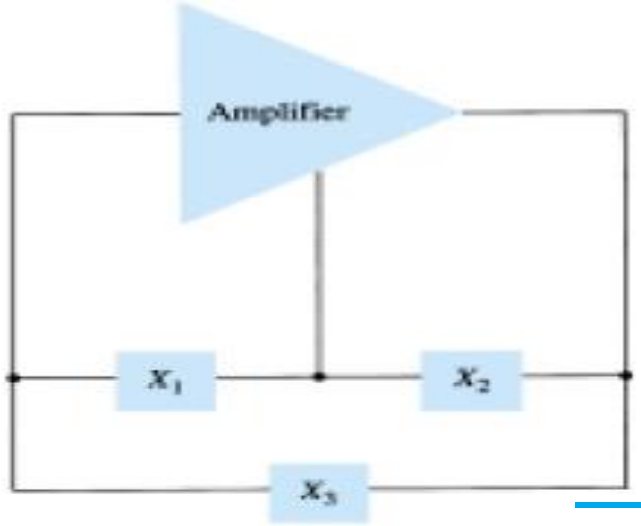


- يمكن استخدام مكبر العمليات في دارات توليد الاهتزاز أيضاً.
- يبين الشكل أعلاه دارة هزاز إزاحة الطور باستخدام مكبر العمليات حيث يُغذّى خرج هذا المكبر إلى ثلاث مراحل من دارات RC.
- تعطي هذه المراحل الثلاثة انزياحاً في الطور مقداره 180° مع معامل تخميد مقدارة 1/29.
- إذا كان مكبر العمليات يعطي ربح أكبر من ٢٩ فإن ربح الحلقة سيكون أكبر من الواحد وستعمل الدارة في هذه الحالة كدارة هزاز.
- تردد الاهتزاز يعطى بالعلاقة التالية:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

Tuned Oscillator Circuits

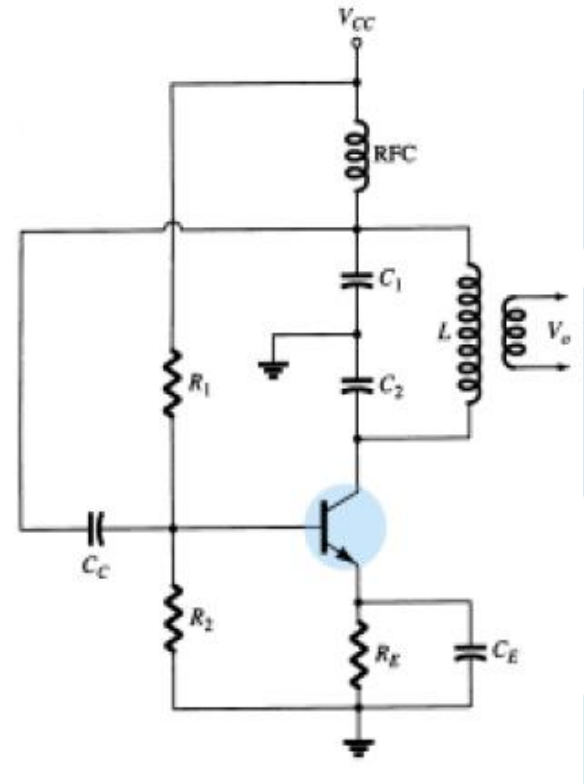
دارات الهزازات المولّفة



- لنرجع إلى الدارة الأساسية لمهتز ذي التغذية العكسية، إن دارة اختيار التردد يمكن أن نوضحها بواسطة الترتيب المبين في الشكل المجاور.
- تستخدم هذه الهزازت المولفة للحصول على ترددات راديوية لذا يُطلَق عليها أحياناً اسم مولدات الاهتزاز ذي التردد الراديوي RF Harmonic oscillators.
- يمكن انطلاقاً من هذا الشكل أن نوضح الأنواع الأساسية لبعض المهتزات المولفة كما هو مبين في الجدول.

	Reactance Element		
Oscillator Type	X_1	X_2	X_3
Colpitts oscillator	C	C	L
Hartley oscillator	L	L	C
Tuned input, tuned output	LC	LC	—

هزاز كولبيتس (Colpitts oscillator) باستخدام الترانزستور ثنائي القطبية



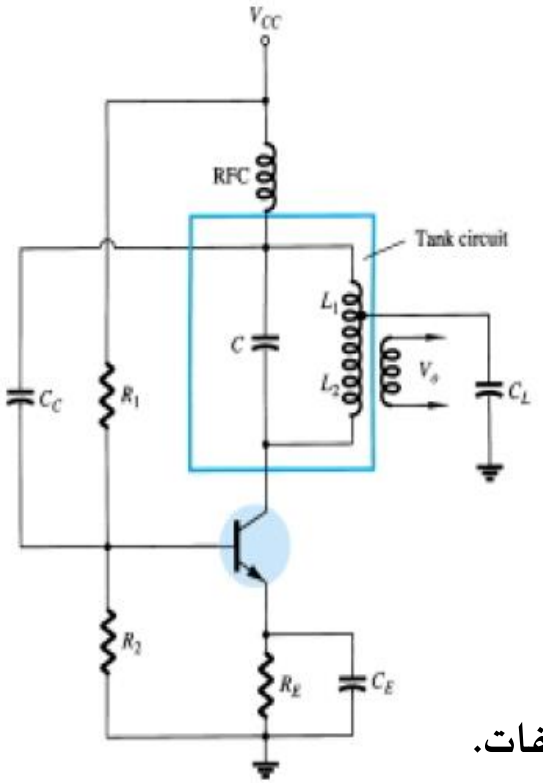
- نحصل على مهتزكولبتس كما ذكرنا سابقاً باستبدال X1 و X2 بسعتين في حين نستبدل X3 بملف.
- يبين الشكل المجاوردارة مهتزكولبيتس باستخدام الترانزستورثنائي القطبية BJT.
- نلاحظ وجود عناصرإضافية على الدارة تفيد في انحياز المكبر الترانزستوري المستخدم.
- يعطى تردد الرنين بالعلاقة التالية:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$$

حيث أن:

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

هزاز هارتلي (Hartley Oscillator) باستخدام الترانزستورثنائي القطبية



- يبين الشكل المجاورداردة مهتز هارتلي باستخدام ترانزستورثنائي القطبية.
- تتشكل التغذية العكسية من خلال دارة الرنين (Tank circuit) المبينة في الشكل والتي تحتوي على حثيتين L1, L2 وسعة C/
- يعطى تردد الرنين بالعلاقة التالية:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$$

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$$

الخلاصة:

بعد أن تعرفنا على بعض من دارات الاهتزازيمكن أن نقول:

- إن مهتزات (LC) يمكن أن تستعمل في مجالي الترددات الردايوية والمنخفضة أيضاً أنه قد لا يستحسن استعمالها في مولدات الترددات المنخفضة بسبب الحاجة إلى قيم كبيرة وأحجام كبيرة من الملفات والمكثفات.
- تستعمل مهتزات (RC) عادةً في مولدات الترددات السمعية وفوق السمعية.
- يفضل غالباً استعمال مهتز كولبتس في الترددات العالية حيث يصعب في هذه الحالة بالنسبة لمهتز هارتلي الحصول على ازدواج شديد بين أجزاء المحول ذي النقطة المركزية