

9705820-0
Ipos copy

世界知的所有権機関
国際事務局



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 H02P 8/00	A1	(11) 国際公開番号 WO97/38487 (43) 国際公開日 1997年10月16日(16.10.97)
(21) 国際出願番号 PCT/JP97/01276 (22) 国際出願日 1997年4月11日(11.04.97) (30) 優先権データ 特願平8/89188 1996年4月11日(11.04.96) JP 特願平8/98280 1996年4月19日(19.04.96) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) シチズン時計株式会社(CITIZEN WATCH CO., LTD.)(JP/JP) 〒163-04 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 樋口晴彦(HIGUCHI, Haruhiko)(JP/JP) 〒359 埼玉県所沢市山口379-4 Saitama, (JP) 市川雅一(ICHIKAWA, Masakazu)(JP/JP) 〒340 埼玉県草加市手代町50-55 Saitama, (JP) 木原啓之(KIHARA, Hiroyuki)(JP/JP) 〒187 東京都小平市上水本町2丁目8番22号 Tokyo, (JP) 村上知巳(MURAKAMI, Tomomi)(JP/JP) 〒189 東京都東村山市多摩湖町2丁目3番地58 Tokyo, (JP) 土屋秀隆(TSUCHIYA, Hidetaka)(JP/JP) 〒196 東京都昭島市福島町1011 Tokyo, (JP)		(74) 代理人 弁理士 鈴木弘男(SUZUKI, Hiroh) 〒108 東京都港区三田3丁目4番3号 三田第一長岡ビル Tokyo, (JP) (81) 指定国 JP, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書
(54)Title: MOTOR DRIVING DEVICE (54)発明の名称 モーター駆動装置 (57) Abstract A phase locked driving type motor is reliably started and stably rotated. A motor driving device is provided with a stepper motor constituted at least of a bipolar stator, a rotor with a bipolar permanent magnet, and a driving coil magnetically coupled to the stator, a driving pulse generating means which outputs a driving pulse signal for driving the stepper motor, a driving circuit which supplies a driving current to the driving coil according to the signal from the driving pulse generating means, a voltage detecting circuit which detects the back electromotive voltage generated by the rotation of the rotor, and a magnetic pole position detecting means which detects the position of the magnetic pole of the rotating rotor with respect to the stator based on the detection signal of the voltage detecting circuit. The driving pulse generating means controls the outputting timing of the driving pulse signal based on the detection signal of the pole position detecting means used. The magnetic pole position detecting means stops the output of the driving pulse signal based on the signal detected by means of the voltage detecting circuit while the driving pulse signal is outputted and, at the same time, causes a driving pulse signal whose phase is opposite to that of the driving pulse signal to be outputted. The phase locked driving type motor is started reliably, accelerated quickly, and rotated stably. A higher-performance motor driving circuit can be realized by combining embodiments. Moreover, high-speed high-torque rotation of the motor is realized with a simple system constitution without changing the structure of a conventional flat type bipolar motor. 21 ... oscillation circuit 22 ... frequency dividing circuit 23 ... waveform shaping circuit 24 ... drive control circuit 25 ... driving circuit 26a ... positive edge detecting circuit 26b ... negative edge detecting circuit 27 ... pulse control circuit 28 ... timer circuit 40 ... magnetic pole position detecting circuit 41 ... back electromotive voltage detecting circuit 42 ... motor		

(57) 要約

本発明は、位相同期駆動式のモーターにおいて、モーターの確実な始動性や安定した回転性能を得ることを目的とする。

本発明はこの目的を達成するために、少なくとも2極のステータと少なくとも2極の永久磁石を有するロータと前記ステータと磁氣的に結合した駆動コイルとで構成されたステップモーターと、該ステップモーターを駆動するための駆動パルス信号を出力する駆動パルス発生手段と、該駆動パルス発生手段からの信号に基づき前記駆動コイルに駆動電流を供給するための駆動回路と、前記ロータの回転によって生じる逆起電圧を検出する電圧検出回路と、該電圧検出回路に生じる検出信号に基づいて前記ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段を備え、前記駆動パルス発生手段は、前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記駆動パルス信号の出力タイミングを制御するモーター駆動装置において、前記磁極位置検出手段は、前記駆動パルス信号の出力期間中に検出した前記電圧検出回路からの前記検出信号に基づいて前記駆動パルス信号の出力を停止するとともに、前記駆動パルス信号と逆相の駆動パルス信号を出力させることを特徴とする。

本発明によれば、確実なモーターの始動性や、速やかな加速と安定した回転性能を得ることができる。また各実施例を組み合わせることによって、より高性能なモーター駆動回路を実現することができる。さらに本発明ではモーターの高速および高トルクの回転駆動を従来の扁平型2極モーターの構造を変更することなく、簡素なシステム構成で実現することができる。

参考情報

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	ES	スペイン	LR	リベリア	SG	シンガポール
AM	アルメニア	FI	フィンランド	LS	レソト	SI	スロヴェニア
AT	オーストリア	FR	フランス	LT	リトアニア	SK	スロヴァキア共和国
AU	オーストラリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SL	シエラレオネ
AZ	アゼルバイジャン	GB	英国	MC	モナコ	SN	セネガル
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	MD	モルドヴァ共和国	SZ	スワジランド
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	TD	チャード
BE	ベルギー	GN	ギニア	MK	マケドニア共和国	TG	トーゴ
BF	ブルキナ・ファソ	GR	ギリシャ	ML	マリ	TJ	タジキスタン
BG	ブルガリア	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TM	トルクメニスタン
BJ	ベナン	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	TR	トルコ
BR	ブラジル	IE	アイルランド	MW	マラウイ	TT	トリニダード・トバゴ
BY	ベラルーシ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UA	ウクライナ
CA	カナダ	IS	アイスランド	NE	ニジェール	UG	ウガンダ
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	NL	オランダ	US	米国
CG	コンゴ	JP	日本	NO	ノルウェー	UZ	ウズベキスタン
CH	スイス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	VN	ヴェトナム
CI	コート・ジボアール	KG	キルギスタン	PL	ポーランド	YU	ユーゴスラビア
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PT	ポルトガル	ZW	ジンバブエ
CU	キューバ	KR	大韓民国	RO	ルーマニア		
CZ	チェコ共和国	KZ	カザフスタン	RU	ロシア連邦		
DE	ドイツ	LC	セントルシア	SD	スーダン		
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン		
EE	エストニア	LK	スリランカ				

明 細 書

モーター駆動装置

技術分野

本発明は、位相検出制御により高速回転を行うモーター駆動装置に関する。

背景技術

モーターを高速且つ高トルクで回転させることは、モーターの基本性能の向上という面でもっとも重要な要素の1つであり、そのことから長年、研究開発がなされてきた。たとえばモーターを使用する製品の1つである電子時計では、近年多機能化が進み、通常の時刻表示以外の機能として、ストップウォッチ付き、アラーム付き、デュアルタイムなど様々な機能を持つ時計が開発、商品化されてきた。これらの多機能時計は電池投入時などの初期状態でシステムの初期化を行う場合や、通常使用時にモードの移行や針位置の帰零動作を行う場合などにおいて指針の早送り動作を行うことが必ず発生していたため、操作性の向上などの観点からモーターの高速回転は重要な要素を占めている。

また、モーターに扁平重りを取り付け、モーターが回転する際に発生する振動を用いて時刻の報知などを行う振動アラームとしての使用時や、時計用のモーターに指針の代わりに円板を取り付け時刻以外の表示を行う場合などに際しては、高トルクのモーターが必要不可欠であった。

また、モーターを高速で回転させた場合、モーターやモーターに接続された部品（たとえば時計においては減速輪列や指針など）の慣性により、駆動パルスの出力を停止してもモーターが直ちに停止しないという状況が発生することが考えられる。通常、所定の回転数を得ようとした場合はそれに応じた数のパルスを出力するが、上記のような場合、出力したパルス数とモーターの回転数が一致しないという事態が発生してしまう。

このことは、たとえば時計指針においては、時刻表示のずれにつながるなど致命的な欠陥となってしまう。またモーターが停止した際のロータの磁極位置に

よっては、次にモーターを駆動する際に出力される駆動パルスによりステータに発生する磁極とロータの磁極位置の関係がずれてしまい、モーターが正常に回転しない場合が発生する。従ってモーターを高速で駆動し、且つモーターの回転数を正確に所望の値に制御するシステムに於いては、モーターを所定の位置に停止させることが不可欠となる。

以下従来のモーター駆動装置を電子時計のステップモーターを例にして説明する。

図1は従来の2極ステップモーターより成るモーター駆動装置の構成図、図2から図7はいずれもステータとロータとの磁極の位置関係を示す平面図であり、電気信号を機械的回転運動に変換する手段として、2極のステップモーターは図1に示す如く駆動コイル101、扁平ステータ102、ロータ103から成り、扁平ステータ102には図2に示す如く段差102aが設けられている構成となっている。

またモータードライバ104a、104bを設け、前記駆動コイル101の両端の電位を変えることによってこの駆動コイル101に電流を流し、前記扁平ステータ102を励磁する。図1に示す2極モーターの場合、前記駆動コイル101に電流が流れていない場合におけるロータ103の前記扁平ステータ102に対する磁極位置は、図2に示す静的安定点110の位置に、また前記駆動コイル101に電流を流して前記扁平ステータ102を励磁した場合における前記ロータ103の前記扁平ステータ102に対する磁極位置は図3に示す電磁的安定点111の位置になる。

通常、電子時計では前記モータードライバ104aまたは104bから4～5mSの間、前記駆動コイル101の両端電位を変化させる駆動パルス信号を出力してこの駆動コイル101にパルス電流を流し、前記ロータ103を回転動作させる。このロータ103は前記駆動コイル101に電流が流されている間回転し、前記ロータ103が前記扁平ステータ102に対しておおむね図4に示す磁極位置に来たとき前記駆動コイル101に流れる電流が停止するが、前記ロータ103は慣性によって図5の位置まで回転し、その後ロータ103は前記静的安

定点110を中心に減衰振動し最終的に停止する。

前記ロータ103が静止した状態で、たとえば前記モータドライバ104aから駆動パルス信号を出力し前記駆動コイル101に電流を流し、図6に示す如く前記扁平ステータ102を励磁した場合、前記ロータ103は図6のAに示す回転方向に180度回転する。さらにロータ103が静止した後に、前回駆動パルス信号を出力したのと反対側のモータドライバ104bから駆動パルス信号を出力すると、前記ロータ103は図6のAの方向にさらに180度回転する。ロータ103が静止した状態から前記駆動コイル101に電流を流すことによって前記ロータ103の回転動作を行った場合は図6のAに示す方向に確実に回転する。

また、前記ステップモーターを高速回転させる場合、当然のことながら前記ロータ103を高速で回転させる必要が生じる。このとき、前記モータドライバ104aとドライバ104bから出力される駆動パルス信号の出力間隔を狭くする必要が生じる。

前記ロータ103をより高速に回転させようとし、駆動パルス信号の出力間隔を狭めていくと、ロータ103が回転した直後の減衰振動が停止しないうちに次の駆動パルス信号を出力しなければならなくなってくる。

しかし、ロータ103が減衰振動中で図7の位置、すなわち前記ロータ103と電磁的安定点111との位置関係が図7に示す状態で次の駆動パルス信号が出力されると、ロータ103は図6のAに示す方向と逆、すなわち通常方向とは逆方向の回転をしてしまう。従って、このロータ103を安定的に回転させるためには、駆動パルス信号の出力間隔を、ロータ103の回転後の減衰振動が、前記電磁的安定点111を越えない範囲に安定するまでの時間以上にする必要があった。

駆動パルス信号のパルス幅および減衰振動の安定時間を合わせた時間、すなわち駆動パルス信号の出力周期は最小でも10mS前後となってしまふ。これは現状の駆動方式では駆動パルス信号の出力周波数として100Hz程度が限界になってしまっていることを示している。

しかし上記課題については、本出願人が先に出願した特願平6-304440号に示される方式によって改善されている。

図8は従来のモーター駆動装置における駆動回路の一例を示す回路図であり、図9は図8の駆動回路の動作を表わす波形図である。

図8において、25'は駆動回路であり、1aおよび1bのモータードライバから成る。2は駆動コイルである。41'は逆起電圧検出回路であり、バイアス手段3と電圧検出回路5とを有する。さらに、3はバイアス手段であり3a、3bのスイッチ手段、3c、3dの同抵抗値をもつバイアス抵抗から成る。4は扁平ステータ、5は電圧検出回路であり5aのインバータ、5bの帰還抵抗、5cの入力抵抗から成る。6はインバータ、103はロータである。42'は駆動コイル2、ステータ4およびロータ103から成るモーターである。

前記モータードライバ1a、1bは、信号OE1が"H"レベルのときはそれぞれ01in、02inの入力信号をバッファ出力し、信号OE1が"L"レベルのときは、出力をハイインピーダンスにする。また前記スイッチ手段3a、3bは、インバータ6から出力される信号SEが"L"レベルの時オフ、"H"レベルのときオンするスイッチである。

以下、図9の波形図に従って図8の回路の動作の説明をする。

図9の(a)の期間は、信号OE1が"H"レベルであり、前記モータードライバ1aから"H"レベルの駆動パルス信号が出力されるので、前記駆動コイル2に電流が流れ、前記ロータ103が回転する。この間、前記スイッチ手段3a、3bは信号SEが"L"レベルであるためともにオフ状態になっている。図9の(b)の期間では信号OE1が"L"レベルであるので前記モータードライバ1a、1bの出力はハイインピーダンス状態になっており、前記スイッチ手段3a、3bがオンするため、前記駆動コイル2の一端であるX端子は電源電圧の1/2の電圧であるバイアス電圧Vbに分圧される。

ここで、図9の(b)の期間に前記駆動コイル2の一端であるY端子に現われる電圧波形について説明する。

前記モータードライバ1a、1bの出力がハイインピーダンス状態で、前記ス

スイッチ手段3 a、3 bがONしており、前記バイアス抵抗3 c、3 dによって、X端子の電圧が前記バイアス電圧V bのレベルになっている場合、Y端子の電圧値は前記ロータ103の回転や前記モータドライバ1 a、1 bの影響がなければ、X端子と同様に前記バイアス電圧V bとなる。しかしながら図9の(a)の期間で駆動パルス信号の出力直後は、前記駆動コイル2に流れる電流が切られることにより誘導電圧が図9のV rの如く発生し、また駆動パルス信号が出力されることによって、前記ロータ103が回転すると、このロータ103の回転によって逆起電圧V gが図9の如く発生する。これらの発生電圧の合成波形がY端子に現れ、このY端子に現れる電圧波形を電圧検出回路5で増幅したものが図9のA o u tに示す波形となる。

図9の(b)の期間のA o u tの波形は、駆動パルス信号の出力終了直後は、前記駆動コイル2から発生する誘導電圧が支配的となるが、時間の経過とともに影響が減少し、代わって前記ロータ103からの逆起電圧が支配的となる。

図9において、A o u tの波形が前記バイアス電圧V bを正から負の方向によぎるタイミング(時点P)が、前記ロータ103がすでに説明した電磁的安定点を通過するタイミングとほぼ等しくなる。このタイミングにおいて、前回に駆動パルス信号を出力したのと逆のモータドライバ1 bから駆動パルス信号を出力すると、前記ロータ103は、前記扁平ステータ4に対する磁極位置が電磁的安定点を過ぎたあとであるため、逆転することなく正方向の回転を続ける。

別の従来例として図10は、モーターから発生する逆起電圧の検出を駆動コイルと同軸上に巻かれた検出コイルで行うものであり、すでに説明した図1のステップモーターに、前記駆動コイル101と同軸上に巻かれた検出コイル105と、前記ロータ103が回転した際に前記検出コイル105に発生する逆起電圧を検出する差動アンプ106 aと、この差動アンプ106 aの出力信号を基準電圧V bと比較しこの比較結果である信号A o u tを出力するコンパレータ108とで構成された電圧検出手段を付加したものである。

図10において、25はモータドライバ104 aおよび104 bから成る駆動回路であり、41はステータ102に巻かれた検出コイル105、差動アンプ

106aおよびコンパレータ108から成る逆起電圧検出回路であり、42は駆動コイル101、ステータ102およびロータ103から成るモーターである。

本従来例では、前記ロータ103が回転しているときにおけるロータ103の前記扁平ステータ102に対する磁極位置を、前記ロータ103が回転することによって発生する逆起電圧を前記検出コイル105を介して前記電圧検出手段で検出し、前記コンパレータ108からの出力に基づいて前記駆動パルス信号の出力タイミングを制御するように構成されている。

本従来例の構成によるモーターの駆動は前述した図8における駆動コイル2を用いてモーターからの逆起電圧を検出する方式と同様に行うことができ、波形としては図11となる。ただし、本構成では駆動パルス出力時に駆動コイル101に流れる電流の直流成分は除去されるので差動アンプの出力に現れる電圧波形としては V_g と V_r の合成波形となる。

本従来例では逆起電圧検出は、駆動コイル101と同軸上に巻かれた検出コイル105によって行っているが、本方式は本出願人より特開平6-235777号公報としてすでに出願されている。

以上のように、図8および図9に示す駆動方式によれば、駆動パルス信号の出力間隔を限界まで狭くすることが可能であり、結果としてモーターを通常のステップ駆動方式に比べて3倍程度の速度で回転させることができた。

このような従来の同期駆動方式では、モーターの始動時の駆動パルス条件と、始動後一定時間が経過した後の回転速度が安定した状態での駆動パルス条件とは大きく異なっていた。従って駆動回路に印加する駆動パルス信号を予め数種類用意し、モーターの始動時は大きな幅の駆動パルス信号を駆動回路に印加し、回転速度の向上とともに印加する駆動パルス信号のパルス幅を狭くしていく構成をとっていた。

しかしながら、大きな負荷がモーターに取り付けられたシステム、とりわけ振動モーターの扁平重りのようにアンバランスな負荷が取り付けられた場合、モーターの姿勢によって駆動パルス条件が大きく異なってくる。すなわちモーターの

回転軸が重力と垂直方向にあり、扁平重りが重力に逆らって回転を開始する位置にある場合と重力に引かれて回転を開始する位置にある場合とでは、始動に際して必要となるエネルギーが非常に異なり、その結果として駆動回路から出力される駆動パルス幅の条件が変わってしまう。

従来の駆動方式によってモーターを駆動した場合、始動時のパルス幅が一定条件で固定されていたために円滑な始動が行えないという不具合が発生していた。すなわち扁平重りが重力に逆らって回転を開始するという状態ではパルス幅がモーターが始動するに十分でなく、回転しないことがあり得た。また扁平重りが重力に引かれて回転を開始するという状態では、パルス幅が過剰となってしまう、結果として消費電流の増加を招いていた。

さらに従来の駆動方式の特徴であるロータの位相角に同期を取って駆動する方式では、モーターが回転して逆相に達したタイミングで次の駆動パルス信号を出力することが必要であるが、パルス幅が過剰に出力された場合、モーターが逆相に達した後も同じ駆動パルス信号が出力され続けることになり、結果としてモーターに対してブレーキがかかり回転効率を著しく損なうことになっていた。

またモーターの始動後に予め決められた時間で駆動パルス信号のパルス幅を徐々に狭くしていく方式では、モーターの負荷が大きいときや駆動電圧が低下している場合などの状態においてモーターの回転速度が十分に向上しないうちにパルス幅を狭くしてしまうこととなり、モーターの加速性能を低下させるばかりか場合によっては回転に必要なエネルギーが得られずモーターの停止に追い込まれる可能性が考えられた。

一方、回転速度に対して駆動パルス信号のパルス幅の減じ方が十分でない場合、すなわち過剰なパルス幅で駆動パルス信号を出力した場合、図8の電圧検出回路5から出力される信号A o u tは図12の如くなる。すなわち駆動パルス信号の出力が終了した後に発生する誘導電圧の影響がなくなっていくうちにモーターから発生する逆起電圧がV_bの電位よりも負側に寄ってしまう、このため本来、時点Qで出力されるべき次の駆動パルス信号が出力されなくなってしまう。結果としてモーターが停止したり、停止にまでは至らなくても回転速度が向上しない

という不具合が発生していた。

発明の開示

本発明は上記課題を解決し、モーターの確実な始動性や安定した回転性能を得ることを目的とする。

上記課題を解決するための本発明は、請求の範囲第1項として、少なくとも2極のステータと少なくとも2極の永久磁石を有するロータと前記ステータと磁氣的に結合した駆動コイルとで構成されたステップモーターと、該ステップモーターを駆動するための駆動パルス信号を出力する駆動パルス発生手段と、該駆動パルス発生手段からの信号に基づき前記駆動コイルに駆動電流を供給するための駆動回路と、前記ロータの回転によって生じる逆起電圧を検出する電圧検出回路と、該電圧検出回路に生じる検出信号に基づいて前記ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段を備え、前記駆動パルス発生手段は、前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記駆動パルス信号の出力タイミングを制御するモーター駆動装置において、前記磁極位置検出手段は、前記駆動パルス信号の出力期間中に検出した前記電圧検出回路からの前記検出信号に基づいて前記駆動パルス信号の出力を停止するとともに、前記駆動パルス信号と逆相の駆動パルス信号を出力させることを特徴とする。

また、請求の範囲第2項として、請求の範囲第1項において、前記磁極位置の検出は、前記駆動コイルに同軸上に巻かれた検出コイルに発生する逆起電圧を前記磁極位置検出手段で検出することで行われることを特徴とする。

また、請求の範囲第3項として、請求の範囲第2項において、前記磁極位置の検出は、前記磁極位置検出手段で検出した逆起電圧と所定電位との比較結果に基づいて行われることを特徴とする。

また、請求の範囲第4項として、請求の範囲第3項において、前記磁極位置の検出のための前記所定電位が複数設定されていることを特徴とする。

また、請求の範囲第5項として、請求の範囲第1項において、前記電圧検出回路は、前記駆動コイルの一端の電位レベルを電源電圧の中間電位にバイアスするためのバイアス手段と、前記駆動コイルの他端に生じる逆起電圧を検出する電圧

検出回路で構成されており、駆動パルス発生手段は複数の休止期間を有する間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号を出力するとともに、前記磁極位置検出手段は、前記複数の休止期間中に検出した前記電圧検出回路からの検出信号と前記中間電位との比較結果に基づいて前記駆動パルス信号を停止するとともに該停止した駆動パルスとは逆相の駆動パルス信号を出力することを特徴とする。

また、請求の範囲第6項として、請求の範囲第5項において、前記磁極位置の検出は、前記磁極位置検出手段で検出した逆起電圧が所定電位を横切ったことによって行われることを特徴とする。

また、請求の範囲第7項として、請求の範囲第6項において、前記磁極位置の検出のための前記所定電位が複数設定されていることを特徴とする。

また、請求の範囲第8項として、請求の範囲第5項において、前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号は、パルス幅の異なる複数のパルス群から成ることを特徴とする。

また、請求の範囲第9項として、請求の範囲第8項において、前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号は、パルス幅の大きい第1パルスと、該第1パルスよりもパルス幅の小さい第2パルス群とで構成したことを特徴とする。

また、請求の範囲第10項として、請求の範囲第9項において、前記第1パルスは前記ロータの回転速度に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第11項として、請求の範囲第9項において、前記第1パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第12項として、請求の範囲第9項において、前記第2パルスは前記ロータの回転速度に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第13項として、請求の範囲第9項において、前記第2パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第14項として、請求の範囲第10項において、前記第1パルスは前記ロータの回転速度が速くなるにしたがってそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第15項として、請求の範囲第11項において、前記第1パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数の増加とともにそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第16項として、請求の範囲第12項において、前記第2パルスは前記ロータの回転速度が速くなるにしたがってそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第17項として、請求の範囲第13項において、前記第2パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数の増加とともにそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第18項として、請求の範囲第5項において、前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号の複数の休止期間の幅は、前記ロータの回転速度に応じてその休止期間幅が変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第19項として、請求の範囲第5項において、前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号の複数の休止期間の幅は、前記ロータの始動時からのパルス出力数に応じてその休止期間幅が変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第20項として、請求の範囲第18項において、前記休止期間幅は、前記ロータの回転速度が速くなるにしたがってその幅が狭くなるように変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第21項として、請求の範囲第19項において、前記休止期間幅は、前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数の増加とともにその幅が狭くなるように変化することを特徴とする。

また、請求の範囲第22項として、請求の範囲第1項において、前記モーター駆動装置は、前記駆動パルス発生手段が始動パルスを出力してから所定の時間を計時した後タイマー信号を発生するタイマー回路を有し、前記駆動パルス発生手

段は始動パルスの出力を開始した後に所定の時間が経過しても前記磁極位置検出手段からの検出信号が発生しない場合に、前記タイマー回路からのタイマー信号出力に応じて始動パルスの出力を停止するとともに、始動パルスと逆相に駆動パルス信号を出力することを特徴とする。

また、請求の範囲第23項として、少なくとも2極のステータと少なくとも2極の永久磁石を有するロータと前記ステータと磁氣的に結合した駆動コイルとで構成されたステップモーターと、該ステップモーターを駆動するための駆動パルス信号を出力する駆動パルス発生手段と、該駆動パルス発生手段からの信号に基づき前記駆動コイルに駆動電流を供給するための駆動回路と、前記ロータの回転によって生じる逆起電圧を検出する電圧検出回路と、該電圧検出回路に生じる検出信号に基づいて前記ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段を備え、前記駆動パルス発生手段は、前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記駆動パルス信号の出力タイミングを制御するモーター駆動装置において、前記駆動パルス発生手段が駆動パルス信号の出力を終了してから所定の時間が経過した後にタイマー信号を発生するタイマー回路を有し、前記駆動パルス発生手段は駆動パルス信号の出力を開始した後に所定の時間が経過しても前記磁極位置検出手段からの検出信号が発生しない場合、次に出力する駆動パルス信号のパルス幅を前回出力された駆動パルス信号よりも狭くすることを特徴とする。

また、請求の範囲第24項として、請求の範囲第23項において、前記駆動パルス発生手段は駆動パルス信号の出力を開始した後に所定の時間が経過しても前記磁極位置検出手段からの検出信号が発生しない場合、前記駆動パルス信号とは逆極性の補償パルス信号を出力することを特徴とする。

また、請求の範囲第25項として、請求の範囲第24項において、前記補償パルス信号は前記駆動パルス信号よりもパルス幅が狭いことを特徴とする。

また、請求の範囲第26項として、請求の範囲第1項または第23項において、前記ステップモーターの回転を停止する場合に、制動用パルス信号を出力する制動パルス発生手段を有し、該制動パルス発生手段は前記磁極位置検出手段か

らの検出信号に基づいて制動用パルス信号の出力タイミングを制御することを特徴とする。

また、請求の範囲第27項として、請求の範囲第26項において、前記制動用パルス信号は前記ステータが前記ロータの磁極と逆極性に励磁される方向に出力されることを特徴とする。

また、請求の範囲第28項として、請求の範囲第26項において、前記制動用パルス信号は前記ステップモーターを駆動する駆動パルス信号よりも大きいパルス幅で出力されることを特徴とする。

図面の簡単な説明

図1は従来のモーター駆動装置の駆動部の回路図、図2は図1における2極ステップモーターの静的安定点を示す平面図、図3は図1における2極ステップモーターの電磁的安定点を示す平面図、図4は図1における2極ステップモーターの回転中の磁極位置を示す平面図、図5は図1における2極ステップモーターの回転方向を示す平面図、図6は図1における2極ステップモーターの回転方向を示す平面図、図7は図1における2極ステップモーターの回転方向を示す平面図、図8は従来例のモーター駆動装置における駆動回路の回路図、図9は図8の駆動回路の動作を表わす波形図、図10は他の従来例のモーター駆動装置における駆動回路の回路図、図11は図10の駆動回路の動作を表わす波形図、図12は図8の駆動回路の動作を表わす波形図である。図13は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第1の実施例を示すブロック図、図14は図13の駆動システムの動作を表す波形図、図15は第1のパルスでモーターが回転しなかった場合の回路の各部の状態を表す波形図、図16は第1のパルスでモーターが回転しなかった場合の回路の各部の状態を表す波形図、図17は図10の駆動回路にヒステリシスコンパレータを適用した場合の回路図、図18は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第2の実施例を示すブロック図、図19は図18の駆動システムの動作を表す波形図、図20は図18の駆動システムの動作を示す波形図、図21は図8の駆動回路にヒステリシスコンパレータを適用した場合の回路図、図22は本発明のモーター駆動装置における駆

動システムの第3の実施例を示すブロック図、図23は図22の駆動システムの動作を表す波形図、図24は図22に示す第3の実施例の別の構成を示すブロック図、図25は図24の駆動システムの動作を表す波形図、図26は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第4の実施例を示すブロック図、図27は図26の駆動システムの動作を表す波形図、図28は図26の駆動システムの動作を表す波形図、図29は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第5の実施例を示すブロック図、図30は図29の駆動システムの動作を表す波形図、図31は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第6の実施例を示すブロック図、図32は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第7の実施例の構成を示すブロック図、図33は図32の駆動システムの動作を表す波形図、図34は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第8の実施例を示すブロック図、図35は図34の駆動システムの動作を表す波形図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の第1の実施例を図面をもって説明する。

図13は本発明のモーター駆動装置における駆動システムの第1の実施例を示すブロック図であり、図14は図13の駆動システムの動作を表す波形図である。

図13において、21は基本周波数信号OSCを発振する発振回路であり、22は基本周波数OSCを分周した信号Fdivを出力する分周回路であり、23はモーター42を駆動する駆動パルス信号の基となる信号である信号OEを成形する波形成形回路であり、24は信号OEおよびFdivに基づいて駆動パルス信号としての信号Olinまたは信号O2inを出力する駆動制御回路であり、25は信号Olinおよび信号O2inに基づいてモーター42を駆動する信号drv1または信号drv2を出力する駆動回路であり、26aは逆起電圧検出回路41で検出した信号Aoutが基準電位Vbを正方向（負から正の方向）によぎったとき正エッジ検出信号PEを出力する正エッジ検出回路であり、26bは逆起電圧検出回路41で検出した信号Aoutが基準電位Vbを負方向（正か

ら負の方向)によぎったとき負エッジ検出信号NEを出力する負エッジ検出回路であり、31は正エッジ検出信号PEと負エッジ検出信号NEとをOR出力するOR回路であり、28は駆動パルス信号の立ち上がりから所定時間の経過を計時するタイマー回路である。27はパルス制御回路であり、駆動制御回路24の動作、非動作を制御する信号Fdと、波形成回路23が出力する信号OEの出力タイミングを制御する信号Ptrgを出力する。駆動回路25、逆起電圧検出回路41およびモーター42は、先に従来例で説明した図10と同様の構成をとるものとする。40は、正エッジ検出回路26aと負エッジ検出回路26bとOR回路31と逆起電圧検出回路41とから構成される磁極位置検出回路である。

以下に図14を参照して動作を説明する。

前記モーター駆動装置の本回路システム非動作状態、すなわち図10に示した前記ロータ103が回転していない場合、前記パルス制御回路27から出力される信号Fdが”H”レベルになっており、この状態では前記駆動制御回路24から前記駆動回路25に対する出力O1in、O2inはともに”L”レベルであるので、前記モータードライバ104a、104bの出力はともに”L”レベルになっている。

次に前記ロータ103を回転させる場合、外部より始動信号SSが前記パルス制御回路27に入力されると、このパルス制御回路27から出力される信号Fdが”L”レベルとなり、一方タイマー回路28は、信号SSを受けるとタイマー動作を開始する。信号Fdが”L”レベルで且つ信号OEが”H”になると前記駆動制御回路24の出力信号は、信号OEが”L”レベルの場合は信号O1inを”H”出力し、信号OEが”H”レベルの場合は信号O2inを”H”出力する。図14では、信号SSが出力された直後の信号OEは”L”であるのでこの場合は信号O1inが”H”となる。

ここで、前記正エッジ検出回路26aおよび前記負エッジ検出回路26bの動作について説明する。前記正エッジ検出回路26aは、信号OEが”H”レベルのとき能動状態になり、信号Aoutが前記バイアス電圧Vbを正方向によぎった場合に正エッジ検出信号PEを出力する。また、前記負エッジ検出回路26a

は、信号O Eが” L” レベルのとき能動状態になり、信号O Eが” L” レベルの期間に信号A o u tが前記バイアス電圧V bを負方向によぎった場合に負エッジ検出信号N Eを出力する。

図14のt1の期間は、信号O Eが” L” であることから、負エッジ検出回路26bが動作状態となっている。駆動制御回路24からの出力信号O1i nが” H” の状態が続くと、駆動回路25からの信号である信号A o u tは、図14のt1の期間で示される波形となる。

t1の期間で信号A o u tが前記バイアス電圧V bの電位を正から負の方向によぎると負エッジ検出回路26bは負エッジ検出信号N Eを出力する。前記パルス制御回路27は前記負エッジ検出信号N EをO R回路31を介して受けると信号P t r gを出力する。またタイマー回路28は同様に負エッジ検出信号N EをO R回路31を介して受けるとタイマー動作をリセットして停止する。

前記波形形成回路23は信号P t r gの立ち上がり同期して信号O Eを、図14のt2の期間” H” レベルにする。前記駆動制御回路24は、信号O Eが” H” の間、信号O2i nを” H” レベルにする。

図14のt2の期間は、前記正エッジ検出回路26aは、信号A o u tを受け、この信号A o u tのレベルがバイアス電圧V bを負から正の方向によぎった場合に正エッジ検出信号P Eを出力する。前記パルス制御回路27は前記正エッジ検出信号P EをO R回路31を介して受けると信号P t r gを出力する。以降、同様の動作が繰り返され、前記ロータ103は回転を続ける。

前記ロータ103の回転を停止する場合は、外部より停止信号E Sを前記パルス制御回路27に入力する。パルス制御回路27は、停止信号E Sが入力された直後の正エッジ検出信号P Eまたは負エッジ検出信号N Eを受けると最後のP t r gを出力する。図14の例ではパルス制御回路27は負エッジ検出信号N Eを受、信号P t r gを出力している。

図14のt4の期間で信号O2i nに” H” レベルが出力され、前記正エッジ検出回路26aが能動状態となり、信号A o u tが前記バイアス電圧V bを負から正の方向によぎるタイミングで正エッジ検出信号P Eが出力される。前記パルス

ス制御回路27は停止信号ESを受けた後に正エッジ検出信号PEを受けると信号Fdを”H”レベルにするとともに、前記モータドライバ104a、104bの出力を”L”レベルに固定し回路の動作は終了する。

以上説明した第1の実施例では、信号01inに”H”レベルが出力される始動時の第1のパルスで、前記ロータ103が回転する磁極位置に合った場合を想定しているが、実際の使用時には駆動パルス信号の位相とロータ103の磁極位置の関係が必ずしも一致しているとは限らない。とりわけ振動アラームのように慣性の大きな負荷が取り付けられた場合、モータの回転動作が停止された後も慣性でモータが回り続けてしまうことが考えられ、このような場合最終的な磁極位置がどちらになるかは不確定である。

以上の事項を考慮にいれ、第1のパルスでモータが回転しなかった場合について本発明のシステムがどのように作動するかを図13および図15を用いて説明する。

図15は、第1のパルスでモータが回転しなかった場合の回路の各部の状態を表す波形図である。

第1のパルスでモータが回転しなかった場合には駆動回路25から出力される信号Aoutは図15または図16の状態になる。すなわち、モータが回転動作をしていないため、モータの正常回転時に発生する逆起電圧Vrがほとんど発生せず、結果として信号Aoutは駆動パルス信号の出力時に検出コイルに誘導される誘導電圧のみとなる。この場合誘導電圧の影響がなくなった後は図10に示した差動アンプ106aの両端の電位差は基本的には0になるはずであるが実際には何らかの電位差が生じているため結果として信号Aoutの電位はバイアス電圧Vbに対して若干ではあるが高いかもしくは低い状態になる。

誘導電圧の影響がなくなった後の信号Aoutの電位がVbに比べて高い場合、駆動パルス信号を出力し続けても信号Aoutが正から負の方向にVbのレベルをよぎることがないため、次の駆動パルス信号の出力タイミングとなる信号Ptrgが発生しない。本システムでは信号SSが入力されると始動用の駆動パルス信号を出力するとともにタイマー回路28のタイマー動作が行われている。

タイマー回路28は予め定められた時間(図15においては $t1'$)が経過しても磁極位置検出回路40より正または負のエッジ検出信号がこない場合、疑似検出信号 Tup を出力するとともにタイマー動作を停止する。パルス制御回路27は信号 Tup を受けると信号 $Ptrg$ を出力し、結果として直ちに信号 $O2in$ に" H " レベルが出力され、すなわち次の駆動パルス信号は最初の駆動パルス信号と逆極性で出力されることで、ロータ103が回転する。以降の動作は先に説明した第1のパルスでモーターが回転した場合と同様の制御で行われる。

誘導電圧の影響がなくなった後の信号 $Aout$ の電位が Vb に比べて低い場合には、誘導電圧の影響がなくなった直後に信号 $Aout$ の波形が Vb を正から負によぎるために負エッジ検出回路26bから直ちに信号 NE が出力される。従ってこれを受けてタイマー回路28はタイマー動作を停止する。またパルス制御回路27は信号 $Ptrg$ を出力し、以降の動作は先に説明した第1のパルスでモーターが回転した場合と同様の制御で行われる。

以上説明したシステムでは、駆動パルス信号を出力中にモーターから発生する逆起電圧を検出することでモーターが180度回転したことを認識することができ、さらにこのタイミングで次のパルスを出力することでモーターの回転の勢いを殺すことなく確実に効率のよいモーター駆動を実現することができる。

この第1の実施例によれば、従来のような磁極位置検出用の駆動パルス信号休止期間がないので、駆動パルス信号と次の駆動パルス信号との間隔をなくすことができるので、モーターを高速に且つ安定して駆動することができる。また、始動時のロータ103の磁極位置にかかわらず、確実なモータの始動を実現することができる。

なお、図10では差動アンプ106aの出力信号を基準電圧 Vb と比較しこの比較結果である信号を出力するコンパレータ108とで構成された電圧検出手段を付加したが、図17のように、差動アンプ106aと帰還抵抗106bと入力抵抗106cとから成る回路106に、差動アンプ107aと帰還抵抗107bと入力抵抗107cとから成る回路107を接続して、ヒステリシスコンパレータを構成するようにして、磁極位置の検出のため、逆起電圧がよぎったかどうか

の基準電位にヒステリシスを設けるようにしてもよい。

このようにヒステリシスコンパレータを設けることにより、基準電位を逆起電圧がよぎったかどうかの検出タイミングに遅延を持たせることで、外部からの磁界等の影響による誤動作を防止することができ、さらに、モーターに物理的な衝撃等が加わった場合においてもモーターの回転の安定性向上に効果がある。

次に第2の実施例として、駆動コイルを磁極位置検出用の検出コイルに兼用してモーターからの逆起電圧を検出する構成をとるモーター駆動装置に関して本発明を導入した場合について図をもって説明する。

図18は、先に説明した図13のシステムに若干の改良を加え、駆動パルス信号を出力中であってもモーターからの逆起電圧を検出することを可能とした第2の実施例を示すブロック図であり、また図19、図20は図18の動作を示す波形図である。図20は、図19と比べて時間軸で拡大して示してある。

図18において、32は信号OE1が“L”になってから所定時間を計時してこの所定時間内に正エッジ検出信号PEまたは負エッジ検出信号NEを受けていない場合に信号Tup'を出力するタイマー回路Bであり、46は信号Tup'を受けると出力信号Qを反転するフリップフロップ回路である。40'は正エッジ検出回路26aと負エッジ検出回路26bとOR回路31と逆起電圧検出回路41'とから構成される磁極位置検出回路である。波形成形回路23は、駆動パルス信号を間欠制御するとともに磁極位置検出回路40'およびタイマー回路B32を制御する信号である信号OE1を、パルス制御回路27より出力されるPtrg信号を受けるとに出力する。駆動制御回路24は、フリップフロップ回路46からの出力信号Qに基づいて、信号O1inと信号O2inを切替え出力するように構成している。また、駆動回路25'、逆起電圧検出回路41'およびモーター42'は、先に従来例で説明した図8と同様の構成をとるものとする。その他の構成要素は図13と同様であるので説明を省略する。

図8に示した前記ロータ103を回転させる場合、外部より始動信号SSが前記パルス制御回路27に入力されると、このパルス制御回路27から信号Ptrgが出力され、信号OE1は図19に示す如く期間tbに“H”となる。信号O

E1は、フリップフロップ回路46の出力信号Qが“L”レベルの場合には信号O1inに出力され、出力信号Qが“H”レベルの場合には信号O2inに出力される。図19では信号SSが出力された直後に出力信号Qは“L”であるのでこの場合は信号OE1は信号O1inに出力される。図19において信号OE1が出力されたtbの後のt2の期間では信号Qが“L”でありさらに信号OE1が“L”であることから正エッジ検出回路26aが能動状態となる。

図19におけるt1の期間では信号OE1が“H”の間に信号O1inの駆動パルス信号が出力され、信号OE1が“L”の間は図8のモータドライバ1a、1bの出力をハイインピーダンスにするとともにバイアス手段3を動作させることによりモーターからの逆起電圧の検出を行う。

ここで図19におけるt1の期間の信号Aoutの波形について図20の拡大図をもって説明する。

t1の期間におけるAoutの波形は、信号O1inの波形の駆動パルス信号が出力されることにより、駆動コイル2に発生する誘導電圧Vr、モーターが回転することにより発生する逆起電圧Vgの合成波形となる。図20のt2の期間では信号O1inが“L”になった直後は誘導電圧Vrが支配的であり、誘導電圧Vrの影響が時間の経過とともになくなると逆起電圧Vgが観測されるようになる。逆起電圧Vgの電位レベルがVbよりも上にあるt2の期間、すなわちロータ103が180度回転しきっていない場合では、信号Aoutの波形が誘導電圧Vrの影響がなくなる過程で必ずVbの電位を負から正の方向でよぎっている（図20におけるP1の時点）。

タイマー回路B32は信号OE1が“L”になるとタイマー動作を開始する。フリップフロップ回路46の出力信号Qが“L”であることから正エッジ検出回路26aは信号OE1が“L”の期間に動作状態となる。正エッジ検出回路26aは、図20のt2の期間のP1の時点で、信号Aoutの波形がVbを負から正方向によぎったことを観測すると、正エッジ検出信号PEを出力する。また、タイマー回路B32は信号PEをOR回路31を介して受けるとタイマー動作を停止し、一方パルス制御回路27は、所定の時間（t2）の間、タイマー回路B

32からの信号がこない場合、所定時間経過後P t r g信号を出力する。波形成形回路23はP t r g信号を受けるとt cの期間O E 1を“H”出力しその後t 3の期間でt 2の期間と同様の逆起電圧の検出を行う。

図20におけるt 2、t 3、t 4の期間では、それぞれP 1、P 2、P 3の時点で信号A o u tの波形がV bの電位を負から正の方向でよぎるので、P t r gが出力され、信号O E 1に“H”信号が出力される。逆起電圧V gの電位レベルがV bよりも下にある期間、すなわち図20のt 5の期間では、ロータ103が180度以上回転しており、信号A o u tの波形がV bの電位を負から正の方向でよぎることはない。したがってt 5の期間では、この間に正エッジ検出回路26aから正エッジ検出信号P Eを出力することはない。タイマー回路B 32はt 5の期間に正エッジ検出信号P Eを受けないで所定の時間(t 5)を経過するとT u p'を出力する。パルス制御回路27は信号T u p'を受けると信号P t r gを出力し、その結果波形成形回路23から信号O E 1が出力される。このとき信号T u p'によりフリップフロップ46の信号Qは“L”から“H”になっているので、駆動制御回路24からは信号O 2 i n側に駆動パルス信号が出力される。以降の動作は先述した第1の実施例と同様である。

この第2の実施例によれば、駆動パルス信号を出力中に逆起電圧を検出するための間隙を設けることで、駆動コイルを逆起電圧検出コイルに兼用でき、構成が簡素化される。また、本実施例によれば、第1の実施例と同様に駆動パルス信号と次の駆動パルス信号との間隔をなくすことができるので、モーターを高速に且つ安定して駆動することができる。

なお、図21の駆動回路は、図8の駆動回路にヒステリシスコンパレータ13を付加したものであり、電圧検出回路5の後段にこのヒステリシスコンパレータ13が接続される。このヒステリシスコンパレータ13は、入力抵抗13aと帰還抵抗13bとインバータ13cとインバータ13dとから成る。このように構成し、磁極位置の検出のため、逆起電圧がよぎったかどうかの基準電位にヒステリシスを設けるようにしてもよい。

このようにヒステリシスコンパレータを設けることにより、基準電位を逆起電

圧がよぎったかどうかの検出タイミングに遅延を持たせることで、外部からの磁界等の影響による誤動作を防止することができ、さらに、モーターに物理的な衝撃等が加わった場合においてもモーターの回転の安定性向上に効果がある。

以上モーター始動直後のパルス出力に対する制御方法について説明してきたが、次に第3の実施例として、モーター始動後モーターの回転数が加速状態から定速状態に移行するまでのパルス出力方法について説明する。

なお、ここで説明する実施例については、日板や振動アラーム用の扁平重りなど慣性の大きな負荷が接続されたモーターに対して特に有効な手段である。

図22は第3の実施例の構成を示すブロック図であり第1および第2の実施例と共通の項目については説明を省略する。また図23は図22の動作を表す波形図である。

図22において、35は信号OE1の立ち下がりに同期してタイマー動作を開始するタイマー回路Cである。また、タイマー回路C35は、信号OE1が”L”のとき動作を開始して所定時間経過後に信号Cupを出力し、信号Ptrgによってリセットされる。36はカウンタ回路であり、タイマー回路C35からのCup信号をカウントし、パルス幅選択信号Ps1～PsNを切替え出力する。37は駆動パルス制御回路であり、パルス幅選択信号Ps1～PsNに基づいて信号OE1の幅を変化させている。なお、図22における駆動回路25'、逆起電圧検出回路41'およびモーター42'は、先に従来例で説明した図8と同様の構成をとるものとする。また、前述の第2の実施例と同様な構成については説明を省略する。

初期状態においては、カウンタ回路36のカウント値はクリアされており、その結果として信号Ps1が”H”になっている。駆動パルス制御回路37は、カウンタ回路36から出力される信号Ps1から信号PsNに応じて出力する駆動パルス信号のパルス幅を変化させる。ここでは信号Ps1が”H”の場合すなわち始動直後が最も幅の広い駆動パルス信号を出力し、後述するように以降レベルが”H”となる信号が信号Ps2、Ps3、・・・、PsNの順で変化することによって駆動パルス信号のパルス幅を減じる動作を行う。

信号SSが入力されてモーターが始動する状態、すなわち図23の(a)の期間に関しては前述の図9と同様であるので説明を省略する。

図23において、第1、第2のパルスによりモーターの回転速度が向上してくると先に説明したとおり駆動パルス信号のパルス幅が過剰となり、本来、図23のP時点で発生する、Vbのレベルを負から正の方向によぎる現象が発生せず、このため次の駆動パルス信号が出力されない。

タイマー回路C35は、通常状態、すなわち図23の(a)の期間のような状態では信号OE1が”L”になるとタイマー動作を開始するが、予めセットされたタイマー動作を終了する所定時間 Δt になるまでに次の信号Ptrgによりリセットされるので何の信号も出力しない。しかし、図23の(c)、(d)の期間のように信号OE1が立ち下がって時間 Δt が経過した後も信号AoutがVbをよぎらず信号Ptrgがこない場合は、ロータ103がすでに、次の駆動パルス信号で駆動される位置に達していると判断し、タイマー回路C35は信号Cupに”H”レベルのパルス信号を出力する。カウンタ回路36は信号Cupを受けると内部のカウンタをカウントアップしこれにともなって信号Ps1を”L”にするとともにPs2を”H”にする。この結果、信号OE1は前回よりもパルス幅の狭い駆動パルス信号として出力される。

モーターの回転速度がある程度以上に達している場合やさらにすでに述べたように慣性の大きな負荷が接続されている場合などは、図23のP時点で駆動パルス信号の出力が行われなくても若干の回転速度の低下が見られるもののすぐに回転が停止することはない。従ってQ時点で次の駆動パルス信号が出力されれば回転そのものは停止することはない。しかしながらQ時点で出力される駆動パルス信号のパルス幅が直前の駆動パルス信号と同一であった場合、P時点で駆動パルス信号が出力されなかったことによって一旦低下した回転速度が再び上昇し、再び図23のP時点に示すような状況が発生してしまい、結果としてこれ以上の回転速度の向上は見込めなくなる。

本実施例では、駆動パルス信号の出力後、一定の時間内に信号Aoutの波形がバイアス電圧Vbをよぎらないとき、次に出力される駆動パルス信号のパルス

幅が減じられる。この状態でモーターの回転速度が向上するとやはり図23のP時点と同じ状態が発生するが、ここでも前述と同様の制御がおこなわれ、駆動パルス信号のパルス幅が減じられる。駆動パルス信号のパルス幅に対して同様の制御が繰り返されると回転速度が次第に向上し、ついにはこれ以上回転速度が向上しない安定状態となる。この状態では駆動パルス信号のパルス幅が過剰になることはなく、従って信号Aoutの波形がバイアス電圧Vbをよぎる点を検出できるため駆動パルスも確実に出力され安定した回転が得られる。

モーターの停止は、前述と同様に、信号ESにより行われるが、この信号ESを受けてカウンタ回路36はリセットされ、カウンタ値は初期状態になる。従って、次にモーターが駆動される際には信号Ps1が“H”であることから最も幅の広い幅の駆動パルス信号が出力されることになる。

以上説明したように、第3の実施例を用いれば、モーターの回転速度に応じて最適幅の駆動パルス信号が選択されることで、モーターの速やかな加速と安定した回転を、さらには回転速度向上を得ることができる。なお、本実施例の説明では、駆動回路25'、逆起電圧検出回路41'およびモーター42'は図8で説明した回路構成を取っているが、図10の回路構成にしても同様の動作が得られる。

なお、この第3の実施例では、図24に示すように構成してもよい。図24は第3の実施例の別の構成を示すブロック図であり、図22に示したのと同様な構成については説明を省略する。また、図25は図24の動作を表す波形図である。

図24のブロック図では、新たに補償パルス作成回路38を備えている。図25の(d)の期間のように信号OE1が立ち下がって時間 Δt が経過した後も信号Ptrgがこない場合は、前述と同様にタイマー回路C35は信号Cupに“H”レベルのパルス信号を出力する。補償パルス作成回路38はこの信号Cupを受けると補償パルス信号FPを出力する。この信号FPはOR回路を介して信号OE1として駆動制御回路24に入力され、さらに、信号Cupによりフリップフロップ回路46の出力信号Qは“H”から“L”に切り替わる。この結

果、補償パルス信号FPは信号O l i nの駆動パルス信号として出力される。

このように構成することによって、信号P t r gがなくても補償パルス信号FPが出力されることで、一時的な速度低下を抑えることができる。

なお、ここで出力される補償パルス信号FPは、通常の駆動パルス信号に比べてパルス幅が狭いことが望ましい。これは信号FPの幅が広い場合には、図25における時点Rで、信号A o u tが電位V bを正から負の方向によぎるタイミングを見失ってしまう可能性があり、補償パルス信号FPのパルス幅を狭くすればこれを防ぐことができるからである。

次に、本発明の第4の実施例を説明する。図26は第4の実施例の構成を示すブロック図であり、第2の実施例と共通の項目については説明を省略する。また図27は図26の動作を表す波形図であり、図28は信号O E 1についての拡大波形図である。

本実施例は前述の第2の実施例の変形例である。図19に示した第2の実施例の波形図を参照すると、第2の実施例では、期間t1内において、パルス幅の等しい駆動パルス信号を複数出力しており、これによって、期間t1内において逆起電圧を検出することができるようにしている。ところが、このようにすると、図19からわかるように、逆起電圧の検出のための時間のために駆動パルス信号を出力している時間が減少させられており、モーターに対して回転のためのエネルギーを供給する時間（駆動パルス信号を出力している時間）を犠牲にしていることになる。そこで、モーターのより速やかな加速と安定した回転を望む場合には、本実施例すなわち第4の実施例が有効となる。

本実施例は、図27の期間t1のうちロータ103が180度回転しきっていないことが明らかな最初の方の期間には、逆起電圧の検出を行わずに比較的パルス幅の広い駆動パルス信号を出力して、モーターに対して回転のためのエネルギーを供給する時間（駆動パルス信号を出力している時間）が長くなるようにしている。以下、本実施例を詳しく説明する。

本実施例では、図26に示すように、波形成形回路23を大パルス発生回路23aと小パルス発生回路23bとから構成する。また、信号O E 1の立ち下が

りでタイマー回路B32はリセットして、且つ再スタートし、所定時間経過後に信号Tup'を出力する。この信号Tup'を受けたパルス制御回路27では信号Ctrgまたは信号Ptrgを出力するが、前回の信号Tup'の入力から今回の信号Tup'の入力までの間に、磁極位置検出回路40'から信号PEまたはNEを受けていない場合には信号Ctrgを出力し、受けている場合には信号Ptrgを出力する。波形成形回路23では、信号Ctrgを受けた場合には比較的パルス幅の広い信号OE1を出力し、信号Ptrgを受けた場合には比較的パルス幅の狭い信号OE1を出力する。信号Ctrgはフリップフロップ回路46にも入力され、これにより、信号O1inと信号O2inの切替えが行われる。なお、パルス制御回路27は信号SSを受けたときには無条件で信号Ctrgを出力する。また、信号OE1の立ち下がりタイマー回路B32がリセットされる。

図26のように構成することによって、図27に示すような制御を行うことができる。図27の期間t1を参照すると、比較的パルス幅の広い駆動パルス信号が最初に一度出力され、その後は比較的パルス幅の狭い駆動パルス信号が出力されていることがわかる。また、図28を参照すると、信号OE1として、期間tp1には比較的パルス幅の広い信号が一度出力され、期間tp2の経過後の期間tp3には比較的パルス幅の狭い信号が出力されていることがわかる。

以上説明したように、本実施例では、図27の期間t1のうちロータ103が180度回転しきっていないことが明らかな期間には、逆起電圧の検出を行わず、比較的パルス幅の広い駆動パルス信号を出力し、モーターに対して回転のためのエネルギーを供給する時間（駆動パルス信号を出力している時間）が長くなるようにしているので、モーターのより速やかな加速と安定した回転が可能となる。

次に、本発明の第5の実施例を説明する。図29は第5の実施例の構成を示すブロック図であり、第4の実施例と共通の項目については説明を省略する。また図30は図29の動作を表す波形図である。

本実施例は前述の第4の実施例の変形例である。第4の実施例では、大パルス

発生回路23aで発生する信号のパルス幅、小パルス発生回路23bで発生する信号のパルス幅および、タイマー回路B32で計時する時間(t_3 、 t_4 、 t_5 等)は、常に一定であった。ところが、モーターの回転速度に応じて図27に示した期間 t_1 の長さが変化するなどの理由から、これらの値をモーターの回転速度に応じて変更すると、モーターのより速やかな加速と安定した回転を得ることができる。

本実施例は、モーターの回転速度に応じて、この大パルス発生回路23aで発生する信号のパルス幅、小パルス発生回路23bで発生する信号のパルス幅および、タイマー回路B32で計時する時間の変更を可能とするものである。

本実施例では図29に示すように回転速度検出回路45を新たに設けた。この回転速度検出回路45は、分周回路22からの信号を基準クロックとしてパルス制御回路27からの信号Ctrlgの発生間隔を求め、この信号Ctrlgの発生間隔によってモーターの回転速度を得、モーターの回転速度が所定速度以上になった場合に、信号Pselを" L " から" H " に切替える。この信号Pselは、大パルス発生回路23a、小パルス発生回路23bおよびタイマー回路B32に入力される。

大パルス発生回路23aでは、信号Pselが" L " から" H " に切り替わると、いままで発生していた信号のパルス幅よりも狭いパルス幅の信号を出力するようになる。また、小パルス発生回路23bでは、信号Pselが" L " から" H " に切り替わると、いままで発生していた信号のパルス幅よりも狭いパルス幅の信号を出力するようになる。さらに、タイマー回路B32信号では、信号Pselが" L " から" H " に切り替わると、いままで計時していた時間(逆起電圧を検出するための時間)を短いものに切替える。

図30を参照すると、信号Ctrlgの発生間隔 T_p が所定値以下になった場合、信号Pselが" L " から" H " に切り替わり、信号Pselが" H " になると、期間 T_{p1} はより短い期間 T_{p1}' に切り替わり、期間 T_{p2} はより短い期間 T_{p2}' に切り替わり、期間 T_{p3} はより短い期間 T_{p3}' に切り替わっていることがわかる。

モーターの回転速度が速くなった場合に、大パルス発生回路23aで発生する信号のパルス幅および小パルス発生回路23bで発生する信号のパルス幅をいままでもよりも狭いものとすることによって、ロータ103が180度回転しきった後にも同相の駆動パルス信号を出力してしまうということを減らすことができ、モーターのより速やかな加速と安定した回転が可能となる。

また、モーターの回転速度が速くなった場合に、タイマー回路B32で計時する時間（逆起電圧の検出のための時間）を短くすることによって、逆起電圧の検出のための時間と駆動パルス信号を出力している時間との比率を所定範囲にすることができ、モーターのより速やかな加速と安定した回転が可能となる。モーターの回転速度が速くなった場合には、逆起電圧の電圧レベルが上がり、より短い時間で逆起電圧の検出が可能となるため、タイマー回路B32で計時する時間（逆起電圧の検出のための時間）を短くすることができる。

次に、本発明の第6の実施例を説明する。図31は第6の実施例の構成を示すブロック図であり、第5の実施例と共通の項目については説明を省略する。

本実施例は前述の第5の実施例の変形例である。第5の実施例では回転速度検出回路45を設けて、大パルス発生回路23a等で発生する信号のパルス幅等を変更するようにしたが、本実施例ではカウンタ回路B47を設けて、大パルス発生回路23a等で発生する信号のパルス幅等を変更するようにしている。

本実施例はモーターが回転を開始した後に発生する信号Ctrgの数をカウントすることによって、モーターの回転速度を推定するようにしている。すなわち、モーターの始動直後は発生した信号Ctrgの数に応じてモーターの回転速度が速くなるものであることから、信号Ctrgのカウント数でモーターの回転速度を推定している。カウンタ回路B47は、パルス制御回路27からの信号Ctrgの数をカウントして、このカウント数が所定値以上になった場合に、信号Pselを“L”から“H”に切替える。この信号Pselは、大パルス発生回路23a、小パルス発生回路23bおよびタイマー回路B32に入力される。カウンタ回路B47に停止信号ESが入力された場合にはカウンタ回路B47のカウント値がリセットされる。そのほかの動作については第5の実施例と同様であ

るので説明を省略する。

この第6の実施例では、モーターの回転速度を信号C t r gのカウント数で簡易的に推定することで第5の実施例と同様の効果が得られ、また、モーターの回転速度検出のための回路が不要なため回路を簡素化することができる。

次に、本発明の第7の実施例を説明する。図32は第7の実施例の構成を示すブロック図であり、第4の実施例と共通の項目については説明を省略する。また図33は図32の動作を表す波形図である。

本実施例は前述の第4の実施例の変形例である。第4の実施例では、パルス制御回路27は、タイマー回路B32からの信号T u p' を受けたときにのみ信号C t r gまたは信号P t r gを出力するようにしたが、本実施例では、パルス制御回路27は、磁極位置検出回路40' から信号P EまたはN Eを受けたならばすぐに信号P t r gを出力し、磁極位置検出回路40' から信号P EまたはN Eを受けずにタイマー回路B32からの信号T u p' を受けたときには信号C t r gを出力するように構成されている。

また、本実施例では、磁極位置検出回路40' からの信号P EおよびN Eは、タイマー回路B32に入力され、タイマーのリセットを行う。そのほかの動作については、第4の実施例と同様であるので説明を省略する。

本実施例によれば、図33を参照してわかるように、逆起電圧の検出を行う時間をさらに短くすることができ、モーターのより速やかな加速と安定した回転が可能となる。

次に、本発明の第8の実施例を説明する。図34は第8の実施例の構成を示すブロック図であり、第2の実施例と共通の項目については説明を省略する。また図35は図34の動作を表す波形図である。

本実施例はモーターを停止させる際の制動制御に関する実施例であり、図18に示した第2の実施例の構成に加えて制動パルス発生回路50を備えている。

パルス制御回路27は、通常、信号T u p' を受けると信号P t r gを出力するが、停止信号E Sを受けた場合には、信号T u p' を受けると信号E t r gを出力する。制動パルス発生回路50は信号E t r gを受けると信号E pを”H”

で出力する。この信号E_pは、OR回路を介し、信号O_{E1}として駆動制御回路24に入力される。また、信号E_pは直接に駆動制御回路24に入力され、信号O_{1in}を出力するかそれとも信号O_{2in}を出力するかの判断にも用いられる。すなわち、通常、フリップフロップ回路46の出力信号Qが“L”の場合には信号O_{E1}は信号O_{1in}として出力され、出力信号Qが“H”の場合には信号O_{E1}は信号O_{2in}として出力されるが、信号E_pが“H”の場合にはこの出力先が逆になる。

図35を参照すると、パルス制御回路27に停止信号E_Sが入力された後、パルス制御回路27はQ時点で信号T_{up}'を受け、信号E_{trg}を出力している。このQ時点の後、フリップフロップ回路46の出力信号Qが“L”であるが、このとき、信号E_pが“H”であるためO_{2in}として制動パルス信号P_{SE}Eが出力されている。

このように構成した本実施例によれば、より素早く所望の位置でモーターを停止させることができる。

以上、説明したように本発明によれば、第1または第2の実施例により確実なモーターの始動性を、第3の実施例により速やかな加速と安定した回転性能を得ることができる。また第1、第2の実施例と第3の実施例を別々に説明したがそれぞれの実施例を組み合わせることで、より高性能なモーター駆動回路を実現することができる。さらに本発明ではモーターの高速および高トルクの回転駆動を従来の扁平型2極モーターの構造を変更することなく、簡素なシステム構成で実現することができる。

産業上の利用可能性

本発明は、電子時計に限らずモーターを利用するあらゆる電子機器に利用することができる。特に、小型化が必要な電子機器において利用価値が高く、モーター駆動装置の小型化、低消費電流化等の大きな効果を奏する。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも2極のステータと少なくとも2極の永久磁石を有するロータと前記ステータと磁氣的に結合した駆動コイルとで構成されたステップモータと、該ステップモータを駆動するための駆動パルス信号を出力する駆動パルス発生手段と、該駆動パルス発生手段からの信号に基づき前記駆動コイルに駆動電流を供給するための駆動回路と、前記ロータの回転によって生じる逆起電圧を検出する電圧検出回路と、該電圧検出回路に生じる検出信号に基づいて前記ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段を備え、前記駆動パルス発生手段は、前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記駆動パルス信号の出力タイミングを制御するモータ駆動装置において、

前記磁極位置検出手段は、前記駆動パルス信号の出力期間中に検出した前記電圧検出回路からの前記検出信号に基づいて前記駆動パルス信号の出力を停止するとともに、前記駆動パルス信号と逆相の駆動パルス信号を出力させることを特徴とするモータ駆動装置。

2. 前記磁極位置の検出は、前記駆動コイルに同軸上に巻かれた検出コイルに発生する逆起電圧を前記磁極位置検出手段で検出することで行われることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のモータ駆動装置。

3. 前記磁極位置の検出は、前記磁極位置検出手段で検出した逆起電圧と所定電位との比較結果に基づいて行われることを特徴とする請求の範囲第2項に記載のモータ駆動装置。

4. 前記磁極位置の検出のための前記所定電位が複数設定されていることを特徴とする請求の範囲第3項に記載のモータ駆動装置。

5. 前記電圧検出回路は、前記駆動コイルの一端の電位レベルを電源電圧の中



間電位にバイアスするためのバイアス手段と、前記駆動コイルの他端に生じる逆起電圧を検出する電圧検出回路で構成されており、駆動パルス発生手段は複数の休止期間を有する間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号を出力するとともに、前記磁極位置検出手段は、前記複数の休止期間中に検出した前記電圧検出回路からの検出信号と前記中間電位との比較結果に基づいて前記駆動パルス信号を停止するとともに該停止した駆動パルスとは逆相の駆動パルス信号を出力することを特徴とする請求の範囲第1項に記載のモーター駆動装置。

6. 前記磁極位置の検出は、前記磁極位置検出手段で検出した逆起電圧が所定電位を横切ったことによって行われることを特徴とする請求の範囲第5項に記載のモーター駆動装置。

7. 前記磁極位置の検出のための前記所定電位が複数設定されていることを特徴とする請求の範囲第6項に記載のモーター駆動装置。

8. 前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号は、パルス幅の異なる複数のパルス群から成ることを特徴とする請求の範囲第5項に記載のモーター駆動装置。

9. 前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号は、パルス幅の大きい第1パルスと、該第1パルスよりもパルス幅の小さい第2パルス群とで構成したことを特徴とする請求の範囲第8項に記載のモーター駆動装置。

10. 前記第1パルスは前記ロータの回転速度に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする請求の範囲第9項に記載のモーター駆動装置。

11. 前記第1パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする請求の範囲第9項に記載のモーター駆



動装置。

12. 前記第2パルスは前記ロータの回転速度に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする請求の範囲第9項に記載のモーター駆動装置。

13. 前記第2パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数に応じてそのパルス幅が変化することを特徴とする請求の範囲第9項に記載のモーター駆動装置。

14. 前記第1パルスは前記ロータの回転速度が速くなるにしたがってそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする請求の範囲第10項に記載のモーター駆動装置。

15. 前記第1パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数の増加とともにそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする請求の範囲第11項に記載のモーター駆動装置。

16. 前記第2パルスは前記ロータの回転速度が速くなるにしたがってそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする請求の範囲第12項に記載のモーター駆動装置。

17. 前記第2パルスは前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数の増加とともにそのパルス幅が狭くなるように変化することを特徴とする請求の範囲第13項に記載のモーター駆動装置。

18. 前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号の複数の休止期間の幅は、前記ロータの回転速度に応じてその休止期間幅が変化することを特徴とする請求の範囲第5項に記載のモーター駆動装置。



19. 前記間欠的なパルス群で構成された駆動パルス信号の複数の休止期間の幅は、前記ロータの始動時からのパルス出力数に応じてその休止期間幅が変化することを特徴とする請求の範囲第5項に記載のモーター駆動装置。

20. 前記休止期間幅は、前記ロータの回転速度が速くなるにしたがってその幅が狭くなるように変化することを特徴とする請求の範囲第18項に記載のモーター駆動装置。

21. 前記休止期間幅は、前記ロータの始動時からの駆動パルス出力数の増加とともにその幅が狭くなるように変化することを特徴とする請求の範囲第19項に記載のモーター駆動装置。

22. 前記モーター駆動装置は、前記駆動パルス発生手段が始動パルスを出力してから所定の時間を計時した後タイマー信号を発生するタイマー回路を有し、前記駆動パルス発生手段は始動パルスの出力を開始した後に所定の時間が経過しても前記磁極位置検出手段からの検出信号が発生しない場合に、前記タイマー回路からのタイマー信号出力に応じて始動パルスの出力を停止するとともに、始動パルスと逆相に駆動パルス信号を出力することを特徴とする請求の範囲第1項に記載のモーター駆動装置。

23. 少なくとも2極のステータと少なくとも2極の永久磁石を有するロータと前記ステータと磁気的に結合した駆動コイルとで構成されたステップモーターと、該ステップモーターを駆動するための駆動パルス信号を出力する駆動パルス発生手段と、該駆動パルス発生手段からの信号に基づき前記駆動コイルに駆動電流を供給するための駆動回路と、前記ロータの回転によって生じる逆起電圧を検出する電圧検出回路と、該電圧検出回路に生じる検出信号に基づいて前記ステータに対する回転中のロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段を備え、前記駆動パルス発生手段は、前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて前記駆



動パルス信号の出力タイミングを制御するモーター駆動装置において、

前記駆動パルス発生手段が駆動パルス信号の出力を終了してから所定の時間が経過した後にタイマー信号を発生するタイマー回路を有し、前記駆動パルス発生手段は駆動パルス信号の出力を開始した後に所定の時間が経過しても前記磁極位置検出手段からの検出信号が発生しない場合、次に出力する駆動パルス信号のパルス幅を前回出力された駆動パルス信号よりも狭くすることを特徴とするモーター駆動装置。

24. 前記駆動パルス発生手段は駆動パルス信号の出力を開始した後に所定の時間が経過しても前記磁極位置検出手段からの検出信号が発生しない場合、前記駆動パルス信号とは逆極性の補償パルス信号を出力することを特徴とする請求の範囲第23項に記載のモーター駆動装置。

25. 前記補償パルス信号は前記駆動パルス信号よりもパルス幅が狭いことを特徴とする請求の範囲第24項に記載のモーター駆動装置。

26. 前記ステップモーターの回転を停止する場合に、制動用パルス信号を出力する制動パルス発生手段を有し、該制動パルス発生手段は前記磁極位置検出手段からの検出信号に基づいて制動用パルス信号の出力タイミングを制御することを特徴とする請求の範囲第1項または第23項に記載のモーター駆動装置。

27. 前記制動用パルス信号は前記ステータが前記ロータの磁極と逆極性に励磁される方向に出力されることを特徴とする請求の範囲第26項に記載のモーター駆動装置。

28. 前記制動用パルス信号は前記ステップモーターを駆動する駆動パルス信号よりも大きいパルス幅で出力されることを特徴とする請求の範囲第26項に記載のモーター駆動装置。



FIG. 1

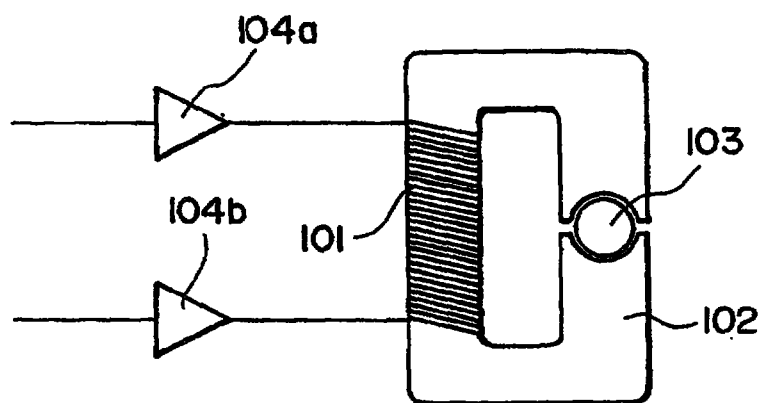


FIG. 2

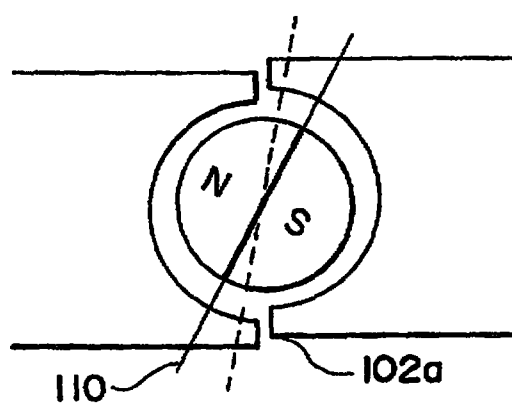


FIG. 3

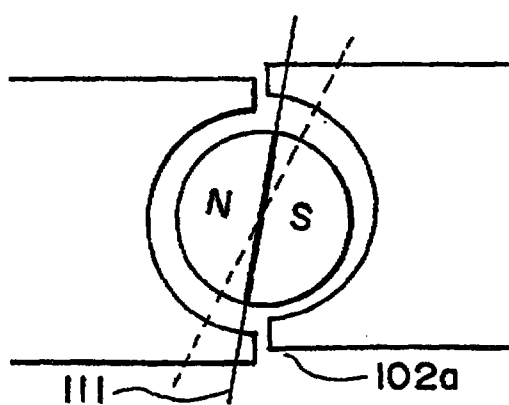


FIG. 4

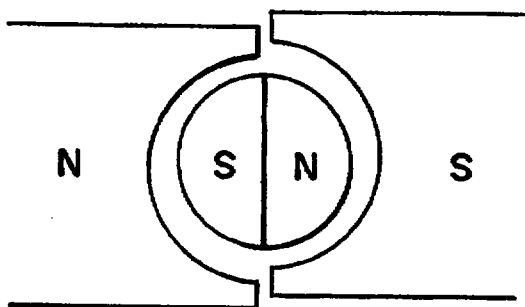


FIG. 5

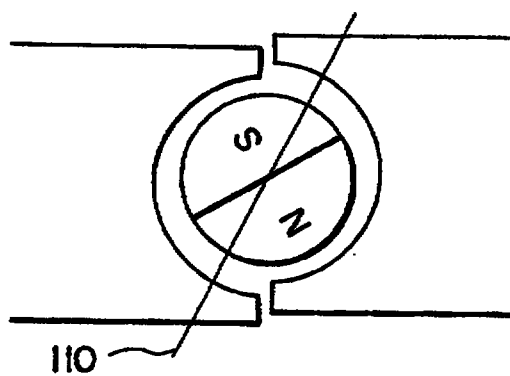


FIG. 6

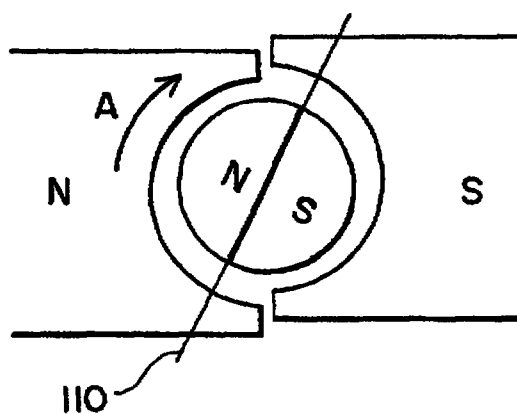


FIG. 7

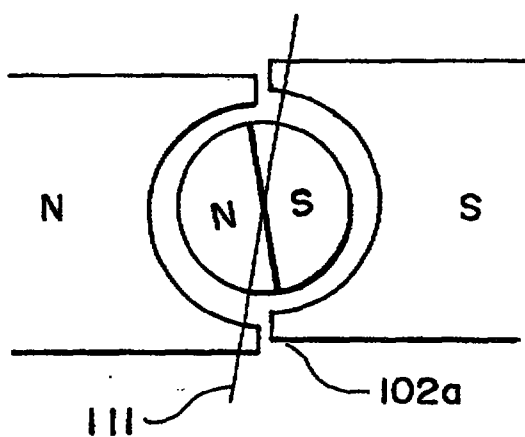


FIG. 8

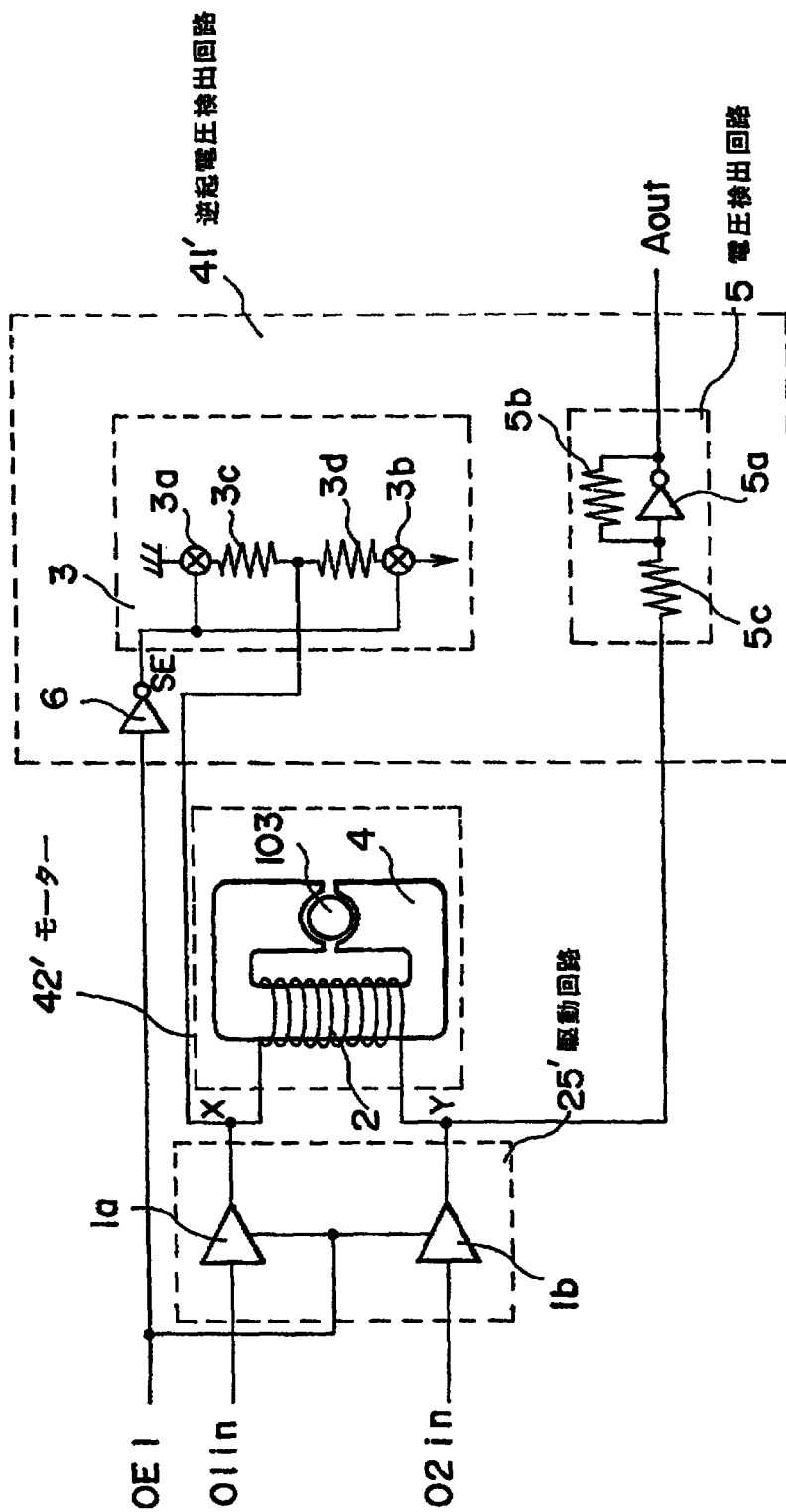


FIG. 9

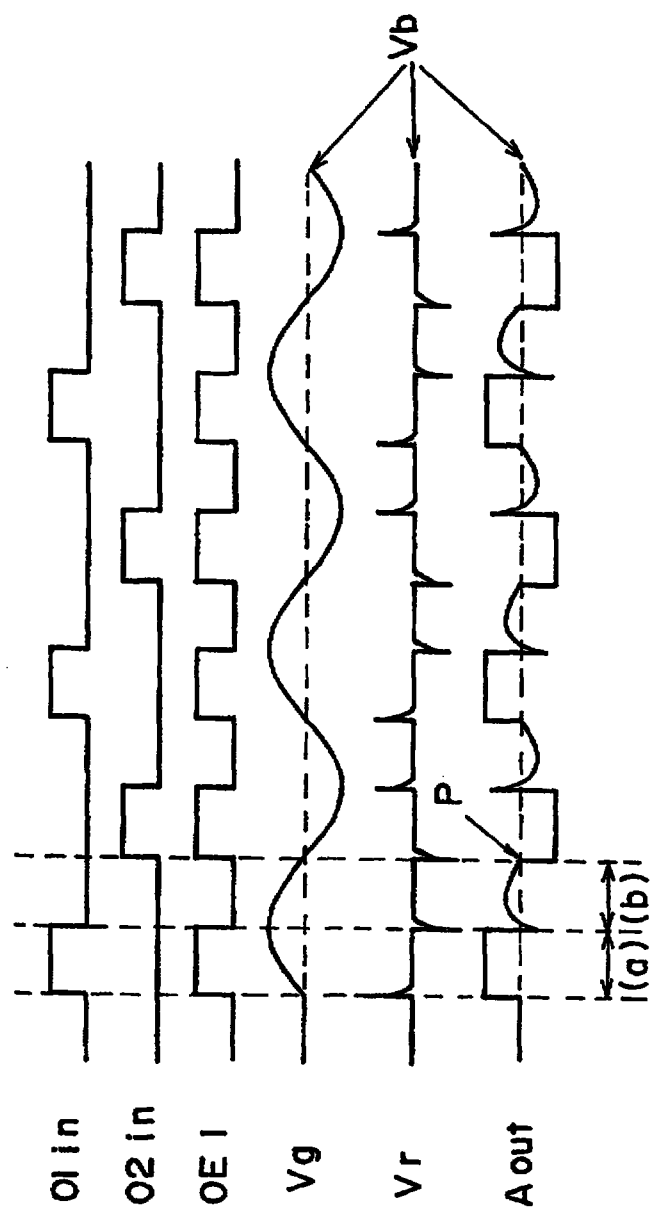
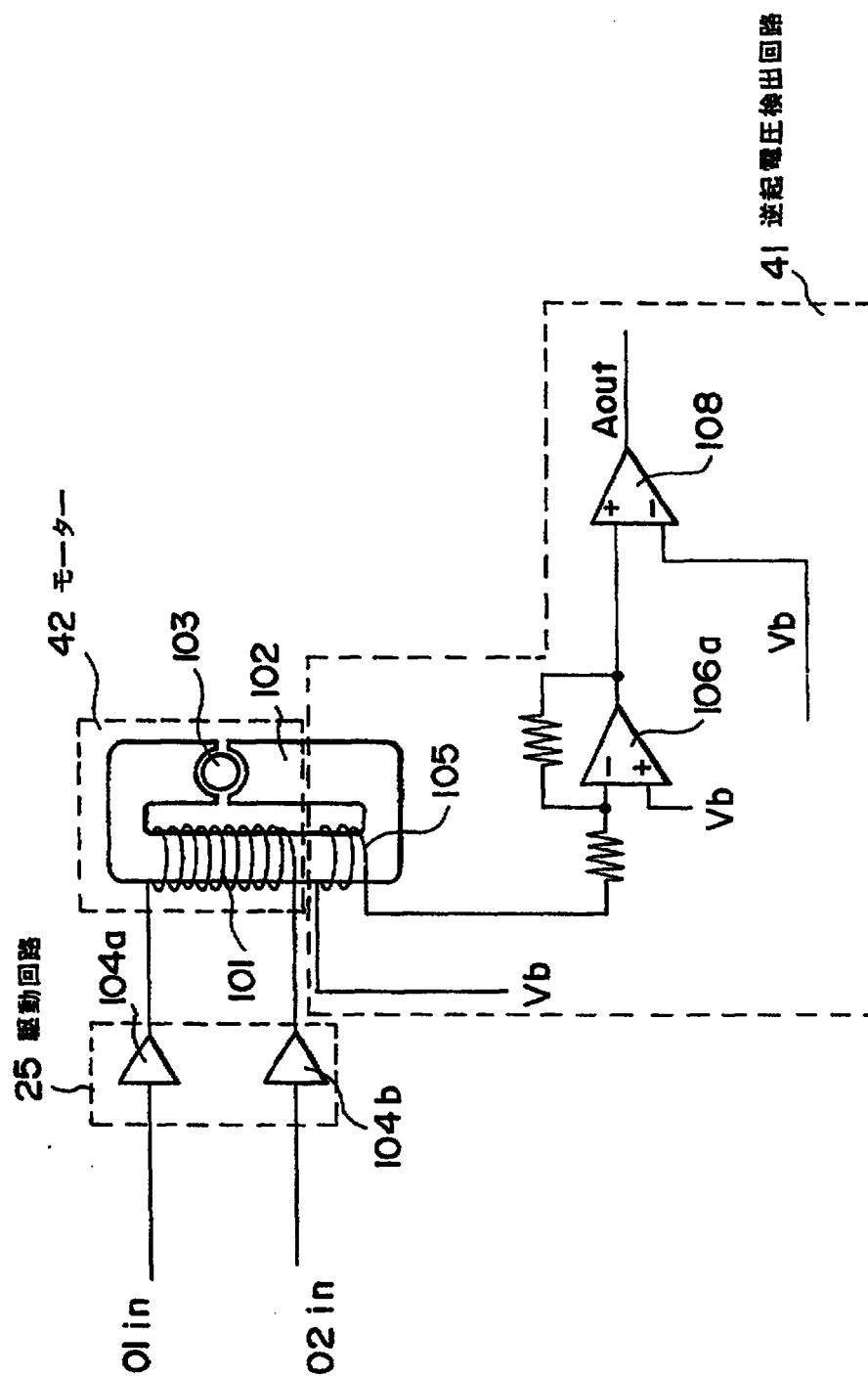
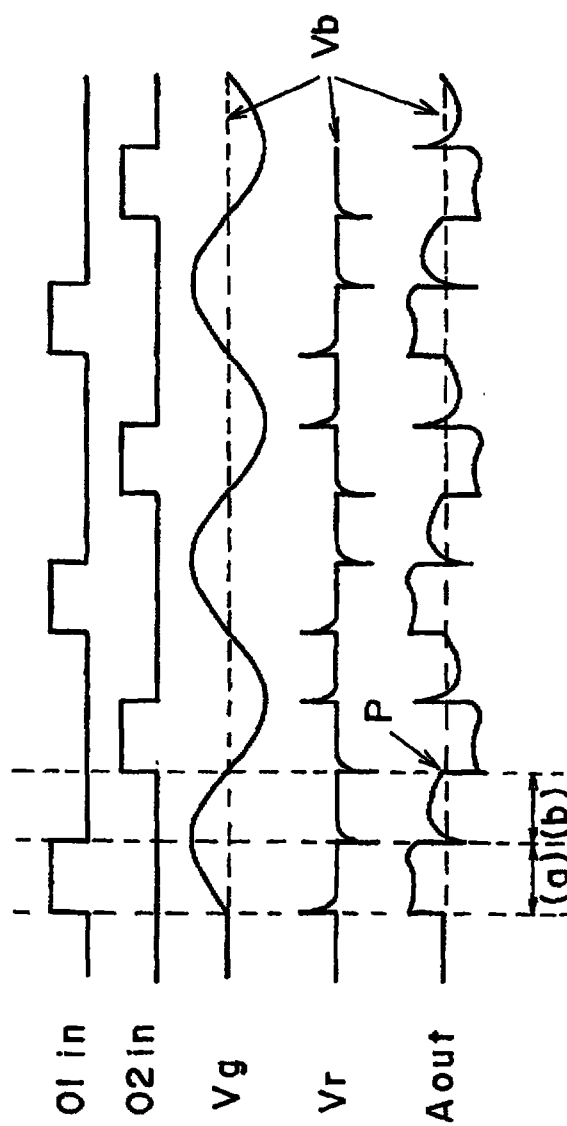


FIG. 10



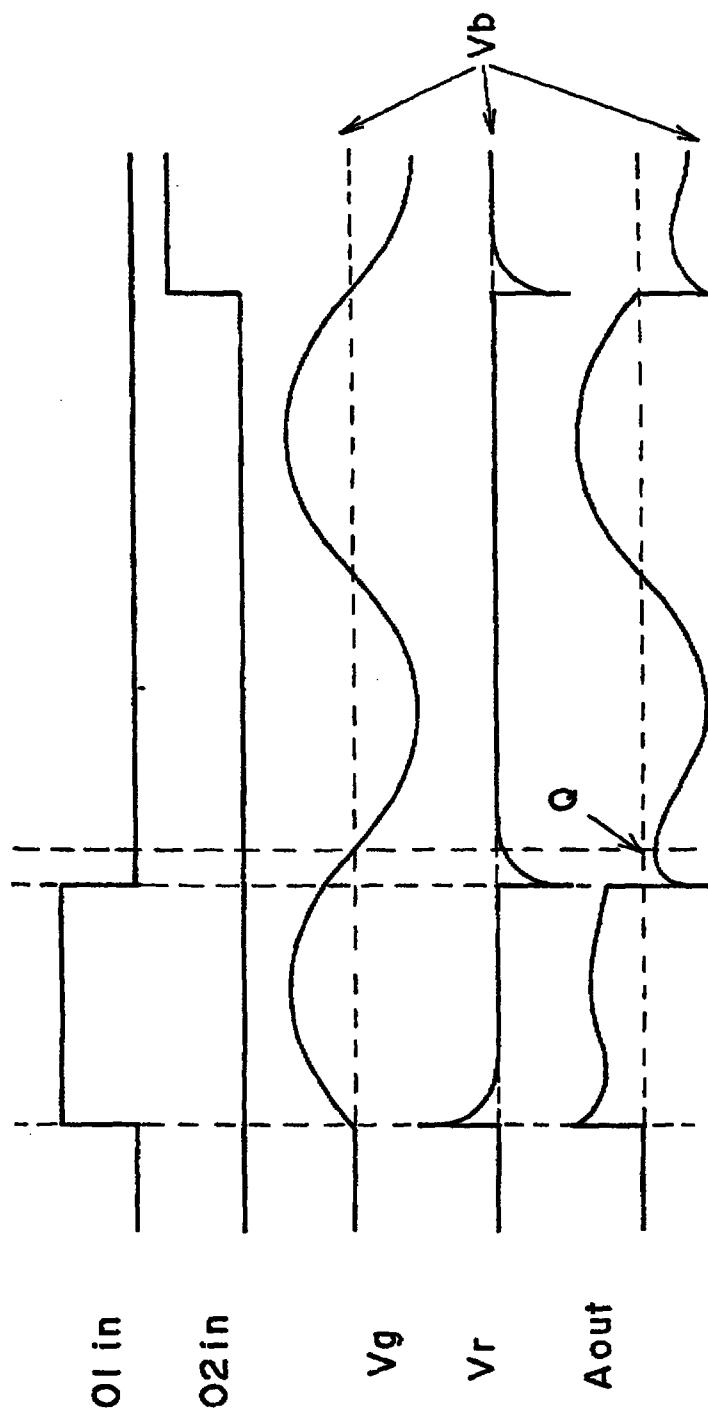
7/31

FIG. II



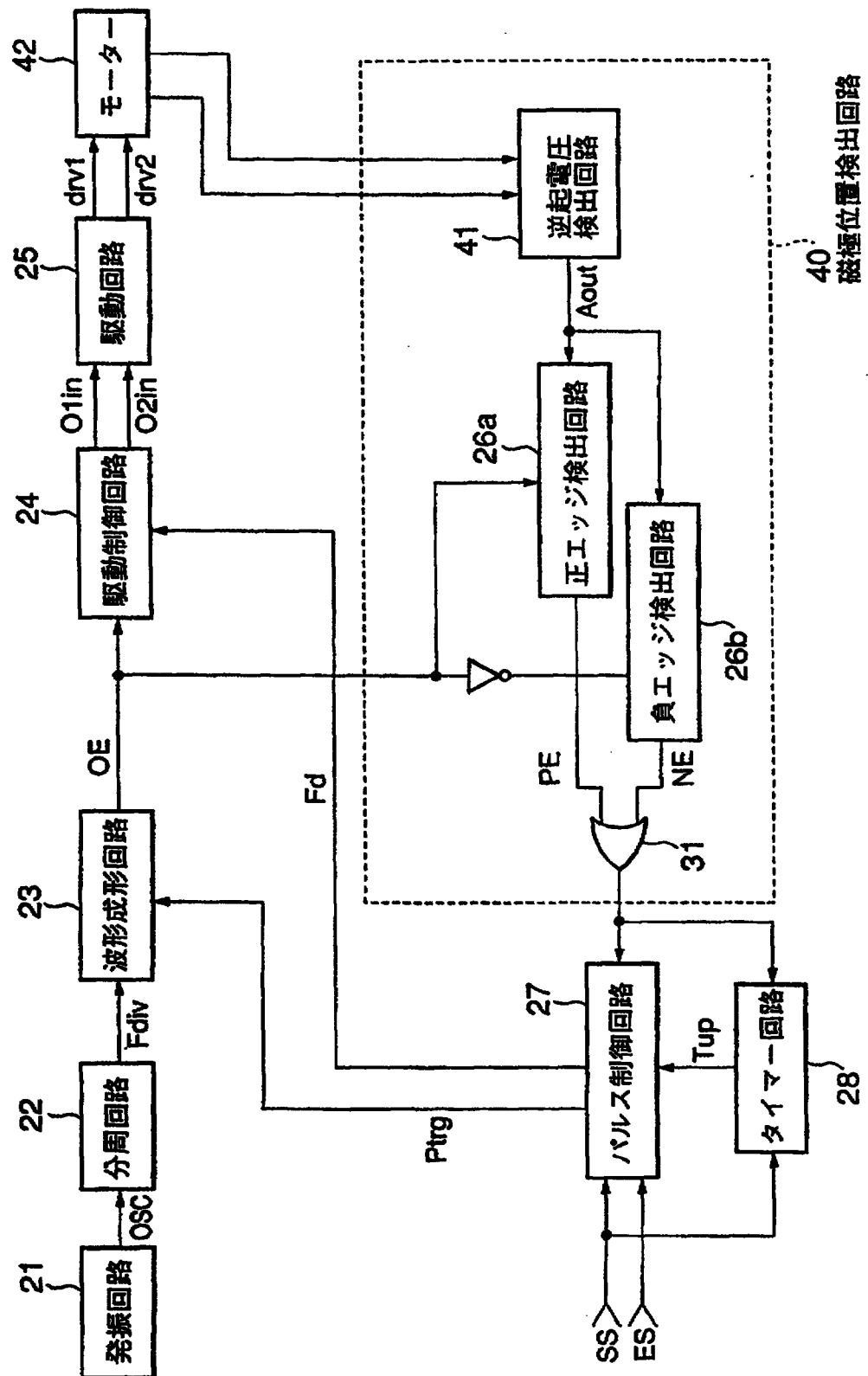
8/31

FIG. 12



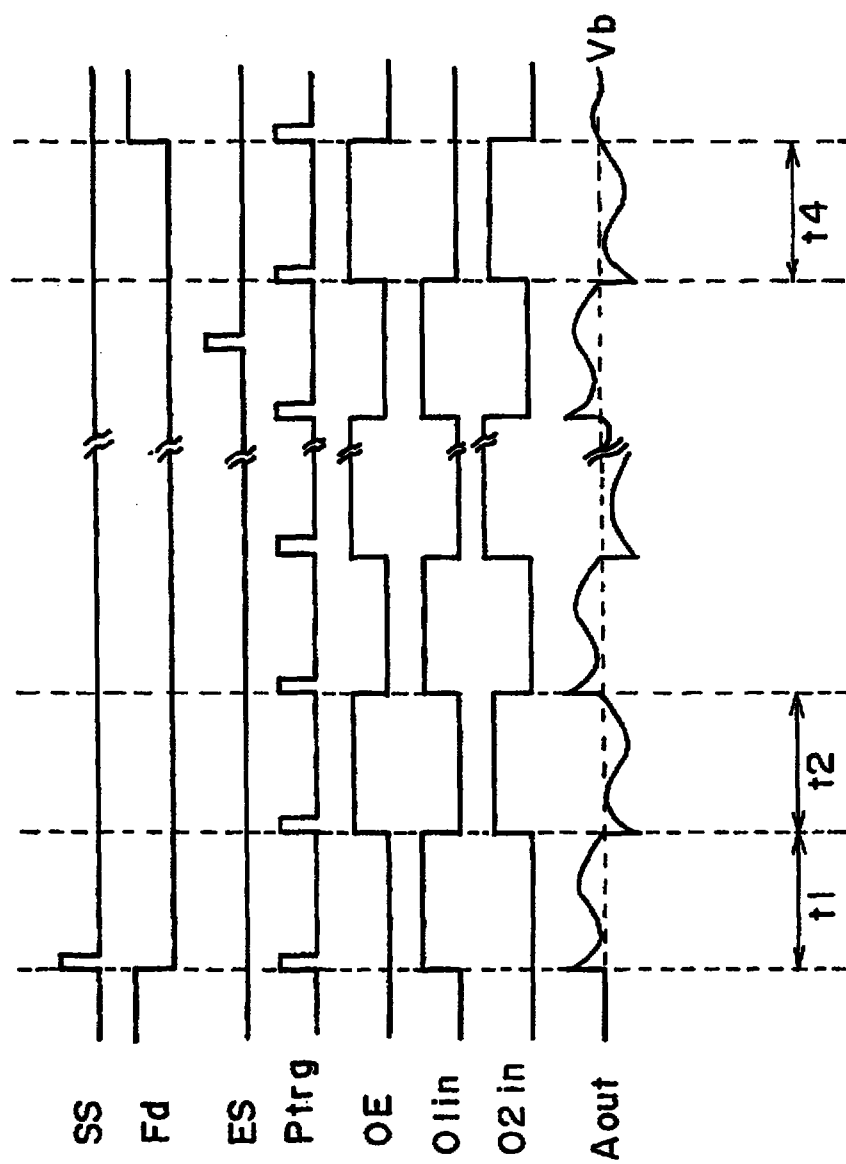
9/31

FIG. 13



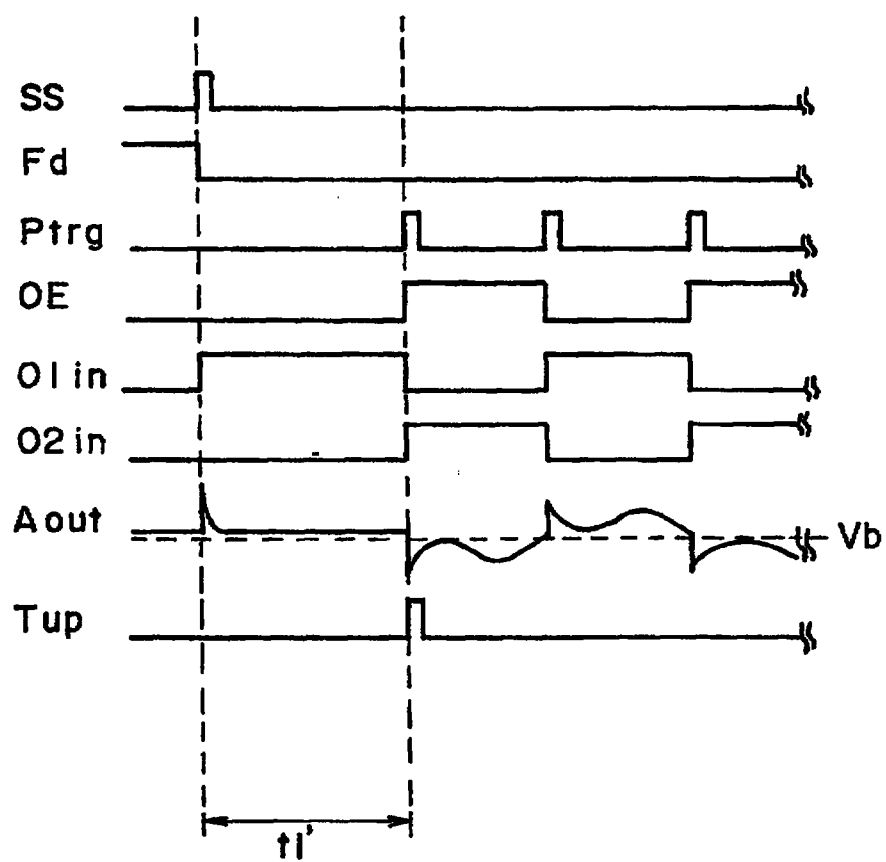
10/31

FIG. 14



11/31

FIG. 15



12/31

FIG. 16

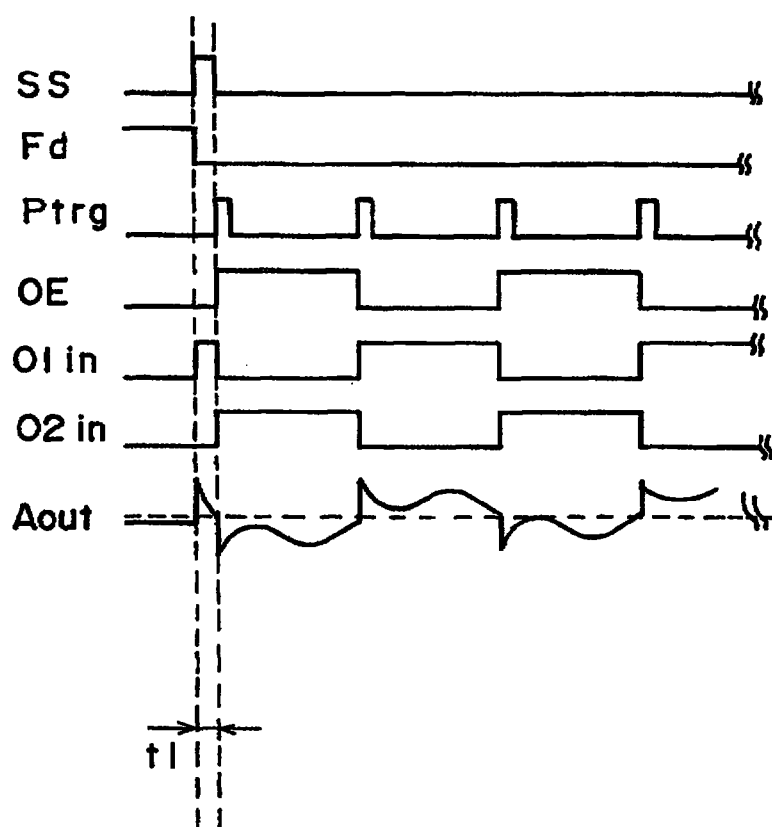


FIG. 17

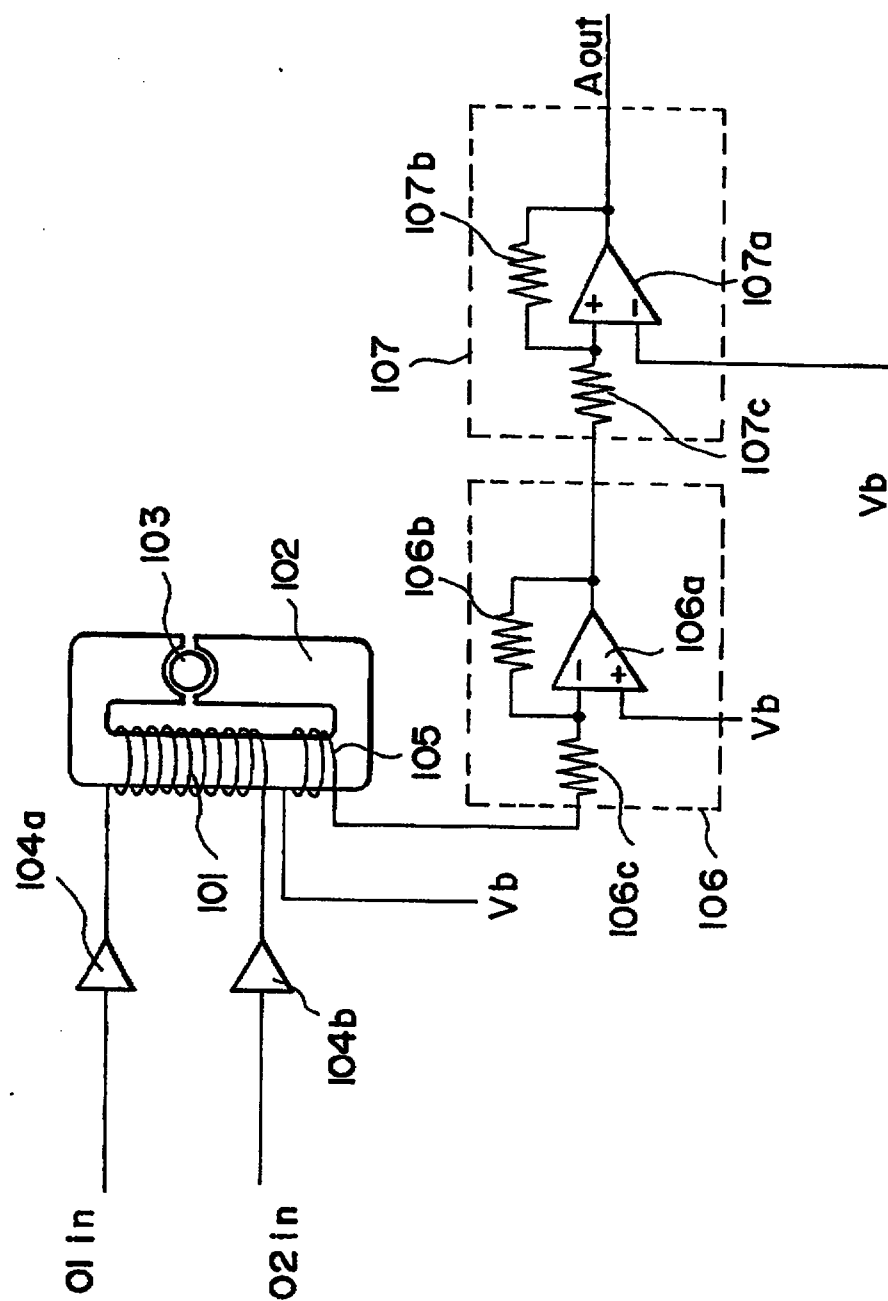
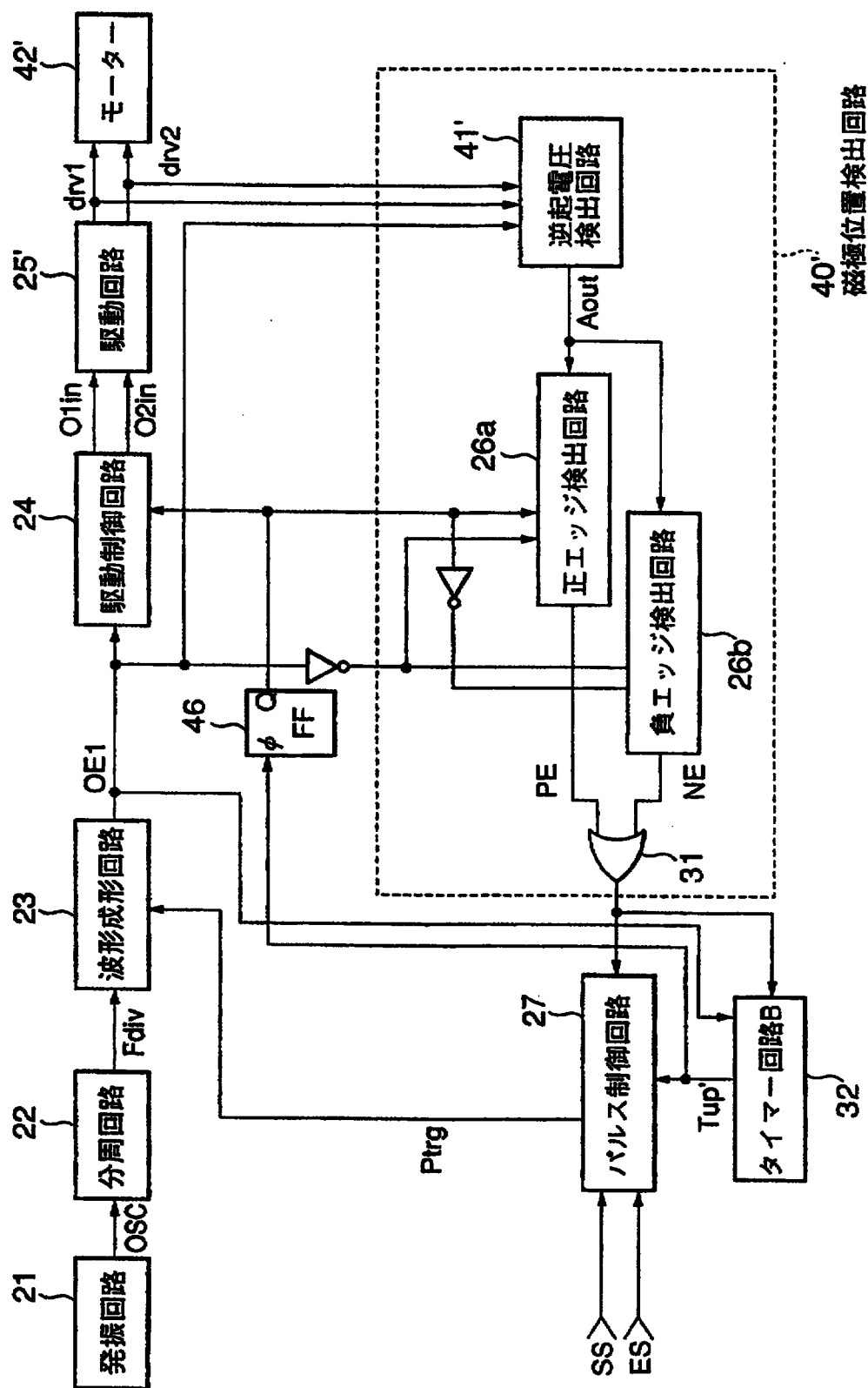
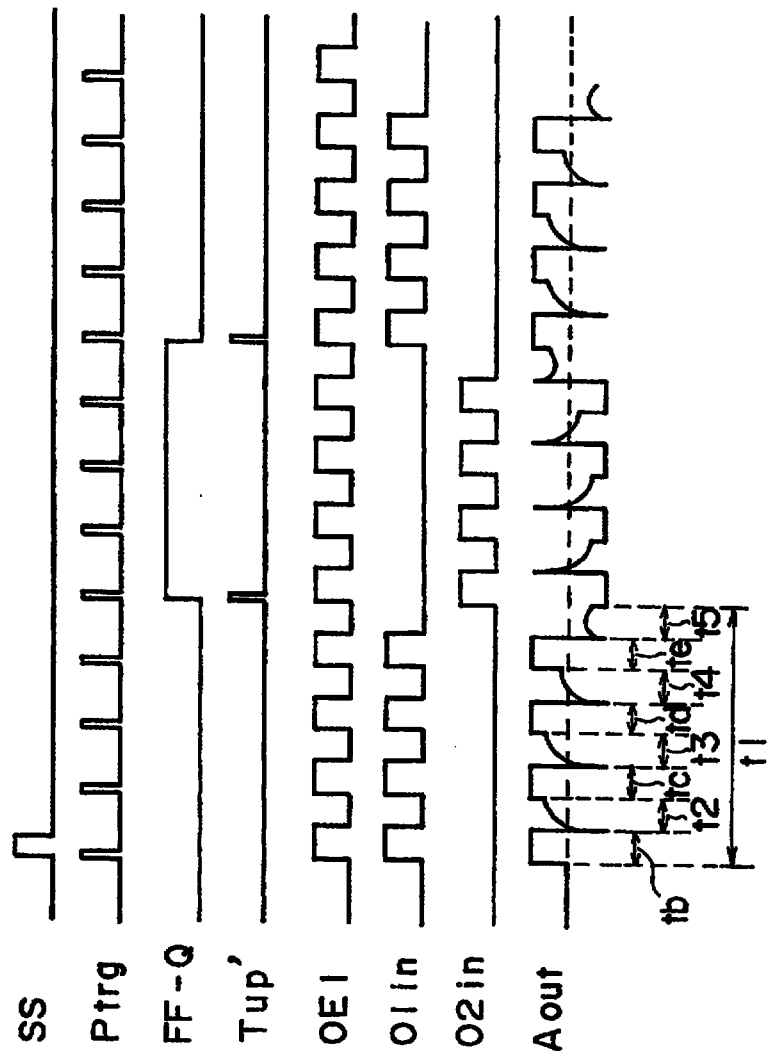


FIG. 18



15/31

FIG. 19



16/31

FIG. 20

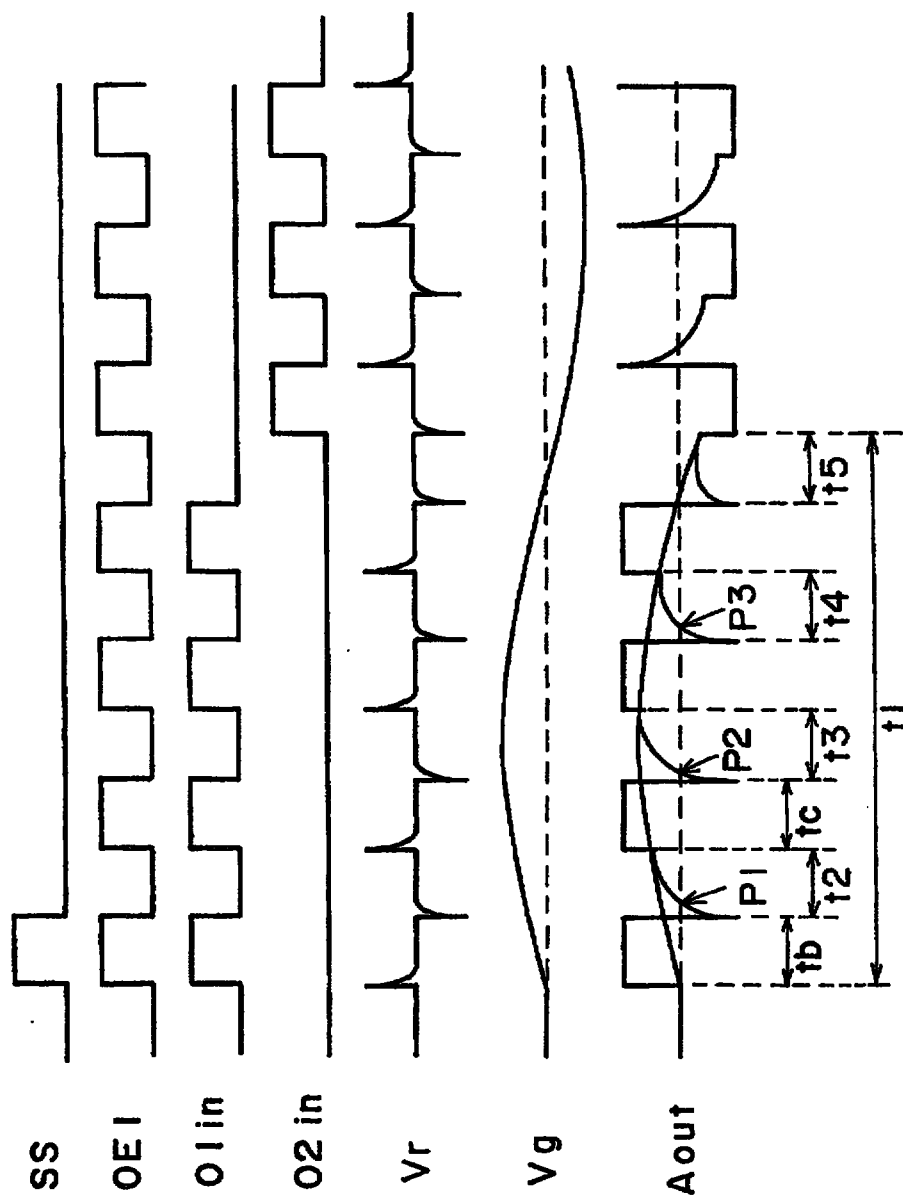


FIG. 21

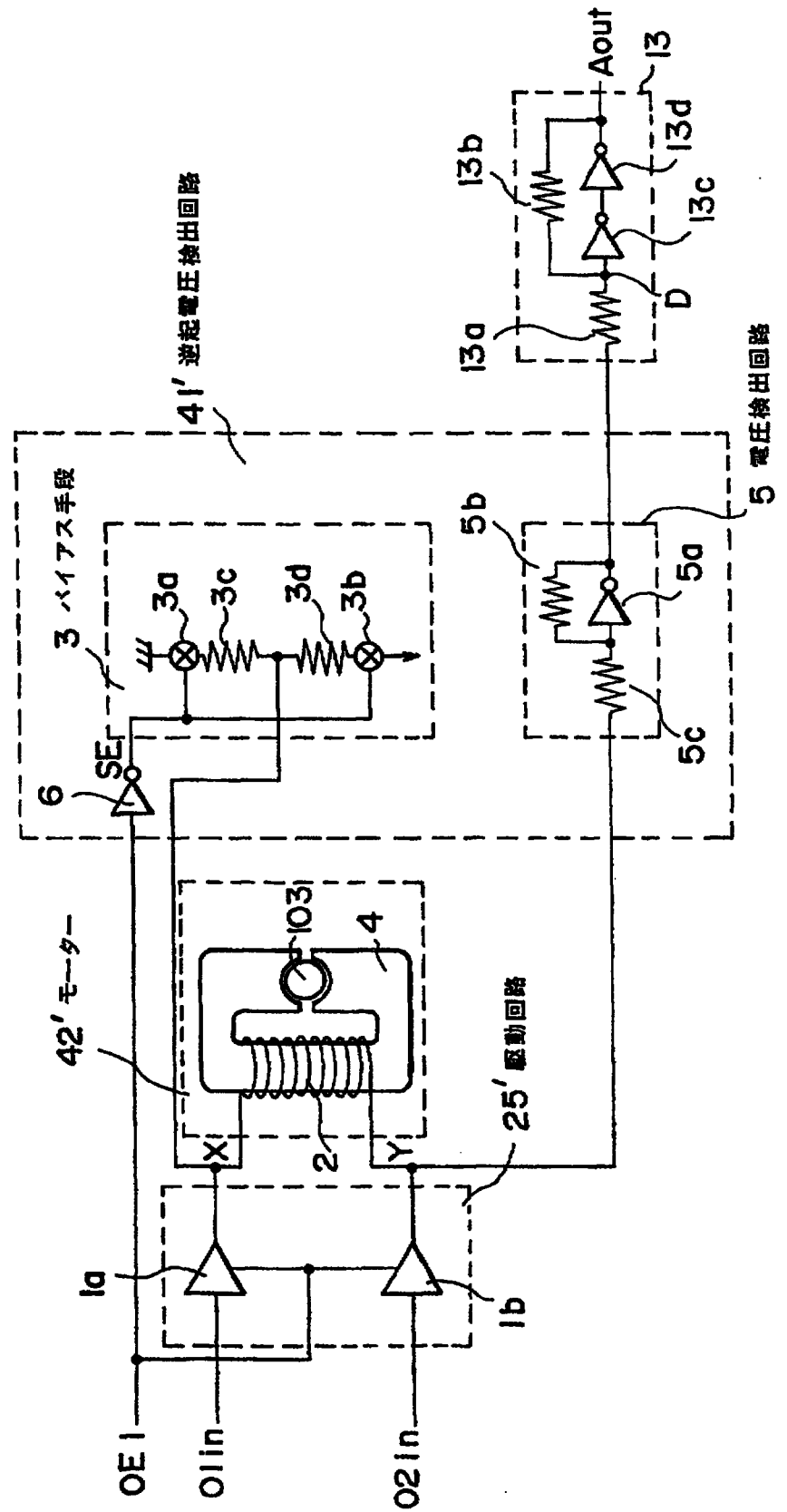


FIG. 22

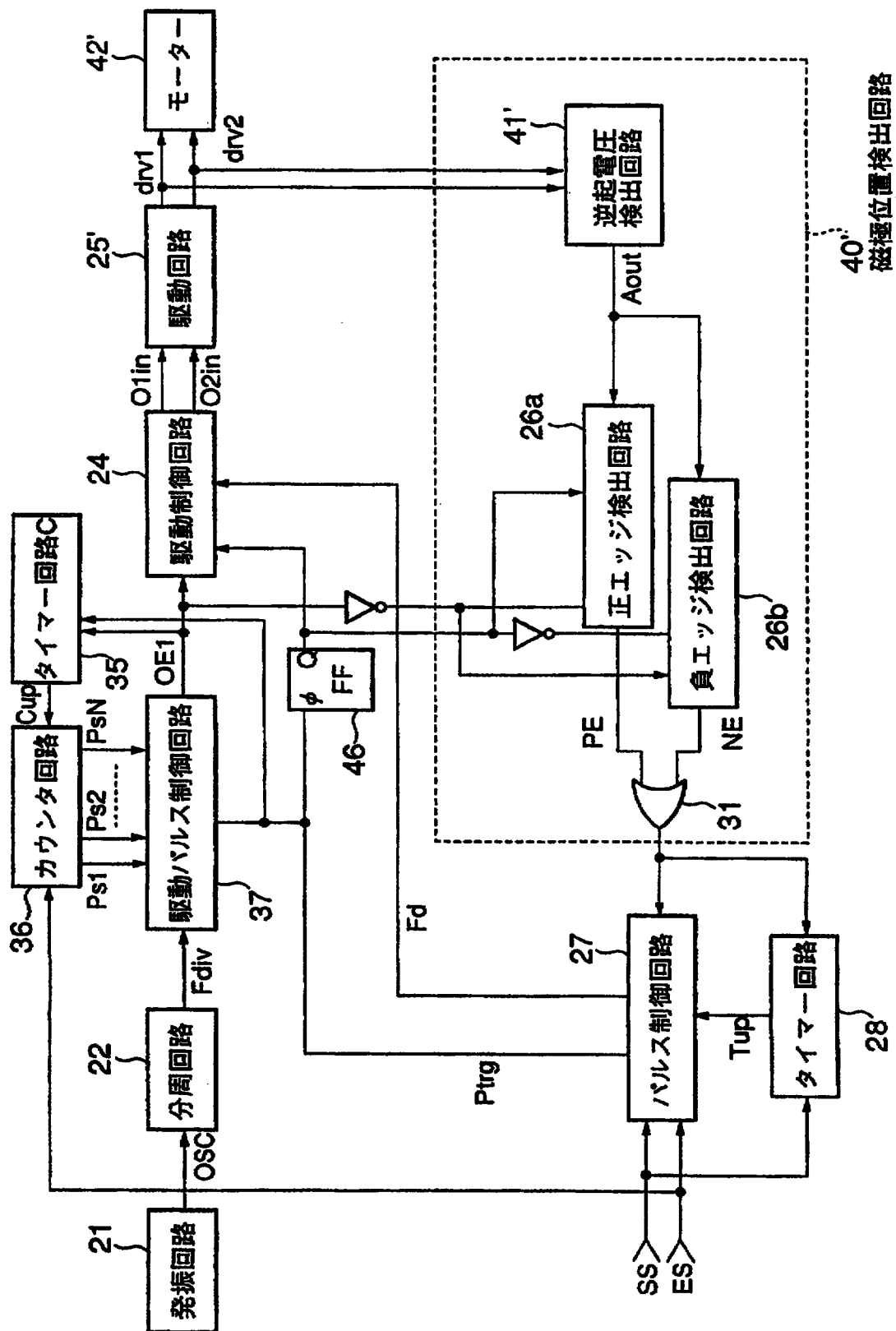


FIG. 23

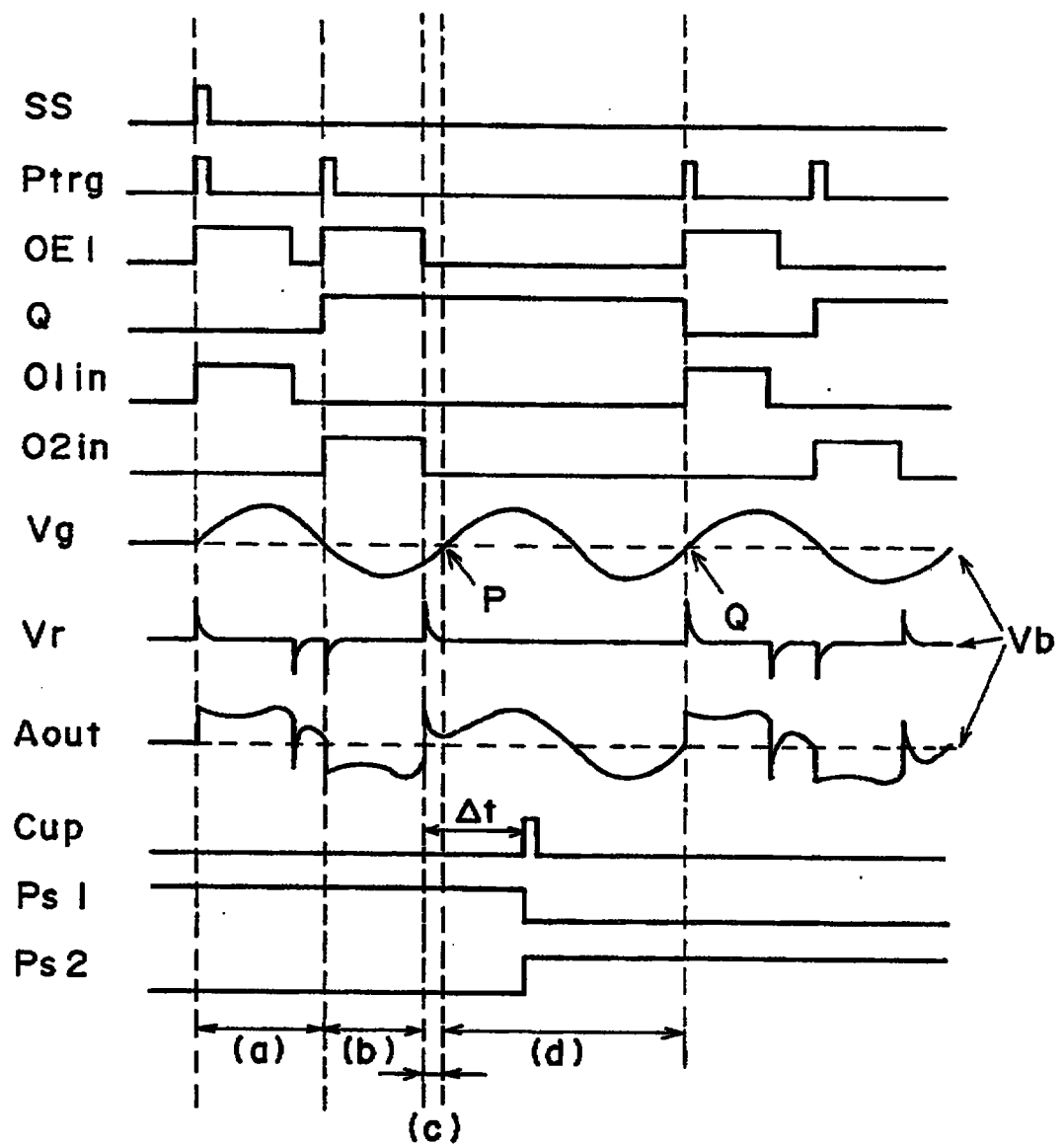


FIG. 24

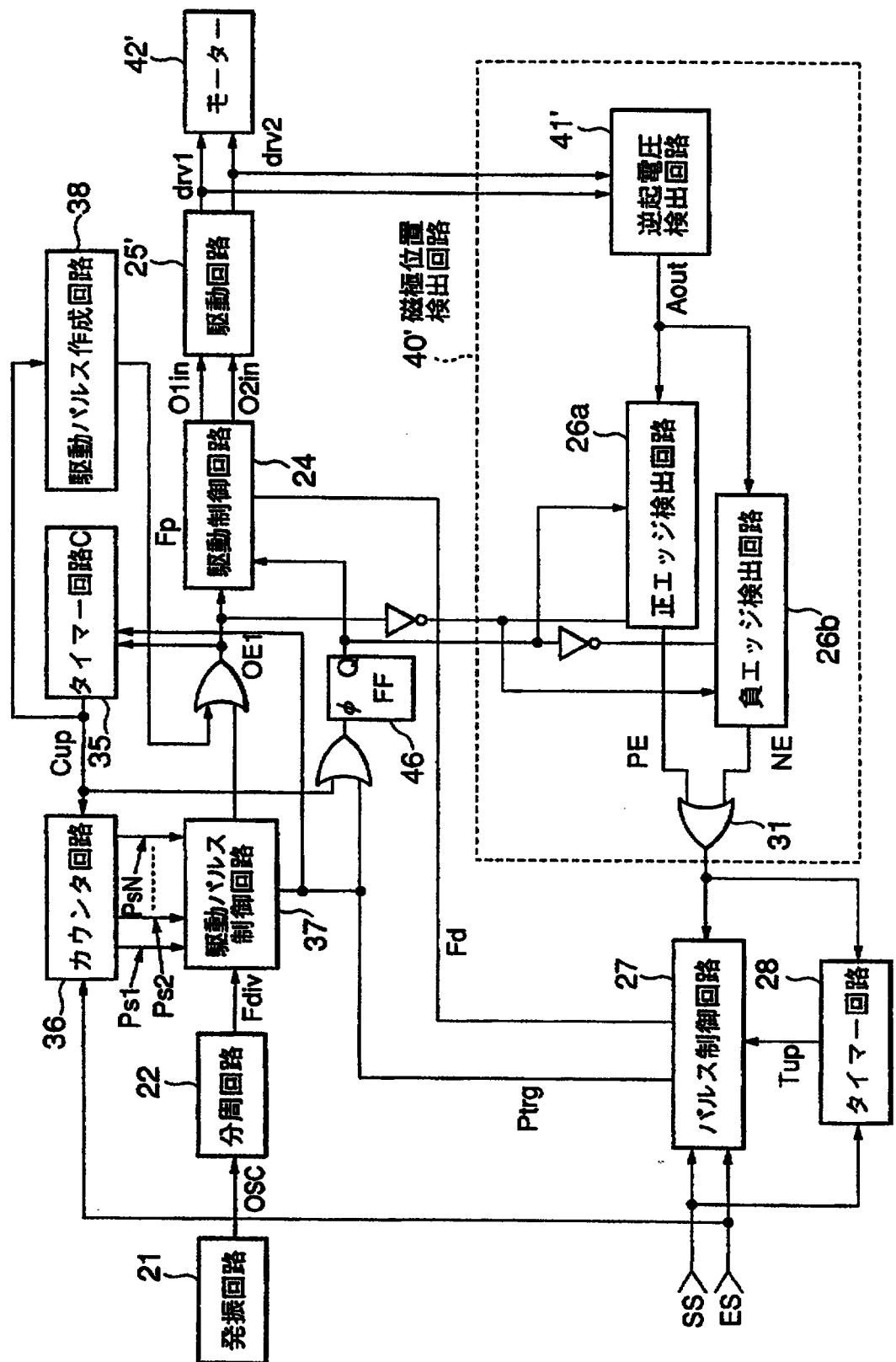


FIG. 25

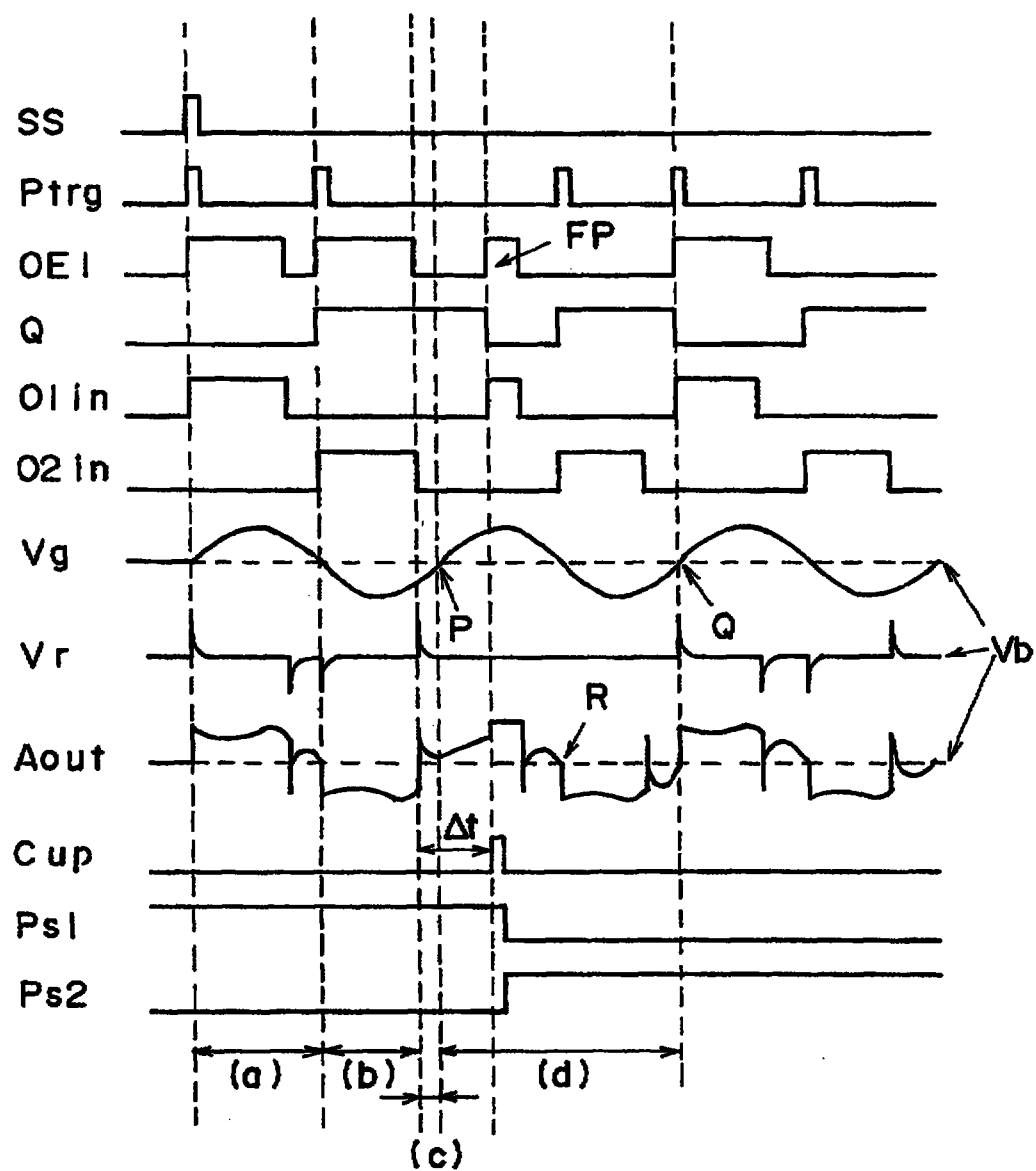


FIG. 26

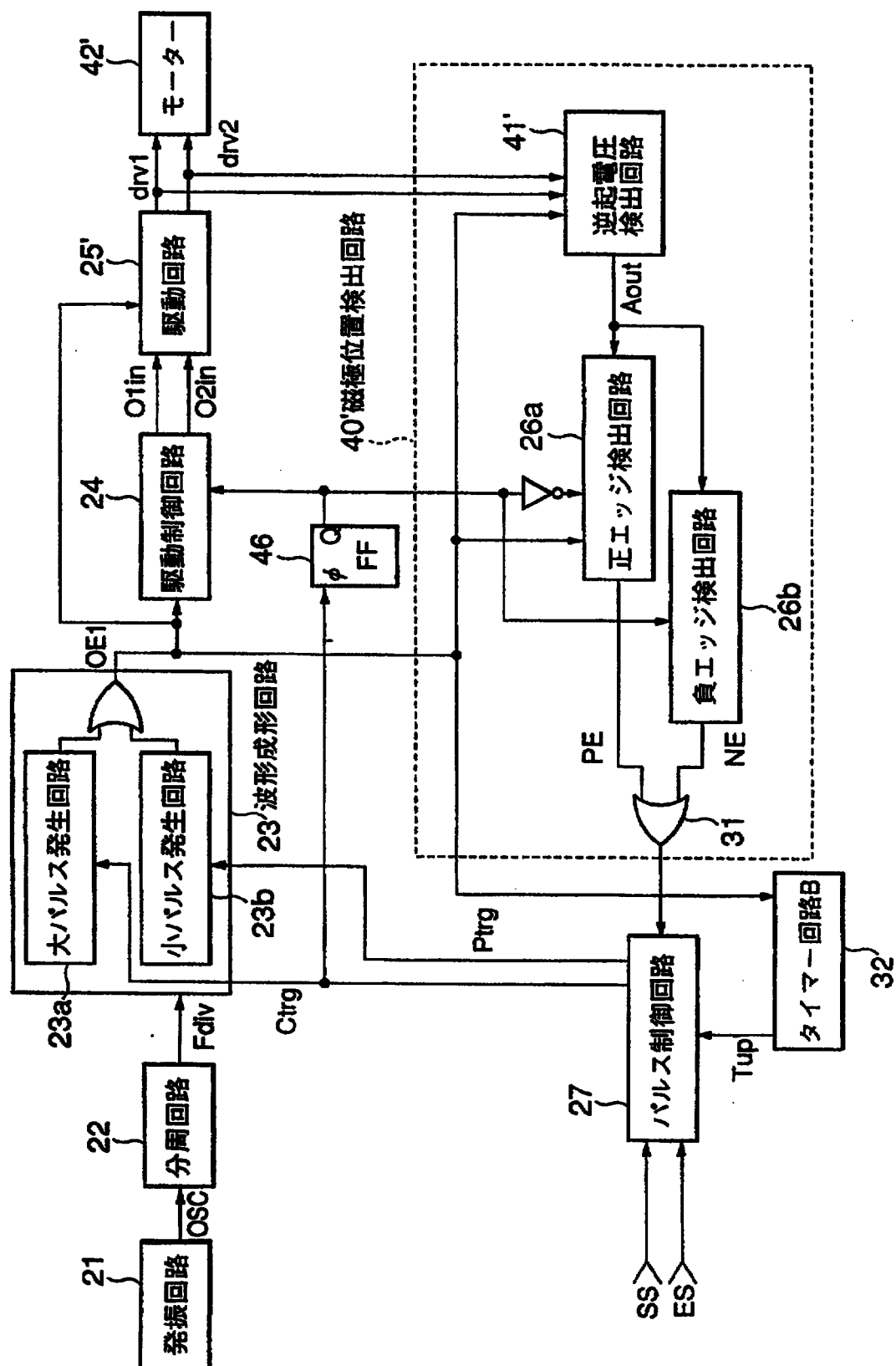


FIG. 27

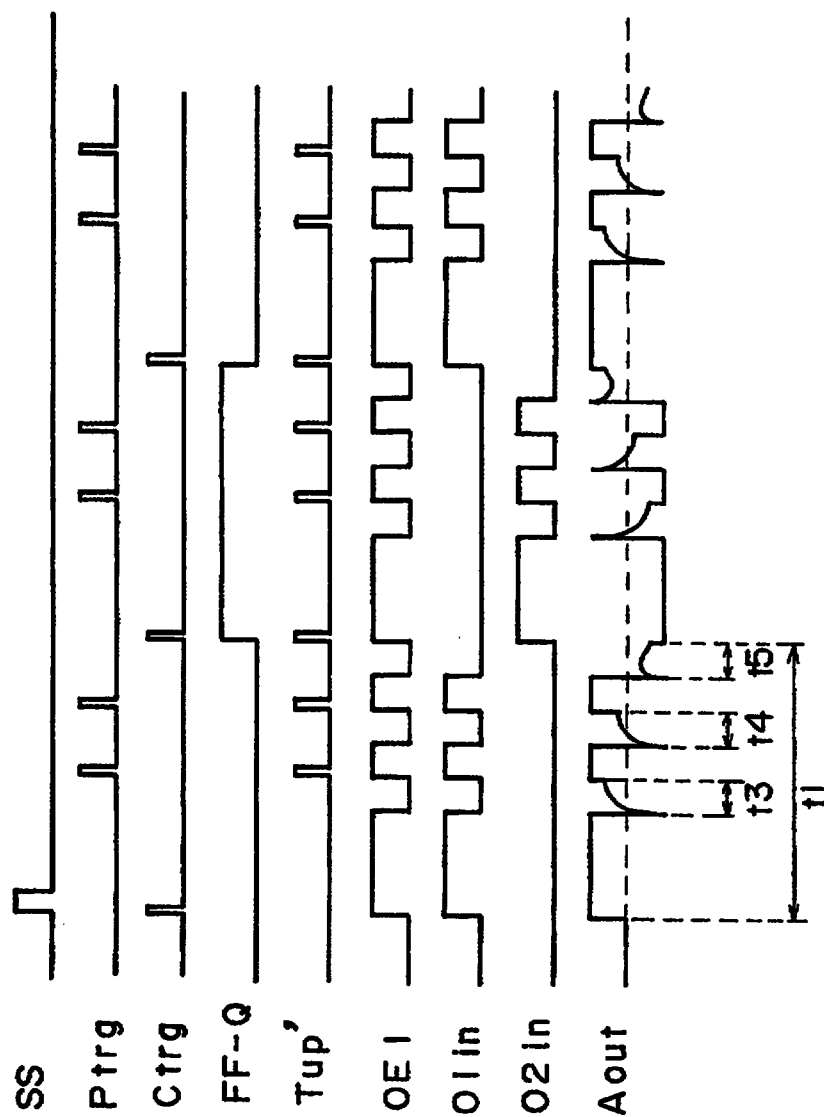
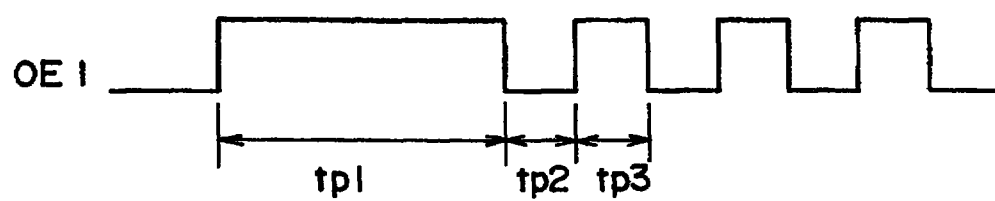


FIG. 28



25/31

FIG. 29

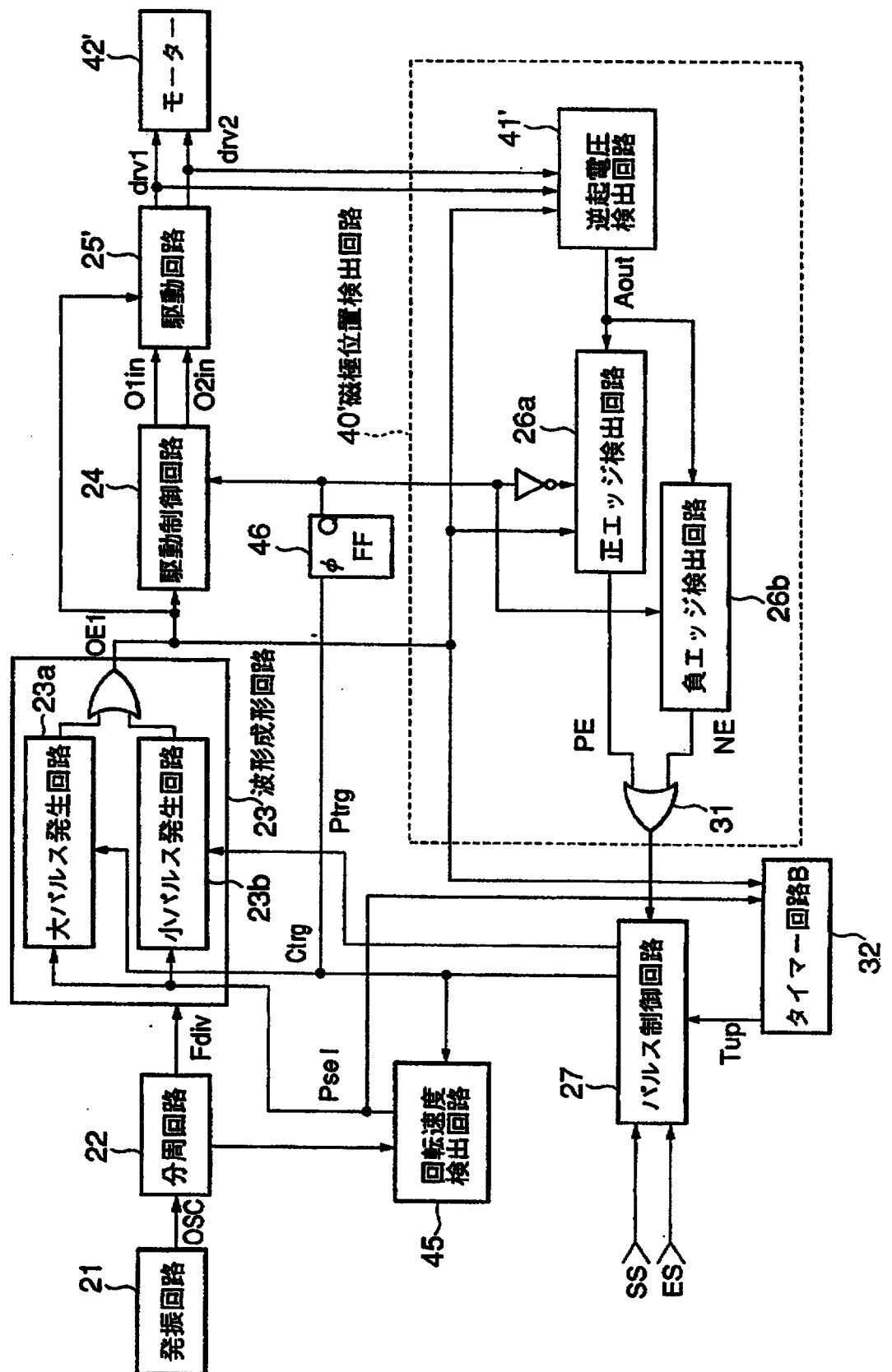
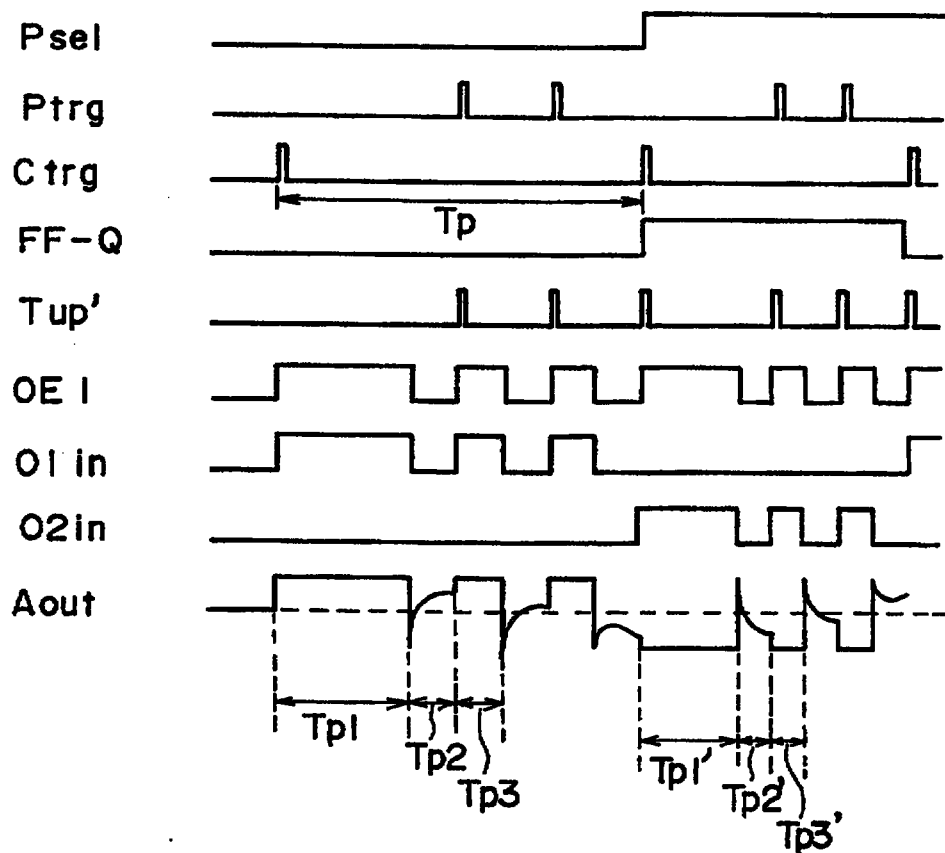
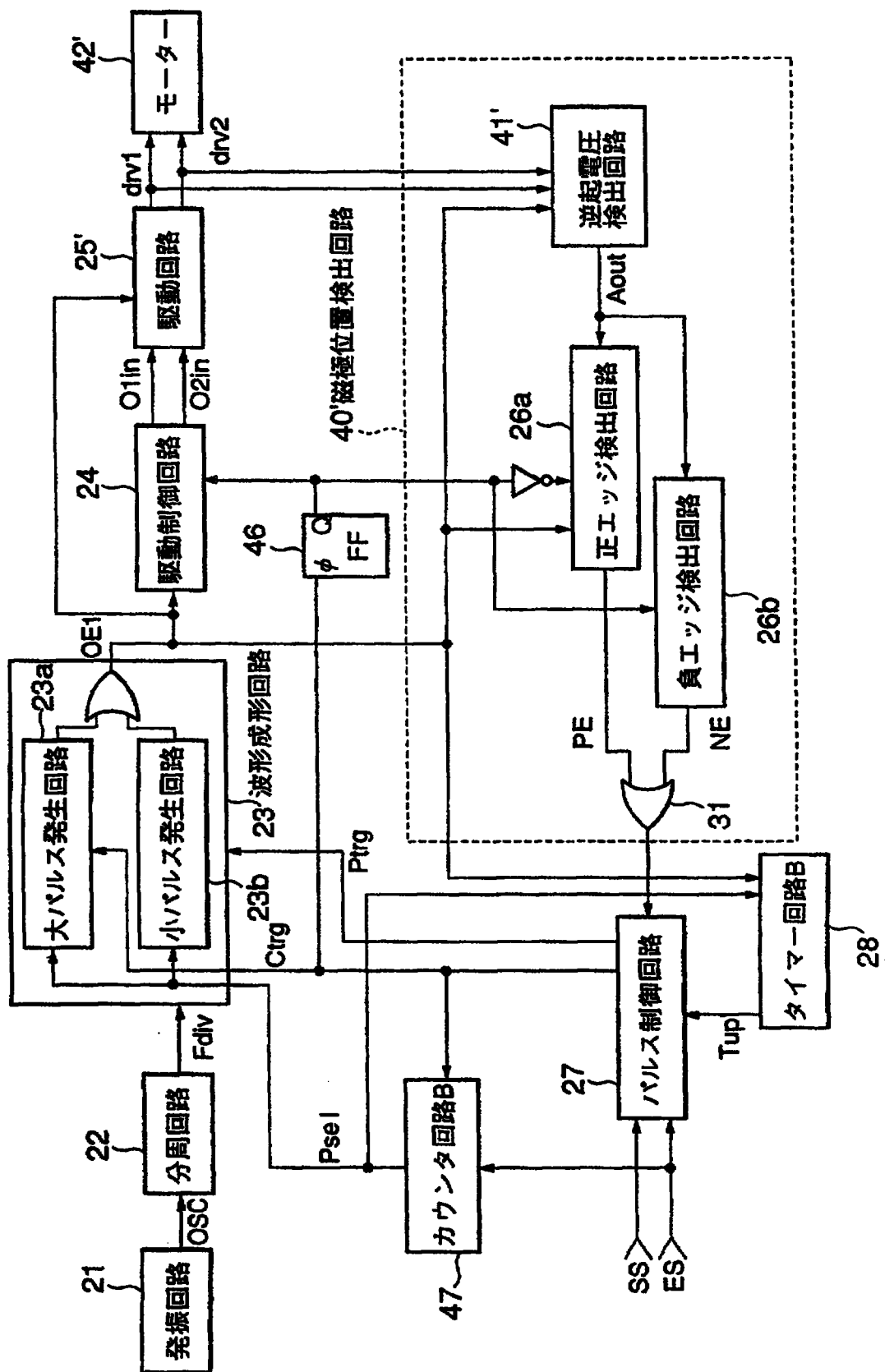


FIG. 30



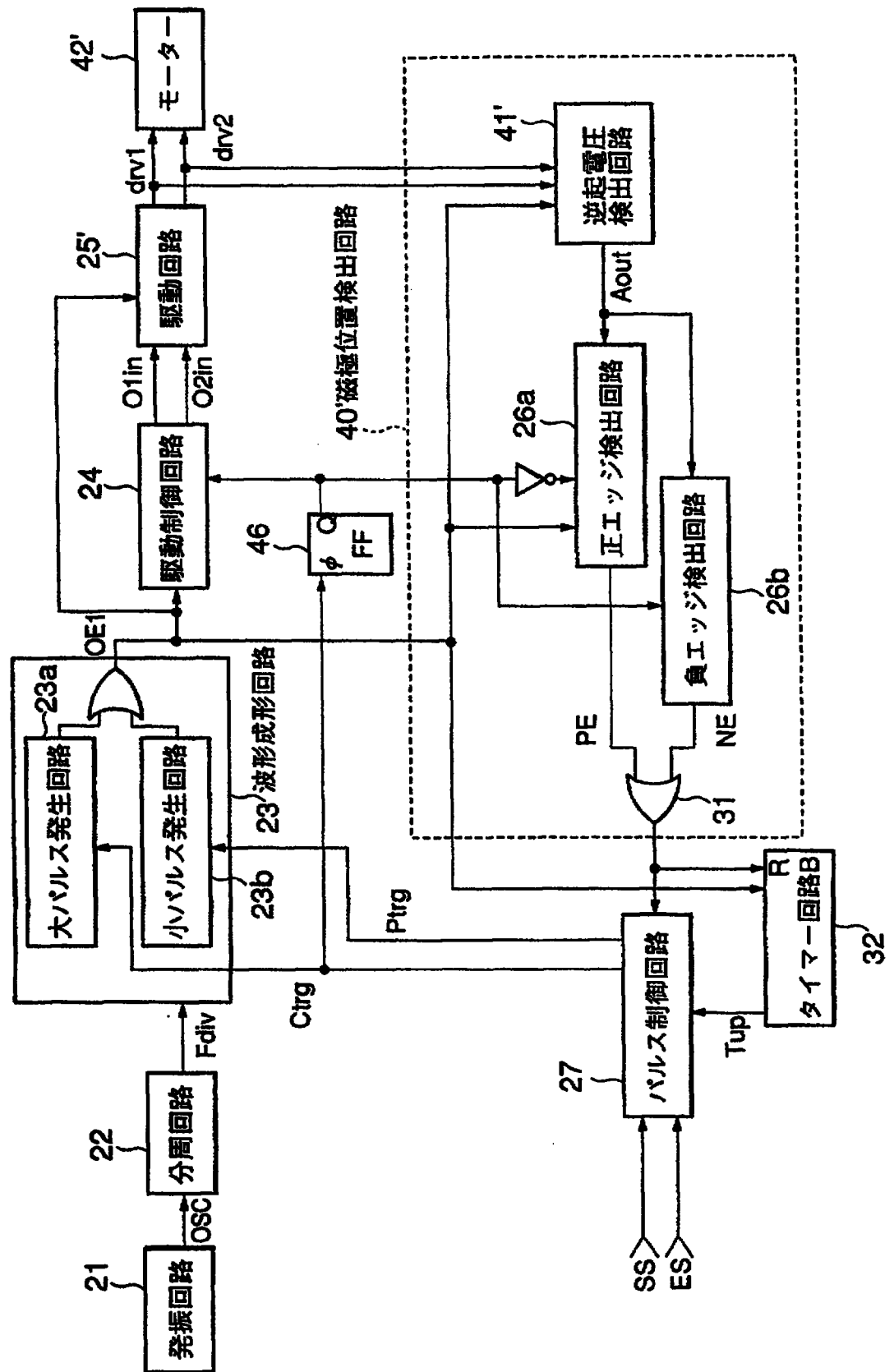
27/31

FIG. 31



28/31

FIG. 32



29/31

FIG. 33

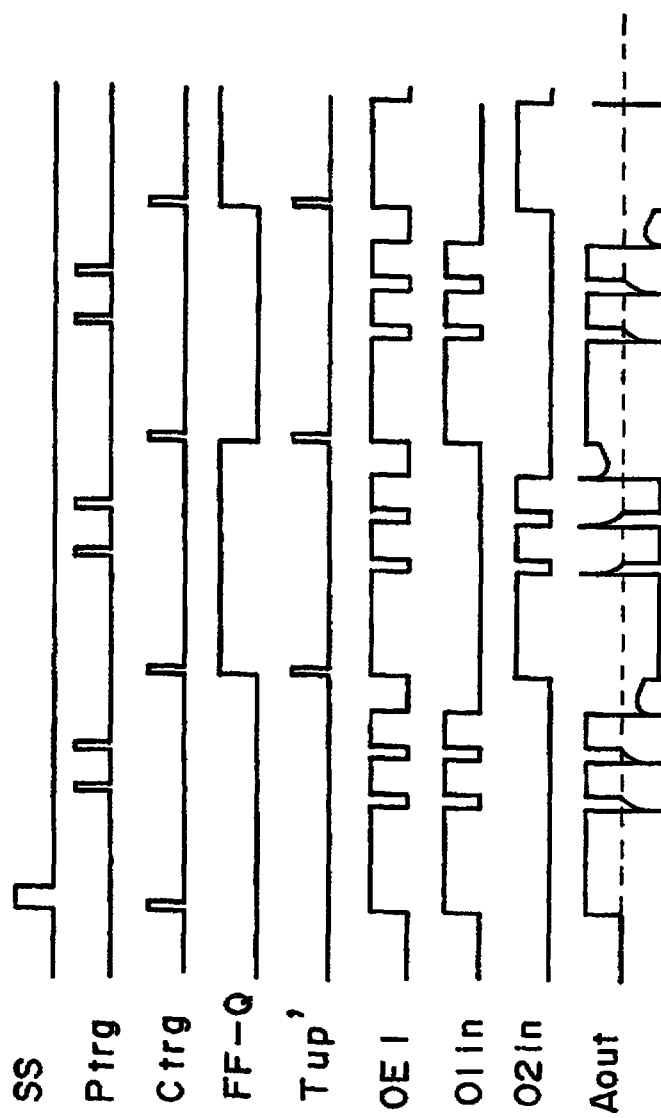
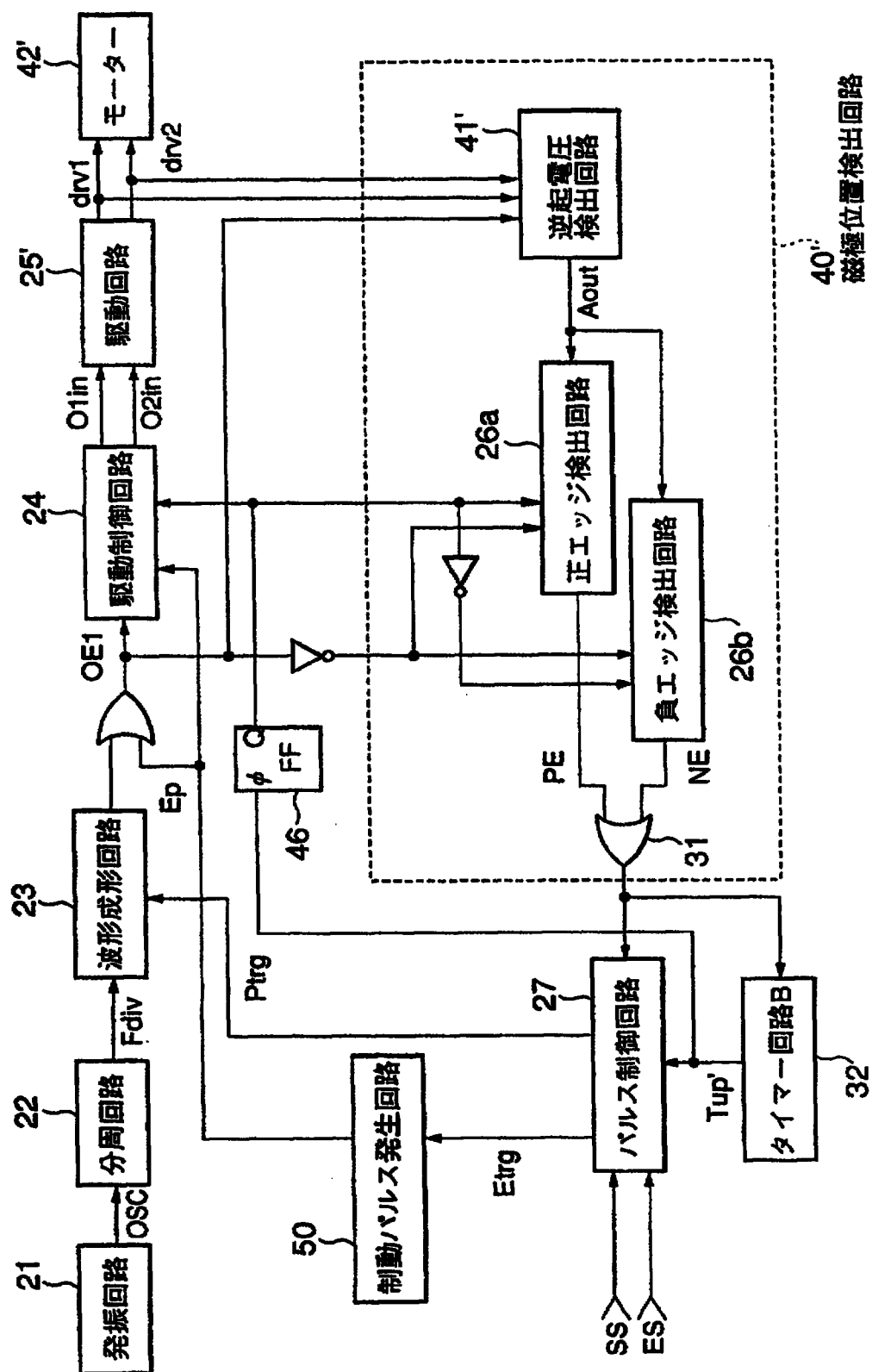
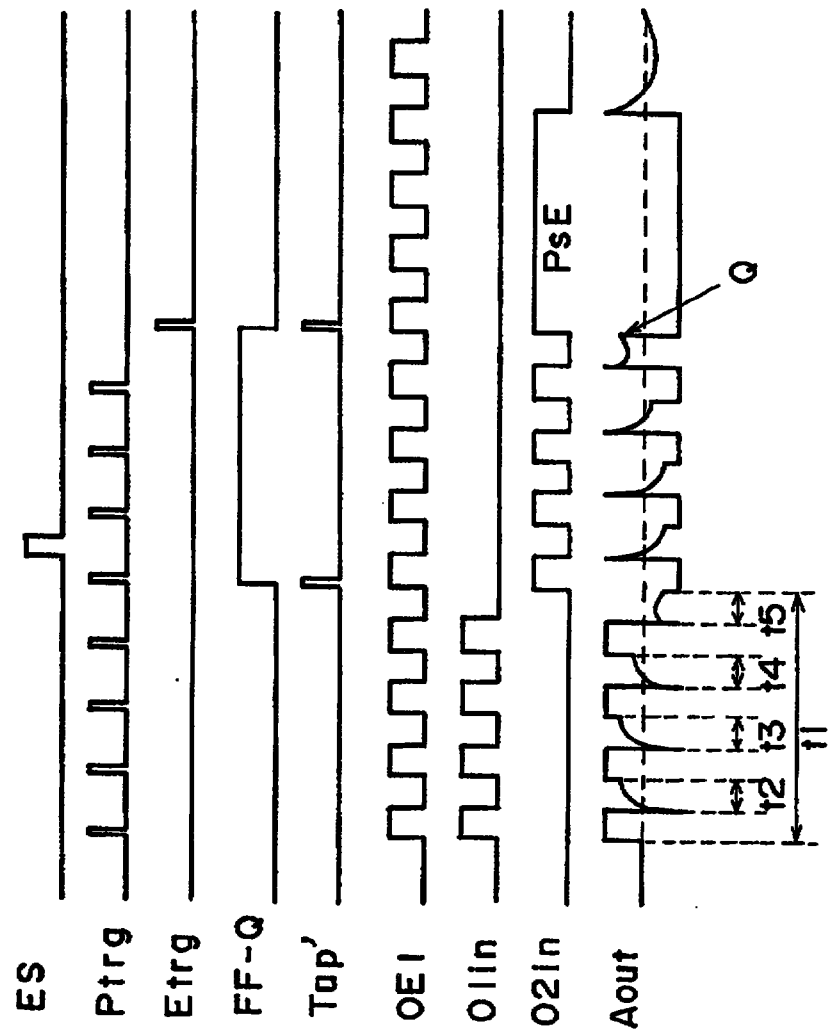


FIG. 34.



31/31

FIG. 35



S P E C I F I C A T I O N

MOTOR DRIVING APPARATUS

5 [Technical Field]

The present invention relates to a motor driving apparatus for enabling high-speed rotation under phase detection control.

10 [Background Art]

To rotate a motor at a high speed with a large torque is one of the most important factors in terms of an improvement in basic performance of the motor, and has been studied and developed for many years. For example, an electronic timepiece as one of products using motors has been advanced to have many functions in recent years. Timepieces having various functions such as stopwatch function, an alarm function, and a dual time function, in addition to normal time display have been developed and commercially available.

15 These multifunctional timepieces always perform the fast forwarding operation of pointing hands when the system is initialized in an initial state, e.g., in loading the battery, or when the mode is shifted or the hand position is zeroed in normal use. For this reason, high-speed rotation
20 of the motor is very important in terms of an improvement in
25

operability, and the like.

A large-torque motor is indispensable when a flat weight is attached to a motor to use a timepiece as a vibration alarm for informing the time using vibrations generated upon rotation of the motor, or when a disk is attached instead of a pointing hand to a timepiece motor to perform display other than display of the time.

When the motor is rotated at a high speed, even if output of a driving pulse is stopped, the motor may not immediately stop due to the inertia of the motor or parts (e.g., a reduction ring train and a pointing hand in the timepiece) connected to the motor. Normally, to obtain a predetermined number of rotation, a corresponding number of pulses are output. In this case, however, the number of output pulses is not equal to the number of rotation of the motor.

In, e.g., a timepiece pointing hand, this is a fatal defect and leads to a time display error and the like. In addition, the magnetic pole generated at the stator by a driving pulse output in driving the motor next may shift from the pole position of the rotor depending on the pole position of the rotor upon stopping the motor, and the motor may not normally rotate. Therefore, in a system for driving the motor at a high speed, and accurately controlling the rotation speed of the motor to a desired value, it is

important that the motor must be stopped at a predetermined position.

5 A conventional motor driving apparatus will be described below by exemplifying the stepping motor of an electronic timepiece.

Fig. 1 is a view of the arrangement of a motor driving apparatus constituted by a conventional bipolar stepping motor, and Figs. 2 to 7 are plan views, respectively, showing the positional relationship between the magnetic poles of a stator and a rotor. As a means for converting an electrical signal into a mechanical rotating motion, the bipolar stepping motor is constituted by a driving coil 101, a flat stator 102, and a rotor 103, as shown in Fig. 1. The flat stator 102 has a step 102a, as shown in Fig. 2.

15 Motor drivers 104a and 104b are arranged to cause a current to flow through the driving coil 101 by changing the potential across the two terminals of the driving coil 101, thereby exciting the flat stator 102. In the bipolar motor shown in Fig. 1, when no current flows through the driving coil 101, the pole position of the rotor 103 with respect to the flat stator 102 is at a statically stable point 110 shown in Fig. 2; when a current flows through the driving coil 101 to excite the flat stator 102, it is at an electromagnetically stable point 111 shown in Fig. 3.

25 Normally, in the electronic timepiece, a driving pulse

signal for changing the potential across the two terminals of the driving coil 101 is output from the motor driver 104a or 104b for 4 to 5 mS to cause a pulse current to flow through the driving coil 101, thereby rotating the rotor 103. When the rotor 103 rotates during the supply of the current to the driving coil 101, and comes to nearly a pole position shown in Fig. 4 with respect to the flat stator 102, the current flowing through the driving coil 101 stops. The rotor 103 rotates to a position in Fig. 5 due to the inertia, is subjected to damped vibration about the statically stable point 110, and finally stops.

After the rotor 103 becomes still, a driving pulse signal is output from, e.g., the motor driver 104a to cause a current to flow through the driving coil 101, thereby exciting the flat stator 102, as shown in Fig. 6. In this case, the rotor 103 rotates through 180° in a rotation direction A shown in Fig. 6. Further, after the rotor 103 becomes still, a driving pulse signal is output from the motor driver 104b on a side opposite to the side from which the previous driving pulse signal is output. Then, the rotor 103 rotates another 180° in the direction A in Fig. 6. If the rotor 103 is rotated by causing a current to flow through the driving coil 101 after the rotor 103 becomes still, it reliably rotates in the direction A shown in Fig. 6.

When the stepping motor is to be rotated at a high speed, the rotor 103 must be rotated at a high speed, as matter of course. At this time, the output interval between driving pulse signals output from the motor drivers 104a and 104b must be shortened.

If the output interval between driving pulse signals is shortened in order to rotate the rotor 103 at a higher speed, the next driving pulse signal must be output before damped vibration of the rotor 103 immediately after its rotation stop.

If the next driving pulse signal is output when the rotor 103 is at a position in Fig. 7 during damped vibration, i.e., the rotor 103 and the electromagnetically stable point 111 have a positional relationship shown in Fig. 7, the rotor 103 undesirably rotates in a direction opposite to the direction A shown in Fig. 6, i.e., opposite to the normal direction. Therefore, to stably rotate the rotor 103, the output interval between driving pulse signals must be set to a time or more required to stabilize damped vibration of the rotor 103 upon rotation within a range not to exceed the electromagnetically stable point 111.

Even the minimum total time of the pulse width of the driving pulse signal and the damped-vibration stabilization time of, i.e., the minimum output period of the driving pulse signal is around 10 mS. This indicates that the

output frequency of the driving pulse signal is limited to about 100 Hz in the current driving scheme.

This problem, however, has been solved by the scheme disclosed in Japanese Patent Application No. 6-304440 filed by the present applicant.

Fig. 8 is a circuit diagram showing an example of a driving circuit in a conventional motor driving apparatus, and Fig. 9 is a waveform chart showing the operation of the driving circuit in Fig. 8.

In Fig. 8, reference numeral 25' denotes a driving circuit, which is constituted by motor drivers 1a and 1b. Reference numeral 2 denotes a driving coil; and 41', a counter electromotive voltage detection circuit, which has a bias means 3 and a voltage detection circuit 5. The bias means 3 is constituted by switch means 3a and 3b, and bias resistors 3c and 3d having the same resistance value. Reference numeral 4 denotes a flat stator. The voltage detection circuit 5 is constituted by an inverter 5a, a feedback resistor 5b, and an input resistor 5c. Reference numeral 6 denotes an inverter; 103, a rotor; and 42', a motor constituted by the driving coil 2, the flat stator 4, and the rotor 103.

When a signal OE1 is at "H" level, the motor drivers 1a and 1b buffer-output input signals O1in and O2in, respectively; when the signal OE1 is at "L" level, their outputs

are set in a high-impedance state. The switch means 3a and 3b are switches which are turned off when a signal SE output from the inverter 6 is at "L" level, and turned on when the signal SE is at "H" level.

5 The operation of the circuit in Fig. 8 will be explained with reference to the waveform chart of Fig. 9.

During a period (a) in Fig. 9, since the signal OE1 is at "H" level, and an "H"-level driving pulse signal is output from the motor driver 1a, a current flows through the driving coil 2 to rotate the rotor 103. During this period, both the switch means 3a and 3b are in the OFF state because the signal SE is at "L" level. During a period (b) in Fig. 9, since the signal OE1 is at "L" level, outputs from the motor drivers 1a and 1b are in the high-impedance state, and the switch means 3a and 3b are turned on. The voltage at a terminal X as one terminal of the driving coil 2 is divided into a bias voltage Vb as a voltage 1/2 the power supply voltage.

15 A voltage waveform appearing at a terminal Y, as the other terminal of the driving coil 2, during the period (b) in Fig. 9 will be explained.

20 When outputs from the motor drivers 1a and 1b are in the high-impedance state, the switch means 3a and 3b are ON, and the voltage at the terminal X is set at the level of the bias voltage Vb by the bias resistors 3c and 3d, the voltage

25

value at the terminal Y becomes the bias voltage V_b , similar to the terminal X, as far as the rotor 103 does not rotate and the motor drivers 1a and 1b have no influence. However, immediately after a driving pulse signal is output during the period (a) in Fig. 9, a current flowing through the driving coil 2 is stopped to generate an induced voltage as V_r in Fig. 9. When a driving pulse signal is output to rotate the rotor 103, a counter electromotive voltage V_g is generated upon rotation of the rotor 103, as shown in Fig. 9. The synthesized waveform of these generated voltages appears at the terminal Y. The voltage waveform appearing at the terminal Y is amplified by the voltage detection circuit 5 to have a waveform indicated by A_{out} in Fig. 9.

In the waveform A_{out} during the period (b) in Fig. 9, the induced voltage generated from the driving coil 2 is dominant immediately after the driving pulse signal is output. With the lapse of time, the influence of the induced voltage decreases, while the counter electromotive voltage from the rotor 103 becomes dominant.

In Fig. 9, a timing (time P) when the waveform A_{out} crosses the bias voltage V_b from the positive direction to the negative direction becomes almost equal to a timing when the rotor 103 passes the described-above electromagnetically stable point. If a driving pulse signal is output at this

timing from the motor driver 1b on a side opposite to the side from which the previous driving pulse signal is output, the rotor 103 continuously rotates in the forward direction without reversely rotating because its pole position with respect to the flat stator 4 has already passed the electro-
magnetically stable point.

Fig. 10 shows another prior art in which a counter electromotive voltage generated from a motor is detected by a detection coil wound coaxially with a driving coil. The above-described stepping motor in Fig. 1 further comprises a voltage detection means constituted by a detection coil 105 wound coaxially with the driving coil 101, a differential amplifier 106a for detecting a counter electromotive voltage generated at the detection coil 105 upon rotation of the rotor 103, and a comparator 108 for comparing an output signal from the differential amplifier 106a with a reference voltage Vb, and outputting a signal Aout as the comparison result.

In Fig. 10, reference numeral 25 denotes a driving circuit constituted by motor drivers 104a and 104b; 41, a counter electromotive voltage detection circuit constituted by the detection coil 105 wound on a stator 102, the differential amplifier 106a, and the comparator 108; and 42, a motor constituted by the driving coil 101, the stator 102, and the rotor 103.

In this prior art, the pole position of the rotor 103 with respect to the flat stator 102 during rotation of the rotor 103 is detected by detecting the counter electromotive voltage generated upon rotation of the rotor 103 by using the voltage detection means through the detection coil 105, and the output timing of the driving pulse signal is controlled on the basis of an output from the comparator 108.

The motor having the arrangement of this prior art can be driven similarly to the scheme of detecting the counter electromotive voltage from the motor by using the above-described driving coil 2 in Fig. 8. Fig. 11 shows waveforms in this prior art. In this arrangement, since the DC component of a current flowing through the driving coil 101 is removed in outputting the driving pulse, a voltage waveform appearing on an output from the differential amplifier is the synthesized waveform of V_g and V_r .

In this prior art, the counter electromotive voltage is detected by the detection coil 105 wound coaxially with the driving coil 101. This scheme has already been filed by the present applicant as Japanese Unexamined Patent Publication No. 6-235777.

As described above, according to the driving scheme shown in Figs. 8 and 9, the output interval between driving pulse signals can be minimized. As a result, the motor can be rotated at a speed about 3 times higher than that of a

normal step driving scheme.

In this conventional synchronization driving scheme, the driving pulse conditions at the start of the motor are greatly different from those when the rotation speed is stabilized a predetermined time after the start. Therefore, several kinds of driving pulse signals to be supplied to the driving circuit are prepared in advance. A driving pulse signal having a large width is supplied to the driving circuit at the start of the motor, and the pulse width of the driving pulse signal to be supplied is decreased along with an increase in rotation speed.

However, in a system wherein a motor is attached with a heavy load, and particularly with an unbalanced load like a flat weight for a vibration motor, the driving pulse conditions greatly change depending on the posture of the motor. That is, an energy required at the start is greatly different between a case wherein the rotating shaft of the motor is perpendicular to the gravity, and the flat weight is located at such a position as to start rotation against the gravity, and a case wherein the flat weight is located at such a position as to start rotation in accordance with the gravity. As a result, the width condition of the driving pulse output from the driving circuit changes.

When the motor is driven by the conventional driving scheme, it cannot smoothly start because the pulse width at

the start is fixed under predetermined conditions. That is, when the flat weight starts rotation against the gravity, the pulse width may not be long enough to start the motor, and the motor may fail to rotate. When the flat weight starts rotation in accordance with the gravity, the pulse width is excessive, resulting in an increase in power consumption.

In the scheme of driving the motor in synchronism with the phase angle of the rotor, which is a feature of the conventional driving scheme, the next driving pulse signal must be output at the timing when the motor rotates to reach an opposite phase. If a pulse having an excessive width is output, the same driving pulse is kept output even after the motor reaches the opposite phase. As a result, the motor is braked to greatly lower the rotation efficiency.

In the scheme of gradually decreasing the pulse width of a driving pulse signal within a predetermined time after the start of the motor, when the load of the motor is heavy, or when the driving voltage is low, the pulse width is decreased before the rotation speed of the motor sufficiently increases. As a result, not only the acceleration performance of the motor may be lowered, but also the energy necessary for rotation may not be obtained to stop the motor in some cases.

When the pulse width of the driving pulse signal is not

sufficiently decreased with respect to the rotation speed, i.e., when a driving pulse signal having an excessive pulse width is output, the signal Aout output from the voltage detection circuit 5 in Fig. 8 becomes the one shown in Fig. 12. That is, the counter electromotive voltage generated from the motor shifts to the negative side with respect to the potential Vb before the influence of the induced voltage generated after outputting a driving pulse signal disappears. For this reason, no next driving pulse signal which is supposed to be output at the time Q is output. As a result, the motor stops, or even if it does not stop, the rotation speed does not increase.

[Disclosure of Invention]

It is an object of the present invention to solve the above problems, and attain reliable starting characteristics and stable rotation performance of a motor.

To solve the above problems, according to the present invention, as claim 1, there is provided a motor driving apparatus comprising a stepping motor constituted by a stator with at least two poles, a rotor having a permanent magnet with at least two poles, and a driving coil magnetically coupled to the stator, driving pulse generation means for outputting a driving pulse signal for driving the stepping motor, a driving circuit for supplying a driving

current to the driving coil on the basis of the signal from the driving pulse generation means, a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated upon rotation of the rotor, and pole position
5 detection means for detecting a pole position of the rotating rotor with respect to the rotor on the basis of a detection signal generated by the voltage detection circuit, the driving pulse generation means controlling an output timing of the driving pulse signal on the basis of the
10 detection signal from the pole position detection means, characterized in that the pole position detection means stops outputting the driving pulse signal on the basis of the detection signal from the voltage detection circuit which is detected during an output period of the driving
15 pulse signal, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the driving pulse signal.

As claim 2 in claim 1, it is characterized in that the pole position is detected by detecting the counter electromotive voltage generated at a detection coil coaxially
20 wound on the driving coil by using the pole position detection means.

As claim 3 in claim 2, it is characterized in that the pole position is detected on the basis of a result of comparison between the counter electromotive voltage
25 detected by the pole position detection means and a pre-

determined potential.

As claim 4 in claim 3, it is characterized in that the predetermined potential for detecting the pole position includes a plurality of set potentials.

5 As claim 5 in claim 1, it is characterized in that the voltage detection circuit is constituted by bias means for biasing a potential level at one terminal of the driving coil to an intermediate potential of a power supply voltage, and a voltage detection circuit for detecting a counter
10 electromotive voltage generated at the other terminal of the driving coil, the driving pulse generation means outputs a driving pulse signal constituted by an intermittent pulse group having a plurality of idle periods, and the pole position detection means stops the driving pulse signal on
15 the basis of a result of comparison between the detection signal from the voltage detection circuit which is detected during the plurality of idle periods, and the intermediate potential, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the stopped driving pulse.

20 As claim 6 in claim 5, it is characterized in that the pole position is detected on the basis of crossing of the counter electromotive voltage detected by the pole position detection means over a predetermined potential.

As claim 7 in claim 6, it is characterized in that the
25 predetermined potential for detecting the pole position

includes a plurality of set potentials.

As claim 8 in claim 5, it is characterized in that the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group is constituted by a plurality of pulse groups having different pulse widths.

As claim 9 in claim 8, it is characterized in that the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group is constituted by a first pulse having a large pulse width, and a second pulse group having a pulse width smaller than that of the first pulse.

As claim 10 in claim 9, it is characterized in that the pulse width of the first pulse changes in accordance with a rotation speed of the rotor.

As claim 11 in claim 9, it is characterized in that the pulse width of the first pulse changes in accordance with the output number of driving pulses upon start of the rotor.

As claim 12 in claim 9, it is characterized in that the pulse width of the second pulse changes in accordance with a rotation speed of the rotor.

As claim 13 in claim 9, it is characterized in that the pulse width of the second pulse changes in accordance with the output number of driving pulses upon start of the rotor.

As claim 14 in claim 10, it is characterized in that the first pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in rotation speed of the rotor.

As claim 15 in claim 11, it is characterized in that the first pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in number of output driving pulses upon the start of the rotor.

5 As claim 16 in claim 12, it is characterized in that the second pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in rotation speed of the rotor.

10 As claim 17 in claim 13, it is characterized in that the second pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in number of output driving pulses upon the start of the rotor.

15 As claim 18 in claim 5, it is characterized in that the idle period widths of the plurality of idle periods of the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group change in accordance with a rotation speed of the rotor.

20 As claim 19 in claim 5, it is characterized in that the idle period widths of the plurality of idle periods of the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group change in accordance with the number of output pulses upon start of the rotor.

As claim 20 in claim 18, it is characterized in that the idle period widths change to decrease the widths along with an increase in rotation speed of the rotor.

25 As claim 21 in claim 19, it is characterized in that

the idle period widths change to decrease the widths along with an increase in number of output driving pulses upon the start of the rotor.

As claim 22 in claim 1, it is characterized in that the motor driving apparatus comprises a timer circuit for measuring a predetermined time after the driving pulse generation means outputs a starting pulse, and then generating a timer signal, and when no detection signal is generated by the pole position detection means the predetermined time after output of the starting pulse is started, the driving pulse generation means stops outputting the starting pulse in accordance with a timer signal output from the timer circuit, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the starting pulse.

As claim 23, there is provided a motor driving apparatus comprising a stepping motor constituted by a stator with at least two poles, a rotor having a permanent magnet with at least two poles, and a driving coil magnetically coupled to the stator, driving pulse generation means for outputting a driving pulse signal for driving the stepping motor, a driving circuit for supplying a driving current to the driving coil on the basis of the signal from the driving pulse generation means, a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated upon rotation of the rotor, and pole position detection means for

detecting a pole position of the rotating rotor with respect to the rotor on the basis of a detection signal generated by the voltage detection circuit, the driving pulse generation means controlling an output timing of the driving pulse signal on the basis of the detection signal from the pole position detection means, characterized in that the motor driving apparatus further comprises a timer circuit for generating a timer signal a predetermined time after the driving pulse generation means outputs the driving pulse signal, and when no detection signal is generated by the pole position detection means the predetermined time after output of the driving pulse signal is started, the driving pulse generation means sets a pulse width of a driving pulse signal to be output next to smaller than that of the previously output driving pulse signal.

As claim 24 in claim 23, it is characterized in that, when no detection signal is generated from the pole position detection means the predetermined time after output of the driving pulse signal is started, the driving pulse generation means outputs a compensation pulse signal having a polarity opposite to that of the driving pulse signal.

As claim 25 in claim 24, it is characterized in that the compensation pulse signal has a pulse width smaller than that of the driving pulse signal.

As claim 26 in claim 1 or 23, it is characterized by

further comprising damping pulse generation means for outputting a damping pulse signal in order to stop rotating the stepping motor, the damping pulse generation means controlling an output timing of the damping pulse signal on the basis of the detection signal from the pole position detection means.

As claim 27 in claim 26, it is characterized in that the damping pulse signal is output in a direction in which the stator is excited to a polarity opposite to a magnetic pole of the rotor.

As claim 28 in claim 26, it is characterized in that the damping pulse signal is output with a pulse width larger than that of the driving pulse signal for driving the stepping motor.

[Brief Description of Drawings]

Fig. 1 is a circuit diagram of the driving portion of a conventional motor driving apparatus, Fig. 2 is a plan view showing the statically stable point of a bipolar stepping motor in Fig. 1, Fig. 3 is a plan view showing the electromagnetically stable point of the bipolar stepping motor in Fig. 1, Fig. 4 is a plan view showing the pole position during rotation of the bipolar stepping motor in Fig. 1, Fig. 5 is a plan view showing the rotation direction of the bipolar stepping motor in Fig. 1, Fig. 6 is a plan

view showing the rotation direction of the bipolar stepping motor in Fig. 1, Fig. 7 is a plan view showing the rotation direction of the bipolar stepping motor in Fig. 1, Fig. 8 is a circuit diagram of a driving circuit in a motor driving apparatus of a prior art, Fig. 9 is a waveform chart showing the operation of the driving circuit in Fig. 8, Fig. 10 is a circuit diagram of a driving circuit in a motor driving apparatus of another prior art, Fig. 11 is a waveform chart showing the operation of the driving circuit in Fig. 10, Fig. 12 is a waveform chart showing the operation of the driving circuit in Fig. 8, Fig. 13 is a block diagram showing the first embodiment of a driving system in a motor driving apparatus of the present invention, Fig. 14 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 13, Fig. 15 is a waveform chart showing the states of respective portions of the circuit when the motor fails to rotate by the first pulse, Fig. 16 is a waveform chart showing the states of the respective portions of the circuit when the motor fails to rotate by the first pulse, Fig. 17 is a circuit diagram when a hysteresis comparator is applied to the driving circuit in Fig. 10, Fig. 18 is a block diagram showing the second embodiment of the driving system in the motor driving apparatus of the present invention, Fig. 19 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 18, Fig. 20 is a waveform chart

showing the operation of the driving system in Fig. 18, Fig. 21 is a circuit diagram when a hysteresis comparator is applied to the driving circuit in Fig. 8, Fig. 22 is a block diagram showing the third embodiment of the driving system in the motor driving apparatus of the present invention, Fig. 23 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 22, Fig. 24 is a block diagram showing another arrangement of the third embodiment shown in Fig. 22, Fig. 25 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 24, Fig. 26 is a block diagram showing the fourth embodiment of the driving system in the motor driving apparatus of the present invention, Fig. 27 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 26, Fig. 28 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 26, Fig. 29 is a block diagram showing the fifth embodiment of the driving system in the motor driving apparatus of the present invention, Fig. 30 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 29, Fig. 31 is a block diagram showing the sixth embodiment of the driving system in the motor driving apparatus of the present invention, Fig. 32 is a block diagram showing the arrangement of the seventh embodiment of the driving system in the motor driving apparatus of the present invention, Fig. 33 is a waveform chart showing the operation of the driving system in

Fig. 32, Fig. 34 is a block diagram showing the eighth embodiment of the driving system in the motor driving apparatus of the present invention, and Fig. 35 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 34.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

The first embodiment of the present invention will be described below with reference to the accompanying drawings.

Fig. 13 is a block diagram showing the first embodiment of a driving system in a motor driving apparatus of the present invention, and Fig. 14 is a waveform chart showing the operation of the driving system in Fig. 13.

In Fig. 13, reference numeral 21 denotes an oscillation circuit for oscillating a reference frequency signal OSC; 22, a frequency division circuit for outputting a signal Fdiv obtained by dividing the reference frequency OSC; 23, a waveform shaping circuit for shaping a signal OE serving as a base signal for a driving pulse signal for driving a motor 42; 24, a driving control circuit for outputting a signal Olin or O2in as the driving pulse signal on the basis of signals OE and Fd; 25, a driving circuit for outputting a signal drv1 or drv2 for driving the motor 42 on the basis of the signals Olin and O2in; 26a, a positive-edge detection circuit for outputting a positive-edge detection signal PE

when a signal Aout detected by a counter electromotive voltage detection circuit 41 crosses a reference potential Vb in the positive direction (from the negative direction to the positive direction); 26b, a negative-edge detection circuit for outputting a negative-edge detection signal NE when the signal Aout detected by the counter electromotive voltage detection circuit 41 crosses the reference potential Vb in the negative direction (from the positive direction to the negative direction); 31, an OR circuit for outputting an OR between the positive- and negative-edge detection signals PE and NE; and 28, a timer circuit for measuring a predetermined time after the rise of the driving pulse signal. Reference numeral 27 denotes a pulse control circuit, which outputs the signal Fd for controlling the operation/non-operation of the driving control circuit 24, and a signal Ptrg for controlling the output timing of the signal OE output from the waveform shaping circuit 23. The driving circuit 25, the counter electromotive voltage detection circuit 41, and the motor 42 have the arrangements in Fig. 10 described in the prior art. Reference numeral 40 denotes a pole position detection circuit constituted by the positive-edge detection circuit 26a, the negative-edge detection circuit 26b, the OR circuit 31, and the counter electromotive voltage detection circuit 41.

The operation will be described below with reference to

Fig. 14.

When this circuit system of the motor driving apparatus is inoperative, i.e., when the rotor 103 shown in Fig. 10 does not rotate, the signal Fd output from the pulse control circuit 27 is at "H" level. In this state, since both the outputs Olin and O2in from the driving control circuit 24 to the driving circuit 25 are at "L" level, both outputs from the motor drivers 104a and 104b are at "L" level.

In rotating the rotor 103, when a starting signal SS is externally input to the pulse control circuit 27, the signal Fd output from the pulse control circuit 27 changes to "L" level. Upon reception of the signal SS, the timer circuit 28 starts a timer operation. When the signal Fd changes to "L" level, and the signal OE changes to "H", the driving control circuit 24 outputs an "H" signal Olin for an "L"-level signal OE, or outputs an "H" signal O2in for an "H"-level signal OE. In Fig. 14, the signal Olin is at "H" because the signal OE immediately after the signal SS is output is at "L".

The operations of the positive- and negative-edge detection circuits 26a and 26b will be described. The positive-edge detection circuit 26a becomes active when the signal OE is at "H" level, and outputs the positive-edge detection signal PE when the signal Aout crosses the bias voltage Vb in the positive direction. The negative-edge

detection circuit 26b becomes active when the signal OE is at "L" level, and outputs the negative-edge detection signal NE when the signal Aout crosses the bias voltage Vb in the negative direction while the signal OE is at "L" level.

5 During a period t1 in Fig. 14, the negative-edge detection circuit 26b is operative because the signal OE is at "L". If the output signal Olin from the driving control circuit 24 is kept at "H", the signal Aout as a signal from the driving circuit 25 has a waveform during the period t1
10 in Fig. 14.

 During the period t1, when the signal Aout crosses the potential of the bias voltage Vb from the positive direction to the negative direction, the negative-edge detection circuit 26b outputs the negative-edge detection signal NE.
15 Upon reception of the negative-edge detection signal NE through the OR circuit 31, the pulse control circuit 27 outputs the signal Ptrg. When the timer circuit 28 similarly receives the negative-edge detection signal NE through the OR circuit 31, it resets its timer operation and stops.

20 The waveform shaping circuit 23 changes the signal OE to "H" level during a period t2 in Fig. 14 in synchronism with the rise of the signal Ptrg. The driving control circuit 24 changes the signal O2in to "H" level while the signal OE is at "H".

25 During the period t2 in Fig. 14, the positive-edge

detection circuit 26a receives the signal Aout, and outputs the positive-edge detection signal PE when the level of the signal Aout crosses the bias voltage Vb from the negative direction to the positive direction. Upon reception of the positive-edge detection signal PE through the OR circuit 31, the pulse control circuit 27 outputs the signal Ptrg. The same operation is repeatedly executed to continuously rotate the rotor 103.

To stop rotating the rotor 103, a stop signal ES is externally input to the pulse control circuit 27. When the pulse control circuit 27 receives the positive- or negative-edge detection signal PE or NE immediately upon reception of the stop signal ES, it outputs the last Ptrg. In the example of Fig. 14, the pulse control circuit 27 receives the negative-edge detection signal NE, and outputs the signal Ptrg.

During a period t4 in Fig. 14, an "H"-level signal O2in is output to make the positive-edge detection circuit 26a active, and the positive-edge detection signal PE is output at a timing when the signal Aout crosses the bias voltage Vb from the negative direction to the positive direction. When the pulse control circuit 27 receives the positive-edge detection signal PE upon reception of the stop signal ES, it changes the signal Fd to "H" level, and fixes outputs from the motor drivers 104a and 104b to "L" level, completing the

operation of the circuit.

The above-described first embodiment assumes that the rotor 103 is adjusted to a rotation pole position by the first pulse at the start of outputting an "H"-level signal 0lin. In practical use, however, the phase of the driving pulse signal does not always coincide with the pole position of the rotor 103. Particularly when a load having a large inertia such as a vibration alarm is attached, the motor may be kept inertially rotated even after the rotation of the motor is stopped. In such a case, the final pole position is indefinite.

The above situation is taken into consideration, and how the system of the present invention operates when the motor fails to rotate by the first pulse will be described with reference to Figs. 13 and 15.

Fig. 15 is a waveform chart showing the states of the respective portions of the circuit when the motor fails to rotate by the first pulse.

When the motor fails to rotate by the first pulse, the signal Aout output from the driving circuit 25 is in a state shown in Fig. 15 or 16. That is, since the motor does not rotate, a counter electromotive voltage V_r generated upon normal rotation of the motor is rarely generated. As a result, the signal Aout depends on only a voltage induced at a detection coil upon outputting a driving pulse signal. In

this case, when the influence of the induced voltage disappears, the potential difference across the two terminals of the differential amplifier 106a shown in Fig. 10 should become basically 0. In practice, however, a certain potential difference is generated, so that the potential of the signal Aout is slightly higher or lower than the bias voltage Vb.

When the potential of the signal Aout after the influence of the induced voltage disappears is higher than Vb, the signal Aout does not cross the level Vb from the positive in the negative direction even if the driving pulse signal is continuously output. For this reason, no signal Ptrg serving as the output timing of the next driving pulse signal is generated. In this system, when the signal SS is input, a starting driving pulse signal is output, and the timer operation of the timer circuit 28 is performed. When no positive- or negative-edge detection signal is output from the pole position detection circuit 40 even after a predetermined time ($t_{l'}$ in Fig. 15), the timer circuit 28 outputs a pseudo detection signal Tup, and stops its timer operation. Upon reception of the signal Tup, the pulse control circuit 27 outputs the signal Ptrg. Accordingly, an "H"-level signal O2in is immediately output, i.e., the next pulse signal having a polarity opposite to that of the first driving pulse signal is output, thereby rotating the rotor

103. The subsequent operation is performed under the same control as that in the above-described case wherein the motor is rotated by the first pulse.

When the potential of the signal Aout after the influence of the induced voltage is lower than Vb, the waveform of the signal Aout crosses Vb from the positive direction to the negative direction immediately after the influence of the induced voltage disappears, so that the negative-edge detection circuit 26b immediately outputs the signal NE. Upon reception of the signal NE, the timer circuit 28 stops its timer operation. The pulse control circuit 27 outputs the signal Ptrg. The subsequent operation is performed under the same control as that in the above-described case wherein the motor is rotated by the first pulse.

In the above-described system, 180°-rotation of the motor can be recognized by detecting the counter electromotive voltage generated from the motor during output of a driving pulse signal. If the next pulse is output at this timing, the motor can be certainly driven with a high efficiency without reducing its rotation power.

According to the first embodiment, since no driving pulse signal idle period for detecting the pole position is required, unlike in the prior art, the interval between the driving pulse signal and the next driving pulse signal can

be eliminated to stably drive the motor at a high speed. In addition, the motor can be reliably started regardless of the pole position of the rotor 103 at the start.

In Fig. 10, the voltage detection means constituted by the comparator 108 for comparing an output signal from the differential amplifier 106a with the reference voltage V_b , and outputting a signal as the comparison result is added. Alternatively, as shown in Fig. 17, a hysteresis comparator may be constituted by connecting a circuit 107 constituted by a differential amplifier 107a, a feedback resistor 107b, and an input resistor 107c to a circuit 106 constituted by a differential amplifier 106a, a feedback resistor 106b, and an input resistor 106c, and a hysteresis may be arranged at the reference potential for checking crossing of the counter electromotive voltage in order to detect the pole position.

If the hysteresis comparator is arranged in this manner to delay the timing for detecting whether the counter electromotive voltage crosses the reference potential, a malfunction caused by the influence of an external magnetic field or the like can be prevented. Further, even when a physical shock or the like is applied to the motor, the motor can rotate very stably.

A case wherein the present invention is applied to a motor driving apparatus constituted such that a driving coil is also used as a detection coil for detecting the pole

position to detect the counter electromotive from the motor will be described as the second embodiment with reference to the accompanying drawings.

Fig. 18 is a block diagram showing the second embodiment in which the above-described system in Fig. 13 is slightly improved to enable detection of the counter electromotive voltage from the motor even during output of the driving pulse signal. Figs. 19 and 20 are waveform charts showing the operation in Fig. 18. Fig. 20 shows waveforms enlarged along the timing axis, compared to Fig. 19.

In Fig. 18, reference numeral 32 denotes a timer circuit B for measuring a predetermined time after the signal OE1 changes to "L", and outputting a signal Tup' when no positive- or negative-edge detection signal PE or NE is received within this predetermined time; 46, a flip-flop circuit for inverting an output signal Q each time it receives the signal Tup'; and 40', a pole position detection circuit constituted by a positive-edge detection circuit 26a, a negative-edge detection circuit 26b, an OR circuit 31, and a counter electromotive voltage detection circuit 41'. A waveform shaping circuit 23 intermittently controls the driving pulse signal, and outputs the signal OE1 as a signal for controlling the pole position detection circuit 40' and the timer circuit B 32 each time the circuit 23

receives the signal Ptrg output from a pulse control circuit 27. A driving control circuit 24 is constituted to switch and output the signals Olin and O2in on the basis of the output signal Q from the flip-flop circuit 46. A driving circuit 25', the counter electromotive voltage detection circuit 41', and a motor 42' have the same arrangements as those in Fig. 8 described in the prior art. The remaining constituent elements are the same as those in Fig. 13, and a description thereof will be omitted.

In rotating the rotor 103 shown in Fig. 8, when the starting signal SS is externally input to the pulse control circuit 27, the pulse control circuit 27 outputs the signal Ptrg to change the signal OE1 to "H" at a period t_b , as shown in Fig. 19. The signal OE1 is output to the signal Olin when the output signal Q from the flip-flop circuit 46 is at "L" level, or to the signal O2in when the output signal Q is at "H" level. In Fig. 19, since the output signal Q immediately after the signal SS is output is at "L", the signal OE1 is output to the signal Olin. In Fig. 19, since the signal Q is at "L" during a period t_2 after the period t_b when the signal OE1 is output, and the signal OE1 is at "L", the positive-edge detection circuit 26a becomes active.

During a period t_1 in Fig. 19, while the signal OE1 is at "H", the driving pulse signal for the signal Olin is

output. While the signal OE1 is at "L", outputs from the motor drivers 1a and 1b are set to a high-impedance state, and a bias means 3 is operated to detect the counter electromotive voltage from the motor.

5 The waveform of the signal Aout during the period t1 in Fig. 19 will be explained with reference to the enlarged chart of Fig. 20.

When the driving pulse signal having the waveform of the signal Olin is output, the waveform of Aout during the period t1 is the synthesized waveform of the induced voltage Vr generated at a driving coil 2 and the counter electromotive voltage Vg generated upon rotation of the motor. During the period t2 in Fig. 20, the induced voltage Vr is dominant immediately after the signal Olin changes to "L". As the influence of the induced voltage Vr disappears with the lapse of time, the counter electromotive voltage Vg is observed. During the period t2 when the potential level of the counter electromotive voltage Vg is higher than Vb, i.e., when the rotor 103 has not completely rotated through 180°, the waveform of the signal Aout inevitably crosses the potential Vb from the negative in the positive direction before the influence of the induced voltage Vr disappears (at time P1 in Fig. 20).

When the signal OE1 changes to "L", the timer circuit B 32 starts a timer operation. Since the output signal Q

from the flip-flop circuit 46 is at "L", the positive-edge detection circuit 26a becomes operative while the signal OE1 is at "L". When it is observed that the waveform of the signal Aout crosses Vb from the negative direction to the positive direction at the time P1 during the period t2 in Fig. 20, the positive-edge detection circuit 26a outputs the positive-edge detection signal PE. Upon reception of the signal PE through the OR circuit 31, the timer circuit B 32 stops its timer operation. When no signal is output from the timer circuit B 32 during a predetermined time (t2), the pulse control circuit 27 outputs the signal Ptrg after the predetermined time. Upon reception of the signal Ptrg, the waveform shaping circuit 23 outputs an "H" signal OE1 during a period tc. During the subsequent period t3, the counter electromotive voltage is detected in the same manner as during the period t2.

Since the waveform of the signal Aout crosses the potential Vb from the negative in the positive direction at times P1, P2, and P3 during the periods t2, t3, and t4 in Fig. 20, Ptrg is output, and an "H" signal is output to the signal OE1. During a period when the potential level of the counter electromotive voltage Vg is lower than Vb, i.e., during a period t5 in Fig. 20, the rotor 103 has rotated through 180° or more, so the waveform of the signal Aout does not cross the potential Vb from the negative direction

to the positive direction. Therefore, during the period t_5 , the positive-edge detection circuit 26a does not output the positive-edge detection signal PE. If the timer circuit B 32 does not receive any positive-edge detection signal PE during the period t_5 , and the predetermined time (t_5) elapses, the timer circuit B 32 outputs Tup' . Upon reception of the signal Tup' , the pulse control circuit 27 outputs the signal P_{trg} . As a result, the waveform shaping circuit 23 outputs the signal $OE1$. At this time, since the signal Q from the flip-flop circuit 46 changes from "L" to "H" in response to the signal Tup' , the driving control circuit 24 outputs the driving pulse signal to the signal $O2in$ side. The subsequent operation is the same as in the above-mentioned first embodiment.

According to the second embodiment, by setting the interval for detecting the counter electromotive voltage during output of the driving pulse signal, the driving coil can be used as a counter electromotive voltage detection coil to simplify the arrangement. According to this embodiment, since the interval between the driving pulse signal and the next driving pulse signal can be eliminated, the motor can be stably driven at a high speed.

A driving circuit in Fig. 21 is obtained by adding a hysteresis comparator 13 to the driving circuit in Fig. 8. The hysteresis comparator 13 is connected to the output of

the voltage detection circuit 5. The hysteresis comparator 13 is constituted by an input resistor 13a, a feedback resistor 13b, and inverters 13c and 13d. In this arrangement, a hysteresis may be given to the reference potential for checking crossing of the counter electromotive voltage in order to detect the pole position.

If the hysteresis comparator is arranged in this manner to delay the timing for detecting whether the counter electromotive voltage crosses the reference potential, a malfunction caused by the influence of an external magnetic field or the like can be prevented. Further, even when a physical shock or the like is applied to the motor, the motor can rotate very stably.

The method of controlling output of the pulse immediately after the motor starts has been described above. A method of outputting a pulse while the rotation speed of the motor after it starts shifts from an acceleration state to a constant-speed state will be described as the third embodiment.

This embodiment to be described is associated with a means particularly effective for a motor having a load with a large inertia, such as a flat weight for a date face or a vibration alarm.

Fig. 22 is a block diagram showing the arrangement of the third embodiment. A description of parts common to the

first and second embodiments will be omitted. Fig. 23 is a waveform chart showing the operation in Fig. 22.

In Fig. 22, reference numeral 35 denotes a timer circuit C for starting a timer operation in synchronism with the fall of the signal OE1. When the signal OE1 is at "L", the timer circuit C 35 starts operation, outputs a signal Cup after a predetermined time, and is reset by the signal Ptrg. Reference numeral 36 denotes a counter circuit for counting signals Cup from the timer circuit C 35, and switching and outputting pulse width selection signals Ps1 to PsN. Reference numeral 37 denotes a driving pulse control circuit for changing the width of the signal OE1 on the basis of the pulse width selection signals Ps1 to PsN. A driving circuit 25', a counter electromotive voltage detection circuit 41', and a motor 42' in Fig. 22 have the same arrangements as those in Fig. 8 described in the prior art. A description of the same arrangement as that in the above-described second embodiment will be omitted.

In the initial state, the count value of the counter circuit 36 is cleared, and therefore the signal Ps1 is at "H". The driving pulse control circuit 37 changes the pulse width of a driving pulse signal to be output in accordance with the signals Ps1 to PsN output from the counter circuit 36. In this case, the signal Ps1 is at "H", i.e., a driving pulse signal having the largest width is output immediately

after the start. As the "H"-level signal changes in the order of the signals Ps2, Ps3,..., PsN (to be described later), the pulse width of the driving pulse signal is decreased.

5 The state wherein the motor starts upon reception of the signal SS, i.e., a period (a) in Fig. 23 is the same as in Fig. 9 described above, and a description thereof will be omitted.

10 In Fig. 23, when the rotation speed of the motor is increased by the first and second pulses, the pulse width of the driving pulse signal becomes excessive, as described above. Crossing of the level Vb from the negative direction to the positive direction, which is supposed to occur at the time P in Fig. 23, does not occur, so no next driving pulse
15 signal is output.

 When the signal OE1 changes to "L", the timer circuit C 35 starts a timer operation in the normal state, i.e., in the state such as the period (a) in Fig. 23. The timer circuit C 35 outputs no signal because it is reset by the
20 next signal Ptrg before the lapse of a predetermined timer operation end time Δt set in advance. However, when the signal Aout does not cross Vb, and no signal Ptrg is output the time Δt after the signal OE1 falls, as during periods (c) and (d) in Fig. 23, it is determined that the rotor 103
25 has already reached a position where the motor is driven by

the next driving pulse signal, and the timer circuit C 35 outputs an "H"-level pulse signal to the signal Cup. Upon reception of the signal Cup, the counter circuit 36 counts up an internal counter, and sets the signal Ps1 to "L" and the signal Ps2 to "H". As a result, the signal OE1 is output as a driving pulse signal having a smaller pulse width.

When the rotation speed of the motor reaches a certain degree or more, or when a load having a large inertia is connected to the motor, as described above, even if no driving pulse signal is output at the time P in Fig. 23, rotation does not immediately stop though the rotation speed slightly decreases. Therefore, if the next driving pulse signal is output at time Q, rotation itself does not stop. However, when the pulse width of the driving pulse output at the time Q is equal to that of the previous driving pulse signal, the rotation speed, which has decreased once due to the absence of the driving pulse signal at the time P, undesirably increases again to cause the situation as shown at the time P in Fig. 23 again. A further increase in rotation speed cannot be expected.

In this embodiment, when the waveform of the signal Aout does not cross the bias voltage Vb within a predetermined time upon outputting the driving pulse signal, the pulse width of a driving pulse signal to be output next is

decreased. If the rotation speed of the motor increases in this state, the same state as that at the time P in Fig. 23 also occurs. At this time, the above-described control is performed to decrease the pulse width of the driving pulse signal. By repeatedly performing the same control for the pulse width of the driving pulse signal, the rotation speed gradually increases, and is stabilized at the maximum rotation speed. In this state, the driving pulse signal does not have an excessive width. Therefore, since the crossing point of the waveform of the signal Aout over the bias voltage Vb can be detected, the driving pulse can be reliably output to attain stable rotation.

The motor is stopped by the signal ES, as described above. Upon reception of the signal ES, the counter circuit 36 is reset to set the counter value to an initial state. Since the signal Psl is at "H" in next driving of the motor, a driving pulse signal having the largest width is output.

As described above, by employing the third embodiment, a driving pulse signal having an optimal width is selected in accordance with the rotation speed of the motor. The motor can be rapidly accelerated and stably rotated, and the rotation speed can be increased. In the description of this embodiment, the driving circuit 25', the counter electromotive voltage detection circuit 41', and the motor 42' have the circuit configuration described in Fig. 8. Even

with the circuit configuration in Fig. 10, the same operation can be obtained.

Note that the third embodiment may employ an arrangement like the one shown in Fig. 24. Fig. 24 is a block diagram showing another arrangement of the third embodiment. A description of the same arrangement as that shown in Fig. 22 will be omitted. Fig. 25 is a waveform chart showing the operation in Fig. 24.

In the block diagram of Fig. 24, a compensation pulse formation circuit 38 is newly arranged. When no signal Ptrg is output the time Δt after the signal OE1 falls, as during a period (d) in Fig. 25, the timer circuit C 35 outputs an "H"-level pulse signal to the signal Cup. Upon reception of the signal Cup, the compensation pulse formation circuit 38 outputs a compensation pulse signal FP. This signal FP is input as the signal OE1 to a driving control circuit 24 through an OR circuit. The output signal Q from the flip-flop circuit 46 is switched from "H" to "L" by the signal Cup. As a result, the compensation pulse signal FP is output as the driving pulse signal for the signal Olin.

With this arrangement, even if no signal Ptrg is output, the compensation pulse signal FP can be output to suppress a temporary decrease in speed.

The compensation pulse signal FP to be output desirably has a pulse width smaller than that of a normal driving

pulse signal. When the width of the signal FP is larger, the crossing timing of the signal Aout over the potential Vb from the positive in the negative direction may be lost. This can be prevented by setting the pulse width of the compensation pulse signal FP smaller.

The fourth embodiment of the present invention will be described below. Fig. 26 is a block diagram showing the arrangement of the fourth embodiment. A description of parts common to the second embodiment will be omitted. Fig. 27 is a waveform chart showing the operation in Fig. 26, and Fig. 28 is an enlarged waveform chart for the signal OE1.

This embodiment is a modification of the second embodiment described above. Referring to the waveform chart of the second embodiment in Fig. 19, in the second embodiment, a plurality of driving pulse signals having the same pulse width are output within the period t1 to enable detection of the counter electromotive voltage within the period t1. With this setting, however, the driving pulse signal output time becomes short due to the counter electromotive voltage detection time, and the time for supplying a rotation energy to the motor (driving pulse signal output time) is sacrificed, as is apparent from Fig. 19. For this reason, to rapidly accelerate and stably rotate the motor, this embodiment, i.e., the fourth embodiment is effective.

In this embodiment, of a period t_1 in Fig. 27, during the initial period when it is apparent that a rotor 103 has not completely rotated through 180° , detection of the counter-electromotive voltage is not performed, and a driving pulse signal having a relatively large pulse width is output to prolong the time for supplying the rotation energy to the motor (driving pulse signal output time). This embodiment will be described in detail below.

In this embodiment, a waveform shaping circuit 23 is constituted by a large-pulse generation circuit 23a and a small-pulse generation circuit 23b, as shown in Fig. 26. A timer circuit B 32 is reset and restarted in response to the fall of the signal OE1, and outputs the signal Tup' after a predetermined time. Upon reception of the signal Tup' , a pulse control circuit 27 outputs a signal Ctrg or Ptrg. The pulse control circuit 27 outputs the signal Ctrg when it does not receive any signal PE or NE from a pole position detection circuit 40' during the interval between input of the previous signal Tup' and input of the latest signal Tup' , or outputs the signal Ptrg when it receives the signal PE or NE. The waveform shaping circuit 23 outputs a signal OE1 having a relatively large pulse width when it receives the signal Ctrg, or outputs a signal OE1 having a relatively small pulse width when it receives the signal Ptrg. The signal Ctrg is also input to a flip-flop circuit 46 to

switch the signals 01in and 02in. When the pulse control circuit 27 receives the signal SS, it outputs the signal Ctrg unconditionally. The timer circuit B 32 is reset in response to the fall of the signal OE1.

5 With the arrangement in Fig. 26, control as shown in Fig. 27 can be performed. Referring to the period t1 in Fig. 27, a driving pulse signal having a relatively large pulse width is first output once, and then a driving pulse signal having a relatively small pulse width is output.
10 Referring to Fig. 28, a signal having a relatively large pulse width is output as the signal OE1 during a period tp1, and a signal having a relatively small pulse width is output during a period tp3 after a period tp2.

 As described above, in this embodiment, of the period
15 t1 in Fig. 27, during the period when it is apparent that the rotor 103 has not completely rotated through 180°, detection of the counter electromotive voltage is not performed, and a driving pulse signal having a relatively
20 large pulse width is output to prolong the time for supplying the rotation energy to the motor (driving pulse signal output time). The motor can be rapidly accelerated and stably rotated.

 The fifth embodiment of the present invention will be described below. Fig. 29 is a block diagram showing the
25 arrangement of the fifth embodiment. A description of parts

common to the fourth embodiment will be omitted. Fig. 30 is a waveform chart showing the operation in Fig. 29.

This embodiment is a modification of the fourth embodiment. In the fourth embodiment, the pulse width of a signal generated by the large-pulse generation circuit 23a, that of a signal generated by the small-pulse generation circuit 23b, and the times (e.g., t_3 , t_4 , and t_5) measured by the timer circuit B 32 are always constant. However, since the length of the period t_1 shown in Fig. 27 changes in accordance with the rotation speed of the motor, the motor can be more rapidly accelerated and stably rotated by changing these values in accordance with the rotation speed of the motor.

In this embodiment, the pulse width of a signal generated by a large-pulse generation circuit 23a, that of a signal generated by a small-pulse generation circuit 23b, and the time measured by a timer circuit B 32 can be changed in accordance with the rotation speed of the motor.

In this embodiment, a rotation speed detection circuit 45 is newly arranged as shown in Fig. 29. The rotation speed detection circuit 45 calculates the generation interval of the signal Ctrg from a pulse control circuit 27 by using a signal from a frequency division circuit 22 as a reference clock, and obtains the rotation speed of the motor on the basis of the generation interval of the signal Ctrg.

When the rotation speed of the motor becomes equal to or higher than a predetermined speed, the rotation speed detection circuit 45 switches a signal Psel from "L" to "H". The signal Psel is input to the large-pulse generation circuit 23a, the small-pulse generation circuit 23b, and the timer circuit B 32.

When the signal Psel is switched from "L" to "H", the large-pulse generation circuit 23a starts outputting a signal having a pulse width smaller than that of a previously generated signal. When the signal Psel is switched from "L" to "H", the small-pulse generation circuit 23b starts outputting a signal having a pulse width smaller than that of a previously generated signal. When the signal Psel is switched from "L" to "H", the timer circuit B 32 signal switches the time (counter electromotive voltage detection time) having been measured to a shorter time.

Referring to Fig. 30, when a generation interval T_p of the signal Ctrg becomes equal to or smaller than a predetermined value, the signal Psel is switched from "L" to "H". When the signal Psel becomes "H", a period T_{p1} is switched to a shorter period T_{p1}' , a period T_{p2} is switched to a shorter period T_{p2}' , and a period T_{p3} is switched to a shorter period T_{p3}' .

When the rotation speed of the motor increases, the pulse width of a signal generated by the large-pulse

generation circuit 23a, and that of a signal generated by the small-pulse generation circuit 23b are set smaller. With this setting, the number of output driving pulse signals having the same phase after 180°-rotation of the rotor 103 can be decreased to more rapidly accelerate and stably rotate the motor.

When the rotation speed of the motor increases, the time (counter electromotive voltage detection time) to be measured by the timer circuit B 32 is shortened. With this setting, the ratio of the counter electromotive voltage detection time to the driving pulse signal output time can be set within a predetermined range to more rapidly accelerate and stably rotate the motor. When the rotation speed of the motor increases, the voltage level of the counter electromotive voltage rises, so that the counter electromotive voltage can be detected within a shorter period. Accordingly, the time (counter electromotive voltage detection time) to be measured by the timer circuit B 32 can be shortened.

The sixth embodiment of the present invention will be described below. Fig. 31 is a block diagram showing the arrangement of the sixth embodiment. A description of parts common to the fifth embodiment will be omitted.

This embodiment is a modification of the fifth embodiment. In the fifth embodiment, the rotation speed detection

circuit 45 is arranged to change, e.g., the pulse width of a signal generated by the large-pulse generation circuit 23a or the like. In the sixth embodiment, a counter circuit B 47 is arranged to change, e.g., the pulse width of a signal generated by a large-pulse generation circuit 23a, or the like.

In this embodiment, the rotation speed of the motor is estimated by counting the number of signals Ctrg generated after the motor starts rotation. That is, the rotation speed of the motor is estimated based on the count value of the signals Ctrg because the rotation speed of the motor increases in accordance with the number of signals Ctrg generated after the motor starts. The counter circuit B 47 counts the number of signals Ctrg from a pulse control circuit 27, and when the count value reaches a predetermined value or more, switches the signal Psel from "L" to "H". This signal Psel is input to the large-pulse generation circuit 23a, a small-pulse generation circuit 23b, and a timer circuit B 32. When the stop signal ES is input to the counter circuit B 47, the count value of the counter circuit B 47 is reset. The remaining operation is the same as that in the fifth embodiment, and a description thereof will be omitted.

In the sixth embodiment, since the rotation speed of the motor is simply estimated based on the count value of

the signals Ctrg, the same effect as that of the fifth embodiment can be obtained. Further, since a circuit for detecting the rotation speed of the motor can be omitted, the circuit can be simplified.

5 The seventh embodiment of the present invention will be described. Fig. 32 is a block diagram showing the arrangement of the seventh embodiment. A description of parts common to the fourth embodiment will be omitted. Fig. 33 is a waveform chart showing the operation in Fig. 32.

10 This embodiment is another modification of the fourth embodiment described above. In the fourth embodiment, the pulse control circuit 27 outputs the signal Ctrg or Ptrg only when it receives the signal Tup' from the timer circuit B 32. In the sixth embodiment, a pulse control circuit 27
15 outputs the signal Ptrg immediately after it receives the signal PE or NE from a pole position detection circuit 40', and outputs the signal Ctrg when it receives the signal Tup' from a timer circuit B 32 without receiving any signal PE or NE from the pole position detection circuit 40'.

20 In this embodiment, the signals PE and NE from the pole position detection circuit 40' are input to the timer circuit B 32 to reset the timer. The remaining operation is the same as that in the fourth embodiment, and a description thereof will be omitted.

25 According to this embodiment, as is apparent from

Fig. 33, the counter electromotive voltage detection time can be further shortened to more rapidly accelerate and stably rotate the motor.

5 The eighth embodiment of the present invention will be described. Fig. 34 is a block diagram showing the arrangement of the eighth embodiment. A description of parts common to the second embodiment will be omitted. Fig. 35 is a waveform chart showing the operation in Fig. 34.

10 This embodiment is associated with damping control in stopping the motor. A damping pulse generation circuit 50 is added to the arrangement of the second embodiment shown in Fig. 18.

15 A pulse control circuit 27 normally outputs the signal Ptrg upon reception of the signal Tup'. When it receives the stop signal ES, it outputs a signal Etrg. Upon reception of the signal Etrg, the damping pulse generation circuit 50 outputs an "H" signal Ep. The signal Ep is input as the signal OE1 to a driving control circuit 24 through an OR circuit. The signal Ep is directly input to the driving control circuit 24, and used to determine whether the signal 20 Olin or O2in is output. That is, the signal OE1 is normally output as the signal Olin when the output signal Q from a flip-flop circuit 46 is at "L", and as the signal O2in when the output signal Q is at "H". When the signal Ep is at 25 "H", this output destination is reversed.

Referring to Fig. 35, after the pulse control circuit 27 receives the stop signal ES, it receives the signal Tup' at the time Q to output the signal Etrg. After the time Q, the output signal Q from the flip-flop circuit 46 is at "L". At this time, since the signal Ep is at "H", a damping pulse signal PSE is output as O2in.

According to this embodiment having this arrangement, the motor can be more quickly stopped at a desired position.

As has been described above, according to the present invention, more reliable starting characteristics of the motor can be attained by the first and second embodiments, while more rapid acceleration and stable rotation performance can be attained by the third embodiment. Although the first, second, and third embodiments have separately been described, they can be combined to realize a higher-performance motor driving circuit. In the present invention, high-speed, large-torque rotation driving of the motor can be realized by a simple system arrangement without changing the structure of a conventional flat bipolar motor.

[Industrial Applicability]

The present invention can be utilized for every electronic device using a motor, in addition to an electronic timepiece. Its utility value is particularly high in electronic devices which require a size reduction. The

present invention exhibits an enhanced effect on a size reduction in motor driving apparatus and a decrease in power consumption.

This Sheet Has Been Replaced



- 54 -

C L A I M S

REPLACED SHEETS SG

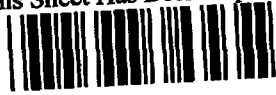
☐ Description : paged to paged
☒ Claim(s) : paged 54 to paged 61.....
☐ Drawing(s) : paged to paged
☐ Abstract : paged to paged

1. A motor driving apparatus comprising a stepping motor constituted by a stator with at least two poles, a rotor having a permanent magnet with at least two poles, and a driving coil magnetically coupled to said stator, driving pulse generation means for outputting a driving pulse signal for driving said stepping motor, a driving circuit for supplying a driving current to said driving coil on the basis of the signal from said driving pulse generation means, a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated upon rotation of said rotor, and pole position detection means for detecting a pole position of said rotating rotor with respect to said rotor on the basis of a detection signal generated by said voltage detection circuit, said driving pulse generation means controlling an output timing of the driving pulse signal on the basis of the detection signal from said pole position detection means, characterized in that said pole position detection means stops outputting the driving pulse signal on the basis of the detection signal from said voltage detection circuit which is detected during an output period of the driving pulse signal, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the driving pulse signal.

2. A motor driving apparatus according to claim 1,



* C L M S *



characterized in that the pole position is detected by detecting the counter electromotive voltage generated at a detection coil coaxially wound on said driving coil by using said pole position detection means.

3. A motor driving apparatus according to claim 2, characterized in that the pole position is detected on the basis of a result of comparison between the counter electromotive voltage detected by said pole position detection means and a predetermined potential.

4. A motor driving apparatus according to claim 3, characterized in that the predetermined potential for detecting the pole position includes a plurality of set potentials.

5. A motor driving apparatus according to claim 1, characterized in that said voltage detection circuit is constituted by bias means for biasing a potential level at one terminal of said driving coil to an intermediate potential of a power supply voltage, and a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated at the other terminal of said driving coil, said driving pulse generation means outputs a driving pulse signal constituted by an intermittent pulse group having a plurality of idle periods, and said pole position detection means stops the driving pulse signal on the basis of a result of comparison between the detection signal from said





13 voltage detection circuit which is detected during the
14 plurality of idle periods, and the intermediate potential,
15 and outputs a driving pulse signal having a phase opposite
16 to that of the stopped driving pulse.

1 6. A motor driving apparatus according to claim 5,
2 characterized in that the pole position is detected on the
3 basis of crossing of the counter electromotive voltage
4 detected by said pole position detection means over a
5 predetermined potential.

1 7. A motor driving apparatus according to claim 6,
2 characterized in that the predetermined potential for
3 detecting the pole position includes a plurality of set
4 potentials.

1 8. A motor driving apparatus according to claim 5,
2 characterized in that the driving pulse signal constituted
3 by the intermittent pulse group is constituted by a plurali-
4 ty of pulse groups having different pulse widths.

1 9. A motor driving apparatus according to claim 8,
2 characterized in that the driving pulse signal constituted
3 by the intermittent pulse group is constituted by a first
4 pulse having a large pulse width, and a second pulse group
5 having a pulse width smaller than that of the first pulse.

1 10. A motor driving apparatus according to claim 9,
2 characterized in that the pulse width of the first pulse
3 changes in accordance with a rotation speed of said rotor.





1 11. A motor driving apparatus according to claim 9,
2 characterized in that the pulse width of the first pulse
3 changes in accordance with the output number of driving
4 pulses upon start of said rotor.

1 12. A motor driving apparatus according to claim 9,
2 characterized in that the pulse width of the second pulse
3 changes in accordance with a rotation speed of said rotor.

1 13. A motor driving apparatus according to claim 9,
2 characterized in that the pulse width of the second pulse
3 changes in accordance with the output number of driving
4 pulses upon start of said rotor.

1 14. A motor driving apparatus according to claim 10,
2 characterized in that the first pulse changes to decrease
3 the pulse width along with an increase in rotation speed of
4 said rotor.

1 15. A motor driving apparatus according to claim 11,
2 characterized in that the first pulse changes to decrease
3 the pulse width along with an increase in number of output
4 driving pulses upon the start of said rotor.

1 16. A motor driving apparatus according to claim 12,
2 characterized in that the second pulse changes to decrease
3 the pulse width along with an increase in rotation speed of
4 said rotor.

1 17. A motor driving apparatus according to claim 13,
2 characterized in that the second pulse changes to decrease





the pulse width along with an increase in number of output driving pulses upon the start of said rotor.

18. A motor driving apparatus according to claim 5, characterized in that the idle period widths of the plurality of idle periods of the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group change in accordance with a rotation speed of said rotor.

19. A motor driving apparatus according to claim 5, characterized in that the idle period widths of the plurality of idle periods of the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group change in accordance with the number of output pulses upon start of said rotor.

20. A motor driving apparatus according to claim 18, characterized in that the idle period widths change to decrease the widths along with an increase in rotation speed of said rotor.

21. A motor driving apparatus according to claim 19, characterized in that the idle period widths change to decrease the widths along with an increase in number of output driving pulses upon the start of said rotor.

22. A motor driving apparatus according to claim 1, characterized in that said motor driving apparatus comprises a timer circuit for measuring a predetermined time after said driving pulse generation means outputs a starting pulse, and then generating a timer signal, and when no





6 detection signal is generated by said pole position detec-
7 tion means the predetermined time after output of the
8 starting pulse is started, said driving pulse generation
9 means stops outputting the starting pulse in accordance with
10 a timer signal output from said timer circuit, and outputs
11 a driving pulse signal having a phase opposite to that of
12 the starting pulse.

23. A motor driving apparatus comprising a stepping motor
2 constituted by a stator with at least two poles, a rotor
3 having a permanent magnet with at least two poles, and a
4 driving coil magnetically coupled to said stator, driving
5 pulse generation means for outputting a driving pulse signal
6 for driving said stepping motor, a driving circuit for
7 supplying a driving current to said driving coil on the
8 basis of the signal from said driving pulse generation
9 means, a voltage detection circuit for detecting a counter
10 electromotive voltage generated upon rotation of said rotor,
11 and pole position detection means for detecting a pole
12 position of said rotating rotor with respect to said rotor
13 on the basis of a detection signal generated by said voltage
14 detection circuit, said driving pulse generation means
15 controlling an output timing of the driving pulse signal on
16 the basis of the detection signal from said pole position
17 detection means, characterized in that said motor driving
18 apparatus further comprises a timer circuit for generating





19 a timer signal a predetermined time after said driving pulse
20 generation means outputs the driving pulse signal, and when
21 no detection signal is generated by said pole position
22 detection means the predetermined time after output of the
23 driving pulse signal is started, said driving pulse genera-
24 tion means sets a pulse width of a driving pulse signal to
25 be output next to smaller than that of the previously output
26 driving pulse signal.

1 24. A motor driving apparatus according to claim 23,
2 characterized in that, when no detection signal is generated
3 from said pole position detection means the predetermined
4 time after output of the driving pulse signal is started,
5 said driving pulse generation means outputs a compensation
6 pulse signal having a polarity opposite to that of the
7 driving pulse signal.

1 25. A motor driving apparatus according to claim 24,
2 characterized in that the compensation pulse signal has a
3 pulse width smaller than that of the driving pulse signal.

1 26. A motor driving apparatus according to claim 1 or 23,
2 characterized by further comprising damping pulse generation
3 means for outputting a damping pulse signal in order to stop
4 rotating said stepping motor, said damping pulse generation
5 means controlling an output timing of the damping pulse
6 signal on the basis of the detection signal from said pole
7 position detection means.





1 27. A motor driving apparatus according to claim 26,
2 characterized in that the damping pulse signal is output in
3 a direction in which said stator is excited to a polarity
4 opposite to a magnetic pole of said rotor.

1 28. A motor driving apparatus according to claim 26,
2 characterized in that the damping pulse signal is output
3 with a pulse width larger than that of the driving pulse
4 signal for driving said stepping motor.



A B S T R A C T

It is an object of this invention to attain reliable starting characteristics and stable rotation performance of a motor in a motor of a phase synchronization driving type.

To achieve this object, according to this invention, there is provided a motor driving apparatus having a stepping motor constituted by a stator with at least two poles, a rotor having a permanent magnet with at least two poles, and a driving coil magnetically coupled to the stator, a driving pulse generation means for outputting a driving pulse signal for driving the stepping motor, a driving circuit for supplying a driving current to the driving coil on the basis of the signal from the driving pulse generation means, a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated upon rotation of the rotor, and a pole position detection means for detecting the pole position of the rotating rotor with respect to the rotor on the basis of a detection signal generated by the voltage detection circuit, the driving pulse generation means controlling the output timing of the driving pulse signal on the basis of the detection signal from the pole position detection means, characterized in that the pole position detection means stops outputting the driving pulse signal on the basis of the detection signal

from the voltage detection circuit which is detected during the output period of the driving pulse signal, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the driving pulse signal.

5 According to this invention, reliable starting characteristics, rapid acceleration, and stable rotation performance of the motor can be attained. By combining respective
10 embodiments, a higher-performance motor driving circuit can be realized. Further, in this invention, high-speed, large-torque rotation driving of the motor can be realized by a simple system arrangement without changing the structure of a conventional flat bipolar motor.

CLAIMS

REPLACEMENT SHEETS SG
☐ Description : paged to paged
☒ Claim(s) : paged 54 to paged 59
☐ Drawing(s) : paged to paged
☐ Abstract : paged to paged

DATE OF RECEIPT 20/12/99.....

1. A motor driving apparatus comprising:
 - a stepping motor constituted by a stator with at least two poles,
 - a rotor having a permanent magnet with at least two poles, and
 - a driving coil magnetically coupled to said stator,
 - driving pulse generation means for outputting a driving pulse signal for driving said stepping motor,
 - a driving circuit for supplying a driving current to said driving coil on the basis of the signal from said driving pulse generation means,
 - a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated upon rotation of said rotor, and
 - pole position detection means for detecting a pole position of said rotating rotor with respect to said rotor on the basis of a detection signal generated by said voltage detection circuit,
 - said driving pulse generation means controlling an output timing of the driving pulse signal on the basis of the detection signal from said pole detection means,
 - characterized in that
 - said pole position detection means stops outputting the driving pulse signal on the basis of the detection signal from said voltage detection circuit which is detected during an output period of the driving pulse signal, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the driving pulse signal, and
 - the pole position is detected by detecting the counter electromotive voltage generated at a detection coil coaxially wound on said driving coil by using said pole position detection means.
2. A motor driving apparatus according to claim 1, characterized in that the pole position is detected on the basis of a result of comparison between the counter electromotive voltage detected by said pole position detection means and a predetermined potential.



* C L M S *

9705820
20/12/99

AMENDED SHEET

20 DEC 1999

3. A motor driving apparatus according to claim 2, characterized in that the predetermined potential for detecting the pole position includes a plurality of set potentials.
4. A motor driving apparatus comprising:
 a stepping motor constituted by a stator with at least two poles,
 a rotor having a permanent magnet with at least two poles, and
 a driving coil magnetically coupled to said stator,
 driving pulse generation means for outputting a driving pulse signal for driving said stepping motor,
 a driving circuit for supplying a driving current to said driving coil on the basis of the signal from said driving pulse generation means,
 a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated upon rotation of said rotor, and
 pole position detection means for detecting a pole position of said rotating rotor with respect to said rotor on the basis of a detection signal generated by said voltage detection circuit,
 said driving pulse generation means controlling an output timing of the driving pulse signal on the basis of the detection signal from said pole detection means,
 characterized in that
 said pole position detection means stops outputting the driving pulse signal on the basis of the detection signal from said voltage detection circuit which is detected during an output period of the driving pulse signal, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the driving pulse signal, and
 said voltage detection circuit is constituted by bias means for biasing a potential level at one terminal of said driving coil to an intermediate potential of a power supply voltage, and a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated at the other terminal of said driving coil, said driving pulse generation means outputs a driving pulse signal constituted by an intermittent pulse group having a plurality of idle periods, and said pole position detection means stops the driving pulse signal on the basis of a result of composition between the detection signal from said voltage detection circuit



* C L N S *

20 DEC 1999

AMENDED SHEET

which is detected during the plurality of idle periods, and the intermediate potential, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the stopped driving pulse.

5. A motor driving apparatus according to claim 4, characterized in that the pole position is detected on the basis of crossing of the counter electromotive voltage detected by said pole position detection means over a predetermined potential.
6. A motor driving apparatus according to claim 5, characterized in that the predetermined potential for detecting the pole position includes a plurality of set potentials.
7. A motor driving apparatus according to claim 4, characterized in that the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group is constituted by a plurality of pulse groups having different pulse width.
8. A motor driving apparatus according to claim 7, characterized in that the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group is constituted by a first pulse having a large pulse width, and a second pulse group having a pulse width smaller than that of the first pulse.
9. A motor driving apparatus according to claim 8, characterized in that the pulse width of the first pulse changes in accordance with a rotation speed of said rotor.
10. A motor driving apparatus according to claim 8, characterized in that the pulse width of the first pulse changes in accordance with the output number of driving pulses upon start of said rotor.
11. A motor driving apparatus according to claim 8, characterized in that the pulse width of the second pulse changes in accordance with a rotation speed of said rotor.



* C L M S *

AMENDED SHEET

20 DEC 1999

12. A motor driving apparatus according to claim 8, characterized in that the pulse width of the second pulse changes in accordance with the output number of driving pulses upon start of said rotor.
13. A motor driving apparatus according to claim 9, characterized in that the first pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in rotation speed of said rotor.
14. A motor driving apparatus according to claim 10, characterized in that first pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in number of output driving pulses upon the start of said rotor.
15. A motor driving apparatus according to claim 11, characterized in that the second pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in rotation speed of said rotor.
16. A motor driving apparatus according to claim 12, characterized in that second pulse changes to decrease the pulse width along with an increase in number of output driving pulses upon the start of said rotor.
17. A motor driving apparatus according to claim 4, characterized in that the idle period widths of the plurality of idle periods of the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group change in accordance with a rotation speed of said rotor.
18. A motor driving apparatus according to claim 4, characterized in that the idle period widths of the plurality of idle periods of the driving pulse signal constituted by the intermittent pulse group change in accordance with the number of output pulses upon start of said rotor.
19. A motor driving apparatus according to claim 17, characterized in that the idle period widths change to decrease the widths along with an increase in rotation speed of said rotor.



AMENDED SHEET

20 DEC 1999

20. A motor driving apparatus according to claim 18, characterized in that the idle period widths change to decrease the widths along with an increase in number of output driving pulses upon the start of said rotor.
21. A motor driving apparatus according to claim 1, characterized in that said motor apparatus comprises a timer circuit for measuring a predetermined time after said driving pulse generation means outputs a starting pulse, and then generating a timer signal, and when no detection signal is generated by said pole position detection means the predetermined time after output of the starting pulse is started, said driving pulse generation means stops outputting the starting pulse in accordance with a timer signal output from said timer circuits, and outputs a driving pulse signal having a phase opposite to that of the starting pulse.
22. A motor driving apparatus comprising:
 a stepping motor constituted by a stator with at least two poles,
 a rotor having a permanent magnet with at least two poles, and
 a driving coil magnetically coupled to said stator,
 driving pulse generation means for outputting a driving pulse signal for driving said stepping motor,
 a driving circuit for supplying a driving current to said driving coil on the basis of the signal from said driving pulse generation means,
 a voltage detection circuit for detecting a counter electromotive voltage generated upon rotation of said rotor, and
 pole position detection means for detecting a pole position of said rotating rotor with respect to said rotor on the basis of a detection signal generated by said voltage detection circuit,
 said driving pulse generation means controlling an output timing of the driving pulse signal on the basis of the detection signal from said pole detection means,
 characterized in that
 said motor driving apparatus further comprises a timer circuit for generating a timer signal a predetermined time after said driving pulse generation means outputs the driving pulse signal, and when no detection signal is generated by said pole position detection



20 DEC 1999

AMENDED SHEET

means the predetermined time after output of the driving pulse signal is started, said driving pulse generation means sets a pulse width of a driving pulse signal to be output next to smaller than that of the previously output driving pulse signal.

23. A motor driving apparatus according to claim 22, characterized in that, when no detection signal is generated from said pole position detection means the predetermined time after output of the driving pulse signal is started, said driving pulse generation means outputs a compensation pulse signal having a polarity opposite to that of the driving pulse signal.
24. A motor driving apparatus according to claim 23, characterized in that the compensation pulse signal has a pulse width smaller than that of the driving pulse signal.
25. A motor driving apparatus according to claim 1 or 22, characterized by further comprising damping pulse generation means for outputting a damping pulse signal in order to stop rotating said stepping motor, said damping pulse generation means controlling an output timing of the damping pulse signal on the basis of the detection signal from said pole position detection means.
26. A motor driving apparatus according to claim 25, characterized in that the damping pulse signal is output in a direction in which said stator is excited to a polarity opposite to a magnetic pole of said rotor.
27. A motor driving apparatus according to claim 25, characterized in that the damping pulse signal is output with a pulse width larger than that of the driving pulse signal for driving said stepping motor.



* C L N S *

AMENDED SHEET

20 DEC 1999