

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-289703

(P2004-289703A)

(43) 公開日 平成16年10月14日(2004.10.14)

(51) Int. Cl.⁷

H03L 7/099
H03L 7/18

F I

H03L 7/08
H03L 7/18

テーマコード(参考)

5J106

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-81734 (P2003-81734)
(22) 出願日 平成15年3月25日(2003.3.25)

(71) 出願人 503121103
株式会社ルネサステクノロジ
東京都千代田区丸の内二丁目4番1号
(74) 代理人 100085811
弁理士 大日方 富雄
(72) 発明者 鈴木 潤
東京都小平市上水本町五丁目20番1号
株式会社日立製作所半導体グループ内
(72) 発明者 宮川 裕和
東京都小平市上水本町五丁目20番1号
株式会社日立製作所半導体グループ内
(72) 発明者 江横 善之
東京都小平市上水本町五丁目20番1号
株式会社日立製作所半導体グループ内

最終頁に続く

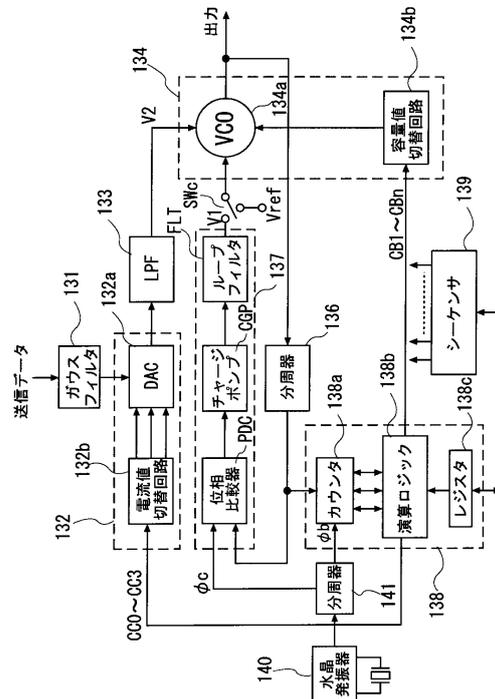
(54) 【発明の名称】 通信用半導体集積回路

(57) 【要約】

【課題】送信データに応じて電圧制御発振回路(VCO)を制御して搬送波の周波数変調を行なう無線通信システムにおいて、変調用VCOのキャリア周波数および変調による周波数変位量を、製造工程でトリミングを行なうことなく調整できるようにする。

【解決手段】電圧制御発振回路(134)の第1の制御電圧(V1)をPLLループからのフィードバック信号により制御して搬送波となるキャリア周波数信号を生成しながら、送信データに基づいて生成されたコードをDA変換するDA変換回路(132)の出力によって上記電圧制御発振回路の第2の制御電圧(V2)を制御して発振信号の周波数変調を行なう通信用半導体集積回路において、上記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を測定し目標値との差に応じて上記DA変換回路の基準電流値を調整して周波数を補正する周波数調整制御回路(138)を設けるようにした。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

変調用コードを D A 変換する D A 変換回路と、電圧制御発振回路と、該電圧制御発振回路の発振出力と基準クロック信号の位相差を検出する位相比較回路と、該位相比較回路で検出された位相差に応じた電圧を発生して前記電圧制御発振回路に第 1 の制御電圧として印加する制御電圧生成回路とを備え、前記第 1 の制御電圧により前記電圧制御発振回路を制御して搬送波となる周波数信号を生成し、前記 D A 変換回路の出力に基づく第 2 の制御電圧により前記電圧制御発振回路を制御して前記搬送波を周波数変調して出力する通信用半導体集積回路であって、

前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を測定して予め設定された目標値を参照して測定値に応じた信号を生成する周波数調整制御回路を備え、該周波数調整制御回路により生成された信号に基づいて前記 D A 変換回路の基準電流値を変化させて前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を補正するように構成されてなることを特徴とする通信用半導体集積回路。

10

【請求項 2】

前記周波数調整制御回路は、電源電圧が投入されたことに応じて前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を測定して測定値に応じた信号を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の通信用半導体集積回路。

【請求項 3】

前記周波数調整制御回路は、所定のコマンドが入力されたことに応じて前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を測定して測定値に応じた信号を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の通信用半導体集積回路。

20

【請求項 4】

前記周波数調整制御回路は、前記電圧制御発振回路の発振出力もしくはそれを分周した信号の周波数を測定する周波数測定回路と、該周波数測定回路による測定値と前記目標値とから補正値を算出する演算回路とを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の通信用半導体集積回路。

【請求項 5】

前記 D A 変換回路は、前記補正値に基づいて前記基準電流を変化させる電流値切替え回路と、前記補正値を保持するレジスタとを備えることを特徴とする請求項 4 に記載の通信用半導体集積回路。

30

【請求項 6】

前記演算回路は、前記 D A 変換回路からの出力により前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を増加させる方向に制御された状態で前記周波数測定回路により測定された値と、前記 D A 変換回路からの出力により前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を減少させる方向に制御された状態で前記周波数測定回路により測定された値との差分と該差分の目標値との比に応じた信号を生成し、前記電流値切替え回路へ電流値制御信号として供給するように構成されていることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の通信用半導体集積回路。

【請求項 7】

前記演算回路は、前記周波数測定回路による測定値と目標値との差に応じた信号を生成し、該信号により前記電圧制御発振回路の搬送波の周波数が補正されるように構成されていることを特徴とする請求項 4 ~ 6 のいずれかに記載の通信用半導体集積回路。

40

【請求項 8】

前記電圧制御発振回路は、L C 共振型発振回路で構成され、L C 共振回路を構成する容量値が変化されることにより発振周波数が変化されるように構成されていることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の通信用半導体集積回路。

【請求項 9】

前記電圧制御発振回路は、複数の容量素子と各容量素子と直列に接続されたスイッチ素子とからなる容量値切替え回路を備え、前記スイッチ素子のうちオン状態にされるものが切

50

り替えられることにより発振周波数が変化されるように構成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の通信用半導体集積回路。

【請求項 10】

前記電圧制御発振回路は、第 1 の可変容量手段および第 2 の可変容量手段を備え、前記第 1 の可変容量手段の容量値が前記第 1 の制御電圧により、また前記第 2 の可変容量の容量値が前記第 2 の制御電圧により変化されることでそれぞれ独立して発振周波数が変化されるように構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の通信用半導体集積回路。

【請求項 11】

変調用コードを D A 変換する D A 変換回路と、電圧制御発振回路と、該電圧制御発振回路の発振出力と基準クロック信号の位相差を検出する位相比較回路と、該位相比較回路で検出された位相差に応じた電圧を発生して前記電圧制御発振回路に第 1 の制御電圧として印加する制御電圧生成回路とを備え、前記第 1 の制御電圧により前記電圧制御発振回路を制御して搬送波となる周波数信号を生成し、前記 D A 変換回路の出力に基づく第 2 の制御電圧により前記電圧制御発振回路を制御して前記搬送波を周波数変調して出力する通信用半導体集積回路であって、

10

前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を測定して予め設定された目標値を参照して測定値に応じた信号を生成する周波数調整制御回路を備え、該周波数調整制御回路により生成された信号に基づいて前記 D A 変換回路の特性を変化させて前記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を補正するように構成されてなることを特徴とする通信用半導体集積回路

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電圧制御発振器 (VCO) の発振周波数の調整技術に関し、例えば電圧制御発振器によりキャリア周波数信号 (搬送波) を生成しながら送信データに基づいて電圧制御発振器を制御して搬送波の周波数変調を行なう無線通信システムの送信系に用いられる通信用半導体集積回路に適用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

30

従来、例えばパソコンやプリンタなどの周辺装置間での無線通信によるデータ送信に関する規定を定めているブルートゥースと呼ばれる規格では、2.4GHz 帯のキャリア周波数信号に $\pm 160\text{kHz}$ で変調をかけてデータを送信する周波数変調方式が採用されている。

このような周波数変調を行なう場合、搬送波を生成する電圧制御発振器を、送信データに基づいて制御して周波数を変調する方式が考えられる。この変調に用いられる電圧制御発振器としては、制御電圧で電流を変化させて発振周波数を制御する方式の回路や制御電圧で可変容量の容量値を変化させて発振周波数を制御する LC 共振型電圧制御発振器が知られている。

【0003】

40

上記のような無線通信に使用される電圧制御発振器は所望の周波数範囲で発振しなければならないが、電圧制御発振器の発振周波数は製造ばらつきによって所望の周波数範囲からずれることが多い。そこで、従来は、製造工程の最終段階で、プローブ検査により電圧制御発振器の周波数を一つ一つ測定し、電圧制御発振器を構成する容量素子の容量値を、レーザなどを用いたトリミングにより調整して周波数を合わせ込むことが行なわれていた。しかしながら、かかる製造工程でのトリミングによる周波数の調整は製造コストを高くするという不具合がある。

【0004】

また、半導体チップ上に形成された容量素子は、チップに加わる応力によって電極間距離が変化して容量値が変化することがあるため、チップの実装形態によって電圧制御発振器

50

の発振周波数がばらつくことがある。また、素子特性の経時変化や温度変動で電圧制御発振器の発振周波数がずれるおそれもある。しかるに、製造工程でのトリミングによる周波数の調整では、実装形態によってはばらついたり動作環境変化でずれた電圧制御発振器の発振周波数を補正することはできない。

【 0 0 0 5 】

ところで、従来、電圧制御発振器の自走周波数を自動的に調整することができる P L L 回路に関する発明として、ループフィルタから電圧制御発振器へ供給される制御電圧と基準となる電圧とを比較する比較回路と、該比較回路の比較結果に基づいてトリミングデータを生成する回路とを設けたものが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 6 】

10

【 特許文献 1 】

特開平 7 - 4 6 1 2 3 号公報

【 0 0 0 7 】

【 発明が解決しようとする課題 】

周波数変調方式においては、キャリア周波数のばらつきの他に、同一の送信データで変調をかけても周波数の変位量がばらつくという問題がある。上記先願発明は、トリミングデータにより電圧制御発振器を含む P L L 回路のメインループにおける周波数（周波数変調方式におけるキャリア周波数に相当）のばらつきを調整できるようにしたものにすぎない。そのため、電圧制御発振器に変調情報を与えて搬送波を周波数変調させる無線通信システムの送信系に用いられる変調用の電圧制御発振器において、変調より周波数の変位量のばらつきを調整することまではできないという課題がある。

20

【 0 0 0 8 】

この発明の目的は、上記のような課題を解決するためになされたもので、製造工程でトリミングを行なうことなく電圧制御発振回路（V C O）の発振周波数を調整することができる通信用半導体集積回路を提供することにある。

この発明の他の目的は、送信データに基づいて電圧制御発振回路（V C O）を制御して搬送波の周波数変調を行なう無線通信システムにおいて、変調用 V C O のキャリア周波数および変調による周波数の変位量を調整できる通信用半導体集積回路を提供することにある。

30

【 0 0 0 9 】

この発明のさらに他の目的は、システムに実装された状態で電圧制御発振回路（V C O）のキャリア周波数および変調による周波数の変位量を調整することができる通信用半導体集積回路を提供することにある。

この発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴については、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【 0 0 1 0 】

【 課題を解決するための手段 】

本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を説明すれば、下記のとおりである。

すなわち、電圧制御発振回路（V C O）の第 1 の制御電圧を P L L ループからのフィードバック信号により制御して搬送波となるキャリア周波数信号を生成しながら、送信データに基づいて生成されたコードを D A 変換する D A 変換回路の出力によって上記電圧制御発振回路の第 2 の制御電圧を制御して搬送波の周波数変調を行なう通信用半導体集積回路において、上記電圧制御発振回路の発振出力の周波数を測定し目標値を参照して上記 D A 変換回路の電流値を調整し変調による周波数の変位量のずれを補正する周波数調整手段を設けるようにしたものである。

40

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、周波数調整手段により周波数の変位量のずれを補正することができるため、電圧制御発振回路を有する通信用半導体集積回路がシステムに実装された状態で電圧制御発振回路の変調による周波数の変位量を調整することができるようになり、これによ

50

って製造工程でトリミングを行なうことなく電圧制御発振回路における変調による周波数の変位量のばらつきを補正することができるとともに、動作環境変化による周波数変位量のずれも補正することができるようになる。

【0012】

また、望ましくは、上記周波数調整手段は、電圧制御発振回路の周波数の測定値と目標値との差に応じた信号を生成し、該信号により上記電圧制御発振回路を構成する容量の値を変化させて搬送波のキャリア周波数も調整できるように構成する。これにより、電圧制御発振回路の発振出力のキャリア周波数と変調による周波数の変位量の両方を共通の回路により補正することができるようになり、別々の調整手段を設ける場合に比べて回路規模を小さくすることができる。

10

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適な実施例を図面に基づいて説明する。

図1には、本発明に係る通信用半導体集積回路を利用して好適な無線通信システムの構成例が示されている。

図1において、ATは信号電波の送受信アンテナ、SWは送受信切替え用のスイッチ、110はアンテナATより受信された信号を中間周波数にダウンコンバートしてから復調、増幅しベースバンド信号に変換する受信系回路、130はキャリア周波数信号を生成しベースバンド回路350からのベースバンド信号により該キャリア周波数信号を変調してアンテナATより送信する送信系回路である。受信系回路110と送信系回路130は、

20

【0014】

送信系回路130は、ベースバンド回路350から入力されたベースバンド信号（送信データが反映された矩形波信号）をサンプリングして変調のためのコードを生成するガウスフィルタ131と、該フィルタのデジタル出力をDA変換して階段波形のアナログ信号を生成するDA変換回路132と、生成された階段波形の信号を滑らかな波形にするローパス・フィルタ133と、電圧制御発振回路（VCO）からなりローパス・フィルタ133の出力電圧により発振周波数が制御されることで変調を行なう変調用発振回路134と、変調された信号を受けてアンテナATを駆動して信号電波の送信を行なうパワーアンプ135などから構成される。

30

【0015】

さらに、この実施例の送信系回路130には、上記変調用発振回路134の出力を分周する分周器136と、該分周器136の出力と基準クロック信号cの位相とを比較して位相差に応じた電圧を発生して上記VCO134の発振周波数を制御する位相比較器などからなるPLL回路137とが設けられている。上記変調用発振回路134と分周器136とPLL回路137とでPLL（フェーズ・ロックド・ループ）が構成され、キャリア周波数信号fcを発生する。

【0016】

そして、送信データに基づいて生成されているローパス・フィルタ133の出力電圧V2により変調用発振回路134の発振周波数を、所定の周波数fだけ変化させることでキャリア周波数信号fcを変調させるように構成されている。ブルートゥース・システムの場合には、PLLループ側で生成した2.4GHz帯のキャリア周波数信号fcに、変調用AD変換回路132の側から±160kHzで変調をかけてデータを送信するように構成される。

40

【0017】

また、この実施例の送信系回路130には、上記分周器136により分周された信号に基づいて変調用発振回路134の発振周波数（ $f_c \pm f$ ）を検出して周波数の調整を行なう周波数調整制御回路138と、ベースバンド回路350からのコマンドに応じて送信系回路130および受信系回路110を制御して所定のシーケンスに従って動作させるシーケンサなどからなるコントローラ139が設けられている。

50

【0018】

シーケンサは、外部から供給されるコマンドを保持するレジスタと、コマンドに対応した一連のマイクロ命令群が格納されたROM（リード・オンリ・メモリ）と、該ROMから読み出されたマイクロ命令コードをデコードして内部制御信号を生成するデコーダなどから構成することができる。

【0019】

上記ガウスフィルタ131は、入力データを順次取り込むシフトレジスタと、取り込まれたデータと所定のフィルタ係数とを掛け算し順次加算する積和演算器とから構成されたFIR（Finite Impulse Response）型フィルタにより構成される。

10

【0020】

受信系回路110は、アンテナATより受信された信号を増幅する低雑音増幅回路（LNA）111と、増幅された受信信号と上記送信側VCOからの発振信号とを合成することで中間周波数（例えば2MHz）の信号にダウンコンバートするミキサ（MIX）112と、隣接チャネルからの漏洩信号を除去して当該チャネルの信号成分を抽出するバンドパス・フィルタ113と、受信信号を所定の振幅まで増幅する利得可変なプログラマブル・ゲイン・アンプ（AGC）114と、アナログ信号をデジタル信号に変換するAD変換回路115と、受信データを復調する復調回路116と、復調された信号から高周波成分（ノイズ）を除去してベースバンド回路350へ受信データを渡すローパス・フィルタ（LPF）117などから構成される。

20

【0021】

図2には、上記送信系回路130を構成する変調用発振回路134の周波数を調整する回路の概略構成例を示す。図2において、図1に示されている回路ブロックと同一の回路ブロックには、同一の符号を付して重複した説明は省略する。図2に示されているように、変調用発振回路134は、LC共振型発振器などからなるVCO134aとその容量値を変化させることで発振周波数（キャリア周波数 f_c ）を調整する容量値切替え回路134bとからなる。DA変換回路132は、デジタル信号をアナログ信号に変換するDA変換器132aと、該DA変換器132aの基準電流値を変化させることで出力アナログ値を調整しそれによってVCO134a内の可変容量素子の容量値を変化させて変調による周波数変位量 f を調整する電流値切替え回路132bとからなる。

30

【0022】

周波数調整制御回路138は、変調用発振回路134の発振出力を分周する分周器136により分周された信号のパルス数を基準となるクロック信号 b に基づいて所定時間だけ計数するカウンタ138aと、該カウンタ138aの計数値と所定の設定値とを比較してずれ量に応じて、前記容量値切替え回路134bの容量値や前記電流値切替え回路132bの電流値を変化させる信号 $CB_1 \sim CB_n$ 、 $CC_0 \sim CC_3$ を生成する演算ロジック138bと、カウンタ138aの計数値と比較される上記設定値を外部から設定可能なレジスタ138cとにより構成されている。

【0023】

具体的には、周波数調整制御回路138が前記容量値切替え回路134bの容量値を増加させると図3(a)のようにVCO134aの自走発振周波数は減少し、前記容量値切替え回路134bの容量値を減少させるとVCO134aの自走発振周波数は増加する。また、周波数調整制御回路138が電流回路132bの電流値を増加させると図3(b)のようにVCO134aの自走発振周波数は増加し、電流値を減少させるとVCO134aの自走発振周波数は減少する。

40

【0024】

PLL回路137は、VCO134aの発振出力を分周する分周器136により分周された信号と基準クロック信号 c の位相とを比較して位相差に応じた制御信号UP、DOWNを生成する位相比較器PDCと、該位相比較器PDCの出力信号によってチャージアップまたはチャージダウン動作をするチャージポンプCGPと、該チャージポンプCGPの

50

電流によって充放電される容量素子などからなるループフィルタFLTとにより構成され、位相比較器PDCで検出した位相差に応じた電圧V1を上記VCO134aへフィードバックして、VCO134aの発振周波数を制御する。このPLLループの作用で発生される発振信号が、キャリア周波数信号fcとされる。

【0025】

なお、この実施例においては、前記位相比較器PDCに供給される基準クロック信号cの元になる周波数精度の高いクロック信号0を生成する水晶発振回路140と、該発振信号0を分周して上記基準クロック信号cや上記カウンタ138aに供給されるクロック信号bを生成する分周器141なども設けられている。

【0026】

また、ループフィルタFLTと変調用VCO134aとの間には、PLLループを遮断して、ループフィルタFLTからの制御電圧V1の代わりに、基準電圧VrefをVCO134aに印加するための切替えスイッチSWcが設けられている。このスイッチSWcを、シーケンサ139が周波数調整時に制御信号によって基準電圧Vrefの選択側へ切り替えることで、VCO134aを所望の周波数で発振させることができる。所定のレベルの基準電圧Vrefを印加してVCO134aを発振動作させたときに、VCO134aが所望の周波数で発振しないときは、周波数がずれていると判定することができる。基準電圧Vrefは外部から供給してもよいが、内部で生成するように構成してもよい。

【0027】

さらに、ブルートゥース・システムの場合には、上記カウンタ138aを分周器136と位相比較器137との間に可変分周器として設けるとともに、これに付随してレジスタを設けて、このレジスタに、カウンタ138aが計数すべきカウント値をベースバンド回路350が設定するように構成してもよい。これにより、例えばキャリア周波数を1MHzのような単位でずらし、2.402GHz~2.480GHzの間で1MHzおきに設定される数10チャンネルのいずれかがチャンネルに周波数ホッピングさせることができる。また、実施例では、変調用発振回路134の発振出力を分周器136で分周した信号をカウンタ138aにより計数しているが、カウンタ138aにより変調用発振回路134の発振出力を直接計数するようにしてもよい。

【0028】

図4には、上記変調用発振回路134を構成するVCO134aとして用いられるLC共振型発振回路の一実施例を示す。

この実施例の発振回路は、インダクタンス素子(L)と容量素子(C)とを有し、LC値によって発振周波数が決定されるLC共振型発振回路であり、図2に示されているように、エミッタ共通接続されかつ互いにベースとコレクタとが交差結合された一对のPNPバイポーラ・トランジスタQ11, Q12と、該トランジスタQ11, Q12の共通エミッタと接地点との間に接続された定電流源Icと、各トランジスタQ11, Q12のコレクタと電源電圧端子Vccとの間にそれぞれ接続されたインダクタL1, L2と、上記トランジスタQ11, Q12のコレクタ端子間に直列に接続された容量C11, 抵抗R11, R12, 容量C12およびこれらと並列に接続された容量C21, 抵抗R21, R22, 容量C22と、接続ノードN11, N12, N21, N22と接地点との間に接続された可変容量素子としてのバラクタダイオードDv11, Dv12, Dv21, Dv22と、トランジスタQ11, Q12のコレクタ端子間に接続された容量値切替え回路134bとから構成されている。

【0029】

上記定電流源Ic1とIc2は同一電流値、インダクタL1とL2、容量C11とC12、C21とC22、抵抗R1とR2、ダイオードDv1とDv2もそれぞれ同一の値である。

【0030】

この実施例のVCO134aは、抵抗R11とR12の接続ノードN10に印加される発振制御電圧V1または抵抗R21とR22の接続ノードN20に印加される発振制御電圧

10

20

30

40

50

V₂に応じてバラクタ・ダイオードD_{v11}, D_{v12}またはD_{v21}, D_{v22}の容量値が変化されることにより、発振周波数が変化される。

【0031】

図2の変調用VCO134aとして用いられる場合、接続ノードN10には、PLLループからの制御電圧V₁が印加されてキャリア周波数を決定し、接続ノードN20には、図2に示されているローパス・フィルタ133からの周波数変調用制御電圧V₂が印加されて変調による周波数変位量が制御されるように接続がなされる。VCOの発振出力outは、トランジスタQ11, Q12のコレクタとインダクタL1, L2との接続ノードのいずれか一方から取り出すことができるが、両方の接続ノードから差動出力として取り出すことも可能である。

10

【0032】

容量値切替え回路134bは、トランジスタQ11, Q12のコレクタ間に、直列形態の容量およびスイッチの組がn個並列に接続され、スイッチSW1...SWnのオン・オフ状態に応じてQ11, Q12のコレクタ間に接続される実質的な容量値が切替え可能に構成されている。容量C1...Cnの容量値はそれぞれ2のm乗(mは0, 1, 2のような正の整数)の重みを有するように設定されており、スイッチSW1~SWnのオン・オフ制御信号CB1~CBnの組合せに応じて容量値が変化されることによって、図5に示すように、周波数が段階的に変化される。なお、図5には、n=3、すなわち3組の容量とスイッチが設けられている場合におけるVCOの制御電圧(V₁, V₂)と自走発振周波数との関係を示す。

20

【0033】

次に、VCO134aにおける変調による周波数変位量を調整するためDA変換回路132へ供給される基準電流を切り替える電流値切替え回路132bとDA変換器132aの構成について説明する。

図7には、電流値切替え回路132bの具体的な回路例が示されている。なお、図7においては、図示の都合上、変調用DA変換器132aとVCO134aとの間に設けられるローパス・フィルタ133は省略されている。

【0034】

電流値切替え回路132bは、2のm乗(mは0, 1, 2, 3のような正の整数)の重みを有する重み電流源I₀~I₃と、これらの重み電流源I₀~I₃と直列に接続された切替スイッチSW₀~SW₃と、これらのスイッチSW₀~SW₃の制御情報を保持するレジスタREGとにより構成されている。レジスタREGは、周波数調整制御回路138の演算ロジック138bから出力される調整制御信号CC₀~CC₃を保持し、その保持情報に従ってスイッチSW₀~SW₃のオン、オフ状態を設定する。

30

【0035】

スイッチSW₀~SW₃の一方の端子はそれぞれ接地点に接続され、他方の端子はそれぞれDA変換器132aの基準電流I_{ref}を生成する基準電流源BSCに接続されており、スイッチが基準電流源BSC側に切り替えられると、重み電流源I₀~I₃のうちそのスイッチに対応する電流源の電流が基準電流源BSCへ流されることにより、DA変換器132aに流される基準電流I_{REF}が減少される。

40

【0036】

そして、DA変換器132aに流される基準電流I_{REF}がスイッチSW₀~SW₃の状態に応じて切り替えられると、同一入力に対するDA変換器132aの出力レベルが変化して、VCO134aの制御電圧V₂の振幅が図6に示すように変化し、VCO134aの変調による周波数変位量が変化されるように構成されている。

【0037】

なお、基準電流I_{ref}を生成する基準電流源BSCはバンドギャップリファレンス回路のような定電圧回路と該回路で生成された定電圧をベースに受けるトランジスタとから構成することができる。

【0038】

50

図8には、上記DA変換器132aの具体的な回路例を示す。この実施例のDA変換回路は、図7に示されているような構成を有する電流値切替え回路132bにより基準電流源BCSにより流される基準電流 I_{ref} を調整した電流 I_{REF} で引かれる電流源CS1と、該電流源CS1とカレントミラー接続されそれぞれ基準電流 I_{REF} の $1/32$, $1/16$, $1/8$, $1/4$, $1/2$ の電流を流す重み電流源 $Cw_0 \sim Cw_4$ と、これらの重み電流源 $Cw_0 \sim Cw_4$ と直列に接続された切替えスイッチ $SW_{10} \sim SW_{14}$ と、これらのスイッチ $SW_{10} \sim SW_{14}$ の共通接続端子側に接続された電流-電圧変換用抵抗 R_e とから構成されている。

【0039】

上記スイッチ $SW_{10} \sim SW_{14}$ の他方の端子はそれぞれ接地点に接続されており、重み電流源 $Cw_0 \sim Cw_4$ の電流はスイッチ $SW_{10} \sim SW_{14}$ により、電流-電圧変換用抵抗 R_e または接地点のいずれかに流されるように構成されている。抵抗 R_e としては100のような抵抗値を有するものが使用され、抵抗 R_e の他端には、所定のバイアス電圧 V_{bias} が印加される。

【0040】

このDA変換器132aは、上記ガウスフィルタ131の出力 $B_4 \sim B_0$ によってスイッチ $SW_{10} \sim SW_{14}$ が切替え制御されることで、抵抗側へ切り替えられたスイッチを流れる電流を合成した電流が抵抗 R_e に流される。そして、抵抗 R_e によってこの電流が電圧に変換されることにより、ガウスフィルタ131の出力 $B_4 \sim B_0$ に応じて、 2^5 すなわち32段階のいずれかの電圧 DA_{out} がDA変換器132aから出力される。

【0041】

次に、図2の実施例の送信系回路におけるVCO134aのキャリア周波数と周波数変位量の調整手順を、図9のフローチャートを用いて説明する。なお、この実施例の送信系回路においては、電源投入またはコマンド入力のいずれかによって、図9のフローチャートに従った周波数の自動調整処理が実行されるようにシーケンサ139が構成されており、電源が投入されたときは図9の左側のステップS1から、また周波数調整実行コマンドが入力されたときは図9の右側のステップS15から処理が開始される。

【0042】

まず、電源が投入されたときの全自動トリミング処理を説明すると、電源投入によりパワーアップシーケンスが起動して自動調整のための初期設定が行なわれる(ステップS1)。具体的には、演算ロジック138cから変調用発振回路134内の容量値切替え回路134bに供給される制御信号 $CB_1 \sim CB_3$ を所定の状態に設定して、容量値切替え回路134bがその容量値可変範囲のほぼ中心の容量値となるようにスイッチ $SW_1 \sim SW_3$ をオン、オフ設定する。

【0043】

また、シーケンサ139は、PLLループ上のスイッチ SW_c を基準電圧 V_{ref} 側に切り替えて、VCO134aが所定のキャリア周波数で発振動作するようにさせる。基準電圧 V_{ref} は、制御電圧 V_1 の可変範囲の電圧であればよく、例えば制御電圧 V_1 の可変範囲ほぼ中心の電圧が選択される。また、この基準電圧 V_{ref} の電圧値に応じて、周波数調整制御回路138内のレジスタ138cには、制御電圧 V_1 として基準電圧 V_{ref} が印加されたときに期待されるVCO134aの周波数に対応したカウント値(目標値)を設定する。

【0044】

さらに、シーケンサ139は、DA変換回路132内のレジスタ REG に適当な値を設定して、DA変換回路132内の電流値切替え回路132bに所定の電流(例えば電流可変範囲内の中心電流値)が流れるようにする。これにより、VCO134aの制御電圧 V_2 が設定される。なお、レジスタ REG への設定より制御電圧 V_2 を固定させる代わりに、PLLループ上のスイッチ SW_c と同様な切替えスイッチを変調制御側に設けて、ロウパス・フィルタ133からの制御電圧 V_2 に代えて所定の基準電圧を与えるようにしてもよい。

【0045】

次に、シーケンサ139は、水晶発振器140の発振動作が安定するのを待つ（ステップS2）。それから、周波数調整制御回路138にイネーブル信号を与えてVCO134aの発振出力を、分周器141からのクロック信号bの周期によって決まる所定時間だけカウンタ136で計数させる（ステップS3）。この実施例では、周波数精度として1MHzが得られるように、例えばカウンタ138aの計数時間が32μ秒に、また目標カウンタ値が「2440」に設定され、さらにクロック信号bの周波数すなわち分周器141の分周比もこれを可能にするように予め設定されている。

【0046】

続いて、シーケンサ139は、演算ロジック138bによりカウンタ138aの計数値とレジスタ138cに予め設定されている目標値との差分を演算させ、VCO134aの発振周波数が目標値からどの位ずれているかを判定する（ステップS4）。そして、カウンタ138aにより計数した実測値と目標値との差が「+10」以上の時はステップS5へ移行してトリミング値を1つ減らす。

【0047】

これにより、変調用発振回路134内の容量値切替え回路134bでは容量値が一段階だけ大きくされ、VCO134aの発振周波数は減少される。一方、実測値と目標値との差が「-10」以下の時はステップS6へ移行してトリミング値を1つ増やす。これにより、変調用発振回路134内の容量値切替え回路134bでは容量値が一段階だけ小さくされ、VCO134aの発振周波数は増加される。それから、容量の切替えで変化したVCO134aの発振周波数が安定するのを待ってから、再びステップS3へ戻って周波数の計数を行なう（ステップS7）。

【0048】

ステップS4で、VCO134aの発振周波数の実測値と目標値との差が「-10」～「+10」の間にあると判定したときは、VCO134aの発振周波数が目標の範囲内に入ってキャリア周波数のトリミングが終了したものとみなして、変調による周波数変位量のトリミングのためにステップS8へ移行する。ステップS8では、変調用DA変換回路132に、VCO134aにおける発振周波数fcを所定の周波数+fだけ増加させる方向へ動作させる変調制御データを入力させる設定（+側変位）を行なう。このとき、カウンタ138aの計数時間と分周器141の分周比の設定も行なわれる。

【0049】

そして、シーケンサ139は、VCO134aの発振動作が安定するのを待つ（ステップS9）。それから、周波数調整制御回路138にイネーブル信号を与えてVCO134aの発振出力を、分周器141からのクロック信号bの周期によって決まる所定時間だけカウンタ136で計数させる（ステップS10）。この実施例では、変調による周波数変位量精度として2.5kHzが得られるように、例えばカウンタ138aの計数時間が12.8μ秒に設定され、さらにクロック信号bの周波数すなわち分周器141の分周比もこれを可能にするように設定されている。なお、ステップS10のカウンタ138aの計数値はレジスタに保持される。

【0050】

続いて、シーケンサ139は、変調用DA変換回路132に、VCO134aにおける発振周波数fcを所定の周波数-fだけ減少させる方向へ動作させる変調制御データを入力させる設定（-側変位）を行なう（ステップS11）。そして、VCO134aの発振動作が安定するのを待ち（ステップS12）。それから、VCO134aの発振出力を所定時間だけカウンタ136で計数させる（ステップS13）。

【0051】

次に、シーケンサ139は、演算ロジック138によって、ステップS10とS13で得られた計数値とから、次式

$$(\text{目標値} \div \text{実測値}) \times \text{DACトリミング初期値}$$
 を用いてDA変換器132aの基準電流のトリミング値を計算し、そのトリミング値に基

10

20

30

40

50

づいて電流値切替え回路132b内のレジスタREGの値を書き換えて電流値を変更する(ステップS14)。これによりトリミングが終了する。

【0052】

なお、このステップでの計算式における目標値と実測値は、それぞれカウンタ138aの+側変位時の計数値と-側変位時の計数値との差分の目標値と、その差分実測値である。この実施例では、ステップS14で、演算によりトリミング値を決定しているのので、一回の設定変更で変調による周波数変位量のトリミングを完了することができる。

【0053】

上述したように、本実施例においては、同一のカウンタ138aおよび共通の演算ロジック138bを用いてVCO134aのキャリア周波数のばらつきと変調による周波数変位量のばらつきを自動調整するようにしているため、キャリア周波数のばらつき調整と変調による周波数変位量のばらつき調整のためにそれぞれ別個の回路を設ける場合に比べて回路規模を小さくすることができる。

10

【0054】

次に、システム稼動中における変調用VCO134aの周波数のばらつき調整(半自動トリミング)について説明する。

半自動トリミング処理は、ベースバンド回路等からシーケンサ139内のコマンドレジスタへの所定のコマンド(周波数調整実行コマンドと称する)の書込みによって開始される。シーケンサ139は、周波数調整実行コマンドが入力されると、自動調整のための初期設定を行なう(図9の右側のステップS15参照)。この初期設定は、電源投入時にステップS1で行なわれる設定とほぼ同じである。

20

【0055】

その後、ステップS16でVCO134aの発振周波数が安定するのを待ってから、周波数を測定するステップS3へ移行する。電源投入時と異なり既に水晶発振器140は発振動作しているので、VCO134aの発振動作安定待ち時間(1m秒)は電源投入時の待ち時間(6m秒)よりも短くてよい。ステップS3の周波数測定処理以降の処理は、前述した電源投入時の周波数調整処理と共通であるので、説明は省略する。

【0056】

このように、本実施例においては、電源投入時とシステム稼動中にそれぞれ変調用VCO134aの周波数のばらつき調整を行なえるように構成されているため、製造工程で周波数のトリミングを行なう必要がなく製造コストを下げることもできるとともに、経時変化や温度変動で周波数がずれた場合にも補正することができ、精度の高い通信を行なえるようになるという利点がある。

30

【0057】

以上本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施例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更可能であることはいうまでもない。例えば、上記実施例においては、VCOのキャリア周波数のばらつきと変調による周波数変位量のばらつきの両方をそれぞれ自動調整できるようにした場合について説明したが、例えばキャリア周波数のばらつき調整は製造工程でのトリミングで行ない、VCOの変調による周波数変位量のばらつきのみ自動調整できるようにすることも可能である。

40

【0058】

また、上記実施例においては、VCOを内蔵した通信用半導体集積回路をシステムに組み込んだ状態で、VCOのキャリア周波数のばらつきと変調による周波数変位量のばらつきを自動調整するようにした場合について説明したが、前記実施例における電流値切替え回路132b内のスイッチを制御する信号CB1~CBnを保持するレジスタREGおよび容量値切替え回路134b内のスイッチを制御する信号CB1~CBnを保持するレジスタを、不揮発性メモリもしくはフューズ素子に置き換えて、製造工程で実施例の回路を利用して周波数を測定して周波数のばらつきを補正する値を不揮発性メモリもしくはフューズ素子に設定しておくようにすることも可能である。

50

【0059】

さらに、実施例では電流値切替え回路132bと容量値切替え回路134bはそれぞれ段階的に電流値と容量値を変化させるように構成されているが、連続的に変化させるように構成しても良い。また、精度は低下するがカウンタ138aによるVCOの発振出力の計測時間を半分等にして、短時間に周波数のトリミングを完了させる時短モードを設けるようにしてよい。

【0060】

また、上記シーケンサ(139)は、カウンタとデコーダで構成することも出来る。上記実施例では、カウンタ138aの計数值と比較される設定値は、外部から設定可能なレジスタ138cに設定されることになっているが、レジスタを使わずに固定的にしても良い。しかしながら、実施例の様に、外部から設定可能なレジスタを使うことにより、自由度を向上させることが出来る。

【0061】

以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野であるブルートゥースのような無線通信システムに使用されるVCOに適用した場合について説明したが、本発明はそれに限定されるものでなく、携帯電話器などの周波数変調方式の無線通信システムに用いられるVCOを内蔵した通信用半導体集積回路に広く利用することができる。

【0062】

【発明の効果】

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記のとおりである。

すなわち、本発明に従うと、電圧制御発振回路を有する通信用半導体集積回路に内蔵された周波数調整制御回路により変調による周波数変位量を補正することができるため、システムに実装された状態で電圧制御発振回路の変調による周波数変位量を調整することができるようになり、これによって製造工程でトリミングを行なうことなく電圧制御発振回路の発振周波数ばらつきを補正することができ、コストを低減することができる。また、動作環境変化による周波数のずれも補正することができ、精度の高い通信を行なえるようになる。

【0063】

また、本発明に従うと、上記周波数調整制御回路が、電圧制御発振回路の周波数の測定値と目標値との差に応じた信号を生成し、該信号により上記電圧制御発振回路を構成する容量の値を変化させて搬送波のキャリア周波数も調整できるように構成される。これにより、電圧制御発振回路の発振信号のキャリア周波数と変調による周波数変位量の両方を共通の周波数調整制御回路により補正することができるようになり、回路規模の増大を回避することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る通信用半導体集積回路を利用して好適な無線通信システムの構成例を示すブロック図である。

【図2】本発明に係る通信用半導体集積回路の送信系回路の一実施例を示すブロック図である。

【図3】図3(a)は実施例の送信系回路におけるVCOに接続される容量とVCOの周波数との関係を示すグラフ、図3(b)は実施例の送信系回路におけるDA変換回路のオンされる電流源とVCOの周波数との関係を示すグラフである。

【図4】本発明に係る通信用半導体集積回路に用いられるLC共振型VCOの一実施例を示す回路図である。

【図5】実施例の送信系回路に用いられるLC共振型VCOにおける制御電圧(V1)とVCOの発振周波数との関係を示すグラフである。

【図6】実施例の送信系回路に用いられるDA変換回路における電流源の切替えと生成されるVCO制御電圧(V2)との関係を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図7】実施例の送信系回路に用いられるDA変換回路の電流値切替え回路の具体例を示す回路図である。

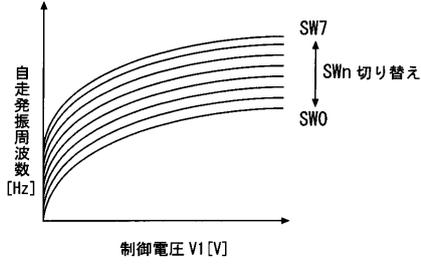
【図8】実施例の送信系回路に用いられるDA変換回路の具体例を示す回路図である。

【図9】実施例の周波数調整制御回路を用いてVCOのキャリア周波数と変調による周波数変位量を調整する手順の一例を示すフローチャートである。

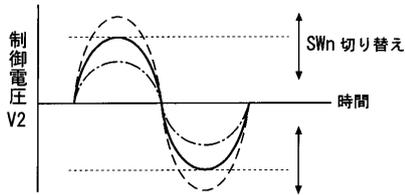
【符号の説明】

110	受信系回路	
111	ロウノイズアンプ	
112	ミクサ	
113	バンドパス・フィルタ	10
114	利得可変アンプ	
115	AD変換回路	
116	復調回路	
117	ローパス・フィルタ	
130	送信系回路	
131	ガウスフィルタ	
132	DA変換回路	
132 a	電流値切替え回路	
133	ローパス・フィルタ	
134	電圧制御発振回路(VCO)	20
134 b	容量値切替え回路	
135	送信用パワーアンプ	
136	分周器	
137	PLL回路	
138	周波数調整制御回路	
139	コントローラ(シーケンサ)	
CGP	チャージポンプ	
FLT	ループフィルタ	
REG	レジスタ	

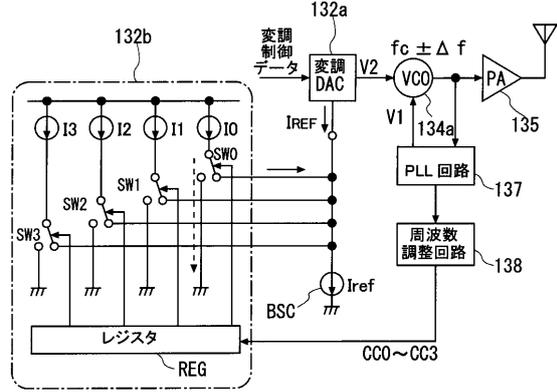
【 図 5 】



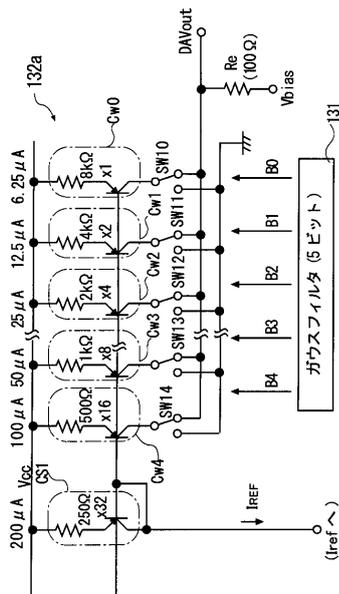
【 図 6 】



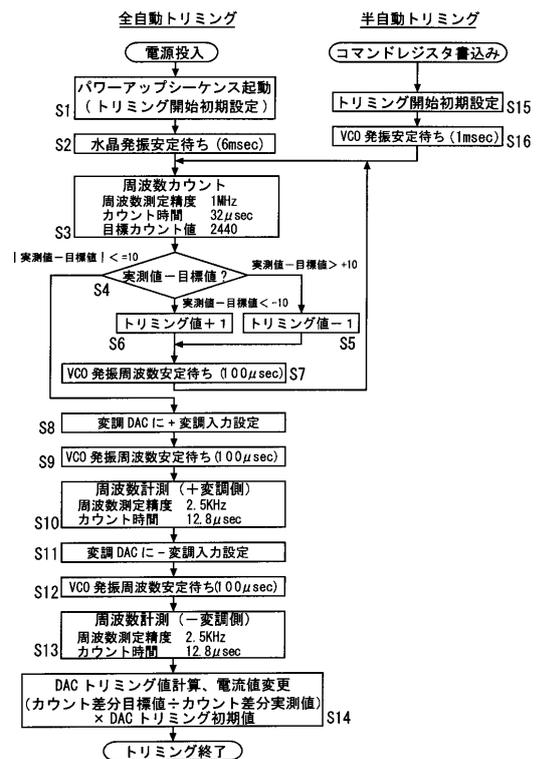
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J106 AA02 BB01 CC02 CC21 CC31 CC52 DD17 DD35 DD38 GG01
HH01 KK15 LL01 LL03 QQ01