

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6136430号
(P6136430)

(45) 発行日 平成29年5月31日 (2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日 (2017.5.12)

(51) Int.Cl.		F I			
G 0 6 F	17/50	(2006.01)	G O 6 F	17/50	6 5 8 K
H O 1 L	21/82	(2006.01)	G O 6 F	17/50	6 5 8 A
			H O 1 L	21/82	C

請求項の数 8 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2013-62350 (P2013-62350)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成25年3月25日 (2013.3.25)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2014-186648 (P2014-186648A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成26年10月2日 (2014.10.2)	(74) 代理人	100104190
審査請求日	平成27年11月6日 (2015.11.6)		弁理士 酒井 昭徳
		(72) 発明者	笠井 彰子
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	松浦 功

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 設計支援装置、設計支援方法、および設計支援プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成する領域情報生成部と、

前記領域情報生成部によって生成された前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも1つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第1レイアウトデータを生成する第1データ生成部と、

前記第1データ生成部によって生成された前記第1レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第2レイアウトデータを生成する第2データ生成部と、

前記第2レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々の領域について、前記領域内のフリップフロップセルの数が、前記領域内のバッファセルが前記クロック信号を供給可能な数よりも多いか少ないかを判断する判断部と、

前記判断部によって前記領域内のフリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断された領域のうち、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域に隣接する領域を検出する検出部と、

前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの各々と、前記検出部によって検出された前記領域内のバッファセルと、の距離を算出する算出部と、

前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの中で、

10

20

前記算出部によって算出された距離が短い順に、前記供給可能な数のフリップフロップセル以外のフリップフロップセルを選択する選択部と、

前記選択部によって選択されたフリップフロップセルを、前記検出部によって検出された前記領域内のバッファセルに対応付けた対応情報を生成する対応情報生成部と、

前記第2レイアウトデータと、前記対応情報生成部によって生成された前記対応情報と、を関連付けて出力する出力部と、

を有することを特徴とする設計支援装置。

【請求項2】

前記検出部は、

前記隣接する領域の中で、前記領域内のフリップフロップセルの数が最も少ない領域を検出することを特徴とする請求項1に記載の設計支援装置。

10

【請求項3】

前記出力部は、

前記検出部による検出によって前記隣接する領域が得られなかった場合、前記対応情報生成部による前記対応情報の生成を行わずに、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域の周辺に前記フリップフロップセルの数が多いことを示す情報を出力することを特徴とする請求項1または2に記載の設計支援装置。

【請求項4】

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成する領域情報生成部と、

20

前記領域情報生成部によって生成された前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも1つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第1レイアウトデータを生成する第1データ生成部と、

前記第1データ生成部によって生成された前記第1レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第2レイアウトデータを生成する第2データ生成部と、

前記第2レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々の領域について、前記領域内のフリップフロップセルの数が、前記領域内のバッファセルが前記クロック信号を供給可能な数よりも多いか少ないかを判断する判断部と、

前記判断部によって前記領域内のフリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断された領域のうち、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域に隣接する領域を検出する検出部と、

30

前記検出部によって検出された前記領域の各々について、検出された前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの各々と、の距離を算出する算出部と、

検出された前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルと、の組み合わせの中から、同一のフリップフロップセルを含む組み合わせを複数選択せず、前記算出部によって算出された距離が短い順に、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの数と、前記供給可能な数と、の差分の組み合わせを選択する選択部と、

40

前記選択部によって選択された前記組み合わせに含まれるフリップフロップセルと、選択された前記組み合わせに含まれるバッファセルと、を対応付けた対応情報を生成する対応情報生成部と、

前記第2レイアウトデータと、前記対応情報生成部によって生成された前記対応情報と、を関連付けて出力する出力部と、

を有することを特徴とする設計支援装置。

【請求項5】

コンピュータが、

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、

生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも1つ設けられる、他の

50

セルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第 1 レイアウトデータを生成し、

生成した前記第 1 レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第 2 レイアウトデータを生成し、

生成した前記第 2 レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々の領域について、前記領域内のフリップフロップセルの数が、前記領域内のバッファセルが前記クロック信号を供給可能な数よりも多いか少ないかを判断し、

前記領域内のフリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断した領域のうち、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域に隣接する領域を検出し、

前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの各々と、検出された前記領域内のバッファセルと、の距離を算出し、

前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの中で、算出した前記距離が短い順に、前記供給可能な数のフリップフロップセル以外のフリップフロップセルを選択し、

選択した前記フリップフロップセルを、検出した前記領域内のバッファセルに対応付けた対応情報を生成し、

前記第 2 レイアウトデータと、生成した前記対応情報と、を関連付けて出力する、

処理を実行することを特徴とする設計支援方法。

【請求項 6】

コンピュータが、

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、

生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも 1 つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第 1 レイアウトデータを生成し、

生成した前記第 1 レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第 2 レイアウトデータを生成し、

前記第 2 レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々の領域について、前記領域内のフリップフロップセルの数が、前記領域内のバッファセルが前記クロック信号を供給可能な数よりも多いか少ないかを判断し、

前記領域内のフリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断した前記領域のうち、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域に隣接する領域を検出し、

検出した前記領域の各々について、検出した前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの各々と、の距離を算出し、

検出した前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルと、の組み合わせの中から、同一のフリップフロップセルを含む組み合わせを複数選択せず、算出した前記距離が短い順に、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの数と、前記供給可能な数と、の差分の組み合わせを選択し、

選択した前記組み合わせに含まれるフリップフロップセルと、選択した前記組み合わせに含まれるバッファセルと、を対応付けた対応情報を生成し、

前記第 2 レイアウトデータと、生成した前記対応情報と、を関連付けて出力する、

処理を実行することを特徴とする設計支援方法。

【請求項 7】

コンピュータに、

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、

生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも 1 つ設けられる、他の

10

20

30

40

50

セルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第1レイアウトデータを生成し、

生成した前記第1レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第2レイアウトデータを生成し、

生成した前記第2レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々の領域について、前記領域内のフリップフロップセルの数が、前記領域内のバッファセルが前記クロック信号を供給可能な数よりも多いか少ないかを判断し、

前記領域内のフリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断した領域のうち、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域に隣接する領域を検出し、

前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの各々と、検出された前記領域内のバッファセルと、の距離を算出し、

前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの中で、算出した前記距離が短い順に、前記供給可能な数のフリップフロップセル以外のフリップフロップセルを選択し、

選択した前記フリップフロップセルを、検出した前記領域内のバッファセルに対応付けた対応情報を生成し、

前記第2レイアウトデータと、生成した前記対応情報と、を関連付けて出力する、処理を実行させることを特徴とする設計支援プログラム。

【請求項8】

コンピュータに、

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、

生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも1つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第1レイアウトデータを生成し、

生成した前記第1レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第2レイアウトデータを生成し、

前記第2レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々の領域について、前記領域内のフリップフロップセルの数が、前記領域内のバッファセルが前記クロック信号を供給可能な数よりも多いか少ないかを判断し、

前記領域内のフリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断した前記領域のうち、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域に隣接する領域を検出し、

検出した前記領域の各々について、検出した前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの各々と、の距離を算出し、

検出した前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルと、の組み合わせの中から、同一のフリップフロップセルを含む組み合わせを複数選択せず、算出した前記距離が短い順に、前記供給可能な数よりも多いと判断した前記領域内のフリップフロップセルの数と、前記供給可能な数と、の差分の組み合わせを選択し、

選択した前記組み合わせに含まれるフリップフロップセルと、選択した前記組み合わせに含まれるバッファセルと、を対応付けた対応情報を生成し、

前記第2レイアウトデータと、生成した前記対応情報と、を関連付けて出力する、処理を実行させることを特徴とする設計支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、設計支援装置、設計支援方法、および設計支援プログラムに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

従来、回路のレイアウト設計では、クロックツリーを手動で設計したり、自動で生成したりする技術が知られている。たとえば、フリップフロップ（以下「FF（Flip Flop）」）と称する。）を配置した後に、複数のFFのマンハッタン長に基づいて、クロックスキューを小さくするようにクロックバッファを挿入する技術がある（たとえば、下記特許文献1参照）。

【 先行技術文献 】

10

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 0 - 2 2 9 1 2 8 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、レイアウト設計では、たとえば、クロックスキューの条件を満たすようにクロックツリーの最終段のクロックバッファとFFとを近くにしつつ、FFのデータ信号線などに関する条件を満たすように各セルが配置される。そのため、各セルの配置に要する処理量が大きくなるという問題点がある。

20

【 0 0 0 5 】

1つの側面では、本発明は、処理量の低減を図ることができる設計支援装置、設計支援方法、および設計支援プログラム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 】

【 0 0 0 6 】

本発明の一側面によれば、回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも1つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第1レイアウトデータを生成し、生成した前記第1レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第2レイアウトデータを生成する設計支援装置、設計支援方法、および設計支援プログラムが提案される。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様によれば、処理量の低減を図ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図 1 】 図 1 は、設計支援装置による一動作例を示す説明図である。

【 図 2 】 図 2 は、CADフロー例を示す説明図である。

【 図 3 】 図 3 は、設計支援装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

40

【 図 4 】 図 4 は、設計支援装置の機能的構成例を示すブロック図である。

【 図 5 】 図 5 は、クロックバッファのタイプ別の領域サイズ対応表を示す説明図である。

【 図 6 】 図 6 は、領域情報の一例を示す説明図である。

【 図 7 】 図 7 は、最終段のクロックバッファセルが各領域に配置された例を示す説明図である。

【 図 8 】 図 8 は、クロックツリー例を示す説明図である。

【 図 9 】 図 9 は、FFのセルが配置された例を示す説明図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、生成例 1 を示す説明図である。

【 図 1 1 】 図 1 1 は、対応情報の一例を示す説明図である。

【 図 1 2 】 図 1 2 は、判断例を示す説明図である。

50

【図 1 3】図 1 3 は、生成例 2 を示す説明図である。

【図 1 4】図 1 4 は、対応情報例 2 を示す説明図である。

【図 1 5】図 1 5 は、生成例 2 における接続例を示す説明図である。

【図 1 6】図 1 6 は、生成例 3 を示す説明図である。

【図 1 7】図 1 7 は、対応情報例 3 を示す説明図である。

【図 1 8】図 1 8 は、生成例 3 についての接続例を示す説明図である。

【図 1 9】図 1 9 は、F F セルが集中している例を示す説明図である。

【図 2 0】図 2 0 は、設計支援装置による設計支援処理手順例 1 を示すフローチャート (その 1) である。

【図 2 1】図 2 1 は、設計支援装置による設計支援処理手順例 1 を示すフローチャート (その 2) である。 10

【図 2 2】図 2 2 は、設計支援装置による設計支援処理手順例 1 を示すフローチャート (その 3) である。

【図 2 3】図 2 3 は、設計支援装置による設計支援処理手順例 1 を示すフローチャート (その 4) である。

【図 2 4】図 2 4 は、設計支援装置による設計支援処理手順例 2 を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

以下に添付図面を参照して、本発明にかかる設計支援装置、設計支援方法、および設計支援プログラムの実施の形態を詳細に説明する。 20

【 0 0 1 0 】

図 1 は、設計支援装置による一動作例を示す説明図である。設計支援装置 1 0 0 は、半導体集積回路などの回路のレイアウトデータの設計を支援するコンピュータである。まず、設計支援装置 1 0 0 は、回路内の所定領域 *a r e a* を一定間隔で区切った複数の領域 *a 1 ~ a 4* を示す領域情報を生成する。一定間隔は、クロックバッファの駆動能力に基づいて定まる。所定領域 *a r e a* は、たとえば、セル配置可能領域であり、回路内のデジタル回路などのスタンダードセルによって設計される領域である。

【 0 0 1 1 】

そして、設計支援装置 1 0 0 は、生成した領域情報が示す複数の領域 *a 1 ~ a 4* の各々に少なくとも 1 つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第 1 レイアウトデータ *1 1* を生成する。図 1 の例には、複数の領域 *a 1 ~ a 4* の各々に、クロックバッファセル *b u f 1 ~ b u f 4* が配置されてある。他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルとは、たとえば、クロックツリー内の最終段のクロックバッファである。そのため、第 1 レイアウトデータ *1 1* では、クロックツリーに含まれる各セルが配置される。たとえば、クロックツリーは、クロック供給源から最終段のクロックバッファセルまでの段数が同一であり、クロック供給源から最終段のクロックバッファセルまでの間のバッファセルの配置間隔および配線の長さが等しいこととする。クロックツリーの一例は、図 8 に示す。 30

【 0 0 1 2 】

設計支援装置 1 0 0 は、生成した第 1 レイアウトデータ *1 1* に基づいて、クロックバッファセルの配置と、所定領域 *a r e a* 内に設けられる F F セルの配置と、を示す第 2 レイアウトデータ *1 2* を生成する。たとえば、設計支援装置 1 0 0 は、自動配置配線ツールを用いて、第 1 レイアウトデータ *1 1* に基づいて、クロックツリー内のセルの配置と、所定領域 *a r e a* 内に設けられる、クロックツリー以外のセルの配置を示す第 2 レイアウトデータ *1 2* を生成する。 40

【 0 0 1 3 】

そして、設計支援装置 1 0 0 は、生成した第 2 レイアウトデータ *1 2* を出力する。出力形式としては、たとえば、設計支援装置 1 0 0 が有する R A M (R a n d a m A c c e s s M e m o r y) やディスクなどの記憶装置への出力、設計支援装置 1 0 0 が接続可 50

能なインターネットを介して他の装置への出力などが挙げられる。

【 0 0 1 4 】

これにより、一定距離以内に最終段のクロックバッファセルがあるため、F Fセルがどの配置であってもクロックスキューが一定条件を満たすことができる。したがって、F Fセルの配置に要する処理量を低減できる。一定条件とは、設計者が定める条件であって、区切る際の一定間隔によって定まる。

【 0 0 1 5 】

また、設計支援装置 1 0 0 は、領域内の最終段のクロックバッファセルと、領域内の F Fセルと、を接続する。これにより、各 F Fセルは、近い距離にある最終段のクロックバッファセルと接続されることになる。

10

【 0 0 1 6 】

また、たとえば、大規模な回路について、C T S (C l o c k T r e e S y n t h e s i s) などにより自動でクロックツリーを設計する手法では、クロックスキューを小さくするための処理量が多い。そのため、たとえば、大規模な回路についてクロックスキューを極力小さくさせるためには、人手によってクロックツリーの設計と F Fセルの配置とが行われるが、F Fセルはクロックツリー内の最終段のクロックバッファセルの近傍に配置させなければならない。そのため、人手による F Fセルの配置では、F Fセルの配置の自由度が低い。一方、設計支援装置 1 0 0 によれば、一定距離以内に最終段のクロックバッファセルがあるため、F Fセルの配置の自由度を向上させることができる。

20

【 0 0 1 7 】

また、たとえば、人手による設計において、F Fセルが追加されるような論理変更が発生すると、クロックスキューの一定条件を満たすために、どの最終段のクロックバッファに接続させるかなどの修正を行うことが困難である。一方、設計支援装置 1 0 0 によれば、F Fセルをどの位置に配置させてもクロックスキューの一定条件を満たすことができるため、F Fセルの追加などの修正を容易化することができる。

【 0 0 1 8 】

ここで、回路の論理設計と、回路のレイアウト設計について、フローを用いて簡単に説明する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、C A D フロー例を示す説明図である。ここで、本実施の形態にかかる C A D フローについて簡単に説明する。たとえば、回路の論理設計では、論理設計用に各セルの機能が定義されたセルライブラリ 2 0 1 に基づいて回路のネットリスト 2 0 2 が設計される (ステップ S 2 0 1) 。ネットリスト 2 0 2 は、たとえば、設計対象となる回路内のセルの接続関係を示す情報である。ネットリスト 2 0 2 は、たとえば、V e r i l o g や V H D L (V e r y h i g h s p e e d i n t e g r a t e d c i r c u i t H a r d w a r e D e s c r i p t i o n L a n g u a g e) などのハードウェア記述言語やシステム記述言語によって記述される。

30

【 0 0 2 0 】

また、レイアウト設計では、論理設計によって得られたネットリスト 2 0 2 が示す各セルの接続関係を維持し、デザインルール 2 0 4 とセルライブラリ 2 0 3 とに基づいて、各セルの配置と、各セルの配線と、が行われる (ステップ S 2 0 2) 。セルライブラリ 2 0 3 は、セルのタイプごとにセルのレイアウトデータを有する。デザインルール 2 0 4 は、回路内の各セルを形成するための各層についての情報や配線間のピッチなどのレイアウト設計におけるルールなどを有する。また、レイアウト設計では、予め R A M などのマクロが配置された後に (ステップ S 2 1 1) 、設計支援装置 1 0 0 によるレイアウト設計が行われ (ステップ S 2 1 2) 、レイアウトデータ 2 0 5 が生成される。

40

【 0 0 2 1 】

また、図示していないが、レイアウト設計後に、タイミング解析などが行われ、タイミング解析結果に異常があれば、レイアウト設計によるセルの配置の修正などが行われる。

【 0 0 2 2 】

50

(設計支援装置１００のハードウェア構成例)

図３は、設計支援装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。図３において、設計支援装置１００は、ＣＰＵ３０１と、ＲＯＭ３０２と、ＲＡＭ３０３と、ディスクドライブ３０４と、ディスク３０５と、を有する。設計支援装置１００は、Ｉ／Ｆ３０６と、入力装置３０７と、出力装置３０８と、を有する。また、各部はバス３００によってそれぞれ接続される。

【００２３】

ここで、ＣＰＵ３０１は、設計支援装置１００の全体の制御を司る。ＲＯＭ３０２は、ブートプログラムなどのプログラムを記憶する。ＲＡＭ３０３は、ＣＰＵ３０１のワークエリアとして使用される。ディスクドライブ３０４は、ＣＰＵ３０１の制御にしたがってディスク３０５に対するデータのリード／ライトを制御する。ディスク３０５は、ディスクドライブ３０４の制御で書き込まれたデータを記憶する。ディスク３０５としては、磁気ディスクや光ディスクなどが挙げられる。

【００２４】

Ｉ／Ｆ３０６は、通信回線を通じてＬＡＮ（Ｌｏｃａｌ Ａｒｅａ Ｎｅｔｗｏｒｋ）、ＷＡＮ（Ｗｉｄｅ Ａｒｅａ Ｎｅｔｗｏｒｋ）、インターネットなどのネットワークＮＥＴに接続され、このネットワークＮＥＴを介して他の装置に接続される。そして、Ｉ／Ｆ３０６は、ネットワークＮＥＴと内部のインターフェースを司り、外部装置からのデータの入出力を制御する。Ｉ／Ｆ３０６には、たとえばモデムやＬＡＮアダプタなどを採用することができる。

【００２５】

入力装置３０７は、キーボード、マウス、タッチパネルなど利用者の操作により、各種データの入力を行うインターフェースである。また、入力装置３０７は、カメラから画像や動画を取り込むこともできる。また、入力装置３０７は、マイクから音声を取り込むこともできる。出力装置３０８は、ＣＰＵ３０１の指示により、データを出力するインターフェースである。出力装置３０８には、ディスプレイやプリンタが挙げられる。

【００２６】

(設計支援装置１００の機能的構成例)

図４は、設計支援装置の機能的構成例を示すブロック図である。設計支援装置１００は、領域サイズ算出部４０１と、領域情報生成部４０２と、第１データ生成部４０３と、第２データ生成部４０４と、を有する。さらに、設計支援装置１００は、判断部４０５と、検出部４０６と、距離算出部４０７と、選択部４０８と、対応情報生成部４０９と、出力部４１０と、を有する。各部の処理は、たとえば、ＣＰＵ３０１がアクセス可能な記憶装置に記憶された算出プログラムにコーディングされる。そして、ＣＰＵ３０１が記憶装置から算出プログラムを読み出して、試験支援プログラムにコーディングされている処理を実行する。これにより、各部の処理が実現される。また、各部の処理結果は、たとえば、ＲＡＭ３０３、ディスク３０５などの記憶装置に記憶される。

【００２７】

領域サイズ算出部４０１は、クロックバッファがクロック信号を正常に供給可能なＦＦの数に基づいて、回路内の所定領域areaを区切る領域のサイズを算出する。回路内の所定領域areaとは、たとえば、アナログ回路やマクロなどが配置される領域以外のスタンダードセルが配置可能な領域であってもよいし、利用者によって指定された領域であってもよい。ここで、クロック信号を供給可能なＦＦの数は、クロックバッファの駆動能力に基づいて定められ、接続可能個数と称する。

【００２８】

図５は、クロックバッファのタイプ別の領域サイズ対応表を示す説明図である。表５００は、クロックバッファのタイプごとに、接続可能個数と、総配線長目安値と、クロックバッファが最終段となった場合の所定領域areaを区切る領域の外周と、が関連付けられた情報である。たとえば、表５００には、Ｃｌｏｃｋ ｂｕｆｆｅｒ １～４の各々に対応してレコード５０１－１～５０１－４まで記憶されてある。総配線長目安値は、最終段

10

20

30

40

50

のクロックバッファセルと、フリップフロップセルと、を接続する配線の経験値に基づく長さである。

【 0 0 2 9 】

ここでは、たとえば、ワーストケースの配線を考慮して、領域の外周は総配線長目安値にマージンを考慮することにより算出することとする。たとえば、領域の外周は以下式(1)のように表す。

【 0 0 3 0 】

領域の外周 = 総配線長目安値 × マージン・・・(1)

【 0 0 3 1 】

たとえば、経験値に基づいてマージンを5 [%] とすると、Clock buffer 10
2 の場合、領域の外周は、200 × 0.95 であり、190 [μm] である。

【 0 0 3 2 】

つぎに、領域情報生成部 402 は、回路内の所定領域 area を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成する。一定間隔は、領域サイズ算出部 401 によって算出された基準領域の外周に基づく値であり、RAM 303、ディスク 305 などの記憶装置に記憶されてある。

【 0 0 3 3 】

図6は、領域情報の一例を示す説明図である。領域情報は、たとえば、各領域を示す識別情報ごとに、領域内の頂点座標を有する。たとえば、所定領域 area を区切った複数の領域のうち、代表して左上端にある領域の各々に ar1 ~ ar9 を付してある。たとえば、領域情報には、領域 ar1 について、頂点(x1, y1)と頂点(x2, y2)と頂点(x3, y3)と頂点(x4, y4)の4つの頂点の情報を有する。 20

【 0 0 3 4 】

第1データ生成部 403 は、領域情報が示す複数の領域の各々に設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なクロックバッファセルと、クロックバッファセルの位置と、を示す第1レイアウトデータ 11 を生成する。他のセルにクロック信号を供給可能なクロックバッファセルとは、クロックツリーに含まれる最終段のクロックバッファセルであって、FFセルに直接接続されるバッファセルである。

【 0 0 3 5 】

図7は、最終段のクロックバッファセルが各領域に配置された例を示す説明図である。 30
具体的には、第1データ生成部 403 は、クロック供給源から最終段のクロックバッファセルまでの段数が同一としてクロックツリーを所定領域 area 内に設けたレイアウトデータを生成する。また、たとえば、第1データ生成部 403 は、各領域内の中央に最終段のクロックバッファセルが配置されるようにする。これにより、スキューが少ないクロックツリーが生成される。また、RAM 303 などのマクロの配置は、クロックバッファセルの配置前に完了させておく。

【 0 0 3 6 】

たとえば、領域 ar1 には、クロックバッファセル B1 が配置され、領域 ar2 には、クロックバッファセル B2 が配置され、領域 ar3 には、クロックバッファセル B3 が配置され、領域 ar4 には、クロックバッファセル B4 が配置される。たとえば、領域 ar 40
5 には、クロックバッファセル B5 が配置され、領域 ar6 には、クロックバッファセル B6 が配置され、領域 ar7 には、クロックバッファセル B7 が配置される。たとえば、領域 ar8 には、クロックバッファセル B8 が配置され、領域 ar9 には、クロックバッファセル B9 が配置される。

【 0 0 3 7 】

図8は、クロックツリー例を示す説明図である。ここで生成されるクロックツリー tree では、クロック供給源 root clock から最終段のクロックバッファセルまでの段数が同一とする。さらに、クロックツリー tree では、クロック供給源 root clock から最終段のクロックバッファセルまでの間のバッファセルの配置間隔および配線の長さが等しいこととする。図8では、理解の容易化のために、FFセルを示してい 50

るが、ここでは、F F セルはまだ配置されていない。

【 0 0 3 8 】

つぎに、第 2 データ生成部 4 0 4 は、第 1 レイアウトデータ 1 1 に基づいて、クロックバッファセルの配置と、所定領域 a r e a 内に設けられる F F セルの配置と、を示す第 2 レイアウトデータ 1 2 を生成する。

【 0 0 3 9 】

図 9 は、F F のセルが配置された例を示す説明図である。具体的には、第 2 データ生成部 4 0 4 は、回路を示すネットリスト 2 0 2 と、第 1 レイアウトデータ 1 1 に基づいて、ネットリスト 2 0 2 内のセルの自動配置配線を行うことにより、第 2 レイアウトデータ 1 2 を生成する。

10

【 0 0 4 0 】

出力部 4 1 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 を出力する。出力形式としては、ディスク 3 0 5 などの記憶装置に記憶してもよいし、ディスプレイなどの出力装置 3 0 8 によって出力してもよいし、I / F 3 0 6 によってネットワーク N E T を介して他の装置に出力してもよい。

【 0 0 4 1 】

これにより、各 F F セルはどの位置に配置されても、一定距離以内にクロックバッファセルが配置されてある。したがって、F F の配置に要する処理量を低減させることができる。また、第 2 レイアウトデータ 1 2 に基づいて、各 F F セルを配置の最も近いクロックバッファセルに接続させるだけで、クロックスキューが一定条件を満たすレイアウトデータが得られる。

20

【 0 0 4 2 】

(生成例 1)

そして、対応情報生成部 4 0 9 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 に基づいて、領域情報が示す複数の領域の各々について領域内の F F セルと、領域内のクロックバッファセルと、を対応付けた対応情報を生成する。

【 0 0 4 3 】

図 1 0 は、生成例 1 を示す説明図である。たとえば、セルが配置済みのセル配置可能領域が複数の領域に区切られてある。2 つの領域間を跨って配置された F F セルについては、たとえば、図 1 0 において左側の領域内のクロックバッファに対応付けられることとする。

30

【 0 0 4 4 】

図 1 1 は、対応情報の一例を示す説明図である。対応情報 1 1 0 0 は、クロックバッファセル、および F F セルのフィールドを有する。各フィールドに情報が設定されることにより、レコードとして記憶される。クロックバッファセルのフィールドには、各領域内に少なくとも 1 つ設けられるクロックバッファセルを示す識別情報が設定される。F F セルのフィールドには、クロックバッファセルがある領域と同一の領域に設けられる F F セルを示す識別情報が設定される。

【 0 0 4 5 】

出力部 4 1 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 と、対応情報 1 1 0 0 と、を関連付けて出力する。出力形式としては、ディスク 3 0 5 などの記憶装置に記憶してもよいし、ディスプレイなどの出力装置 3 0 8 によって出力してもよいし、I / F 3 0 6 によってネットワーク N E T を介して他の装置に出力してもよい。

40

【 0 0 4 6 】

これにより、各 F F セルが配置の最も近いクロックバッファセルに接続可能な情報を提供することができ、設計の容易化を図ることができる。

【 0 0 4 7 】

(生成例 2)

また、判断部 4 0 5 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 に基づいて、複数の領域の各々について、領域内のフリップフロップセルの数が、領域内のバッファセルについての接続可能

50

個数よりも多いか少ないかを判断する。

【 0 0 4 8 】

図 1 2 は、判断例を示す説明図である。領域 a r 1 内の F F セルの数は n 個であるため、領域 a r 1 内の F F セルの数は接続可能個数と同一数であると判断される。領域 a r 2 内の F F セルの数は $(n - 6)$ 個であるため、領域 a r 2 内の F F セルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。領域 a r 3 内の F F セルの数は $(n - 8)$ 個であるため、領域 a r 3 内の F F セルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。

【 0 0 4 9 】

領域 a r 4 内の F F セルの数は $(n - 3)$ 個であるため、領域 a r 4 内の F F セルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。領域 a r 5 内の F F セルの数は $(n + 1)$ 個であるため、領域 a r 5 内の F F セルの数は接続可能個数よりも多いと判断される。領域 a r 6 内の F F セルの数は $(n - 7)$ 個であるため、領域 a r 6 内の F F セルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。

【 0 0 5 0 】

領域 a r 7 内の F F セルの数は $(n - 8)$ 個であるため、領域 a r 7 内の F F セルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。領域 a r 8 内の F F セルの数は (n) 個であるため、領域 a r 8 内の F F セルの数は接続可能個数と同一数であると判断される。領域 a r 9 内の F F セルの数は $(n - 12)$ 個であるため、領域 a r 9 内の F F セルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。

【 0 0 5 1 】

F F セルの数が接続可能個数よりも多いと判断された領域を対象領域と称する。対応情報生成部 4 0 9 は、対象領域内の F F セルのうち、接続可能個数の F F セル以外の F F セルを、F F セルの数が接続可能個数よりも少ないと判断された領域内のバッファセルに対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。

【 0 0 5 2 】

出力部 4 1 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 と、対応情報 1 1 0 0 と、を関連付けて出力する。出力形式は、上述と同一であるため、ここでの詳細な説明を省略する。

【 0 0 5 3 】

また、検出部 4 0 6 は、領域内の F F セルの数が接続可能個数よりも少ないと判断された領域のうち対象領域に隣接する領域を検出する。これにより、F F セルと、クロックバッファセルと、の距離が遠くならないようにすることができる。検出部 4 0 6 は、隣接する領域の中で、領域内の F F セルの数が最も少ない領域を検出してもよい。これにより、対象領域内の F F セルの数と、接続可能個数と、の差分が多くとも、接続可能個数よりも多いと判断された領域内の F F セルを検出された領域内のクロックバッファセルに接続させることができる。

【 0 0 5 4 】

対応情報生成部 4 0 9 は、接続可能個数の F F セル以外の F F セルを、検出された領域内のバッファセルに対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。

【 0 0 5 5 】

また、距離算出部 4 0 7 は、対象領域内の F F セルの各々と、検出された領域内のバッファセルと、の距離を算出する。選択部 4 0 8 は、対象領域内の F F セルの中で、算出された距離が短い順に、接続可能個数の F F セル以外の F F セルを選択する。対応情報生成部 4 0 9 は、選択された F F セルを、検出された領域内のバッファセルに対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。

【 0 0 5 6 】

図 1 3 は、生成例 2 を示す説明図である。たとえば、検出部 4 0 6 は、領域内の F F セルの数が最も少ない領域 a r 9 を検出する。たとえば、距離算出部 4 0 7 は、領域 a r 9 内のクロックバッファセル B 9 と、領域 a r 5 内の F F セルの各々と、の距離を算出する。領域 a r 5 では、F F セルの数と接続可能個数との差分が 1 であるため、選択部 4 0 8 は、対象領域内の F F セルの中から、1 つの F F セルを選択する。図の例では、F F セル

f 1 と領域 a r 9 内のクロックバッファセル B 9 と、の距離が最も短いため、選択部 4 0 8 は F F セル f 1 を選択する。

【 0 0 5 7 】

そして、対応情報生成部 4 0 9 は、F F セル f 1 と、領域 a r 9 内のクロックバッファセル B 9 と、を対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。

【 0 0 5 8 】

図 1 4 は、対応情報例 2 を示す説明図である。図 1 4 に示すように、対応情報生成部 4 0 9 は、上述した対応情報 1 1 0 0 に含まれる F F セル f 1 を、領域 a r 9 内のクロックバッファセル B 9 に対応付けるように変更することによって生成してもよい。

【 0 0 5 9 】

出力部 4 1 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 と、対応情報 1 1 0 0 と、を関連付けて出力する。出力形式としては、ディスク 3 0 5 などの記憶装置に記憶してもよいし、ディスプレイなどの出力装置 3 0 8 によって出力してもよいし、I / F 3 0 6 によってネットワーク N E T を介して他の装置に出力してもよい。

【 0 0 6 0 】

図 1 5 は、生成例 2 における接続例を示す説明図である。設計支援装置 1 0 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 と対応情報 1 1 0 0 とに基づいて、第 2 レイアウトデータ 1 2 が示す各セルの配置と、F F セルと F F セルに対応付けられたクロックバッファセルとの接続と、を示す第 3 レイアウトデータ 1 3 を生成する。図 1 5 の例では、F F セル f 1 はクロックバッファ B 9 と接続され、他の F F セルは、F F セルを含む領域と同一の領域内のクロックバッファセルに接続される。

【 0 0 6 1 】

(生成例 3)

また、距離算出部 4 0 7 は、検出された領域内のバッファセルの各々について、検出された領域内のバッファセルと、対象領域内のフリップフロップセルの各々と、の距離を算出する。選択部 4 0 8 は、検出された領域内のバッファセルと、対象領域内のフリップフロップセルと、の組み合わせの中から、同一のフリップフロップセルを含む組み合わせを複数選択せず、算出された距離が短い順に、差分の組み合わせを選択する。ここでの差分は、対象領域内のフリップフロップセルの数と、接続可能個数と、の差分である。

【 0 0 6 2 】

対応情報生成部 4 0 9 は、選択部 4 0 8 によって選択された組み合わせに含まれるフリップフロップセルと、選択された組み合わせに含まれるバッファセルと、を対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。

【 0 0 6 3 】

図 1 6 は、生成例 3 を示す説明図である。具体的には、F F セル f 2 と、領域 a r 2 内のクロックバッファセル B 2 と、の距離が最も短く、接続可能個数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの数と、接続可能個数と、の差分が 1 つである。そのため、選択部 4 0 8 は、F F セル f 2 と、領域 a r 2 内のクロックバッファセル B 2 と、の組み合わせを選択する。そして、対応情報生成部 4 0 9 は、F F セル f 2 と、領域 a r 2 内のクロックバッファセル B 2 と、を対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。

【 0 0 6 4 】

図 1 7 は、対応情報例 3 を示す説明図である。図 1 7 に示すように、対応情報生成部 4 0 9 は、上述した対応情報 1 1 0 0 に含まれる F F セル f 2 を、領域 a r 2 内のクロックバッファセル B 2 に対応付けるように変更することによって生成してもよい。

【 0 0 6 5 】

図 1 8 は、生成例 3 についての接続例を示す説明図である。設計支援装置 1 0 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 と対応情報 1 1 0 0 とに基づいて、第 2 レイアウトデータ 1 2 が示す各セルの配置と、F F セルと F F セルに対応付けられたクロックバッファセルとの接続と、を示す第 3 レイアウトデータ 1 3 を生成する。図 1 8 の例では、F F セル f 2 はクロックバッファ B 2 と接続され、他の F F セルは、F F セルを含む領域と同一の領域内の

10

20

30

40

50

クロックバッファセルに接続される。

【 0 0 6 6 】

図 1 9 は、F F セルが集中している例を示す説明図である。出力部 4 1 0 は、検出部 4 0 6 による検出によって隣接する領域が得られなかった場合、対応情報 1 1 0 0 の生成を行わずに、対象領域の周辺に F F セルの数が多いことを示す情報を出力する。図 1 9 の例では、いずれも接続可能個数以上であるため、設計支援装置 1 0 0 によれば、利用者に対して領域 a r 3 内の F F セルの接続先を変更することができないことを報告できる。

【 0 0 6 7 】

(設計支援装置 1 0 0 による設計支援処理手順例)

図 2 0 ~ 2 3 は、設計支援装置による設計支援処理手順例 1 を示すフローチャートである。設計支援装置 1 0 0 は、クロックバッファの駆動可能個数を取得し (ステップ S 2 0 0 1)、スキューの条件を保証可能な範囲 (基準領域のサイズ) を算出する (ステップ S 2 0 0 2)。ここでは、上述したように、基準領域の外周が算出される。設計支援装置 1 0 0 は、回路内のセル配置可能領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成する (ステップ S 2 0 0 3)。一定間隔は、算出された基準領域の外周に基づく値である。

【 0 0 6 8 】

設計支援装置 1 0 0 は、複数の領域の各々に最終段のクロックバッファが設けられるクロックツリーを示す第 1 レイアウトデータ 1 1 を生成する (ステップ S 2 0 0 4)。設計支援装置 1 0 0 は、第 1 レイアウトデータ 1 1 に基づいて、クロックツリー以外のセル配置可能領域内に設けられるセルの配置を示す第 2 レイアウトデータ 1 2 を生成し (ステップ S 2 0 0 5)、第 2 レイアウトデータ 1 2 を出力する (ステップ S 2 0 0 6)。これにより、F F セルがどの配置であっても、クロックスキューが一定条件を満たすため、F F セルの配置に要する処理量を低減することができる。

【 0 0 6 9 】

設計支援装置 1 0 0 は、複数の領域の各々について、領域内の F F セルと、領域内のバッファセルと、を対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する (ステップ S 2 0 0 7)。設計支援装置 1 0 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 に対応情報 1 1 0 0 を関連付けて出力する (ステップ S 2 0 0 8)。これにより、F F セルを最も近くに配置された最終段のクロックバッファセルに接続させる処理を容易化できる。

【 0 0 7 0 】

また、設計支援装置 1 0 0 は、複数の領域の各々について、領域内の F F セルの数を計数し (ステップ S 2 1 0 1)、各領域内の F F セルの数が最終段クロックバッファの接続可能個数より多いか少ないかを判断する (ステップ S 2 1 0 2)。設計支援装置 1 0 0 は、F F セルの数が最終段クロックバッファの接続可能個数よりも多いと判断された領域の中で未選択の領域があるか否かを判断する (ステップ S 2 1 0 3)。なお、F F セルの数が接続可能個数よりも多いと判断された領域がない場合、ステップ S 2 1 0 3 において N o であると判断される。

【 0 0 7 1 】

未選択の領域がある場合 (ステップ S 2 1 0 3 : Y e s)、設計支援装置 1 0 0 は、F F セルの数が接続可能個数よりも多いと判断された領域の中で未選択の領域から 1 つの領域を選択する (ステップ S 2 1 0 4)。設計支援装置 1 0 0 は、F F セルの数が接続可能個数よりも少ないと判断された領域の中で、選択した領域に隣接する領域を検出する (ステップ S 2 1 0 5)。設計支援装置 1 0 0 は、F F セルの数が接続可能個数よりも少ない領域の中から、選択した領域に隣接する領域が検出されたか否かを判断する (ステップ S 2 1 0 6)。

【 0 0 7 2 】

F F セルの数が接続可能個数よりも少ない領域の中に、選択した領域に隣接する領域がない場合 (ステップ S 2 1 0 6 : N o)、設計支援装置 1 0 0 は、選択した領域の周辺の領域に F F セルが集中していることを示す情報を出力し (ステップ S 2 1 0 9)、ステッ

10

20

30

40

50

プ S 2 1 0 3 へ戻る。

【 0 0 7 3 】

F F セルの数が接続可能個数よりも少ない領域の中に、選択した領域に隣接する領域がある場合 (ステップ S 2 1 0 6 : Y e s)、設計支援装置 1 0 0 は、差分 = 選択した領域内の F F の数 - 接続可能個数とする (ステップ S 2 1 0 7)。そして、設計支援装置 1 0 0 は、ステップ S 2 1 0 5 において複数の領域が検出されたか否かを判断する (ステップ S 2 1 0 8)。

【 0 0 7 4 】

1 領域だけが検出された場合 (ステップ S 2 1 0 8 : N o)、設計支援装置 1 0 0 は、「空き量 = 接続可能個数 - 検出した領域内の F F セルの数」とし (ステップ S 2 2 0 1)、空き量 > 差分であるか否かを判断する (ステップ S 2 2 0 2)。空き量 > 差分でない場合 (ステップ S 2 2 0 2 : N o)、ステップ S 2 1 0 9 へ移行する。空き量 > 差分である場合 (ステップ S 2 2 0 2 : Y e s)、設計支援装置 1 0 0 は、選択した領域内の F F セルの各々と、検出した領域内の最終段クロックバッファセルと、の距離を算出する (ステップ S 2 2 0 3)。

【 0 0 7 5 】

設計支援装置 1 0 0 は、選択した領域内の F F セルのうち、距離の短い順に、差分の F F セルを選択する (ステップ S 2 2 0 4)。設計支援装置 1 0 0 は、検出した領域内の最終段のクロックバッファセルと、選択した F F セルと、を対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成し (ステップ S 2 2 0 5)。第 2 レイアウトデータ 1 2 に対応情報 1 1 0 0 を関連付けて出力し (ステップ S 2 2 0 6)、ステップ S 2 1 0 3 へ移行する。

【 0 0 7 6 】

複数領域が検出された場合 (ステップ S 2 1 0 8 : Y e s)、設計支援装置 1 0 0 は、「全体空き量 = 検出した領域数 × 接続可能個数 - 検出した領域内の F F セルの総数」とし (ステップ S 2 3 0 1)、全体空き量 > 差分であるか否かを判断する (ステップ S 2 3 0 2)。全体空き量 > 差分でない場合 (ステップ S 2 3 0 2 : N o)、ステップ S 2 1 0 9 へ戻る。全体空き量 > 差分である場合 (ステップ S 2 3 0 2 : Y e s)、設計支援装置 1 0 0 は、検出した領域の中で、移動先領域となっていない領域のうち、F F セルの数が最も少ない領域を移動先領域として検出する (ステップ S 2 3 0 3)。

【 0 0 7 7 】

設計支援装置 1 0 0 は、「空き量 = 接続可能個数 - 移動先領域内の F F セルの数」とし (ステップ S 2 3 0 4)、選択した領域内の F F セルの各々と、移動先領域内の最終段クロックバッファセルと、の距離を算出する (ステップ S 2 3 0 5)。設計支援装置 1 0 0 は、空き量 > 差分であるか否かを判断する (ステップ S 2 3 0 6)。空き量 > 差分である場合 (ステップ S 2 3 0 6 : Y e s)、設計支援装置 1 0 0 は、選択した領域内の F F セルのうち、距離の短い順に、差分の F F セルを選択する (ステップ S 2 3 0 7)。空き量 > 差分でない場合 (ステップ S 2 3 0 6 : N o)、設計支援装置 1 0 0 は、選択した領域内の F F セルのうち、距離の短い順に、空き量の F F セルを選択する (ステップ S 2 3 0 8)。

【 0 0 7 8 】

ステップ S 2 3 0 7、またはステップ S 2 3 0 8 のつぎに、設計支援装置 1 0 0 は、移動先領域内の最終段のクロックバッファセルと、選択した F F セルと、を対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する (ステップ S 2 3 0 9)。そして、設計支援装置 1 0 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 に対応情報 1 1 0 0 を関連付けて出力する (ステップ S 2 3 1 0)。設計支援装置 1 0 0 は、「差分 = 差分 - 空き量」とし (ステップ S 2 3 1 1)、差分 > 0 であるか否かを判断する (ステップ S 2 3 1 2)。差分が 0 未満であれば、選択された領域内の F F セルはすべて接続先が決定していることを示す。差分 > 0 でない場合 (ステップ S 2 3 1 2 : N o)、ステップ S 2 3 0 3 へ戻る。差分 > 0 である場合 (ステップ S 2 3 1 2 : Y e s)、ステップ S 2 1 0 3 へ戻る。

【 0 0 7 9 】

未選択の領域がない場合（ステップ S 2 1 0 3 : N o ） 、 設計支援装置 1 0 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 と、対応情報 1 1 0 0 と、に基づいて、各 F F セルと最終段のクロックバッファセルとの接続を示す第 3 レイアウトデータ 1 3 を生成し（ステップ S 2 1 1 0 ） 、 一連の処理を終了する。

【 0 0 8 0 】

また、図 2 1 に示す設計支援手順では、F F セルの数が多いと判断された領域について、領域内の F F セルを、F F セルの数が少ないと判断された近傍の領域のクロックバッファセルに対応付けるが、これに限らない。たとえば、F F セルの数が少ないと判断された領域について、領域内のクロックバッファセルと、F F セルの数が多いと判断された近傍の領域の F セルと、を対応付けるような設計支援手順であってもよい。

10

【 0 0 8 1 】

図 2 4 は、設計支援装置による設計支援処理手順例 2 を示すフローチャートである。設計支援処理手順例 2 と設計支援処理手順例 1 との違いは、ステップ S 2 1 0 8 の Y e s の場合のつぎの処理である。そのため、図 2 0 ~ 図 2 2 については、設計支援処理手順例 2 と設計支援処理手順例 1 との処理が同一であるため図 2 0 ~ 図 2 2 についての詳細な説明を省略する。

【 0 0 8 2 】

ステップ S 2 1 0 8 の Y e s の場合のつぎに、設計支援装置 1 0 0 は、「全体空き量 = 検出した領域数 × 接続可能個数 - 検出した領域内の F F セルの総数」とし（ステップ S 2 4 0 1 ） 、 全体空き量 > 差分であるか否かを判断する（ステップ S 2 4 0 2 ） 。 全体空き量 > 差分である場合（ステップ S 2 4 0 2 : Y e s ） 、 設計支援装置 1 0 0 は、検出した領域の各々について、選択した領域内の F F セルの各々と、検出した領域内の最終段クロックバッファセルと、の組み合わせの距離を算出する（ステップ S 2 4 0 3 ） 。

20

【 0 0 8 3 】

設計支援装置 1 0 0 は、同一の F F セルを含む組み合わせを複数選択せずに、距離の短い順に、差分の組み合わせを選択する（ステップ S 2 4 0 4 ） 。そして、設計支援装置 1 0 0 は、選択した組み合わせの F F セルと、選択した組み合わせの領域内のクロックバッファセルと、を関連付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する（ステップ S 2 4 0 5 ） 。そして、設計支援装置 1 0 0 は、第 2 レイアウトデータ 1 2 に対応情報 1 1 0 0 を関連付けて出力し（ステップ S 2 4 0 6 ） 、 ステップ S 2 1 0 3 へ移行する。また、全体空き量 > 差分でない場合（ステップ S 2 4 0 2 : N o ） 、 ステップ S 2 1 0 9 へ戻る。

30

【 0 0 8 4 】

以上説明したように、設計支援装置 1 0 0 は、セル配置可能領域を一定間隔で区切り、クロック信号を供給可能なクロックバッファセルを区切った各領域に少なくとも 1 つ配置した後、F F セルを配置する。これにより、F F セルがどの配置でもクロックスキューが一定条件を満たすことができ、F F セルの配置に要する処理量を低減させることができる。

【 0 0 8 5 】

また、設計支援装置 1 0 0 は、同一領域内の F F セルとクロックバッファセルとを対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。これにより、各 F F セルを最も近いクロックバッファセルに接続させることを容易化できる。

40

【 0 0 8 6 】

また、設計支援装置 1 0 0 は、各領域内の F F セルの数が供給可能個数より多いか少ないかを判断し、多いと判断された領域の F F セルを、少ないと判断された領域のクロックバッファセルに対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。これにより、各クロックバッファセルに供給可能個数までの F F セルを接続させることができる。

【 0 0 8 7 】

また、設計支援装置 1 0 0 は、少ない領域と判断された領域の中で、多いと判断された領域に隣接する領域のクロックバッファセルと、多いと判断された領域内の F F セルと接続可能個数の差分の該領域内の F F セルと、を対応付けた対応情報 1 1 0 0 を生成する。

50

これにより、より近いクロックバッファセルとFFセルとを接続させつつ、各クロックバッファセルに供給可能個数までのFFセルを接続させることができる。

【0088】

また、設計支援装置100は、該隣接する領域の中で、最もFFセルが少ない領域内のクロックバッファセルと、多いと判断された領域内のFFセルと接続可能個数との差分の該領域内のFFセルと、を対応付けた対応情報1100を生成する。これにより、最も近いクロックバッファセルに接続できない場合であっても、より多くのFFセルを距離が近いクロックバッファセルに接続させることができる。

【0089】

また、設計支援装置100は、多いと判断された領域内のFFセルと、隣接する領域との距離を算出し、近い順に、差分の該領域内のFFセルと、隣接する領域内のクロックバッファセルと、を対応付けた対応情報1100を生成する。これにより、最も近いクロックバッファセルに接続できない場合であっても、より近いFFセルとクロックバッファセルとを接続させることができる。

【0090】

また、設計支援装置100は、隣接する領域が得られなかった場合、多いと判断された領域の周辺にFFセルの数が多く配置されていることを示す情報を出力する。これにより、利用者は、FFセルが密集して配置されることにより、クロックスキューが一定の条件を満たせない箇所を容易に得られる。

【0091】

また、一定間隔は、クロックバッファセルがクロック信号を供給可能な数に基づく値である。これにより、同一領域のクロックバッファセルとFFセルとを接続することにより、クロックスキューが一定条件を満たすことができる。

【0092】

なお、本実施の形態で説明した設計支援方法は、予め用意されたプログラムをパーソナル・コンピュータやワークステーション等のコンピュータで実行することにより実現することができる。本設計支援プログラムは、ディスク305、フラッシュメモリ等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行される。また本設計支援プログラムは、インターネット等のネットワークNETを介して配布してもよい。

【0093】

上述した実施の形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

【0094】

(付記1) 回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成する領域情報生成部と、

前記領域情報生成部によって生成された前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも1つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第1レイアウトデータを生成する第1データ生成部と、

前記第1データ生成部によって生成された前記第1レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第2レイアウトデータを生成する第2データ生成部と、

前記第2データ生成部によって生成された前記第2レイアウトデータを出力する出力部と、

を有することを特徴とする設計支援装置。

【0095】

(付記2) 前記第2レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々について、前記領域内のフリップフロップセルと、前記領域内のバッファセルと、を対応付けた対応情報を生成する対応情報生成部を有し、

前記出力部は、

前記第2レイアウトデータと、前記対応情報生成部によって生成された前記対応情報と

10

20

30

40

50

、を関連付けて出力することを特徴とする付記 1 に記載の設計支援装置。

【0096】

(付記 3) 前記第 2 レイアウトデータに基づいて、前記複数の領域の各々について、前記領域内のフリップフロップセルの数が、前記領域内のバッファセルが前記クロック信号を供給可能な数よりも多いか少ないかを判断する判断部と、

前記判断部によって前記フリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルのうち、前記供給可能な数のフリップフロップセル以外のフリップフロップセルを、前記判断部によって前記フリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断された前記領域内のバッファセルに対応付けた対応情報を生成する対応情報生成部と、

10

を有し、

前記出力部は、

前記第 2 レイアウトデータと、前記対応情報生成部によって生成された前記対応情報と、を関連付けて出力することを特徴とする付記 1 または 2 に記載の設計支援装置。

【0097】

(付記 4) 前記判断部によって前記領域内のフリップフロップセルの数が前記供給可能な数よりも少ないと判断された領域のうち、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域に隣接する領域を検出する検出部を有し、

前記対応情報生成部は、

前記供給可能な数のフリップフロップセル以外のフリップフロップセルを、前記検出部によって検出された前記領域内のバッファセルに対応付けた対応情報を生成することを特徴とする付記 3 に記載の設計支援装置。

20

【0098】

(付記 5) 前記検出部は、

前記隣接する領域の中で、前記領域内のフリップフロップセルの数が最も少ない領域を検出することを特徴とする付記 4 に記載の設計支援装置。

【0099】

(付記 6) 前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの各々と、検出された前記領域内のバッファセルと、の距離を算出する算出部と、

前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの中で、前記算出部によって算出された距離が短い順に、前記供給可能な数のフリップフロップセル以外のフリップフロップセルを選択する選択部と、

30

を有し、

前記対応情報生成部は、

前記選択部によって選択されたフリップフロップセルを、検出された前記領域内のバッファセルに対応付けた対応情報を生成することを特徴とする付記 4 または 5 に記載の設計支援装置。

【0100】

(付記 7) 検出された前記領域の各々について、検出された前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの各々と、の距離を算出する算出部と、

40

検出された前記領域内のバッファセルと、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルと、の組み合わせの中から、同一のフリップフロップセルを含む組み合わせを複数選択せず、前記算出部によって算出された距離が短い順に、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域内のフリップフロップセルの数と、前記供給可能な数と、の差分の組み合わせを選択する選択部と、

を有し、

前記対応情報生成部は、

前記選択部によって選択された前記組み合わせに含まれるフリップフロップセルと、選択された前記組み合わせに含まれるバッファセルと、を対応付けた対応情報を生成するこ

50

とを特徴とする付記 4 に記載の設計支援装置。

【 0 1 0 1 】

(付記 8) 前記出力部は、

前記検出部による検出によって前記隣接する領域が得られなかった場合、前記対応情報生成部による前記対応情報の生成を行わずに、前記供給可能な数よりも多いと判断された前記領域の周辺に前記フリップフロップセルの数が多いことを示す情報を出力することを特徴とする付記 4 ～ 6 のいずれか一つに記載の設計支援装置。

【 0 1 0 2 】

(付記 9) 前記一定間隔は、前記バッファセルが前記クロック信号を供給可能な数に基づく値であることを特徴とする付記 1 ～ 7 のいずれか一つに記載の設計支援装置。

10

【 0 1 0 3 】

(付記 1 0) コンピュータが、

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、

生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも 1 つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第 1 レイアウトデータを生成し、

生成した前記第 1 レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第 2 レイアウトデータを生成する、

処理を実行することを特徴とする設計支援方法。

20

【 0 1 0 4 】

(付記 1 1) コンピュータに、

回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、

生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも 1 つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第 1 レイアウトデータを生成し、

生成した前記第 1 レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第 2 レイアウトデータを生成する、

処理を実行させることを特徴とする設計支援プログラム。

30

【 0 1 0 5 】

(付記 1 2) 回路内の所定領域を一定間隔で区切った複数の領域を示す領域情報を生成し、

生成した前記領域情報が示す前記複数の領域の各々に少なくとも 1 つ設けられる、他のセルにクロック信号を供給可能なバッファセルの配置を示す第 1 レイアウトデータを生成し、

生成した前記第 1 レイアウトデータに基づいて、前記バッファセルの配置と、前記所定領域内に設けられるフリップフロップセルの配置と、を示す第 2 レイアウトデータを生成する、

処理をコンピュータに実行させる設計支援プログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

40

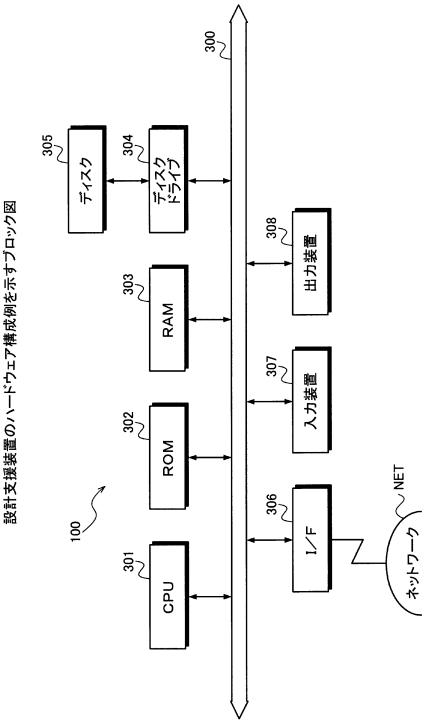
【 符号の説明 】

【 0 1 0 6 】

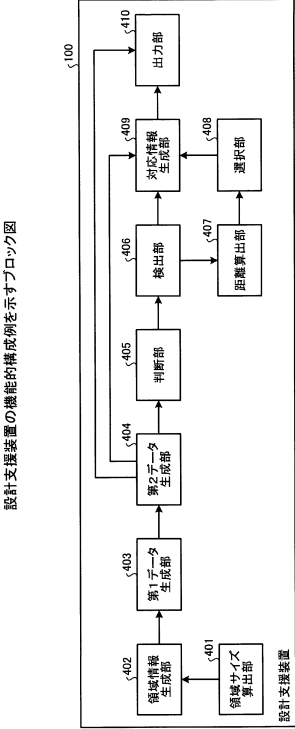
- 1 0 0 設計支援装置
- 4 0 2 領域情報生成部
- 4 0 3 第 1 データ生成部
- 4 0 4 第 2 データ生成部
- 4 0 5 判断部
- 4 0 6 検出部
- 4 0 7 距離算出部

50

【図 3】



【図 4】



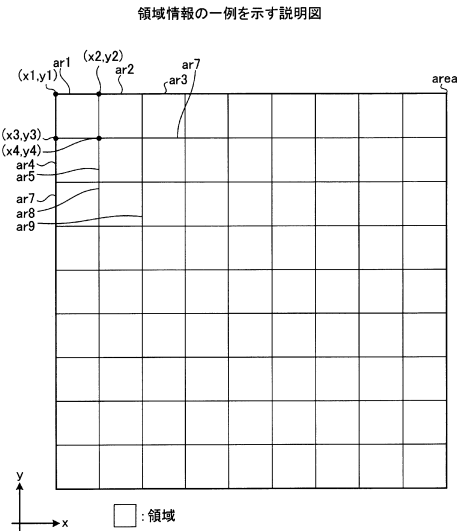
【図 5】

クロックバッファのタイプ別の領域サイズ対応表を示す説明図

クロックバッファのタイプ	接続可能個数	総配線長目安値[μm]	基準領域外周[μm]
Clock buffer 1	5	150	142.5
Clock buffer 2	10	200	190
Clock buffer 3	20	250	237.5
Clock buffer 4	30	300	285

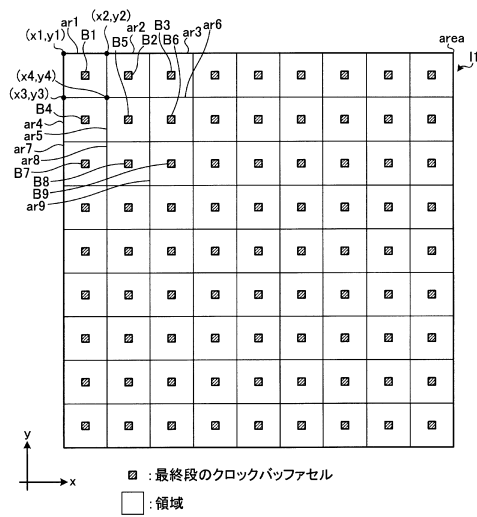
500

【図 6】



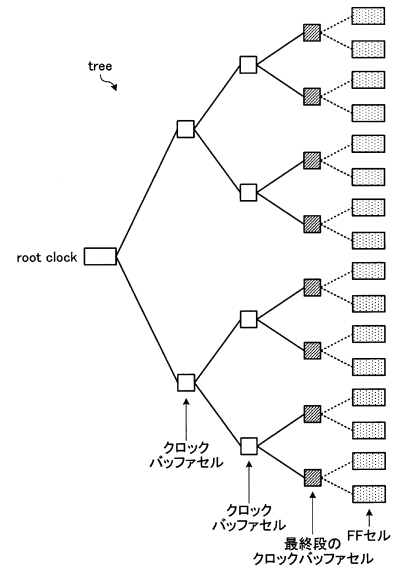
【図 7】

最終段のクロックバッファセルが各領域に配置された例を示す説明図



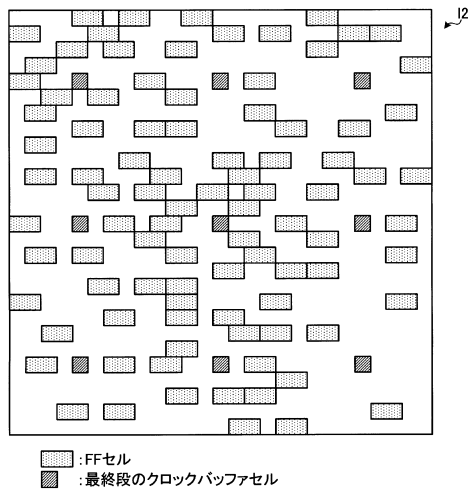
【図 8】

クロックツリー例を示す説明図



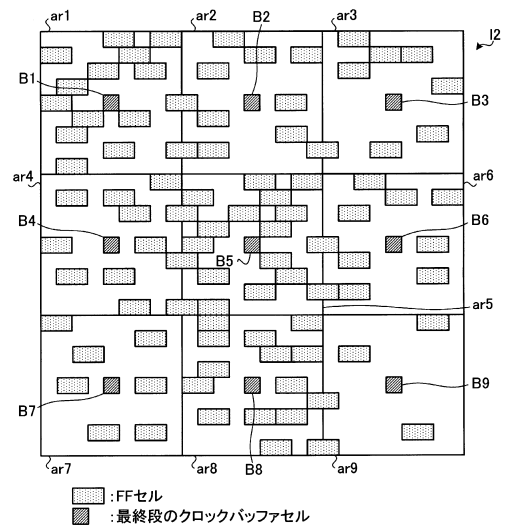
【図 9】

FFのセルが配置された例を示す説明図



【図 10】

生成例1を示す説明図



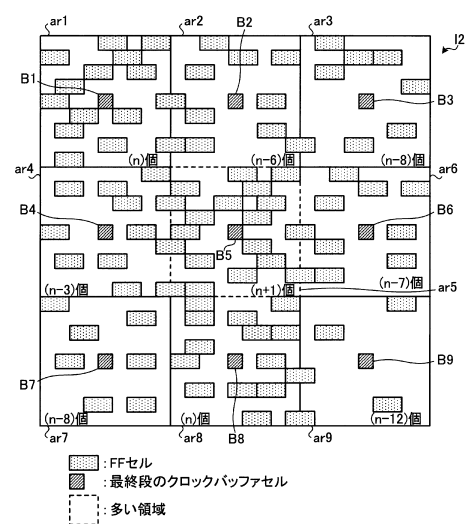
【図 1 1】

対応情報の一例を示す説明図

FFセル	クロックバッファセル	~1100
...	B1	
...	B2	
...	B3	
...	B4	
f1, f2, ...	B5	
...	B6	
...	B7	
...	B8	
...	B9	
⋮	⋮	

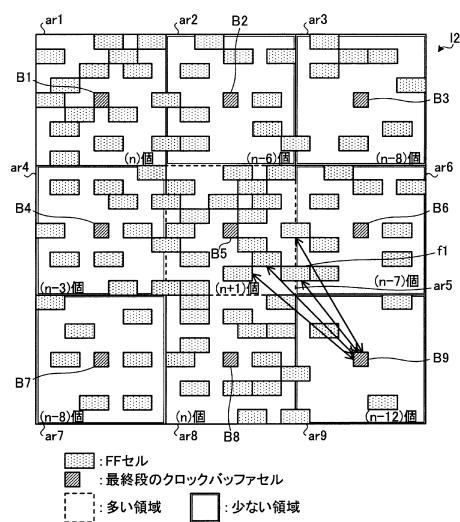
【図 1 2】

判断例を示す説明図



【図 1 3】

生成例2を示す説明図

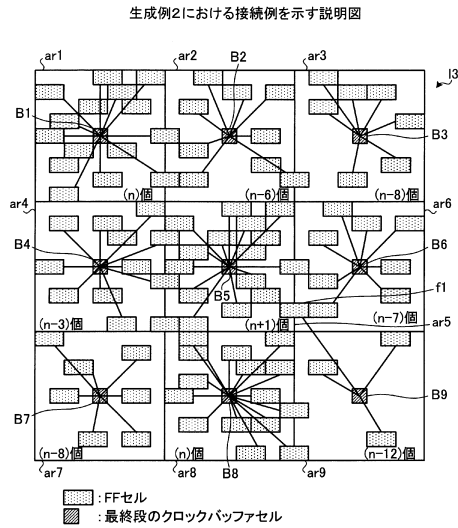


【図 1 4】

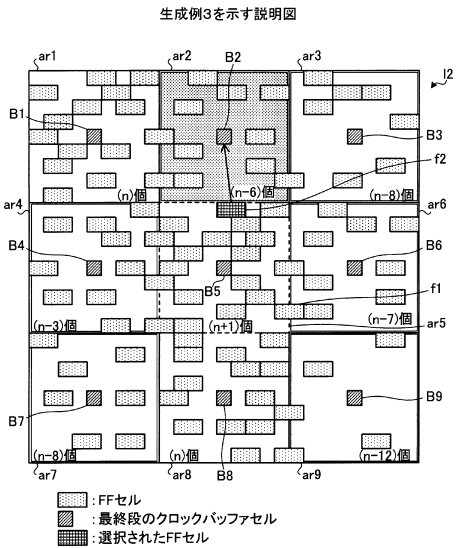
対応情報例2を示す説明図

FFセル	クロックバッファセル	~1100
...	B1	
...	B2	
...	B3	
...	B4	
f2, ...	B5	
...	B6	
...	B7	
...	B8	
f1, ...	B9	
⋮	⋮	

【図 15】



【図 16】



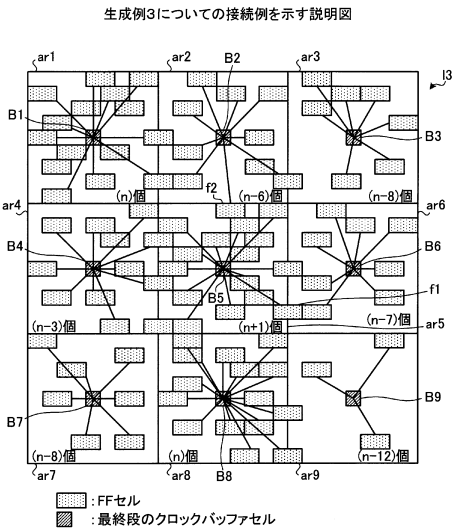
【図 17】

対応情報例3を示す説明図

FFセル	クロックバッファセル
...	B1
f2,...	B2
...	B3
...	B4
f1,...	B5
...	B6
...	B7
...	B8
...	B9
⋮	⋮

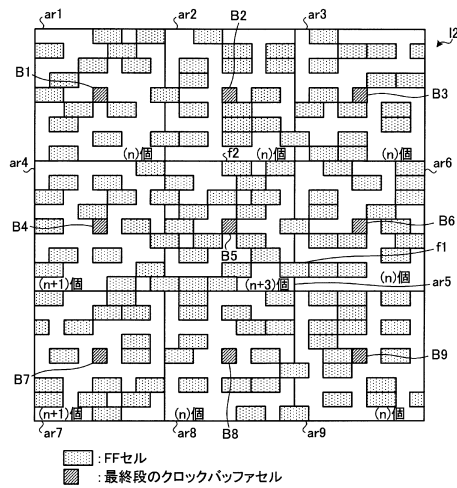
1100

【図 18】



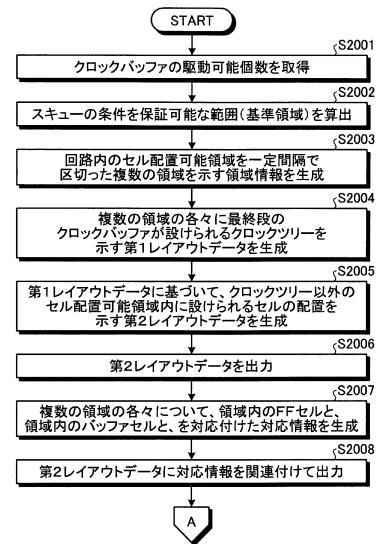
【図 19】

FFセルが集中している例を示す説明図



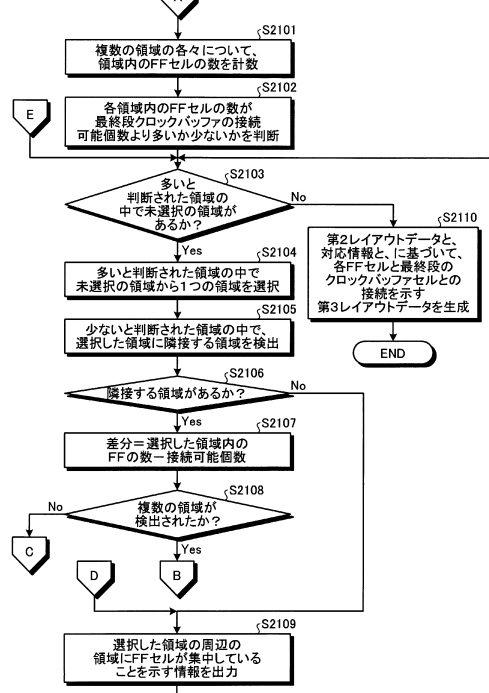
【図 20】

設計支援装置による設計支援処理手順例1を示すフローチャート(その1)



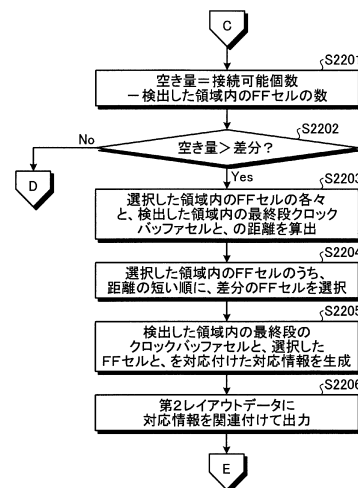
【図 21】

設計支援装置による設計支援処理手順例1を示すフローチャート(その2)



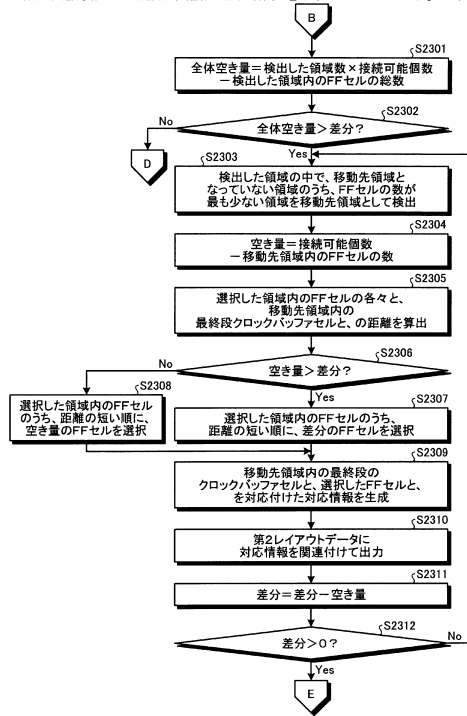
【図 22】

設計支援装置による設計支援処理手順例1を示すフローチャート(その3)



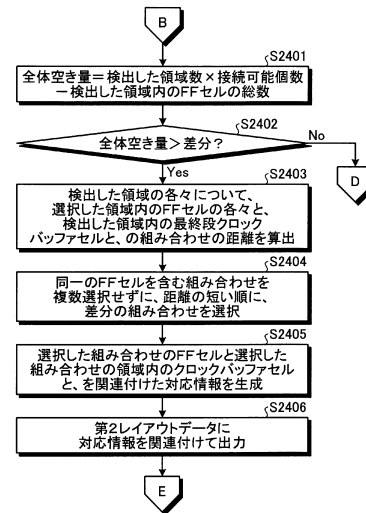
【図 23】

設計支援装置による設計支援処理手順例1を示すフローチャート(その4)



【図 24】

設計支援装置による設計支援処理手順例2を示すフローチャート



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-243846(JP,A)
特開2009-146175(JP,A)
特開2002-245109(JP,A)
特開2010-086284(JP,A)
特開2004-022864(JP,A)
特開2005-012045(JP,A)
特開平11-328244(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0209038(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 17/50
H01L 21/82