

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6264852号  
(P6264852)

(45) 発行日 平成30年1月24日 (2018. 1. 24)

(24) 登録日 平成30年1月5日 (2018. 1. 5)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>H03L</b>	<b>7/081</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H03L</b>	<b>7/081</b>	<b>120</b>
<b>H03L</b>	<b>7/10</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H03L</b>	<b>7/10</b>	<b>140</b>
<b>H03K</b>	<b>5/135</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H03K</b>	<b>5/135</b>	

請求項の数 15 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2013-235911 (P2013-235911)	(73) 特許権者	514315159
(22) 出願日	平成25年11月14日 (2013. 11. 14)		株式会社ソシオネクスト
(65) 公開番号	特開2015-95860 (P2015-95860A)		神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目10番
(43) 公開日	平成27年5月18日 (2015. 5. 18)		23
審査請求日	平成28年4月26日 (2016. 4. 26)	(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100119987
			弁理士 伊坪 公一
		(74) 代理人	100133835
			弁理士 河野 努
		(74) 代理人	100135976
			弁理士 宮本 哲夫
		(72) 発明者	松田 篤
			神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目10番
			23 富士通セミコンダクター株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイミング調整回路および半導体集積回路装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第1クロックと前記電圧制御遅延線からの第2クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第1電圧および第2電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、を有し、

前記スタートアップ回路は、

前記入力クロック信号が第1周波数のときは、前記第2クロックを第2の数だけカウントして停止し、

前記入力クロック信号が前記第1周波数よりも高い第2周波数のときは、前記第2クロックを前記第2の数よりも多い第3の数だけカウントして停止する、

ことを特徴とするタイミング調整回路。

【請求項 2】

前記スタートアップ回路は、

起動後において、前記電圧制御遅延線から前記第2クロックが生成されるまでの期間において、前記制御電圧を、ロック電圧の近傍となるように調整する、

ことを特徴とする請求項1に記載のタイミング調整回路。

10

20

## 【請求項 3】

前記スタートアップ回路は、

前記第 2 クロックを第 1 の数だけカウントして停止するようになっている、  
ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のタイミング調整回路。

## 【請求項 4】

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第 1 クロックと前記電圧制御遅延線からの第 2 クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第 1 電圧および第 2 電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、を有し、

前記スタートアップ回路は、

前記第 2 クロックを第 1 の数だけカウントして停止するようになり、

前記スタートアップ回路は、

前記第 2 クロックをカウントする前記第 1 の数のフリップフロップと、

起動時を示す起動信号および前記第 1 の数のフリップフロップの出力の論理を取る論理回路と、

前記論理回路の出力信号により制御され、前記制御電圧のレベルを調整するトランジスタと、を含む、

ことを特徴とするタイミング調整回路。

## 【請求項 5】

前記スタートアップ回路は、

前記入力クロック信号が前記第 1 周波数のとき、前記第 2 の数だけカウントする第 4 の数の第 1 フリップフロップと、

前記入力クロック信号が前記第 2 周波数のとき、前記第 1 フリップフロップと協働して前記第 3 の数だけカウントする第 5 の数の第 2 フリップフロップと、

起動時を示す起動信号および前記第 1 フリップフロップの出力の論理を取る第 1 論理回路と、

前記入力クロック信号が第 1 周波数か第 2 周波数かに基づいて、前記第 1 フリップフロップのみ使用するか、前記第 1 フリップフロップおよび前記第 2 フリップフロップの両方を使用するかを制御する第 2 論理回路と、

前記第 1 論理回路の出力信号により制御され、前記制御電圧のレベルを調整するトランジスタと、を含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のタイミング調整回路。

## 【請求項 6】

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第 1 クロックと前記電圧制御遅延線からの第 2 クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第 1 電圧および第 2 電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、を有し、

前記電圧制御遅延線は、それぞれが前記制御電圧に基づいて遅延量が変わる、縦列接続された複数の遅延ユニットを有し、

前記縦列接続された複数の遅延ユニットにおける初段の遅延ユニットには、前記入力クロック信号が入力され、

$n$  および  $m$  を正の整数で、 $n < m$  として

前記第 1 クロックは、前記複数段の遅延ユニットにおける  $n$  段目の遅延ユニットから出力され、

前記第 2 クロックは、前記複数段の遅延ユニットにおける m 段目の遅延ユニットから出力され、

前記入力クロック信号は、容量を介して前記初段の遅延ユニットに入力される、  
ことを特徴とするタイミング調整回路。

【請求項 7】

前記入力クロック信号は、差動の入力クロック信号であり、  
前記容量は、

前記初段の遅延ユニットの正論理の入力に設けられ、正論理の入力クロック信号を受け取る第 1 容量と、

前記初段の遅延ユニットの負論理の入力に設けられ、負論理の入力クロック信号を受け取る第 2 容量と、を含む、

ことを特徴とする請求項 6 に記載のタイミング調整回路。

【請求項 8】

さらに、

前記初段の遅延ユニットの前記正論理の入力と負論理の出力の間に設けられた第 1 抵抗と、

前記初段の遅延ユニットの前記負論理の入力と正論理の出力の間に設けられた第 2 抵抗と、を含む、

ことを特徴とする請求項 7 に記載のタイミング調整回路。

【請求項 9】

さらに、

起動していないとき、前記初段の遅延ユニットの差動出力信号におけるコモンモード電圧を、固定電圧に制御し、起動後は、前記初段の遅延ユニットの差動出力端子をフローティング状態にするコモン電圧制御回路を有する、

ことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載のタイミング調整回路。

【請求項 10】

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第 1 クロックと前記電圧制御遅延線からの第 2 クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、  
起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第 1 電圧および第 2 電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、

前記第 1 クロックをマスクする第 1 マスク回路と、

前記第 2 クロックをマスクする第 2 マスク回路と、を有し、

前記第 2 マスク回路の出力信号は、前記第 1 マスク回路の出力信号よりも前に出力される、

ことを特徴とするタイミング調整回路。

【請求項 11】

さらに、

前記第 1 クロックをマスクする第 1 マスク回路と、

前記第 2 クロックをマスクする第 2 マスク回路と、を有し、

前記第 2 マスク回路の出力信号は、前記第 1 マスク回路の出力信号よりも前に出力される、

前記第 1 マスク回路および前記第 2 マスク回路は、前記トランジスタが制御される信号を受け取ってマスク制御を行う、

ことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のタイミング調整回路。

【請求項 12】

タイミング調整回路と、

前記タイミング調整回路により生成された多相クロックを受け取って処理する内部回路

10

20

30

40

50

と、を有する半導体集積回路装置であって、

前記タイミング調整回路は、

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第1クロックと前記電圧制御遅延線からの第2クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第1電圧および第2電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、を有し、

前記スタートアップ回路は、

前記入力クロック信号が第1周波数のときは、前記第2クロックを第2の数だけカウントして停止し、

前記入力クロック信号が前記第1周波数よりも高い第2周波数のときは、前記第2クロックを前記第2の数よりも多い第3の数だけカウントして停止する、

ことを特徴とする半導体集積回路装置。

#### 【請求項13】

タイミング調整回路と、

前記タイミング調整回路により生成された多相クロックを受け取って処理する内部回路と、を有する半導体集積回路装置であって、

前記タイミング調整回路は、

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第1クロックと前記電圧制御遅延線からの第2クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第1電圧および第2電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、を有し、

前記スタートアップ回路は、

前記第2クロックを第1の数だけカウントして停止するようになっており、

前記スタートアップ回路は、

前記第2クロックをカウントする前記第1の数のフリップフロップと、

起動時を示す起動信号および前記第1の数のフリップフロップの出力の論理を取る論理回路と、

前記論理回路の出力信号により制御され、前記制御電圧のレベルを調整するトランジスタと、を含む、

ことを特徴とする半導体集積回路装置。

#### 【請求項14】

タイミング調整回路と、

前記タイミング調整回路により生成された多相クロックを受け取って処理する内部回路と、を有する半導体集積回路装置であって、

前記タイミング調整回路は、

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第1クロックと前記電圧制御遅延線からの第2クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第1電圧および第2電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、を有し、

前記電圧制御遅延線は、それぞれが前記制御電圧に基づいて遅延量が変化する、縦列接続された複数の遅延ユニットを有し、

10

20

30

40

50

前記縦列接続された複数の遅延ユニットにおける初段の遅延ユニットには、前記入力クロック信号が入力され、

n および m を正の整数で、 $n < m$  として

前記第 1 クロックは、前記複数段の遅延ユニットにおける n 段目の遅延ユニットから出力され、

前記第 2 クロックは、前記複数段の遅延ユニットにおける m 段目の遅延ユニットから出力され、

前記入力クロック信号は、容量を介して前記初段の遅延ユニットに入力される、  
ことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 15】

タイミング調整回路と、

前記タイミング調整回路により生成された多相クロックを受け取って処理する内部回路と、を有する半導体集積回路装置であって、

前記タイミング調整回路は、

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第 1 クロックと前記電圧制御遅延線からの第 2 クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第 1 電圧および第 2 電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、

前記第 1 クロックをマスクする第 1 マスク回路と、

前記第 2 クロックをマスクする第 2 マスク回路と、を有し、

前記第 2 マスク回路の出力信号は、前記第 1 マスク回路の出力信号よりも前に出力される、

ことを特徴とする半導体集積回路装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この出願で言及する実施例は、タイミング調整回路および半導体集積回路装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、コンピュータやその他の情報処理機器に使用する半導体記憶装置(例えば、DRAM: Dynamic Random Access Memory)およびプロセッサ等は、その性能向上が顕著である。それに伴って、ボードに搭載されたチップ間や 1 つのチップ内における複数の素子や回路ブロック間の信号伝送を正確で高速に行わなければならない。

【0003】

そこで、例えば、受信側にタイミング調整回路(例えば、DLL 回路: Delay Locked Loop Circuit)を設け、この DLL 回路により入力クロック信号を遅延させて多相クロックを生成し、データを適切なタイミングで取り込む(判定する)ものが知られている。

【0004】

或いは、コンピュータのバスを始めとする高速インターフェースにおいて、シリアルデータおよびパラレルデータを相互変換する SerDes (SERIALIZER/DESERIALIZER) が知られているが、この SerDes に対しても DLL 回路が適用されている。

【0005】

DLL 回路は、縦列接続された複数の遅延ユニットを有し、例えば、第 1 遅延ユニットからの信号( $0^\circ$ )と、第 1 遅延ユニットよりも後段の第 2 遅延ユニットからの信号( $360^\circ$ )の位相差が零になるように制御する。

【0006】

10

20

30

40

50

そして、第1遅延ユニットと第2遅延ユニット間の各遅延ユニットからの信号を利用して、位相の異なる複数の信号(多相クロック)を生成する。なお、DLL回路(タイミング調整回路)は、SerDesだけでなく、様々な電子回路(半導体集積回路装置)に対して幅広く適用されている。

【0007】

ところで、従来、タイミング調整回路としては、様々なものが提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2010-114873号公報

10

【特許文献2】特開2006-025131号公報

【特許文献3】特開2011-055482号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】Kwon, Jae-Wook, et al., "A 3.0 Gb/s clock data recovery circuits based on digital DLL for clock-embedded display interface," ESSCIRC (ESSCIRC), 2012 Proceedings of the, IEEE, September 2012

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

20

前述したように、例えば、縦列接続された複数の遅延ユニットを有するDLL回路は、例えば、SerDesを始めとして様々な電子回路に適用されている。このようなDLL回路が適用された電子回路において、例えば、電源を投入するスタートアップ時には、DLL回路における位相周波数検出器(PFD: Phase Frequency Detector: 位相検出器)が誤動作する虞がある。

【0011】

すなわち、DLL回路の入力信号(入力クロック信号)の周波数が高くなると、PFDの動作可能範囲が狭くなり、例えば、スタートアップ時等において、PFDが誤動作するため、タイミング調整された出力信号の生成が困難になる虞がある。

【課題を解決するための手段】

30

【0012】

一実施形態によれば、電圧制御遅延線と、位相検出器と、制御電圧生成回路と、スタートアップ回路と、を有するタイミング調整回路が提供される。

【0013】

前記電圧制御遅延線は、入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成し、前記位相検出器は、基準になる第1クロックと前記電圧制御遅延線からの第2クロックの位相差を検出する。

【0014】

前記制御電圧生成回路は、検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成し、前記スタートアップ回路は、起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第1電圧および第2電圧の間で連続的に変化させる。前記スタートアップ回路は、前記入力クロック信号が第1周波数のときは、前記第2クロックを第2の数だけカウントして停止し、前記入力クロック信号が前記第1周波数よりも高い第2周波数のときは、前記第2クロックを前記第2の数よりも多い第3の数だけカウントして停止する。

40

【発明の効果】

【0015】

開示のタイミング調整回路および半導体集積回路装置は、入力クロック信号が高速化しても、誤動作を生じることなく、タイミング調整された出力信号を生成することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 6 】

【図 1】図 1 は、タイミング調整回路の一例を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示すタイミング調整回路における遅延ユニットの一例を示す回路図である。

【図 3】図 3 は、図 1 に示すタイミング調整回路の動作を説明するための図である。

【図 4】図 4 は、図 1 に示すタイミング調整回路におけるスタートアップ時の遅延を説明するための図である。

【図 5】図 5 は、図 1 に示すタイミング調整回路における位相周波数検出器の異なる入力クロック信号に対する動作を説明するための図である。

【図 6】図 6 は、図 1 に示すタイミング調整回路における位相周波数検出器の正常動作状態と誤動作状態を説明するための図である。

10

【図 7】図 7 は、タイミング調整回路の第 1 実施例を示すブロック図である。

【図 8】図 8 は、図 7 に示す第 1 実施例のタイミング調整回路におけるスタートアップ回路を抜き出して示す回路図である。

【図 9】図 9 は、図 8 に示すスタートアップ回路の動作を説明するためのタイミング図である。

【図 1 0】図 1 0 は、タイミング調整回路の第 2 実施例を示すブロック図である。

【図 1 1】図 1 1 は、図 1 0 に示す第 2 実施例のタイミング調整回路の動作を説明するための図である。

【図 1 2】図 1 2 は、タイミング調整回路の第 3 実施例を示すブロック図である。

20

【図 1 3】図 1 3 は、タイミング調整回路の第 4 実施例を示すブロック図である。

【図 1 4】図 1 4 は、図 1 3 に示す第 4 実施例のタイミング調整回路の動作を説明するための図である。

【図 1 5】図 1 5 は、各実施例のタイミング調整回路による効果を説明するための図である。

【図 1 6】図 1 6 は、本実施例のタイミング調整回路が適用される半導体集積回路装置の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

まず、タイミング調整回路および半導体集積回路装置の実施例を詳述する前に、タイミング調整回路の一例およびその問題点を図 1 ~ 図 6 を参照して説明する。

30

【 0 0 1 8 】

図 1 は、タイミング調整回路(DLL 回路)の一例を示すブロック図である。図 1 において、参照符号 1 は電圧制御遅延線(VCDL: Voltage Controlled Delay Line)、101~112 は遅延ユニット、そして、203~211 は波形整形ユニットを示す。また、参照符号 3 は位相周波数検出器(PFD: 位相検出器)、4 はチャージポンプ(CP: Charge Pump)、そして、5 は容量を示す。

【 0 0 1 9 】

図 1 に示されるように、VCDL 1 は、縦列接続された複数の遅延ユニット101~112を有し、遅延ユニット103~111の出力信号は、それぞれ対応する波形整形ユニット203~211を介して出力される。

40

【 0 0 2 0 】

波形整形ユニット203~211は、例えば、遅延ユニット103~111の出力信号の振幅レベルを一般的な論理レベルまで増幅して出力するバッファ回路とされている。バッファ回路は、例えば、CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) バッファ回路である。

【 0 0 2 1 】

ここで、波形整形ユニット203の出力信号、すなわち、遅延ユニット103の出力信号(位相が 0° の信号)を波形整形した信号(CK0: 参照クロック信号)REF は、PFD 3 の一方の入力に与えられる。

【 0 0 2 2 】

50

また、波形整形ユニット211の出力信号、すなわち、遅延ユニット111の出力信号(位相が $360^\circ$ の信号)を波形整形した信号(C K360: フィードバッククロック信号)F Bは、P F D 3の他方の入力に与えられる。

【0023】

P F D (位相周波数検出器) 3は、入力された波形整形ユニット203の出力信号(参照クロック信号)R E Fと波形整形ユニット211の出力信号(フィードバッククロック信号)F Bの位相差を検出してアップ信号U Pまたはダウン信号D NをC P 4に出力する。

【0024】

C P (チャージポンプ) 4は、P F D 3からの信号U P, D Nに従って容量5に保持される電荷量を制御する。すなわち、制御電圧 $V_{ctrl}$ は、参照クロック信号R E Fとフィードバッククロック信号F Bの位相が同期する( $360^\circ (= 0^\circ)$ になる)ように制御される。

【0025】

図1において、遅延ユニット(第1遅延ユニット)103と遅延ユニット(第2遅延ユニット)111の間には、7個の遅延ユニット104~110が設けられている。そして、第1遅延ユニット103の出力信号C K0に対応する信号R E Fと第2遅延ユニット111の出力信号C K360に対応する信号F Bの位相を同期させるように制御することで、八相クロックC K0, C K45, C K90, ..., C K360を得ることができる。

【0026】

すなわち、 $n$ および $m$ を正の整数で、 $n < m$ とすると、例えば、参照クロック信号R E Fは、 $n$ 段目の遅延ユニットから出力され、フィードバッククロック信号F Bは、 $m$ 段目の遅延ユニットから出力されることになる。

【0027】

図2は、図1に示すタイミング調整回路における遅延ユニットの一例を示す回路図であり、図3は、図1に示すタイミング調整回路の動作を説明するための図である。ここで、図3(a)は、信号C K0, C K90, C K180, C K270, C K360の関係を示し、図3(b)は、制御電圧 $V_{ctrl}$ と遅延時間の関係を示す。

【0028】

図2に示されるように、遅延ユニット100(101~112)は、全て同様の回路構成とされ、 $p$ チャネル型MOS( $p$ MOS)トランジスタ $Q_{p1} \sim Q_{p5}$ および $n$ チャネル型MOS( $n$ MOS)トランジスタ $Q_{n1} \sim Q_{n4}$ を有する。

【0029】

ここで、対応関係を示す一例として、図1における遅延ユニット108に注目すると、図2に示す遅延ユニット100(108)における入力の差動対トランジスタ $Q_{n1}$ および $Q_{n2}$ のゲートが、差動入力I Nおよび $\bar{I} N$ に対応する。ここで、入力I Nは、正論理(非反転論理)の入力を示し、 $\bar{I} N$ は、負論理(反転論理)の入力を示す。

【0030】

また、トランジスタ $Q_{p2}$ のドレイン(トランジスタ $Q_{p1}$ のゲートおよびドレイン)とトランジスタ $Q_{n1}$ のドレインの接続ノードが負論理(反転論理)の出力 $\bar{O} U T$ に対応する。さらに、トランジスタ $Q_{p3}$ のドレイン(トランジスタ $Q_{p4}$ のゲートおよびドレイン)とトランジスタ $Q_{n2}$ のドレインの接続ノードが正論理(非反転論理)の出力O U Tに対応する。

【0031】

図2に示されるように、制御電圧 $V_{ctrl}$ は、 $n$ MOSトランジスタ $Q_{n3}$ および $Q_{n4}$ のゲートに印加され、トランジスタ $Q_{n3}$ および $Q_{n4}$ の駆動能力(流れる電流)は、制御電圧 $V_{ctrl}$ の電圧レベルにより制御される。

【0032】

ここで、制御電圧 $V_{ctrl}$ の電圧レベルが高くなると、トランジスタ $Q_{n3}$ は十分にオンし、また、トランジスタ $Q_{n4}$ も十分にオンしてトランジスタ $Q_{p2}$ および $Q_{p3}$ のゲート電圧が低くなる。これにより、遅延ユニット100の駆動能力が大きくなって遅延時間が短くなる。逆に、制御電圧 $V_{ctrl}$ のレベルが低くなると、遅延ユニット100による遅延時間が長くなる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 3 】

すなわち、図 3 (b)に示されるように、制御電圧  $V_{cntl}$  は、初期状態で零 ( $V_{cntl} = 0$ ) とされ、このとき、 $VCDL1$  (遅延ユニット101~112) は、信号を伝搬しない。また、 $PFD3$  に入力される参照クロック信号  $REF$  およびフィードバッククロック信号  $FB$  は、零 ( $REF = 0$ ,  $FB = 0$ ) のまま遷移しない。従って、制御電圧  $V_{cntl}$  は、初期状態 ( $V_{cntl} = 0$ ) を維持する。

## 【 0 0 3 4 】

それぞれの遅延ユニット100(101~112)は、例えば、制御電圧  $V_{cntl}$  のレベル(電圧)が、トランジスタ  $Qn3$  および  $Qn4$  の閾値電圧  $V_{th}$  を超えると動作を開始し、高電位になるに従って駆動能力が大きくなって、遅延時間が短くなる。

10

## 【 0 0 3 5 】

なお、波形整形ユニット203~211は、全て同様の回路構成とされ、各波形整形ユニットによる遅延時間も一定になっている。従って、例えば、 $DLL$  回路(タイミング調整回路)がロックしたときは、各波形整形ユニット203~211から出力される八相クロックは、遅延ユニット103~111から出力される互いに位相が  $45^\circ$  だけ異なる八相クロック  $CK0$ ,  $CK45$ ,  $CK90$ , ...,  $CK360$  に対応することになる。

## 【 0 0 3 6 】

次に、説明を簡略化するために、各波形整形ユニット203~211による一定の遅延時間を省いて、遅延ユニット103~111による出力信号を、多相クロック  $CK0 \sim CK360$  とみなして説明する。

20

## 【 0 0 3 7 】

すなわち、図 3 (a)を参照して、図 1 における遅延ユニット103, 105, 107, 109, 111の出力信号を、波形整形ユニット203, 205, 207, 209, 211の出力信号(クロック信号  $CK0$ ,  $CK90$ ,  $CK180$ ,  $CK270$ ,  $CK360$ )として説明する。

## 【 0 0 3 8 】

信号  $CK0$  は、入力クロック信号  $CLK$  を 3 段の遅延ユニット101~103で遅延した信号である。ここで、入力クロック信号  $CLK$  は、例えば、正論理および負論理の差動(相補)の入力クロック信号を表している。

## 【 0 0 3 9 】

信号  $CK90$  は、入力クロック信号  $CLK$  を 5 段の遅延ユニット101~105で遅延した信号、すなわち、遅延ユニット103の出力信号  $CK0$  をさらに 2 段の遅延ユニット104, 105で遅延した信号である。

30

## 【 0 0 4 0 】

さらに、信号  $CK180$  は、入力クロック信号  $CLK$  を 7 段の遅延ユニット101~107で遅延した信号、すなわち、遅延ユニット105の出力信号  $CK90$  をさらに 2 段の遅延ユニット106, 107で遅延した信号である。そして、他の信号  $CK270$ ,  $CK360 (= CK0)$  も同様に、遅延ユニットにより順次遅延することで生成される。

## 【 0 0 4 1 】

なお、図 3 (a)では、四相クロック  $CK0 (CK360)$ ,  $CK90$ ,  $CK180$ ,  $CK270$  を示しているが、八相クロック  $CK0$ ,  $CK45$ ,  $CK90$ , ...,  $CK360$ 、或いは、他の多相クロックに関しても、遅延ユニットの段数等を変更することで、同様に生成することができる。

40

## 【 0 0 4 2 】

図 1 および図 2 を参照して説明した  $DLL$  回路(タイミング調整回路)は、入力クロック信号  $CLK$  を順次遅延させることで、多相(八相)クロック信号を生成する。ここで、制御電圧  $V_{cntl}$  は、全ての遅延ユニット101~112(100)におけるトランジスタ  $Qn3$  および  $Qn4$  のゲートに印加され、この制御電圧  $V_{cntl}$  のレベルをフィードバック制御することにより、信号  $REF$  および  $FB$  を同期させるようになっている。

## 【 0 0 4 3 】

このように、参照クロック信号  $REF$  とフィードバッククロック信号  $FB$  の位相を同期させる(零にする)ことにより、遅延ユニット103~111から互いに位相が  $45^\circ$  だけ異なる

50

8つの信号(八相クロック：多相クロック)が得られることになる。

【0044】

なお、遅延ユニット101~112および波形整形ユニット203~211は、差動構成とされているが、シングルエンド構成であってもよい。また、VCDL1の構成、第1遅延ユニット103と第2遅延ユニット111間に設ける遅延ユニットの段数、並びに、遅延ユニットおよび波形整形ユニットの回路構成等は、様々に変更することができるのは言うまでもない。

【0045】

ところで、前述した図2において、スタートアップ時に、制御電圧 $V_{cntl} = 0V$ とした場合、VCDL1を構成する各遅延ユニット101~112(100)が動作しないため、図1に示すDLL回路(タイミング調整回路)は起動しない。そこで、スタートアップ時に、制御電圧 $V_{cntl}$ として電源電圧(高電位電源電圧)VDDを与える場合を、図4を参照して説明する。

10

【0046】

図4は、図1に示すタイミング調整回路におけるスタートアップ時の遅延を説明するための図であり、図4(a)は、制御電圧 $V_{cntl}$ と遅延時間の関係を示し、図4(b)は、起動時( $t_0$ )における制御電圧 $V_{cntl}$ の時間変化を示す。

【0047】

まず、制御電圧 $V_{cntl}$ として電源電圧(高電位電源電圧)VDDを与え、そこから制御電圧 $V_{cntl}$ のレベルを低下させると、例えば、1つの遅延ユニット100(101~112)における遅延時間は、図4(a)のように変化する。

20

【0048】

また、起動時の制御電圧 $V_{cntl}$ として電源電圧VDDを与え、そこから上述したタイミング調整回路(DLL回路)によるフィードバック制御を行うことにより、制御電圧 $V_{cntl}$ は、安定した多相クロックを生成するロック電圧Vlockまで図4(b)のように変化する。

【0049】

図5は、図1に示すタイミング調整回路における位相周波数検出器の異なる入力クロック信号に対する動作を説明するための図である。

【0050】

図5(a)および図5(c)は、入力クロック信号CLKが第1周波数の場合を示し、図5(b)および図5(d)は、入力クロック信号CLKが第1周波数の2倍の第2周波数の場合を示す。ここで、入力クロック信号CLKの周波数としては、例えば、数GHz~数十GHz程度が想定される。

30

【0051】

また、図5(a)および図5(b)は、PFD3の入力信号REF, FBおよび出力信号UP, DNを示し、図5(c)および図5(d)は、PFD3の入力位相と出力位相の関係を示す。なお、図5(a)および図5(b)は、参照クロック信号REFは、フィードバッククロック信号FBの立ち上がりタイミングよりも先に立ち上がる(REFの方がFBよりも位相が進んでいる)場合を示す。

【0052】

ここで、起動時における制御として、例えば、VCDL1による遅延制御を開始するときの制御電圧 $V_{cntl}$ は、ロック電圧Vlockよりも高い電圧とされる。そのため、参照クロック信号REFは、所定期間マスクされ、フィードバッククロック信号FBが出力された(立ち上がった)後に参照クロック信号REFが出力されるようになっている。

40

【0053】

すなわち、図1では省略されているが、例えば、起動時において、参照クロック信号REFをフィードバッククロック信号FBよりも後に出力するために、後述する図7におけるマスク回路61, 62に相当する回路が設けられている。なお、REFがFBよりも後に出力されるとき、PFD3からは、最初にダウン信号DNが出力されることになる。

【0054】

さらに、アップ信号UPおよびダウン信号DNが両方とも出力されない状態を避けるた

50

めに、図 5 (a)および図 5 (b)に示されるように、通常、信号 U P および D N が両方とも出力される同時オン期間 1 を設けることも行われる。なお、参照符号 2 は、P F D 3 が信号 R E F および F B の遷移(立ち上がりタイミング)から位相差を検出して信号(パルス) U P , D N を制御するまでのセットアップ期間を示す。

【 0 0 5 5 】

図 5 (a)と図 5 (b)の比較から明らかなように、入力クロック信号 C L K の周波数が 2 倍になっても(周期 T が半分の  $T / 2$  になっても)、信号 U P , D N が同時に出力される同時オン期間 1、および、P F D 3 のセットアップ期間 2 は、変化しない。

【 0 0 5 6 】

すなわち、図 5 (c)と図 5 (d)の比較から明らかなように、入力クロック信号 C L K の周波数が 2 倍になっても、P F D 3 が正しく動作しない非動作範囲  $Rd(= 1 + 2)$  は、変化しない。そして、P F D 3 の出力位相において、入力クロック信号 C L K の周波数が 2 倍になったときの正常動作範囲(動作可能位相範囲)は、 $Rca$  から  $Rcb$  へ大幅に低下することになる。

【 0 0 5 7 】

図 6 は、図 1 に示すタイミング調整回路における位相周波数検出器の正常動作状態と誤動作状態を説明するための図である。ここで、図 6 (a)および図 6 (b)は、P F D (位相周波数検出器) 3 の入出力信号 R E F , F B , U P , D N を示し、図 6 (a)は、正常動作状態を示し、図 6 (b)は、誤動作状態を示す。

【 0 0 5 8 】

また、図 6 (c)は、正常動作状態および誤動作状態における制御電圧  $V_{cntl}$  の時間変化を示す。なお、図 6 (c)において、曲線 L a は、正常動作状態における制御電圧  $V_{cntl}$  の時間変化を示し、曲線 L b は、誤動作状態における制御電圧  $V_{cntl}$  の時間変化を示す。また、図 6 (c)において、参照符号  $t_0$  は、起動時のタイミングを示し、 $t_1$  は、誤動作が生じたタイミングを示す。

【 0 0 5 9 】

なお、図 6 では、制御電圧  $V_{cntl}$  を、高電位の電源電圧  $V_{DD}$  から、安定した多相クロックを生成するロック電圧  $V_{lock}$  まで低下させる場合を示し、参照クロック信号 R E F は、フィードバッククロック信号 F B の立ち上がりタイミングよりも先に立ち上がる。すなわち、R E F の方が F B よりも位相が進んでいる。

【 0 0 6 0 】

まず、図 6 (a)に示されるように、正常動作状態において、制御電圧  $V_{cntl}$  は、ロック電圧  $V_{lock}$  よりも高い電源電圧  $V_{DD}$  から低くなるように制御される。すなわち、R E F の立ち上がりタイミングは、F B の立ち上がりタイミングよりも先なので、高レベル『H』の期間の長いパルス信号 D N が出力される。なお、前述したように、参照符号 1 は、信号 U P , D N が同時に出力される同時オン期間を示し、2 は、P F D 3 のセットアップ期間を示す。

【 0 0 6 1 】

そして、図 6 (a)に示すようなフィードバック制御が正常に行われることにより、例えば、図 6 (c)中の曲線 L a に示されるように、制御電圧  $V_{cntl}$  は、電源電圧  $V_{DD}$  から低下するように制御され、ロック電圧  $V_{lock}$  に収束することになる。

【 0 0 6 2 】

一方、図 6 (b)に示されるように、誤動作状態において、例えば、P F D 3 が、R E F の立ち上がりタイミングを、F B の立ち上がりタイミングよりも後であると判定して処理を行うと、『H』の期間が信号 D N よりも長いパルス信号 U P が出力される。

【 0 0 6 3 】

なお、例えば、1 + 2 の区間において、参照クロック信号 R E F またはフィードバッククロック信号 F B の次のエッジが立ち上がる場合に、上述した誤動作状態が生じ得る。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

50

すなわち、例えば、図 6 (c) 中の曲線 L b に示されるように、タイミング t 1 で、R E F の立ち上がりタイミングが F B の立ち上がりタイミングよりも後であると判定すると、制御電圧 V cntl は、上昇するように制御されて電源電圧 V D D に張り付いてしまう。その結果、D L L 回路は、タイミング調整された出力信号の生成が困難になる。

【 0 0 6 5 】

以下、タイミング調整回路および半導体集積回路装置の実施例を、添付図面を参照して詳述する。図 7 は、タイミング調整回路の第 1 実施例を示すブロック図である。

【 0 0 6 6 】

図 7 において、参照符号 1 は電圧制御遅延線 (V C D L)、101~112 は遅延ユニット、203~211 は波形整形ユニット、そして、3 は位相周波数検出器 (P F D : 位相検出器) を示す。また、参照符号 4 はチャージポンプ (C P)、5 は容量、6 1、6 2 はマスク回路、そして、7 はスタートアップ回路を示す。

10

【 0 0 6 7 】

図 7 と前述した図 1 の比較から明らかなように、第 1 実施例のタイミング調整回路 (D L L 回路) は、図 1 に示すタイミング調整回路に対して、スタートアップ回路 7 が追加されている。

【 0 0 6 8 】

なお、図 7 では、ナンドゲート 7 3 の出力信号 (トランジスタ 7 4 のゲート信号 xstup) により制御されるマスク回路 6 1、6 2 が設けられ、フィードバッククロック信号 F B ' が出力された後に参照クロック信号 R E F が出力されるようになっている。

20

【 0 0 6 9 】

V C D L 1 は、縦列接続された複数の遅延ユニット 101~112 を有し、遅延ユニット 103~111 の出力信号は、それぞれ対応する波形整形ユニット 203~211 を介してクロック信号 (多相クロック) C K 0~C K 360 として出力される。

【 0 0 7 0 】

ここで、第 1 実施例のタイミング調整回路において、遅延ユニット 101~112 および波形整形ユニット 203~211 は、例えば、図 1 を参照して説明したタイミング調整回路と同様のもの、或いは、知られている様々なものを適用することができる。具体的に、各遅延ユニット 101~112 としては、例えば、図 2 に示す遅延ユニット 100 をそのまま適用することができる。

30

【 0 0 7 1 】

波形整形ユニット 203~211 は、例えば、遅延ユニット 103~111 の出力信号の振幅レベルを一般的な論理レベルまで増幅して出力するバッファ回路とされている。ここで、バッファ回路は例えば、C M O S バッファ回路である。遅延ユニット 103 の出力信号 (位相が 0 ° の信号) を波形整形ユニット 203 により波形整形した信号 (C K 0 : 参照クロック信号) R E F は、マスク回路 6 1 で所定期間マスクされ、信号 R E F ' として P F D 3 の一方の入力に与えられる。

【 0 0 7 2 】

また、遅延ユニット 111 の出力信号 (位相が 3 6 0 ° の信号) を波形整形ユニット 211 により波形整形した信号 (C K 360 : フィードバッククロック信号) F B は、マスク回路 6 2 で所定期間マスクされ、信号 F B ' として P F D 3 の他方の入力に与えられる。

40

【 0 0 7 3 】

P F D 3 は、入力された参照クロック信号 R E F ' とフィードバッククロック信号 F B ' の位相差を検出してアップ信号 U P またはダウン信号 D N を C P 4 に出力する。ここで、マスク回路 6 1、6 2 は、起動時において、信号 F B ' が出力された (立ち上がった) 後に信号 R E F ' が出力されるようにマスク制御するためのもので、例えば、ナンドゲート 7 3 の出力信号 (xstup) により制御される。

【 0 0 7 4 】

C P 4 は、P F D 3 からの信号 U P、D N に従って容量 5 に保持される電荷量を制御する。すなわち、制御電圧 V cntl は、参照クロック信号 R E F (R E F ' ) とフィードバック

50

クロック信号  $F B (F B')$  の位相が同期する ( $360^\circ (= 0^\circ)$  になる) ように制御される。

【0075】

なお、図7においても、図1を参照して説明したのと同様に、第1遅延ユニット103と第2遅延ユニット111の間に設ける遅延ユニットの段数は、7つに限定されるものではなく、所望の多相クロックを生成することができる。また、回路構成も、差動ではなくシングルエンド構成としてもよいのはいうまでもない。

【0076】

スタートアップ回路7は、例えば、縦列接続された3段のフリップフロップ711~713、インバータ721, 722、ナンドゲート73およびpMOSトランジスタ74を有する。このスタートアップ回路7により、起動時において、制御電圧  $V_{ctrl}$  を、目的とするターゲット電圧(ロック電圧)  $V_{lock}$  の近傍の電圧になるように制御する。

【0077】

これにより、例えば、入力クロック信号  $CLK$  の周波数が高くて  $PFD3$  の動作可能位相範囲が狭い場合でも、 $PFD3$  は誤動作することなく、 $DDL$  回路(タイミング調整回路)はタイミング調整された出力信号を生成することを可能にする。

【0078】

図8は、図7に示す第1実施例のタイミング調整回路におけるスタートアップ回路を抜き出して示す回路図であり、図9は、図8に示すスタートアップ回路の動作を説明するためのタイミング図である。

【0079】

図8に示されるように、スタートアップ回路7において、縦列接続された3段のフリップフロップ711~713における初段のフリップフロップ711のデータ入力端子Dは、高電位の電源線に接続され、高電位電源電圧  $V_{DD}$  が印加されるようになっている。

【0080】

なお、各フリップフロップ711~713のクロック端子CKには、マスク回路62の出力信号  $F B'$  ではなく、波形整形ユニット211の出力信号  $CK_{360}$  (フィードバッククロック信号  $F B$ ) が直接入力されている。

【0081】

初段のフリップフロップ711のデータ出力端子Qは、2段目のフリップフロップ712のデータ入力端子Dに接続され、また、2段目のフリップフロップ712のデータ出力端子Qは、3段目のフリップフロップ713のデータ入力端子Dに接続されている。3段目のフリップフロップ713のデータ出力端子Qからの出力信号は、インバータ722を介してナンドゲート73の一方の入力に供給されている。

【0082】

ナンドゲート73の他方の入力には、起動信号(パワーダウン信号)  $PD$  をインバータ721で論理反転した信号が供給され、ナンドゲート73の出力信号は、トランジスタ74のゲート信号  $xstup$  としてトランジスタ74を制御するようになっている。

【0083】

ここで、起動信号  $PD$  は、起動時 ( $t_0$ ) において、高レベル『H』から低レベル『L』に立ち下がる信号である。また、各フリップフロップ711~713のデータ出力(Q)は、初期状態で『L』になっており、起動時  $t_0$  においても『L』に維持されている。従って、インバータ722の出力信号は『H』になっている。

【0084】

図9に示されるように、例えば、タイミング  $t_0$  において、起動信号  $PD$  が『H』から『L』に立ち下がる(パワーダウンが解除される)と、ナンドゲート73の入力信号が両方とも『H』になるため、ナンドゲート73の出力信号は『L』になる。

【0085】

すなわち、トランジスタ74のゲート信号  $xstup$  が『H』から『L』に立ち下がり、トランジスタ74がオンし、制御電圧  $V_{ctrl}$  は連続的に変化し、徐々に上昇する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 6 】

ここで、タイミング  $t_0$  から  $t_2$  までの期間  $P_1$  では、制御電圧  $V_{cntl}$  は、連続的に上昇し続けるが、例えば、図 2 を参照して説明した各遅延ユニット 100 (101 ~ 112) における  $n$  MOS トランジスタ  $Q_{n3}$  ,  $Q_{n4}$  の閾値電圧  $V_{th}$  よりも低い ( $V_{cntl} < V_{th}$ )。そのため、 $V_{CDL1}$  における各遅延ユニット 101 ~ 112 は、信号伝搬を行わない。

## 【 0 0 8 7 】

次に、タイミング  $t_2$  において、制御電圧  $V_{cntl}$  が閾値電圧  $V_{th}$  を超える ( $V_{cntl} > V_{th}$ ) と、遅延ユニット 101 ~ 112 が活性化され、それぞれ入力信号に対して制御電圧  $V_{cntl}$  に従った遅延量を与えて出力信号として出力する信号伝搬動作が開始される。

## 【 0 0 8 8 】

ここで、期間  $P_2$  では、制御電圧  $V_{cntl}$  はさらに連続的に上昇し続けるが、遅延ユニット 111 (波形整形ユニット 211) まで信号が伝えられず、タイミング  $t_3$  において、波形整形ユニット 211 からフィードバッククロック信号  $FB$  (CK360) が出力される。

## 【 0 0 8 9 】

そして、期間  $P_3$  では、タイミング  $t_3$  から出力されたフィードバッククロック信号  $FB$  を、スタートアップ回路 7 におけるフリップフロップ 711 ~ 713 で処理し、信号  $FB$  の 3 個目の立ち上がりタイミング  $t_4$  において、トランジスタ 74 をオフする。

## 【 0 0 9 0 】

すなわち、3 段のフリップフロップ 711 ~ 713 のクロック入力  $CK$  には、フィードバッククロック信号  $FB$  が入力され、その信号  $FB$  の 3 個目の立ち上がりタイミング  $t_4$  でフリップフロップ 713 のデータ出力 ( $Q$ ) が『L』から『H』に変化する。

## 【 0 0 9 1 】

これにより、インバータ 722 の出力が『H』から『L』に変化し、ナンドゲート 73 の出力信号 ( $xstup$ ) が『L』から『H』に立ち上がってトランジスタ 74 がオフし、スタートアップ回路 7 が停止する。

## 【 0 0 9 2 】

この起動時におけるスタートアップ回路 7 (トランジスタ 74) の動作により、制御電圧  $V_{cntl}$  は、目的とするロック電圧  $V_{lock}$  の近傍の電圧になる。なお、トランジスタ 74 がオフするタイミング  $t_4$  以後の動作、すなわち、期間  $P_4$  における動作は、例えば、図 1 ~ 図 5 を参照して説明したのと同様である。

## 【 0 0 9 3 】

なお、スタートアップ回路 7 が停止するタイミング  $t_4$  において、制御電圧  $V_{cntl}$  は、ロック電圧  $V_{lock}$  の近傍で  $V_{lock}$  よりも高い電圧 ( $V_{cntl} > V_{lock}$ ) に設定されるのが好ましい。

## 【 0 0 9 4 】

この制御電圧  $V_{cntl}$  の設定を、適切な  $V_{cntl} > V_{lock}$  とするには、例えば、スタートアップ回路 7 におけるフリップフロップ (711 ~ 713) の段数や  $p$  MOS トランジスタ 74 のサイズを調整する。或いは、後に図 10 を参照して説明するように、 $V_{CDL1}$  の入力に設ける容量 81 , 82 の値を調整することで、適切な  $V_{cntl} > V_{lock}$  を実現することもできる。

## 【 0 0 9 5 】

すなわち、フリップフロップ (711 ~ 713) の段数を増加すれば、スタートアップ回路 7 が動作している期間を長くすることができ、また、トランジスタ 74 のサイズを大きくすれば、制御電圧  $V_{cntl}$  をプルアップする駆動能力を大きくすることができる。なお、 $V_{CDL1}$  の入力に設ける容量 81 , 82 の値を大きくすれば、スタートアップ回路 7 が動作している期間を長くすることができる。

## 【 0 0 9 6 】

このように、第 1 実施例のタイミング調整回路によれば、例えば、入力クロック信号  $CLK$  の周波数が高くて  $PFD3$  の動作可能位相範囲が狭い場合でも、制御電圧  $V_{cntl}$  が電源電圧  $V_{DD}$  に張り付くような誤動作をなくして正常に動作させることが可能になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 7 】

以上において、スタートアップ回路 7 は、起動時以外は動作しない、すなわち、トランジスタ 7 4 は、起動時以外はオフしているため、タイミング制御回路が通常動作を行っているときには、多相クロックの生成動作に影響を与えることはない。

## 【 0 0 9 8 】

なお、前述したように、参照クロック信号 R E F およびフィードバッククロック信号 F B は、マスク回路 6 1 および 6 2 により所定期間マスクされ、P F D 3 に与えられる信号 F B ' が出力された後に、信号 R E F ' が出力されるように制御されている。

## 【 0 0 9 9 】

すなわち、タイミング  $t_4$  でスタートアップ回路 7 による起動時の制御電圧  $V_{ctrl}$  の設定が行われた後、まず、フィードバッククロック信号 F B ' が立ち上がり、その後、参照クロック信号 R E F ' が立ち上がるようになっている。この場合、P F D 3 からは、最初にダウン信号 D N が出力されることになる。これは、以下に述べる他の実施例でも同様である。

## 【 0 1 0 0 】

図 1 0 は、タイミング調整回路の第 2 実施例を示すブロック図である。図 1 0 と上述した図 7 の比較から明らかなように、第 2 実施例のタイミング調整回路は、第 1 実施例のタイミング調整回路に対して、容量 8 1 , 8 2 および抵抗 8 3 , 8 4 が追加されている。

## 【 0 1 0 1 】

すなわち、第 2 実施例のタイミング調整回路において、V C D L (電圧制御遅延線) 1 における初段の遅延ユニット 101 の差動入力 I N p , I N m には、容量 8 1 , 8 2 を介して差動のクロック信号 C L K p , C L K m が入力されている。すなわち、入力クロック信号 C L K (C L K p , C L K m) は、容量結合を介して V C D L 1 (初段の遅延ユニット 101) に入力されるようになっている。

## 【 0 1 0 2 】

さらに、初段の遅延ユニット 101 において、正論理の入力 I N p と負論理の出力 O U T m の間に抵抗 8 3 を設けると共に、負論理の入力 I N m と正論理の出力 O U T p の間に抵抗 8 4 を設け、コモンモード電圧  $V_{cm}$  を所定の電圧レベルに近づけるようになっている。

## 【 0 1 0 3 】

図 1 1 は、図 1 0 に示す第 2 実施例のタイミング調整回路の動作を説明するための図である。図 1 1 において、参照符号 0 (VCDL) および  $V_{cm0}$  は、遅延ユニット 103 の差動出力信号およびそのコモン電圧を示し、360 (VCDL) および  $V_{cm360}$  は、遅延ユニット 111 の差動出力信号およびそのコモン電圧を示す。

## 【 0 1 0 4 】

図 1 1 に示されるように、タイミング  $t_0$  でスタートアップ回路 7 が起動 (トランジスタ 7 4 がオン) すると、期間 P 1 において、制御電圧  $V_{ctrl}$  は徐々に上昇するが、閾値電圧  $V_{th}$  よりも低いので、遅延ユニット 101 ~ 112 による信号伝搬はおこなわれない。

## 【 0 1 0 5 】

次に、タイミング  $t_2$  において、 $V_{ctrl} > V_{th}$  になると、遅延ユニット 101 ~ 112 による信号伝搬が開始される。しかしながら、図 1 1 の期間 P 2 に示されるように、遅延ユニット 103 , 111 の差動出力信号 0 (VCDL) , 360 (VCDL) およびコモン電圧  $V_{cm0}$  ,  $V_{cm360}$  は、信号の伝搬は行われるが波形整形ユニット 203 , 211 に信号を伝えることが困難になる。

## 【 0 1 0 6 】

すなわち、初段の遅延ユニット 101 に設けた容量 8 1 , 8 2 により、遅延ユニット 111 の差動出力信号 360 (VCDL) は、コモン電圧  $V_{cm360}$  が安定しないために小振幅の信号となり、波形整形ユニット (C M O S バッファ) 211 を駆動することが困難になる。そのため、コモン電圧  $V_{cm360}$  が安定して波形整形ユニット 211 を駆動してフィードバッククロック信号 F B が出力されるタイミング  $t_3$  までの期間が長くなる。

## 【 0 1 0 7 】

なお、トランジスタ 7 4 がオフ (スタートアップ回路 7 が停止) するタイミング  $t_4$  以後

10

20

30

40

50

の動作、すなわち、期間 P 4 における動作は、例えば、図 1 ~ 図 5 を参照して説明したのと同様である。

【 0 1 0 8 】

このように、第 2 実施例のタイミング調整回路は、容量結合を介して V C D L 1 (初段の遅延ユニット101)に入力クロック信号 C L K を入力することにより、スタートアップ回路 7 が動作している期間を長くすることができる。これは、例えば、スタートアップ回路 7 におけるフリップフロップ 711 ~ 713 の段数の低減を可能にする。

【 0 1 0 9 】

図 1 2 は、タイミング調整回路の第 3 実施例を示すブロック図である。図 1 2 と上述した図 1 0 の比較から明らかなように、第 3 実施例のタイミング調整回路は、第 2 実施例のタイミング調整回路に対して、コモン電圧制御回路 9 が追加されている。

10

【 0 1 1 0 】

図 1 2 に示されるように、コモン電圧制御回路 9 は、起動信号(パワーダウン信号) P D を使用してスイッチ 9 1 , 9 2 を制御するようになっている。

【 0 1 1 1 】

すなわち、図 1 0 を参照して説明した第 2 実施例では、起動時において、例えば、遅延ユニット103の差動出力信号 0 (VCDL)におけるコモン電圧 V cm0、および、遅延ユニット111の差動出力信号 360 (VCDL)におけるコモン電圧 V cm360 は、安定していない。

【 0 1 1 2 】

そこで、タイミング調整回路が起動していないとき(パワーダウン時)において、初段の遅延ユニット101の差動出力信号のコモン電圧 ( V cm-90 ) を所定の電圧レベル ( V bias ) に固定する。すなわち、タイミング調整回路が起動していないとき、起動信号 P D は『 H 』となっており、この『 H 』の起動信号 P D によりスイッチ 9 1 , 9 2 をオンする。

20

【 0 1 1 3 】

そして、タイミング t 0 で起動信号 P D が『 H 』から『 L 』に立ち下がるのを受けてスイッチ 9 1 , 9 2 をオフする。すなわち、タイミング調整回路が起動したら、スイッチ 9 1 , 9 2 をオフして、コモン電圧(初段の遅延ユニット101の差動出力端子 O U T p , O U T m )をフローティング状態にする。

【 0 1 1 4 】

これにより、起動時のコモン電圧を所定の電圧レベル ( V bias ) にすることで、例えば、図 1 1 における期間 P 2 の長さを安定させることができる。すなわち、容量結合を介して初段の遅延ユニット101にクロック信号 C L K を入力したことによるスタートアップ回路 7 の動作期間を認識して回路設計等を行うことが可能になる。

30

【 0 1 1 5 】

図 1 3 は、タイミング調整回路の第 4 実施例を示すブロック図である。図 1 3 と前述した図 1 0 の比較から明らかなように、第 4 実施例のタイミング調整回路は、第 2 実施例のタイミング調整回路において、スタートアップ回路 7 の構成が異なっている。

【 0 1 1 6 】

すなわち、第 4 実施例のタイミング調整回路は、入力クロック信号 C L K ( C L K p , C L K m ) の周波数に応じて、スタートアップ回路 7 におけるフリップフロップの段数を制御し、スタートアップ回路 7 が動作する期間を制御するようになっている。

40

【 0 1 1 7 】

図 1 3 に示されるように、第 4 実施例のタイミング調整回路において、スタートアップ回路 7 は、図 1 0 の回路構成に加えて、さらに、縦列接続された 3 段のフリップフロップ 751 ~ 753 およびオアゲート 7 6 を含む。

【 0 1 1 8 】

各フリップフロップ 751 ~ 753 のクロック端子 C K には、フィードバッククロック信号 F B が入力され、初段のフリップフロップ 751 のデータ入力端子 D には、高電位電源電圧 V D D が印加されるようになっている。

【 0 1 1 9 】

50



初段のフリップフロップ751のデータ出力端子Qは、2段目のフリップフロップ752のデータ入力端子Dに接続され、また、2段目のフリップフロップ752のデータ出力端子Qは、3段目のフリップフロップ753のデータ入力端子Dに接続されている。3段目のフリップフロップ753のデータ出力端子Qからの出力信号は、オアゲート76の一方の入力に供給されている。

【0120】

なお、オアゲート76の他方の入力には、選択信号SELが供給され、図10のスタートアップ回路7におけるフリップフロップ711のデータ入力端子Dには、高電位電源電圧VDDではなく、オアゲート76の出力信号が供給されるようになっている。

【0121】

図14は、図13に示す第4実施例のタイミング調整回路の動作を説明するための図である。図14において、選択信号SELが高レベル『H』のとき(SEL = H)の入力クロック信号CLK(CLKp, CLKm)の周波数をf1とすると、選択信号SELが低レベル『L』のとき(SEL = L)の入力クロック信号CLKの周波数はf1 × 2になっている。

【0122】

また、参照符号Vcm360Hは、入力クロック信号CLKの周波数がf1のときにおける遅延ユニット111の差動出力信号のコモン電圧を示し、Vcm360Lは、クロック信号CLKの周波数がf1 × 2のときにおける遅延ユニット111の差動出力信号のコモン電圧を示す。

【0123】

図14に示されるように、例えば、入力クロック信号CLKの周波数がf1のとき、選択信号SELは『H』とされ、オアゲート76の出力信号は『H』になる。従って、フリップフロップ711のデータ入力端子Dは、『H』になるため、スタートアップ回路7は、前述した図10と同様に機能する。すなわち、フィードバッククロック信号FBの3回目の立ち上がりタイミングでスタートアップ回路7を停止する。

【0124】

一方、例えば、入力クロック信号CLKの周波数がf1 × 2のとき、選択信号SELは『L』とされ、オアゲート76の出力信号は、フリップフロップ753のデータ出力端子Qの信号レベルに従って変化する。従って、フリップフロップ711のデータ入力端子Dには、フリップフロップ753のデータ出力端子Qの信号が入力され、6段のフリップフロップ751~753, 711~713が縦列接続されたことになる。すなわち、フィードバッククロック信号FBの6回目の立ち上がりタイミングでスタートアップ回路7を停止する。

【0125】

これにより、例えば、CLKの周波数がf1のとき、および、f1の2倍のときに関わらず、スタートアップ回路7により制御電圧Vcntlを調整する期間を適切に設定することができる。なお、フリップフロップ段数の切り替えは、入力クロック信号CLKの2つの異なる周波数に対応させて切り替えるものに限定されないのはもちろんである。

【0126】

このように、第4実施例のタイミング調整回路によれば、例えば、異なる周波数の入力クロック信号CLKが適用される場合でも、起動時に制御電圧Vcntlの調整を行うためのスタートアップ回路7のオン期間を適切に設定することが可能になる。

【0127】

図15は、各実施例のタイミング調整回路による効果を説明するための図である。図15において、参照符号L1は、動作速度が速い(駆動能力が大きい)トランジスタによる制御電圧Vcntlと時間の関係を示し、L3は、動作速度が遅い(駆動能力が小さい)トランジスタによる制御電圧Vcntlと時間の関係を示す。なお、L2は、動作速度が中間のトランジスタによる制御電圧Vcntlと時間の関係を示す。

【0128】

ところで、半導体を製造する場合、例えば、トランジスタの特性がばらつくことがある。本実施例のタイミング調整回路によれば、トランジスタの特性に関わらず、制御電圧Vcntlを目的とする定常動作を行うロック電圧Vlockに設定することが可能なのが分かる。

10

20

30

40

50

## 【0129】

すなわち、図15中のL1に示されるように、製造されたタイミング調整回路のトランジスタの動作速度が速い場合には、制御電圧 $V_{cnt1}$ を、その動作速度の速いトランジスタによるタイミング調整回路に適したロック電圧 $V_{lock1}$ に設定することができる。

## 【0130】

また、図15中のL3に示されるように、製造されたタイミング調整回路のトランジスタの動作速度が遅い場合には、制御電圧 $V_{cnt1}$ を、その動作速度の遅いトランジスタによるタイミング調整回路に適したロック電圧 $V_{lock3}$ に設定することができる。

## 【0131】

さらに、図15中のL2に示されるように、製造されたタイミング調整回路のトランジスタの動作速度が中間の場合には、制御電圧 $V_{cnt1}$ を、その動作速度が中間のトランジスタによるタイミング調整回路に適したロック電圧 $V_{lock2}$ に設定することができる。

10

## 【0132】

このように、各実施例のタイミング調整回路によれば、トランジスタの特性がばらついていても、制御電圧 $V_{cnt1}$ を、トランジスタの特性に適したロック電圧 $V_{lock}$ ( $V_{lock1} \sim V_{lock3}$ )の近傍の電圧に調整することができる。

## 【0133】

これにより、例えば、入力クロック信号CLKの周波数が高くてPFD3の動作可能位相範囲が狭い場合でも、PFD3の誤動作をなくしてタイミング調整回路を正常に動作させることができる。

20

## 【0134】

図16は、本実施例のタイミング調整回路が適用される半導体集積回路装置の一例を示すブロック図であり、クロックデータリカバリー(CDR: Clock Data Recovery)回路を示すものである。

## 【0135】

図16に示されるように、CDR回路は、タイミング調整回路(DLL回路)20、クロック抽出回路21およびデータ再生回路22を有する。ここで、上述した各実施例のタイミング調整回路は、回路20として適用される。なお、図16では、遅延ユニット101~112および波形整形ユニット203~211は、インバータ(遅延素子)11~1nとして描かれている。

30

## 【0136】

外部から入力されたシリアルデータDinは、クロック抽出回路21によりクロック信号CLKとデータ信号(データ成分)SDに分離され、クロック信号CLKは、タイミング調整回路20に入力される。

## 【0137】

タイミング調整回路20は、クロック信号CLKを受け取って互いに位相の異なる複数のクロック(多相クロック)を生成してデータ再生回路22(内部回路)に出力する。データ再生回路22は、クロック抽出回路21からのデータ成分SDを受け取り、多相クロックに従ってレベル判定を行い、所定の平行データDoutを出力する。

## 【0138】

40

ここで、データ再生回路22は、例えば、タイミング調整回路20から受け取る多相クロックが八相クロックのとき、シリアルデータ成分SDを八相クロックの立ち上がりタイミングで取り込んで8ビットの平行データDoutを出力する。なお、データ成分SD(シリアルデータDin)のビットレートがA[bps]のとき、平行データDoutのビットレートはA/8[bps]になる。

## 【0139】

なお、図16に示すCDR回路は、本実施例のタイミング調整回路が適用される半導体集積回路装置の単なる一例であり、本実施例のタイミング調整回路は、例えば、多相クロックを使用する様々な半導体集積回路装置に対して幅広く適用することができる。

## 【0140】

50

以上、実施形態を説明したが、ここに記載したすべての例や条件は、発明および技術に適用する発明の概念の理解を助ける目的で記載されたものであり、特に記載された例や条件は発明の範囲を制限することを意図するものではない。また、明細書のそのような記載は、発明の利点および欠点を示すものでもない。発明の実施形態を詳細に記載したが、各種の変更、置き換え、変形が発明の精神および範囲を逸脱することなく行えることが理解されるべきである。

【0141】

以上の実施例を含む実施形態に関し、さらに、以下の付記を開示する。

(付記1)

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

10

基準になる第1クロックと前記電圧制御遅延線からの第2クロックの位相差を検出する位相検出器と、

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、

起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第1電圧および第2電圧の間で連続的に変化させるスタートアップ回路と、を有する、

ことを特徴とするタイミング調整回路。

【0142】

(付記2)

前記スタートアップ回路は、

20

起動後において、前記電圧制御遅延線から前記第2クロックが生成されるまでの期間において、前記制御電圧を、ロック電圧の近傍となるように調整する、

ことを特徴とする付記1に記載のタイミング調整回路。

【0143】

(付記3)

前記ロック電圧は、前記電圧制御遅延線が定常動作を行っている時の前記制御電圧のレベルに基づいて規定される、

ことを特徴とする付記2に記載のタイミング調整回路。

【0144】

(付記4)

前記スタートアップ回路は、

30

前記制御電圧を、前記ロック電圧よりも高い電圧となるように調整する、

ことを特徴とする付記2または付記3に記載のタイミング調整回路。

【0145】

(付記5)

前記スタートアップ回路は、

前記第2クロックを第1の数だけカウントして停止するようになっている、

ことを特徴とする付記1乃至付記4のいずれか1項に記載のタイミング調整回路。

【0146】

(付記6)

前記スタートアップ回路は、

40

前記入力クロック信号をカウントする前記第1の数のフリップフロップと、

起動時を示す起動信号および前記第1の数のフリップフロップの出力の論理を取る論理回路と、

前記論理回路の出力信号により制御され、前記制御電圧のレベルを調整するトランジスタと、を含む、

ことを特徴とする付記5に記載のタイミング調整回路。

【0147】

(付記7)

前記スタートアップ回路は、

50

前記入力クロック信号が第 1 周波数のときは、前記第 2 クロックを第 2 の数だけカウントして停止し、

前記入力クロック信号が前記第 1 周波数よりも高い第 2 周波数のときは、前記第 2 クロックを前記第 2 の数よりも多い第 3 の数だけカウントして停止する、

ことを特徴とする付記 1 乃至付記 5 のいずれか 1 項に記載のタイミング調整回路。

【0148】

(付記 8)

前記スタートアップ回路は、

前記入力クロック信号が前記第 1 周波数のとき、前記第 2 の数だけカウントする第 4 の数の第 1 フリップフロップと、

前記入力クロック信号が前記第 2 周波数のとき、前記第 1 フリップフロップと協働して前記第 3 の数だけカウントする第 5 の数の第 2 フリップフロップと、

起動時を示す起動信号および前記第 1 フリップフロップの出力の論理を取る第 1 論理回路と、

前記入力クロック信号が第 1 周波数が第 2 周波数かに基づいて、前記第 1 フリップフロップのみ使用するか、前記第 1 フリップフロップおよび前記第 2 フリップフロップの両方を使用するかを制御する第 2 論理回路と、

前記第 1 論理回路の出力信号により制御され、前記制御電圧のレベルを調整するトランジスタと、を含む、

ことを特徴とする付記 7 に記載のタイミング調整回路。

【0149】

(付記 9)

前記電圧制御遅延線は、

入力クロック信号を受け取り、第 1 遅延量を与えて前記第 1 クロックを生成し、前記第 1 遅延量よりも大きい第 2 遅延量を与えて前記第 2 クロックを生成する、

ことを特徴とする付記 1 乃至付記 8 のいずれか 1 項に記載のタイミング調整回路。

【0150】

(付記 10)

前記制御電圧生成回路は、

前記第 1 クロックと前記第 2 クロックの位相が同期するような前記制御電圧を生成する、

ことを特徴とする付記 9 に記載のタイミング調整回路。

【0151】

(付記 11)

前記電圧制御遅延線は、それぞれが前記制御電圧に基づいて遅延量が変化する、縦列接続された複数の遅延ユニットを有し、

前記縦列接続された複数の遅延ユニットにおける初段の遅延ユニットには、前記入力クロック信号が入力され、

$n$  および  $m$  を正の整数で、 $n < m$  として

前記第 1 クロックは、前記複数段の遅延ユニットにおける  $n$  段目の遅延ユニットから出力され、

前記第 2 クロックは、前記複数段の遅延ユニットにおける  $m$  段目の遅延ユニットから出力される、

ことを特徴とする付記 1 乃至付記 10 のいずれか 1 項に記載のタイミング調整回路。

【0152】

(付記 12)

前記入力クロック信号は、容量を介して前記初段の遅延ユニットに入力される、

ことを特徴とする付記 11 に記載のタイミング調整回路。

【0153】

(付記 13)

10

20

30

40

50

前記入力クロック信号は、差動の入力クロック信号であり、  
前記容量は、

前記初段の遅延ユニットの正論理の入力に設けられ、正論理の入力クロック信号を受け取る第 1 容量と、

前記初段の遅延ユニットの負論理の入力に設けられ、負論理の入力クロック信号を受け取る第 2 容量と、を含む、

ことを特徴とする付記 1 2 に記載のタイミング調整回路。

【 0 1 5 4 】

( 付記 1 4 )

さらに、

前記初段の遅延ユニットの前記正論理の入力と負論理の出力の間に設けられた第 1 抵抗と、

前記初段の遅延ユニットの前記負論理の入力と正論理の出力の間に設けられた第 2 抵抗と、を含む、

ことを特徴とする付記 1 3 に記載のタイミング調整回路。

【 0 1 5 5 】

( 付記 1 5 )

さらに、

起動していないとき、前記初段の遅延ユニットの差動出力信号におけるコモンモード電圧を、固定電圧に制御し、起動後は、前記初段の遅延ユニットの差動出力端子をフローティング状態にするコモン電圧制御回路を有する、

ことを特徴とする付記 1 3 または付記 1 4 に記載のタイミング調整回路。

【 0 1 5 6 】

( 付記 1 6 )

さらに、

前記第 1 クロックをマスクする第 1 マスク回路と、

前記第 2 クロックをマスクする第 2 マスク回路と、を有し、

前記第 2 マスク回路の出力信号は、前記第 1 マスク回路の出力信号よりも前に出力される、

ことを特徴とする付記 1 乃至付記 1 5 のいずれか 1 項に記載のタイミング調整回路。

【 0 1 5 7 】

( 付記 1 7 )

さらに、

前記第 1 クロックをマスクする第 1 マスク回路と、

前記第 2 クロックをマスクする第 2 マスク回路と、を有し、

前記第 2 マスク回路の出力信号は、前記第 1 マスク回路の出力信号よりも前に出力される、

前記第 1 マスク回路および前記第 2 マスク回路は、前記トランジスタが制御される信号を受け取ってマスク制御を行う、

ことを特徴とする付記 6 または付記 8 に記載のタイミング調整回路。

【 0 1 5 8 】

( 付記 1 8 )

タイミング調整回路と、

前記タイミング調整回路により生成された多相クロックを受け取って処理する内部回路と、を有する半導体集積回路装置であって、

前記タイミング調整回路は、

入力クロック信号を受け取り、制御電圧に基づいて遅延量を変化させた多相クロックを生成する電圧制御遅延線と、

基準になる第 1 クロックと前記電圧制御遅延線からの第 2 クロックの位相差を検出する位相検出器と、

10

20

30

40

50

検出された前記位相差に基づいて前記制御電圧を生成する制御電圧生成回路と、  
 起動後の一定期間のみ動作して、前記制御電圧を、第 1 電圧および第 2 電圧の間で連  
 続的に変化させるスタートアップ回路と、を有する、  
 ことを特徴とする半導体集積回路装置。

【符号の説明】

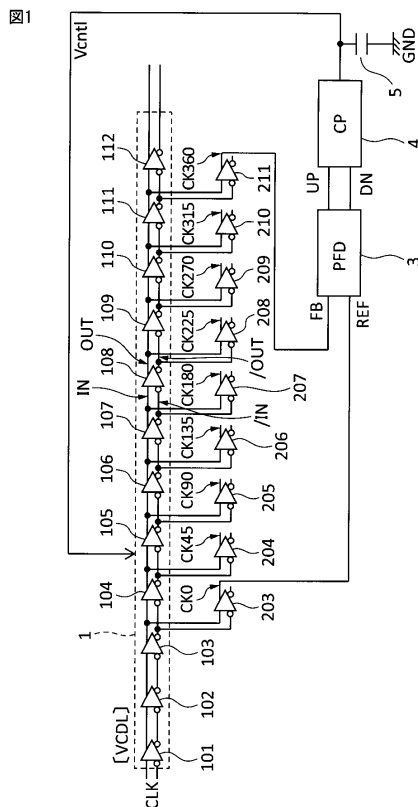
【 0 1 5 9 】

- 1 電圧制御遅延線 (V C D L)
- 3 位相周波数検出器 (P F D : 位相検出器)
- 4 チャージポンプ (C P)
- 5 , 8 1 , 8 2 容量
- 7 スタートアップ回路
- 9 コモン電圧制御回路
- 6 1 , 6 2 マスク回路
- 7 3 ナンドゲート
- 7 4 p M O S トランジスタ
- 7 6 オアゲート
- 8 3 , 8 4 抵抗
- 9 1 , 9 2 スイッチ
- 101 ~ 112 遅延ユニット
- 203 ~ 211 波形整形ユニット
- 711 ~ 713 , 751 ~ 753 フリップフロップ
- 721 , 722 インバータ

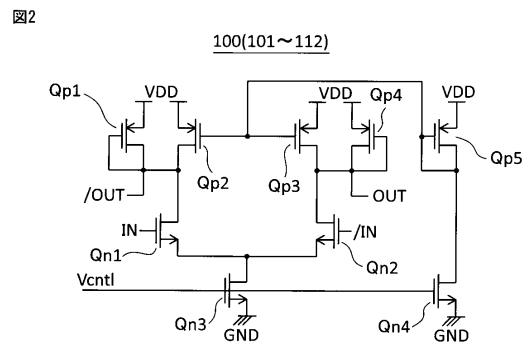
10

20

【 図 1 】

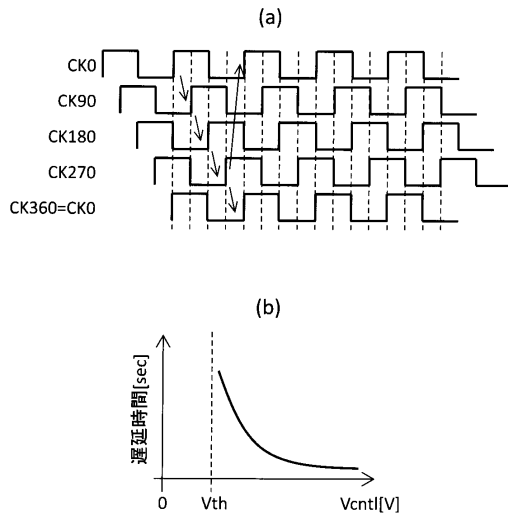


【 図 2 】



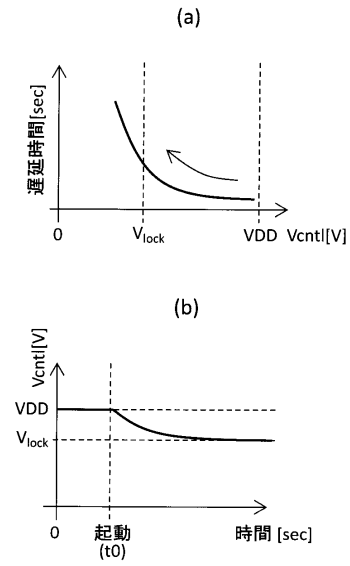
【図3】

図3



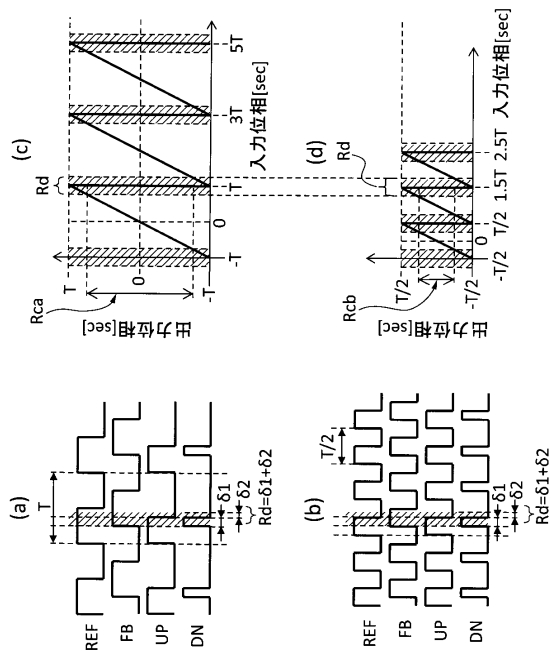
【図4】

図4



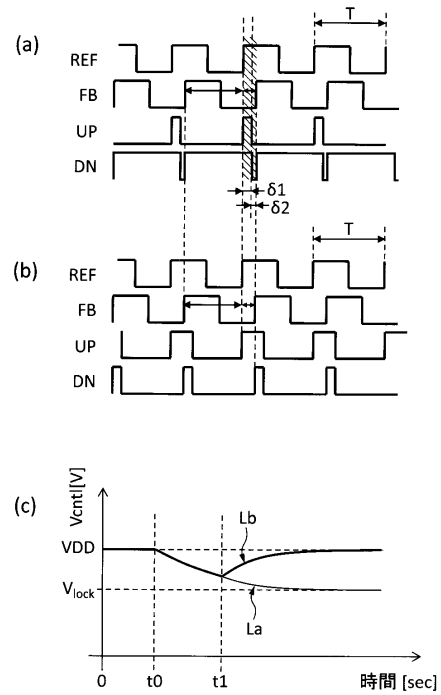
【図5】

図5



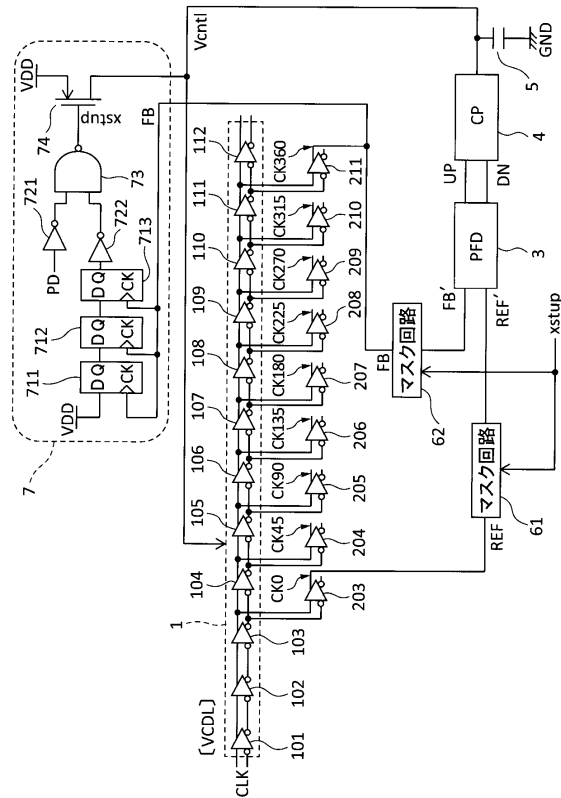
【図6】

図6



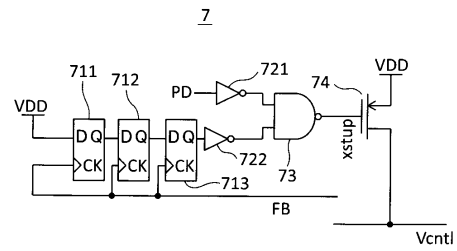
【 図 7 】

图7



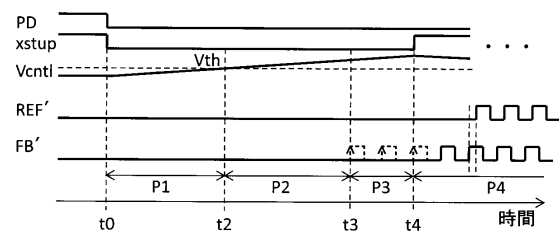
【 図 8 】

図8



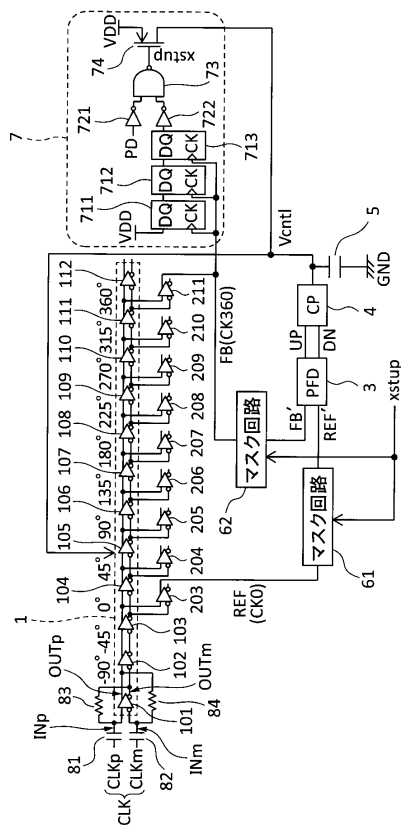
【 図 9 】

图9



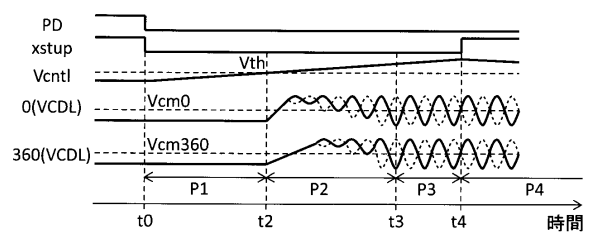
【 図 1 0 】

图10



【 図 1 1 】

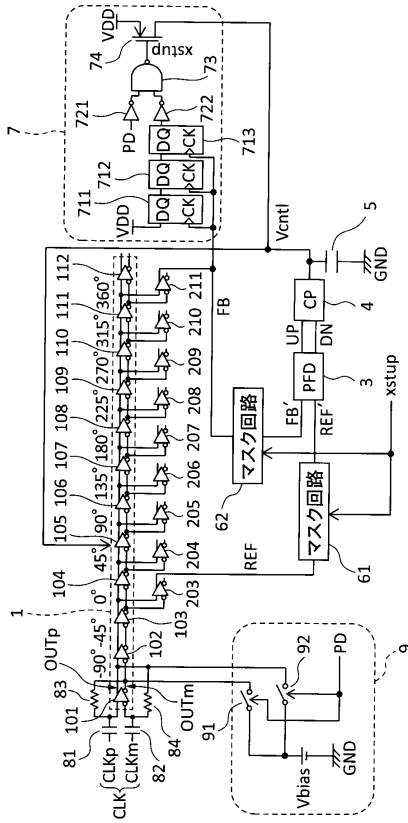
図11





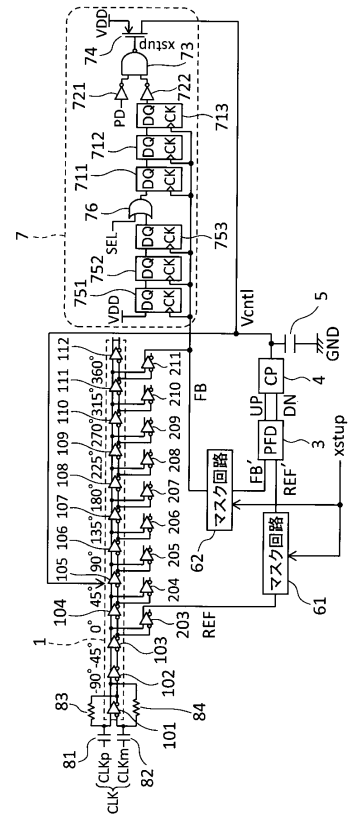
【図12】

図12



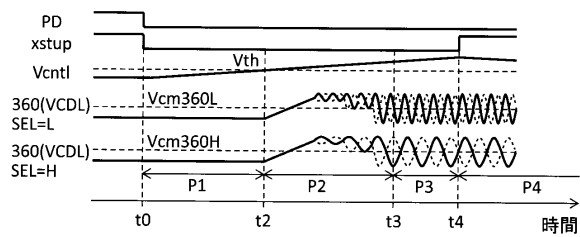
【図13】

図13



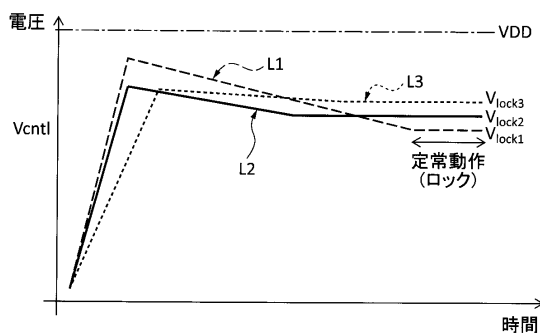
【図14】

図14



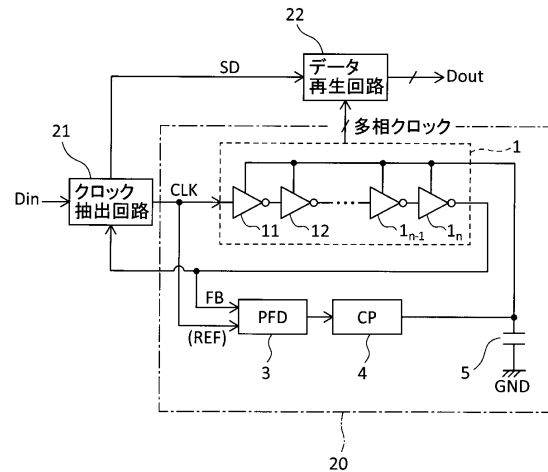
【図15】

図15



【図16】

図16



---

フロントページの続き

審査官 橋本 和志

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 0 4 2 6 1 ( J P , A )  
米国特許第 7 2 6 2 6 4 7 ( U S , B 2 )  
特開 2 0 0 6 - 2 8 7 6 4 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 3 1 1 5 4 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 3 L 7 / 0 8 1  
H 0 3 K 5 / 1 3 5  
H 0 3 L 7 / 1 0