

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
122-2-1

1991

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1993-08

Amendement 1

Quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence

Deuxième partie:

Guide pour l'emploi des résonateurs à quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence –
Section un: Résonateurs à quartz comme base de temps dans les microprocesseurs

Amendment 1

Quartz crystal units for frequency control and selection

Part 2:

Guide to the use of quartz crystal units for frequency control and selection –
Section one: Quartz crystal units for microprocessor clock supply

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

K

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques et diélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
49(BC)245	49(BC)255

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter les titres suivants des nouvelles annexes après l'article 8:

Annexes

- A Limitation (jusqu'à des valeurs admissibles) du niveau d'excitation des résonateurs à quartz utilisés avec des portes logiques et des oscillateurs intégrés
- B Utilisation des résonateurs à quartz fonctionnant sur des partiels à des fréquences supérieures à environ 25 MHz avec des portes logiques et des oscillateurs intégrés

Page 40

Ajouter les nouvelles annexes suivantes A et B après l'article 8:

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection.

The text of this amendment is based on the following documents:

DIS	Report on voting
49(CO)245	49(CO)255

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the report on voting indicated in the above table.

Page 3

CONTENTS

Add the following titles of new annexes after clause 8:

Annexes

- A Limiting the drive level of crystal units used with digital gates and on-chip oscillators to permissible values
- B The use of overtone crystal units above approximately 25 MHz with digital gates and on-chip oscillators

Page 41

Add the following new annexes A and B after clause 8:

Annexe A (normative)

Limitation (jusqu'à des valeurs admissibles) du niveau d'excitation des résonateurs à quartz utilisés avec des portes logiques et des oscillateurs intégrés

A.1 Objet

L'objet de cette annexe est de décrire une méthode simple de mesure du courant passant par le résonateur à quartz dans des oscillateurs avec portes logiques ou oscillateurs intégrés pour microprocesseurs. De cette manière, des irrégularités dans les conditions de fonctionnement de l'oscillateur ou la destruction du résonateur à quartz peuvent être évitées.

A.2 Généralités

Les résonateurs à quartz utilisés sans précautions spéciales avec des portes logiques ou des oscillateurs intégrés de microprocesseurs fonctionnent souvent avec un courant excessivement élevé. Cela peut provoquer des irrégularités dans l'oscillateur, dans la relation fréquence/température et même la destruction du résonateur à quartz. Les données concernant les effets mécaniques des niveaux de courant sont données dans l'annexe de la future CEI 444-6*. La fréquence d'un résonateur à quartz de coupe AT est déterminée par l'épaisseur de la lame cristalline de quartz (élément). Le niveau de dissipation de puissance du résonateur dépend du volume «actif» du résonateur entre les électrodes, qui décroît avec l'élévation de la fréquence lorsque la surface de l'électrode et l'ordre du partiel restent constants.

La valeur recommandée pour le courant passant par le résonateur à quartz peut être calculée à partir de l'équation suivante et il convient qu'elle ne soit dépassée que de peu:

$$I_q = K \frac{n A}{\sqrt{f}} \quad (1)$$

où

n est l'ordre du partiel (fréquence fondamentale: $n = 1$);

A est la surface de l'électrode en mm^2 ;

f est la fréquence en mégahertz;

$K = 0,35 [\text{mA} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1/2}]$.

La surface de l'électrode ne pouvant pas être facilement mesurée, par exemple par l'utilisateur du résonateur à quartz, elle peut être calculée de la manière suivante en utilisant la capacité parallèle d'un résonateur à quartz:

* Actuellement document 49 (Secrétariat) 248 (à l'étude).

Annex A (normative)

Limiting the drive level of crystal units used with digital gates and on-chip oscillators to permissible values

A.1 Object

The object of this annex is to describe a simple method to measure the crystal current in oscillators with digital gates or on-chip microprocessor oscillators. In this way, irregularities in the oscillator conditions or destruction of the crystal unit can be avoided.

A.2 General

Crystal units used without special precautions with digital gates or on-chip oscillators of microprocessors are often operated with an excessively high current. This can result in irregularities in the oscillator, in the frequency/temperature relationship and even in the destruction of the crystal unit. Data on the mechanical effects of current levels are given in the annex to the future IEC 444-6*. The frequency of an AT-cut quartz crystal unit is determined by the thickness of the crystal plate (element). The power dissipation capability of the crystal depends on the "active" crystal volume between the electrodes and this decreases with increasing frequency if the electrode area and the overtone order are constant.

A recommended value for the current through the crystal resonator can be calculated from the following relationship and should not be exceeded to any great extent:

$$I_q = K \frac{nA}{\sqrt{f}} \quad (1)$$

where

n is the number of the overtone (fundamental: $n = 1$);

A is the electrode area in mm^2 ;

f is the frequency in megahertz;

$K = 0,35 [\text{mA} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1/2}]$.

Since the electrode area cannot be easily measured, e.g. by the user of the crystal unit, it may be calculated from the following, using the shunt capacitance of the crystal unit:

* Currently document 49(Secretariat)248 (under consideration).

$$C_o = C_E + C_H \quad (2)$$

où

C_E est la capacité des électrodes;

C_H est la capacité de l'enveloppe (environ 0,5 pF à 1,0 pF).

et

$$C_E = 2,41 \cdot \frac{f \cdot A}{100 \cdot n} \quad (3)$$

c'est pourquoi

$$A = \frac{C_E \cdot 100 \cdot n}{2,41 \cdot f}$$

en substituant par A dans l'équation (1):

$$I_q = 14,5 \frac{C_E \cdot n^2}{f^{3/2}} \approx 14,5 \frac{(C_o - 0,8) \cdot n^2}{f^{3/2}} \quad [\text{mA}] \quad (4)$$

Dans la plupart des cas, la capacité de l'enveloppe peut être négligée et la capacité C_o mesurée peut être utilisée à la place de C_E .

Dans la gamme de fréquences de 10 MHz à 20 MHz, les calculs selon les formules (1) et (4) donneront des valeurs dans la gamme de 1,0 mA à 1,4 mA pour un résonateur classique de coupe AT et des valeurs dans la gamme de 0,8 mA à 1,0 mA pour des résonateurs à structure à lame.

Ces valeurs sont des valeurs maximales recommandées.

Il y a des exemples pratiques de circuits oscillateurs qui ont été conçus sans considération des critères ci-dessus qui ont des valeurs de I_q dans la gamme de 5 mA à 7 mA. L'utilisation de tels circuits n'est pas recommandée.

A.3 Mesures du courant passant par le résonateur

Le courant passant par un résonateur peut être mesuré directement en utilisant une sonde de courant RF convenable conjointement avec un oscilloscope approprié, un analyseur de spectre ou un voltmètre RF. Les types de sondes de courant disponibles dans le commerce (transformateur de courant) ont des sensibilités typiques dans la gamme de 1 mV/mA à 5 mV/mA. Lorsqu'on utilise l'une de ces sondes de courant il peut être nécessaire d'allonger les sorties du résonateur à quartz (voir la figure A.1). Il y a d'autres méthodes de mesure entraînant des mesures de la tension et des calculs pour déterminer le courant à travers le résonateur. Il y a lieu de noter que toutes les méthodes de mesure entraînent quelques modifications des conditions de circuit simplement en introduisant le dispositif de mesure dans le circuit. Ces modifications peuvent affecter la précision de mesure, et il convient qu'une tolérance nécessaire soit donnée pour ces effets possibles.

$$C_o = C_E + C_H \quad (2)$$

where

C_E is the electrode capacitance;

C_H is the enclosure capacitance (approximately 0,5 pF to 1,0 pF).

and

$$C_E = 2,41 \cdot \frac{f \cdot A}{100 \cdot n} \quad (3)$$

therefore

$$A = \frac{C_E \cdot 100 \cdot n}{2,41 \cdot f}$$

substituting for A in equation (1):

$$I_q = 14,5 \frac{C_E \cdot n^2}{f^{3/2}} \approx 14,5 \frac{(C_o - 0,8) \cdot n^2}{f^{3/2}} \quad [\text{mA}] \quad (4)$$

In the majority of cases, the enclosure capacitance may be ignored and the measured capacitance C_o may be used instead of C_E .

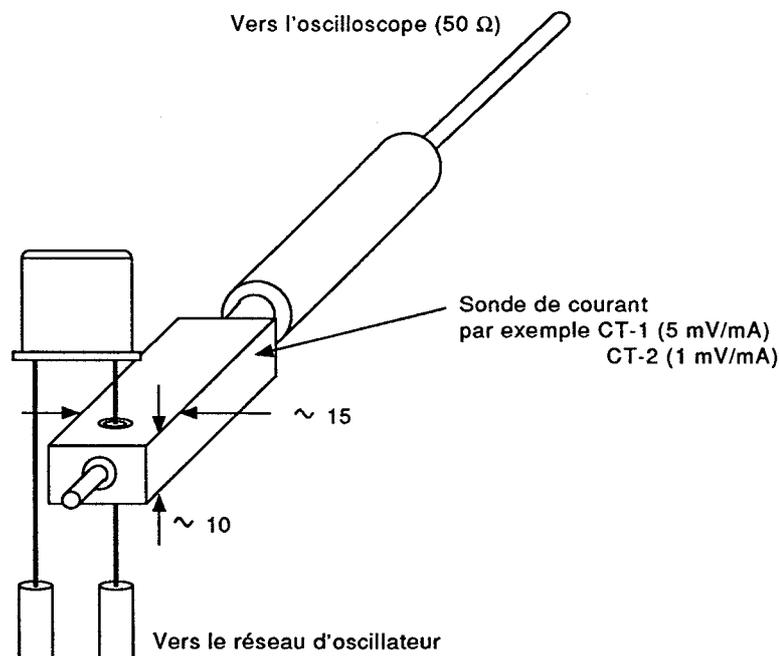
In the frequency range 10 MHz to 20 MHz, calculations as per formula (1) and (4) will give values in the range 1,0 mA to 1,4 mA for conventional AT-cut crystal and values in the range 0,8 mA to 1,0 mA for so-called strip resonators.

These are recommended maximum values.

There are practical examples of oscillator circuits which have been designed without consideration of the above criteria which have values of I_q in the range 5 mA to 7 mA. The use of such circuits is not recommended.

A.3 Measurement of the crystal current

The crystal current can be measured directly using a suitable RF current probe in conjunction with an appropriate oscilloscope, spectrum analyser or RF voltmeter. Commercially available (current transformer) type current probes have typical sensitivities in the range 1 mV/mA to 5 mV/mA. When using one of these current probes, it may be necessary to lengthen the crystal leads (see figure A.1). There are other methods of measurement involving voltage measurements and calculations to determine the crystal current. It should be noted that all methods of measurement involve some disturbance of the circuit conditions merely by the introduction of the measurement device into the circuit. This disturbance may affect the accuracy of the measurement, and due allowance should be made for these possible effects.



CEI 983193

Dimensions en millimètres

Figure A.1 – Mesure pratique du courant passant par le résonateur

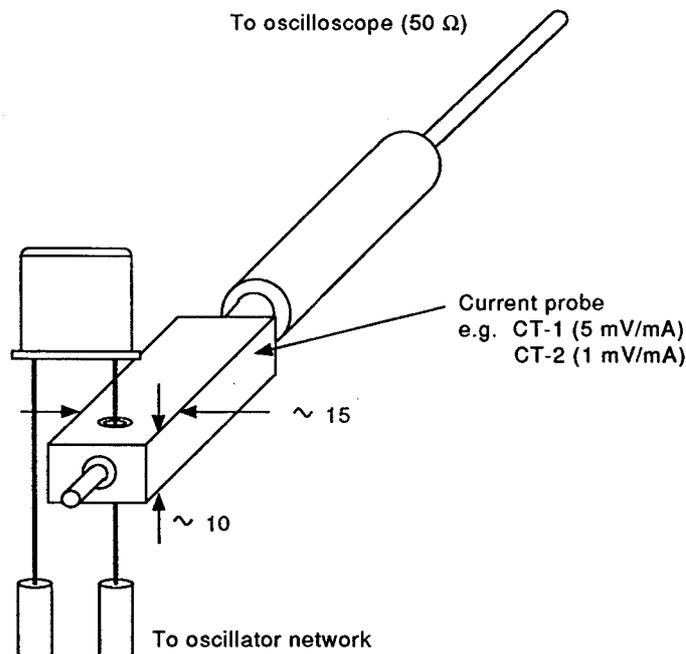
La résistance dynamique du résonateur à quartz doit être connue exactement. Pour assurer la fiabilité de fonctionnement, une mesure est effectuée pendant laquelle la résistance dynamique du résonateur à quartz est augmentée jusqu'à la valeur maximale admissible de la spécification particulière en connectant une résistance additionnelle R_{sup} en série (figure A.2). Cette simulation de la résistance est suffisamment précise pour la gamme de fréquences habituelle de l'application considérée.

A.4 Méthode pour réduire le courant passant par le résonateur

Les courants excessifs passant par les résonateurs peuvent être réduits dans une certaine mesure en limitant les valeurs des capacités C_{x1} et C_{x2} en tenant compte des données contenues dans la partie principale de ce guide. La réduction des valeurs de C_{x1} et C_{x2} modifiera la valeur de la capacité de charge C_L , ce qui provoquera un changement de la fréquence de fonctionnement du résonateur à quartz. Ceci peut être corrigé en spécifiant correctement la valeur changée de la capacité de charge C_L lors de la commande d'autres résonateurs à quartz.

Si cette étape n'atteint pas les résultats escomptés, une résistance R doit être placée entre la sortie de la grille et le réseau à quartz. La valeur de cette résistance doit être telle que le courant passant par le résonateur à quartz calculé ne soit pas dépassé et que les caractéristiques de démarrage d'oscillateur ne soient pas influencées de façon défavorable.

Pour la résistance R on peut considérer les valeurs de 47 Ω à 1 kΩ.



IEC 983/93

Dimensions in millimetres

Figure A.1 – Practical measurement of the crystal current

The motional resistance of the crystal unit must be known accurately. In order to ensure operating reliability, a measurement is performed in which the motional resistance of the crystal unit is increased to the maximum value permitted in the detail specification by connecting a supplementary resistor R_{sup} in series (figure A.2). This resistance simulation is sufficiently accurate for the usual frequency range for the application in question.

A.4 Method for the reduction of the crystal current

Up to a certain degree, measured crystal currents which are excessive can be reduced by reducing the values of the capacitors C_{x1} and C_{x2} , bearing in mind the data contained in the main part of this guide. The reduction of the values of C_{x1} and C_{x2} will alter the value of the load capacitance C_L and this will cause a change in the crystal operating frequency. This can be corrected by correctly specifying the changed value of the load capacitance C_L when ordering further crystals.

If this step does not achieve the desired results, a resistance R shall be inserted between the gate output and the crystal network. The value of this resistor shall be such that the calculated crystal current is not exceeded, and the oscillator start-up characteristics are not adversely effected.

Values of 47 Ω to 1 kΩ can be considered for resistor R .

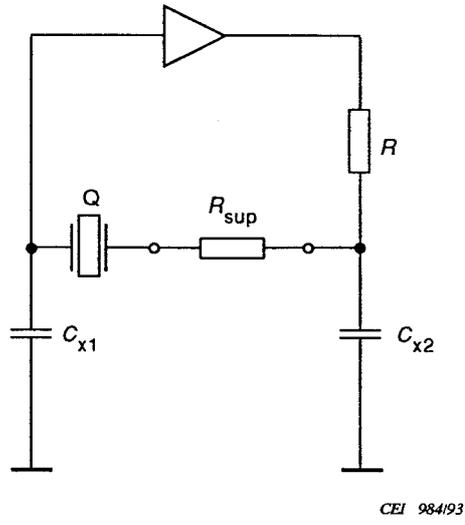


Figure A.2 – Réseau d'oscillateur avec R et R_{sup}

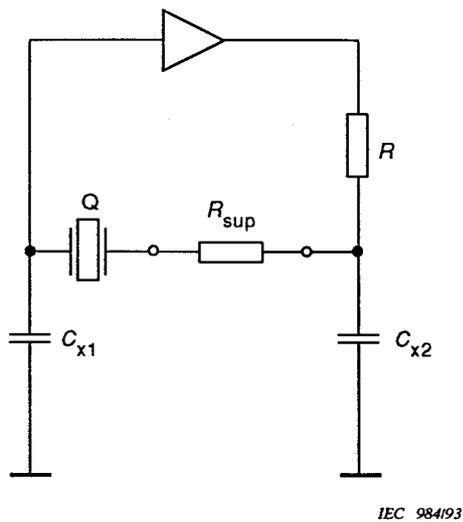


Figure A.2 – Oscillator network with R and R_{sup}

Annexe B (normative)

Utilisation des résonateurs à quartz fonctionnant sur partiels à des fréquences supérieures à environ 25 MHz avec des portes logiques et des oscillateurs intégrés

B.1 Objet

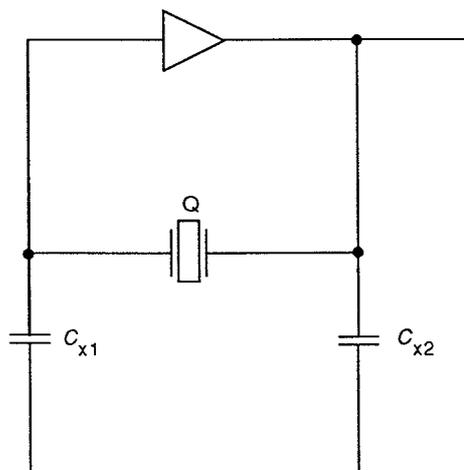
L'objet de cette annexe est de décrire un circuit qui représente une variante étendue des circuits connus décrits à la figure B.1 et qui permet d'utiliser les résonateurs fonctionnant sur troisième partiel dans la gamme de fréquences supérieures à 25 MHz. Ces résonateurs peuvent offrir des avantages économiques.

B.2 Généralités

Les résonateurs à quartz de coupe AT fonctionnant sur le mode fondamental aux fréquences supérieures à 25 MHz sont habituellement relativement coûteux, car leur lame vibrante de quartz est extrêmement mince. Cela commence pour les résonateurs dans l'enveloppe DP de la CEI 122-3 aux fréquences de 6 MHz à 8 MHz et se termine aux fréquences de 22 MHz à 25 MHz. C'est pourquoi les résonateurs fonctionnant sur partiels sont souvent préférés. Un fonctionnement fiable sur le troisième partiel exige des mesures complémentaires du circuit ce qui est d'importance secondaire si l'on considère le coût. Dans la gamme de fréquences supérieures à environ 25 MHz, il est souhaitable de considérer le coût relatif dès la conception.

B.3 Fonctionnement des résonateurs à quartz avec des portes logiques dans la gamme des partiels

La figure B.1 décrit le circuit d'oscillateur courant avec portes logiques, formé d'un résonateur à quartz, de deux condensateurs et d'un inverseur logique comme composant actif.



CEI 985/93

Figure B.1 – Réseau principal d'un oscillateur à quartz

Annex B
(normative)

The use of overtone crystal units above approximately 25 MHz with digital gates and on-chip oscillators

B.1 Object

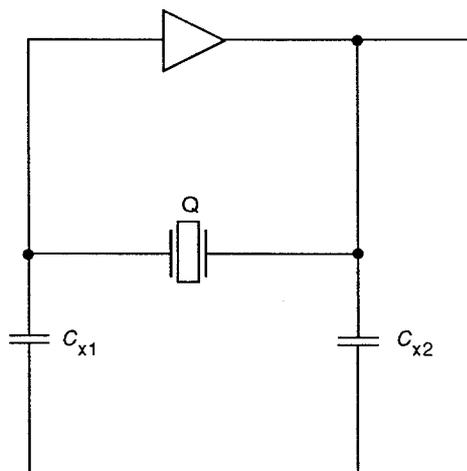
The object of this annex is to describe a circuit which represents an extended version of the familiar circuits shown in figure B.1 and which enables third overtone crystal units to be used in the frequency range above 25 MHz. These can offer economic advantages.

B.2 General

Fundamental mode AT-cut quartz crystal units at frequencies above 25 MHz are usually relatively expensive because the quartz resonator plate is extremely thin. This begins for the DP enclosure of IEC 122-3 at 6 MHz to 8 MHz and ends at 22 MHz to 25 MHz. Therefore, overtone crystal units are often preferred. Reliable operation at the third overtone requires additional circuit measures which are, however, of secondary importance as far as costs are concerned. In the frequency range above approximately 25 MHz, it is advisable to consider relative costs at the design stage.

B.3 Operation of crystal units with digital gates in the overtone range

Figure B.1 shows the familiar oscillator circuit with digital gates formed from a crystal unit, two capacitors and, as the active component, a digital inverter.



IEC 985/93

Figure B.1 – Fundamental oscillator network

Pour atteindre la condition de phase nécessaire pour l'oscillation, la réactance du résonateur à quartz à un angle de phase de 180° résultant de l'inverseur, doit être positive, c'est-à-dire inductive et avoir comme valeur:

$$X_{\text{résonateur}} = \frac{1}{\omega C_L} \quad \text{avec } C_L = \frac{C_{x1} \cdot C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}} + C_s$$

où

C_L est la capacité de charge du résonateur à quartz, et

C_s est la capacité totale parasite dans le circuit,

quand

la boucle à $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ atteint un angle de phase égal à 360° .

Si, comme il est décrit à la figure B.2, on ajoute une inductance L_x qui assure, avec le condensateur C_{x1} , la résonance à une fréquence supérieure à la fréquence fondamentale du résonateur à quartz mais inférieure à la fréquence du troisième partiel, les conditions de phase nécessaires pour la fréquence fondamentale du résonateur à quartz ne sont donc pas remplies car la combinaison de C_{x1} et L_x est inductive. L'oscillateur fonctionnera alors à la fréquence de résonance la plus proche, le troisième partiel, la combinaison de L_x et C_{x1} étant capacitive.

NOTES

- 1 En outre, on se reportera aux données de l'annexe A concernant le courant d'excitation du résonateur à quartz utilisé fonctionnant sur partiels.
- 2 Bien que hautement dépendant de la technique des dispositifs utilisés, en général, il y a une réduction distincte du gain des portes logiques aux fréquences des partiels. On a trouvé que certaines grilles possèdent un gain inférieur à l'unité sous différentes conditions (température, capacité de charge, etc.).
- 3 De même, pour des raisons inhérentes à la technologie des dispositifs logiques et au fabricant, on peut observer un changement significatif des caractéristiques de retard de phase aux fréquences élevées. Un retard dépassant 45° peut être rencontré, ce qui ne remplit pas l'exigence de 360° pour l'oscillation. Les caractéristiques des grilles logiques qui causent ces différences de phase ont également pour conséquence une faible stabilité à court terme et une caractéristique fréquence-tension d'alimentation.

In order to achieve the phase conditions for oscillation, the crystal unit reactance at a phase angle of 180° resulting from the inverter shall be positive, i.e. inductive, and of the magnitude:

$$X_{\text{crystal}} = \frac{1}{\omega C_L} \quad \text{with} \quad C_L = \frac{C_{x1} \cdot C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}} + C_s$$

where

C_L is the load capacitance of the crystal unit, and

C_s is the total stray capacitance in the circuit,

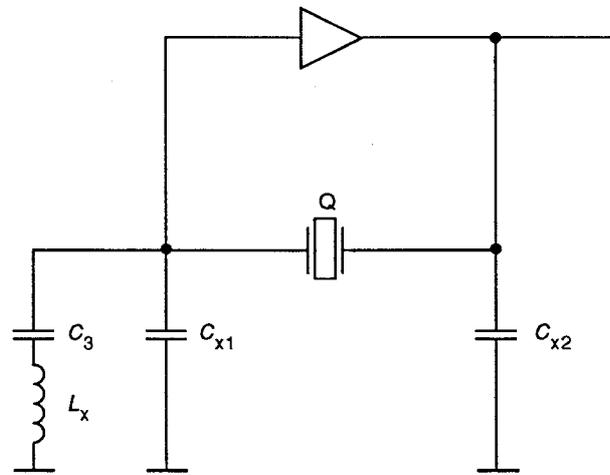
whereby

the loop at $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ achieves a phase angle of 360° .

If, as is shown in figure B.2, an inductance L_x is added which, with capacitor C_{x1} , is at resonance at a frequency above the crystal unit fundamental frequency, but below the third overtone, the necessary phase conditions are not satisfied at the fundamental frequency of the crystal unit because the combination C_{x1} and L_x is inductive. The oscillator will, therefore, operate at the next possible resonance frequency, the third overtone, where the combination of L_x and C_{x1} is capacitive.

NOTES

- 1 The data in annex A should also be referred to concerning the drive current of the overtone crystal unit used.
- 2 Although highly dependent upon the technology of the devices used, in general, there is a distinct reduction of gain of digital gates at overtone frequencies. Certain gates have been found to possess a gain of less than 1 under various conditions (temperature, load capacitance, etc.).
- 3 Also, variant to digital device technology and manufacturer, there is a substantial change in phase delay characteristics at extended frequencies. More than a 45° change in delay can be experienced, thereby not achieving the 360° requirement for oscillation. The characteristics of digital gates that cause these phase differences also result in poor short-term stability and frequency vs supply voltage performance.



CEI 986193

NOTE - Le condensateur C_3 est ajouté comme condensateur d'arrêt c.c.

$C_3 \gg C_{x1}$ et C_{x2}

Figure B.2 – Réseau d'un oscillateur fonctionnant sur un partiel

B.4 Considérations de circuit avec des résonateurs à quartz fonctionnant sur le troisième partiel

Les conditions de fréquence pour l'oscillation d'un résonateur à quartz sur le troisième partiel sont:

$$f_{\text{fond}} < f_{L_x C_{x1}} < f_w \quad (\approx 3f_{\text{fond}})$$

où

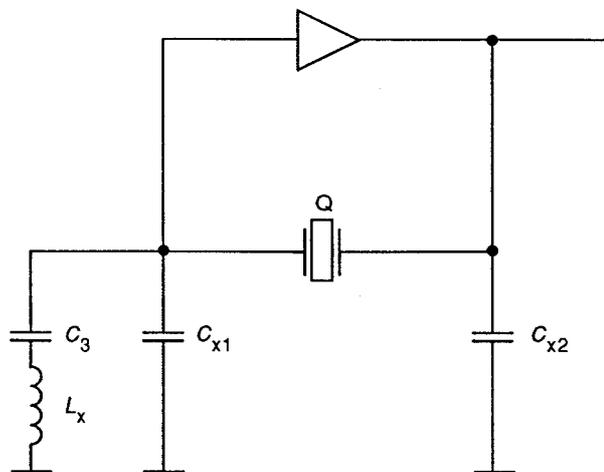
f_{fond} est la fréquence fondamentale du résonateur à quartz;

$f_{L_x C_{x1}}$ est la fréquence du circuit résonant formé de L_x et C_{x1} ;

f_w est la fréquence de fonctionnement du résonateur à quartz ou du circuit oscillateur.

A la fréquence de f_w , L_x compense une partie de C_{x1} conformément à

$$\omega_w = \frac{1}{\sqrt{L_x C}}$$



IEC 986193

NOTE - Capacitor C_3 is added merely as a DC blocking capacitor.

$C_3 \gg C_{x1}$ and C_{x2}

Figure B.2 – Overtone oscillator network

B.4 Circuit design considerations with crystal units operating at the third overtone

Frequency conditions for oscillation of the crystal unit at the third overtone are:

$$f_{fund} < f_{L_x C_{x1}} < f_w \quad (\approx 3f_{fund})$$

where

- f_{fund} is the fundamental frequency of the crystal unit used;
- $f_{L_x C_{x1}}$ is the frequency of the resonant circuit formed from L_x and C_{x1} ;
- f_w is the operating frequency of the crystal unit or the oscillator circuit.

At a frequency of f_w , L_x compensates a part of C_{x1} in accordance with

$$\omega_w = \frac{1}{\sqrt{L_x C}}$$

Les valeurs de C_{x1} doivent être choisies de manière que $C_{x1} - C \approx C_{x2}$. La capacité de charge C'_L est alors valable pour le circuit d'oscillateur:

$$C'_L \approx \frac{(C_{x1} - C) \cdot C_{x2}}{C_{x1} - C + C_{x2}} + C_o + C_s$$

où

C_o est la capacité parallèle du résonateur à quartz, et

C_s est la capacité parasite totale dans le circuit.

Comme guide on doit choisir les valeurs de L_x et C_{x1} de manière que:

$$f_{L_x C_{x1}} \approx \sqrt{f_{\text{fond}} \cdot f_w}$$

The value of C_{x1} should be chosen so that $C_{x1} - C \approx C_{x2}$. The load capacitance C'_L is then valid for the oscillator circuit:

$$C'_L \approx \frac{(C_{x1} - C) \cdot C_{x2}}{C_{x1} - C + C_{x2}} + C_o + C_s$$

where

C_o is the shunt capacitance of crystal unit, and

C_s is the total stray capacitance in the circuit.

As a guideline, the values of L_x and C_{x1} are to be chosen so that:

$$f_{L_x C_{x1}} \approx \sqrt{f_{\text{fund}} \cdot f_w}$$

ICS 31.140
