

(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.

G06F 17/50 (2006.01)
H01L 21/82 (2006.01)

F 1

G06F 17/50 658K
G06F 17/50 658A
H01L 21/82 C

請求項の数 8 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2013-62350 (P2013-62350)
 (22) 出願日 平成25年3月25日 (2013.3.25)
 (65) 公開番号 特開2014-186648 (P2014-186648A)
 (43) 公開日 平成26年10月2日 (2014.10.2)
 審査請求日 平成27年11月6日 (2015.11.6)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100104190
 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を、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を、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を、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を、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】

【0001】

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】**【0002】**

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)」)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】**【0003】****【特許文献1】**特開平10-229128号公報**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

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

【0005】

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】**【0006】**

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】**【0007】**

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】**【0008】****【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10】**図10は、生成例1を示す説明図である。**【図11】**図11は、対応情報の一例を示す説明図である。**【図12】**図12は、判断例を示す説明図である。

50

【図13】図13は、生成例2を示す説明図である。

【図14】図14は、対応情報例2を示す説明図である。

【図15】図15は、生成例2における接続例を示す説明図である。

【図16】図16は、生成例3を示す説明図である。

【図17】図17は、対応情報例3を示す説明図である。

【図18】図18は、生成例3についての接続例を示す説明図である。

【図19】図19は、FFセルが集中している例を示す説明図である。

【図20】図20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21】図21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。

【図22】図22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23】図23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24】図24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】

【0009】

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。

【0010】

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100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100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a1～a4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area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。

【0011】

そして、設計支援装置100は、生成した領域情報が示す複数の領域a1～a4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11を生成する。図1の例には、複数の領域a1～a4の各々に、クロックバッファセルbuf1～buf4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11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。

【0012】

設計支援装置100は、生成した第1レイアウトデータ11に基づいて、クロックバッファセルの配置と、所定領域area内に設けられるFFセルの配置と、を示す第2レイアウトデータ12を生成する。たとえば、設計支援装置100は、自動配置配線ツールを用いて、第1レイアウトデータ11に基づいて、クロックツリー内のセルの配置と、所定領域area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12を生成する。

【0013】

そして、設計支援装置100は、生成した第2レイアウトデータ12を出力する。出力形式としては、たとえば、設計支援装置100が有するRAM(Random Access Memory)やディスクなどの記憶装置への出力、設計支援装置100が接続可

10

20

30

40

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。

【0014】

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、FF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、FF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。

【0015】

また、設計支援装置100は、領域内の最終段のクロックバッファセルと、領域内のFFセルと、を接続する。これにより、各FF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

【0016】

また、たとえば、大規模な回路について、CTS (Clock Tree Synthesis) 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FFセルの配置とが行われるが、FF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FFセルの配置では、FFセルの配置の自由度が低い。一方、設計支援装置100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、FFセルの配置の自由度を向上させることができる。

【0017】

20

また、たとえば、人手による設計において、FF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100によれば、FF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、FFセルの追加などの修正を容易化することができる。

【0018】

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。

【0019】

30

図2は、CAD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CAD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201に基づいて回路のネットリスト202が設計される(ステップS201)。ネットリスト202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202は、たとえば、VerilogやVHDL (Very high speed integrated circuit Hardware Description Language)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。

【0020】

40

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202が示す各セルの接続関係を維持し、デザインルール204とセルライブラリ203とにに基づいて、各セルの配置と、各セルの配線と、が行われる(ステップS202)。セルライブラリ203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204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RAMなどのマクロが配置された後に(ステップS211)、設計支援装置100によるレイアウト設計が行われ(ステップS212)、レイアウトデータ205が生成される。

【0021】

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。

【0022】

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。

【0029】

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。

【0030】

領域の外周 = 総配線長目安値 × マージン・・・(1)

【0031】

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。

【0032】

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、RAM303、ディスク305などの記憶装置に記憶されてある。

【0033】

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。

【0034】

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。

【0035】

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。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、スキューブが少ないクロックツリーが生成される。また、RAM303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。

【0036】

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 ar5 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。

【0037】

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

10

20

30

40

50

るが、ここでは、FFセルはまだ配置されていない。

【0038】

つぎに、第2データ生成部404は、第1レイアウトデータ11に基づいて、クロックバッファセルの配置と、所定領域area内に設けられるFFセルの配置と、を示す第2レイアウトデータ12を生成する。

【0039】

図9は、FF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404は、回路を示すネットリスト202と、第1レイアウトデータ11に基づいて、ネットリスト202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12を生成する。

10

【0040】

出力部410は、第2レイアウトデータ12を出力する。出力形式としては、ディスク305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308によって出力してもよいし、I/F306によってネットワークNETを介して他の装置に出力してもよい。

【0041】

これにより、各FF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、FF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12に基づいて、各FF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

【0042】

(生成例1)

そして、対応情報生成部409は、第2レイアウトデータ12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FF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。

【0043】

図10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FFセルについては、たとえば、図10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

【0044】

図11は、対応情報の一例を示す説明図である。対応情報1100は、クロックバッファセル、およびFF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。FF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FFセルを示す識別情報が設定される。

【0045】

出力部410は、第2レイアウトデータ12と、対応情報1100と、を関連付けて出力する。出力形式としては、ディスク305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308によって出力してもよいし、I/F306によってネットワークNETを介して他の装置に出力してもよい。

40

【0046】

これにより、各FF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。

【0047】

(生成例2)

また、判断部405は、第2レイアウトデータ12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。

【0048】

図12は、判断例を示す説明図である。領域ar1内のFFセルの数はn個であるため、領域ar1内のFF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ar2内のFFセルの数は(n-6)個であるため、領域ar2内のFF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ar3内のFFセルの数は(n-8)個であるため、領域ar3内のFFセルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。

【0049】

領域ar4内のFFセルの数は(n-3)個であるため、領域ar4内のFF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ar5内のFFセルの数は(n+1)個であるため、領域ar5内のFFセルの数は接続可能個数よりも多いと判断される。領域ar6内のFFセルの数は(n-7)個であるため、領域ar6内のFFセルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。

【0050】

領域ar7内のFFセルの数は(n-8)個であるため、領域ar7内のFF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ar8内のFFセルの数は(n)個であるため、領域ar8内のFF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ar9内のFFセルの数は(n-12)個であるため、領域ar9内のFFセルの数は接続可能個数よりも少ないと判断される。

【0051】

FF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409は、対象領域内のFFセルのうち、接続可能個数のFFセル以外のFFセルを、FF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1100を生成する。

【0052】

出力部410は、第2レイアウトデータ12と、対応情報1100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。

【0053】

また、検出部406は、領域内のFF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、FF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ます。検出部406は、隣接する領域の中で、領域内のFFセルの数が最も少ない領域を検出してよい。これにより、対象領域内のFF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FF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。

【0054】

対応情報生成部409は、接続可能個数のFFセル以外のFF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1100を生成する。

【0055】

また、距離算出部407は、対象領域内のFF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408は、対象領域内のFFセルの中で、算出された距離が短い順に、接続可能個数のFFセル以外のFFセルを選択する。対応情報生成部409は、選択されたFF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1100を生成する。

【0056】

図13は、生成例2を示す説明図である。たとえば、検出部406は、領域内のFFセルの数が最も少ない領域ar9を検出する。たとえば、距離算出部407は、領域ar9内のクロックバッファセルB9と、領域ar5内のFFセルの各々と、の距離を算出する。領域ar5では、FF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408は、対象領域内のFFセルの中から、1つのFFセルを選択する。図の例では、FFセル

10

20

30

40

50

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。

【0066】

図19は、FFセルが集中している例を示す説明図である。出力部410は、検出部406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1100の生成を行わずに、対象領域の周辺にFFセルの数が多いことを示す情報を出力する。図19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100によれば、利用者に対して領域ar3内のFF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。

【0067】

(設計支援装置100による設計支援処理手順例)

図20～23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100は、クロックバッファの駆動可能個数を取得し(ステップS2001)、スキューレ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S2002)。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100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S2003)。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。

10

【0068】

設計支援装置100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11を生成する(ステップS2004)。設計支援装置100は、第1レイアウトデータ11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12を生成し(ステップS2005)、第2レイアウトデータ12を出力する(ステップS2006)。これにより、FFセルがどの配置であっても、クロックスキューレ条件を満たすため、FFセルの配置に要する処理量を低減することができる。

20

【0069】

設計支援装置100は、複数の領域の各々について、領域内のFFセルと、領域内のバッファセルと、を対応付けた対応情報1100を生成する(ステップS2007)。設計支援装置100は、第2レイアウトデータ12に対応情報1100を関連付けて出力する(ステップS2008)。これにより、FF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。

30

【0070】

また、設計支援装置100は、複数の領域の各々について、領域内のFFセルの数を計数し(ステップS2101)、各領域内のFF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S2102)。設計支援装置100は、FF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S2103)。なお、FF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S2103においてNoであると判断される。

【0071】

未選択の領域がある場合(ステップS2103: Yes)、設計支援装置100は、FF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S2104)。設計支援装置100は、FF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S2105)。設計支援装置100は、FF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S2106)。

40

【0072】

FF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S2106: No)、設計支援装置100は、選択した領域の周辺の領域にFFセルが集中していることを示す情報を出力し(ステップS2109)、ステッ

50

PS2103へ戻る。

【0073】

FF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S2106:Yes)、設計支援装置100は、差分=選択した領域内のFFの数-接続可能個数とする(ステップS2107)。そして、設計支援装置100は、ステップS2105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S2108)。

【0074】

1領域だけが検出された場合(ステップS2108:No)、設計支援装置100は、「空き量=接続可能個数-検出した領域内のFFセルの数」とし(ステップS2201)、空き量>差分であるか否かを判断する(ステップS2202)。空き量>差分でない場合(ステップS2202:No)、ステップS2109へ移行する。空き量>差分である場合(ステップS2202:Yes)、設計支援装置100は、選択した領域内のFF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S2203)。

10

【0075】

設計支援装置100は、選択した領域内のFFセルのうち、距離の短い順に、差分のFFセルを選択する(ステップS2204)。設計支援装置100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FFセルと、を対応付けた対応情報1100を生成し(ステップS2205)。第2レイアウトデータ12に対応情報1100を関連付けて出力し(ステップS2206)、ステップS2103へ移行する。

20

【0076】

複数領域が検出された場合(ステップS2108:Yes)、設計支援装置100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FFセルの総数」とし(ステップS2301)、全体空き量>差分であるか否かを判断する(ステップS2302)。全体空き量>差分でない場合(ステップS2302:No)、ステップS2109へ戻る。全体空き量>差分である場合(ステップS2302:Yes)、設計支援装置100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、FF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S2303)。

30

【0077】

設計支援装置100は、「空き量=接続可能個数-移動先領域内のFFセルの数」とし(ステップS2304)、選択した領域内のFF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S2305)。設計支援装置100は、空き量>差分であるか否かを判断する(ステップS2306)。空き量>差分である場合(ステップS2306:Yes)、設計支援装置100は、選択した領域内のFFセルのうち、距離の短い順に、差分のFFセルを選択する(ステップS2307)。空き量>差分でない場合(ステップS2306:No)、設計支援装置100は、選択した領域内のFFセルのうち、距離の短い順に、空き量のFFセルを選択する(ステップS2308)。

40

【0078】

ステップS2307、またはステップS2308のつぎに、設計支援装置100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FFセルと、を対応付けた対応情報1100を生成する(ステップS2309)。そして、設計支援装置100は、第2レイアウトデータ12に対応情報1100を関連付けて出力する(ステップS2310)。設計支援装置100は、「差分=差分-空き量」とし(ステップS2311)、差分>0であるか否かを判断する(ステップS2312)。差分が0未満であれば、選択された領域内のFF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S2312:No)、ステップS2303へ戻る。差分>0である場合(ステップS2312:Yes)、ステップS2103へ戻る。

【0079】

50

未選択の領域がない場合（ステップS2103：No）、設計支援装置100は、第2レイアウトデータ12と、対応情報1100と、に基づいて、各FF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13を生成し（ステップS2110）、一連の処理を終了する。

【0080】

また、図21に示す設計支援手順では、FFセルの数が多いと判断された領域について、領域内のFFセルを、FF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、FF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、FFセルの数が多いと判断された近傍の領域のFF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

【0081】

図24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S2108のYesの場合のつぎの処理である。そのため、図20～図22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20～図22についての詳細な説明を省略する。

【0082】

ステップS2108のYesの場合のつぎに、設計支援装置100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FFセルの総数」とし（ステップS2401）、全体空き量 > 差分であるか否かを判断する（ステップS2402）。全体空き量 > 差分である場合（ステップS2402：Yes）、設計支援装置100は、検出した領域の各々について、選択した領域内のFF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S2403）。

20

【0083】

設計支援装置100は、同一のFF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S2404）。そして、設計支援装置100は、選択した組み合わせのFF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1100を生成する（ステップS2405）。そして、設計支援装置100は、第2レイアウトデータ12に対応情報1100を関連付けて出力し（ステップS2406）、ステップS2103へ移行する。また、全体空き量 > 差分でない場合（ステップS2402：No）、ステップS2109へ戻る。

30

【0084】

以上説明したように、設計支援装置100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、FFセルを配置する。これにより、FF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、FFセルの配置に要する処理量を低減させることができる。

【0085】

また、設計支援装置100は、同一領域内のFFセルと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、各FF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

【0086】

また、設計支援装置100は、各領域内のFF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FF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1100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FFセルを接続させることができる。

【0087】

また、設計支援装置100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FFセルと接続可能個数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。

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。

【 0 0 9 6 】

(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。

【 0 0 9 7 】

(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

【 0 0 9 8 】

(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。

【 0 0 9 9 】

(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。

【 0 1 0 0 】

(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、

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

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。

【0101】

(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。

【0102】

(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

【0103】

(付記 10) 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

【0104】

(付記 11) 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

【0105】

(付記 12) 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】

【0106】

100 設計支援装置

402 領域情報生成部

403 第 1 データ生成部

404 第 2 データ生成部

405 判断部

406 検出部

407 距離算出部

50

4 0 8 選択部

4 0 9 対応情報生成部

4 1 0 出力部

1 1 0 0 対応情報

area 所定領域

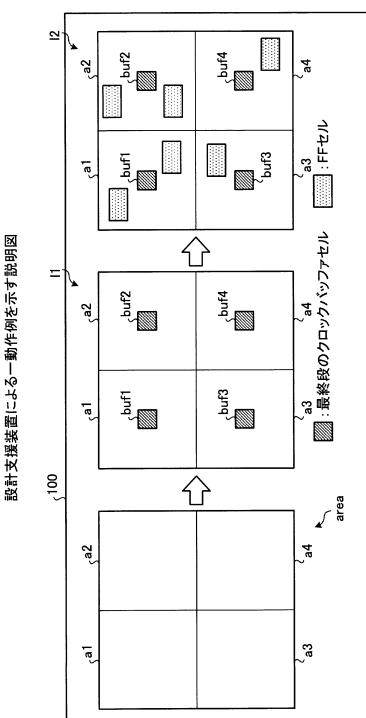
a 1 ~ a 4 , a r 1 ~ a r 9 領域

buf1 ~ buf4, B1 ~ B9 クロックバッファセル

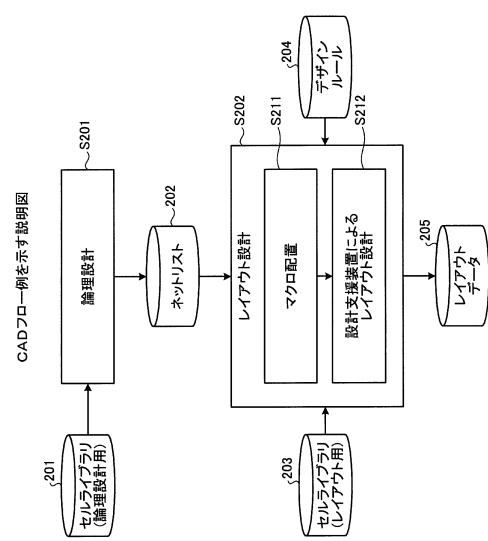
1.1 第1レイアウトデータ

1.2 第2レイアウトデータ

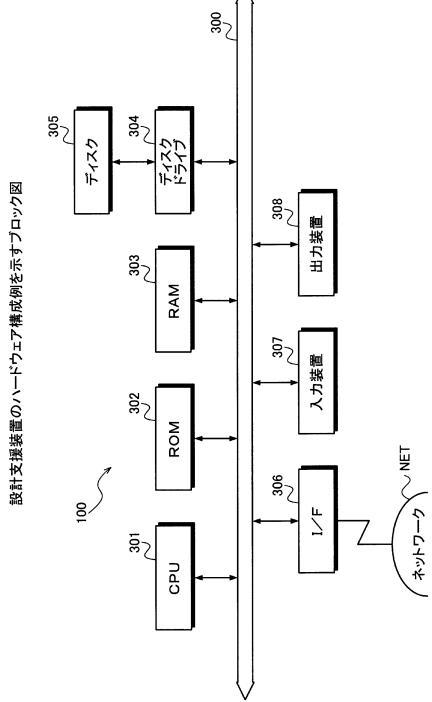
【 四 1 】



【図2】

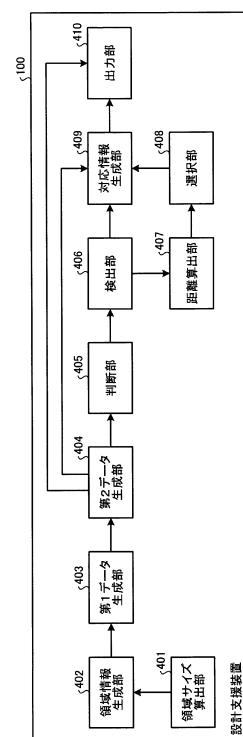


【図3】



設計支援装置のハードウェア構成例を示すブロック図

【図4】



設計支援装置の機能的構成例を示すブロック図

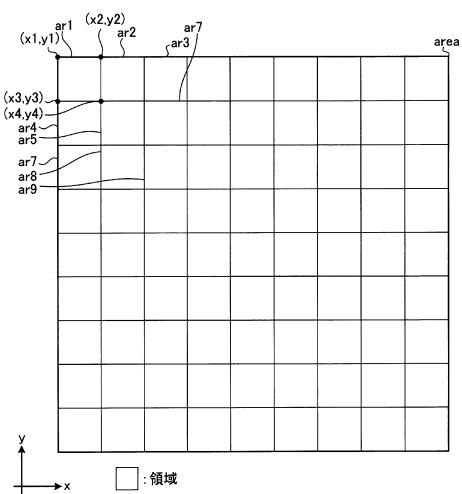
【図5】

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	接続可能な個数	総記録長目安値 [μ m]	基準領域外側 [μ m]
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

【図6】

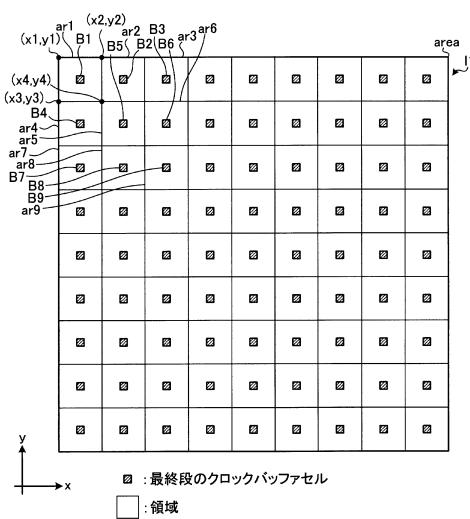
領域情報の一例を示す説明図



□ 領域

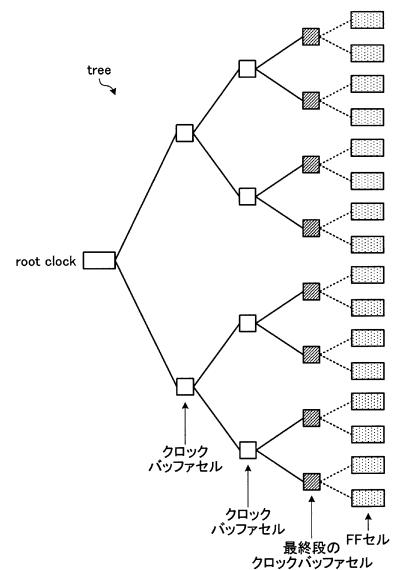
【図7】

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



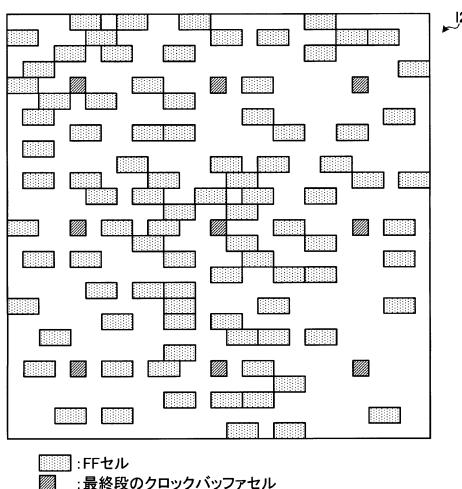
【図8】

クロックツリー例を示す説明図



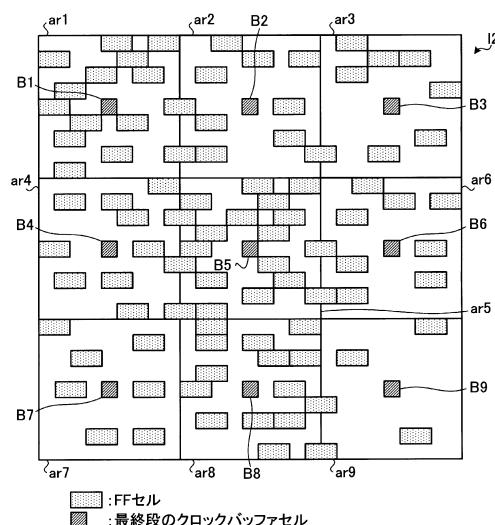
【図9】

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



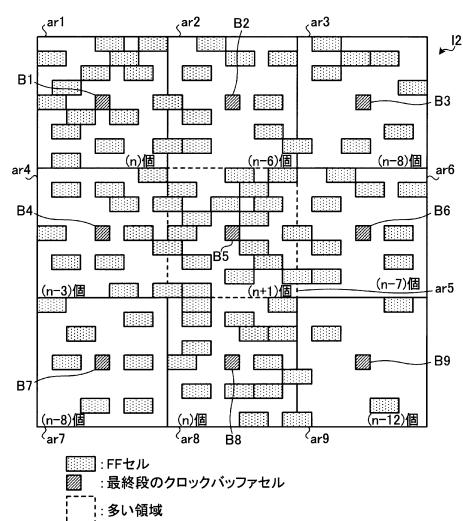
【図11】

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
...	B1
...	B2
...	B3
...	B4
f1,f2...	B5
...	B6
...	B7
...	B8
...	B9
:	:

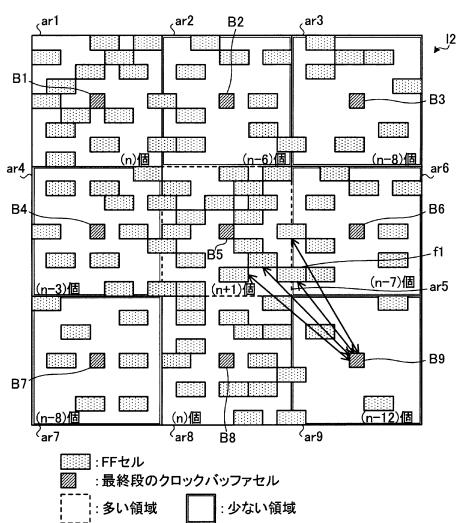
【図12】

判断例を示す説明図



【図13】

生成例2を示す説明図

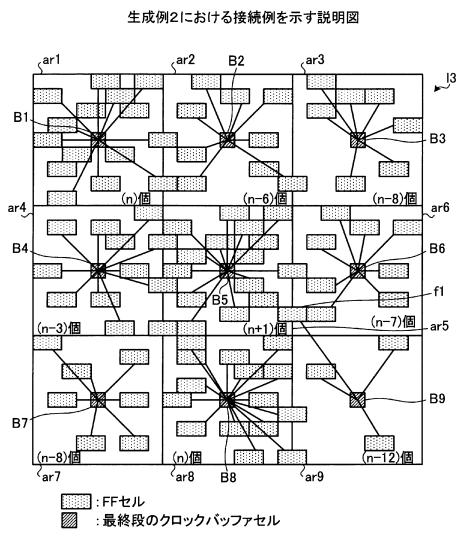


【図14】

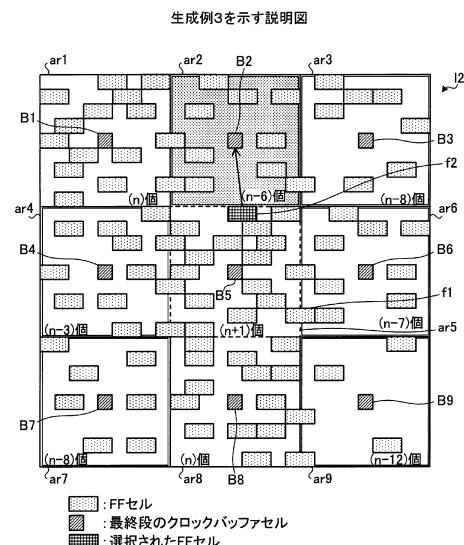
対応情報例2を示す説明図

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

【図15】



【図16】



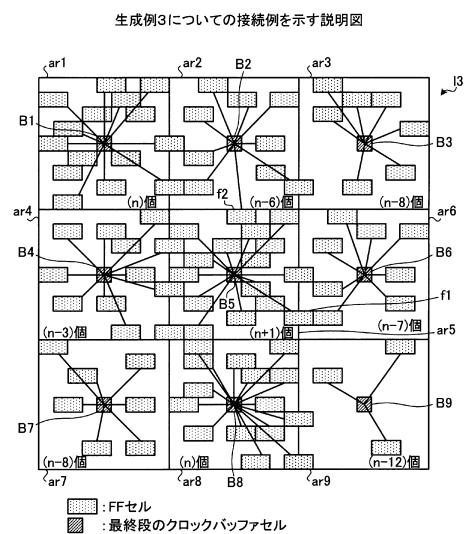
【図17】

対応情報例3を示す説明図

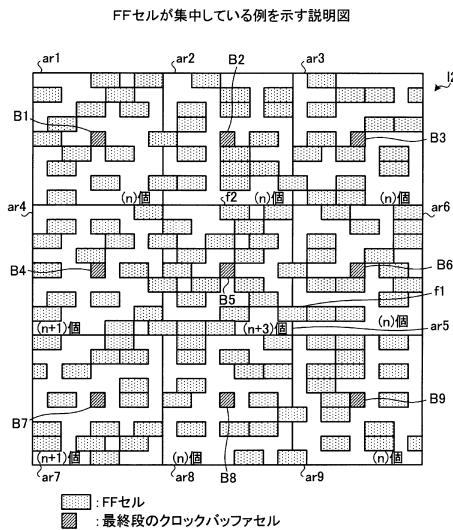
FFセル	クロックバッファセル
...	B1
f2,...	B2
...	B3
...	B4
f1,...	B5
...	B6
...	B7
...	B8
...	B9
:	:

～1100

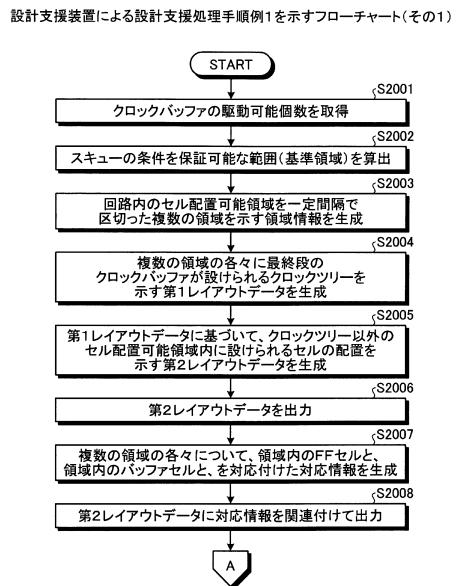
【図18】



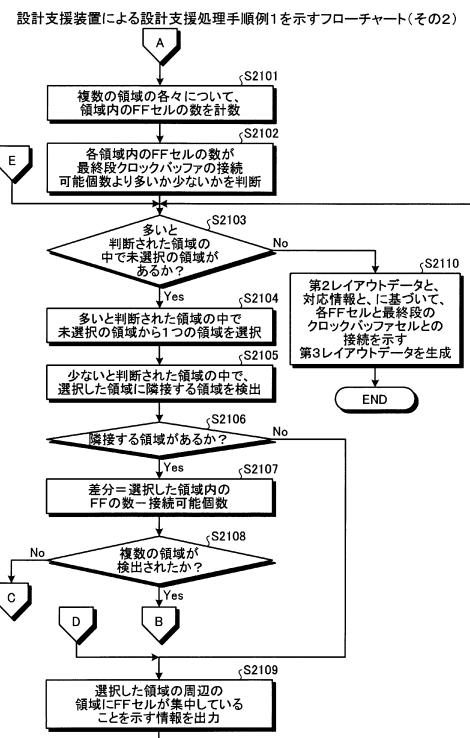
【図19】



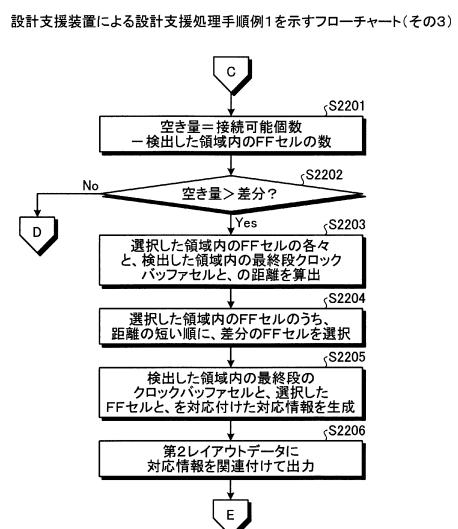
【図20】



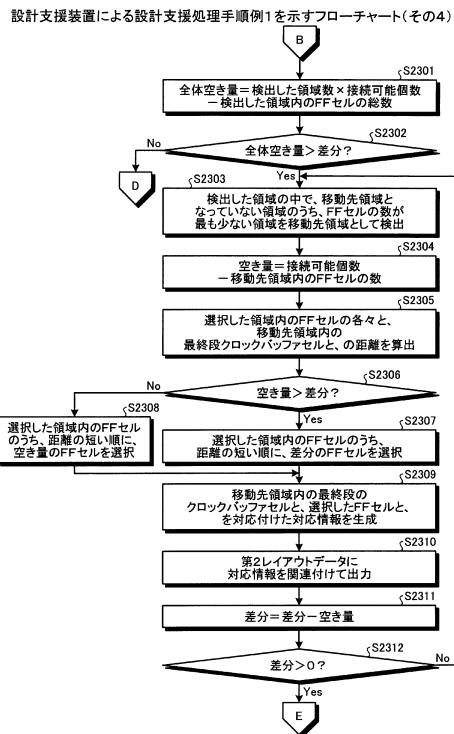
【図21】



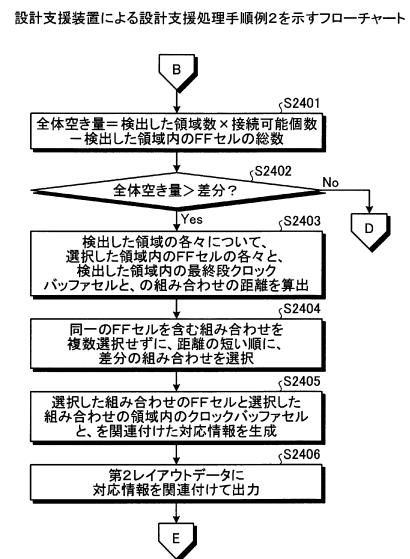
【図22】



【図23】



【図24】



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)

G 06 F 17/50
H 01 L 21/82