

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4028285号
(P4028285)

(45) 発行日 平成19年12月26日(2007.12.26)

(24) 登録日 平成19年10月19日(2007.10.19)

(51) Int. Cl.	F I				
HO3B 5/32 (2006.01)	HO3B	5/32	J		
HO3B 5/02 (2006.01)	HO3B	5/02	Z		
HO3B 5/08 (2006.01)	HO3B	5/08	A		
HO3B 5/12 (2006.01)	HO3B	5/12	B		
	HO3B	5/12	G		

請求項の数 5 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2002-115242 (P2002-115242)	(73) 特許権者	391002340
(22) 出願日	平成14年4月17日(2002.4.17)		テクトロニクス・インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開2002-368541 (P2002-368541A)		TEKTRONIX, INC.
(43) 公開日	平成14年12月20日(2002.12.20)		アメリカ合衆国 オレゴン州 97077
審査請求日	平成16年7月2日(2004.7.2)		-0001 ビーバートン サウスウエスト
(31) 優先権主張番号	09/844,376		ト カール・ブラウン・ドライブ 142
(32) 優先日	平成13年4月27日(2001.4.27)		00
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100090376
			弁理士 山口 邦夫
		(72) 発明者	リンリィ・エフ・ガム
			アメリカ合衆国 オレゴン州 97007
			ビーバートン サウス・ウエスト サウ
			スビュー・プレイス 19505
		審査官	佐藤 聡史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発振器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正入力端、負入力端、電圧信号を発生する出力端を有する増幅器と、
該増幅器の負入力端及び基準電位の間に結合された周波数共振器と、
上記増幅器の上記出力端及び上記負入力端の間に結合され、方向が逆で並列になった
ダイオード・リミッタ及び該ダイオード・リミッタに並列の抵抗器を有する負帰還経路と、
上記増幅器の上記出力端及び上記正入力端の間に結合された正帰還経路とを具え、
上記増幅器の上記出力端から所望周波数の電圧信号を発生することを特徴とする発振器

【請求項 2】

上記正帰還経路は、
 上記増幅器の上記出力端及び上記正入力端の間に結合された直列ダイオード・リミッタ
 と、
 該ダイオード・リミッタの複数ダイオードのノードに結合された電流源と、
上記増幅器の上記正入力端及び上記基準電位の間に結合された抵抗器と
 を具えたことを特徴とする請求項 1 の発振器。

【請求項 3】

上記正帰還経路は、上記増幅器の上記出力端及び上記基準電位の間に結合された分圧抵
抗器を具え、

該分圧抵抗器の複数抵抗器の間のノードが上記増幅器の上記正入力端に結合されている

10

20

ことを特徴とする請求項 1 の発振器。

【請求項 4】

上記増幅器の上記出力端に結合され、上記電圧信号内の低周波數位相ノイズを除去する手段を更に具えたことを特徴とする請求項 1 の発振器。

【請求項 5】

上記増幅器の上記出力端及び上記正帰還経路の間に結合され、上記電圧信号内の低周波數位相ノイズを除去する手段を具えたことを特徴とする請求項 1 の発振器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般に、発振器に関し、特に、演算増幅器を用い、集積回路として実施するのに好適な発振器に関する。

【0002】

【従来の技術】

ほとんどの発振器回路は、個別トランジスタの如きディスクリット素子を用いている。かかる発振器の位相ノイズ特性は、一般的には、優れている。しかし、一層少ない構成要素から成るよりコンパクトな回路が必要となる課題がある。

【0003】

他のしばしば生じる課題は、動作周波数を決定する共振器で消費されるエネルギー量を、特に水晶発振器の設計において制御することである。水晶回路は、水晶が消費するエネルギー量を、典型的には約 1 mW に厳密に制限しなければならない。これと同じ課題が、バラクタ・ダイオード（可変容量ダイオード）を用いた LC 発振器にも生じる。このバラクタ・ダイオードの両端間の無線周波数（RF）電圧は、このダイオードへの順方向バイアスを防止するために、注意深く制限しなければならない。

【0004】

電圧同調型水晶発振器（VXCO）にも別の課題が生じる。この課題は、部品により生じる損失とボードの損失とを克服するために、同調範囲にわたる動作で、かなりの量の利得がしばしば必要となることである。いかなる損失によっても、水晶振動子と直列になる等化抵抗が生じる。十分な利得を得るためには、多数のトランジスタが必要である。その結果、設計が複雑化し、VXCO機能のために回路基板に大きな領域が必要となる。

【0005】

発振器を形成するのに用いるほとんどの集積回路は、典型的には、マイクロプロセッサ用クロック回路の形式をとる。すなわち、ロジック・ゲートの入出力（I/O）端子の結合により、発振器を構成している。これら発振器の共振回路は、典型的には、分路コンデンサ及び直列水晶振動子を用い、その後別の分路コンデンサが接続される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

共振器の電力を独立に設定でき、位相ノイズを低く又は非常に低くできる簡単な技術により、集積回路に実現可能な発振器が望まれている。

【0007】

したがって、本発明は、共振器の消費電力を独立に設定でき、出力信号内の位相ノイズが小さく、集積回路として実施するのに好適な発振器を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の発振器は、正入力端、負入力端、電圧信号を発生する出力端を有する増幅器（12）と；増幅器の負入力端及び基準電位の間に結合された周波数共振器（10）と；増幅器の出力端及び負入力端の間に結合され、方向が逆で並列になったダイオード・リミッタ（14）及びこのダイオード・リミッタに並列の抵抗器（R1）を有する負帰還経路（16）と；増幅器の出力端及び正入力端の間に結合された正帰還経路とを具え；増幅器の出力端から所望周波数の電圧信号を発生することを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0009】

本発明は、演算増幅器を用いた発振器である。このように演算増幅器を用いることにより、周波数共振器(10)用のインピーダンス源を低くすると共に、所望周波数にて、出力電圧信号を発生する。この演算増幅器は、正帰還経路及び負帰還経路を具えており、この負帰還経路は、第1経路(14)及び第2経路(R1)を有する。この第1経路は、出力電圧信号がゼロ交差(zero crossing:ゼロ・レベルとの交差)近傍のときに、負入力端の入力インピーダンスを低い値に駆動する。また、第2経路は、出力電圧信号がゼロ交差から振動するときに、入力インピーダンスを更に小さな値に駆動する。出力端及び正帰還経路の間にフィルタを用いて、演算増幅器の正入力端からこの演算増幅器の出力における低周波数ノイズを阻止することにより、位相ノイズを最小にする。

10

【0010】

本発明の目的、利点及び新規な特徴は、添付図を参照した以下の詳細説明から明らかになる。

【発明の実施の形態】

【0011】

図1は、本発明による発振器の第1実施例の回路図であり、図2は、本発明による発振器の第2実施例の回路図である。これら発振器は、周波数が数十メガヘルツまでの水晶発振器又はLC発振器に有用である。これら回路は、普通の演算増幅器を用いている。メガヘルツよりも高い周波数においては、現在の帰還演算増幅器は、良好な選択である。これは、低い入力インピーダンス、典型的には約50オームのためであり、また、広い周波数応答のためでもある。図1において、増幅器(OP増幅器と図示する)12の負(-)入力端及び接地(基準電位)の間には、周波数共振器10が結合されている。増幅器12の出力端及び負入力端間には、負帰還経路16が結合されており、この負帰還経路16は、対並列(方向が逆で並列になった)ダイオード・リミッタ(振幅制限器)及び抵抗器R2が直列接続されたりミッタ14と、抵抗器R1との並列回路である。増幅器12の出力端及び正(+)入力端の間には、正帰還経路が接続されている。この正帰還経路では、陰極同士が直列接続されたダイオード・リミッタ18が増幅器12の出力端及び正入力端間に結合され、増幅器12の正入力端及び接地間には抵抗器R3が結合され、ダイオード・リミッタ18の2個のダイオードの陰極及び接地の間には、電流源20が結合されている。なお、増幅器12、正帰還経路及び負帰還経路により、演算増幅器を構成している。図2の構成は、図1と同様であるが、正帰還経路は、抵抗器R3及びR4で構成された抵抗分圧器22である。

20

30

【0012】

図1及び図2において、共振器10は、増幅器12の負入力端に入力として結合されている。共振器10は、所望周波数においてのみ、直列共振、即ち、ゼロ位相での低インピーダンスを提供する。最良の好結果となるように共振器のQを用いるために、低インピーダンスの電圧源から共振器10を駆動しなければならない。重要な点は、低インピーダンス電圧源から共振器を電圧駆動する一方、共振器10を流れる電流を用いて、この電圧源の位相を制御することである。増幅器12の負入力端及び負帰還経路16の共通接続点が共振器10の電圧源となり、共振器10からこの共通接続点側を見たインピーダンスが共振器10を駆動する電圧源のインピーダンスとなる点に留意されたい。重要な他の点は、増幅器12の負帰還経路16内に、並列抵抗器R1と共に、対並列ダイオード・リミッタ14を用いることである。

40

【0013】

負帰還経路16の並列抵抗器R1は、増幅器12の負入力端への十分な帰還を行い、出力電圧がほぼゼロであっても、即ち、ダイオードが開放(オフ)であっても、入力インピーダンスを小さな値に下げる。出力電圧が接地(基準電位)から振動しても、抵抗器R2及び対並列ダイオード・リミッタ14は、帰還量を増やして、入力インピーダンスを更に低い値に駆動する。対並列ダイオード・リミッタ14が導通の際、抵抗器R2を用いて、増幅器12がそれ自体のみによって発振することを防止する。帰還インピーダンスが非常に

50

低く、共振器 10 の分路インピーダンスが非常に高ければ、増幅器 12 が V H F 発振に陥るかもしれない。帯域外における分路アドミタンスが合理的な値ならば、抵抗器 R 2 を必要ないかもしれない。

【 0 0 1 4 】

図 1 において、直列のダイオード・リミッタ 18 は、出力信号の一部を増幅器 12 の正入力端に供給し、共振器 10 の電流と同相で、この正入力端での電圧を変化させる。抵抗器 R 3 の値と、直列ダイオード・リミッタ 18 のバイアス電流（電流源 20 の電流）とにより、増幅器 12 の正入力端における電圧振動を設定する。抵抗器 R 1 及び対並列ダイオード・リミッタ（抵抗器 R 2 を含む）14 が供給する負帰還により、増幅器 12 の負入力端における電圧が、正入力端における電圧と等しくなって、共振器 10 を低インピーダンス

10

【 0 0 1 5 】

最高の性能が必要ではない場合、直列ダイオード・リミッタ 18 を不要かもしれない。直列ダイオード・リミッタのない場合を図 2 に示す。この図 2 では、直列ダイオード・リミッタ 18 を簡単な抵抗分圧器 22 で置換している。対並列ダイオード・リミッタ 14 は、両方の帰還経路に対して、振幅制限機能を与える。共振器 10 の駆動レベル内には不確かな振幅が更にあり、抵抗性接続が回路動作において演算増幅器のオーディオ・ノイズの影響を高めており、その位相ノイズを増加させる。

【 0 0 1 6 】

図 3 は、増幅器 12 と用いるのに適切な共振器回路 10 を示しており、図 3 A では、水晶振動子（XO）を増幅器 12 と共に用いており、図 3 B 及び図 3 C では、電圧制御水晶発振器（VCXO）を用いている。この VCXO は、水晶振動子、バラクタ・ダイオード（可変容量ダイオード）及び抵抗器から構成されており、バラクタ・ダイオードに適切な同調電圧が供給されている。水晶共振器と共に用いる際、演算増幅器自体の発振を制御するためには、抵抗器 R 2 が不要かもしれない。

20

【 0 0 1 7 】

同様に、図 4 は、増幅器 12 と用いるのに適切な共振回路 12 を示している。図 4 A が固定同調 LC 発振器用であり、インダクタ（誘導性素子）L 及びコンデンサ C の直列共振回路である。図 4 B が電圧制御発振器（VCO）用であり、インダクタ L、バイパス・コンデンサ、バラクタ・ダイオード及び抵抗器で構成されており、抵抗器を介して同調電圧が

バラクタ・ダイオードに供給されている。図 4 B の VCO 用の場合、バラクタ・ダイオード及び接地間のコンデンサがバイパスを行う。これにより、インダクタ L 及びバラクタ・ダイオードの間に高インピーダンス・ノードを接続する必要がなく、バラクタ・ダイオードの両端をバイアスできる。この高インピーダンス・ノードへの任意の実際的な接続により、直列共振器経路内の等化直列抵抗の形式で、信号損失が現れる。これにより、発振器の Q が下がり、位相ノイズが増える。バラクタ・ダイオード及びそのバイパス・コンデンサの間の非常に低いインピーダンス点にて接続することができるので、Q を低下させることなくバラクタ・ダイオードをバイアスできると共に、小さな抵抗器を用いることにより、バラクタ・ダイオードの漏洩電流により生じるノイズ量を制限できる。このオプションは、共振器に 2 個の RF 接続を用いる発振器回路では、しばしば利用できない。

30

40

【 0 0 1 8 】

図 5 は、本発明により、水晶共振器を用いた発振器の第 1 実施例の実際の回路図である。図 5 は、図 1 の回路図と類似であるが、周波数共振器 10 及び電流源 20 の構成を具体的に示しており、抵抗器 R 2 が無い。共振器 10 では、増幅器 12 の負入力端と接地との間に、バラクタ・ダイオード、水晶振動子及び別のバラクタ・ダイオードの直列回路が結合されており、水晶振動子の両端には、夫々抵抗器を介して同調電圧が供給されている。電流源 20 は、直列ダイオード・リミッタ 18 と正電圧源 V + との間に 2 個の抵抗器が直列接続されており、これら抵抗器の共通接続点と接地との間にコンデンサが結合されている。電流源 20 内の抵抗器が十分に大きいために、電流源として動作する。共振器 10 内にバラクタ・ダイオード及び水晶振動子により広帯域分路コンデンサを設けたので、リミッ

50

タ14内に抵抗器R2の必要がない。直列ダイオード・リミッタ18は、ピーク対ピークが160mVの矩形波によって、増幅器12の正入力端を駆動して、水晶共振器の損失を1mW未満に制限する。抵抗器R1による帰還経路は、演算増幅器の公称50オーム入力インピーダンスをゼロ交差において2オーム未満に下げるが、対並列ダイオード・リミッタ14が振幅制限状態にあると、2オームよりも更に下げる。これにより、水晶振動子及びバラクタ・ダイオードのループは、RFサイクルを通じて、最大のQで動作できる。バラクタ・ダイオードを同調電圧でバイアスするのに大抵抗を用いるバラクタ・バイアス回路網では、水晶振動子のループ内に挿入した直列抵抗値の観点から、水晶振動子の周囲にバラクタ・ダイオードを対称に配置する技術(水晶バラクタ技術)が最適である。

【0019】

図6は、本発明による発振器を更に変更した場合の回路図である。この回路は、図1の構成と類似しているが、ダイオード・リミッタ18と増幅器12の出力端との間にコンデンサCを有し、これらダイオード・リミッタ18及びコンデンサCの共通接続点と接地との間に第2電流源24が結合されている。電流源24の電流値は、電流源20の半分であり、その流れる方向が反対である。かかる図6での変更では、増幅器12のオーディオ周波数出力ノイズにより生じる位相ノイズを最小にしている。共振器10の具体的構成及び負帰還量に応じて、増幅器12の低周波数における利得、即ち、オーディオ利得を比較的高くできる。これは、オーディオ周波数ノイズが増幅され、このノイズが直列ダイオード・リミッタ18の入力端に現れることを意味する。図1においては、このノイズがダイオード・リミッタの入力端にてRF信号に付加されて、RF信号のゼロ交差が時間的にわずかにシフトする。これにより、位相変調がオーディオ・ノイズ、即ち、位相ノイズの関数として生じる。この影響を制限するか又はなくすためには、増幅器12の出力端及び直列ダイオード・リミッタ18の入力端の間にコンデンサCを挿入する。電流源24も追加して、直列ダイオード・リミッタ18を正確にバイアスする。コンデンサCがRF周波数にて本質的に短絡回路となり、オーディオ周波数にて開放(オフ)回路となるようにコンデンサCの大きさを選択すると、直列ダイオード・リミッタ18が増幅器のノイズから影響を受けない。

【0020】

図7は、本発明による発振器の第1実施例において、位相ノイズを最小にするために別の変更を行った回路図である。図6の実施例における電流源24が、図7では、インダクタLになっている。この図7では、2極(two-pole)フィルタの如き一層複雑な広帯域通過フィルタを図6のコンデンサCの代わりとしてもよい。更により複雑なフィルタを用いてもよい。RF搬送波の位相に影響させないようにすると共に、増幅器のオーディオ・ノイズを除去する点に留意されたい。

【0021】

【発明の効果】

本発明により演算増幅器を用いた発振器は、所望周波数にて周波数共振器用の利得素子として演算増幅器を用い、この演算増幅器を低インピーダンス源として、共振器を駆動するので、集積回路にて発振器を実施することが容易になる。また、適切にフィルタを用いることにより、出力信号内の位相ノイズを小さくできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による発振器の第1実施例の回路図である。

【図2】本発明による発振器の第2実施例の回路図である。

【図3】本発明の演算増幅器に用いることができる水晶共振回路の回路図である。

【図4】本発明の演算増幅器に用いることができるLC共振回路の回路図である。

【図5】本発明により、水晶共振器を用いた発振器の第1実施例の回路図である。

【図6】本発明による発振器の第1実施例において、位相ノイズを最小にするために変更を行った回路図である。

【図7】本発明による発振器の第1実施例において、位相ノイズを最小にするために別の変更を行った回路図である。

10

20

30

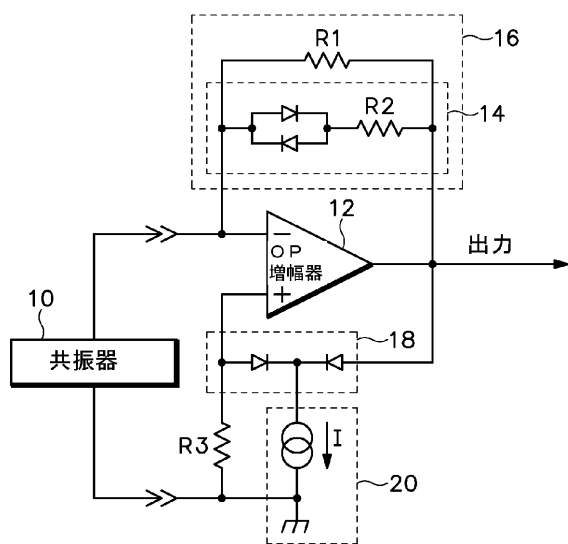
40

50

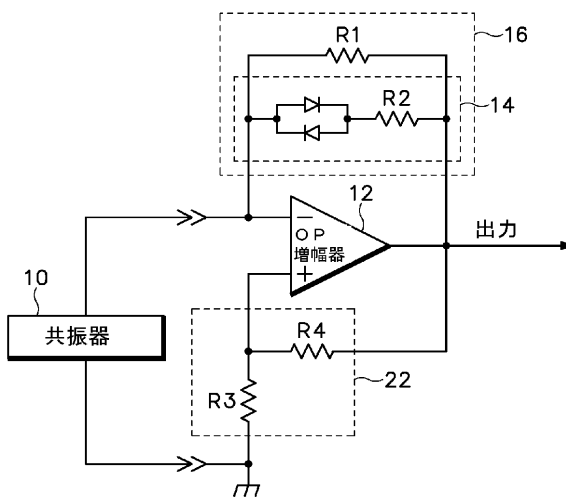
【符号の説明】

- 10 周波数共振器
- 12 増幅器
- 14 対並列ダイオード・リミッタ
- 16 負帰還経路
- 18 直列ダイオード・リミッタ
- 20 電流源
- 22 抵抗分圧器
- 24 電流源

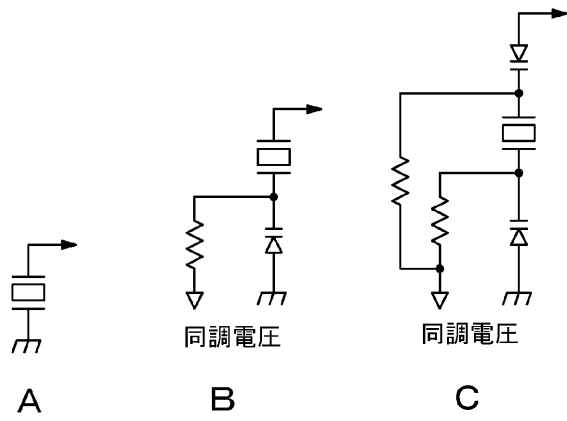
【図1】



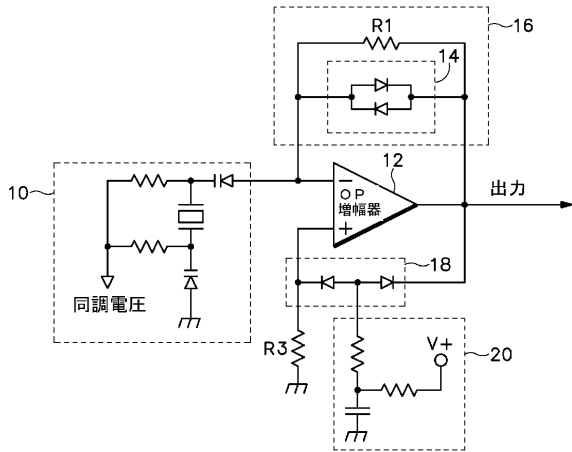
【図2】



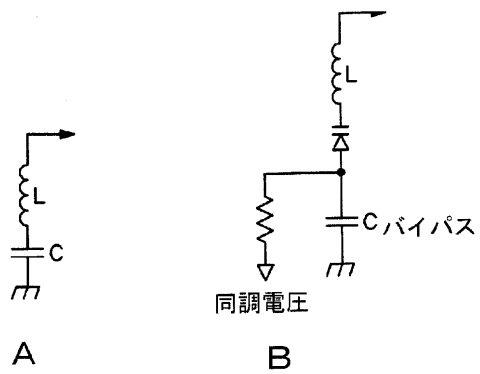
【図3】



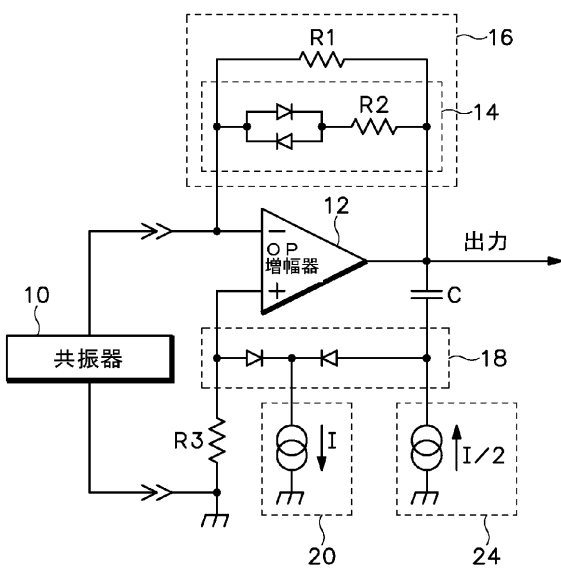
【図5】



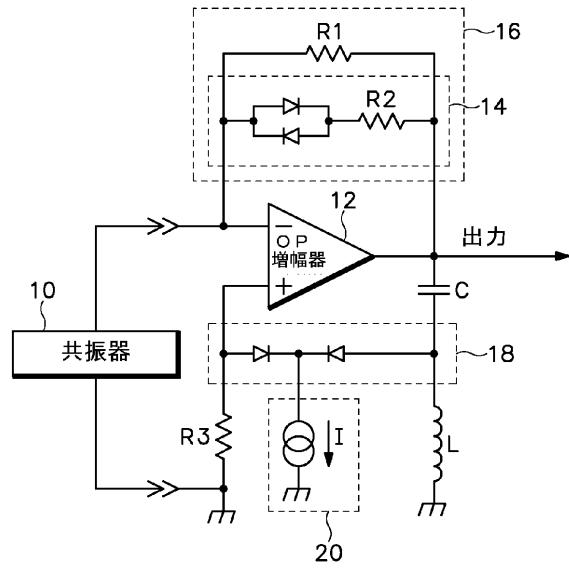
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平01-157104(JP,A)
特開平01-221003(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03B 5/00-5/42