

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2023-149693
(P2023-149693A)

(43)公開日 令和5年10月13日(2023.10.13)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 3 B 5/32 (2006.01)	H 0 3 B 5/32 J	5 J 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 9 頁)

(21)出願番号	特願2022-58408(P2022-58408)	(71)出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
(22)出願日	令和4年3月31日(2022.3.31)	(71)出願人	515217498 株式会社Piezo Studio 宮城県仙台市青葉区一番町一丁目四番一号
		(74)代理人	100098394 弁理士 山川 茂樹
		(72)発明者	野原 正也 茨城県つくば市大穂1-1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内
		(72)発明者	石井 武仁 宮城県仙台市青葉区一番町一丁目4番1号 株式会社Piezo Studio内 最終頁に続く

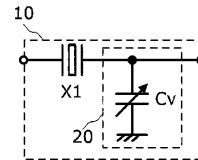
(54)【発明の名称】 振動子デバイス、発振回路および電子機器

(57)【要約】

【課題】消費電力を増やすことなく高い周波数精度を実現する発振回路を提供する。

【解決手段】本発明の振動子デバイス10は、発振回路30の外付け端子に接続される振動子デバイスであり、所定の周波数温度特性を有する振動子X1と、振動子X1と発振回路30とで生成される発振周波数を変化させる可変容量回路Cvを有し、振動子X1の周囲温度に応じて、可変容量回路Cvの容量を変化させることにより、振動子X1と発振回路30とで生成される発振周波数の変動を補償する温度補償回路20を備える。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

発振回路の外付け端子に接続される振動子デバイスであって、
所定の周波数温度特性を有する振動子と、
前記振動子と前記発振回路とで生成する発振周波数を変化させる可変容量回路を有し、
前記振動子の周囲温度に応じて、前記可変容量回路の容量を変化させることにより、前記
発振周波数の変動を補償する温度補償回路を備える
振動子デバイス。

【請求項 2】

前記発振回路は、前記振動子デバイスに並列接続されるインバータと、前記インバータ
の入力端子および出力端子のそれぞれに接続される固定容量素子を備え、

前記温度補償回路は、前記可変容量回路と前記固定容量素子からなる負荷容量の合成容
量を変化させることにより、前記発振周波数の変動を補償する

請求項 1 に記載の振動子デバイス。

【請求項 3】

前記可変容量回路は、印加される電圧に応じて容量が変化するバリキャップダイオード
により構成され、

前記温度補償回路は、前記振動子の周囲温度を検出する温度検出回路と、検出された前
記周囲温度に応じて、前記バリキャップダイオードに印加する電圧を変化させる補償電圧
発生回路を備える

請求項 1 に記載の振動子デバイス。

【請求項 4】

前記可変容量回路は、複数の容量素子と前記容量素子のそれぞれに接続されたスイッチ
素子を備えた容量バンクにより構成され、

前記温度補償回路は、前記振動子の周囲温度を検出する温度検出回路と、検出された前
記周囲温度に応じて、前記スイッチ素子の開閉を制御する制御回路を備える

請求項 1 に記載の振動子デバイス。

【請求項 5】

前記振動子は、ランガサイト型圧電単結晶を用いた振動子である

請求項 1 に記載の振動子デバイス。

【請求項 6】

前記温度補償回路は、前記振動子の発振エネルギーから得られる発振電力により動作す
るように構成されている

請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の振動子デバイス。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の振動子デバイスが接続されている発振回路。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の発振回路を備えた電子機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、温度補償機能を備えた振動子に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、携帯電話や、あらゆるモノがインターネットに接続する I o T (Internet of Th
ings) 機器においてはバッテリーの長寿命化が求められており、そこに使われる電子回路
や電子部品の低消費電力化が重要技術課題となっている。

【0003】

I o T の小型通信機器で用いられる基準発振回路は、従来から、図 8 に示すような振動
子 X 1 を用いたインバータベースのピアース (Pierce) 回路が広く使われている。図 8 の

10

20

30

40

50

発振回路 30 は、システムオンチップの発振回路 30 に内蔵された帰還抵抗 R1、インバータ回路 A1、固定容量 C1a、C1b、増幅回路 A2 から構成され、発振回路 30 の外付け端子に振動子 X1 を接続するように構成されている。

【0004】

図 8 の回路構成では、発振回路 30 の基準発振周波数の周波数温度特性において振動子 X1 単体の温度特性が支配的となるので、発振回路 30 の用途によっては周波数精度が不十分な場合がある。振動子 X1 単体の温度特性よりも高い周波数精度が必要な場合は、TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator) 等の温度補償済の発振器を外部信号源として新たに実装することもできる (例えば、特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2013 - 211654 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、システムオンチップの発振回路 30 の外付け端子に、TCXO 等の発振器を外付けする構成も考えられるが、発振回路 30 内のインバータ回路 A1 の電流に加え TCXO の電流も流れるため消費電力が増加する。小型化・低消費電力化が重要課題である IoT 機器においては、消費電力が増加する部品を安易に追加採用することは望ましくない。発振回路においても、消費電力を増やすことなく高い周波数精度を実現することが要求されている。

【0007】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、消費電力を増やすことなく高い周波数精度を実現する発振回路を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の振動子デバイスは、発振回路の外付け端子に接続される振動子デバイスであって、所定の周波数温度特性を有する振動子と、前記振動子と前記発振回路とで生成する発振周波数を変化させる可変容量回路を有し、前記振動子の周囲温度に応じて、前記可変容量回路の容量を変化させることにより、前記発振周波数の変動を補償する温度補償回路を備える。

【0009】

また、本発明の振動子デバイスの一構成例は、前記発振回路は、前記振動子デバイスに並列接続されるインバータと、前記インバータの入力端子および出力端子のそれぞれに接続される固定容量素子を備え、前記温度補償回路は、前記可変容量回路と前記固定容量素子からなる負荷容量の合成容量を変化させることにより、前記発振周波数の変動を補償する。

【0010】

また、本発明の振動子デバイスの一構成例は、前記可変容量回路は、印加される電圧に応じて容量が変化するバリキャップダイオードにより構成され、前記温度補償回路は、前記振動子の周囲温度を検出する温度検出回路と、検出された前記周囲温度に応じて、前記バリキャップダイオードに印加する電圧を変化させる補償電圧発生回路を備える。

【0011】

また、本発明の振動子デバイスの一構成例には、前記可変容量回路は、複数の容量素子と前記容量素子のそれぞれに接続されたスイッチ素子を備えた容量バンクにより構成され、前記温度補償回路は、前記振動子の周囲温度を検出する温度検出回路と、検出された前記周囲温度に応じて、前記スイッチ素子の開閉を制御する制御回路を備える。

【0012】

また、本発明の振動子デバイスの一構成例は、前記振動子は、ランガサイト型圧電単結

10

20

30

40

50

晶を用いた振動子である。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の振動子デバイスの一構成例は、前記温度補償回路は、前記振動子の発振エネルギーから得られる発振電力により動作するように構成されている。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の発振回路は、上記の振動子デバイスを備える。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の電子機器は、上記の発振回路を備える。

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、消費電力を増やすことなく高い周波数精度を実現する発振回路を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 7 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの概要を示す図である。

【図 2】図 2 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの構成例を示す図である。

【図 3】図 3 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスを用いた発振回路の構成例を示す図である。

【図 4】図 4 は、振動子の等価回路と周波数偏差の温度依存性を示す図である。

【図 5】図 5 は、振動子を用いた発振回路の等価回路と周波数偏差の負荷容量依存性を示す図である。

【図 6】図 6 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの回路構成例である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの他の回路構成例である。

【図 8】図 8 は、従来の発振回路を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

< 振動子デバイスの構成 >

図 1 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの概要を示す図である。本実施の形態の振動子デバイス 10 は、所定の周波数温度特性を有する振動子 X 1 と、振動子 X 1 のインピーダンスを変化させる可変容量回路 C v を有し、振動子 X 1 の周囲温度に応じて可変容量回路 C v の容量を変化させて、振動子 X 1 のインピーダンス周波数特性の変動を補償する温度補償回路 20 とから構成されている。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの構成例を示す図である。図 2 の振動子デバイス 10 の構成例では、水晶片 13 を備えた振動子 X 1 と、振動子 X 1 の温度補償をするための回路が集積化された温度補償回路 20 が容器 11 と密閉蓋 12 から構成される空間に収容されている。振動子デバイス 10 は、システムオンチップの発振回路 30 の外付け端子に接続するための端子 14 を備えている。

【 0 0 2 0 】

本実施の形態では、振動子 X 1 と振動子 X 1 に接続された可変容量回路 C v を有する温度補償回路 20 を備えた振動子デバイス 10 を、システムオンチップの発振回路 30 の外付け端子に接続することで、温度補償機能を備えた発振回路を実現する。このような構成により、システムオンチップに T C X O 等の外部信号源を接続する場合と比較して、消費電力を増やすことなく、高い周波数精度を有する発振回路を実装することができる。

【 0 0 2 1 】

< 振動子デバイスを用いた発振回路の構成 >

図 3 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスを用いた発振回路の構成例を示す図である。図 3 の構成例において、発振回路 30 は、帰還抵抗 R 1、インバータ回路 A 1、インバータ回路 A 1 の入力端子および出力端子のそれぞれに接続される固定容量素子 (C 1 a、C 1 b)、増幅回路 A 2 とから構成されている。発振回路 30 の外付け端子に、温

10

20

30

40

50

度補償回路 20 を備えた振動子デバイス 10 が接続されることで、インバータ回路 A1 と振動子デバイス 10 が並列接続されるように構成されている。

【0022】

図 3 の構成例では、固定容量素子 (C1a、C1b) と温度補償回路 20 内の可変容量回路 Cv が振動子 X1 の負荷容量として機能し、振動子 X1 は、固定容量素子 (C1a、C1b) と温度補償回路 20 内の可変容量回路 Cv からなる負荷容量の合成容量の値に応じた周波数で発振する。振動子 X1 の周囲温度に応じて、温度補償回路 20 内の可変容量回路 Cv の容量の値を変化させることにより、固定容量素子 (C1a、C1b) と温度補償回路 20 内の可変容量回路 Cv からなる負荷容量の合成容量の値を変化させて振動子 X1 と発振回路 30 とで生成する発振周波数の変動を補償し、発振周波数が所定の値となるように制御することができる。

10

【0023】

< 振動子の周波数偏差の温度依存性 >

図 4 は、振動子の等価回路と周波数偏差の温度依存性を示す図である。振動子 X1 の等価回路は、等価直列抵抗 R1、等価直列容量 C1、等価直列インダクタンス L1、等価並列容量 C0 から構成されている。

【0024】

図 4 の周波数偏差の温度依存性において、 f_0 は頂点温度における振動子 X1 の基準周波数、 f は温度変化が生じた場合の発振周波数における基準周波数 f_0 との偏差である。振動子 X1 の基準周波数に対する周波数偏差の割合 (f / f_0) は、例えば、所定の頂点温度を有する 2 次曲線の温度特性を有している。周囲温度が変化した場合でも、振動子 X1 に接続した負荷容量を変化させることで、振動子 X1 の周波数が頂点温度における基準周波数となるように制御することができる。

20

【0025】

< 発振回路の周波数偏差の負荷容量依存性 >

図 5 は、振動子を用いた発振回路の等価回路と周波数偏差の負荷容量依存性を示す図である。発振回路の発振周波数の基準周波数に対する周波数偏差の割合 (f / f_0) は、負荷容量 CL に応じて変化する特性を有している。負荷容量 CL の値を温度に応じて変更することにより、周波数偏差をできるだけ小さくするように制御することが可能となる。

【0026】

図 3 の発振回路 30 の構成例では、固定容量素子 (C1a、C1b) と温度補償回路 20 内の可変容量回路 Cv が振動子 X1 の負荷容量 CL として機能し、振動子 X1 は、この負荷容量 CL の合成容量の値に応じた周波数で発振する。本実施の形態では、振動子 X1 の周囲温度に応じて、温度補償回路 20 内の可変容量回路 Cv の容量の値を変化させることにより、負荷容量 CL の合成容量の値を変化させて、温度による振動子 X1 と発振回路 30 とで生成する発振周波数の変動を補償することができる。負荷容量 CL の合成容量の値を、図 4 の頂点温度における負荷容量の値となるように、可変容量回路 Cv の値を制御することで、発振回路 30 を振動子 X1 の頂点温度における基準周波数に近い周波数で発振させることができる。

30

【0027】

< 振動子デバイスの回路構成例 >

図 6 は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの回路構成例である。図 6 の構成例における温度補償回路 20 は、基準電圧発生回路 21、振動子 X1 の周囲温度を検出する温度検出回路である温度センサ 22、A/D 変換回路 23、メモリ回路 24、補償電圧発生回路 25、可変容量回路 Cv であるバリキャップダイオード VD1 とから構成されている。メモリ回路 24 には、温度に依存した補償情報が予め記憶されている。この補償情報は、振動子 X1 のパラメータや固定容量素子 (C1a、C1b) とバリキャップダイオード VD1 に応じて予め登録しておけばよい。図 6 の回路構成における温度補償方式はアナログ式である。

40

【0028】

50

図6の構成例では、温度に依存しない一定電圧を出力する基準電圧発生回路21の電圧に基づいて、温度センサ22と補償電圧発生回路25が動作するように構成されている。温度センサ22の出力電圧はA/D変換され、補償情報が保存されたメモリ回路24に伝達される。メモリ回路24からは温度に依存した補償情報が出力され、補償電圧発生回路25においてアナログ情報に変換されて補償電圧が生成される。補償電圧はバリキャップダイオードVD1に印加され、周囲温度の変動に応じた高い精度の温度特性を有する負荷容量を実現する。

【0029】

温度補償回路20を構成する各回路は、発振回路30を含まずに集積化できるので、小型化・低消費電力化を実現できる。また、温度補償回路20は、振動子X1の発振エネルギーから得られる発振電力により動作させることができる。例えば、振動子X1の発振信号の発振電圧を整流して、温度補償回路20を動作させるための電力を得てもよい。

10

【0030】

図7は、本発明の実施の形態に係る振動子デバイスの他の回路構成例である。図76の構成における温度補償回路20は、基準電圧発生回路21、振動子X1の周囲温度を検出する温度センサ22、A/D変換回路23、メモリ回路24、SW制御回路26、可変容量回路である容量バンク(Ct1~Ctn)とから構成される。容量バンク(Ct1~Ctn)は、複数の容量素子と容量素子のそれぞれに接続されたスイッチ素子を備える。メモリ回路24には、温度に依存した補償情報が予め記憶されている。この補償情報は、振動子X1のパラメータや固定容量素子(C1a、C1b)と容量バンク(Ct1~Ctn)の仕様に応じて予め登録しておけばよい。図7の回路構成における温度補償方式はデジタル式である。

20

【0031】

図7の構成では、温度に依存しない一定電圧を出力する基準電圧発生回路21の電圧に基づいて、温度センサ22とSW制御回路26が動作するように構成されている。温度センサ22の出力電圧はA/D変換され、補償情報が保存されたメモリ回路24に伝達される。メモリ回路24から温度に依存した補償情報が出力され、補償情報に基づいてSW制御回路26においてスイッチ制御信号が生成される。スイッチ制御信号により、容量バンク(Ct1~Ctn)の容量素子のそれぞれに接続されたスイッチ素子の開閉が制御され、周囲温度の変動に応じた高い精度の温度特性を有する負荷容量を実現することができる。

30

【0032】

図6と同様にして、温度補償回路20を構成する各回路は、発振回路30を含まずに集積化できるので、小型化・低消費電力化を実現できる。また、図6と同様にして、温度補償回路20を動作させるための電力は振動子X1の発振エネルギーから取得することができる。例えば、振動子X1の発振信号の発振電圧を整流して、温度補償回路20を動作させるための電力を得てもよい。

【0033】

図6、7の温度補償回路20における回路ブロックは実現したい発振性能などに依存して適宜変更することができる。また、回路ブロックの一部を発振トランジスタ等の能動素子が内蔵されている発振回路30で構成してもよい。例えば、基準電圧発生回路21、温度センサ22、A/D変換回路23、メモリ回路24の全部または一部を発振回路30内に実装し、発振回路30からの情報に基づいて、バリキャップダイオードVD1や容量バンク(Ct1~Ctn)の容量を変更するように構成してもよい。

40

【0034】

本実施の形態における振動子としては、水晶振動子やランガサイト型圧電単結晶振動子を用いることができる。ランガサイト型圧電単結晶は、水晶振動子よりも等価直列抵抗が低いこと発振回路電流を抑えられるとともに、発振起動が高速であるため起動時消費エネルギーも低減できるという利点がある。

【0035】

50

以上のように、本実施の形態によれば、消費電力を増やさずに高い周波数精度を実現する発振回路を提供することができる。本実施の形態の振動子デバイスを接続した発振回路を、例えば、携帯電話機やIoT機器などの電子機器に適用することで、電子機器の低消費電力化に貢献することができる。

【産業上の利用可能性】

【0036】

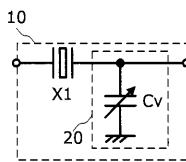
本発明の共振回路は、発振回路や様々な電子機器に組み込んで使うことができる。

【符号の説明】

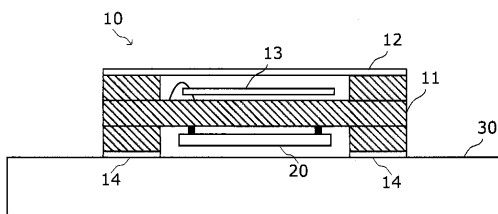
【0037】

10 振動子デバイス、20 温度補償回路、X1 振動子、Cv 可変容量回路。

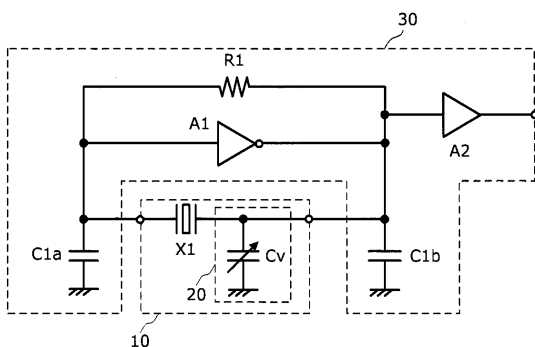
【図1】



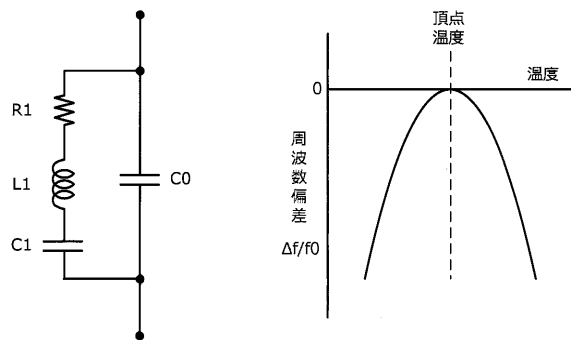
【図2】



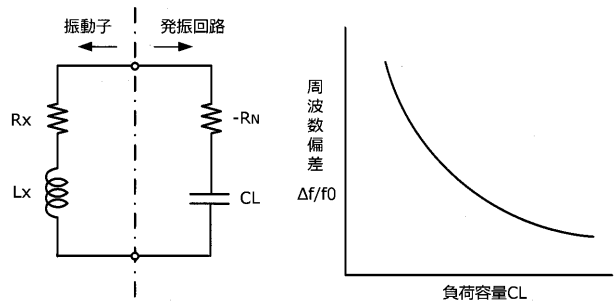
【図3】



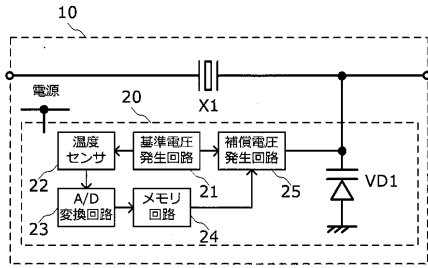
【図4】



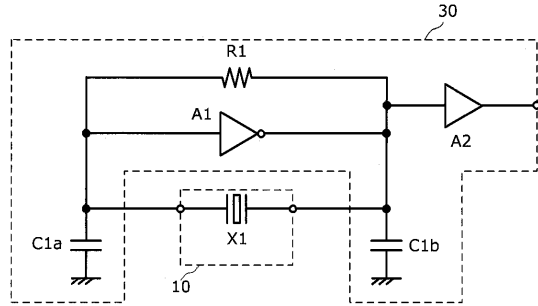
【図5】



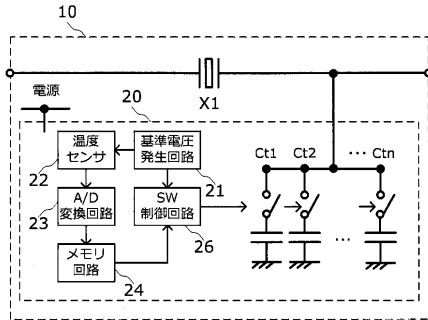
【図 6】



【図 8】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 木村 悟利

宮城県仙台市青葉区一番町一丁目4番1号 株式会社Piezo Studio内

Fターム(参考) 5J079 AA03 BA02 BA41 BA43 CB07 DA13 DA16 FA05 FA13 FA14 FA21 FB48 GA09 JA03