

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4336946号  
(P4336946)

(45) 発行日 平成21年9月30日 (2009.9.30)

(24) 登録日 平成21年7月10日 (2009.7.10)

(51) Int. Cl. F I  
 G O 1 C 19/56 (2006.01) G O 1 C 19/56  
 G O 1 P 9/04 (2006.01) G O 1 P 9/04

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-77155 (P2003-77155)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成15年3月20日 (2003.3.20)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2004-286503 (P2004-286503A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成16年10月14日 (2004.10.14)	(74) 代理人	100097490
審査請求日	平成17年5月18日 (2005.5.18)		弁理士 細田 益稔
		(74) 代理人	100097504
			弁理士 青木 純雄
		(72) 発明者	横井 昭二
			愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
			日本碍子株式会社内
		(72) 発明者	小林 祥宏
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号
			セイコーエプソン株式会社内
		審査官	谷口 智利

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転角速度の測定方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

振動子に駆動振動を励振し、この振動子に加わる回転角速度に基づいて前記振動子から出力される検出信号に基づいて回転角速度を測定する方法であって、前記振動子に前記駆動振動を励振する自励発振回路を備えており、この自励発振回路が、振幅制御回路、CR発振回路および電流/電圧増幅器を備えており、前記CR発振回路が、コンデンサ、交流増幅器および抵抗器を備えており、前記CR発振回路を用いて矩形波の起動信号を前記振動子に与え、前記振動子の出力信号を前記電流/電圧増幅器によって増幅しつつ前記自励発振回路内をループさせることで前記駆動振動を安定発振させることを特徴とする、回転角速度の測定方法。

10

【請求項2】

振動子に駆動振動を励振し、この振動子に加わる回転角速度に基づいて前記振動子から出力される検出信号に基づいて回転角速度を測定する装置であって、前記振動子に前記駆動振動を励振する自励発振回路を備えており、この自励発振回路が、振幅制御回路、CR発振回路および電流/電圧増幅器を備えており、前記CR発振回路が、コンデンサ、交流増幅器および抵抗器を備えており、前記CR発振回路を用いて矩形波の起動信号を振動子に与え、前記振動子の出力信号を前記電流/電圧増幅器によって増幅しつつ前記自励発振回路内をループさせることで前記駆動振動を安定発振させることを特徴とする、回転角速度の測定装置。

【発明の詳細な説明】

20

## 【 0 0 0 1 】

## 【 発明の属する技術分野 】

本発明は、振動子を用いた測定方法および測定装置、例えば振動型ジャイロスコープに関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来技術 】

本出願人は、振動型ジャイロスコープの応用について種々検討を進めており、例えば自動車の車体回転速度フィードバック式の車両制御方法に用いる回転速度センサーに振動型ジャイロスコープを使用することを検討した。こうしたシステムにおいては、操舵輪の方向自身は、ハンドルの回転角度によって検出する。これと同時に、実際に車体が回転している回転速度を振動ジャイロスコープによって検出する。そして、操舵輪の方向と実際の車体の回転速度を比較して差を求め、この差に基づいて車輪トルク、操舵角に補正を加えることによって、安定した車体制御を実現する。

10

## 【 0 0 0 3 】

特許文献1には、主として平面内に延びる振動子を用いた、横置き型に適した振動型ジャイロスコープを提案した。こうした用途においては、振動型ジャイロスコープは電池によって駆動されているので、できる限り消費電力を減らし、電池の寿命を長くすることが必要である。従って、車両が停止しているときには振動型ジャイロスコープを停止し、車両が発進するときに起動することが望ましい。このためには、振動型ジャイロスコープを起動してから短時間で正常な動作を開始させ、車両の位置の検出を始めることが必要不可欠

20

## 【 特許文献1 】

特開平11-281372号公報

## 【 0 0 0 4 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

しかし、例えば車両を発進させたときにジャイロを起動すると、起動後に振動型ジャイロスコープの動作が安定化するまでの時間が長く、ジャイロの動作が安定化するまでの間は車両の方向および位置を確認できないことになる。このため、車両の位置制御への利用が困難となる。

## 【 0 0 0 5 】

このため、本出願人は、振動子に駆動振動を励振し、振動子に印加される物理量を、振動子から得られた検出信号に基づいて検出するのに際して、測定用の振動子の振動状態が安定化するまでの立ち上がり時間を短くするために、振動子の起動方法を開示した(特許文献2)。

30

## 【 特許文献2 】

特願2001-207264

## 【 0 0 0 6 】

この起動方法は、スプリアスモードの振動モードを有する振動子に駆動振動を励振し、振動子を起動する技術として優れている。しかし、この起動回路は、スプリアスモードとは離れた周波数の加算信号を発振し、自励発振回路に加算するための発振専用発振器が必要であるので、回路の規模が大きい。また、駆動振動の発振レベルが高くなると、この発振器から発振された加算信号を、自励発振回路から切り離すためのスイッチ回路が別途必要になる。これらの理由から、起動回路の規模が大きくなり易く、回路のコストが高くなり、かつ大型化し易いという問題点があった。また、矩形波の駆動信号に対する応答性は必ずしも良好ではなかった。

40

## 【 0 0 0 7 】

本発明の課題は、振動子に駆動振動を励振するのに際して、振動子の振動状態が安定化するまでの立ち上がり時間を短くすると共に、起動に必要な回路の規模を小さくできるようにすることである。

また、本発明の課題は、矩形波の駆動信号を振動子に印加して振動子に駆動振動を励振す

50

るのに適した駆動方法および装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、振動子に駆動振動を励振し、この振動子に加わる回転角速度に基づいて前記振動子から出力される検出信号に基づいて回転角速度を測定する方法および装置に係る。

【0009】

ここで前記振動子に前記駆動振動を励振する自励発振回路を備えており、この自励発振回路が、振幅制御回路、CR発振回路および電流/電圧増幅器を備えており、前記CR発振回路が、コンデンサ、交流増幅器および抵抗器を備えており、前記CR発振回路を用いて矩形波の起動信号を振動子に与え、前記振動子の出力信号を前記電流/電圧増幅器によって増幅しつつ前記自励発振回路内をループさせることで前記駆動振動を安定発振させることを特徴とする。

【0010】

本発明によれば、振動子に駆動振動を励振し、振動子に印加される回転角速度を、振動子から得られた検出信号に基づいて検出するのに際して、測定用の振動子の振動状態が安定化するまでの立ち上がり時間を短くできる。その上、自励発振回路に加算信号を加算するための発振専用発振器が不要である。更に、前記CR発振回路からの信号は、駆動信号の発振レベルが高くなると自動的に自励発振回路から切り離されるので、スイッチ回路も不要である。従って、自励発振回路の回路規模を小さくし、コストを低減し、回路寸法を縮小できる。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、適宜図面を参照しつつ、本発明を更に詳細に説明する。図1は、第一の発明の一実施形態に係る自励発振回路9Aを模式的に示す回路図である。振動子1には励振手段2が取り付けられており、励振手段2は自励発振回路9Aに対して接続されており、発振ループを生成している。まず自励発振回路9A内の電流/電圧増幅器(交流増幅器)3の利得(ゲイン)の大きい状態でスタートする。この時点では増幅器3への入力信号は雑音のみである。

【0012】

振動子1は、例えば後述するような圧電性単結晶からなる。振動子1の周波数フィルター作用によって、目的とする固有共振周波数の振動を多く含む信号が矢印Dのように出力され、この信号Dが増幅器3に入力される。発振ループ内でこうした操作を繰り返すことによって、目的とする固有共振周波数の信号の割合が高くなり、増幅器3への入力信号が大きくなる。このため、増幅器3の利得を調整することによって、発振ループを信号が一周する間の利得(ループゲイン)が1となるようにする。最終的には、増幅器の利得を調整することなしに、発振ループを信号が一周する間の利得(ループゲイン)が1となる。この状態で振動子が安定発振する。

【0013】

振動子の安定発振は、物理量の測定には必要不可欠である。なぜなら、振動子において発振している駆動信号の振幅が一定でないと、振動子から出力されるべき検出信号の値も一定とならず、正確な測定を行うことができないからである。

【0014】

本例においては、増幅器3が、抵抗器4およびCR発振回路5Aと直列接続されている。ここで、CR発振回路5Aの特性を、図2(a)、(b)を参照して説明する。CR発振回路5Aは、コンデンサ8、交流増幅器7および抵抗器6からなる。CR発振回路5AのB地点での矩形波の入力波形が、例えば図2(b)のBに示すように山形になまっているものとする。このときA地点における出力波形は、図2(b)のAに示すように急峻になり、かつ振幅が増大する。

【0015】

こうしたCR発振回路を用いた自励発振回路は、振動子の早急な起動という点で好適であ

10

20

30

40

50

る。この理由を述べる。図3(a)に示すように自励発振回路を用いて振動子1を励振したものとする。信号波が正弦波であるものとする、a点での信号レベルは、前述したように時間の経過と共に徐々に増大し、安定(ループゲイン1)に達する。これは、正弦波を入力した場合には、増幅器3での増幅特性がリニアだからである。

【0016】

これに対して、矩形波を駆動信号波として入力した場合には、図4(a)に示すように、時間が経過してもa点での信号レベルがそれほど上昇しない場合がある。これは、矩形波を増幅器に入力した場合には、図4(b)に示すように、増幅器の増幅特性にしきい値(下限値)があり、このために信号波の初期レベルが低いとなかなか増幅されないためである。

10

【0017】

ここで、図1、図2に示す例によれば、CR発振回路5Aにおいて、図2(b)に示すように、矩形波を急峻化し、振幅を増大させるような効果が得られる。このCR発振回路を自励発振回路9A内に組み込むことによって、信号波の初期レベルが低くとも、矢印C、Dのように駆動信号矩形波がループする間に増幅が行われ易い。このようなCR発振回路の特性を利用することで、振動子の駆動振動を早期に励振することができる。

【0018】

しかも、目的周波数の駆動信号のレベルが高くなってくると、CR発振回路は、スイッチングなしに自動的に自励発振回路の発振から切り離される。

【0019】

このように、本発明によれば、発振専用発振器やスイッチング機構を設けることなく、矩形波駆動信号を早期に振動子に励振できる点で優れている。

20

【0020】

図5は、第一の発明の実施形態に係る自励発振回路9Bを示す回路図である。本例で使用するCR発振回路5Bは、やはりコンデンサ8、増幅器7および抵抗器6を備えている。本例では増幅器7とコンデンサ8とが直列に接続されている。

【0021】

図6は、参考形態に係る自励発振回路9Cを示す回路図である。本例においては、CR発振回路の代わりにリングオシレータ10を接続した。即ち、複数個の増幅器10a、10b、10cを直列に接続することによってリングオシレータ10を作製し、リングオシレータ10をコンデンサ8と直列に接続し、抵抗器6と並列に接続する。

30

【0022】

リングオシレータ10の特性を図7(a)、(b)に模式的に示す。リングオシレータ10の手前のB点における矩形波は、点Aにおいても矩形波として出力されるが、この際に矢印のように矩形波の位相が遅れる。そして、リングオシレータ10において矩形波の位相を所定時間遅らせるようにし、このリングオシレータ10を自励発振回路に接続する。これによって、特定周波数の信号がリングオシレータ10において増幅される。

【0023】

図8は、本発明の実施形態に係る他の自励発振回路9Dを示す回路図である。本例の回路は、図5の自励発振回路9Bとほぼ同様のものである。ただし、本例においては、回路が抵抗器4を介してアースされている。また、増幅器7に積分器11が接続されており、コンパレータを構成している。積分器11には基準電圧線が接続されている。積分器11において回路内の信号の大きさを判断し、これに応じて増幅器7における利得を制御するようになっている。

40

【0024】

好適な実施形態においては、自励発振回路は、周波数制御のための交流増幅器と、振幅制御回路(AGC回路)とを備えている。振幅制御回路においては、振幅の変動を抑制し、一定の振幅値が出力されるようにする。

【0025】

図9は、本発明で使用可能な振動子の制御回路を模式的に示すブロック図である。制御回

50

路 3 1 は、駆動回路 3 2 と検出回路 3 3 とを備えている。駆動回路 3 2 は、振動子 1 の駆動振動部 1 a を励振するためのものである。駆動回路 3 2 には、自励発振回路 9 A、9 B、9 C または 9 D と診断回路 2 9 とが設けられている。

【 0 0 2 6 】

起動時には、自励発振回路に対して起動回路から雑音を入力する。この雑音は、振動子の駆動部 1 a を通過して周波数選択を受け、次いで矢印 D のように自励発振回路の交流増幅器 3 に入力されて増幅を受ける。交流増幅器 3 からの出力信号の一部を取り出し、整流器に入力し、振幅の水準（大きさ）に変換する。この振幅の信号を C R 発振回路またはリングオシレータに入力する。自励発振回路は診断回路 2 9 に連結されており、診断回路 2 9 の出力は D I A G 端子を通して外部に出力される。

10

【 0 0 2 7 】

起動直後には、振動子 1 a において雑音の大部分がカットされるため、整流器からの出力が比較的小さい。このため、増幅器における利得を大きくし、発振ループを一周する間のループゲインが 1 になるようにする。時間が経過すると、整流器からの出力が大きくなるので、増幅器における利得を小さくし、ループゲインが 1 になるようにする。

【 0 0 2 8 】

駆動信号の発振状態が安定化すると、振動子の検出部 1 b、1 c からの信号の検出を開始する。即ち、振動子の検出部 1 b、1 c からの検出信号（交流）を交流増幅器 2 1 A、2 1 B を用いて増幅し、各増幅器 2 1 A、2 1 B からの出力を加算器 2 2 によって加算する。

20

【 0 0 2 9 】

また、駆動信号の一部を派生させ、派生信号を移相器 2 3 に通し、移相信号を得る。移相信号の位相は、漏れ信号の位相とは、所定角度、例えば 9 0 ° ずれている。この移相信号を位相検波器 1 4 に入力し、振動子からの出力信号を検波する。この結果、検波後の出力信号においては、不要な漏れ信号は消去されており、あるいは少なくとも低減されているはずである。この検波後の出力信号をローパスフィルター 1 7 に入力し、平滑化し、次いで 0 点調整回路 1 8 に入力する。この出力を外部に取り出す。

【 0 0 3 0 】

振動子の構成は特に限定されない。振動子を構成する材質の Q 値は、3 0 0 0 以上であることが好ましく、1 0 0 0 0 以上であることが一層好ましい。振動子を構成する材質としては、エリンバー等の恒弾性合金、強誘電性単結晶（圧電性単結晶）を例示できる。こうした単結晶としては、水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体、ホウ酸リチウム、ランガサイトを例示できる。

30

【 0 0 3 1 】

本発明においては、振動子に印加される角速度を検出する。

【 0 0 3 2 】

【実施例】

以下、図 8、図 9 を参照しつつ説明したような回路を構成し、駆動実験を行った。振動子としては、特開平 1 1 - 2 8 1 3 7 2 号公報に記載の振動子を使用した。この振動子は、2 本の駆動振動片 1 a と、駆動振動片とは独立的に振動する 2 本の検出振動片 1 b、1 c とを備えている。起動回路から周波数 1 0 0 ~ 5 0 0 k H z の雑音を発生させ、発振ループに入力し、自励発振を開始した。コンパレータの遅延時間は 1 . 0 μ s であり（5 0 0 k H z）、出力振幅は 2 V p - p であり、不感帯電圧幅 5 m V である。抵抗器 6 の抵抗値は 1 0 M Ω であり、コンデンサ 8 の容量は 1 0 p F である（1 M H z）。駆動振動の発振が安定化するまでの時間は、約 0 . 1 6 0 秒であった。駆動信号の振幅は 1 . 1 V であり、周波数は 4 4 . 1 k H z である。

40

【 0 0 3 3 】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、振動子に駆動振動を励振するのに際して、振動子の振動状態が安定化するまでの立ち上がり時間を短くすると共に、起動に必要な回路の規模

50

を縮小できる。また、矩形波の駆動信号を振動子に印加して振動子に駆動振動を励振するのに適した駆動方法および装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態に係る自励発振回路9Aを示す回路図である。

【図2】 (a)は、CR発振回路5Aを示す回路図であり、(b)は、A点、B点における波形を示す図である。

【図3】 (a)は、振動子1の発振ループを説明する模式図であり、(b)はa点における信号レベルの経過変化を示す模式図である。

【図4】 (a)は、矩形波を用いた場合のa点の信号レベルの経時変化を示す模式図であり、(b)は、交流増幅器の増幅特性を示す模式図である。

【図5】 本発明の他の実施形態に係る自励発振回路9Bを示す回路図である。

【図6】 参考形態に係る自励発振回路9Cを示す回路図である。

【図7】 (a)は、リングオシレータ10を示す回路図であり、(b)は、A点、B点における矩形波信号の変調を示す模式図である。

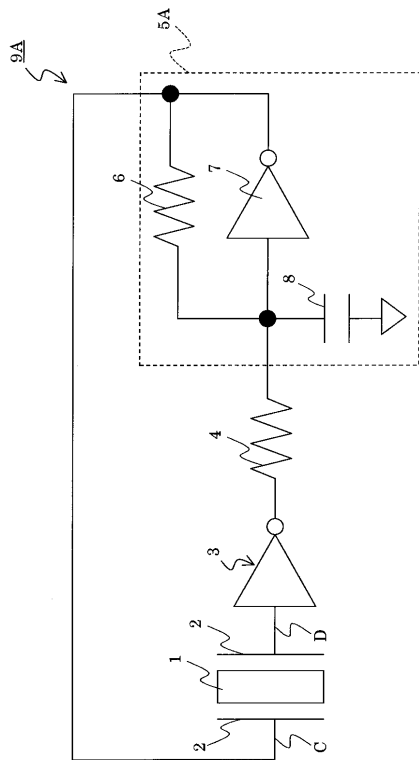
【図8】 本発明の更に他の実施形態に係る自励発振回路9Dを示す回路図である。

【図9】 振動子の制御回路全体を示すブロック図である。

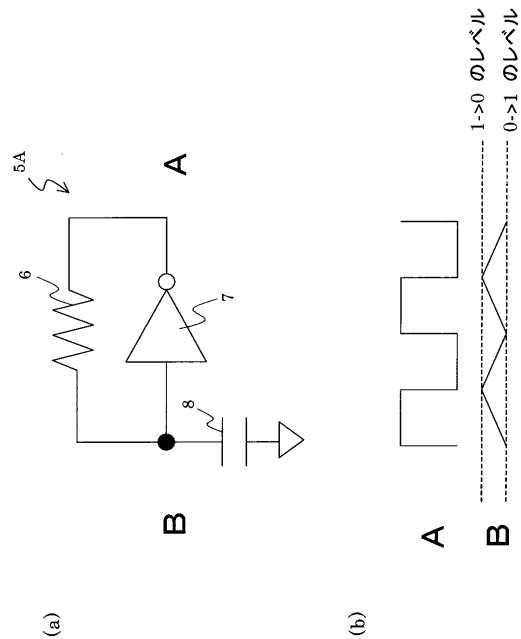
【符号の説明】

- |         |                 |                 |        |
|---------|-----------------|-----------------|--------|
| 1 振動子   | 1 a 振動子1の駆動振動部  | 2 励振手段          | 3、7    |
| 交流増幅器   | 4、6 抵抗器         | 5 A、5 B、5 C、5 D | CR発振回路 |
| 8 コンデンサ | 9 A、9 B、9 C、9 D | 自励発振回路          | 10 リン  |
| グオシレータ  | 11 積分器          |                 |        |

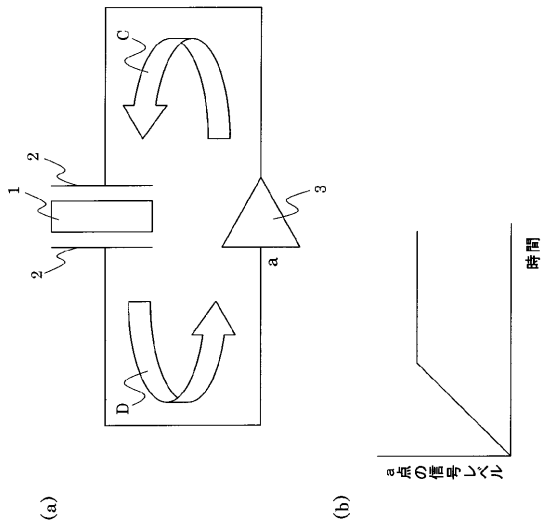
【図1】



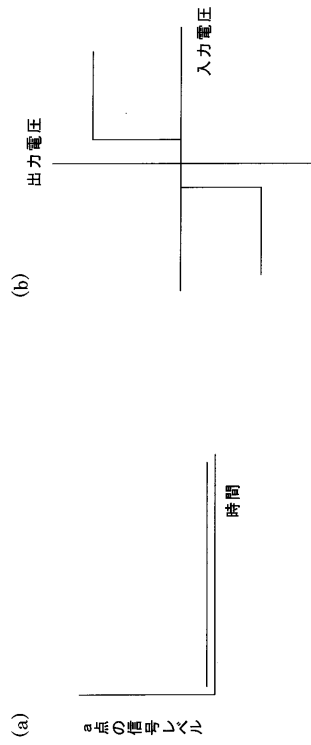
【図2】



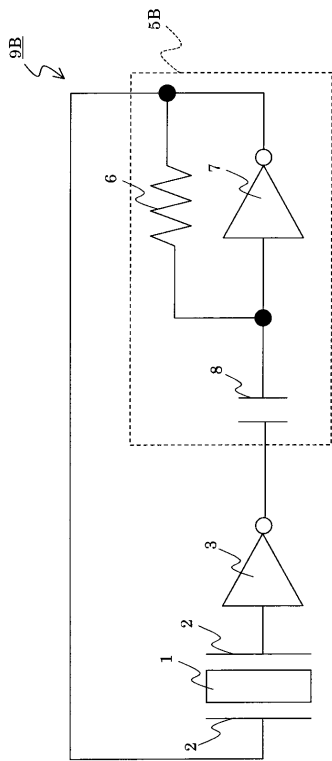
【図3】



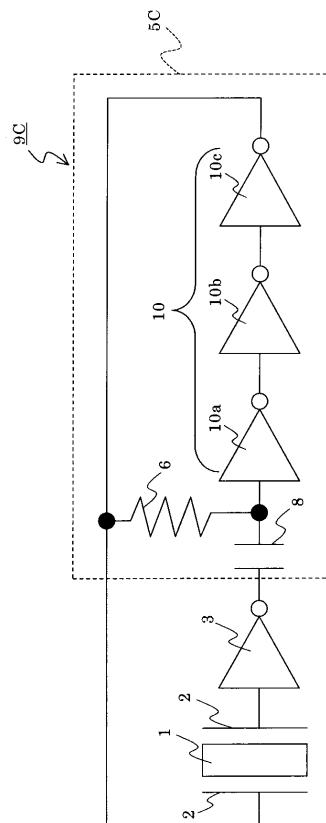
【図4】



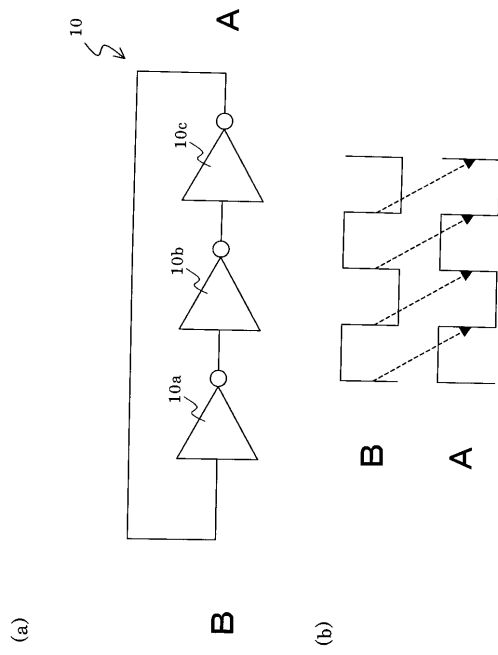
【図5】



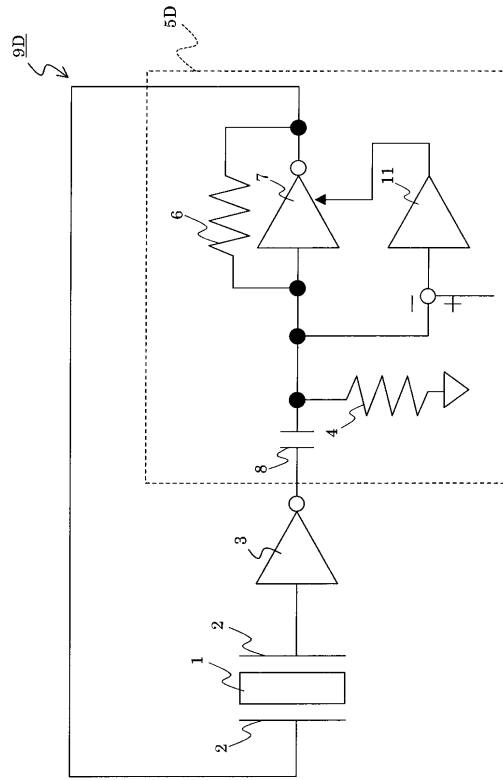
【図6】



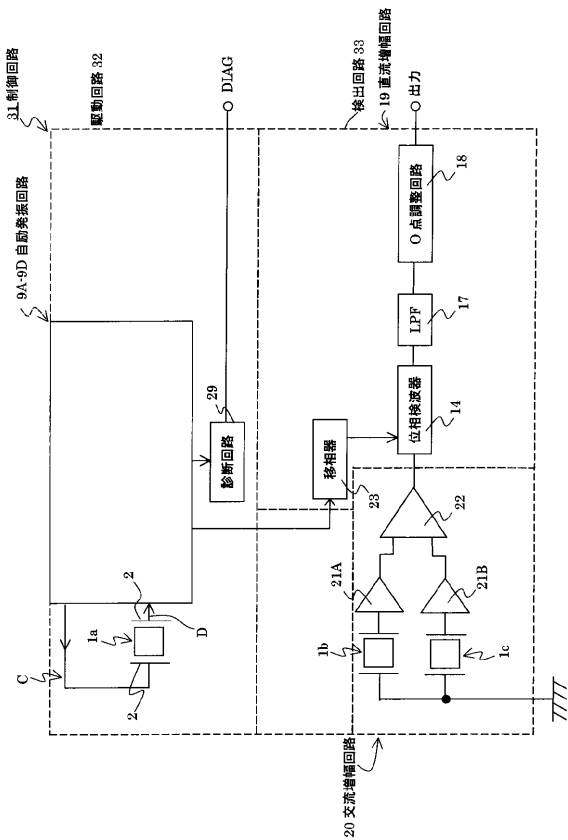
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 10 - 2 2 1 0 8 3 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 0 8 2 9 6 2 ( J P , A )  
特表平 10 - 5 0 5 2 1 1 ( J P , A )  
特開平 10 - 2 2 7 6 4 3 ( J P , A )  
特開平 09 - 0 3 3 2 6 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 6 2 2 3 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01C 19/56

G01P 9/04