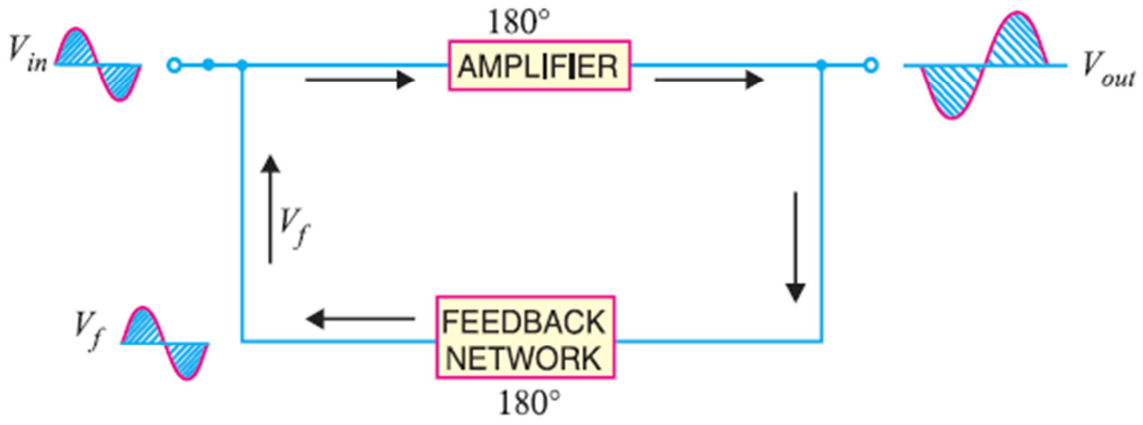
١.١١ التغذية الخلفية الموجبة (Positive Feedback)

هي عملية إعادة جزء من إشارة الإخراج لمضخم إلى طرفي الإدخال بحيث تكون الإشارة المُعادة بنفس طور إشارة الإدخال. شكل (١١-١) يمثل مخطط لدائرة مضخم باعث مشترك (وفيه يكون فرق الطور بين إشارة الإدخال V_{in} وإشارة الإخراج V_{out} مساوية لـ 180^{o}) ودائرة تغذية خلفية تعمل على إرجاع جزء من فولتية الإخراج V_f إلى الإدخال، كما تقوم دائرة التغذية الخلفية بإزاحة طور الإشارة الداخلة لها بمقدار (180^{o}) ، وبالنتيجة يكون فرق الطور الكلي بين بين إشارة الإدخال و الإشارة المستعادة V_f هي (360^{o}) أي انهما بنفس الطور.



شكل ١١-١: دائرة مضخم باعث مشترك مع تغذية خلفية موجبة

ان جزء الإشارة التي سيتم اعادتها إلى طرفي الإدخال ستعمل على تعزيز إشارة الإدخال وذلك لكون الإشارتين بنفس الطور (وهذا بخلاف التغذية الخلفية السالبة التي كانت فيها الإشارة المُستعادة تضعف إشارة الإدخال لكونها متعاكسة معها في الطور)، بطريقة مشابهة للاشتقاق الذي تم من خلاله اشتقاق كسب الفولتية في حالة التغذية السالبة في الفصل السابق يمكننا اثبات ان كسب الفولتية لدائرة مضخم وتغذية خلفية موجبة تعطى بالصيغة:

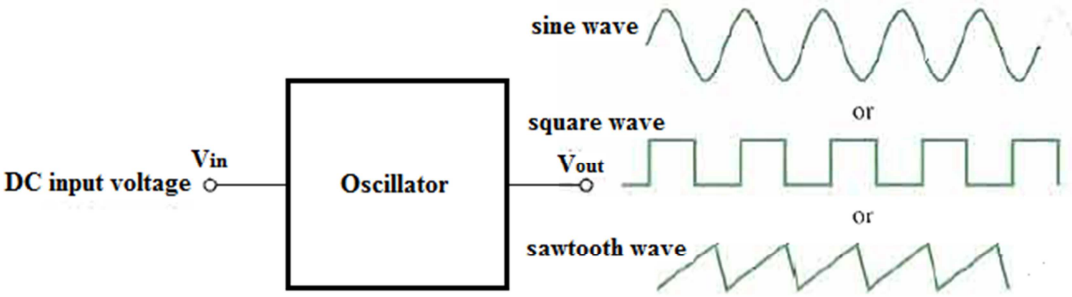
$$A_f = \frac{A}{1 - A\beta_f} \qquad (11-1)$$

حيث: A هو كسب دائرة المضخم، A_f هو الكسب الكلي (الكسب بوجود دائرة التغذية الخلفية)، β_f هو معامل التغذية الخلفية الموجبة.

من اهم تطبيقات التغذية الخلفية الموجبة هي استعمالها في دوائر المذبذبات وهذا ما سنتناوله في الفقرة التالية.

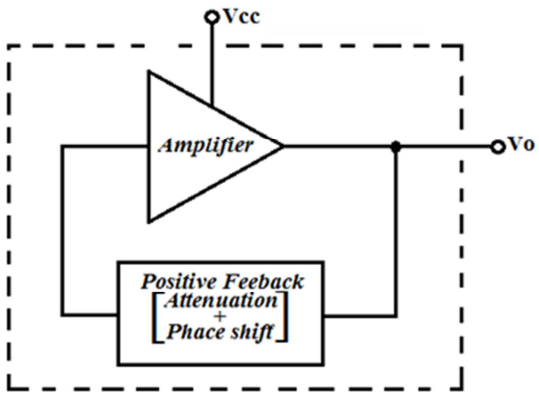
٢.١١ المذبذبات Oscillators

هي دوائر تعمل على توليد إشارات موجية على طرفي إخراجها بالاعتماد في فولتية تجهيز مستمرة دون الحاجة إلى أي إشارة إدخال. ان الإشارة الخارجة من المذبذب يمكن ان تكون إشارة جيبية (sinusoidal) أو إشارة غير جيبية (nonsinusoidal) كأن تكون موجة مربعة (Square Wave)، مثلثة (Triangular wave) أو سن المنشار (Sawtooth wave). حيث ان نوع الإشارة الخارجة يحدده نوع المذبذب المستعمل فهناك مذبذبات جيبية ومذبذبات أخرى غير جيبية. الشكل (١١-٢) مخطط لدائرة المذبذب، مع ثلاثة أنماط مختلفة لموجة الإخراج.



شكل ١١-٢: مخطط لدائرة مذبذب مع ثلاثة أنماط مختلفة لإشارة الإخراج

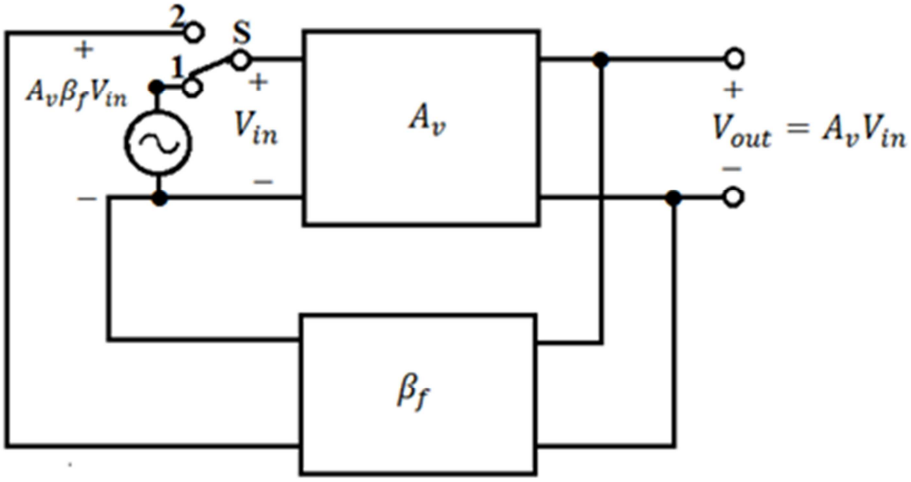
تستعمل دوائر المذبذبات بشكل واسع في أجهزة الراديو ، التلفزيون، الرادارات، الحاسبات الإلكترونية، وغيرها، وكذلك تستعمل في توليد موجات ذات ترددات عالية بقصد استعمالها في تضمين الترددات وهي الطريقة المتبعة في عمليات البث الراديوي والتلفزيوني وفي أجهزة الاتصالات. هناك عدة أنواع من دوائر المذبذبات، والذي يهمنا في دراستنا النوع الذي يتكون من مضخم مع دائرة تغذية خلفية موجبة التي تعمل على إرجاع جزء من إشارة الإخراج بعد توهينها وازاحة طورها (180^o) ، كما موضح بالشكل (١١-٣).



شكل ١١-٣: مخطط لدائرة مذبذب مكونة من مضخم مع تغذية خلفية موجبة

٣.١١ شروط التذبذب (Conditions for Oscillation)

نفرض ان لدينا دائرة مضخم معامل تكبير الجهد لها (A_v) مع دائرة تغذية خلفية موجبة معامل التغذية الخلفية للفولتية لها (β_v) ومصدر إشارة متناوبة (V_{in}) ، مع مفتاح ثنائي (S) ، في حالة وضع في الحالة (1) تكون فولتية الإخراج مساوية للمقدار ($A_v\ V_{in}$) ولا يكون هناك تأثير لدائرة التغذية الخلفية. كما هو موضح بالشكل (١١-٤).



شكل ١١-٤: مبدأ عمل دائرة مذبذب مكونة من مضخم مع تغذية خلفية موجبة

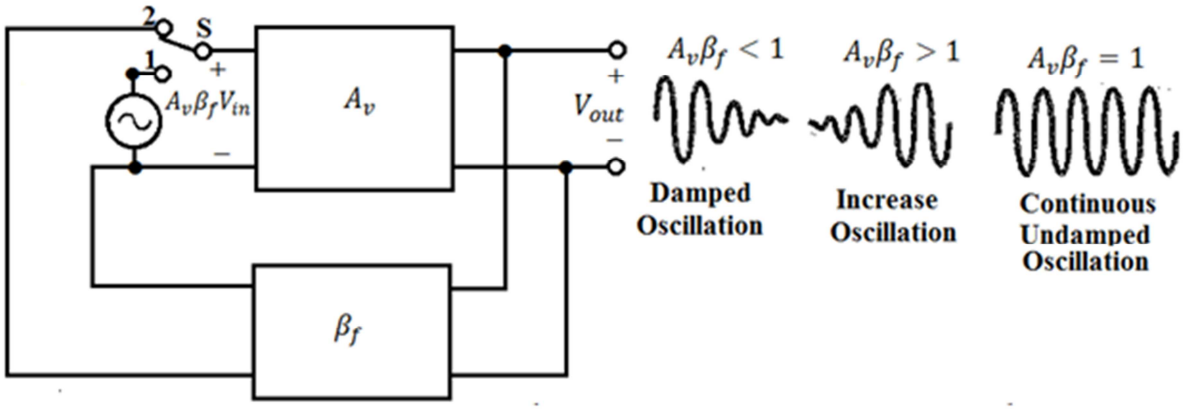
نلاحظ من الشكل (١١-٤) انه عند وضع المفتاح في الحالة (2) يلغى تأثير إشارة الإدخال، ويتصل إدخال المضخم بدائرة التغذية الخلفية الموجبة، في هذه الحالة فان الإشارة الداخلة للمضخم تساوي القيمة ($A_v\beta_f V_{in}$) ، عندها فان شكل إشارة الإخراج ستعتمد على عامل الكسب للمضخم ودائرة التغذية الخلفية. في لحظة تحويل المفتاح من الحالة (1) إلى الحالة (2) تكون هناك ثلاثة احتمالات وهي:

١- اذا كان ($A_v\beta_f<1$) فان فولتية الإخراج تتناقص تدريجيا عن قيمتها الأولية إلى ان تصل إلى الصفر.

٢- اذا كانت ($A_v\beta_f>1$) فان فولتية الإخراج تتزايد تدريجيا إلى ان تصل إلى حد الإشباع.

٣- اذا كانت ($A_v\beta_f=1$) فان فولتية الإخراج ستبقى محافظة على قيمتها ويستمر التذبذب بنمط مستقر.

الشكل (١١-٥) يوضح طبيعة فولتية الإخراج من المذبذب حسب كل حالة من الحالات الثلاث.



شكل ١١–٥: طبيعة إشارة الإخراج من مذبذب المضخم مع تغذية خلفية موجبة

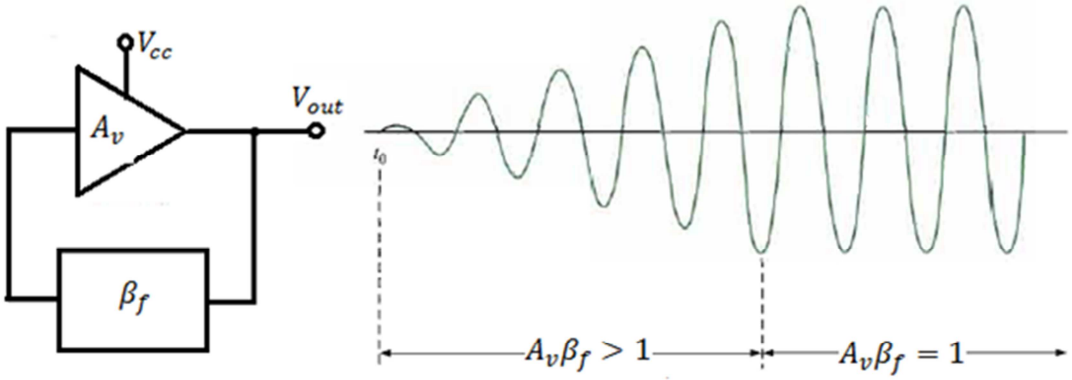
نستنتج مما سبق ان حصول على تذبذب مستقر يتطلب تحقيق شرطين هما:

١– ان تكون التغذية الخلفية من النوع الموجب (أي ان تكون محصلة الازاحة الطورية لدائرتي المضخم والتغذية الخلفية مساوية للصفر).

٢– ان يكون حاصل ضرب كسب فولتية المضخم في عامل التغذية الخلفية مساوياً للواحد ($A\beta_f = 1$).

يلاحظ انه في حالة تحقق الشرط ($A\beta_f = 1$) فان الكسب الكلي لدائرة المضخم مع التغذية الخلفية الموجبة المعبر عنه في العلاقة (11–1) يصبح مساوياً للمالانهاية ($A_f = \infty$) وهذا يعني ان كسب الدائرة سيكون كبيراً جداً بحيث يمكن للمضخم ان يولد إشارة إخراج حتى عند عدم وجود إشارة إدخال.

عمليا لكي يبدأ المذبذب المكون من مضخم ودائرة تغذية خلفية موجبة بالتذبذب، ينبغي ان يكون المقدار ($A_v\beta_f$) اكبر بقليل من الواحد في لحظة التشغيل، وذلك حتى تصل قيمة فولتية الإخراج إلى قيمة محسوسة وبعدها تنخفض قيمته إلى الواحد فيحافظ المذبذب على التذبذب بصورة مستمرة وبذروة تعادل تلك القيمة المحسوسة كما هو موضح بالشكل (١١–٦).



شكل ١١–٦: تحقق شرط حصول التذبذب في مذبذب مضخم مع تغذية خلفية موجبة

٤.١١ مذبذبات مقطع RC (RC Oscillators)

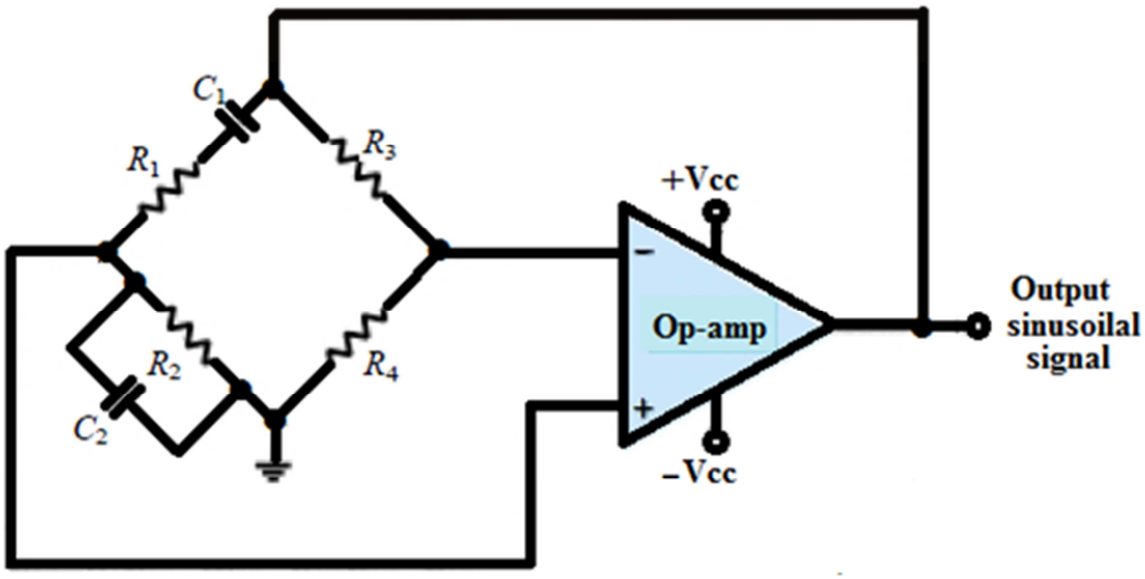
يعتمد هذا النوع من المذبذبات على دوائر تغذية خلفية تستعمل فيها مقاطع مقاومة–متسعة لغرض توفير التغذية الخلفية الموجبة اللازمة لعمل المذبذب. يستعمل هذا النوع من المذبذبات لتوليد إشارات متناوبة تكون عادة جيبية وضمن ترددات تبدأ من بضعة (Hz) إلى (1MHz) كحد اقصى.

تضم دوائر مذبذبات RC عادة دائرة مكبر والتي تكون عادة من نوع مكبر العمليات، وتضاف اليها مقاطع RC لتحقيق التغذية الخلفية الموجبة المطلوبة لعمل المذبذب.

فيما يلي اهم مذبذبات مقطع RC

١.٤.١١ قنطرة واين (Wien–Bridge Oscillator)

يعتبر مذبذب قنطرة واين من اهم مذبذبات مقطع RC وأكثرها شيوعا في التطبيقات العملية، يستعمل هذا النوع من المذبذبات للحصول على فولتية إخراج جيبية ضمن مدى ترددات من (10Hz) إلى (1 MHz)، و يشيع استعماله في المذبذبات ضمن الترددات الراديوية وذلك لبساطة تركيبها و استقرارية عملها. الشكل (١١–٧) يوضح التركيب الأساسي لمذبذب قنطرة واين، حيث يتألف من مضخم عمليات مع قنطرة RC، المقاومتان R_1 و R_2 والمتسعتان C_1 و C_2 المكونة للقنطرة تستعمل للتحكم بمقدار تردد إشارة الإخراج، بينما المقاومتان R_3 و R_4 تستعمل للتغذية الخلفية .



شكل ١١–٧: دائرة مذبذب قنطرة واين

بإهمال تأثير الحمل الناتج عن ممانعة الإدخال والإخراج لمكبر العمليات، فان العلاقة التي تربط بين المقاومات الأربعة ومتسعتي القنطرة عند التردد الذي يحدث فيه الاتزان للقنطرة تعطى بالصيغة:

$$\frac{R_3}{R_4}=\frac{R_1}{R_2}+\frac{C_2}{C_1} \qquad (11-2)$$

اما التردد الذي يحدث عنده الاتزان فيعطى بالصيغة:

$$f_o=\frac{1}{2\pi\sqrt{R_1C_1R_2C_2}} \qquad (11-3)$$

في حالة خاصة اذا كانت $(R_1=R_2=R)$ و $(C_1=C_2=C)$ فان تردد الاتزان والذي يمثل التردد الإشارة الخارجة من المذبذب فتعطى بالعلاقة:

$$f_o=\frac{1}{2\pi RC} \qquad (11-4)$$

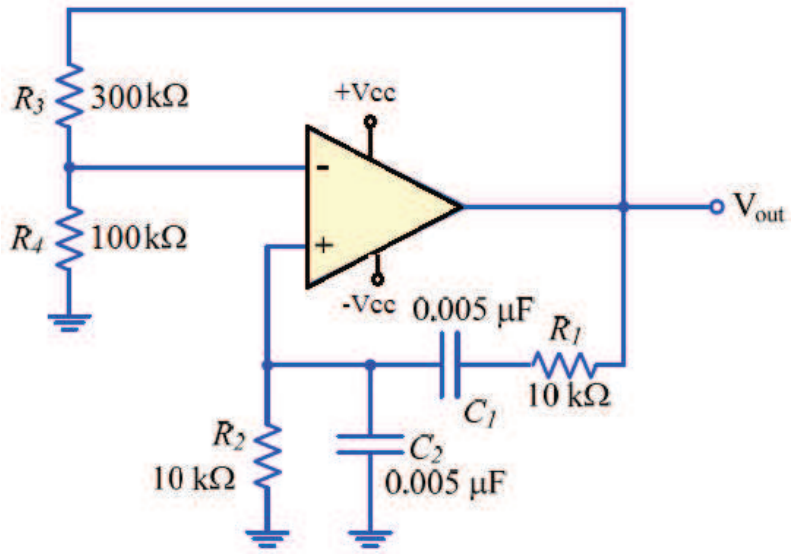
وكذلك فان العلاقة التي تربط بين مقاومتي التغذية الخلفية تكون بالصيغة:

$$\frac{R_3}{R_4}=2 \qquad (11-5)$$

من الناحية العملية ينبغي ان تكون النسبة بين مقاومتي التغذية اكبر من اثنين للحصول على تذبذب مستقر ومعرف بالمعادلة (11-5).

مثال (١١-١):

في الشكل المجاور، احسب تردد إشارة الإخراج من المذبذب.



الحل:

نلاحظ ان دائرة المذبذب هي من نوع مذبذب واين، و كذلك ان $(R_1 = R_2)$ و $(C_1 = C_2)$لذى فان تردد إشارة الإخراج تعطى بالصيغة:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

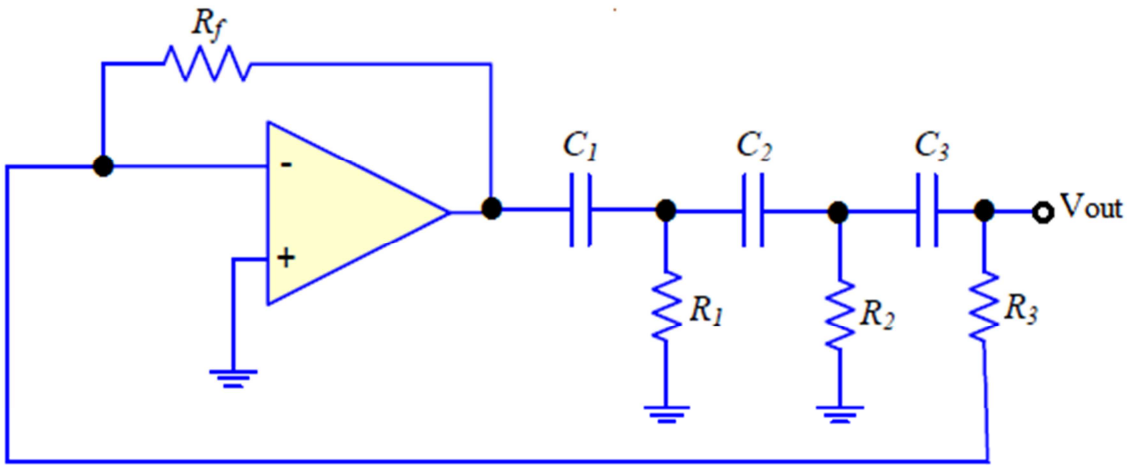
بالتعويض عن القيم نجد:

$$f_o = \frac{1}{2\pi(10 \times 10^3)(0.005 \times 10^{-6})}$$

$$f_o = 3183.1\ Hz$$

٢.٤.١١ مذبذب ازاحة الطور (Phase-Shift Oscillator)

الشكل (١١-٨) يوضح دائرة مذبذب ازاحة الطور، حيث يتكون من مضخم عمليات يعمل بمضخم عاكس، مضافاً اليها دائرة تغذية خلفية موجبة مكون من ثلاث مقاطع مقاومة-متسعة (RC) متماثلة.



شكل ١١-٨: دائرة مذبذب ازاحة الطور

ان مبدأ العمل يقوم على ان كل مقطع RC يقوم بإزاحة الطور بزاوية تتراوح بين (0^o إلى 90^o) وتعتمد مقدار الازاحة على التردد وقيم المقاومة والسعة، عند تردد معين تكون زاوية ازاحة الطور (60^o) وحيث ان المقاطع الثلاث متماثلة لذا يكون مجموع ازاحة الطور للمقاطع الثلاث (180^o) وحيث ان دائرة المضخم العاكس لها ازاحة طور (180^o) لذا تكون ازاحة الطور الكلية (360^o) مما يعني ان دائرة التغذية الخلفية

توفر تغذية خلفية موجبة عند ذلك تردد المعين، ومتى ما تحقق الشرط الثاني $(A\beta_f = 1)$ تبدأ الدائرة بتوليد الذبذبات.

ان قيمة التردد الذي يولده مذبذب ازاحة الطور يعتمد على قيم المقاومة والمتسعة لمقطع RC حيث يعطى قيمة تردد الإخراج بالصيغة:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \qquad (11-6)$$

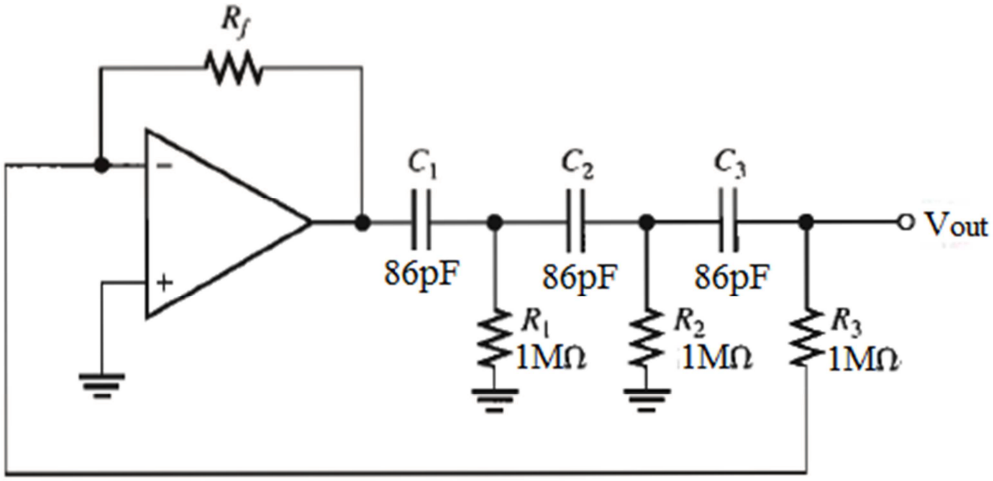
حيث يعطى التردد بوحدات الهيرتز (Hz) وقيمة المقاومة بالاوم Ω والسعة بالفاراد F.

من مزايا مذبذب ازاحة الطور انه لا يحتاج إلى ملفات أو محولات ويمكن استعماله للحصول على ترددات منخفضة حتى (1Hz).

اما عيوبه فابرزها هو عدم إمكانية الحصول على ترددات اكثر من (1MHz).

مثال (١١-٢):

يبين الشكل التالي مذبذب ازاحة الطور ذا ترانزستور FET كم هو التردد الذي تتذبذب عنده الدائرة؟



الحل:

نلاحظ ان الدائرة هي مذبذب ازاحة الطور، وفيها يعطى تردد التذبذب بالصيغة: $f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$

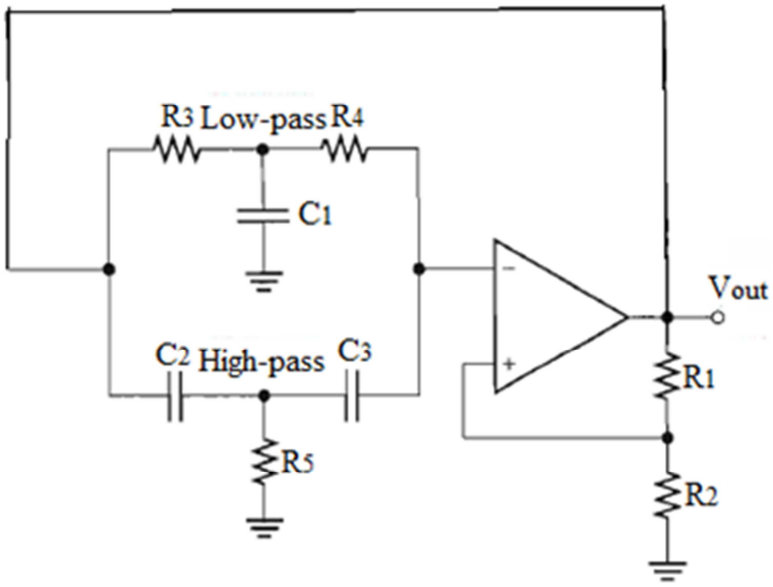
من رسمة الدائرة لدينا: $(C = 68\times10^{-12}F \quad , \quad R = 1\times10^{6}\Omega)$ وبالتعويض عن القيم نجد:

$$f = \frac{1}{2\pi(1\times10^{6})(68\times10^{-12})\sqrt{6}}$$

$$f = 955.5\,\text{Hz}$$

٣.٤.١١ مذبذب اقتران T- (Twin-T Oscillator)

يتكون من دائرتي مرشح متسعة-مقاومة (RC Filter) ، احدها مرشح مرور واطي (دائرة متسعة ومقاومة على التوالي ويكون الإخراج على طرفي المتسعة، وتسمح الدائرة بمرور الترددات الواطئة)، والثانية مرشح مرور عالي (دائرة متسعة ومقاومة على التوالي ويكون الإخراج على طرفي المقاومة، وتسمح الدائرة بمرور الترددات العالية). وتربط دائرتي المرشح الواطي والعالي معا لتكون دائرة التغذية الخلفية السالبة مع مكبر العمليات، بينما توفر مقاومتي مجزئ الجهد التغذية الخلفية الموجبة للمكبر، وبالصورة الموضحة بالشكل (١١-٩).



شكل ١١-٩: دائرة مذبذب اقتران T

ان مرشحي المرور الواطي والعالي مربوطين على التوازي، فيقوم كل منهما بتوهين الترددات ضمن مجال عمله، وبالنتيجة يكون هناك تردد مركزي معين يكون فيه التوهين لكلا المرشحين في قيمته الدنيا، عند ذلك التردد يحدث التذبذب نتيجة التغذية الخلفية الموجبة التي توفرها مقاومتي مقسم الجهد (R_1 , R_2).

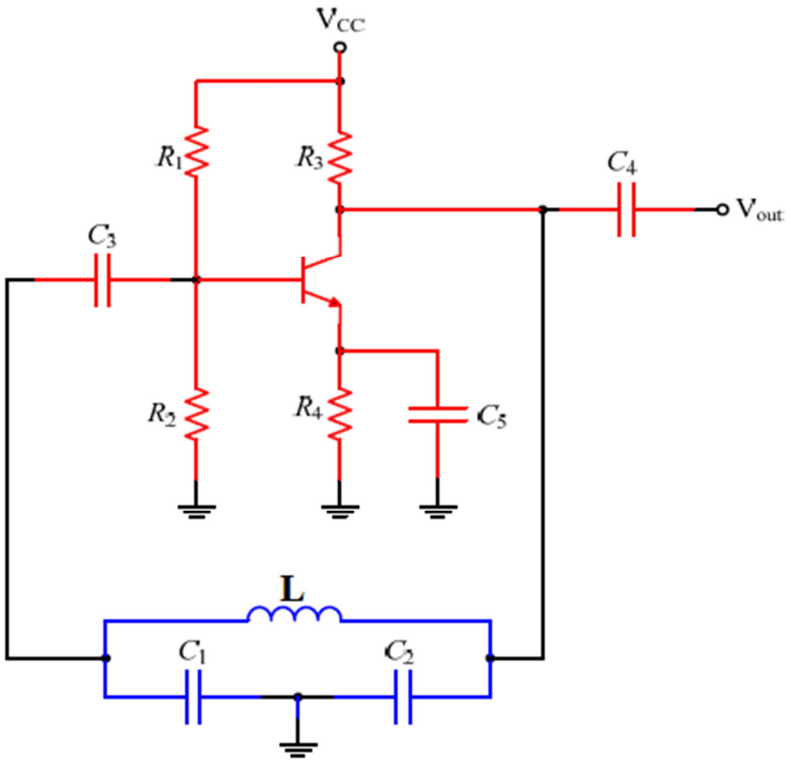
٥.١١ مذبذبات مقطع LC (LC Oscillators)

يستعمل هذا النوع من المذبذبات للحصول على إشارات إخراج ذات ترددات عالية حيث يمكن الحصول بواسطتها على ترددات ضمن المدى (I MHz–500 MHZ)، تتكون مذبذبات مقطع محث–متسعة عادة من دائرة تغذية خلفية تستعمل فيها مقاطع محث–متسعة بالإضافة لدائرة مكبر والذي يتألف بشكل أساس من مكبرات الترانستور المنفرد من النوع ثنائي القطبية (BJT) أو ترانزستورات تأثير المجال (FET)، ولا يمكن استعمال مكبرات العمليات في دوائر مذبذبات الترددات العالية وذلك لمحدودية عمل تلك المكبرات في مذبذبات الترددات العالية.

فيما يلي عرض لاهم مذبذبات مقاطع LC

١.٥.١١ مذبذب كولبتس (Colpitts Oscillator)

يتكون هذا المذبذب من متسعتين مربوطتين عبر محث وتكون النقطة المشتركة بينهما مؤرضة، كما هو موضح بالشكل (١١–١٠)، توفر المتسعتان والمحث دائرة التغذية الخلفية الموجبة اللازمة لتحقيق الازاحة الطورية اللازمة لعمل المذبذب والتي تحدث عند تردد معين تحدده قيمة المتسعتان والمحث.



شكل ١١–١٠: دائرة مذبذب كولبتس

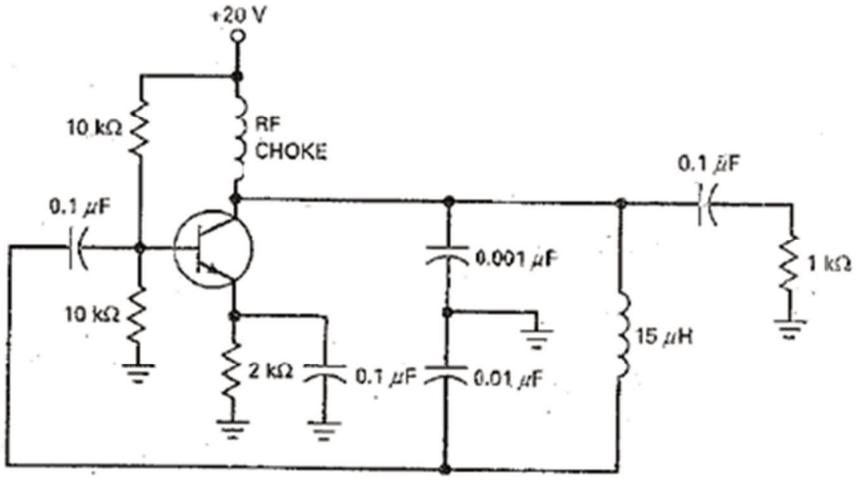
ان القيمة التقريبية لتردد الاهتزاز للدائرة تعطى بالعلاقة:

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} \qquad (11-7)$$

حيث L هي حثية المحث بالهنري (H)، بينما C_T تمثل السعة الكلية والتي تعطى بالصيغة:

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \qquad (11-8)$$

مثال (١١-٣): أوجد تردد التذبذب لدائرة المذبذب الموضح بالشكل التالي:



الحل: يلاحظ ان دائرة المذبذب هو من نوع مذبذب كولبتس، حيث يعطى تردد التذبذب بالصيغة:

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

من ملاحظة الشكل لدينا:

$$C_1 = 0.001\mu F \quad , \quad C_2 = 0.01\mu F \quad , \quad L = 15\mu H$$

بالتعويض عن القيم نحصل على:

$$C_T = \frac{(0.001)(0.01)}{0.001 + 0.01} = 0.000909\mu F$$

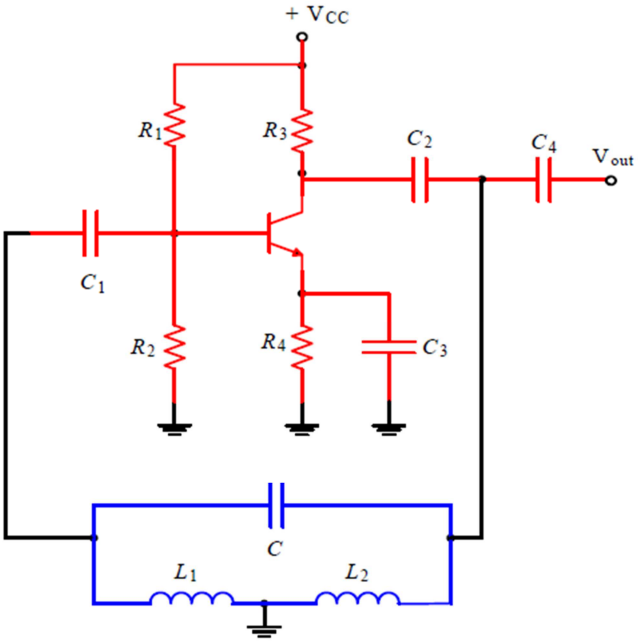
$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{(15\times10^{-6})(0.000909\times10^{-6})}}$$

$$f_r \cong 1.363\times10^{6} Hz$$

$$f_r \cong 1.363\, MHz$$

٢.٥.١١ مذبذب هارتلي (Hartley Oscillator)

مذبذب هارتلي مشابه لمذبذب كولبتس، باستثناء تركيب دائرة التغذية الخلفية، حيث يتم استبدال المتسعتين بمحثين، ويستبدل المحث بمتسعة كما هو موضح بالشكل (١١-١١).



شكل ١١-١١: دائرة مذبذب هارتلي

تردد إشارة الإخراج لدائرة هارتلي تعطى بالعلاقة:

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}} \qquad (11-9)$$

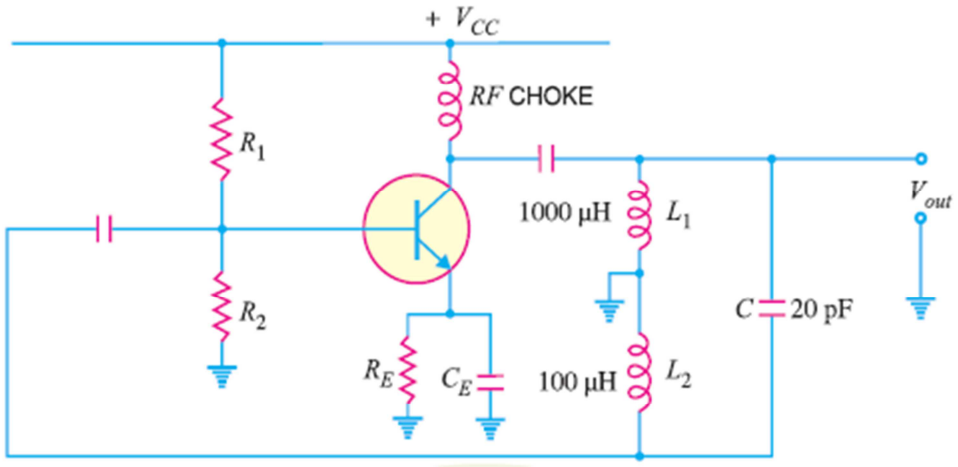
حيث C هي سعة متسعة دائرة التغذية الخلفية، بينما (L_T) تمثل المحاثة الكلية لدائرة التغذية الخلفية والتي تعطى بالعلاقة:

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M \qquad (11-10)$$

حيث (M) يمثل الحث المتبادل (Mutual inductance) بين محثي التغذية الخلفية.

مثال (١١-٤):

احسب تردد إشارة الإخراج لمذبذب هارتلي الموضح بالشكل التالي، علما بان الحث المتبادل بين ملفي التغذية الخلفية هي $(M = 20\mu H)$.



الحل:

$$L_1 = 1000\mu H \quad , \quad L_2 = 100\mu H \quad , \quad C = 20pF$$

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}} \qquad , \quad L_T = L_1 + L_2 + 2M \quad , \quad M = 20\mu H$$

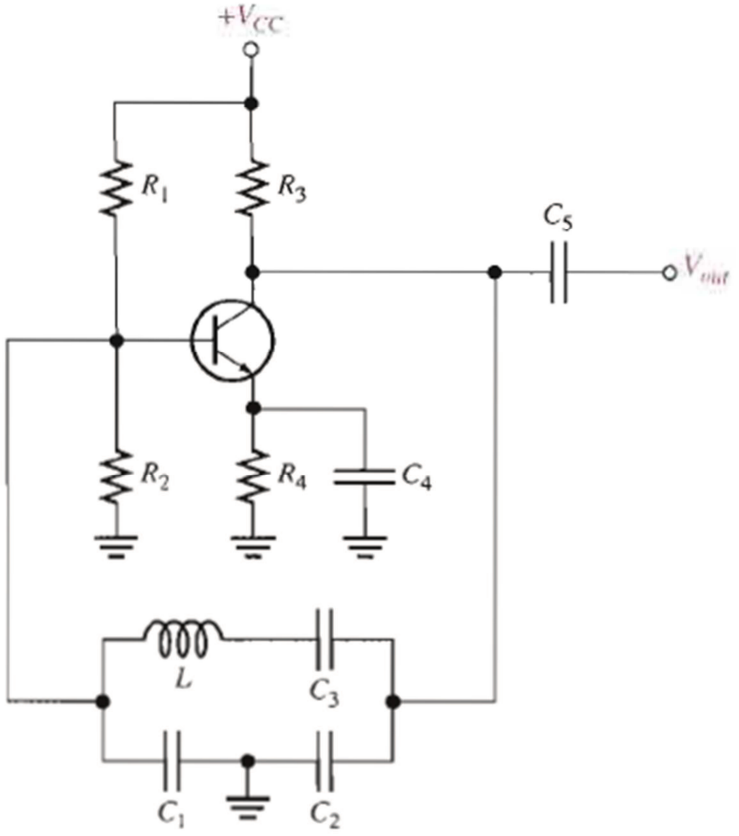
$$L_T = 1000 + 100 + (2 \times 20) = 1140\mu H$$

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{(1140 \times 10^{-6})(20 \times 10^{-12})}}$$

$$f_r \cong 1.054 \times 10^6 Hz = 1.054\ MHz$$

٣.٥.١١ مذبذب كلاب (Clapp Oscillator)

يعتبر مذبذب كلاب نموذج مطور من مذبذب كولبتس، حيث تتم إضافة متسعة ثالثة (C_3) الى دائرة التغذية الخلفية وعلى التوالي مع المحث، كما هو موضح بالشكل (١١-١٢).



شكل ١١-١٢: دائرة مذبذب كلاب

ان تردد إشارة الإخراج لمذبذب كلاب يعطى بالعلاقة:

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} \qquad (11-11)$$

يلاحظ من دائرة التغذية الخلفية ان المتسعات الثلاث مرتبطة على التوالي، وبالتالي تعطى السعة الكلية لدائرة التغذية الخلفية بالعلاقة:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad (11-12)$$

في مذبذب كلاب يتم اختيار المتسعة (C_3) بحيث تكون اصغر بكثير من المتسعتين $(C_2\ ,C_1)$، وبالتالي يمكن اعتبار المتسعة الكلية مساوية لسعة المتسعة (C_3)، لذا يعبر عن تردد دائرة مذبذب كلاب بالصيغة:

$$f_r \cong \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_3}} \qquad (11-13)$$

يمتاز مذبذب كلاب باستقرارية العمل بالإضافة إلى إمكانية تحديد تردد إشارة الإخراج بدقة، فإضافة المتسعة الثالثة تعمل جعل تردد التذبذب غير معتمد على دائرة الترانزستور كما تلغي تأثير المتسعات الشاردة (stray capacitances) التي تؤثر على عمل الدوائر العاملة في الترددات العالية.

٦.١١ مذبذبات مذبذب بلورة الكوارتز (Quartz–Crystal Oscillators)

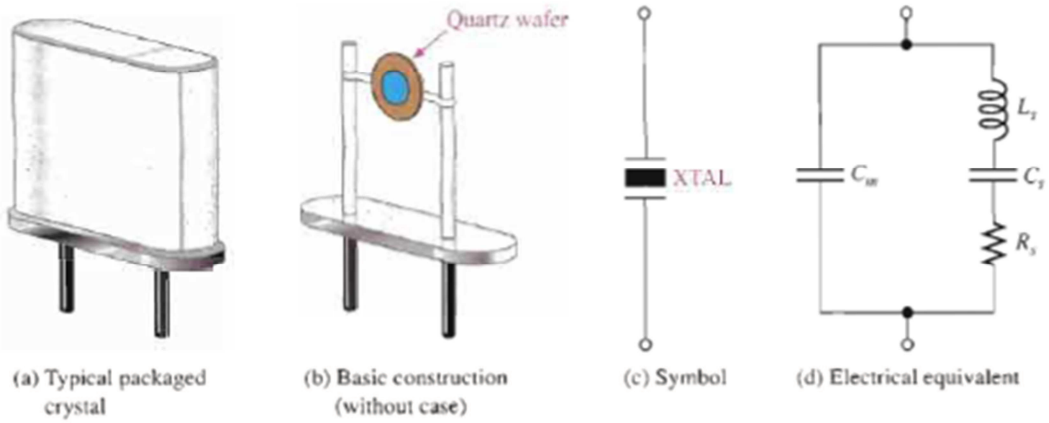
ان لكل من المذبذبات التي تم تناولها سابقا (مذبذبات مقاطع RC و مذبذبات مقاطع LC) لها محددات عملية لا يمكن تجاوزها، ومن اهم المشاكل التي تواجه تلك المذبذبات هو ضبط تردد الإشارة الخارجة عند قيمة محددة وثابتة اثناء عمل المذبذب. فمثلا عند عمل دائرة المذبذب فانها تسخن عادة، وتتغير تبعا لذلك خواص بعض العناصر مثل المقاومات و المحاثات وبالنتيجة يتغير تردد الإخراج للمذبذب لتغير خواص مكونات المذبذب. كما ان تغيير أي عنصر من عناصر الدائرة لعطب ما فان تردد التذبذب قد يتغير عن قيمته الأولى. يضاف إلى ذلك ان هناك بعض التطبيقات العملية تتطلب دقة وثبوتية عالية في التردد مثل أجهزة الأرسال بمختلف أنواعها. للحصول على دوائر مذبذبات تستعمل بلورة الكوارتز.

تمتاز بعض المواد بخاصية فريدة تسمى الإجهاد الكهربائي (Piezoelectric)، فعند تعرض تلك المواد إلى إجهاد ميكانيكي معين فانها تتولد على طرفيها جهد كهربائي يتناسب مع مقدار الإجهاد المسلط، وفي حالة كون الإجهاد دوريا ينشئ بالمقابل جهد دوري على طرفي المادة، والعكس بالعكس أي عند تسليط جهد كهربائي بتردد معين ينشئ اهتزاز ميكانيكي بنفس تردد الجهد المسلط، ولكل مادة من هذا النوع تردد معين (تردد طبيعي) تكون فيها استجابتها للإجهادات في قيمتها القصوى. وتعتبر بلورة الكوارتز (quartz crystal) من المواد التي تمتلك تلك الخاصية وتستعمل بكثرة في التطبيقات المتعلقة بدوائر المذبذبات وذلك لاستجابتها العالية بالإضافة لسهولة تصنيعها.

يتم عادة وضع بلورة الكوارتز بين لوحين موصلين وتستعمل مادة عازلة لعزل البلورة عن اللوحين، وتوضع الموجوعة داخل غلاف معدني، اما الدائرة المكافئة فتمثل بدائرة رنين توالي (مقاومة، محث، متسعة) (L, C, R) ويتصل بين طرفيها متسعة (C_m) والتي تسمى (mounting capacitance) والتي تمثل حالة البلورة في غياب أي إجهاد خارجي (تتصرف كمتسعة ذات لوحين متوازيين بينهما عازل). ان القيم النموذجية لقيم المتسعات المحث والمقاومة عند تردد (4MHz) هي:

$$(L = 100mH,\ C = 0.015\,pF.\ R = 100\Omega\ ,\ C_m = 5\,pF)$$

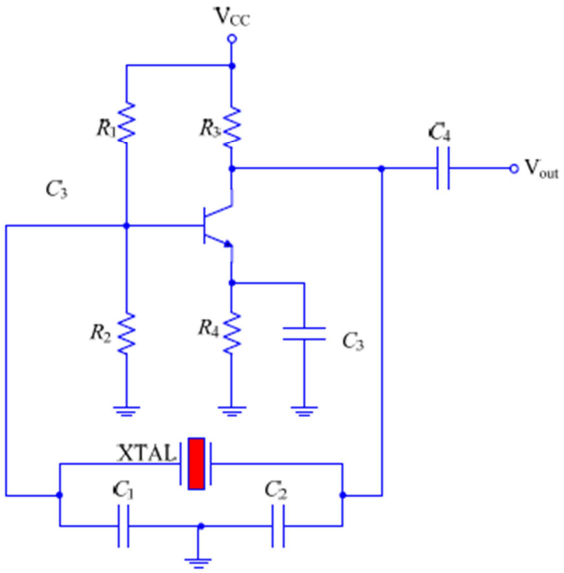
الشكل (١١–١٣) يوضح المظهر الخارجي ، التركيب الأساسي، رمز والدائرة المكافئة لبلورة الكوارتز.



شكل ١١–١٣: مذبذب بلورة الكوارتز

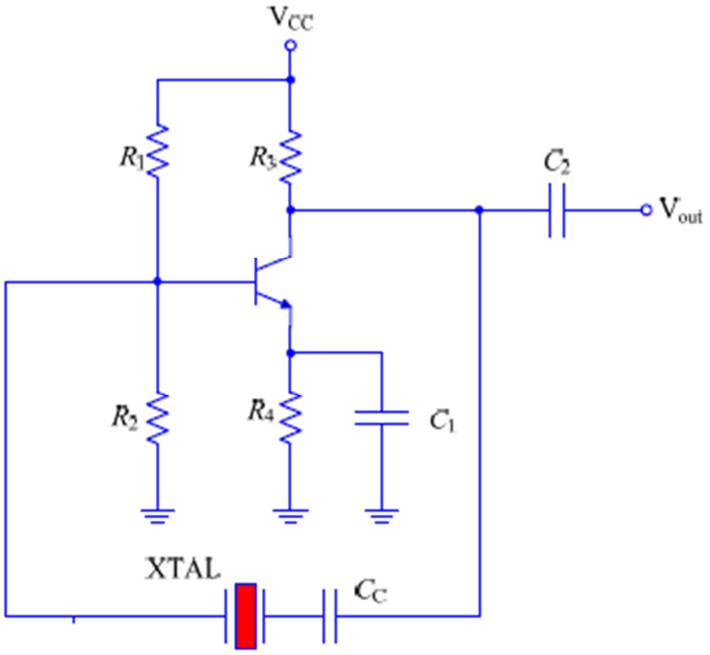
في الترددات المنخفضة يمكن اهمال تأثير المتسعة (C_m) وتتصرف الدائرة كدائرة رنين توالي (L,R,C) حيث تظهر الدائرة خواص سعوية $(X_C > X_L)$ وكلما زاد التردد تقل قيمة الرادة السعوية وتزداد قيمة الرادة الحثية إلى ان تتساوى القيمتين عند تردد معين والذي يسمى التردد الرنين ويكون تيار الدائرة في قيمته القصوى، وبعدها تظهر الخواص الحثية على الدائرة، في الترددات العالية يمكن اهمال المتسعة (C) ويظهر تأثير المتسعة (C_m) وتتصرف الدائرة كدائرة رنين توازي مكونة من (C_m,L,R)، وبالنتيجة يمكن لبلورة الكوارتز ان تتصرف كدائرة رنين توالي او توازي وحسب التردد الذي تعمل ضمنه ويكون لها تردد رنين احدهما تردد رنين توالي عند الترددات الواطئة والثاني تردد رنين توازي عند الترددات العالية.

الشكل (١١–١٤) يوضح استعمال بلورة الكوارتز في دائرة مذبذب كولبتس المعدلة حيث تم استعمال بلورة الكوارتز للعمل في حالة رنين التوازي.



شكل ١١–١٤: دائرة مذبذب كولبتس المعدلة في حالة رنين التوازي

كما يمكن استعمال بلورة الكوارتز للعمل في دائرة مذبذب للعمل في حالة رنين التوالي، كما هو موضح بالشكل (١١-١٥).



شكل ١١-١٥: **دائرة مذبذب كولبتس المعدلة** في حالة رنين التوالي

٧.١١ المذبذبات اللاجيبية

دوائر المذبذبات التي تم تناولها سابقا تتعلق بتوليد إشارات جيبية، وهناك نوع آخر من المذبذبات تقوم بتوليد إشارات غير جيبية، ومن امثلة هذه الإشارات المربعة، المثلثة، سن المنشار وغيرها، وتسمى تلك المذبذبات بالمذبذبات اللاجيبية وتسمى أيضا بمذبذبات الاسترخاء (Relaxation Oscillators). للمذبذبات اللاجيبية تطبيقات في مجال الإلكترونيات التماثلية ولكن تطبيقاتها الأهم هي في مجال الإلكترونيات الرقمية.

أسئلة الفصل الحادي عشر

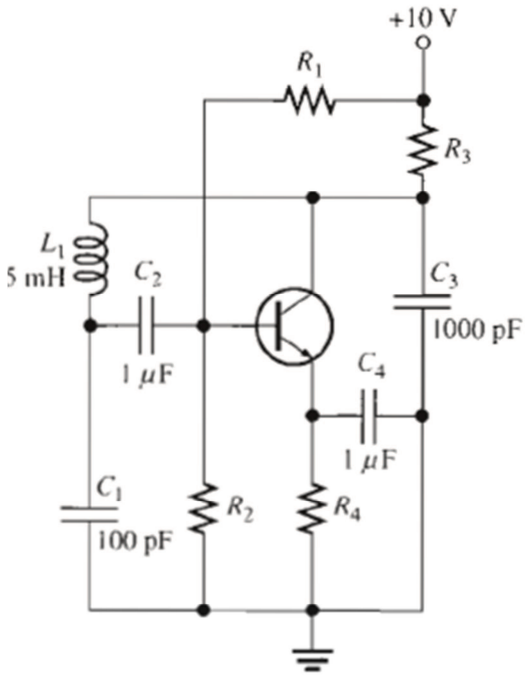
س١: وضح المقصود بالتغذية الخلفية الموجبة.

س٢: ما المقصود بدوائر المذبذبات وما هي شروط التذبذب.

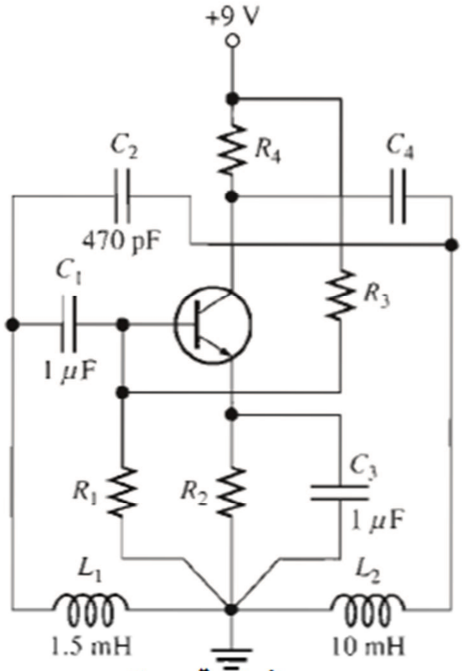
س٣: قارن بين مذبذبات RC ومذبذبات LC

س٤: اشرح مذبذبات بلورة الكوارتز.

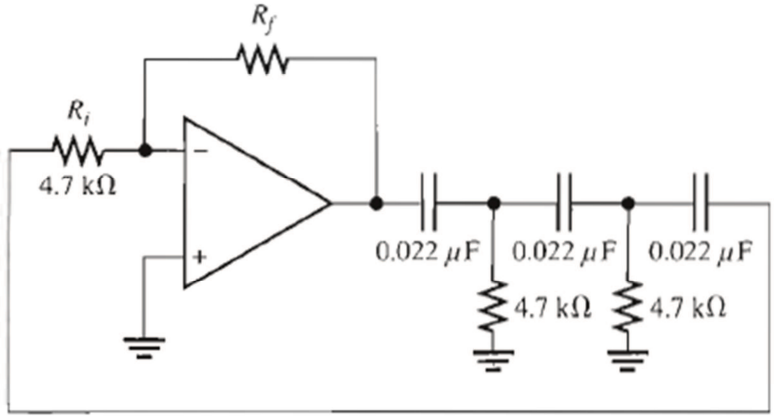
س٥: في كل دائرة من الدوائر التالية اذكر نوع المذبذب ثم احسب تردد إشارة الإخراج.



دائرة رقم (١)



دائرة رقم (٢)



دائرة رقم (٣)