

【書類名】明細書

【発明の名称】ミキサ回路及び無線通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、ミキサ回路及び無線通信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、周波数変換及び直交変調などに用いられるミキサ回路が知られている。ミキサ回路には、差動入力信号に対して動作可能なダブルバランス型ミキサ回路がある。

【0003】

しかしながら、構成次第では、ローカル信号のリーク、いわゆるキャリアリークの発生につながり、結果として通信品質の低下を招くこととなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-71703号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、実施形態は、キャリアリークを低減したミキサ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】

実施形態のミキサ回路は、第1入力端子及び第2入力端子にそれぞれ入力される正相入力電圧信号及び逆相入力電圧信号を正相電流信号及び逆相電流信号に変換する電圧-電流変換回路と、前記正相電流信号及び前記逆相電流信号をそれぞれ受ける第1共通端子及び第2共通端子と、正相ローカル信号及び逆相ローカル信号をそれぞれ受ける第1ローカル端子及び第2ローカル端子を有し、前記正相電流信号及び前記逆相電流信号を、前記正相ローカル信号及び前記逆相ローカル信号に応じてスイッチングして正相出力電流信号及び逆相出力電流信号を生成するスイッチング回路と、前記第1共通端子及び前記第2共通端子と前記電圧-電流変換回路との間をそれぞれ接続する第1及び第2の配線と、前記第1共通端子と前記第2共通端子との間に接続されたキャパシタと、を有する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】実施形態に係わる無線通信装置1の送信部の構成を示すブロック図である。

【図2】実施形態に係わるミキサ部5の回路図である。

【図3】実施形態に係わるダブルバランス型ミキサ回路21の回路図である。

【図4】実施形態に係わる、共通端子N1とN2における電位差を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照して実施形態を説明する。

(第1の実施形態)

(構成)

【0009】

図1は、無線通信装置1の送信部の構成を示すブロック図である。無線通信装置1は、例えばスマートフォン、タブレット端末であり、信号送信部2を有している。信号送信部2は、複数の、ここでは2つの周波数帯域でデータ送信が可能である。

【0010】

送信データのデジタル信号は、デジタル・アナログ変換回路（以下、D/A変換器という）3に入力され、アナログ信号に変換される。D/A変換器3から出力されたアナログ信号

は、ローパスフィルタあるいはアンチエイリアスフィルタであるフィルタ4を通して、信号送信部2に供給される。

【0011】

信号送信部2は、周波数変換器であるミキサ部5と、2つの増幅器6と2つのアンテナ7を有している。ミキサ部5は、電圧－電流変換回路8と、2つのスイッチング回路9、10を有するダブルバランス型ミキサ回路である。すなわち、ここでは、複数の（ここでは2つ）のバンド送信を行うために、1つの電圧－電流変換回路8に複数の（ここでは2つ）のスイッチング回路9、10が接続されている。

【0012】

スイッチング回路9には、所定の第1の周波数 f_{L01} のローカル信号が入力され、スイッチング回路10には、所定の第2の周波数 f_{L02} のローカル信号が入力される。2つの周波数 f_{L01} 及び f_{L02} のローカル信号は、図示しない局部発振器により生成される。

【0013】

無線通信装置1は、データを送信するとき、選択された使用する周波数に対応するスイッチング回路9又は10を動作させて、対応するアンテナ7からデータ信号を無線で送信する。

【0014】

スイッチング回路9に接続されたアンテナ7からは、例えば2.4GHzの高い周波数の無線信号が出力され、スイッチング回路10に接続されたアンテナ7からは、例えば5GHzの高い周波数の無線信号が出力される。

【0015】

図2は、ミキサ部5の回路図である。

ミキサ部5の電圧－電流変換回路8には、低い周波数の差動入力電圧信号が入力端子 V_{in1} 及び V_{in2} に入力される。フィルタ4からの送信信号は、差動入力電圧信号として、入力端子 V_{in1} 及び V_{in2} から電圧－電流変換回路8に入力される。

【0016】

電圧－電流変換回路8とスイッチング回路9は、配線すなわち半導体基板上の配線パターン11により電氣的に接続されている。電圧－電流変換回路8とスイッチング回路10は、配線すなわち半導体基板上の配線パターン12により電氣的に接続されている。

すなわち、電圧－電流変換回路8と、スイッチング回路9及び10と、配線パターン11及び12と、後述するキャパシタは、半導体装置上に形成されている。

【0017】

各配線パターン11、12は、正相電流信号用配線と逆相電流信号用配線の2本のパターンからなる。

例えば、ミキサ部5が搭載される半導体チップ上で、配線パターン11あるいは12の2本の配線パターンの長さが長くなる場合がある。あるいは、ミキサ部5が搭載される半導体チップ上で、配線パターン11及び12の長さが長くなる場合がある。

このような配線の長さが長くなることは、正相電流信号と逆相電流信号の非対称性の原因となり、通信品質の低下を招く。

【0018】

そこで、実施形態に関わるダブルバランス型ミキサ回路では、各共通端子間をキャパシタを介して接続し、正相電流信号と逆相電流信号の非対称性の低減を図っている。

次に、本実施形態に係わるダブルバランス型ミキサ回路について詳述する。

【0019】

図3は、本実施形態に係わるダブルバランス型ミキサ回路21の回路図である。

図3のダブルバランス型ミキサ回路（以下、単にミキサ回路ともいう）21は、上述したスイッチング回路9又は10の一方のみを示し、電圧－電流変換回路8とスイッチング回路9（又は10）とを有している。所定の周波数の差動入力電圧信号が電圧－電流変換回路8に入力され、差動入力電圧信号の周波数より高い周波数 f_{L01} （又は f_{L02} 。以下、周波数 f_{L01} 又は f_{L02} を周波数 f_{L0} という）の差動ローカル信号はスイッチング回路9（又は

10)に入力される。

【0020】

図3に示すように、ベースバンド信号としての、周波数fBBの差動入力電圧信号である正相入力電圧信号及び逆相入力電圧信号は、それぞれ電圧－電流変換回路8の第1及び第2入力端子Vin1及びVin2に入力される。

【0021】

一方、周波数fL0の高周波の差動ローカル信号である正相ローカル信号及び逆相ローカル信号は、それぞれスイッチング回路9又は10の第1及び第2ローカル端子L0in1及びL0in2に入力される。

【0022】

ミキサ回路21では、差動入力電圧信号と差動ローカル信号との乗算が行われる。ミキサ回路21は、その乗算の結果に対応する正相出力信号及び逆相出力信号を、それぞれ出力端子Out1及びOut2から出力する。正相出力信号及び逆相出力信号は、増幅器6に供給される。

負荷回路13及び14は、それぞれ出力端子Out1及びOut2と電源Vdd間に接続されている。負荷回路13及び14は、例えば抵抗素子、トランジスタである。

【0023】

電圧－電流変換回路8は、MOSトランジスタである2つのトランジスタM11及びM12を有する。トランジスタM11及びM12のゲート端子は、それぞれ入力端子Vin1及びVin2に接続されている。トランジスタM11及びM12の共通ソース端子は、グラウンドGNDに接続されている。

なお、この共通ソース端子は電流源を介してグラウンドGNDに接続されるようにしてもよい。

トランジスタM11及びM12のドレイン端子は、それぞれ配線パターン22及び23を介して共通端子N1及びN2に接続されている。

【0024】

入力端子Vin1及びVin2からの正相入力電圧信号及び逆相入力電圧信号は、入力段の電圧－電流変換回路8によって、差動電流信号、すなわち正相電流信号及び逆相電流信号に変換される。電圧－電流変換回路8からの正相電流信号及び逆相電流信号は、それぞれスイッチング回路9（又は10）の2つの共通端子N1及びN2に供給される。

よって、電圧－電流変換回路8は、第1入力端子Vin1及び第2入力端子Vin2にそれぞれ入力される正相入力電圧信号及び逆相入力電圧信号を正相電流信号及び逆相電流信号に変換する。

【0025】

スイッチング回路9（又は10）は、MOSトランジスタであるトランジスタM21、M22、M23及びM24による2組の差動対を含む。トランジスタM21とM22の共通ソース端子、及びトランジスタM23とM24の共通ソース端子は、それぞれ共通端子N1及びN2に接続されている。

トランジスタM21とM24の2つのゲート端子は、第1ローカル端子L0in1に接続されている。トランジスタM22とM23の2つのゲート端子は、第2ローカル端子L0in2に接続されている。

【0026】

トランジスタM21とM23の2つのドレイン端子は、負荷回路13に接続されると共に、出力端子Out1に接続されている。トランジスタM22とM24の2つのドレイン端子は、負荷回路14に接続されると共に、出力端子Out2に接続されている。

【0027】

スイッチング回路9（又は10）では、電圧－電流変換回路8からの正相電流信号及び逆相電流信号が、ローカル端子L0in1及びL0in2からの正相ローカル信号及び逆相ローカル信号に応じて、スイッチングされることにより、差動出力電流信号、すなわち正相出力電流信号及び逆相出力電流信号が生成される。

【0028】

生成された正相出力電流信号及び逆相出力電流信号は、負荷回路13及び14によって電圧信号に変換された後、あるいは電流信号のまま出力端子Out1及びOut2から、差動出力信号、すなわち正相出力信号及び逆相出力信号として出力される。

よって、スイッチング回路9及び10は、正相電流信号及び逆相電流信号をそれぞれ受ける第1共通端子N1及び第2共通端子N2と、正相ローカル信号及び逆相ローカル信号をそれぞれ受ける第1ローカル端子L0in1及び第2ローカル端子L0in2を有し、正相電流信号及び逆相電流信号を、正相ローカル信号及び逆相ローカル信号に応じてスイッチングして正相出力電流信号及び逆相出力電流信号を生成する。

なお、図3では、スイッチング回路9（又は10）は、MOSトランジスタにより実現されているが、バイポーラトランジスタその他の素子によって実現されてもよい。

【0029】

ダブルバランス型ミキサ回路21は、半導体チップ上に形成され、電圧－電流変換回路8とスイッチング回路9（又は10）の間は、配線パターン22と23により電氣的に接続されている。配線パターン22は、トランジスタM11のドレイン端子と共通端子N1間の配線である。配線パターン23は、トランジスタM12のドレイン端子と共通端子N2間の配線である。配線パターン22と23は、図3では、矩形のブロックで示している。

【0030】

すなわち、配線パターン22と23は、共通端子N1及び共通端子N2と電圧－電流変換回路8との間をそれぞれ接続する第1及び第2の配線を構成する。

配線パターン22及び23の配線長が長くなると、2本の配線パターン22と23間で配線特性の差、すなわち共通端子N1とN2についてのインピーダンスずれが生じる。

すなわち、配線パターン22と23間には、インピーダンスずれがある。インピーダンスずれがあると、結果として正相電流信号と逆相電流信号の非対称性が現れてしまう。

【0031】

共通端子N1に着目すると、ローカル信号の周波数は f_{L0} であり、トランジスタM21がローカル端子L0in1に入力される正相ローカル信号に応じてスイッチングされ、トランジスタM22もローカル端子L0in2に入力される逆相ローカル信号に応じてスイッチングされる。共通端子N1の電位は、トランジスタM21とM22のスイッチングに応じて変化する。

【0032】

同様に、共通端子N2の電位もトランジスタM23とM24のスイッチングに応じて、変化する。

図3において、ローカル端子L0in1及びL0in2に入力されたローカル信号の周波数 f_{L0} の2倍の周波数 $2f_{L0}$ で、共通端子N1の電位は、グラフg1で示すように変化する。共通端子N2の電位も、同様に、2倍の周波数 $2f_{L0}$ で、グラフg2で示すように変化する。

【0033】

ここで、配線パターン22と23の配線特性に差がなければ、共通端子N1の電位と共通端子N2の電位は、グラフg1とg2の実線で示すように同様に変化する。共通端子N1の電位と共通端子N2の電位がグラフg1とg2の実線で示すように同様に変化すれば、出力端子Out1の出力信号と出力端子Out2の出力信号を、後段の回路で減算することで、雑音などの同相成分を除去することができる。

【0034】

しかし、配線パターン22と23の配線特性に差があると、共通端子N1の電位と共通端子N2の電位に電位差が生じてしまう。図3では、共通端子N2の電位が、グラフg2の点線で示すように、共通端子N1の電位よりも高くなっている。

【0035】

共通端子N1の電位が共通端子N2の電位と異なっていると、共通端子N1とN2における、同相である2倍の周波数 $2f_{L0}$ の2つの信号が、後述する図4のグラフg3の点線で示すように、差動成分を含んでしまい、キャリアリークが発生する。例えば、5GHzのローカル信号に10GHzの差動成分のローカル信号が減算されて、5GHzの信号のキャリアリークが生じ

てしまう。

すなわち、トランジスタM21～M24の各ゲートに印加された5GHzのローカル信号とソースの10GHzの信号が各トランジスタの非線形性により乗算され、差分として5GHzの信号が発生する。この際に共通端子N1、N2間の10GHzの信号に差動成分が含まれているため、ミキサ部5の出力としてこの5GHzの信号が出力され、キャリアリークとなる。

【0036】

そこで、実施形態のミキサ回路21では、図3に示すように、キャパシタ24が、ローカル信号の周波数 f_{L0} の信号を通すフィルタ素子として、共通端子N1とN2間を接続するように設けられている。

【0037】

キャパシタ24は、ローカル信号の2倍の周波数 $2f_{L0}$ の信号に対しては、インピーダンスが極めて小さいが、ベースバンド信号である差動入力電圧信号に対しては、インピーダンスは極めて高くなる、キャパシタンス値を有する。言い換えれば、共通端子N1とN2の間に接続されたキャパシタ24は、ローカル信号の2倍の周波数 $2f_{L0}$ の信号は流して共通端子N1とN2が、ローカル信号の2倍の周波数帯域においては同電位あるいは略同電位になるようにインピーダンスは低く、かつベースバンド信号に対してはインピーダンスは高い、キャパシタンス値を有する。

【0038】

例えば、ベースバンド信号の周波数 f_{BB} が数百MHz以下で、ローカル信号の周波数 f_{L0} が数GHzであるとき、キャパシタ24のキャパシタンスは、ローカル信号の2倍の周波数の信号を通すように、低いインピーダンス値であり、かつベースバンド信号の周波数の信号を通さないように、ベースバンド信号に対しては、ローカル信号に対するインピーダンス値よりも10倍以上高いインピーダンス値である。

すなわち、キャパシタ24は、正相ローカル信号及び逆相ローカル信号の周波数帯域の信号に対して、正相入力電圧信号及び逆相入力電圧信号の周波数帯域の信号よりも、インピーダンスが低い。

ここでは、キャパシタ24の正相電流信号及び逆相電流信号に対するインピーダンスは、正相電流信号及び逆相電流信号に対する記スイッチング回路9、10の入力インピーダンスより高い。

例えば、入力信号に対するスイッチングトランジスタM21～M24の入力インピーダンスに対し、同信号に対するキャパシタ24のインピーダンスを、より十分に高くなるようにする、例えば10倍以上にされて、入力信号電流はキャパシタ24に分流せずにスイッチングトランジスタM21～M24に入力される。

さらに、上記に加えて、キャパシタ24の正相ローカル信号及び逆相ローカル信号に対するインピーダンスは、電圧－電流変換回路8の正相ローカル信号及び逆相ローカル信号に対するインピーダンスより低い。

例えば、ローカル信号（ローカル信号の2倍周波数の信号）に対する電圧・電流変換回路8の入力インピーダンスに対し、同信号に対するキャパシタ24のインピーダンスを、より十分に低くなるようにする、例えば10分の1以下にして、ローカル信号の2倍周波数の信号がキャパシタ24により低減される。

図4は、共通端子N1とN2における電位差を示すグラフである。図4において、点線のグラフg3は、キャパシタ24で共通端子N1とN2間を接続しない場合における、時間経過 t に伴う共通端子N1とN2間の電位差の変化を示す。図4において、実線のグラフg3は、キャパシタ24で共通端子N1とN2間を接続した場合における、時間経過 t に伴う共通端子N1とN2間の電位差の変化を示す。

【0039】

上述したようなキャパシタ24を共通端子N1とN2間を接続するように設けることにより、図4のグラフg3の実線で示すように、共通端子N1とN2間のローカル信号の2倍の周波数信号に関する電位差が極めて小さくなり、キャリアリークが低減される。さらに、ローカル信号よりも低い周波数のベースバンド信号の振幅劣化も小さいため、利得などの劣化も

ない。

以上のように、本実施形態によれば、キャリアリークを低減したミキサ回路を提供することができる。

【0040】

2つの配線パターンのインピーダンスずれは、半導体装置上の配線パターンの配線設計においても解消することができる場合もあるが、インピーダンスずれを小さくするには、配線パターン領域が大きくなる場合もあり、さらに、配線パターンの配線特性を合わせるための配線パターンの配線設計に時間が掛かるだけでなく、その検証にも時間が掛かる。

【0041】

しかし、本実施形態によれば、キャパシタ24を共通端子N1とN2間を接続するだけであるので、簡単に、キャリアリークを低減することができる。

なお、本実施形態のダブルバランス型ミキサ回路は、上述した周波数変換器以外にも、直交変調器などにも適用することができ、各種無線通信装置に用いることができる。

直交変調器の場合、本実施形態のダブルバランス型ミキサ回路は、2系統の直交信号を扱うD/A変換器・フィルタ・電圧－電流変換器、及び直交ローカル信号を扱う2系統のスイッチング回路、及び各直交スイッチング回路から出力された信号を合算する足し算器からなる直交変調送信器にも適用できる。

【0042】

ダブルバランス型ミキサ回路は、電圧－電流変換回路とスイッチング回路を含む。ダブルバランス型ミキサ回路によれば、低周波の差動入力電圧信号に応じた差動電流信号を、スイッチング回路において、差動ローカル信号によってスイッチングすることによって、低周波を含む高周波の差動出力信号を生成することができる。

しかし、ダブルバランス型ミキサ回路が半導体装置上に形成される場合、電圧－電流変換回路とスイッチング回路を近接して配置できず、電圧－電流変換回路とスイッチング回路間の2本の配線、すなわち正相電流信号用配線と逆相電流信号用配線の物理的な長さが長くなってしまう場合がある。

【0043】

また、異なる周波数帯域を用いた複数の、例えば2つのバンド送信を行うために、1つの電圧－電流変換回路に2つのスイッチング回路を接続し、送信周波数に応じて、使用するスイッチング回路を選択して使用する場合、各スイッチング回路と電圧－電流変換回路間の2本の配線の半導体装置上の物理的な長さが長くなってしまう場合がある。

【0044】

正相電流信号用配線と逆相電流信号用配線が長くなると、2本の配線間で配線特性の差が生じ、正相電流信号と逆相電流信号の非対称性が現れてしまうという問題がある。

正相電流信号と逆相電流信号の非対称性は、ローカル信号のリーク、いわゆるキャリアリークの発生につながり、結果として通信品質の低下を招くこととなる。

これに対して、上述した実施形態によれば、キャリアリークを低減したミキサ回路を提供することができる。

【0045】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として例示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると共に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0046】

1 無線通信装置、2 信号送信部、3 デジタル・アナログ変換回路、4 フィルタ、5 ミキサ部、6 増幅器、7 アンテナ、8 電圧－電流変換回路、9、10 スwitchング回路、11、12 配線パターン、13、14 負荷回路、21 ダブルバランス型ミキサ回路、22、23 配線パターン、24 キャパシタ。

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

第 1 入力端子及び第 2 入力端子にそれぞれ入力される正相入力電圧信号及び逆相入力電圧信号を正相電流信号及び逆相電流信号に変換する電圧－電流変換回路と、

前記正相電流信号及び前記逆相電流信号をそれぞれ受ける第 1 共通端子及び第 2 共通端子と、正相ローカル信号及び逆相ローカル信号をそれぞれ受ける第 1 ローカル端子及び第 2 ローカル端子を有し、前記正相電流信号及び前記逆相電流信号を、前記正相ローカル信号及び前記逆相ローカル信号に応じてスイッチングして正相出力電流信号及び逆相出力電流信号を生成するスイッチング回路と、

前記第 1 共通端子及び前記第 2 共通端子と前記電圧－電流変換回路との間をそれぞれ接続する第 1 及び第 2 の配線と、

前記第 1 共通端子と前記第 2 共通端子との間に接続されたキャパシタと、
を有するミキサ回路。

【請求項 2】

前記キャパシタは、前記正相ローカル信号及び前記逆相ローカル信号の周波数帯域の信号に対して、前記正相入力電圧信号及び前記逆相入力電圧信号の周波数帯域の信号よりも、インピーダンスが低い請求項 1 に記載のミキサ回路。

【請求項 3】

前記キャパシタの前記正相電流信号及び前記逆相電流信号に対するインピーダンスは、前記正相電流信号及び前記逆相電流信号に対する前記スイッチング回路の入力インピーダンスより高い請求項 2 に記載のミキサ回路。

【請求項 4】

前記キャパシタの前記正相ローカル信号及び前記逆相ローカル信号に対するインピーダンスは、前記電圧－電流変換回路の前記正相ローカル信号及び前記逆相ローカル信号に対するインピーダンスより低い請求項 3 に記載のミキサ回路。

【請求項 5】

前記スイッチング回路は、複数設けられ、

前記キャパシタは、各スイッチング回路の前記第 1 共通端子と前記第 2 共通端子との間に接続されている請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載のミキサ回路。

【請求項 6】

前記電圧－電流変換回路と、前記スイッチング回路と、前記第 1 及び前記第 2 の配線と、前記キャパシタは、半導体装置上に形成されている請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載のミキサ回路。

【請求項 7】

前記第 1 及び前記第 2 の配線間には、インピーダンスずれがある請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載のミキサ回路。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 つに記載のミキサ回路を用いた周波数変換器又は直交変調器の少なくとも 1 つを含む無線通信装置。

【書類名】要約書

【要約】

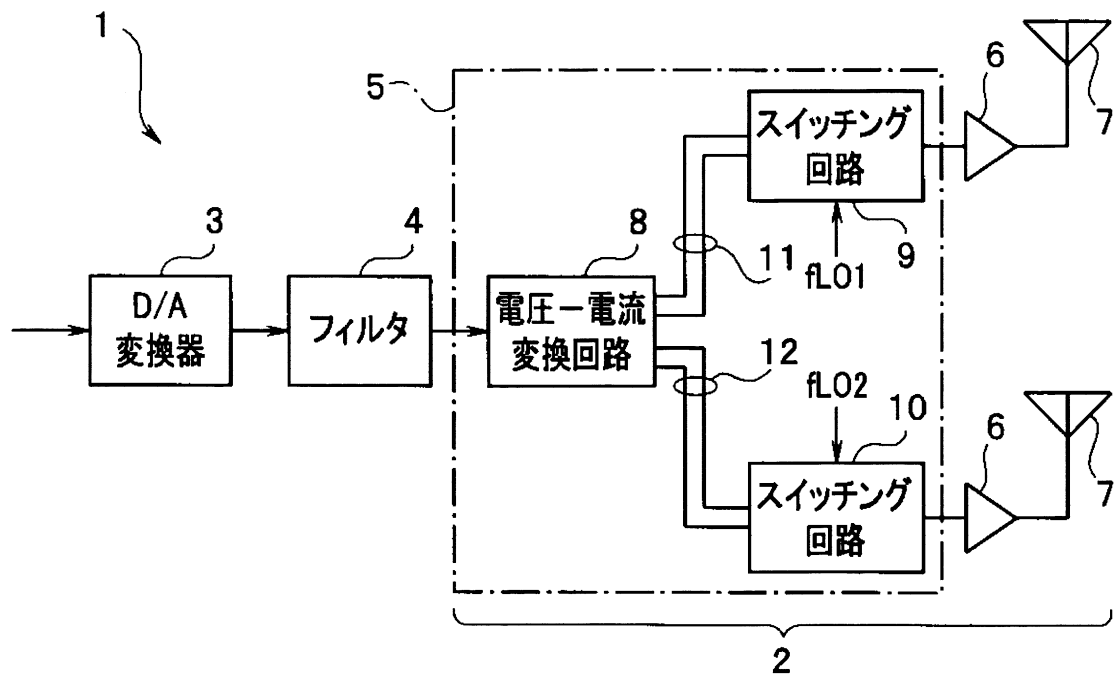
【課題】キャリアリークを低減したミキサ回路を提供する。

【解決手段】実施形態のミキサ回路21は、電圧－電流変換回路8と、スイッチング回路9、10と、第1及び第2の配線22、23と、キャパシタ24とを有する。スイッチング回路9、10は、電圧－電流変換回路8からの正相電流信号及び逆相電流信号をそれぞれ受ける第1共通端子N1及び第2共通端子N2と、正相ローカル信号及び逆相ローカル信号をそれぞれ受ける第1ローカル端子L0in1及び第2ローカル端子L0in2を有し、正相電流信号及び逆相電流信号を、正相ローカル信号及び逆相ローカル信号に応じてスイッチングして正相出力電流信号及び逆相出力電流信号を生成する。第1及び第2の配線22、23は、第1共通端子N1及び第2共通端子N2と前記電圧－電流変換回路8との間をそれぞれ接続する。キャパシタ24は、第1共通端子N1と第2共通端子N2との間に接続されている。

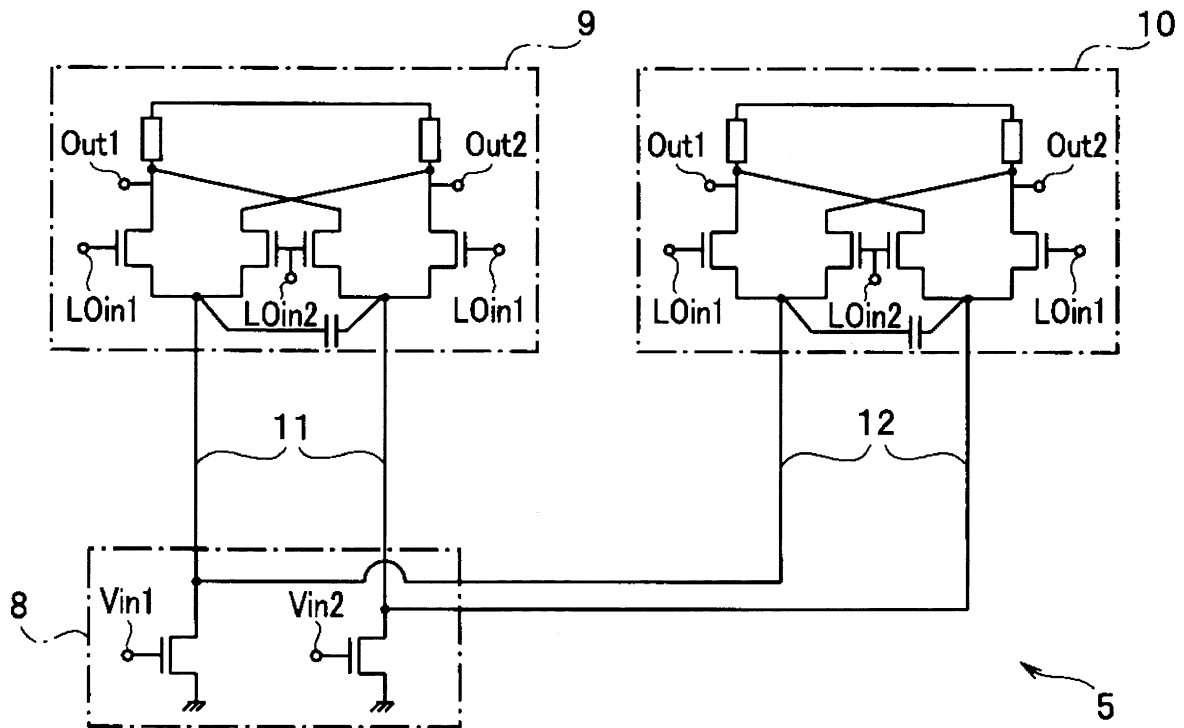
【選択図】図3

【書類名】 図面

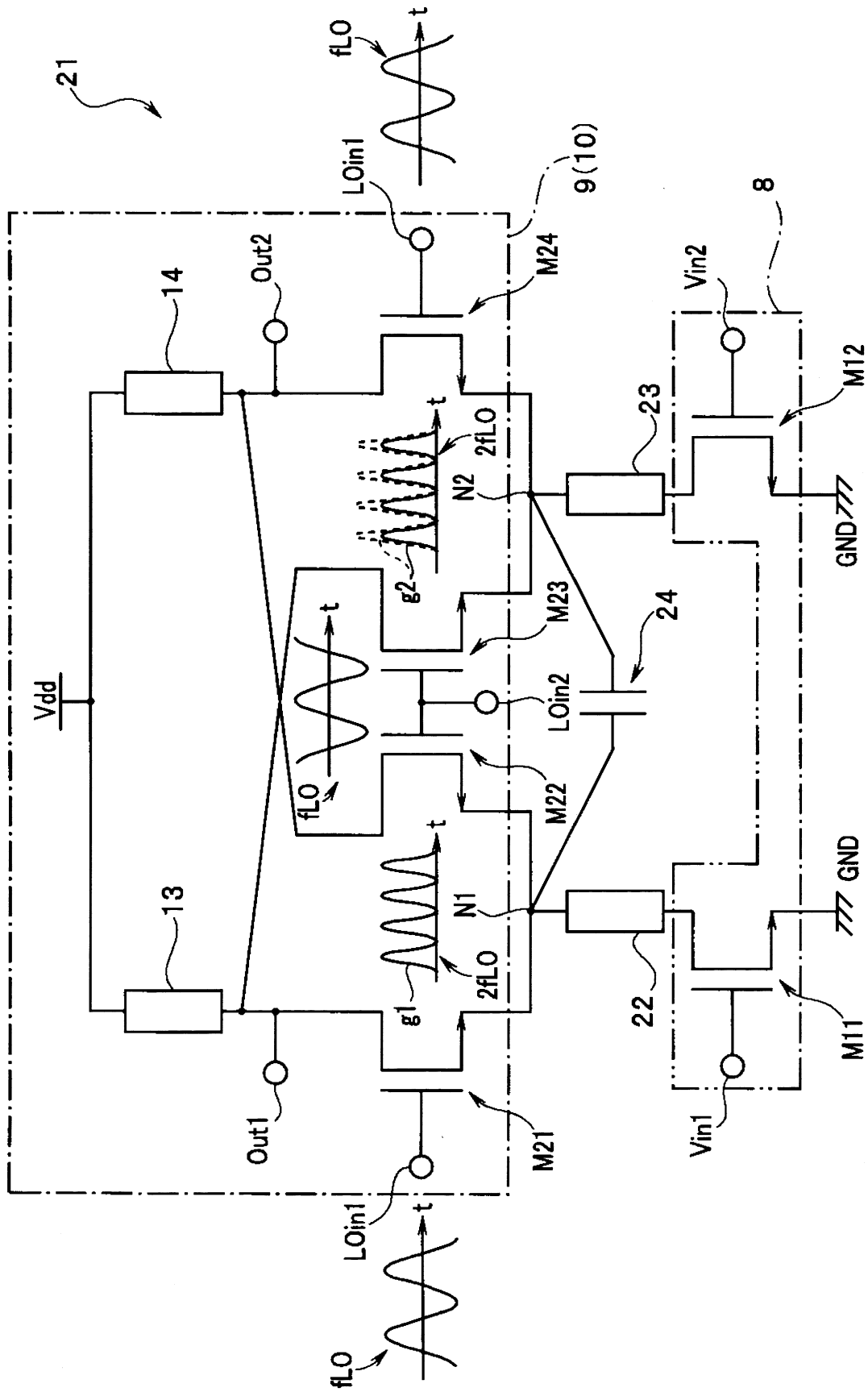
【図 1】



【図 2】



【図3】



【図 4】

