دارات الكترونية /٢/

مدرس المقرر
د. السموءل صالح

Course Contents

مفردات المقرر

- *Feedback Circuits + Crystal Oscillators*
  - *++ Feedback Concepts.*
  - *++ Feedback Connection Types.*
  - *++ Crystal Oscillators.*
- *Digital Elements*
  - *++ Logic gates*
- *Multistage Amplifiers*
  - *++ Ac-coupled amplifiers.*
  - *++ Direct-coupled or dc-coupled amplifiers.*
  - *++ Differential amplifier.*
- *Operational Amplifier*
  - *++ Introduction.*
  - *++ Applications.*

دارات الكترونية /٢/

دارات الكترونية /٢/

تذكرة بالتغذية العكسية + الهزازات الكريستالية

Feedback Circuits + Crystal Oscillators

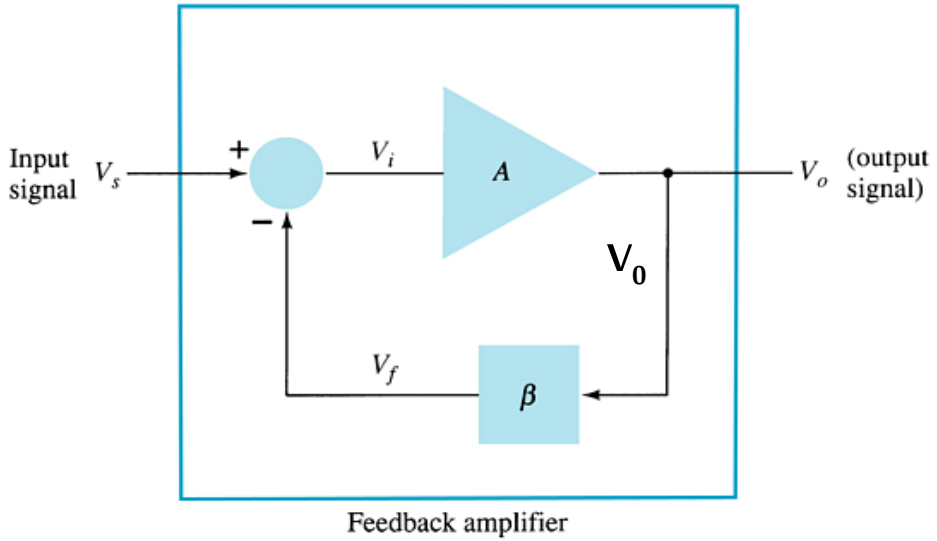
الفصل الدراسي الأول

المحاضرة الاولى

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 مو افقة لإشارة الدخل => زيادة الدخل وبالتالي زيادة الخرج و تزيد الربح، تستخدم في الهزازات.



Feedback amplifier

حسنات التغذية الخلفية:

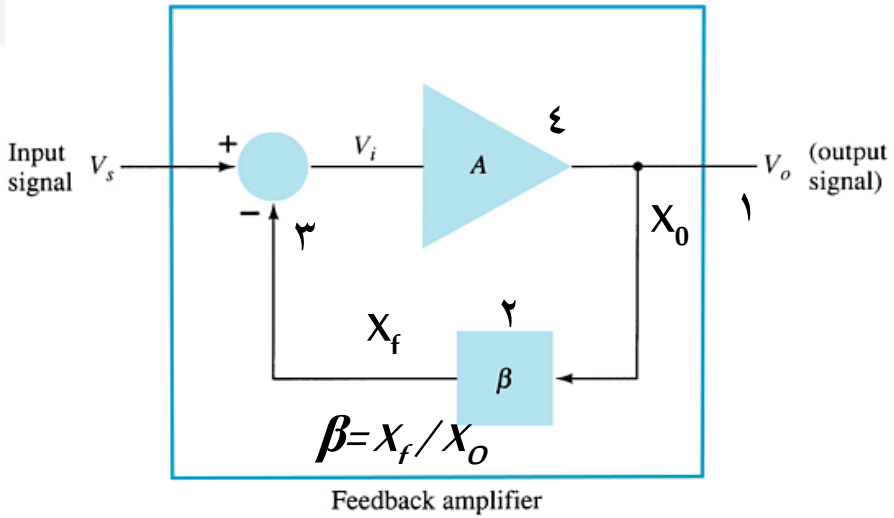
١- مقاومة دخل عالية.
٢- استقرار كبير للربح.
٣- مقاومة خرج منخفضة.
٤- تخفض الضجيج.
٥- عمليات خطية اكبر.

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.

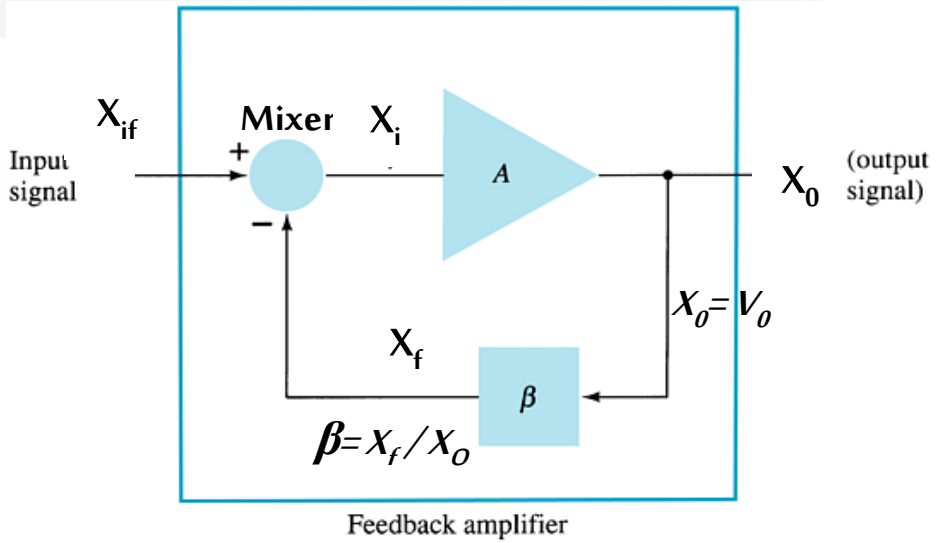
٢_ مضخم بتغذية عكسية (جهد-تيار) يسمى مكبرمقاومة.

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

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

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 :

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

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

-- 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

دارات الهزازات

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

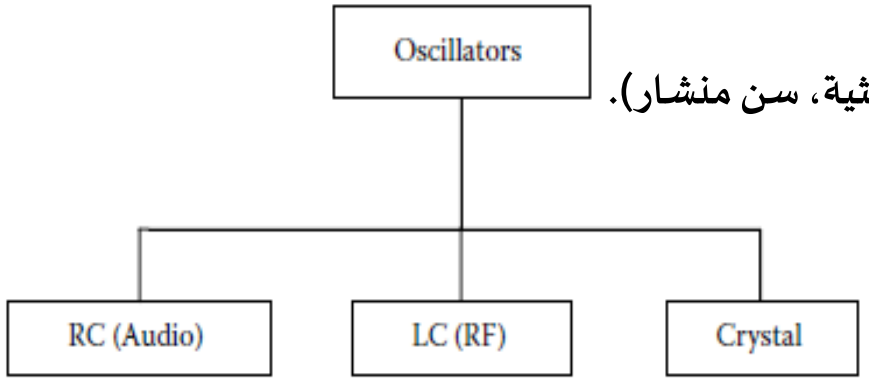
مقدمة 1/2

- ✓ 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 او تعويض المفاقيد في الطاقة أما العناصر غير الفعالة فتساهم في تحديد تردد الاهتزاز.
- ✓ تؤثر تغيرات خواص العناصر الفعالة والعناصر غير الفعالة على ثبات تردد ومطال الاهتزاز 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<).

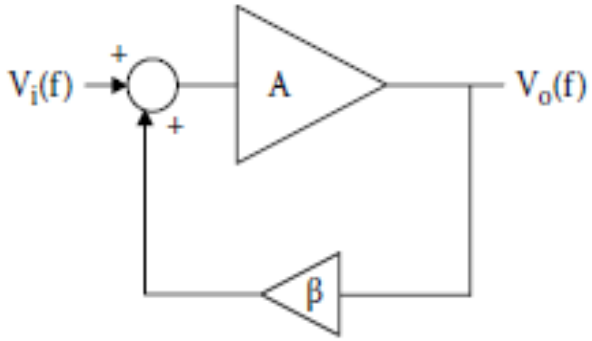


- ✓ في مولدات الإشارة الجيبية، تم تحديد عمل العنصر الفعال بحيث يكون استقطابه في الصنف (A) أو الصنف (B) أو الصنف (C).
- ✓ تكون إشارات الخرج لدارات الصنف A خالية من التو افقيات نسبياً أما دارات الصنف C فتعتبر ذات المردود الأعلى إلا أن نسبة التو افقيات بها أيضاً ذات قيمة أعلى من أي صنف آخر.
- ✓ يمكن لدارة 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

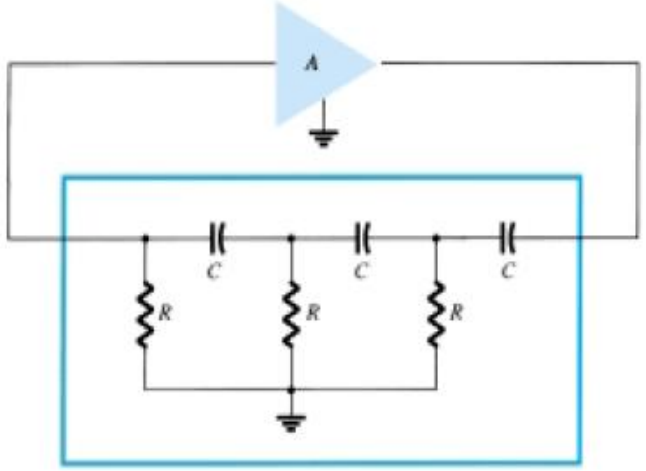
يمكن أن نعتبر أن معظم دارات الاهتزاز تتكون من دارتين أساسيتين: دارة تكبير ودارة تغذية عكسية تتمتع بخاصية اختيار التردد

- ✓ إن الشرط الضروري الأول 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 $\beta A=1$
- ✓ إن الشرط الضروري الثاني هو أن مجموع الانزياحات في الطور التي يسببها العنصر الفعال نفسه والتغذية العكسية يجب أن تساوي تماماً الصفر.



- ✓ 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:

$$\beta = \frac{1}{29}$$

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

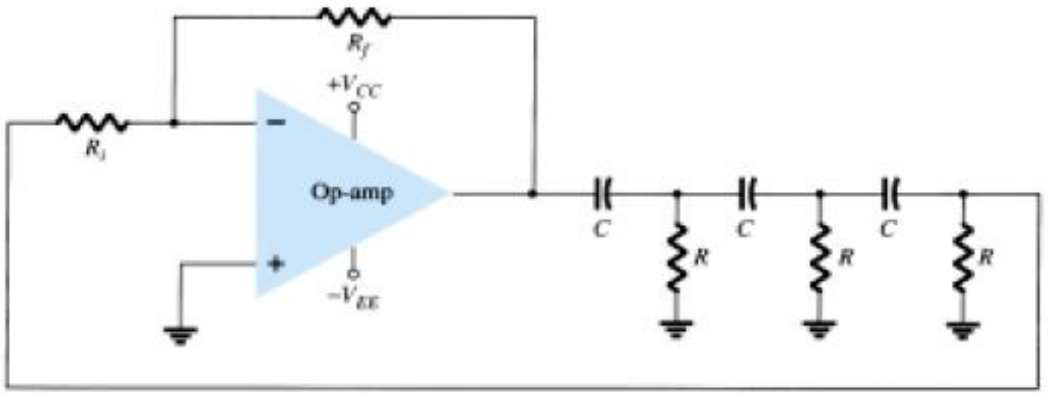
ونحصل على انزياح في الطور مقداره 180°

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

-- يعمل مهتز انزياح الطور في المجال الترددي من بضعة هرتزات حتى بضعة مئات الكيلو هرتز.

-- يمكن تغيير تردد الاهتزاز بتغيير قيم المكثفات في الدارة.

هزاز إزاحة الطور باستخدام مكبر العمليات

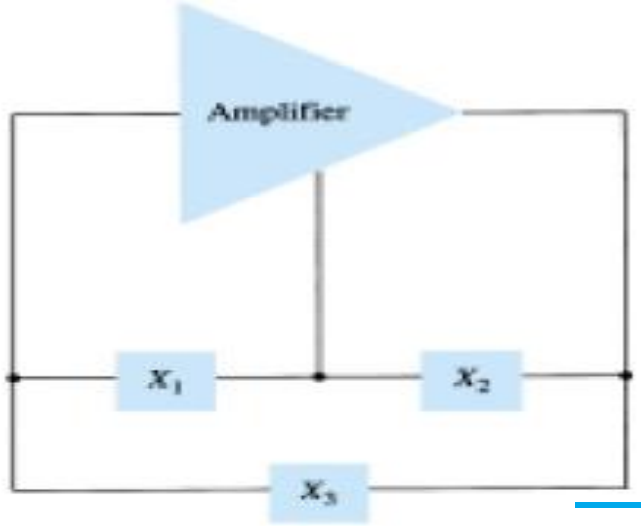


- يمكن استخدام مكبر العمليات في دارات توليد الاهتزاز أيضاً.
- يبين الشكل أعلاه دارة هزاز إزاحة الطور باستخدام مكبر العمليات حيث يُغذّى خرج هذا المكبر إلى ثلاث مراحل من دارات RC.
- تعطي هذه المراحل الثلاثة انزياحاً في الطور مقداره 180° مع معامل تخميد مقدارة 1/29.
- إذا كان مكبر العمليات يعطي ربح أكبر 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.

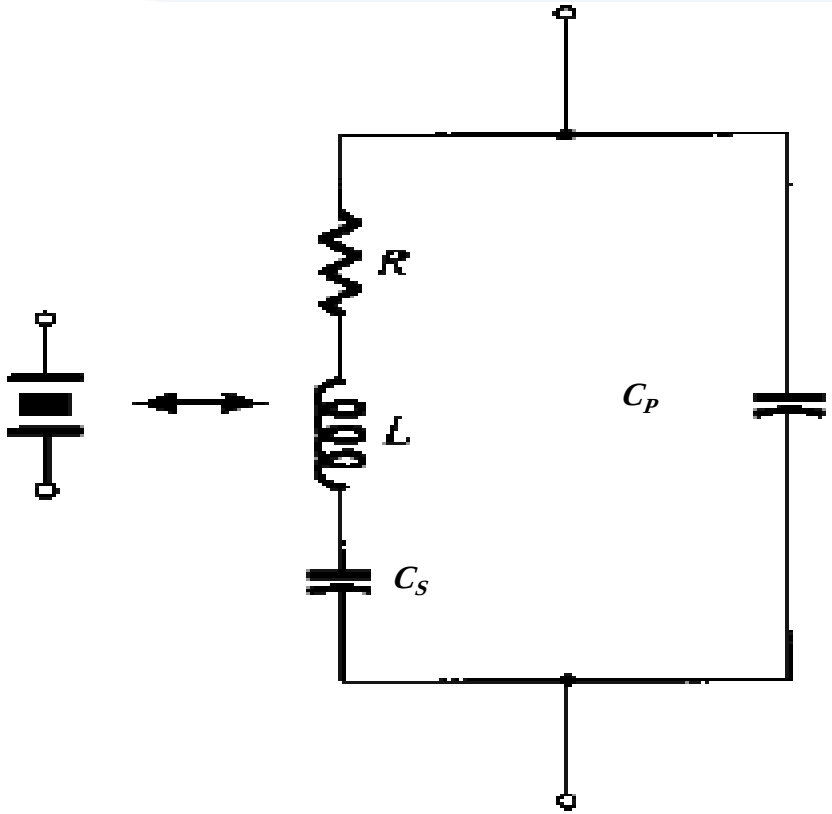
	Reactance Element		
Oscillator Type	X_1	X_2	X_3
Colpitts oscillator	C	C	L
Hartley oscillator	L	L	C
Tuned input, tuned output	LC	LC	—

مهتزات الكريستال (البللورية) Crystal oscillator

- يعتمد ثبات التردد على درجة الثبات الحراري لعناصر الدارة من مقاومات ومكثفات وملفات ويبدو أنه من الصعب المحافظة على ثبات في التردد خلال عمل الدارة لفترة طويلة (أكثر من ساعة).
- إن أفضل حل من أجل ثبات التردد هو استعمال بللورة بيزوكهربائية (Piezoelectric crystal) كالكوارتز.
- عند تطبيق ضغط ميكانيكي على سطوح بللورة الكوارتز فإننا نحصل على فرق في الجهد على السطوح المتقابلة للبلورة. تسمى هذه الخاصية بالخاصية البيزوكهربائية.
- بشكل مشابه: عندما نطبق جهد متناوب على مجموعة سطوح بللورة يتولد اهتزاز ميكانيكي يمتلك تردد رنين يعتمد على نوع البللورة.
- تستعمل بللورة الكوارتز عادة كبديل عن دارة الرنين أو تربط مع حلقة التغذية العكسية من أجل تثبيت التردد.

Crystal oscillator

مهتزات الكريستال (البللورية)

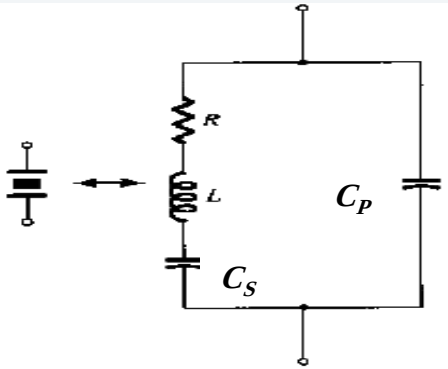


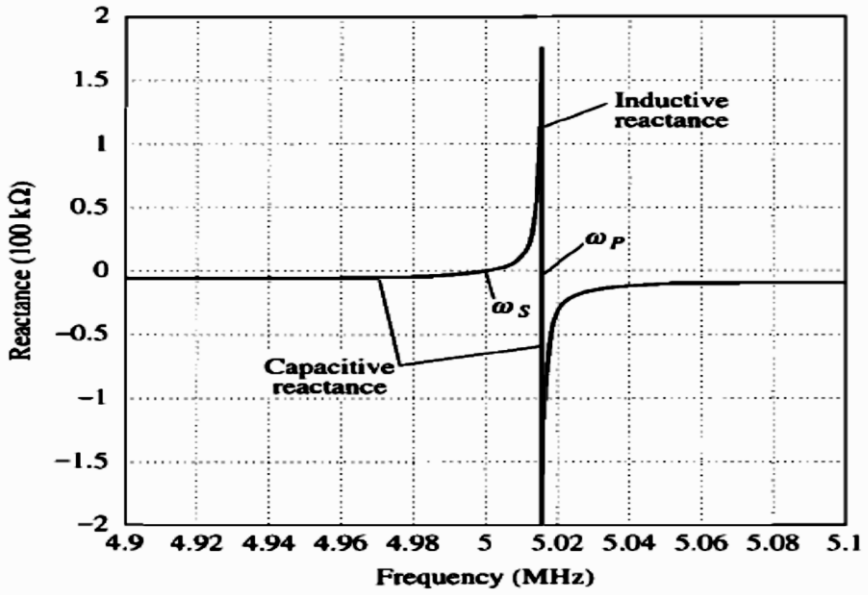
- يبين الشكل المجاورمز البللورة ودارتها المكافئة حيث:

الملف (L) يناظركتلة البللورة والسعة (C_S) تناظر مرونة البللورة (تمثل السعة التسلسلية) في حين أن المقاومة (R) تناظرالاحتكاك الميكانيكي الذي يؤدي إلى فقد في الطاقة تظهر كحرارة في البللورة أما السعة (C_p) فهي تعادل مجموع السعات الكائنة على التوازي (التفرعية) والعائدة للأسلاك أولنهايات تركيب البللورة أو أي سعة أخرى قد توجد عند مرابط البللورة.

مهتزات الكريستال (البللورية)

Crystal Oscillator





التحليل والية العمل: بالنتيجة فان ممانعة الدارة المكافئة للبلورة تحوي على ترددي رنين:

١- تردد رنين تسلسلي w_S يتمثل برنين الفرع التسلسلي للدارة أي كل من الملف L والمكثف C_S.

٢- تردد رنين تفرعي w_P يتمثل برنين الفرعين للدارة أي كل من الملف L والمكثفان C_P & C_S.

لحساب الممانعة للدارة المكافئة يكون بالشكل:

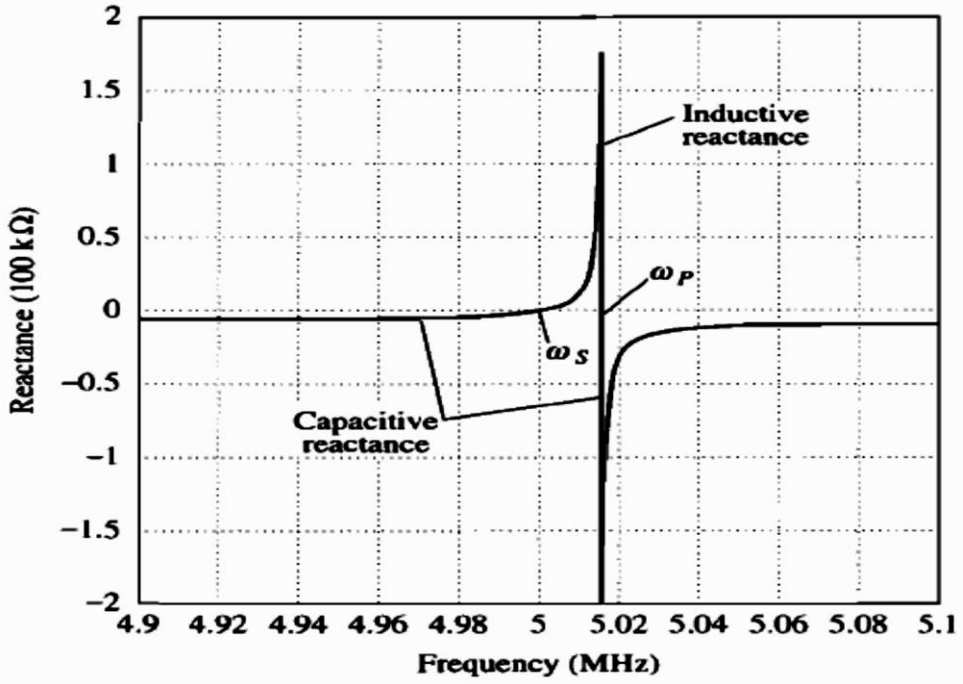
$$Z_C = \frac{Z_P Z_S}{Z_P + Z_S} = \frac{\frac{1}{sC_P}\left(sL + R + \frac{1}{sC_S}\right)}{\frac{1}{sC_P} + \left(sL + R + \frac{1}{sC_S}\right)} = \frac{1}{sC_P}\left(\frac{s^2 + s\frac{R}{L} + \frac{1}{LC_S}}{s^2 + s\frac{R}{L} + \frac{1}{LC_T}}\right)$$

$$\text{where } C_T = \frac{C_S C_P}{C_S + C_P}$$

بالنتيجة قيمة كل من الترددين السابقين هي:

$$\omega p = \frac{1}{\sqrt{L\frac{CsCp}{Cs + Cp}}} \qquad \omega s = \frac{1}{\sqrt{LCs}}$$

تحليل سلوك البلورة الكريستالية كمفاعلة بالنسبة للتردد: من ملاحظة الشكل يمكن الاستنتاج:



١- تسلك الكريستالة سلوك المفاعلة السعوية عند قيم التردد الاقل من w_S والاكبر من w_P .

٢- تسلك الكريستالة سلوك المفاعلة الحثية بين الترددين التفرعي w_P والتسلسلي w_S.

٣- من الشكل نلاحظ ان المنطقة بين الترددين ضيقة جدا.

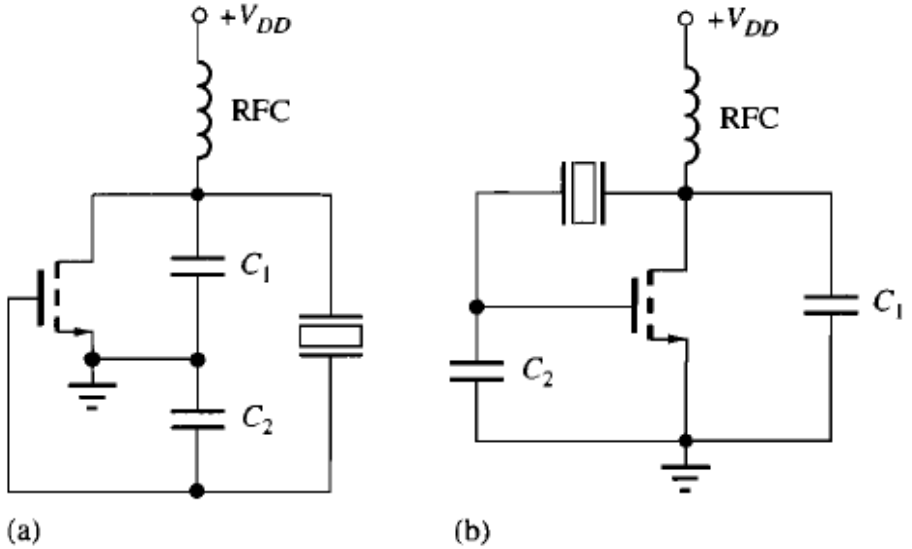
٤- اذا تم استخدام الكريستالة لتعوض عن الحثية في دارات الاهتزاز، وجب وجود تردد اهتزاز معرف ومحدد القيمة.

٥- في معظم الهزازات الكريستالية تعمل الكريستالة في المجال المحدد بين الترددين السابقين ويكون سلوكها في هذه الحالة عبارة عن مفاعلة حثية بمعنى اخر تكون ممثلة لملف نستعيض به عن ملفات دارات الرنين العادية.

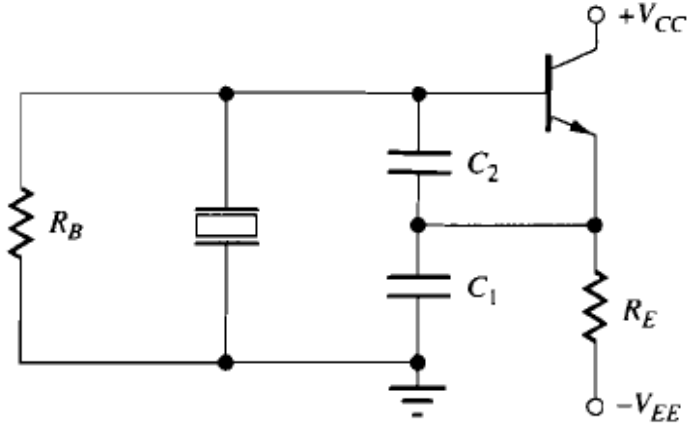
Crystal Oscillator

مهتزات الكريستال (البللورية)

أمثلة:



Two forms of the same Colpitts crystal oscillator



Crystal oscillator using a bipolar transistor

أمثلة:

Example: Calculate the equivalent circuit element values for a crystal with fs = 5 MHz, Q = 20,000, R = 50 R, and Cp = 5 pF.

What is the parallel resonant frequency?

$$\omega p = \frac{1}{\sqrt{L\dfrac{CsCp}{Cs+Cp}}} \qquad \omega s = \frac{1}{\sqrt{LCs}}$$

$$L = \frac{RQ}{\omega_S} = \frac{50(20{,}000)}{2\pi(5 \times 10^6)} = 31.8 \text{ mH}$$

$$C_S = \frac{1}{\omega_S^2 L} = \frac{1}{(10^7\pi)^2(0.0318)} = 31.8 \text{ fF}$$

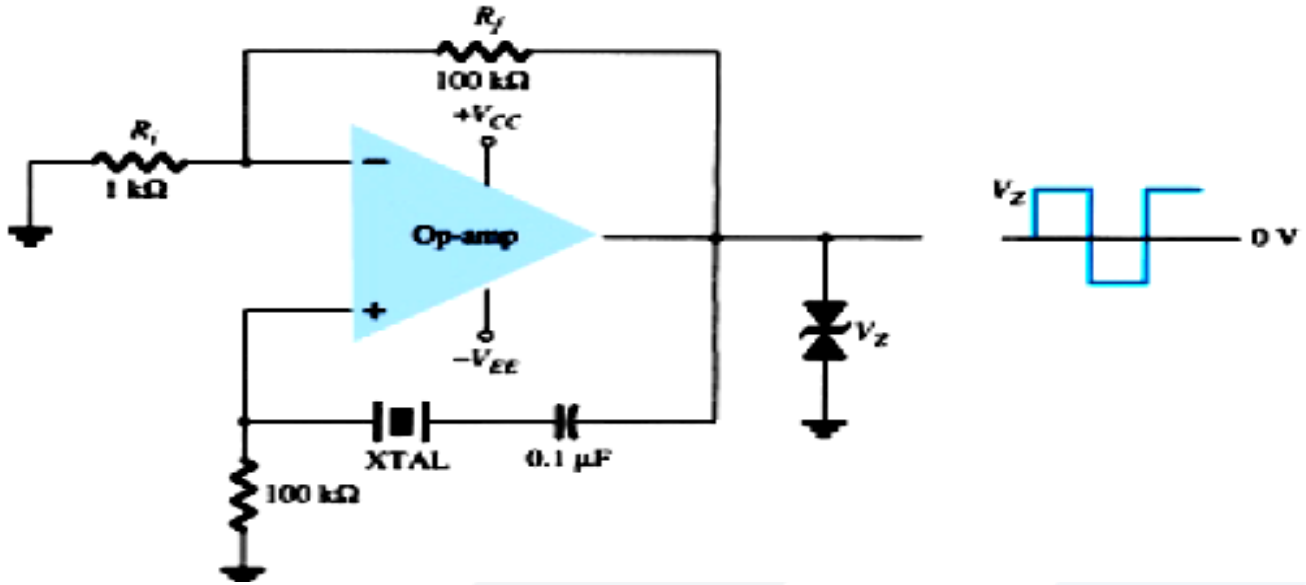
$$f_P = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\dfrac{C_S C_P}{C_S + C_P}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(31.8 \text{ mH})(31.6 \text{ fF})}} = 5.02 \text{ MHz}$$

$$f_S = 5.00 \text{ MHz}$$

Crystal Oscillator

مهتزات الكريستال (البللورية)

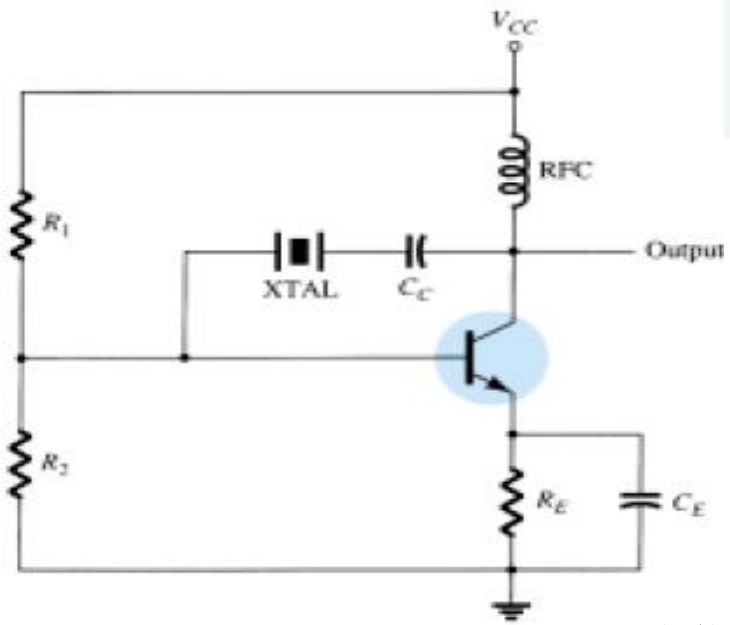
أمثلة باستخدام مضخم العمليات:



- يمكن أن يستخدم المكبر العملياتي في المهتزات البللورية حيث توصل البللورة على التسلسل في مسار التغذية العكسية .
- تمتلك الدارة المبينة في الشكل أعلاه ربح عالي مع خرج إشارة مربعة كما هو مبين في الشكل.
- نستخدم زوج من ديودات زينر على خرج الدارة لنحصل على مطال خرج مساوي تماماً لجهد زينر (Vz).

مهتزات الكريستال (البللورية)

Crystal Oscillator

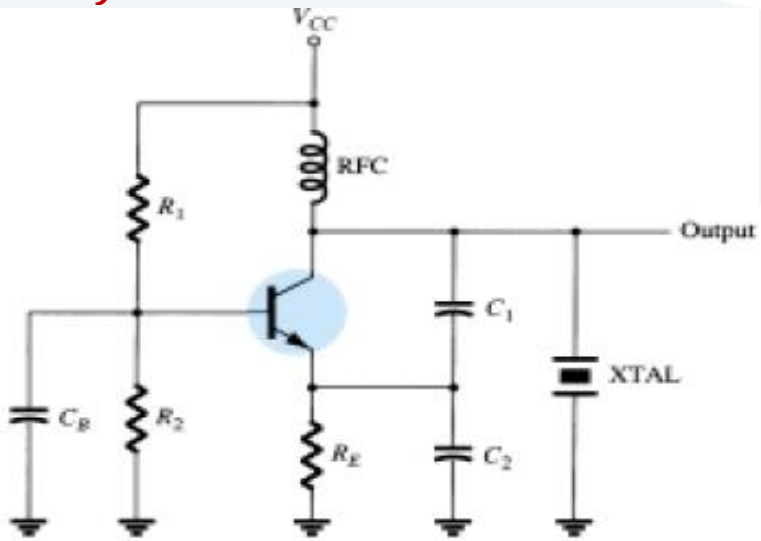


دارة الرنين التسلسلي:

- كي تعمل البللورة بنمط الرنين التسلسلي يمكن ربطها على التسلسل ضمن مسار التغذية العكسية.
- عند تردد الرنين التسلسلي للبلورة تكون ممانعتها أصغر ما يمكن و التغذية العكسية أكبر ما يمكن.
- من الشكل المجاور: المقاومات R_1, R_2, R_E تشكل مقسم جهد يؤمن استقرار دارة انحياز المركبة المستمرة.
- تكون التغذية العكسية بالجهد من المجمع إلى القاعدة أعظمية عندما تكون ممانعة البللورة أصغرية (في نمط الرنين التسلسلي).
- تمتلك السعة Cc (coupling capacitor) على تردد عمل الدارة ولكنها تمنع أي مركبة مستمرة بين المجمع والقاعدة.
- يتم تحديد تردد اهتزاز الدراة من خلال تردد الرنين التسلسلي للبللورة.
- إن التغير في جهد التغذية أو بارامترات الترانزستور أو غير ذلك لا يمتلك أي تأثير على تردد عمل الدارة الذي تم ضبطه من خلال البللورة.

مهتزات الكريستال (البللورية)

Crystal Oscillator



دارة الرنين التفرعي

- بما أن ممانعة الرنين التفرعي للبللورة تمتلك قيمة أعظمية فإنه يتم وصلها على التفرع.
- يظهر الشكل المجاور بللورة موصولة على التفرع في مهتز كولبيتس المعدل.
- عند تردد الرنين التفرعي للبللورة يمكننا الحصول على قيمة جهد أعظمية.
- يوزع الجهد على الباعث من خلال مقسم الجهد السعوي المكون من السعتين C1 و C2 .

خلاصة

- بعد أن تعرفنا على بعض من دارات الاهتزازيمكن أن نقول:
  - إن مهتزات (LC) يمكن أن تستعمل في مجالي الترددات الردايوية والمنخفضة أيضاً إلا 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.
  - تستعمل المهتزات ذات التحكم البللوري بدءاً من أواسط المجال السمعي وما فوق.
  - 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.