

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第3区分

【発行日】平成22年2月25日(2010.2.25)

【公開番号】特開2008-219232(P2008-219232A)

【公開日】平成20年9月18日(2008.9.18)

【年通号数】公開・登録公報2008-037

【出願番号】特願2007-51170(P2007-51170)

【国際特許分類】

H 03 K 5/13 (2006.01)

H 03 K 5/135 (2006.01)

G 11 C 11/417 (2006.01)

H 01 L 21/822 (2006.01)

H 01 L 27/04 (2006.01)

【F I】

H 03 K 5/13

H 03 K 5/135

G 11 C 11/34 305

H 01 L 27/04 F

H 01 L 27/04 A

H 01 L 27/04 T

【手続補正書】

【提出日】平成22年1月8日(2010.1.8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力クロック信号を遅延させる遅延クロック回路を備え、

前記遅延クロック回路は、

第1および第2のインバータを有する構成要素が、縦続接続されたものであり、

前記各構成要素は、

入力の遷移時において、前記第1および第2のインバータの接続ノードに貫通電流が流れ、電荷競合が所定時間発生するように動作する遅延クロック制御回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項2】

請求項1において、

前記所定時間は、前記入力クロック信号の立ち上がりエッジ間隔よりも短いことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項3】

請求項1において、

前記遅延クロック制御回路は、

電源線と前記接続ノードとの間に配置されており、ゲートに前記第2のインバータの出力を受ける第1のP型トランジスタを備え、

前記第1のインバータは、

接地線と前記接続ノードとの間に配置されており、多段に直列接続された複数のN型トランジスタを備えている

ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 4】

請求項 3において、
前記複数のN型トランジスタのゲート幅の和は、前記第1のP型トランジスタのゲート幅の2倍以上40倍以下である
ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 5】

請求項1または3において、
前記遅延クロック制御回路は、
電源線と前記接続ノードとの間に配置されており、ゲートに第1の外部信号を受ける第2のP型トランジスタを備えている
ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 6】

請求項5において、
前記複数のN型トランジスタのゲート幅の和は、前記第1および第2のP型トランジスタのゲート幅の和の2倍以上40倍以下である
ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 7】

請求項5において、
前記第1の外部信号は、通常動作とテスト動作とを切り替える信号であり、テスト動作時に、前記第2のP型トランジスタをオンさせるものである
ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 8】

請求項3において、
前記遅延クロック回路は、
第2の外部信号に応じて、前記第1のP型トランジスタおよび前記複数のN型トランジスタの基板電位を制御する基板制御回路をさらに備えている
ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 9】

請求項8において、
前記第2の外部信号は、通常動作とテスト動作とを切り替える信号であり、
前記基板制御回路は、
テスト動作時に、前記第1のP型トランジスタの基板に順バイアスを印加するとともに、
前記複数のN型トランジスタの基板に逆バイアスを印加する
ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 10】

請求項1、3～6のうちいずれか1項において、
複数のメモリセルが行列状に配列されたメモリセルアレイと、
前記メモリセルの行に対してそれぞれ設けられた複数のワード線と、
前記メモリセルの列に対してそれぞれ設けられた複数のビット線対と、
前記ビット線対の微小電位差を増幅するセンスアンプと、
アドレス信号によって選択されたとき、前記ワード線にパルス信号を出力するロウデコーダとを備え、
前記センスアンプは、前記遅延クロック回路から出力された遅延クロック信号を、センスアンプイネーブル信号として受けるものであり、
前記ロウデコーダは、前記遅延クロック回路から出力された遅延クロック信号を、前記パルス信号のパルスエッジを生成するワード線パルス生成信号として受けるものである
ことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 11】

請求項10において、

前記ロウデコーダと同一構成からなり、アドレス信号を受けないで、選択された前記ロウデコーダと同一タイミングでパルス信号を出力するロウデコーダレプリカを備え、前記ロウデコーダレプリカから出力された前記パルス信号が、前記遅延クロック回路に、前記入力クロック信号として入力されることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 1 2】

請求項 5 または 6 において、複数のメモリセルが行列状に配列されたメモリセルアレイと、前記メモリセルの行に対してそれぞれ設けられた複数のワード線と、前記メモリセルの列に対してそれぞれ設けられた複数のビット線対と、前記ビット線対の微小電位差を増幅するセンスアンプと、前記メモリセルと同一構成からなるメモリセルレプリカが複数個、列状に配列されたメモリセルレプリカアレイと、前記メモリセルレプリカの列に対して設けられたレプリカビット線対とを備え、前記センスアンプは、前記遅延クロック回路から出力された遅延クロック信号を、センスアンプイネーブル信号として受けるものである。前記遅延クロック回路は、前記レプリカビット線対に所定の電位差が生じたか否かを示す信号を、前記第 1 の外部信号の代わりに、前記遅延クロック制御回路における前記第 2 の P 型トランジスタのゲートに受けるものであることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 1 3】

請求項 1、3 ~ 6 のうちいずれか 1 項において、複数のメモリセルが行列状に配列されたメモリセルアレイと、前記メモリセルの列に対して設けられており、書き込み補助パルス信号がパルスを出力している期間、前記メモリセルの電源ソースの電位を下げる書き込み補助回路とを備え、前記書き込み補助パルス信号のパルスエッジは、前記遅延クロック回路から出力された遅延クロック信号によって生成されていることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 1 4】

請求項 3 または 4 において、前記遅延クロック回路は、前記第 1 のインバータの P 型トランジスタのソース及びドレインと、前記第 2 のインバータの P 型トランジスタのソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされており、かつ、前記第 2 のインバータの P 型トランジスタのソース及びドレインと、前記遅延クロック制御回路が有する前記第 1 の P 型トランジスタのソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされていることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 1 5】

請求項 3 または 4 において、前記遅延クロック回路は、前記第 1 のインバータの P 型トランジスタのソース及びドレインと、前記第 2 のインバータの P 型トランジスタのソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされており、かつ、前記第 1 のインバータの P 型トランジスタのソース及びドレインと、前記遅延クロック制御回路が有する前記第 1 の P 型トランジスタのソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされていることを特徴とする半導体集積回路。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】半導体集積回路

【技術分野】

【0001】

本発明は、入力クロック信号を遅延させる遅延クロック回路を備え、遅延クロック信号を、例えばセンスアンプのイネーブル信号等として用いる半導体集積回路に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体記憶装置などに用いられるラッチ型センスアンプは、そのイネーブル信号を生成するために、タイミング生成回路を必要とする。タイミング生成回路は、最も簡易な構成としては、縦続接続された複数のインバータによって構成される。インバータのゲート段数を調整することにより、センスアンプのイネーブル信号を最適なタイミングで動作させることができる。

【0003】

ある従来技術によれば、入力クロック信号の周波数変化に合わせて、遅延クロック信号の遅延時間を調整する。具体的には、入力クロック信号の立下りエッジを基準としたパルス信号をインバータ及びNAND、NOR回路を組み合わせて生成し、遅延クロック信号を生成するインバータチェーンの各インバータの駆動能力を、このパルス信号によって変化させる（特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2001-344972号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した従来技術では、入力クロック信号の周波数変化に応じて、最適なタイミングを生成することができる。ところが、インバータの駆動能力を変化させるためのパルス信号を生成するために、規模が大きな回路が必要となる。また、パルス信号の生成回路及び、インバータチェーンに用いられるインバータには、トランジスタのバラツキに対する遅延時間調整の施策がなされていない。

【0005】

前記の問題に鑑み、本発明は、回路面積の増大を招くことなく、トランジスタバラツキ耐性を持った遅延クロック回路を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、半導体集積回路として、入力クロック信号を遅延させる遅延クロック回路を備え、前記遅延クロック回路は、第1および第2のインバータを有する構成要素が縦続接続されたものであり、前記各構成要素は、入力の遷移時において、前記第1および第2のインバータの接続ノードに貫通電流が流れ、電荷競合が所定時間発生するように動作する遅延クロック制御回路を備えているものである。

【0007】

本発明によると、遅延クロック回路の各構成要素において、遅延クロック制御回路によって、入力の遷移時において、第1および第2のインバータの接続ノードに、貫通電流による電荷競合を所定時間発生させることができる。これにより、遅延クロック信号を、さらに遅延させることができとなる。したがって、例えばセンスアンプイネーブル信号の活性化を、従来よりもさらに遅延させることができる。したがって、ビット線対の微小電位差の大きさを増大することができ、誤動作する確率を抑え、半導体集積回路の歩留まりを向上させることができる。

【発明の効果】

【0008】

本発明によると、遅延クロック制御回路によって、入力の遷移時において、第1および第2のインバータの接続ノードに、貫通電流による電荷競合を所定時間発生させることができるので、遅延クロック信号をさらに遅延させることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0010】

図1は本発明に係る半導体集積回路の1つとしてのSRAM(Static Random Access Memory)100の構成例を示している。図1のSRAM100は、遅延クロック回路10, 16, 19と、メモリセルアレイ30と、ロウデコーダアレイ40と、書き込み補助回路50と、リード/ライト回路アレイ70とを備えている。リード/ライト回路アレイ70はセンスアンプ20およびデータ入力回路60を含むアレイ構成になっている。

【0011】

詳細に説明すると、遅延クロック回路10, 16, 19は、入力クロック信号CLKに応じて、センスアンプイネーブル(Sense Amp. Enable)信号SAE、ワード線WLをパルス制御するためのワード線パルス生成信号PLSDLY、および書き込み補助回路50をパルス制御するための書き込みパルス生成信号PWDLYを出力する。これらの信号SAE, PLSDLY, PWDLYが遅延クロック信号に相当する。センスアンプ20は、センスアンプイネーブル信号SAEに応じて動作し、動作時にビット線対BL, NBLの微小電位差を検出し、出力する。メモリセルアレイ30は、行列状に配列された複数のメモリセル8を備えている。複数のワード線WLがメモリセルアレイ30の行に対してそれぞれ設けられており、複数のビット線対BL, NBLがメモリセルアレイ30の列に対してそれぞれ設けられている。

【0012】

ロウデコーダアレイ40は、メモリセルアレイ30の行に対してそれぞれ設けられた複数のロウデコーダ9を備えている。ロウデコーダ9は、入力クロック信号CLKおよびワード線パルス生成信号PLSDLYに応じて、ワード線WLにパルス信号を出力する。書き込み補助回路50は、メモリセルアレイ30の列に対して設けられており、メモリセル8の電源ソース51と接続されている。そして、書き込みパルス生成信号PWDLYに応じて、電源ソース51にパルス信号を出力する。データ入力回路60は、入力データ信号DIに応じて、ビット線対BL, NBLに電位差を出力する。

【0013】

図2は図1のSRAM100における従来技術に係る遅延クロック回路10の概略構成例を示す図である。図2において、12Aは第1のインバータ、13は第2のインバータであり、第1のインバータ12Aの出力と第2のインバータ13の入力とが接続されている。図2に示すように、遅延クロック回路10は、第1のインバータ12Aおよび第2のインバータ13を1構成要素としたアレイ構造である。すなわち、遅延クロック回路10は、直列接続された第1および第2のインバータ12A, 13を有する構成要素10aが、縦続接続されたものである。

【0014】

図3は図1のSRAM100における本発明の実施形態に係る遅延クロック回路16の概略構成例を示す図である。図3では、図2に示す従来技術の構成に加えて、遅延クロック制御回路14が付された構成になっている。すなわち遅延クロック回路16は、直列接続された第1および第2のインバータ12, 13と、遅延クロック制御回路14とを有する構成要素16aが縦続接続されたものである。遅延クロック制御回路14は、第1および第2のインバータ12, 13の接続ノードと、第2のインバータ13の出力ノードとに接続されている。そして、後述するように、構成要素16aの入力の遷移時において、第1および第2のインバータ12, 13の接続ノードに貫通電流が流れ、電荷競合が所定時間発生するように動作する。

【0015】

そして図3の構成では、遅延クロック制御回路14は、電源線VDDと第1および第2のインバータ12, 13の接続ノードとの間に配置されており、ゲートに第2のインバータ13の出力を受ける第1のP型トランジスタ15を備えている。なお、第1のP型トランジスタ15に代えて、多段に直列接続された複数のP型トランジスタを設けてもよい。また、第1のP型トランジスタ15に代えて、インバータを設けてもよい。

【0016】

また図3の構成では、第1のインバータ12は、接地線VSSと第1および第2のインバータ12, 13の接続ノードとの間に配置されており、多段(図では2段)に直列接続された複数のN型トランジスタ12a, 12bを備えている。なお、第1および第2のインバータ12, 13におけるP型およびN型トランジスタは、1個であってもよいし、多段に直列接続された複数個であってもよい。

【0017】

図4は図1の構成において、図2の遅延クロック回路10および図3の遅延クロック回路16を採用した場合の動作を説明するためのタイミング図である。ここでは、リード動作の場合を取り上げており、図2の従来技術と図3の本実施形態とを比較して示している。

【0018】

入力クロック信号CLKがロウデコーダ9に入力され、ロウデコーダ9の出力すなわちワード線WLが活性化する。メモリセル8はワード線WLの活性化に応じて、ビット線対BL, NBLに微小電位差を発生させる。一方で、入力クロック信号CLKは遅延クロック回路10, 16に入力される。

【0019】

図2の従来技術では、入力クロック信号CLKがHigh(以降、“H”)になると、第1のインバータ12AはP型トランジスタがオフ、N型トランジスタがオンすることになり、Low(以降、“L”)を出力する。このため、次段の第2のインバータ13の入力に“L”が印加される。そのため、第2のインバータ13はP型トランジスタがオン、N型トランジスタがオフすることになり、“H”を出力する。ゲート段数を変えることにより、センスアンプイネーブル信号SAEの活性化タイミングを調整することができる。センスアンプ20はセンスアンプイネーブル信号SAEの活性化に応じて、ビット線対BL, NBLの微小電位差を検出し、出力する。

【0020】

一方、図3の本実施形態では、入力クロック信号CLKが“L”的とき、第1のインバータ12はP型トランジスタがオン、N型トランジスタがオフしており、“H”を出力する。このため、次段の第2のインバータ13の入力に“H”が印加される。そのため、第2のインバータ13はP型トランジスタがオフ、N型トランジスタがオンすることになり、“L”を出力する。第2のインバータ13の出力“L”が、遅延クロック制御回路14の第1のP型トランジスタ15のゲートに入力される。この結果、第1のP型トランジスタ15はオンする。

【0021】

入力クロック信号CLKが“H”になると、第1のインバータ12はP型トランジスタがオフ、N型トランジスタがオンすることになり、“L”を出力する。この時点では、遅延クロック制御回路14の第1のP型トランジスタ15はオンしており、この結果、第1のインバータ12のN型トランジスタによる電荷放電と、第1のP型トランジスタ15による電荷充電との貫通電流による電荷競合が一定時間、発生する。その後、次段の第2のインバータ13の入力に“L”が印加される。そのため、第2のインバータ13はP型トランジスタがオン、N型トランジスタがオフすることになり、“H”を出力する。ゲート段数を変えるだけでなく、遅延クロック制御回路14の第1のP型トランジスタ15を加えることにより、貫通電流による電荷競合を一定時間発生させることができ、センスアンプイネーブル信号SAEの活性化タイミングを調整することができる。センスアンプ20

はセンスアンプイネーブル信号 S A E の活性化に応じて、ピット線対 B L , N B L の微小電位差を検出し、出力する。

【 0 0 2 2 】

以上の通り、本実施形態に係る図 3 の遅延クロック回路 1 6 を採用することによって、遅延クロック制御回路 1 4 の第 1 の P 型トランジスタ 1 5 と第 1 のインバータ 1 2 の N 型トランジスタとによって、貫通電流による電荷競合を一定時間発生させることができる。これにより、センスアンプイネーブル信号 S A E の活性化を従来技術よりもさらに遅延させることができる。つまり、トランジスタ素子を 1 つ追加するだけで、大幅な面積増大を招くことなく、トランジスタバラツキ、特に S R A M 1 0 0 において P 型トランジスタの駆動能力が大きく N 型トランジスタの駆動能力が小さい場合において、センスアンプイネーブル信号 S A E の活性化を従来技術よりもさらに遅延させることができる。したがって、ピット線対 B L , N B L の微小電位差の大きさを増大することができ、誤動作する確率を抑え、S R A M および S R A M を搭載する半導体集積回路の歩留まりを向上させることができる。

【 0 0 2 3 】

なお、貫通電流による電荷競合が発生する所定時間は、入力クロック信号 C L K の立ち上がりエッジ間隔よりも短いことが望ましい。

【 0 0 2 4 】

また、図 3 の遅延クロック回路 1 6 において、第 1 のインバータ 1 2 が有する多段に直列接続された複数の N 型トランジスタのゲート幅の和は、遅延クロック制御回路 1 4 の第 1 の P 型トランジスタ 1 5 のゲート幅の 2 倍以上 4 0 倍以下であることが望ましい。このゲート幅の比率が 2 倍未満の場合、第 1 のインバータ 1 2 の N 型トランジスタによる電荷を放電する駆動能力が、遅延クロック制御回路 1 4 の第 1 の P 型トランジスタ 1 5 による電荷を充電する駆動能力に劣ることとなり、遅延クロック回路 1 6 が誤動作してしまう。一方、このゲート幅の比率が 4 0 倍を超えた場合、貫通電流による電荷競合を発生させて遅延時間を増大させる効果がほとんどなくなる。したがって、上述のゲート幅の制限内で設計を行うことにより、センスアンプイネーブル信号 S A E の活性化タイミングを最適とすることができます。

【 0 0 2 5 】

図 5 は図 1 の S R A M 1 0 0 における本発明の実施形態に係る遅延クロック回路 1 9 の概略構成例を示す図である。図 5 では、図 2 に示す従来技術の構成に加えて、遅延クロック制御回路 1 7 が付された構成になっている。すなわち遅延クロック回路 1 9 は、直列接続された第 1 および第 2 のインバータ 1 2 , 1 3 と、遅延クロック制御回路 1 7 とを有する構成要素 1 9 a が縦続接続されたものである。遅延クロック制御回路 1 7 は、第 1 および第 2 のインバータ 1 2 , 1 3 の接続ノードと、第 2 のインバータ 1 3 の出力ノードとに接続されている。また遅延クロック制御回路 1 7 は、図 3 の遅延クロック制御回路 1 4 と対比すると、第 1 の P 型トランジスタ 1 5 に加えて、第 2 の P 型トランジスタ 1 8 を備えている。第 2 の P 型トランジスタ 1 8 は、電源線 V D D と第 1 および第 2 のインバータ 1 2 , 1 3 の接続ノードとの間に、第 1 の P 型トランジスタ 1 5 と並列に配置されており、ゲートに第 1 の外部信号 T E を受ける。すなわち第 2 の P 型トランジスタ 1 8 は第 1 の外部信号 T E に応じてそのオンオフが制御される。

【 0 0 2 6 】

図 6 は図 1 の構成において、図 5 の遅延クロック回路 1 9 を採用した場合の動作を説明するためのタイミング図である。ここでは、リード動作の場合を取り上げている。また第 1 の外部信号 T E は通常動作とテスト動作とを切り替える信号として説明する。また、S R A M 1 0 0 の基本的な動作は図 4 と同様であるため、説明を省略する。

【 0 0 2 7 】

通常動作では、第 1 の外部信号 T E は “ H ” になり、第 2 の P 型トランジスタ 1 8 をオフにする。このとき、遅延クロック制御回路 1 7 において遅延クロック信号をさらに遅延させるトランジスタは第 1 の P 型トランジスタ 1 5 のみとなり、図 3 の構成と同様の効果

が得られる。

【0028】

テスト動作では、第1の外部信号T Eは“L”になり、第2のP型トランジスタ18をオンにする。このとき、遅延クロック制御回路17において、第1のP型トランジスタ15に加えて第2のP型トランジスタ18が、遅延クロック信号をさらに遅延させるトランジスタとして動作する。これにより、図3の構成よりもさらに遅延時間が増大する。

【0029】

以上の通り、本実施形態に係る図5の遅延クロック回路19を採用した場合、テスト動作のとき、遅延クロック制御回路17の第1および第2のP型トランジスタ15, 18と第1のインバータ12のN型トランジスタとによって、貫通電流による電荷競合を一定時間発生させることができる。これにより、センスアンプイネーブル信号S A Eの活性化をさらに遅延させることができる。つまり、トランジスタ素子をさらに1つ追加するだけで、大幅な面積増大を招くことなく、テスト動作時におけるセンスアンプイネーブル信号S A Eの活性化をさらに遅延させることができる。したがって、ビット線対B L, N B Lの微小電位差の大きさを増大することができ、誤動作する確率を抑え、S R A MおよびS R A Mを搭載する半導体集積回路の故障検出箇所の特定および故障検出率の向上を促進することができるとともに、歩留まりを向上させることができる。

【0030】

なお、第1の外部信号T Eは通常動作とテスト動作とを切り替える信号だけに限定されない。例えば、第1の外部信号T Eを定常的に“L”とすることにより、センスアンプイネーブル信号S A Eの活性化をさらに遅延させることができる。したがって、ビット線対B L, N B Lの微小電位差の大きさを増大することができ、誤動作する確率を抑えることも可能である。

【0031】

また図5の構成において、第1のP型トランジスタ15を省略しても良い。

【0032】

また、図5の遅延クロック回路19において、第1のインバータ12が有する多段に直列接続された複数のN型トランジスタのゲート幅の和は、遅延クロック制御回路17の第1および第2のP型トランジスタ15, 18のゲート幅の和の2倍以上40倍以下であることが望ましい。このゲート幅の比率が2倍未満の場合、第1のインバータ12のN型トランジスタによる電荷を放電する駆動能力が、遅延クロック制御回路17の第1および第2のP型トランジスタ15, 18による電荷を充電する駆動能力に劣ることとなり、遅延クロック回路19が誤動作してしまう。一方、このゲート幅の比率が40倍を超えた場合、貫通電流による電荷競合を発生させて遅延時間を増大させる効果がほとんどなくなる。したがって、上述のゲート幅の制限内で設計を行うことにより、センスアンプイネーブル信号S A Eの活性化タイミングを最適とすることができる。

【0033】

図7は図1のS R A M 1 0 0における本発明の実施形態に係る遅延クロック回路22の概略構成例を示す図である。図7では、図3の遅延クロック回路16に加えて、P型トランジスタ用基板制御回路23およびN型トランジスタ用基板制御回路24が付された構成になっている。P型トランジスタ用基板制御回路23は第2の外部信号B Eに応じて、信号V D D B Bによって、遅延クロック制御回路14における第1のP型トランジスタ15の基板電位を制御する。N型トランジスタ用基板制御回路24は同じく第2の外部信号B Eに応じて、信号V S S B Bによって、第1のインバータ12における複数のN型トランジスタ12a, 12bの基板電位を制御する。

【0034】

図8は図1の構成において、図7の遅延クロック回路22を採用した場合の動作を説明するためのタイミング図である。ここでは、リード動作の場合を取り上げている。また第2の外部信号B Eは通常動作とテスト動作とを切り替える信号として説明する。また、S R A M 1 0 0の基本的な動作は図4と同様であるため、説明を省略する。

【0035】

通常動作では、第2の外部信号B_Eに応じて、P型トランジスタ用基板制御回路2_3は出力信号V_DDBBによって第1のP型トランジスタ1_5の基板にバイアスを印加せず、またN型トランジスタ用基板制御回路2_4は出力信号VSSBBによって第1のインバータ1_2のN型トランジスタの基板にバイアスを印加しない。これにより、第1のP型トランジスタ1_5および第1のインバータ1_2のN型トランジスタ1_2a, 1_2bの閾値電圧に変化はなく、図3と同様の効果が得られる。

【0036】

テスト動作では、第2の外部信号B_Eに応じて、P型トランジスタ用基板制御回路2_3は出力信号V_DDBBによって第1のP型トランジスタ1_5の基板に順バイアスを印加し、N型トランジスタ用基板制御回路2_4は出力信号VSSBBによって第1のインバータ1_2のN型トランジスタ1_2a, 1_2bの基板に逆バイアスを印加する。これにより、第1のP型トランジスタ1_5は、閾値電圧の絶対値が減少するため電流駆動能力が増大し、第1のインバータ1_2のN型トランジスタ1_2a, 1_2bは、閾値電圧の絶対値が増加するため電流駆動能力が減少することから、接続ノードにおいて電荷競合が発生し、図3よりもさらに遅延時間が増大する。

【0037】

以上の通り、本実施形態に係る図7の遅延クロック回路2_2を採用した場合、テスト動作のとき、遅延クロック制御回路1_4における第1のP型トランジスタ1_5の閾値電圧の絶対値を減少させるとともに、第1のインバータ1_2におけるN型トランジスタ1_2a, 1_2bの閾値電圧の絶対値を増加させることができる。このため、第1のP型トランジスタ1_5の駆動能力が増大するとともに、第1のインバータ1_2のN型トランジスタ1_2a, 1_2bの駆動能力が減少するので、貫通電流による電荷競合を一定時間発生させることができ。これにより、テスト動作時のセンスアンプイネーブル信号S_A_Eの活性化をさらに遅延させることができる。したがって、ビット線対B_L, N_B_Lの微小電位差の大きさを増大することができ、誤動作する確率を抑え、SRAM及びDRAMを搭載する半導体集積回路の故障検出箇所の特定および故障検出率の向上を促進することができるとともに、歩留まりを向上させることができる。

【0038】

なお、第2の外部信号B_Eは通常動作とテスト動作とを切り替える信号だけに限定されない。例えば、第2の外部信号B_Eによって、定常的に、第1のP型トランジスタ1_5の基板に順バイアスを印加し、第1のインバータ1_2のN型トランジスタ1_2a, 1_2bの基板に逆バイアスを印加するようにしてもよい。これにより、センスアンプイネーブル信号S_A_Eの活性化をさらに遅延させることができ、ビット線対B_L, N_B_Lの微小電位差の大きさを増大することができ、誤動作する確率を抑えることも可能である。また図7において、P型トランジスタ用基板制御回路2_3またはN型トランジスタ制御回路2_4のいずれか一方のみを設けるようにしてもかまわない。

【0039】

図9は図1のSRAM1_0_0におけるロウデコーダ9の概略構成例を示す図である。図9において、ロウデコーダ9は、アドレス信号A_Dによって選択されたとき、ワード線W_Lにパルス信号を出力する。入力クロック信号C_L_Kはワード線W_Lに出力するパルス信号の立ち上がり側のパルスエッジを生成する。ワード線パルス生成信号P_L_S_D_L_Yはワード線W_Lに出力するパルス信号の立ち下がり側のパルスエッジを生成する。そしてロウデコーダ9は、遅延クロック回路1_6, 1_9, 2_2から出力された遅延クロック信号を、ワード線パルス生成信号P_L_S_D_L_Yとして受ける。

【0040】

図10は図9のロウデコーダ9を含む図1のSRAM1_0_0の動作を説明するためのタイミング図である。ここではリード動作の場合を取り上げている。また図10では、通常動作とセンスアンプイネーブル信号S_A_Eが遅延した場合の動作とを示している。ここでは、通常動作は設計時に設定した動作タイミングであり、これに対してプロセス、電圧、

温度、周波数など様々な条件がばらついた場合に、センスアンプイネーブル信号 S A E が遅延したものとする。

【0041】

図10において、入力クロック信号 C L K がロウデコーダ9に入力され、ロウデコーダ9の出力すなわちワード線 W L が活性化する。メモリセル8はワード線 W L の活性化に応じてビット線対 B L , N B L に微小電位差を発生させる。一方で、入力クロック信号 C L K は遅延クロック回路 16 , 19 , 22 に入力される。センスアンプ 20 は遅延クロック回路 16 , 19 , 22 の出力であるセンスアンプイネーブル信号 S A E の活性化に応じて、ビット線対 B L , N B L の微小電位差を検出し、出力する。

【0042】

ロウデコーダ9の出力すなわちワード線 W L は、遅延クロック回路 16 , 19 , 22 の出力であるワード線パルス生成信号 P L S D L Y に応じて不活性化する。様々な条件がばらついたとしても、センスアンプイネーブル信号 S A E とワード線パルス生成信号 P L S D L Y とは同一の遅延クロック回路 16 , 19 , 22 から出力されているため、それぞれのタイミングは条件のバラツキに対して同様の傾向を示す。したがって、センスアンプイネーブル信号 S A E が遅延した場合、ワード線パルス生成信号 P L S D L Y も同様に遅延する。これにより、ワード線 W L のパルス幅が広がることになる。

【0043】

以上の通り、図1および図9の構成によると、ワード線パルス生成信号 P L S D L Y とセンスアンプイネーブル信号 S A E とは、そのタイミングが条件バラツキに対して同様の傾向を示す。したがって、センスアンプイネーブル信号 S A E が遅延した場合、ワード線パルス生成信号 P L S D L Y も同様に遅延し、ワード線 W L のパルス幅が広がることになる。よって、ビット線対 B L , N B L の微小電位差も増大し、誤動作する確率を抑え、S R A M および S R A M を搭載する半導体集積回路の歩留まりを向上させることができる。

【0044】

なお、センスアンプイネーブル信号 S A E とワード線パルス生成信号 P L S D L Y は、同じ遅延クロック回路 16 , 19 , 22 からの出力ではあるが、必ずしも同じゲート段数から出力されていなくとも良い。

【0045】

図11は図1のS R A M 1 0 0 におけるロウデコーダレプリカ(R D R) 2 9 の概略構成例を示す図である。図11において、ロウデコーダレプリカ 2 9 は、ロウデコーダ9と同一構成からなり、アドレス信号 A D を受ける代わりに、常に選択される様に、電源電圧 V D D または電源電圧 V D D に準ずる信号を受ける。すなわち、アドレス信号 A D によって選択されたロウデコーダ9と同一タイミングで、パルス信号をワード線遅延信号 W L D L Y として出力する。ロウデコーダレプリカ 2 9 から出力されたワード線遅延信号 W L D L Y は、遅延クロック回路 16 , 19 , 22 に入力クロック信号として入力される。

【0046】

以上の通り、図11の構成によると、ロウデコーダ9と同一構成からなるロウデコーダレプリカ 2 9 から送られるワード線遅延信号 W L D L Y は、ワード線 W L とほぼ同じタイミングで活性化される。このため、遅延クロック回路 16 , 19 , 22 に入力されるタイミングのバラツキを抑えることが可能である。なお、ワード線パルス生成信号 P L S D L Y は省略されても良い。

【0047】

図12は図1のS R A M 1 0 0 において、メモリセルレプリカ 3 2 を用いた場合の動作を示すタイミング図である。図1において、メモリセルレプリカアレイ 3 6 は、メモリセル8と同一構成からなるメモリセルレプリカ 3 2 が複数個、行状に配置されたものである。そして、メモリセルレプリカ 3 2 の列に対してレプリカビット線対 R B L , R N B L が設けられている。またメモリセルレプリカ遅延信号 M E M D L Y は、レプリカビット線対 R B L , R N B L に所定の電位差が生じたか否かを示す信号であり、ここではレプリカビット線対 R B L , R N B L に所定の電位差が生じたとき“ H ”になるものとする。そして

、遅延クロック回路 19 は、メモリセルレプリカ遅延信号 M E M D L Y を、第 2 の外部信号 T E の代わりに、遅延クロック制御回路 17 における第 2 の P 型トランジスタ 18 のゲートに受ける。

【 0 0 4 8 】

図 1 の構成によれば、メモリセル 8 のバラツキをメモリセルレプリカ 32 が反映することになる。このため、図 12 に示すように、メモリセル 8 およびメモリセルレプリカ 32 の電荷引き抜きが早い場合、遅延クロック回路 19 内の第 2 の P 型トランジスタ 18 をオフするタイミングが早いため、センスアンプイネーブル信号 S A E によってセンスアンプ 20 が起動するタイミングも早くなる。一方、メモリセル 8 およびメモリセルレプリカ 32 の電荷引き抜きが遅い場合、遅延クロック回路 19 内の第 2 の P 型トランジスタ 18 がオンしている期間が長くなり、オフするタイミングが遅くなるため、センスアンプイネーブル信号 S A E によってセンスアンプ 20 が起動するタイミングも遅くなる。

【 0 0 4 9 】

このように、メモリセル 8 のバラツキによらず、ビット線対 B L , N B L の微小電位差が十分に確保された状態で、センスアンプ 20 が起動することになり、したがって、歩留まりを向上させることができる。

【 0 0 5 0 】

図 13 は図 1 の S R A M 1 0 0 における書き込み補助回路 50 の構成例を示す図である。図 13 の構成では、電源ソース 51 が電圧降下し過ぎない様に、P 型トランジスタを用いて、電荷を引き抜いている。図 1 において、書き込み補助回路 50 はメモリセル 8 の列に対して設けられており、書き込み補助パルス信号 P W P L S がパルスを出力している期間、メモリセルの電源ソース 51 の電位を下げる。書き込み補助パルス信号 P W P L S は、書き込みイネーブル信号 W E および、遅延クロック回路 16 , 19 , 22 から出力された遅延クロック信号としての書き込みパルス生成信号 P W D L Y から生成される。書き込みパルス生成信号 P W D L Y は書き込み補助パルス信号 P W P L S のパルスエッジを生成する。

【 0 0 5 1 】

図 14 は図 1 の S R A M 1 0 0 において、書き込み補助回路 50 を用いた場合の動作を示すタイミング図である。上述したように、書き込み補助回路 50 の入力信号である書き込み補助パルス信号 P W P L S は、そのパルスエッジが、書き込みパルス生成信号 P W D L Y 5 から生成されている。ここで、最も書き込みが行いにくいプロセスバラツキ、つまり P 型トランジスタの駆動能力が大きく N 型トランジスタの駆動能力が小さい場合、遅延回路 16 , 19 , 22 は、従来の遅延回路 10 と比較し、活性化するタイミングを遅延することができる。したがって、書き込みパルス生成信号 P W D L Y の活性化が遅延されることから、書き込み補助パルス信号 P W P L S のパルス幅が大きくなる。これにより、書き込み補助回路 50 の出力である電源ソース 51 の電位を下げ、書き込みが行いやすいようにすることができる。

【 0 0 5 2 】

図 15 は図 1 の S R A M 1 0 0 のレイアウトの概略構成例を示す図である。図 15 において、16 , 19 は遅延クロック回路、30 はメモリセルアレイ、40 はロウデコーダアレイ、70 は複数のリード/ライト回路が列状に配列されたリード/ライト回路アレイ、80 は信号制御回路である。遅延クロック制御回路 14 , 17 は、遅延クロック回路 16 , 19 との距離に対し、メモリセルアレイ 30 、ロウデコーダアレイ 40 およびリード/ライト回路アレイ 70 との距離の方が長くなる位置に配置されている。

【 0 0 5 3 】

図 15 の構成のように、信号制御回路 80 内に遅延クロック制御回路 14 , 17 を配置することによって、レイアウト面積の増大を抑え、ロウデコーダアレイ 40 およびリード/ライト回路アレイ 70 への配線リソースを確保することができる。

【 0 0 5 4 】

図 16 および図 17 は図 3 および図 7 の遅延クロック回路 16 a のレイアウトの概略構

成例を示す図である。図16および図17において、ゲート電極が延びる方向をゲート幅方向、ゲート幅方向の垂直方向をゲート長方向と定義すると、遅延クロック回路16aは、第1のインバータ12のP型トランジスタのソース及びドレインと、第2のインバータ13のP型トランジスタのソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされている。また、第2のインバータ13のP型トランジスタのソース及びドレインと、遅延クロック制御回路14, 17が有する第1のP型トランジスタ15のソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされている。

【0055】

以上の通り、図16および図17の構成によれば、拡散領域が、ゲート長方向にほぼ一直線にレイアウトされている。これにより、トランジスタの特性バラツキを低減することができる。このため、遅延クロック回路16aから出力される信号のタイミングバラツキを抑えることが可能となる。

【0056】

図18は図3および図7の遅延クロック回路16aのレイアウトの概略構成例を示す図である。図18において、ゲート電極が延びる方向をゲート幅方向、ゲート幅方向の垂直方向をゲート長方向と定義すると、遅延クロック回路16aは、第1のインバータ12のP型トランジスタのソース及びドレインと、第2のインバータ13のP型トランジスタのソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされている。また、第1のインバータ12のP型トランジスタのソース及びドレインと、遅延クロック制御回路14, 17が有する第1のP型トランジスタ15のソース及びドレインとが、ほぼ一直線にレイアウトされている。

【0057】

以上の通り、図18の構成によれば、拡散領域が、ゲート長方向にほぼ一直線にレイアウトされている。これにより、トランジスタの特性バラツキを低減することができる。このため、遅延クロック回路16aから出力される信号のタイミングバラツキを抑えることが可能となる。

【0058】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。例えば、ここでは、S R A Mを用いて説明を行ったが、D R A Mやその他の半導体記憶装置でも変形して実施することができる。

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明によると、回路面積の増大を招くことなく、半導体集積回路にトランジスタバラツキ耐性を持たせることができる。したがって例えば、センスアンプを含む半導体記憶装置、特にS R A M、詳しくは、マイクロプロセッサ用のキャッシュメモリ等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明に係る半導体集積回路の1つとしてのS R A Mの構成例を示すブロック図である。

【図2】図1のS R A Mにおける従来技術の遅延クロック回路の概略構成例を示す回路図である。

【図3】図1のS R A Mにおける本発明の実施形態に係る遅延クロック回路の概略構成例を示す回路図である。

【図4】図1の構成において、図2および図3の遅延クロック回路を採用した場合の動作を説明するためのタイミング図である。

【図5】図1のS R A Mにおける本発明の実施形態に係る遅延クロック回路の概略構成例を示す回路図である。

【図6】図1の構成において、図5の遅延クロック回路を採用した場合の動作を説明するためのタイミング図である。

【図 7】図 1 の S R A M における本発明の実施形態に係る遅延クロック回路の概略構成例を示す回路図である。

【図 8】図 1 の構成において、図 7 の遅延クロック回路を採用した場合の動作を説明するためのタイミング図である。

【図 9】図 1 の S R A M におけるロウデコーダの概略構成例を示す回路図である。

【図 10】図 9 のロウデコーダを含む図 1 の S R A M の動作を説明するためのタイミング図である。

【図 11】図 1 の S R A M におけるロウデコーダレプリカの概略構成例を示す回路図である。

【図 12】図 1 の S R A M において、メモリセルレプリカを用いた場合の動作を示すタイミング図である。

【図 13】図 1 の S R A M における書き込み補助回路の概略構成例を示す回路図である。

【図 14】図 1 の S R A M において、書き込み補助回路を用いた場合の動作を示すタイミング図である。

【図 15】図 1 の S R A M のレイアウトの概略構成例を示す図である。

【図 16】本実施形態に係る遅延クロック回路のレイアウトの概略構成例を示す図である。

【図 17】本実施形態に係る遅延クロック回路のレイアウトの概略構成例を示す図である。

【図 18】本実施形態に係る遅延クロック回路のレイアウトの概略構成例を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 1 】

1 6 , 1 9 , 2 2 遅延クロック回路

1 6 a , 1 9 a 構成要素

1 2 第 1 のインバータ

1 2 a , 1 2 b N 型トランジスタ

1 3 第 2 のインバータ

1 4 , 1 7 遅延クロック制御回路

1 5 第 1 の P 型トランジスタ

1 8 第 2 の P 型トランジスタ

2 3 P 型トランジスタ用基板制御回路

2 4 N 型トランジスタ用基板制御回路

8 メモリセル

3 0 メモリセルアレイ

2 0 センスアンプ

9 ロウデコーダ

2 9 ロウデコーダレプリカ

3 2 メモリセルレプリカ

3 6 メモリセルレプリカアレイ

5 0 書き込み補助回路

5 1 電源ソース

C L K 入力クロック信号

T E 第 1 の外部信号

B E 第 2 の外部信号

W L ワード線

B L , N B L ビット線対

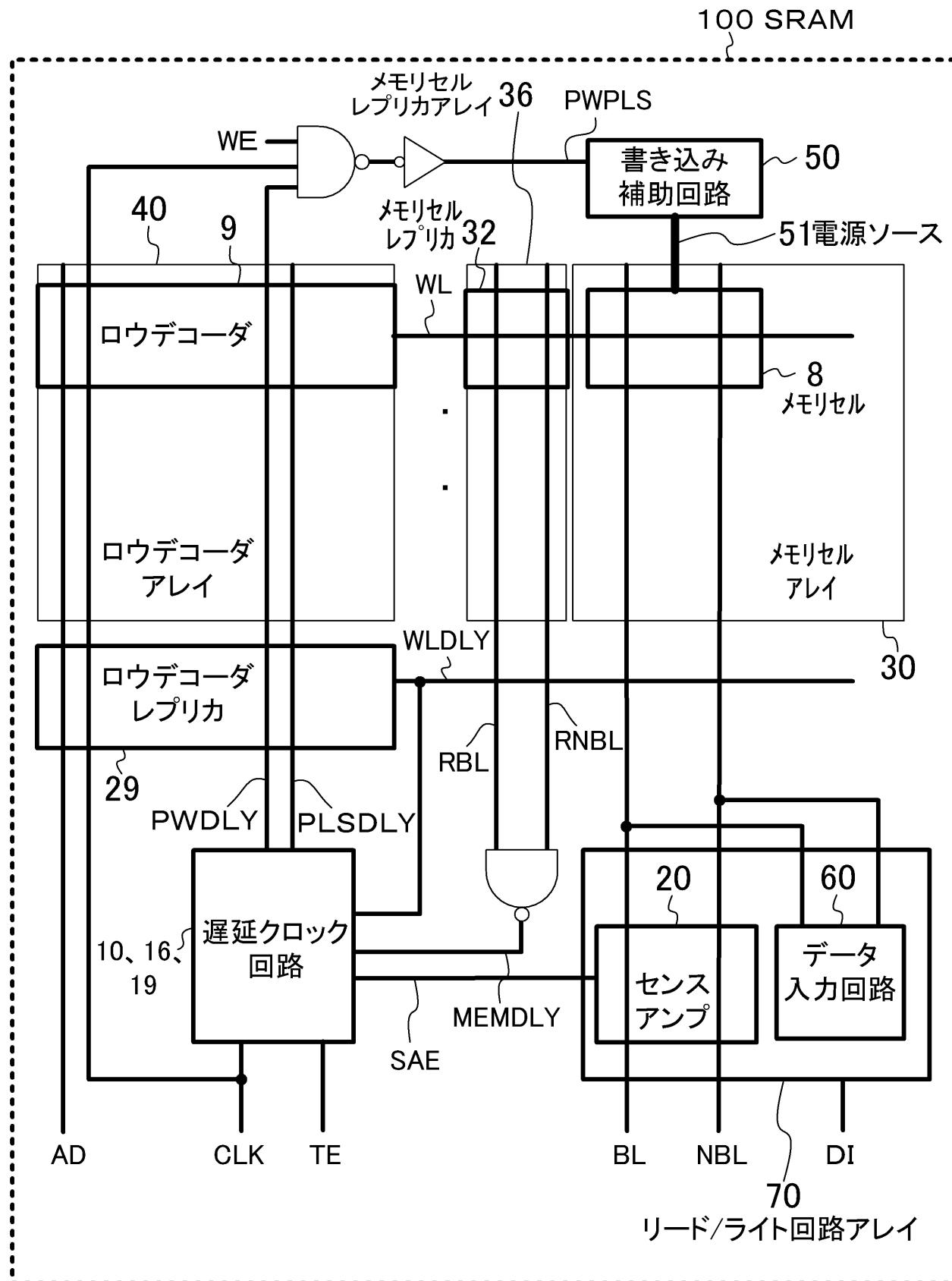
A D アドレス信号

S A E センスアンプイネーブル信号

P L S D L Y ワード線パルス生成信号

W L D L Y ワード線遅延信号
R B L , R N B L レプリカビット線対
M E M D L Y メモリセルレプリカ遅延信号
P W P L S 書き込み補助パルス信号
P W D L Y 書き込みパルス生成信号
【手続補正3】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図1
【補正方法】変更
【補正の内容】

【図1】



【手続補正4】

【補正対象書類名】図面

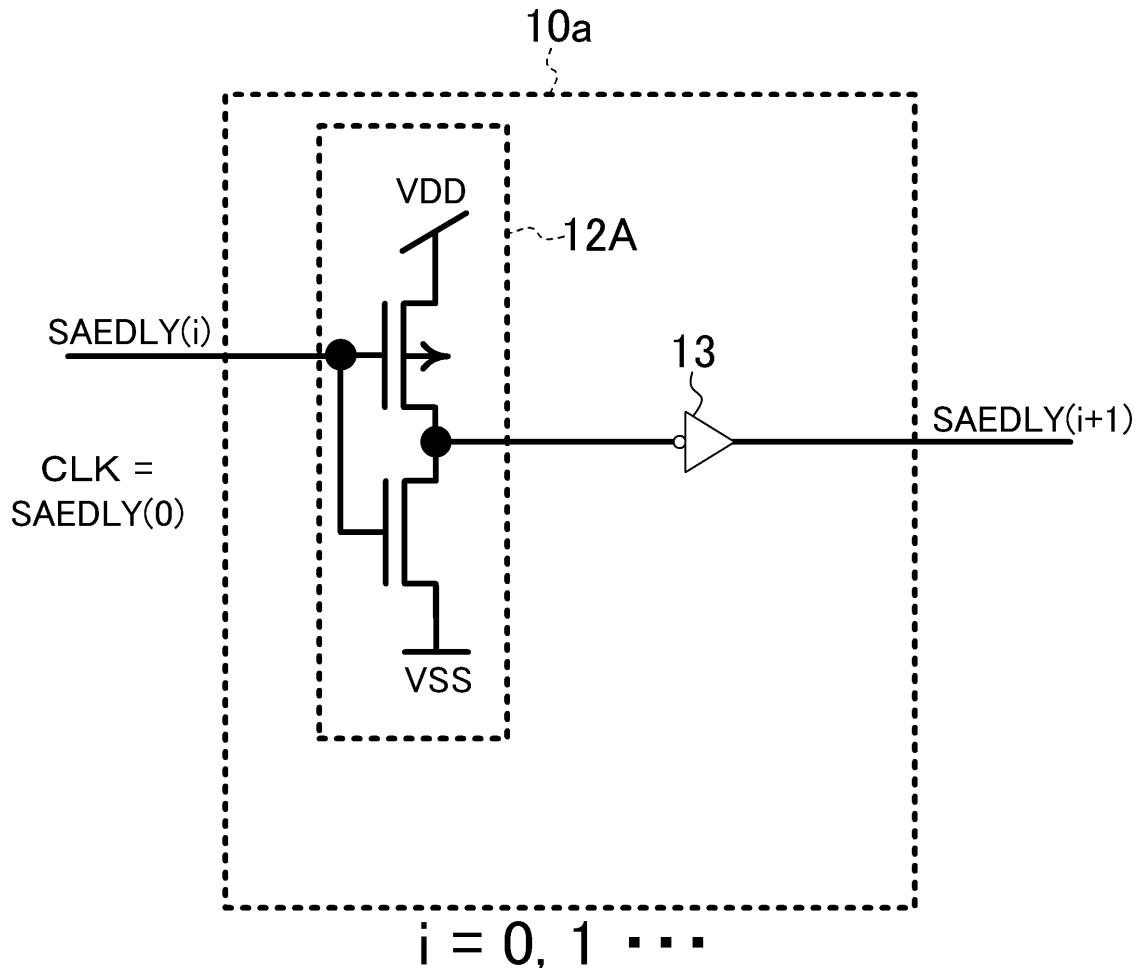
【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図2】

10



【手続補正5】

【補正対象書類名】図面

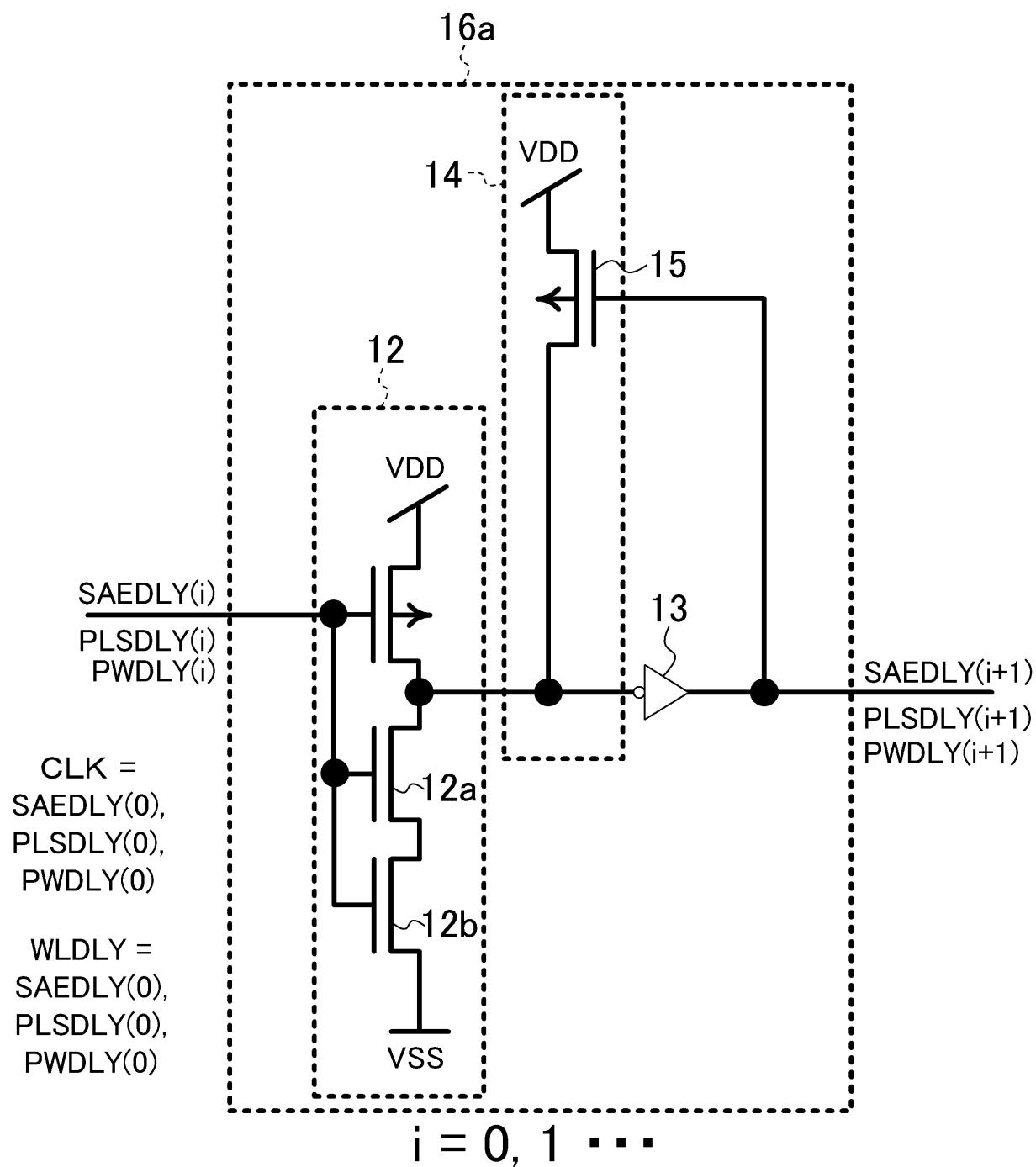
【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図3】

16



【手続補正6】

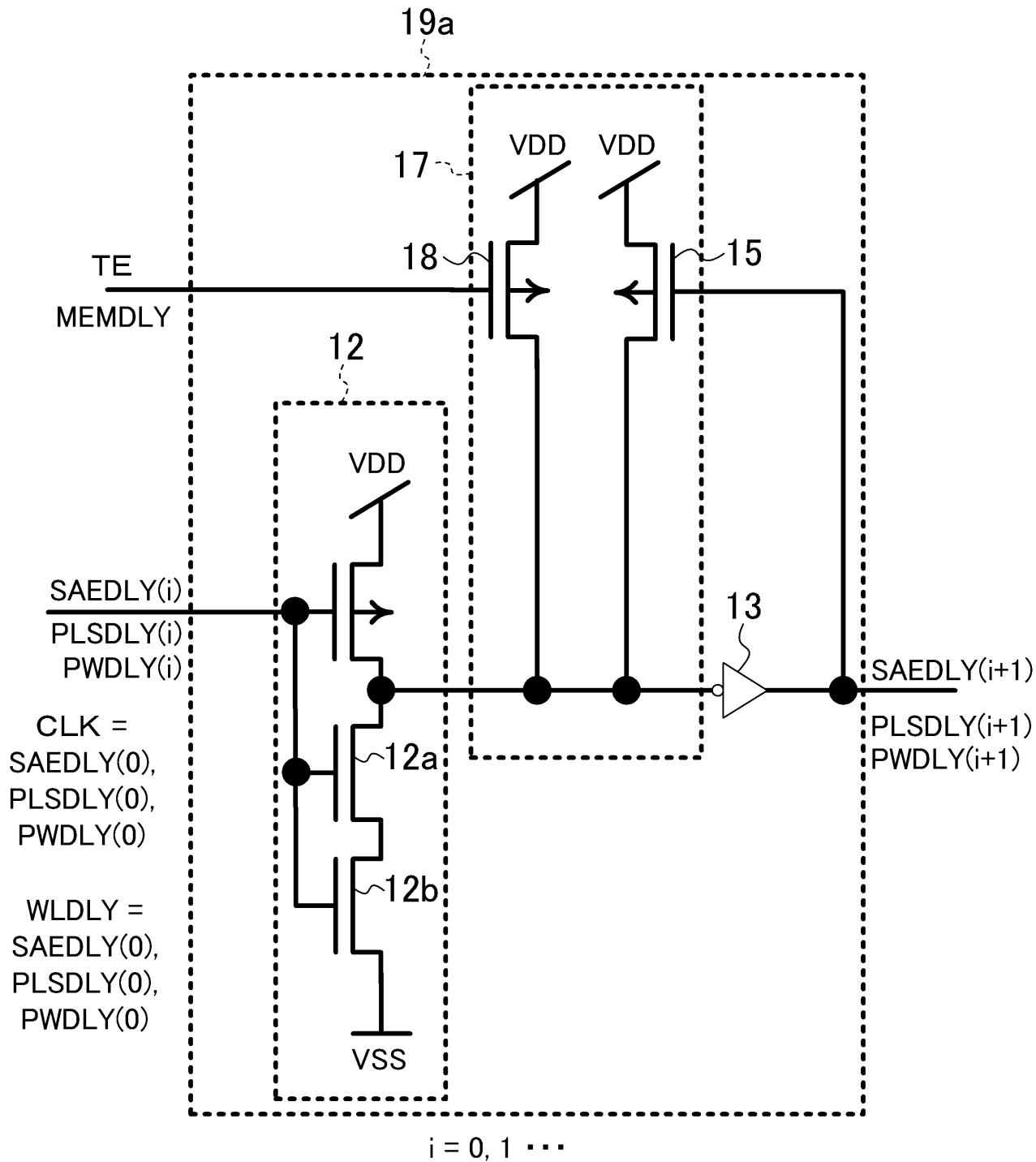
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図5】

19

【手続補正7】

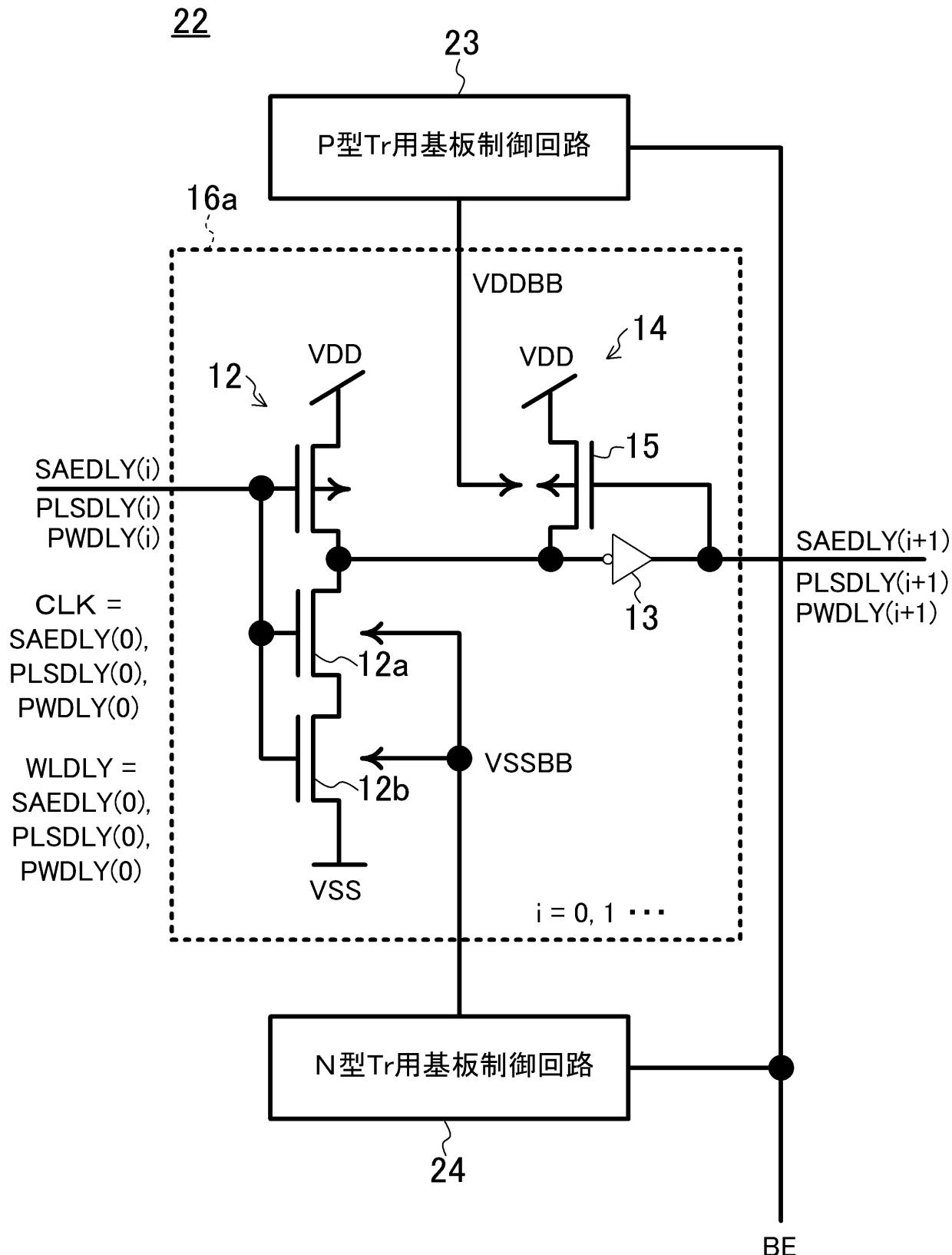
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 7】



【手続補正 8】

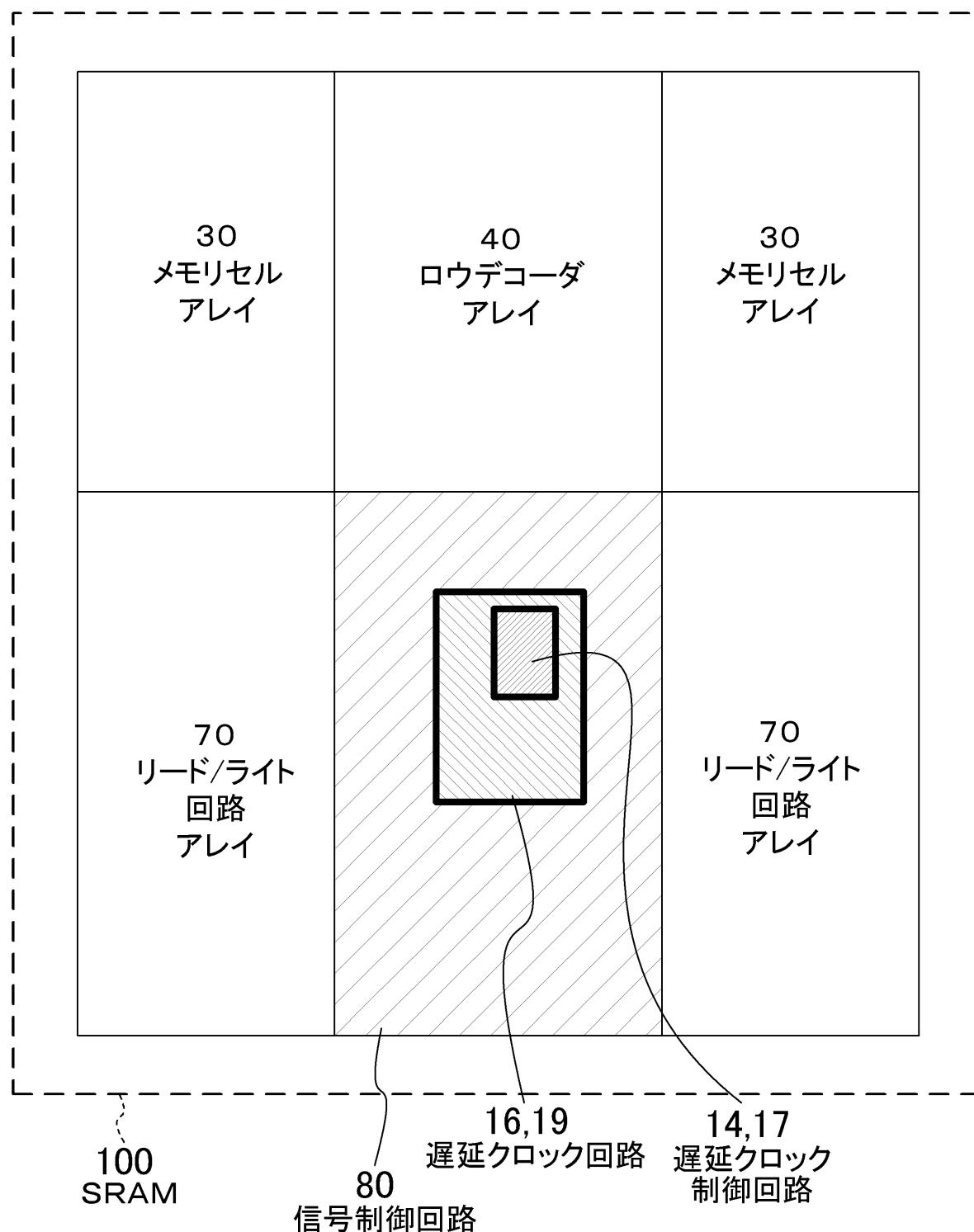
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 15

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 15】



【手続補正 9】

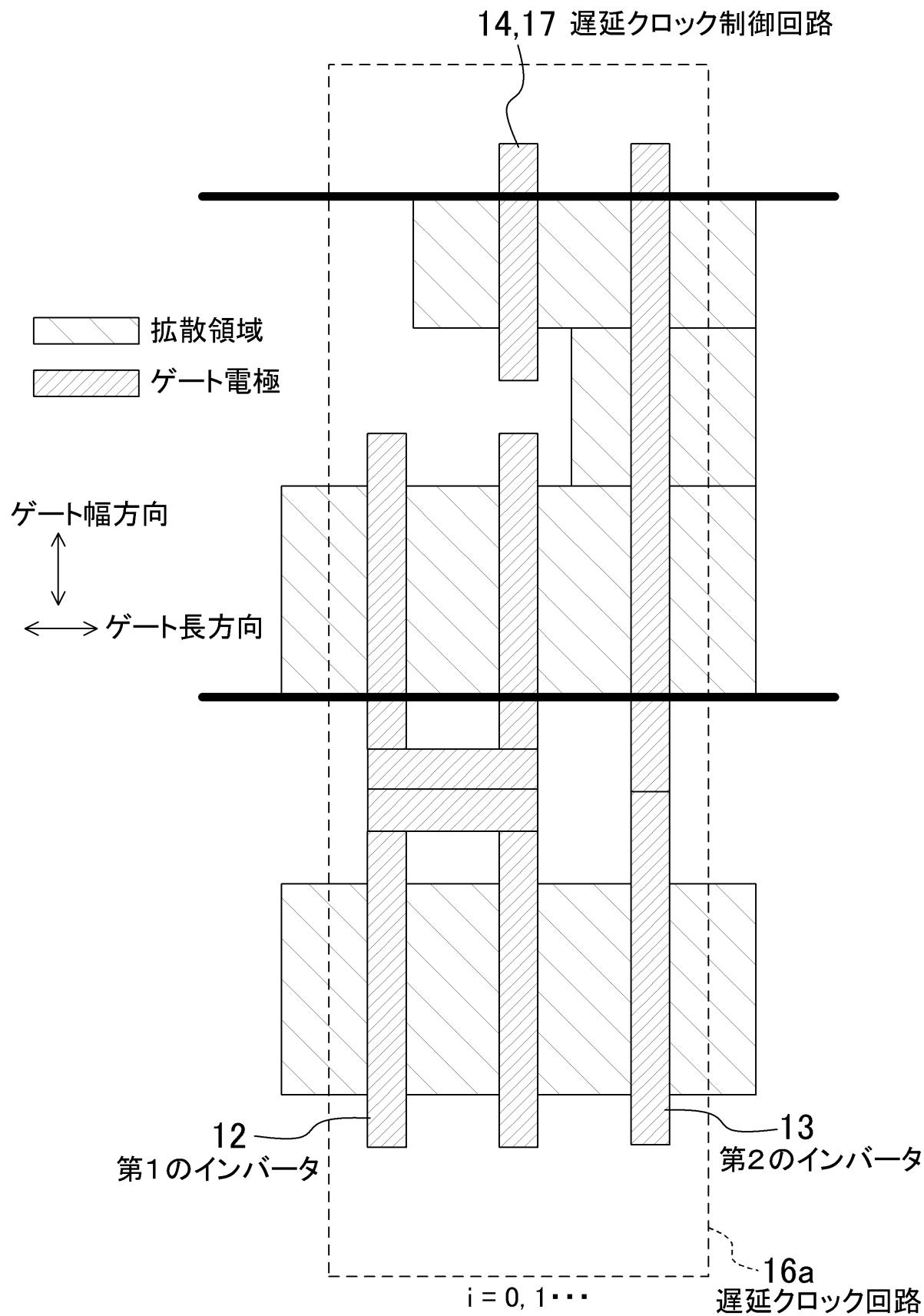
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 16

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 16】



【手続補正 10】

【補正対象書類名】図面

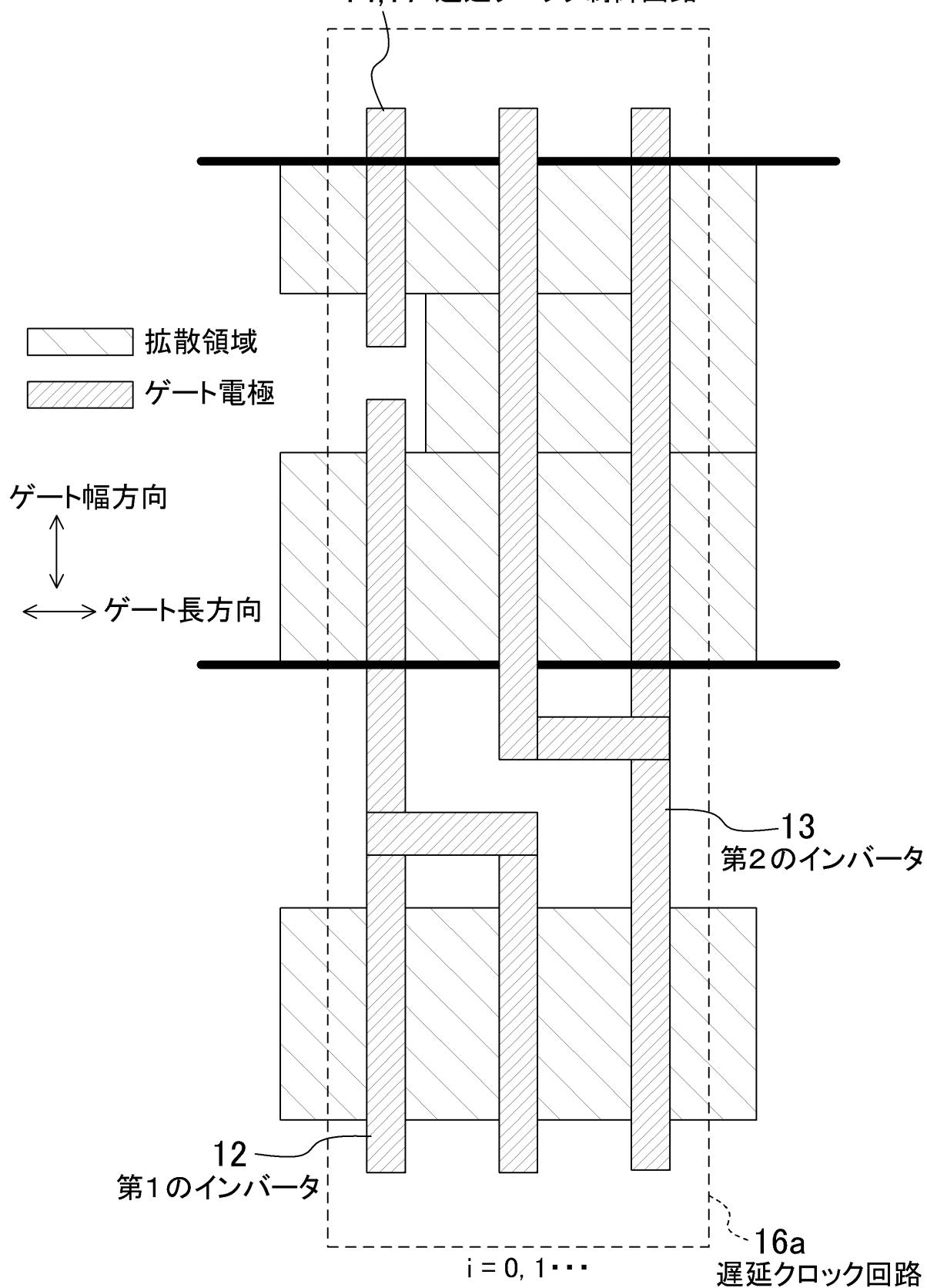
【補正対象項目名】図 17

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図17】

14,17 遅延クロック制御回路



【手続補正11】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 18

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 18】

