

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3544351号

(P3544351)

(45) 発行日 平成16年7月21日(2004.7.21)

(24) 登録日 平成16年4月16日(2004.4.16)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H03F 1/02
 H03F 1/32
 H03F 3/24
 H03F 3/68
 H03F 3/72

H03F 1/02
 H03F 1/32
 H03F 3/24
 H03F 3/68
 H03F 3/72

Z

請求項の数 13 (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-354363 (P2000-354363)
 (22) 出願日 平成12年11月21日(2000.11.21)
 (65) 公開番号 特開2001-217653 (P2001-217653A)
 (43) 公開日 平成13年8月10日(2001.8.10)
 審査請求日 平成12年12月1日(2000.12.1)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-335651
 (32) 優先日 平成11年11月26日(1999.11.26)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100076174
 弁理士 宮井 暎夫
 (72) 発明者 中山 雅央
 大阪府高槻市幸町1番1号
 松下電子工業株式会社内
 (72) 発明者 稲森 正彦
 大阪府高槻市幸町1番1号
 松下電子工業株式会社内
 (72) 発明者 本吉 要
 大阪府高槻市幸町1番1号
 松下電子工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波増幅回路およびそれを用いた移動体通信端末

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

信号入力端子および信号出力端子と、
 前記信号入力端子に接続された入力端子から信号入力して出力端子から増幅信号を出力する第1の増幅器と、

前記第1の増幅器の出力端子に共通端子が接続された第1の切替スイッチと、

前記第1の切替スイッチの一方の切替端子に入力端子が接続され該入力端子から信号入力し出力端子から動作電流を増幅信号として出力する第2の増幅器と、

前記信号出力端子に共通端子が接続され前記第2の増幅器の出力端子に一方の切替端子が接続され前記第1の切替スイッチの他方の切替端子にのみ他方の切替端子が接続された第2の切替スイッチとを備え、

第1のモードでは、前記第1の切替スイッチおよび前記第2の切替スイッチの各々は一方の切替端子側への切替動作を行い、前記第2の増幅器に所定の電源電圧を印加することにより前記第2の増幅器から増幅信号を出力し、

第2のモードでは、前記第1の切替スイッチおよび前記第2の切替スイッチの各々は他方の切替端子側への切替動作を行い、前記第2の増幅器には電源電圧の供給を停止あるいは遮断することにより動作電流を流さないようにしたことを特徴とする高周波増幅回路。

【請求項2】

制御電圧に応答して、一方の切替端子側あるいは他方の切替端子側へ切り替わるように第1および第2の切替スイッチを構成し、前記制御電圧を第2の増幅器へ電源電圧として供

10

20

給するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の高周波増幅回路。

【請求項 3】

第 1 および第 2 の切替スイッチは各々、共通端子にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、一方の切替端子にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第 1 の電界効果トランジスタと、前記共通端子にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、他方の切替端子にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第 2 の電界効果トランジスタとを有し、前記第 1 の電界効果トランジスタはゲート端子に制御電圧が加えられるとともに、ソース端子に基準電圧が加えられ、前記第 2 の電界効果トランジスタはゲート端子に前記基準電圧が加えられるとともに、ソース端子に前記制御電圧が加えられることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の高周波増幅回路。

10

【請求項 4】

基準電圧は第 1 の増幅器の電源電圧を入力とする内部基準電圧作成回路で作成するようにしたことを特徴とする請求項 3 記載の高周波増幅回路。

【請求項 5】

第 1 の電界効果トランジスタのソース端子に加える基準電圧を、第 2 の電界効果トランジスタのゲート端子に加える基準電圧より前記第 1 および第 2 の電界効果トランジスタのしきい値電圧に相当する値だけ高く設定したことを特徴とする請求項 3 記載の高周波増幅回路。

【請求項 6】

信号入力端子および信号出力端子と、
前記信号入力端子に接続された入力端子から信号入力して出力端子から増幅信号を出力する第 1 の増幅器と、
前記第 1 の増幅器の出力端子に一方の端子が接続された第 1 のスイッチと、
前記第 1 のスイッチの他方の端子に入力端子が接続され該入力端子から信号入力し出力端子から動作電流を増幅信号として出力する第 2 の増幅器と、
前記第 2 の増幅器の出力端子に一方の端子が接続され前記信号出力端子に他方の端子が接続された第 2 のスイッチと、
前記第 1 の増幅器の出力端子に一方の端子が接続され前記信号出力端子に他方の端子が接続された第 3 のスイッチとを備え、
第 1 のモードでは、前記第 1 のスイッチおよび前記第 2 のスイッチの各々は導通させるとともに前記第 3 のスイッチは開放させ、前記第 2 の増幅器に所定の電源電圧を印加することにより前記第 2 の増幅器から増幅信号を出力し、
第 2 のモードでは、前記第 1 のスイッチおよび前記第 2 のスイッチの各々は開放させるとともに第 3 のスイッチを導通させ、前記第 2 の増幅器には電源電圧の供給を停止あるいは遮断することにより動作電流を流さないようにしたことを特徴とする高周波増幅回路。

20

30

【請求項 7】

制御電圧に応答して、第 1 および第 2 のスイッチが導通したときには第 3 のスイッチが開放し、前記第 1 および第 2 のスイッチが開放したときには前記第 3 のスイッチが導通し、前記制御電圧を第 2 の増幅器へ電源電圧として供給するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の高周波増幅回路。

40

【請求項 8】

第 1 および第 2 のスイッチは各々、一端にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、他端にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第 1 の電界効果トランジスタを有し、第 3 のスイッチは、一端にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、他端にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第 2 の電界効果トランジスタを有し、前記第 1 の電界効果トランジスタはゲート端子に制御電圧が加えられるとともに、ソース端子に基準電圧が加えられ、前記第 2 の電界効果トランジスタはゲート端子に前記基準電圧が加えられるとともに、ソース端子に前記制御電圧が加えられることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の高周波増幅回路。

【請求項 9】

50

基準電圧は第 1 の増幅器の電源電圧を入力とする内部基準電圧作成回路で作成するようにしたことを特徴とする請求項 8 記載の高周波増幅回路。

【請求項 10】

第 1 の電界効果トランジスタのソース端子に加える基準電圧を、第 2 の電界効果トランジスタのゲート端子に加える基準電圧より、前記第 1 および第 2 の電界効果トランジスタのしきい値電圧に相当する値だけ高く設定したことを特徴とする請求項 8 記載の高周波増幅回路。

【請求項 11】

第 3 のスイッチは、第 1 の増幅器の出力端子と信号出力端子との間に複数個が直列接続された状態で設けられている請求項 6 または 7 記載の高周波増幅回路。

10

【請求項 12】

送信部に該送信部から出力される出力電力を制御するための利得制御機能を備えた高周波増幅回路を有する移動体通信端末であって、

前記高周波増幅回路が、信号入力端子および信号出力端子と、

前記信号入力端子に接続された入力端子から信号入力して出力端子から増幅信号を出力する第 1 の増幅器と、

前記第 1 の増幅器の出力端子に共通端子が接続された第 1 の切替スイッチと、

前記第 1 の切替スイッチの一方の切替端子に入力端子が接続され該入力端子から信号入力し出力端子から動作電流を増幅信号として出力する第 2 の増幅器と、

前記信号出力端子に共通端子が接続され前記第 2 の増幅器の出力端子に一方の切替端子が接続され前記第 1 の切替スイッチの他方の切替端子にのみ他方の切替端子が接続された第 2 の切替スイッチとを備え、

20

第 1 のモードでは、前記第 1 の切替スイッチおよび前記第 2 の切替スイッチの各々は一方の切替端子側への切替動作を行い、前記第 2 の増幅器に所定の電源電圧を印加することにより前記第 2 の増幅器から増幅信号を出力し、

第 2 のモードでは、前記第 1 の切替スイッチおよび前記第 2 の切替スイッチの各々は他方の切替端子側への切替動作を行い、前記第 2 の増幅器には電源電圧の供給を停止あるいは遮断することにより動作電流を流さないようにしたことを特徴とする移動体通信端末。

【請求項 13】

送信部に該送信部から出力される出力電力を制御するための利得制御機能を備えた高周波増幅回路を有する移動体通信端末であって、

30

前記高周波増幅回路が、信号入力端子および信号出力端子と、

前記信号入力端子に接続された入力端子から信号入力して出力端子から増幅信号を出力する第 1 の増幅器と、

前記第 1 の増幅器の出力端子に一方の端子が接続された第 1 のスイッチと、

前記第 1 のスイッチの他方の端子に入力端子が接続され該入力端子から信号入力し出力端子から動作電流を増幅信号として出力する第 2 の増幅器と、

前記第 2 の増幅器の出力端子に一方の端子が接続され前記信号出力端子に他方の端子が接続された第 2 のスイッチと、

前記第 1 の増幅器の出力端子に一方の端子が接続され前記信号出力端子に他方の端子が接続された第 3 のスイッチとを備え、

40

第 1 のモードでは、前記第 1 のスイッチおよび前記第 2 のスイッチの各々は導通させるとともに前記第 3 のスイッチは開放させ、前記第 2 の増幅器に所定の電源電圧を印加することにより前記第 2 の増幅器から増幅信号を出力し、

第 2 のモードでは、前記第 1 のスイッチおよび前記第 2 のスイッチの各々は開放させるとともに第 3 のスイッチを導通させ、前記第 2 の増幅器には電源電圧の供給を停止あるいは遮断することにより動作電流を流さないようにしたことを特徴とする移動体通信端末。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

50

本発明は、携帯電話端末等の移動体通信端末の送信部の高周波回路部に設けられて高周波信号を増幅する高周波増幅回路および、それを用いた移動体通信端末に関するものである。特に、制御電圧により、利得制御を行い、また利得制御に連動して動作電流を制御する高周波増幅回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

最近、移動体通信分野では、通信方式としてCDMA (Code Division Multiple Access) 方式が世界標準となりつつある。このような通信方式では、通話品質を確保するために、通話時の符号誤り率の増加を防ぐ必要があり、携帯電話端末と基地局の距離に対応した高精度な出力調整が必要不可欠である。

10

【0003】

ここで、CDMA方式に対応した携帯電話端末に使用される利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路にも、リニアリティに優れた利得制御が強く要望されている。また、CDMA方式では携帯電話端末から基地局間でデータのやり取りを常時行う必要があるため、携帯電話端末の通話時間を延長するためには、高周波回路ブロックの電流の削減が重要視されている。

【0004】

以下、無線部の中の特に送信部において利得制御を行う、CDMA方式に対応した従来の代表的な携帯電話端末について説明する。

【0005】

20

図6は従来の代表的な携帯電話端末の無線部の構成を示すブロック図である。図6において、携帯電話端末の無線部は、送信部200、受信部300、シンセサイザ部400、共用器部500からなる。

【0006】

送信部200は、中間周波数(例えば600MHz)の変調信号入力(中間周波数変調信号)を送信周波数(W-CDMA方式の場合には、約1.9GHz)に変換するアップコンバータ201、アップコンバータ201の出力信号(1mW以下)を最大10mW程度まで増幅する可変利得の高周波増幅回路202、高周波増幅回路202の出力信号(10mW以下)を最大1W程度まで増幅する固定利得の高出力高周波増幅回路203、高出力高周波増幅回路203の出力を電波として送信するための共用器部500へ供給するアイソレータ204で構成されている。

30

【0007】

受信部300は、共用器部500で受信された受信信号を高周波増幅し、この受信信号とシンセサイザ部400から供給される局部発振信号とを混合するフロントエンドIC301、フロントエンドIC301の出力信号から中間周波数信号を抽出するバンドパスフィルタ302で構成されている。

【0008】

シンセサイザ部400は、温度制御水晶発振器(TCXO)401、フェーズロックドロープ(PLL)回路402、電圧制御発振器(VCO)403で構成されている。

【0009】

40

共用器部500はアンテナ501、デュプレクサ502で構成されている。

【0010】

図7は、図6に示したCDMA方式の携帯電話端末の無線部における送信部200と共用器部500に該当する部分のブロック図を示す。アイソレータについては図示を省略している。

【0011】

図7において、信号入力端子101には音声等が変調された中間周波数変調信号が入力される。アップコンバータ103は、信号入力端子101からの中間周波数変調信号と、発振器102からの局部発振信号とが入力され、中間周波数を送信周波数に変換する。具体的には、アップコンバータ103では、中間周波数の信号(中間周波数変調信号)を利得

50

制御増幅器 111 で増幅し、利得制御増幅器 111 の出力信号と発振器 102 からの局部発振信号とをミキサ 112 で混合することにより、中間周波数を送信周波数に変換する。

【0012】

ここで、ミキサ 112 に入力される、中間周波数変調信号の周波数を f_{if} 、発振器 102 の局部発振周波数を f_{lo} 、送信信号の周波数を f_c とすると、送信信号の周波数は、

$$f_c = f_{lo} \pm f_{if}$$

の関係になり、ミキサ 112 より周波数 f_c として出力される。なお、中間周波数および送信信号周波数は前述したものが例としてあげられる。

【0013】

高周波増幅回路 104 は、利得制御機能を内蔵し、送信周波数の信号を最大 10 mW 程度まで増幅する。高出力高周波増幅回路 105 は、高周波増幅回路 104 の出力信号（送信周波数の信号）をさらに最大 1 W 程度まで増幅する増幅回路である。

【0014】

デュプレクサ 106 は、高出力高周波増幅回路 105 から出力される送信信号をアンテナ 107 へ送り、アンテナ 107 で受信した受信信号を信号出力端子 108 へ送る機能を有する。具体的には、デュプレクサ 106 は、信号を端子 106a 端子 106b の方向は通過させ、端子 106b 端子 106a の方向は阻止し、端子 106b 端子 106c の方向は通過させ、端子 106c 端子 106b の方向は阻止し、端子 106a 端子 106c の方向は阻止し、端子 106c 端子 106a の方向は阻止する機能を持つ。

【0015】

ここで、CDMA 方式の携帯電話端末の動作について説明する。信号入力端子 101 より入力された中間周波数変調信号は、アップコンバータ 103 に内蔵された利得制御増幅器 111 により増幅され、発振器 102 とアップコンバータ 103 に内蔵されたミキサ 112 により、所定の送信周波数の送信信号へ周波数変換される。その送信信号は高周波増幅回路 104 により 10 mW 程度まで増幅され、高出力高周波増幅回路 105 によりさらに最大 1 W 程度まで増幅される。

【0016】

そして、端子 106a よりデュプレクサ 106 に入った送信信号は、端子 106b より出て、アンテナ 107 へ送られ、アンテナ 107 より送信電波として出力される。また、アンテナ 107 で受信された受信信号は、端子 106b よりデュプレクサ 106 に入り、端子 106c から出て、信号出力端子 108 へ送られる。

【0017】

以上のような図 7 の構成にて、利得制御は、アップコンバータ 103 に内蔵された利得制御増幅器 111 と、高周波増幅回路 104 の利得制御機能を用いて実現してきた。具体的には、アップコンバータ 103 内の利得制御増幅器 111 でリニアリティの高い利得制御を行い、高周波増幅回路 104 で 2 ステップ程度の段階的な利得制御を行う。

【0018】

つぎに、図 7 に示された利得制御機能を有する高周波増幅回路 104 の具体的な構成を図 8 を参照しながら説明する。この高周波増幅回路 104 は、図 8 に示すように、信号入力端子 121 から入力された高周波信号がインピーダンス変換を行うインピーダンス整合回路 122 を介して増幅器 123 に加えられ、この増幅器 123 で増幅される。増幅器 123 の出力信号は、インピーダンス整合回路 124 を介してアッテネータ 125 に加えられ、アッテネータ 125 で制御端子 125a に加えられる制御電圧に応じた減衰量で減衰する。アッテネータ 125 の出力信号は、インピーダンス整合回路 126 を介して増幅器 127 に加えられ、この増幅器 127 で増幅される。増幅器 127 の出力信号は、インピーダンス整合回路 128 を介して信号出力端子 129 へ送られる。

【0019】

上記したように、図 8 の利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路 104 では、制御電圧によってアッテネータ 125 の減衰量を例えば 2 ステップに調整することにより、利得制御

10

20

30

40

50

を行っている。

【0020】

図9(a)は、上述した図8の高周波増幅回路104における制御電圧と出力電力の関係を示し、図9(b)は同高周波増幅回路104における制御電圧と高周波増幅回路104に電圧 V_{dd} の電源から供給される動作電流の関係を示したグラフである。ただし、高周波増幅回路104に入力される電力は一定にしている。

【0021】

高周波増幅回路104の制御電圧の範囲を図中のようにa, b, cのように定義すると、図9(a)に示される高周波増幅回路104の制御電圧と高周波増幅回路104の出力電力との関係においては、制御電圧がa, cの範囲では、出力電力は制御電圧の変化に対して一定である。また、制御電圧がbの範囲では、入力される制御電圧の変化に対応して出力電力が変化している。

10

【0022】

ところが、図9(b)に示される高周波増幅回路104の制御電圧と高周波増幅回路104の動作電流の関係においては、制御電圧がa, b, cのいずれの範囲の場合も高周波増幅回路104の動作電流は変化していない。

【0023】

結局、この高周波増幅回路104では、制御電圧により出力電力を大小に制御しても、その動作電流はほとんど変化していない。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】

一般的に増幅回路では、大きな出力電力を得ようとするれば、増幅回路の動作電流は大きくなる。図9において、制御電圧がa, cの範囲で、出力電力と動作電流の関係を考えると、制御電圧がaの範囲では、制御電圧がcの範囲の出力電力より高周波増幅回路104の出力電力は小さい。そのため、制御電圧がaの範囲では、動作電圧がcの範囲より動作電流を削減できると考えられる。

20

【0025】

しかしながら、上述した従来の高周波増幅回路104では、制御電圧がaの範囲の動作電流を、動作電圧がcの範囲の動作電流より少なくはしていない。その理由は以下に述べる通りである。

30

【0026】

増幅器127は、例えば電界効果トランジスタ(以下、FETと略す)で構成する。この場合、FETのゲート電極に印加するゲート電圧(以下、バイアスと記す)を変化させて、ソース・ドレイン間の電流(以下、動作電流と記す)を制御する。

【0027】

高周波増幅回路104において、アッテネータ125の減衰量を大きくして出力電力を小さくしたときに、アッテネータ125の後段にある増幅器127のバイアスを変化させれば、出力電力を小さくしたときに増幅器127の動作電流を少なくでき、高周波増幅回路104の動作電流を少なくできる。

【0028】

ところが、増幅器127のバイアスを変化させて増幅器127の動作電流を少なくすると、増幅器127の歪が増大することになる。増幅器127の歪を増大させることなくバイアスを変化させるには、バイアス回路の構成が複雑となり、高周波増幅回路104の回路規模が大幅に増大し、集積回路化する場合に実装面積が大きくなるという問題が生じる。実装面積の増大は携帯電話端末の小型軽量化の流れに反し、好ましくない。そのため、低出力時にも動作電流を減少させない回路構成が採用されていた。

40

【0029】

しかしながら、CDMA方式の携帯電話端末の場合、現在のデジタル携帯電話で主として用いられるTDMA(Time Division Multiple Access)方式の携帯電話端末とは異なり、通話中連続的に基地局との間で通信を行う必要があるた

50

め、消費電力が大きくなる傾向にある。そのため、限られた容量のバッテリーで、より長時間の使用を可能とするためには、実使用時の大部分を占める低出力時に動作電流を減少させることが好ましい。しかも、それを小型軽量化の流れに反することなく実現することが要求される。

【0030】

したがって、本発明の目的は、低出力時の歪を増大を回避するための回路規模の増大を生じることなく、低出力時の動作電流を減少させることができる高周波増幅回路およびそれを用いた移動体通信端末を提供することである。

【0031】

【課題を解決するための手段】

本発明による第1の高周波増幅回路は、信号入力端子および信号出力端子と、信号入力端子に接続された入力端子から信号入力して出力端子から増幅信号を出力する第1の増幅器と、第1の増幅器の出力端子に共通端子が接続された第1の切替スイッチと、第1の切替スイッチの一方の切替端子に入力端子が接続され該入力端子から信号入力し出力端子から動作電流を増幅信号として出力する第2の増幅器と、信号出力端子に共通端子が接続され第2の増幅器の出力端子に一方の切替端子が接続され第1の切替スイッチの他方の切替端子にのみ他方の切替端子が接続された第2の切替スイッチとを備えている。

【0032】

そして、第1のモードでは、第1の切替スイッチおよび第2の切替スイッチの各々は一方の切替端子側への切替動作を行い、第2の増幅器に所定の電源電圧を印加することにより第2の増幅器から増幅信号を出力し、第2のモードでは、第1の切替スイッチおよび第2の切替スイッチの各々は他方の切替端子側への切替動作を行い、第2の増幅器には電源電圧の供給を停止あるいは遮断することにより動作電流を流さないようにしている。

【0033】

この構成によれば、第1および第2の切替スイッチを一方の切替端子側へ切り替えたときには、信号入力端子に入力された高周波信号は第1の増幅器で増幅された後さらに第2の増幅器で増幅され、その後信号出力端子より高出力の高周波信号として出力される。

【0034】

一方、第1および第2の切替スイッチを他方の切替端子側へ切り替えたときには、信号入力端子に入力された高周波信号は第1の増幅器で増幅された後第2の増幅器は通らずにバイパスされ、信号出力端子より低出力の高周波信号として出力される。このとき、第2の増幅器への電源電圧は供給が停止あるいは遮断されているので、第2の増幅器には動作電流は流れない。その結果、低出力時の動作電流を減少させることができる。また、第2の増幅器をバイパスすることで低出力動作をさせるので、第2の増幅器の歪の問題を考慮してバイパス回路を複雑化する場合のような回路規模の大幅な増大は生じない。

【0035】

また、電源供給が停止あるいは遮断されて出力インピーダンスが動作時とは異なる値に変化した第2の増幅器は、第1および第2の切替スイッチによって信号入力端子から信号出力端子へ到る信号経路からは完全に切り離されるので、信号出力端子の部分で第2の増幅器が原因となるインピーダンス不整合が生じることはなく、したがってインピーダンス不整合による異常発振等の不安定な動作は起こらず、安定な増幅動作を実現することができる。

【0036】

上記構成において、制御電圧に応答して、一方の切替端子側あるいは他方の切替端子側へ切り替わるように第1および第2の切替スイッチを構成し、制御電圧を第2の増幅器へ電源電圧として供給するようにしてもよい。

【0037】

この構成によれば、制御電圧の入力端子と第2の増幅器の電源電圧の入力端子とを共用できるので、端子数を削減することが可能となる。

【0038】

10

20

30

40

50

また、第1および第2の切替スイッチは各々、例えば共通端子にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、一方の切替端子にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第1の電界効果トランジスタと、共通端子にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、他方の切替端子にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第2の電界効果トランジスタとを有し、第1の電界効果トランジスタはゲート端子に制御電圧が加えられるとともに、ソース端子に基準電圧が加えられ、第2の電界効果トランジスタはゲート端子に基準電圧が加えられるとともに、ソース端子に制御電圧が加えられるようになっている。

【0039】

この構成によれば、第1および第2の電界効果トランジスタのオンオフを切り替えるための制御電圧と基準電圧とを、第1および第2の電界効果トランジスタで共通にすることができ、端子数を削減することができる。

【0040】

また、基準電圧は第1の増幅器の電源電圧を入力とする内部基準電圧作成回路で作成するようにしてもよい。

【0041】

この構成によれば、基準電圧の入力端子を別に設ける必要がないので、端子数を削減することが可能となる。

【0042】

また、第1の電界効果トランジスタのソース端子に加える基準電圧を、第1および第2の電界効果トランジスタのしきい値電圧に相当する値だけ第2の電界効果トランジスタのゲート端子に加える基準電圧より高く設定することも可能である。

【0043】

この構成によれば、第1および第2の電界効果トランジスタがオンオフの中間の状態となる電圧範囲を重ねることができるので、第1および第2の電界効果トランジスタをオンオフさせるための制御電圧の設定範囲を広くすることができる。

【0044】

本発明による第2の高周波増幅回路は、信号入力端子および信号出力端子と、信号入力端子に接続された入力端子から信号入力して出力端子から増幅信号を出力する第1の増幅器と、第1の増幅器の出力端子に一方の端子が接続された第1のスイッチと、第1のスイッチの他方の端子に入力端子が接続され該入力端子から信号入力し出力端子から動作電流を増幅信号としてを出力する第2の増幅器と、第2の増幅器の出力端子に一方の端子が接続され信号出力端子に他方の端子が接続された第2のスイッチと、第1の増幅器の出力端子に一方の端子が接続され信号出力端子に他方の端子が接続された第3のスイッチとを備えている。

【0045】

そして、第1のモードでは、第1のスイッチおよび第2のスイッチの各々は導通させるとともに第3のスイッチは開放させ、第2の増幅器に所定の電源電圧を印加することにより第2の増幅器から増幅信号を出力し、第2のモードでは、第1のスイッチおよび第2のスイッチの各々は開放させるとともに第3のスイッチを導通させ、第2の増幅器には電源電圧の供給を停止あるいは遮断することにより動作電流を流さないようにしている。

【0046】

この構成によれば、第1および第2のスイッチを導通させ、第3のスイッチを開放したときには、信号入力端子に入力された高周波信号は第1の増幅器で増幅された後さらに第2の増幅器で増幅され、その後信号出力端子より高出力の高周波信号として出力される。

【0047】

一方、第1および第2のスイッチを開放し、第3のスイッチを導通させたときには、信号入力端子に入力された高周波信号は第1の増幅器で増幅された後第2の増幅器は通らずにバイパスされ、信号出力端子より低出力の高周波信号として出力される。このとき、第2の増幅器への電源電圧は供給が停止あるいは遮断されているので、第2の増幅器には動作

10

20

30

40

50

電流は流れない。その結果、低出力時の動作電流を減少させることができる。また、第2の増幅器をバイパスすることで低出力動作をさせるので、第2の増幅器の歪の問題を考慮してバイパス回路を複雑化する場合のような回路規模の大幅な増大は生じない。

【0048】

また、電源供給が停止あるいは遮断されて出力インピーダンスが動作時とは異なる値に変化した第2の増幅器は、第1および第2のスイッチによって信号入力端子から信号出力端子へ到る信号経路からは完全に切り離されるので、信号出力端子の部分で第2の増幅器が原因となるインピーダンス不整合が生じることはなく、したがってインピーダンス不整合による異常発振等の不安定な動作は起こらず、安定な増幅動作を実現することができる。

【0049】

上記構成において、制御電圧に応答して、第1および第2のスイッチが導通したときには第3のスイッチが開放し、第1および第2のスイッチが開放したときには第3のスイッチが導通し、制御電圧を第2の増幅器へ電源電圧として供給するようにしてもよい。

【0050】

この構成によれば、制御電圧の入力端子と第2の増幅器の電源電圧の入力端子とを共用できるので、端子数を削減することが可能となる。

【0051】

また、第1および第2のスイッチは各々、例えば一端にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、他端にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第1の電界効果トランジスタを有し、第3のスイッチは、一端にドレイン端子あるいはソース端子の一方が接続され、他端にドレイン端子あるいはソース端子の他方が接続された第2の電界効果トランジスタを有し、第1の電界効果トランジスタはゲート端子に制御電圧が加えられるとともに、ソース端子に基準電圧が加えられ、第2の電界効果トランジスタはゲート端子に基準電圧が加えられるとともに、ソース端子に制御電圧が加えられるようになっている。

【0052】

この構成によれば、第1および第2の電界効果トランジスタのオンオフを切り替えるための制御電圧と基準電圧とを、第1および第2の電界効果トランジスタで共通にすることができ、端子数を削減することができる。

【0053】

また、基準電圧は第1の増幅器の電源電圧を入力とする内部基準電圧作成回路で作成するようにしてもよい。

【0054】

この構成によれば、基準電圧の入力端子を別に設ける必要がないので、端子数を削減することが可能となる。

【0055】

また、第1の電界効果トランジスタのソース端子に加える基準電圧を、第2の電界効果トランジスタのゲート端子に加える基準電圧より、第1および第2の電界効果トランジスタのしきい値電圧に相当する値だけ高く設定することも可能である。

【0056】

この構成によれば、第1および第2の電界効果トランジスタがオンオフの中間の状態となる電圧範囲を重ならせることができるので、第1および第2の電界効果トランジスタをオンオフさせるための制御電圧の設定範囲を広くすることができる。

【0057】

上記第3のスイッチは、第1の増幅器の出力端子と信号出力端子との間に複数個が直列接続された状態で設けられていてもよい。

【0058】

この構成によれば、第3のスイッチの両端子間のアイソレーションを、第3のスイッチが1個の場合に比べて向上させることができる。その結果、第1の増幅器の出力端子と信号出力端子との間、すなわち第1のスイッチの一方の端子と信号出力端子との間のアイソレ

10

20

30

40

50

ーションを向上させることができ、第2の増幅器の異常発振等の不安定動作を回避することができる。

【0059】

本発明による第1の移動体通信端末は、送信部に該送信部から出力される出力電力を制御するための利得制御機能を備えた高周波増幅回路を有する移動体通信端末であり、高周波増幅回路が本発明の第1の高周波増幅回路と同じ構成になっている。

【0060】

この構成によれば、本発明の第1の高周波増幅回路と同様の作用を有する。

本発明による第2の移動体通信端末は、送信部に該送信部から出力される出力電力を制御するための利得制御機能を備えた高周波増幅回路を有する移動体通信端末であり、高周波増幅回路が本発明の第2の高周波増幅回路と同じ構成となっている。

10

【0061】

この構成によれば、本発明の第2の高周波増幅回路と同様の作用を有する。

【0062】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の高周波増幅回路およびそれを用いた携帯電話端末について図面を参照しながら説明する。

【0063】

〔第1の実施の形態〕

図1は、本発明の第1の実施の形態における高周波増幅回路の構成を示すブロック図である。図1の高周波増幅回路は、図7に示した従来の携帯電話端末の送信部のブロック図において、該送信部から出力される出力電力を制御するための利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路104に対応している。すなわち、本発明の実施の形態の携帯電話端末では、図7に示した従来の携帯電話端末の送信部において、高周波増幅回路104に代えて図1の高周波増幅回路を用いている。

20

【0064】

以下、図1の高周波増幅回路について詳しく説明する。図1において、信号入力端子1には、インピーダンス変換を行うインピーダンス整合回路2の入力端子が接続されている。インピーダンス整合回路2の出力端子には、第1の増幅器3の入力端子が接続されている。第1の増幅器3の出力端子には、インピーダンス整合回路4の入力端子が接続されている。

30

【0065】

インピーダンス整合回路4の出力端子には、第1の切替スイッチ5の共通端子5aが接続されている。第1の切替スイッチ5の一方の切替端子5bにはインピーダンス整合回路6の入力端子が接続されている。インピーダンス整合回路6の出力端子には、第2の増幅器7の入力端子が接続されている。第2の増幅器7の出力端子には、インピーダンス整合回路8の入力端子が接続されている。

【0066】

インピーダンス整合回路8の出力端子には、第2の切替スイッチ9の一方の切替端子9bが接続されている。第2の切替スイッチ9の他方の切替端子9cには、第1の切替スイッチ5の他方の切替端子5cが接続されている。第2の切替スイッチ9の共通端子9aには、信号出力端子10が接続されている。

40

【0067】

電源電圧 V_{dd1} が印加される電源端子11には、第1の増幅器3の電源端子が接続されている。電源電圧 V_{dd2} が印加される電源端子12には、第2の増幅器7の電源端子が接続されている。制御電圧 V_c が印加される制御端子13は、第1の切替スイッチ5の制御端子5dと、第2の切替スイッチ9の制御端子9dとにそれぞれ接続されている。基準電圧 V_{ref} が印加される基準電圧端子14は、第1の切替スイッチ5の基準電圧端子5eと、第2の切替スイッチ9の基準電圧端子9eとにそれぞれ接続されている。GND(グラウンド)端子15は、第1の増幅器3の接地端子に接続されている。GND

50

端子 16 は、第 2 の増幅器 7 の接地端子に接続されている。

【 0 0 6 8 】

ここで、第 2 の増幅器 7 としては、例えば、電界効果トランジスタ（以下、FET と記す）が用いられ、第 2 の増幅器 7 の入力端子、電源端子、および接地端子は、それぞれ FET のゲート電極、ドレイン電極、ソース電極に対応する。第 2 の増幅器 7 である FET の信号の増幅作用は、FET のゲート端子に電圧信号を入力し、ソースとドレイン間に流れる動作電流を出力信号として取り出すことにより実現している。FET の動作電流の制御は、ゲートとソース間の電位の変化や、ドレインとソース間の電位の変化により実現している。また、第 2 の増幅器 7 としては、例えばバイポーラトランジスタを用いてもよい。先の説明でのゲート、ドレイン、ソース電極をそれぞれベース、コレクタ、エミッタ電極に置き換えて考えることができる。

10

【 0 0 6 9 】

以下の説明では、第 2 の増幅器 7 としては FET を考える。そして、電源端子 12 に印加される電源電圧 V_{dd2} は、制御電圧 V_c に連動して変化させる。制御電圧 V_c を第 1 の電圧に制御して第 1 および第 2 の切替スイッチ 5, 9 が一方の切替端子 5b, 9b 側に切り替えられたときには、第 2 の増幅器 7 が信号増幅を行い第 2 の増幅器 7 に動作電流が流れるような電源電圧 V_{dd2} に設定される。制御電圧 V_c を第 2 の電圧に制御して第 1 および第 2 の切替スイッチ 5, 9 が他方の切替端子 5c, 9c 側に切り替えられたときには、第 2 の増幅器 7 が信号増幅を行わず第 2 の増幅器 7 に動作電流が流れないような電源電圧 V_{dd2} に設定（例えば接地端子に印加される接地電位の 0V に設定して電源供給を停止）、あるいは電源電圧 V_{dd2} から切り離し（遮断）を行う。

20

【 0 0 7 0 】

つぎに、上記図 1 の回路の動作について簡単に説明する。制御電圧 V_c と基準電圧 V_{ref} の関係を所定の状態に設定することによって、第 1 および第 2 の切替スイッチ 5, 9 を一方の切替端子 5b, 9b 側へ切り替えたときには、信号入力端子 1 に入力された高周波信号は、インピーダンス整合回路 2 を通り、第 1 の増幅器 3 で増幅された後、インピーダンス整合回路 4, 第 1 の切替スイッチ 5 およびインピーダンス整合回路 6 を通り、さらに第 2 の増幅器 7 で増幅され、その後、インピーダンス整合回路 8 および第 2 の切替スイッチ 9 を通り、信号出力端子 10 より高出力の高周波信号として出力される。

【 0 0 7 1 】

一方、第 1 および第 2 の切替スイッチ 5, 9 を他方の切替端子 5c, 9c 側へ切り替えたときには、信号入力端子 1 に入力された高周波信号は、インピーダンス整合回路 2 を通り、第 1 の増幅器 3 で増幅された後、インピーダンス整合回路 4 および第 1 の切替スイッチ 5 を通り、第 2 の増幅器 7 は通らずにバイパスされ、第 2 の切替スイッチ 9 を通り、信号出力端子 10 より低出力の高周波信号として出力される。

30

【 0 0 7 2 】

このとき、第 2 の増幅器 7 への電源電圧 V_{dd2} は接地電位の 0V に設定あるいは遮断されているので、第 2 の増幅器 7 には動作電流は流れない。その結果、低出力時の動作電流を減少させることができる。また、第 2 の増幅器 7 をバイパスすることで低出力動作をさせるので、第 2 の増幅器 7 の歪の問題を考慮してバイパス回路を複雑化する場合のような回路規模の大幅な増大は生じない。

40

【 0 0 7 3 】

また、電源供給が停止あるいは遮断されて出力インピーダンスが動作時とは異なる値に変化した第 2 の増幅器 7 は、第 1 および第 2 の切替スイッチ 5, 9 によって信号入力端子 1 から信号出力端子 10 へ到る信号経路からは完全に切り離されるので、信号出力端子 10 の部分で第 2 の高周波増幅器 7 が原因となるインピーダンス不整合が生じることはなく、したがってインピーダンス不整合による異常発振等の不安定な動作は起こらず、安定な増幅動作を実現することができる。

【 0 0 7 4 】

図 2 に、図 1 の第 1 および第 2 の切替スイッチ 5, 9 の具体的な回路構成を示す。この例

50

では、第1および第2の切替スイッチ5, 9は同じ回路構成となっている。図2において、一方の切替端子22(切替端子5b, 9bに対応する)には、キャパシタ25の一端が接続されている。キャパシタ25の他端には、抵抗29の一端および電界効果トランジスタ26のソース端子が接続されている。電界効果トランジスタ26のソース端子およびドレイン端子間には、抵抗27が接続されている。電界効果トランジスタ26のゲート端子には、抵抗30の一端が接続されている。電界効果トランジスタ26のドレイン端子には、キャパシタ28の一端が接続されている。キャパシタ28の他端には、共通端子21(共通端子5a, 9aに対応する)が接続されている。

【0075】

他方の切替端子23(切替端子5c, 9cに対応する)には、キャパシタ34の一端が接続されている。キャパシタ34の他端には、抵抗35の一端および電界効果トランジスタ32のソース端子が接続されている。電界効果トランジスタ32のソース端子およびドレイン端子間には、抵抗33が接続されている。電界効果トランジスタ32のゲート端子には、抵抗36の一端が接続されている。電界効果トランジスタ32のドレイン端子には、キャパシタ31の一端が接続されている。キャパシタ31の他端には、共通端子21が接続されている。

10

【0076】

基準電圧端子39(基準電圧端子5e, 9eに対応する)には、抵抗29の他端および抵抗36の他端がそれぞれ接続されている。制御端子40(制御端子5d, 9dに対応する)には、抵抗30の他端および抵抗35の他端がそれぞれ接続されている。

20

【0077】

なお、電界効果トランジスタ26, 32は、ソース端子およびドレイン端子の位置が逆になってもよい。

【0078】

以上のように構成されたこの実施の形態の高周波増幅回路について、以下にその動作を説明する。

【0079】

図1における第1および第2の切替スイッチ5, 9について説明すると、図2の回路は、基準電圧端子39と制御端子40との電圧値により、スイッチ動作をする。上述したように、図1の第1の切替スイッチ5の共通端子5a、一方の切替端子5b、他方の切替端子5cはそれぞれ図2の共通端子21、一方の切替端子22、他方の切替端子23に対応している。また、図1の第2の切替スイッチ9の共通端子9a、一方の切替端子9b、他方の切替端子9cはそれぞれ図2の共通端子21、一方の切替端子22、他方の切替端子23に対応している。また、図1の第1および第2の切替スイッチ5, 9の基準電圧端子5d, 9dは、図2の基準電圧端子39に対応し、第1および第2の切替スイッチ5, 9の制御端子5e, 9eは、図2の制御端子40に対応している。

30

【0080】

図2の回路構成でスイッチ動作を行わせる場合、制御端子40および基準電圧端子39に印加する電圧と、共通端子21と一方の切替端子22および他方の切替端子23の間の導通/開放の関係はつぎのようになる。

40

【0081】

$V_c < V_{ref} - |V_p|$: 共通端子21 - 切替端子22間 開放
 $V_c > V_{ref}$: 共通端子21 - 切替端子22間 導通
 $V_c < V_{ref}$: 共通端子21 - 切替端子23間 導通
 $V_c > V_{ref} + |V_p|$: 共通端子21 - 切替端子23間 開放
 ただし、 V_p は電界効果トランジスタ26, 32のしきい値電圧である。

【0082】

なお、制御電圧 V_c が基準電圧 V_{ref} に対して

$V_{ref} - |V_p| < V_c < V_{ref}$

の関係にあるときは、共通端子21 - 切替端子22間が導通と開放の中間の状態になって

50

いる。また、

$$V_{r e f} = V_c - V_{r e f} + |V_p|$$

の関係にあるときは、共通端子 2 1 - 切替端子 2 3 間が導通と開放の中間の状態になっている。

【 0 0 8 3 】

図 2 の回路構成のように、基準電圧端子 3 9 と制御端子 4 0 を電界効果トランジスタ 2 6 , 3 2 のゲート端子とソース端子にそれぞれ対称的に接続することにより、複数の制御端子を設けることなく、各々の切替スイッチ 5 , 9 における複数 (2 つ) の経路の選択を一つの制御端子により容易に実現でき、制御端子の数を減少させることができる。

【 0 0 8 4 】

また、図 2 において、電界効果トランジスタ 2 6 および電界効果トランジスタ 3 2 のソース端子およびドレイン端子間がそれぞれ、抵抗 2 7、抵抗 3 3 で接続され、ほぼ同電位になっているため、電界効果トランジスタ 2 6 および電界効果トランジスタ 3 2 のソース端子にそれぞれ接続されている抵抗 2 9 および抵抗 3 5 は、電界効果トランジスタ 2 6 および電界効果トランジスタ 3 2 のドレイン端子側に接続してもよい。これにより、回路のレイアウトの自由度が向上する。

【 0 0 8 5 】

つぎに、図 1 の回路での高周波増幅回路の利得制御について説明する。一例として、電源端子 1 1 および電源端子 1 2 に加える電源電圧 $V_{d d 1}$, $V_{d d 2}$ を 3 V に設定し、制御端子 1 3 に加える制御電圧 V_c を 3 V、基準電圧端子 1 4 に加える基準電圧 $V_{r e f}$ を 1 . 5 V に設定したとする。また、電界効果トランジスタ 2 6 , 3 2 のしきい値電圧 V_p を - 0 . 6 V とする。

【 0 0 8 6 】

このとき、第 1 の切替スイッチ 5 の制御端子 5 d および第 2 の切替スイッチ 9 の制御端子 9 d には、制御端子 1 3 より 3 V の制御電圧 V_c が供給され、第 1 の切替スイッチ 5 の基準電圧端子 5 e および第 2 の切替スイッチ 9 の基準電圧端子 9 e には、基準電圧端子 1 4 より 1 . 5 V の基準電圧 $V_{r e f}$ が供給される。このとき、 $V_c > V_{r e f}$ の関係が成り立ち、第 1 の切替スイッチの共通端子 5 a と切替端子 5 b との間、第 2 の切替スイッチ 9 の共通端子 9 a と切替端子 9 b との間が導通する。また、 $V_c > V_{r e f} + |V_p|$ の関係が成り立ち、第 1 の切替スイッチの共通端子 5 a と切替端子 5 c との間、第 2 の切替スイッチの共通端子 9 a と切替端子 9 c との間が開放する。

【 0 0 8 7 】

この状態のとき、高周波増幅回路に入力された信号は、信号入力端子 1 よりインピーダンス整合回路 2 に入力され第 1 の増幅器 3、インピーダンス整合回路 4、第 1 の切替スイッチ 5 の共通端子 5 a - 切替端子 5 b 間を順次通過し、さらにインピーダンス整合回路 6、第 2 の増幅器 7、インピーダンス整合回路 8、第 2 の切替スイッチ 9 の切替端子 9 b - 共通端子 9 a 間を順次通過して、信号出力端子 1 0 より出力される。

【 0 0 8 8 】

ここで、インピーダンス整合回路 2 の入力端子より、インピーダンス整合回路 2、第 1 の増幅器 3、インピーダンス整合回路 4 の出力までの回路の利得を G_1 、インピーダンス整合回路 6、第 2 の増幅器 7、インピーダンス整合回路 8 の出力端子までの回路の利得を G_2 、第 1 の切替スイッチ 5 の共通端子 5 a - 切替端子 5 b 間、共通端子 5 a - 切替端子 5 c 間、第 2 の切替スイッチ 9 の共通端子 9 a - 切替端子 9 b 間、共通端子 9 a - 切替端子 9 c 間の信号ロスをそれぞれ L とする。

【 0 0 8 9 】

この場合、図 1 の高周波増幅回路の利得 $P G_1$ は、つぎの式のようになる。

【 0 0 9 0 】

$$P G_1 = G_1 + G_2 - 2 L \cdots (1)$$

つぎに、電源端子 1 1 に加える電源電圧 $V_{d d 1}$ を 3 V、電源端子 1 2 に加える電源電圧 $V_{d d 2}$ を 0 V に設定し、制御端子 1 3 に加える制御電圧を 0 V、基準電圧端子 1 4

10

20

30

40

50

に加える基準電圧を 1.5 V に設定したとする。

【0091】

このとき、第1の切替スイッチ5の制御端子5dおよび第2の切替スイッチ9の制御端子9dには、制御端子13より0Vの制御電圧 V_c が供給され、第1の切替スイッチ5の基準電圧端子5eおよび第2の切替スイッチ9の基準電圧端子9eには、基準電圧端子14より1.5Vの基準電圧 V_{ref} が供給される。このとき、 $V_c < V_{ref}$ の関係が成り立ち、第1の切替スイッチの共通端子5aと切替端子5cとの間、第2の切替スイッチ9の共通端子9aと切替端子9cとの間が導通する。また、 $V_c < V_{ref} - |V_p|$ の関係が成り立ち、第1の切替スイッチの共通端子5aと切替端子5bとの間、第2の切替スイッチの共通端子9aと切替端子9bとの間が開放する。

10

【0092】

この状態のとき、高周波増幅回路に入力された信号は、信号入力端子1よりインピーダンス整合回路2に入力され第1の増幅器3、インピーダンス整合回路4、第1の切替スイッチ5の共通端子5a-切替端子5c間を順次通過し、さらに第2の切替スイッチ9の切替端子9c-共通端子9a間を通過して、信号出力端子10より出力される。

【0093】

この場合、図1の高周波増幅回路の利得 PG_2 は、つぎの式のようになる。

【0094】

$$PG_2 = G_1 - 2L \dots (2)$$

図1の高周波増幅回路は、制御端子13に印加する制御電圧 V_c を切り替えることで、式(1)および式(2)より明らかのように、利得を G_2 だけ変化させることができる。

20

【0095】

さらに、制御端子13に加える制御電圧 V_c を0Vに設定することと連動して、第2の増幅器7の電源端子12に加える電源電圧 V_{dd2} を0Vに設定あるいは遮断することにより、第2の増幅器7の動作電流を零にすることができる。

【0096】

つまり、制御端子13に加える制御電圧 V_c の切替と、第2の増幅器7の電源端子12への電源電圧 V_{dd2} の印加とを連動させることにより、利得を減衰させたときの動作電流を低減することができる。なお、上記で説明したように、制御電圧 V_c が0Vのとき、第2の増幅器7をバイパスする側に第1および第2の切替スイッチ5,9を切り替える場合には、上記制御端子13と電源端子12とを共通接続すればよく、この場合に端子数を削減することができる。

30

【0097】

このとき、第2の増幅器7は、第1および第2の切替スイッチ5,9により、信号経路から切断されており、第2の増幅器7がオフ状態となり第2の増幅器7の出力インピーダンスが50からずれてしまっても、第1の増幅器3や信号出力端子10に接続される素子には影響を及ぼさず、安定な増幅動作を実現することができる。

【0098】

また、第1の増幅器3に給電するための電源端子11に加えられる電源電圧 V_{dd1} を基に基準電圧 V_{ref} を作成する基準電圧作成回路を設ければ、基準電圧端子14を省くことができ、端子数を削減することができる。

40

【0099】

さらに、この高周波増幅回路で増幅回路内部の増幅器の利得と出力電力を上昇させることにより、図7の従来の携帯電話端末の送信部のブロック図の利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路104と高出力高周波増幅回路105の役割を1つの高周波増幅回路で実現できる。

【0100】

また、第1の電界効果トランジスタ26のソース端子に加える基準電圧を、第1および第2の電界効果トランジスタ26,32のしきい値電圧に相当する値だけ第2の電界効果ト

50

ランジスタ32のゲート端子に加える基準電圧より高く設定することも可能である。

【0101】

例えば、上記のしきい値電圧が -0.6V であるときには、第1の電界効果トランジスタ26のソース端子に加える基準電圧 V_{ref1} を 1.8V とし、第2の電界効果トランジスタ32のゲート端子に加える基準電圧 V_{ref2} を 1.2V とすると、第1および第2の電界効果トランジスタ26, 32がオンオフの中間の状態となる電圧範囲を重ならせることができる。つまり、第1の電界効果トランジスタ26のオンが確定する電圧と第2の電界効果トランジスタ32のオフが確定する電圧とを同じ電圧にすることができ、第1の電界効果トランジスタ26のオフが確定する電圧と第2の電界効果トランジスタ32のオンが確定する電圧とを同じ電圧にすることができる。

10

【0102】

制御電圧は、第1および第2の電界効果トランジスタ26, 32がオンオフの中間の状態となる電圧範囲を避けて設定することが必要であるが、上記のようにすると、第1および第2の電界効果トランジスタ26, 32へ加える基準電圧が同じ値である場合に比べて、第1および第2の電界効果トランジスタ26, 32をオンオフさせるための制御電圧の設定範囲を広くすることができる。

【0103】

先に説明したように同一の基準電圧を用いると、基準電圧が 1.5V の場合、制御電圧 V_c の上側の値は 2.1V を超える値に設定する必要があり、制御電圧 V_c の下側の値は 0.9V 未満の値に設定する必要があったが、上記のように基準電圧を一方は 1.8V 、他方は 1.2V とすると、制御電圧 V_c の上側の値は 1.8V を超える値でよく、制御電圧 V_c の下側の値は 1.2V 未満の値に設定すればよくなる。

20

【0104】

なお、実験の結果では、高周波増幅回路の入力電力を -20dBm としたとき、制御電圧により、出力電力が 10dBm , 0dBm というように、高周波増幅回路の利得を 10dB 程度可変できた。このとき高周波増幅回路の動作電流は出力電力 10dBm の時 40mA 、出力電力 0dBm の時 15mA となり、出力電力に応じて制御できた。また、高周波増幅回路の出力端子のインピーダンスも出力電力 10dBm 、出力電力 0dBm 、いずれの場合も電圧定在波比で2以下であり、信号出力端子のインピーダンスも 50Ω からずれていなかった。

30

【0105】

〔第2の実施の形態〕

図3は、本発明の第2の実施の形態における高周波増幅回路の構成を示すブロック図である。図3の高周波増幅回路は、図7に示した従来の携帯電話端末の送信部のブロック図において、該送信部から出力される出力電力を制御するための利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路104に対応している。すなわち、本発明の実施の形態の携帯電話端末では、図7に示した従来の携帯電話端末の送信部において、高周波増幅回路104に代えて図3の高周波増幅回路を用いている。

【0106】

以下、図3の高周波増幅回路について詳しく説明する。図3において、信号入力端子41には、インピーダンス変換を行うインピーダンス整合回路42の入力端子が接続されている。インピーダンス整合回路42の出力端子には、第1の増幅器43の入力端子が接続されている。第1の増幅器43の出力端子には、インピーダンス整合回路44の入力端子が接続されている。

40

【0107】

インピーダンス整合回路44の出力端子には、第1のスイッチ45の一方の端子45aと第3のスイッチ50の一方の端子50aが接続されている。第1のスイッチ45の他方の端子45bには、インピーダンス整合回路46の入力端子が接続されている。第3のスイッチ50の他方の端子50bには、信号出力端子51が接続されている。

【0108】

50

インピーダンス整合回路 46 の出力端子には、第 2 の増幅器 47 の入力端子が接続されている。第 2 の増幅器 47 の出力端子には、インピーダンス整合回路 48 の入力端子が接続されている。

【0109】

インピーダンス整合回路 48 の出力端子には、第 2 のスイッチ 49 の一方の端子 49a が接続されている。第 2 のスイッチ 49 の他方の端子 49b には、信号出力端子 51 が接続されている。

【0110】

電源電圧 V_{dd1} が印加される電源端子 52 には、第 1 の増幅器 43 の電源端子が接続されている。電源電圧 V_{dd2} が印加される電源端子 53 には、第 2 の増幅器 47 の電源端子が接続されている。制御電圧 V_c が印加される制御端子 54 は、第 1 のスイッチ 45 の制御端子 45c、第 2 のスイッチ 49 の制御端子 49c、第 3 のスイッチ 50 の制御端子 50c にそれぞれ接続されている。基準電圧 V_{ref} が印加される基準電圧端子 55 は、第 1 のスイッチ 45 の基準電圧端子 45d、第 2 のスイッチ 49 の基準電圧端子 49d、第 3 のスイッチ 50 の基準電圧端子 50d にそれぞれ接続されている。GND 端子 56 は、第 1 の増幅器 43 の接地端子に接続されている。GND 端子 57 は、第 2 の増幅器 47 の接地端子に接続されている。

【0111】

ここで、第 2 の増幅器 47 としては、例えば、電界効果トランジスタ（以下、FET と記す）が用いられ、第 2 の増幅器 47 の入力端子、電源端子、および接地端子は、それぞれ FET のゲート電極、ドレイン電極、ソース電極に対応する。第 2 の増幅器 47 である FET の信号の増幅作用は、FET のゲート端子に電圧信号を入力し、ソースとドレイン間に流れる動作電流を出力信号として取り出すことにより実現している。FET の動作電流の制御は、ゲートとソース間の電位の変化や、ドレインとソース間の電位の変化により実現している。また、第 2 の増幅器 47 としては、例えばバイポーラトランジスタを用いてもよい。先の説明でのゲート、ドレイン、ソース電極をそれぞれベース、コレクタ、エミッタ電極に置き換えて考えることができる。

【0112】

以下の説明では、第 2 の増幅器 47 としては FET を考える。そして、電源端子 53 に印加される電源電圧 V_{dd2} は、制御電圧 V_c に連動して変化させる。制御電圧 V_c を第 1 の電圧に制御して第 1 および第 2 のスイッチ 45、49 が導通したときには、第 2 の増幅器 47 が信号増幅を行い第 2 の増幅器 47 に動作電流が流れるような電源電圧 V_{dd2} に設定される。制御電圧 V_c を第 2 の電圧に制御して第 1 および第 2 のスイッチ 45、49 が遮断したときには、第 2 の増幅器 47 が信号増幅を行わず第 2 の増幅器 47 に動作電流が流れないような電源電圧 V_{dd2} に設定（例えば接地端子に印加される接地電位の 0V に設定して電源供給を停止）、あるいは電源電圧 V_{dd2} から切り離し（遮断）を行う。

【0113】

つぎに、上記図 3 の回路の動作について簡単に説明する。制御電圧 V_c と基準電圧 V_{ref} の関係を所定の状態に設定することによって、第 1 および第 2 のスイッチ 45、49 を導通させ、第 3 のスイッチ 50 を開放させたときには、信号入力端子 41 に入力された高周波信号は、インピーダンス整合回路 42 を通り、第 1 の増幅器 43 で増幅された後、インピーダンス整合回路 44、第 1 のスイッチ 45、インピーダンス整合回路 46 を通り、さらに第 2 の増幅器 47 で増幅され、その後インピーダンス整合回路 48、第 2 のスイッチ 49 を通り、信号出力端子 51 より高出力の高周波信号として出力される。

【0114】

一方、第 1 および第 2 のスイッチ 45、49 を開放させ、第 3 のスイッチ 50 を導通させたときには、信号入力端子 41 に入力された高周波信号は、インピーダンス整合回路 42 を通り、第 1 の増幅器 43 で増幅された後、インピーダンス整合回路 44、第 3 のスイッチ 50 を通り、インピーダンス整合回路 46、第 2 の増幅器 47、インピーダンス整合回

10

20

30

40

50

路 4 8 は通らずにバイパスされ、信号出力端子 5 1 より低出力の高周波信号として出力される。このとき、第 2 の増幅器 4 7 への電源電圧 V_{dd2} は 0 V に設定あるいは遮断されているので、第 2 の増幅器 4 7 には動作電流は流れない。その結果、低出力時の動作電流を減少させることができる。また、第 2 の増幅器 4 7 をバイパスすることで低出力動作をさせるので、第 2 の増幅器 4 7 の歪の問題を考慮してバイパス回路を複雑化する場合のような回路規模の大幅な増大は生じない。

【 0 1 1 5 】

また、電源供給が停止あるいは遮断されて出力インピーダンスが動作時とは異なる値に変化した第 2 の増幅器 4 7 は、第 1 および第 2 のスイッチ 4 5 , 4 9 によって信号入力端子 4 1 から信号出力端子 5 1 へ到る信号経路からは完全に切り離されるので、信号出力端子 5 1 の部分で第 2 の高周波増幅器 4 7 が原因となるインピーダンス不整合が生じることはなく、したがってインピーダンス不整合による異常発振等の不安定な動作は起こらず、安定な増幅動作を実現することができる。

10

【 0 1 1 6 】

図 4 に、図 3 の第 1 および第 2 のスイッチ 4 5 , 4 9 の具体的な回路構成を示す。この例では、第 1 および第 2 のスイッチ 4 5 , 4 9 は同じ回路構成となっている。図 4 において、一方の端子 6 1 (一方の端子 4 5 a , 4 9 a に対応する)には、キャパシタ 6 2 の一端が接続されている。キャパシタ 6 2 の他端には、抵抗 6 7 の一端および電界効果トランジスタ 6 3 のソース端子が接続されている。電界効果トランジスタ 6 3 のソース端子およびドレイン端子間には、抵抗 6 6 が接続されている。電界効果トランジスタ 6 3 のゲート端子には、抵抗 6 8 の一端が接続されている。電界効果トランジスタ 6 3 のドレイン端子には、キャパシタ 6 4 の一端が接続され、キャパシタ 6 4 の他端には、他方の端子 6 5 (他方の端子 4 5 b , 4 9 b に対応する)が接続されている。

20

【 0 1 1 7 】

基準電圧端子 6 9 (基準電圧端子 4 5 c , 4 9 c に対応する)には、抵抗 6 7 の他端が接続されている。制御端子 7 0 (制御端子 4 5 d , 4 9 d に対応する)には、抵抗 6 8 の他端が接続されている。

【 0 1 1 8 】

図 5 に、図 3 の第 3 のスイッチ 5 0 の具体的な回路構成を示す。図 5 において、一方の端子 7 1 (一方の端子 5 0 a に対応する)には、キャパシタ 7 2 の一端が接続されている。キャパシタ 7 2 の他端には、抵抗 7 7 の一端および電界効果トランジスタ 7 3 のソース端子が接続されている。電界効果トランジスタ 7 3 のソース端子およびドレイン端子間には、抵抗 7 6 が接続されている。電界効果トランジスタ 7 3 のゲート端子には、抵抗 7 8 の一端が接続されている。電界効果トランジスタ 7 3 のドレイン端子には、キャパシタ 7 4 の一端が接続され、キャパシタ 7 4 の他端には、他方の端子 7 5 (他方の端子 5 0 b に対応する)が接続されている。

30

【 0 1 1 9 】

基準電圧端子 7 9 (基準電圧端子 5 0 c に対応する)には、抵抗 7 7 の他端が接続されている。制御端子 8 0 (制御端子 5 0 d に対応する)には、抵抗 7 8 の他端が接続されている。

40

【 0 1 2 0 】

なお、上記の電界効果トランジスタ 6 3 , 7 3 はソース端子、ドレイン端子の位置が逆であってもよい。

以上のように構成されたこの実施の形態の高周波増幅回路について、以下にその動作を説明する。

【 0 1 2 1 】

まず、図 3 における第 1 および第 2 のスイッチ 4 5 , 4 9 について説明すると、図 4 の回路は、基準電圧端子 6 9 と制御端子 7 0 の電圧値により、スイッチ動作する。上述したように、図 3 の第 1 のスイッチ 4 5 の各端子 4 5 a , 4 5 b はそれぞれ図 4 の端子 6 1 , 6 5 に対応し、同様にスイッチ 4 9 の各端子 4 9 a , 4 9 b はそれぞれ図 4 の端子 6 1 , 6

50

5に対応している。

【0122】

図4の回路構成でスイッチ動作を行わせる場合、制御端子70および基準電圧端子69に印加する電圧と、端子61と端子65の間の導通/開放の関係はつぎようになる。

【0123】

$V_c < V_{ref} - |V_p|$: 端子61 - 端子65間 開放

$V_c > V_{ref}$: 端子61 - 端子65間 導通

ただし、 V_p は電界効果トランジスタ63のしきい値とする。

【0124】

なお、制御電圧 V_c が基準電圧 V_{ref} に対して

$V_{ref} - |V_p| < V_c < V_{ref}$

の関係にあるときは、端子61 - 端子65間が導通と開放の中間の状態になっている。

【0125】

つぎに、図3における第3のスイッチ50について説明すると、図5の回路は、基準電圧端子80と制御端子79の電圧値により、スイッチ動作する。上述したように、図3の第3のスイッチ50の各端子50a, 50bはそれぞれ図5の端子71, 75に対応している。

【0126】

図5の回路構成でスイッチ動作を行わせる場合、制御端子79、基準電圧端子80に印加する電圧と、端子71と端子75の間の導通/開放の関係はつぎようになる。

【0127】

$V_c > V_{ref} + |V_p|$: 端子71 - 端子75間 開放

$V_c < V_{ref}$: 端子71 - 端子75間 導通

ただし、 V_p は電界効果トランジスタ73のしきい値とする。

【0128】

なお、制御電圧 V_c が基準電圧 V_{ref} に対して

$V_{ref} < V_c < V_{ref} + |V_p|$

の関係にあるときは、端子71 - 端子75間が導通と開放の中間の状態になっている。

【0129】

図4の回路構成のように、基準電圧端子69と制御端子70を電界効果トランジスタ63のソース端子とゲート端子に接続する一方、図5の回路構成のように、基準電圧端子80と制御端子79を電界効果トランジスタ63のゲート端子とソース端子に接続するというように、それぞれ対称的に接続することにより、複数の制御端子を設けることなく、各スイッチ45, 49, 50における導通開放の切替を一つの制御端子により容易に実現でき、制御端子の数を減少させることができる。

【0130】

また、図4において、電界効果トランジスタ63のソース端子およびドレイン端子間が抵抗66により接続され、ほぼ同電位になっているため、抵抗67は電界効果トランジスタ63のドレイン端子に接続してもよい。これにより、回路のレイアウトの自由度が向上する。これは、図5の回路についても同様である。

【0131】

図4と図5の回路構成は、制御電圧と基準電圧端子を入れ替えた構成となっている。この構成により、スイッチ45, 49の論理を反転したものがスイッチ50の論理となるので、スイッチ45, 49, 50の制御回路の簡素化が図れる。

【0132】

つぎに、図3の回路での高周波増幅回路の利得制御について説明する。一例として、電源端子52および電源端子53に加える電源電圧 V_{dd1} , V_{dd2} を3Vに設定し、制御端子54に加える制御電圧 V_c を3V、基準電圧端子55に加える基準電圧 V_{ref} を1.5Vに設定したとする。また、電界効果トランジスタ63, 73のしきい値を-0.6Vとする。

10

20

30

40

50

【0133】

このとき、第1のスイッチ45の制御端子45c、第2のスイッチ49の制御端子49c、および第3のスイッチ50の制御端子50cには、制御端子54より3Vの制御電圧 V_c が供給され、第1のスイッチ45の基準電圧端子45d、第2のスイッチ49の基準電圧端子49d、および第3のスイッチ50の基準電圧端子50dには、基準電圧端子55より1.5Vの基準電圧 V_{ref} が供給される。このとき、 $V_c > V_{ref}$ の関係が成り立ち、第1のスイッチ45の端子45aと端子45bとの間、第2のスイッチ49の端子49aと端子49bとの間が導通する。また、 $V_c > V_{ref} + |V_p|$ の関係より、第3のスイッチ50の端子50aと端子50bとの間が開放する。

この状態のとき、高周波増幅回路に入力された信号は、信号入力端子41よりインピーダンス整合回路42に入力され第1の増幅器43、インピーダンス整合回路44、第1のスイッチ45の端子45a - 端子45b間を順次通過し、さらにインピーダンス整合回路46、第2の増幅器47、インピーダンス整合回路48、第2のスイッチ49の端子49a - 端子49b間を順次通過して、信号出力端子51より出力される。

10

【0134】

ここで、インピーダンス整合回路42の入力端子より、インピーダンス整合回路42、第1の増幅器43、インピーダンス整合回路44の出力端子までの回路の利得を G_3 、インピーダンス整合回路46、第2の増幅器47、インピーダンス整合回路48の出力端子までの回路の利得を G_4 、第1のスイッチ45の端子45a - 端子45b間、第2のスイッチ49の端子49a - 端子49b間、第3のスイッチ50の端子50a - 端子50b間のロスをそれぞれ L_2 とする。

20

【0135】

この場合、図3の高周波増幅回路の利得 PG_3 は、つぎの式ようになる。

【0136】

$$PG_3 = G_3 + G_4 - 2L_2 \cdots (3)$$

つぎに、電源端子52に加える電源電圧 V_{dd1} を3V、電源端子53に加える電源電圧 V_{dd2} を0Vに設定し、制御端子54に加える制御電圧 V_c を0V、基準電圧端子55に加える基準電圧 V_{ref} を1.5Vに設定したとする。電界効果トランジスタ63, 73のしきい値を-0.6Vとする。

【0137】

このとき、第1のスイッチ45の制御端子45c、第2のスイッチ49の制御端子49c、第3のスイッチ50の制御端子50cには、制御端子54より0Vの制御電圧 V_c が供給され、第1のスイッチ45の基準電圧端子45d、第2のスイッチ49の基準電圧端子49d、第3のスイッチ50の基準電圧端子50dには、基準電圧端子55より1.5Vの基準電圧 V_{ref} が供給され、 $V_c < V_{ref}$ の関係が成り立ち、第3のスイッチ50の端子50aと端子50bとの間が導通し、 $V_c < V_{ref} - |V_p|$ の関係より第1のスイッチ45の端子45aと端子45bとの間、第2のスイッチ49の端子49aと端子49bとの間が開放する。

30

この状態のとき、高周波増幅回路に入力された信号は、信号入力端子41よりインピーダンス整合回路42に入力され第1の増幅器43、インピーダンス整合回路44、第3のスイッチ50の端子50a - 端子50bを順次通過し、信号出力端子42より出力される。

40

【0138】

この場合、図3の高周波増幅回路の利得 PG_4 は、つぎの式ようになる。

【0139】

$$PG_4 = G_3 - L_2 \cdots (4)$$

図3の高周波増幅回路は、制御端子54に印加する制御電圧 V_c を切り替えることにより、式(3)および式(4)より明らかなように、利得を $G_4 - L_2$ 変化させることができる。

【0140】

さらに、制御端子54に加える制御電圧 V_c を0Vに設定することと連動して第2の増

50

幅器 4 7 の電源端子 5 3 に加える電源電圧 V_{dd2} を 0 V に設定あるいは遮断することにより、第 2 の増幅器 4 7 の動作電流を零にすることができる。

【 0 1 4 1 】

つまり、制御端子 5 4 に加える制御電圧 V_c の切替と、第 2 の増幅器 4 7 の電源端子 5 3 への電源電圧 V_{dd2} の印加とを連動させることにより、利得を減衰させたときの動作電流を低減することができる。なお、上記で説明したように、制御電圧 V_c が 0 V のとき、第 2 の増幅器 4 7 をバイパスする側に第 1、第 2 および第 3 のスイッチ 4 5, 4 9, 5 0 を切り替える場合には、上記制御端子 5 4 と電源端子 5 3 とを共通接続すればよく、この場合に端子数を削減することができる。

【 0 1 4 2 】

このとき、第 2 の増幅器 4 7 は、第 1 および第 2 のスイッチ 4 5, 4 9 により、信号経路から切断されており、第 2 の増幅器 4 7 がオフ状態となり第 2 の増幅器 4 7 の出力インピーダンスが 5 0 からずれてしまっても、第 1 の増幅器 4 3 や信号出力端子 5 1 に接続される素子には影響を及ぼさず、安定な増幅動作を実現することができる。

【 0 1 4 3 】

また、この図 3、図 4 および図 5 に示した構成では、スイッチ 4 5, 4 9, 5 0 を構成する電界効果トランジスタの個数が 3 個でよくなり、図 1 および図 2 に示した回路に比べて、スイッチ構成を簡略化できる。

【 0 1 4 4 】

また、第 1 の増幅器 4 3 に給電するための電源端子 5 2 に加えられる電源電圧 V_{dd1} を基に基準電圧 V_{ref} を作成する基準電圧作成回路を設ければ、基準電圧端子 5 5 を省くことができ、端子数を削減することができる。

【 0 1 4 5 】

さらに、この高周波増幅回路で増幅回路内部の増幅器の利得と出力電力を上昇させることにより、図 7 の従来の携帯電話端末の送信部のブロック図の利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路 1 0 4、高出力高周波増幅回路 1 0 5 を役割を 1 つの高周波増幅回路で実現できる。

【 0 1 4 6 】

また、第 1 の電界効果トランジスタ 6 3 のソース端子に加える基準電圧を、第 1 および第 2 の電界効果トランジスタ 6 3, 7 3 のしきい値電圧に相当する値だけ第 2 の電界効果トランジスタ 7 3 のゲート端子に加える基準電圧より高く設定することも可能である。

【 0 1 4 7 】

例えば、上記のしきい値電圧が -0.6 V であるときには、第 1 の電界効果トランジスタ 6 3 のソース端子に加える基準電圧 V_{ref1} を 1.8 V とし、第 2 の電界効果トランジスタ 7 3 のゲート端子に加える基準電圧 V_{ref2} を 1.2 V とすると、第 1 および第 2 の電界効果トランジスタ 6 3, 7 3 がオンオフの中間の状態となる電圧範囲を重ならせることができる。つまり、第 1 の電界効果トランジスタ 6 3 のオンが確定する電圧と第 2 の電界効果トランジスタ 7 3 のオフが確定する電圧とを同じ電圧にすることができ、第 1 の電界効果トランジスタ 6 3 のオフが確定する電圧と第 2 の電界効果トランジスタ 7 3 のオンが確定する電圧とを同じ電圧にすることができる。

【 0 1 4 8 】

制御電圧は、第 1 および第 2 の電界効果トランジスタ 6 3, 7 3 がオンオフの中間の状態となる電圧範囲を避けて設定することが必要であるが、上記のようにすると、第 1 および第 2 の電界効果トランジスタ 6 3, 7 3 へ加える基準電圧が同じ値である場合に比べて、第 1 および第 2 の電界効果トランジスタ 6 3, 7 3 をオンオフさせるための制御電圧の設定範囲を広くすることができる。

【 0 1 4 9 】

先に説明したように同一の基準電圧を用いると、基準電圧が 1.5 V の場合、制御電圧 V_c の上側の値は 2.1 V を超える値に設定する必要があり、制御電圧 V_c の下側の値は 0.9 V 未満の値に設定する必要があったが、上記のように基準電圧を一方は 1.8 V

10

20

30

40

50

、他方は1.2Vとすると、制御電圧 V_c の上側の値は1.8Vを超える値でよく、制御電圧 V_c の下側の値は1.2V未満の値に設定すればよくなる。

【0150】

なお、実験の結果では、高周波増幅回路の入力電力を-20dBmとしたとき、制御電圧により、出力電力が10dBm, 0dBmというように、高周波増幅回路の利得を10dB程度可変できた。このとき高周波増幅回路の動作電流は出力電力10dBmの時40mA、出力電力0dBmの時15mAとなり、出力電力に応じて制御できた。また、高周波増幅回路の出力端子のインピーダンスも出力電力10dBm、出力電力0dBm、いずれの場合も電圧定在波比で2以下であり、信号出力端子のインピーダンスも50からずれていなかった。

10

【0151】

〔第3の実施の形態〕

つぎに、図3の回路において、制御電圧 V_c と基準電圧 V_{ref} の関係を所定の状態に設定することによって、第1および第2のスイッチ45, 49を導通させ、第3のスイッチ50を開放させる。これによって、信号入力端子41に入力された高周波信号が、インピーダンス整合回路42を通り、第1の増幅器43で増幅された後、インピーダンス整合回路44、第1のスイッチ45、インピーダンス整合回路46を通り、さらに第2の増幅器47で増幅され、その後インピーダンス整合回路48、第2のスイッチ49を通り、信号出力端子51より高出力の高周波信号として出力される。このとき、スイッチ50の端子間のアイソレーション(遮断特性)が十分確保されていない場合、出力信号の一部が

20

【0152】

つまり、信号出力端子51より高出力の高周波信号として出力された信号が、スイッチ50を通過し、スイッチ45の端子45aに入力され、整合回路46を通過し、第2の増幅器47に入力される信号ループが形成されるため、増幅器の異常発振等の不安定動作が起こりやすくなる。

【0153】

例えば、スイッチ50の端子間のアイソレーションが、15dB程度で、信号出力端子51から10dBm程度の信号が出力された場合、スイッチ50を通過し、スイッチ45の端子45aに-5dBm程度の信号が入力されることになる。

30

【0154】

ところで、第2の増幅器47の利得を10dBとして、出力端子51から10dBm程度の信号が出力された場合、第2の増幅器47の入力端子には、0dBm程度の信号が入力される。この時、各スイッチの導通時の通過損失および整合回路の通過損失は無視できる。つまり、スイッチ50を通過してスイッチ45の端子45aに入力される信号が、信号入力端子41から加えられて第2の増幅器47に入力される信号と同程度になることになる。

【0155】

上記のような不安定動作を回避するためには、スイッチ45の端子45aと信号出力端子51との間のアイソレーションを向上させる必要がある。

40

【0156】

図10は、図4の回路構成において、スイッチ47と信号出力端子51との間のアイソレーションを向上させた本発明の第3の実施の形態の高周波増幅回路の回路構成を示す。

【0157】

以下、図10の高周波増幅回路について、詳しく説明する。図10において、信号入力端子41には、インピーダンス変換を行うインピーダンス整合回路42の入力端子が接続されている。インピーダンス整合回路42の出力端子には、第1の増幅器43の入力端子が接続されている。第1の増幅器43の出力端子には、インピーダンス整合回路44の入力端子が接続されている。

【0158】

50

インピーダンス整合回路 44 の出力端子には、第 1 のスイッチ 45 の一方の端子 45 a と第 3 のスイッチ 50 の一方の端子 50 a が接続されている。第 1 のスイッチ 45 の他方の端子 45 b には、インピーダンス整合回路 46 の入力端子が接続されている。第 3 のスイッチ 50 の他方の端子 50 b には、第 4 のスイッチ 58 の一方の端子 58 a が接続されている。第 4 のスイッチ 58 の他方の端子 58 b には、信号出力端子 51 が接続されている。

【0159】

インピーダンス整合回路 46 の出力端子には、第 2 の増幅器 47 の入力端子が接続されている。第 2 の増幅器 47 の出力端子には、インピーダンス整合回路 48 の入力端子が接続されている。

10

【0160】

インピーダンス整合回路 48 の出力端子には、第 2 のスイッチ 49 の一方の端子 49 a が接続されている。第 2 のスイッチ 49 の他方の端子 49 b には、信号出力端子 51 が接続されている。

【0161】

電源電圧 V_{dd1} が印加される電源端子 52 には、第 1 の増幅器 43 の電源端子が接続されている。電源電圧 V_{dd2} が印加される電源端子 53 には、第 2 の増幅器 47 の電源端子が接続されている。制御電圧 V_c が印加される制御端子 54 は、第 1 のスイッチ 45 の制御端子 45 c、第 2 のスイッチ 49 の制御端子 49 c、第 3 のスイッチ 50 の制御端子 50 c、第 4 のスイッチ 58 の制御端子 58 c にそれぞれ接続されている。基準電圧 V_{ref} が印加される基準電圧端子 55 は、第 1 のスイッチ 45 の基準電圧端子 45 d、第 2 のスイッチ 49 の基準電圧端子 49 d、第 3 のスイッチ 50 の基準電圧端子 50 d、第 4 のスイッチ 58 の基準電圧端子 58 d にそれぞれ接続されている。GND 端子 56 は、第 1 の増幅器 43 の接地端子に接続されている。GND 端子 57 は、第 2 の増幅器 47 の接地端子に接続されている。

20

【0162】

上記したように、図 10 の回路構成では、スイッチ 47 の端子 47 a と信号出力端子 51 との間にスイッチ 50 とスイッチ 58 とを直列に挿入した構成をとっている。

【0163】

例えば、スイッチ 50 およびスイッチ 58 のアイソレーションが、それぞれ 15 dB 程度であるとすると、スイッチ 45 の端子 45 a と信号出力端子 51 との間のアイソレーションは、30 dB 程度になる。したがって、信号出力端子 51 から 10 dBm 程度の信号が出力された場合、スイッチ 45 の端子 45 a に入力される信号は、-20 dBm となる。

30

【0164】

ところで、第 2 の増幅器 47 の利得を 10 dB として、出力端子 51 から 10 dB 程度の信号が出力された場合、第 2 の増幅器 47 の入力端子には、0 dBm 程度の信号が入力される。この時、各スイッチの導通時の通過損失および整合回路の通過損失は無視できる。

【0165】

この場合、信号出力端子 51 からスイッチ 58 およびスイッチ 50 を通過し、スイッチ 45 の端子 45 a に入力される信号は、第 1 の増幅器 43 で増幅され、整合回路 44、スイッチ 45、整合回路 46 を通過した信号に比べて十分小さいため、第 2 の増幅器 47 の異常発振等の不安定動作を引き起こさない。

40

【0166】

なお、上記図 10 の構成では、2 個（複数）のスイッチング素子 50、58 を直列に挿入接続した構成を示しているが、3 個以上（複数）のスイッチを直列に挿入接続してもよい。この場合、直列数が増えると、アイソレーションがさらに良好となる。

【0167】

【発明の効果】

本発明の第 1 の高周波増幅回路によれば、第 2 の増幅器の入力側と出力側とに第 1 および第 2 の切替スイッチをそれぞれ設け、高出力時には第 1 の増幅器の出力信号を第 2 の増幅

50

器に通して信号出力端子へ送り、低出力時には第1の増幅器の出力信号を第2の増幅器をバイパスして信号出力端子へ送るようにし、かつ第2の増幅器への電源電圧を供給停止あるいは遮断するようにしたので、低出力時の歪を増大を回避するための回路規模の増大を生じることなく、低出力時の動作電流を減少させることができる。しかも、第2の増幅器は、第1および第2の切替スイッチによって信号入力端子から信号出力端子へ到る信号経路からは完全に切り離されるので、信号出力端子の部分で第2の増幅器が原因となるインピーダンス不整合が生じることはなく、したがってインピーダンス不整合による異常発振等の不安定な動作は起こらず、安定な増幅動作を実現することができる。

【0168】

また、制御電圧にตอบสนองして、一方の切替端子側あるいは他方の切替端子側へ切り替わるように第1および第2の切替スイッチを構成し、制御電圧を第2の増幅器へ電源電圧として供給すれば、制御電圧の入力端子と第2の増幅器の電源電圧の入力端子とを共用できるので、端子数を削減することができる。

10

【0169】

また、第1および第2の切替スイッチを、各々2個の電界効果トランジスタで構成すれば、第1および第2の電界効果トランジスタのオンオフを切り替えるための制御電圧と基準電圧とを、第1および第2の電界効果トランジスタで共通にすることができ、端子数を削減することができる。

【0170】

また、基準電圧は第1の増幅器の電源電圧を入力とする内部基準電圧作成回路で作成すれば、基準電圧の入力端子を別に設ける必要がないので、端子数を削減することが可能となる。

20

【0171】

また、第1の電界効果トランジスタのソース端子に加える基準電圧を、第1および第2の電界効果トランジスタのしきい値電圧に相当する値だけ第2の電界効果トランジスタのゲート端子に加える基準電圧より高く設定すれば、第1および第2の電界効果トランジスタがオンオフの中間の状態となる電圧範囲を重ならせることができるので、第1および第2の電界効果トランジスタをオンオフさせるための制御電圧の設定範囲を広くすることができる。

【0172】

本発明の第2の高周波増幅回路によれば、第2の増幅器の入力側と出力側とをそれらの前段回路と後段回路からそれぞれ切り離すための第1および第2のスイッチをそれぞれ設けるとともに、第2の増幅器の入力側と出力側とを短絡するための第3のスイッチを設け、高出力時には第1の増幅器の出力信号を第2の増幅器に通して信号出力端子へ送り、低出力時には第1の増幅器の出力信号を第2の増幅器をバイパスして信号出力端子へ送るようにし、かつ第2の増幅器への電源電圧を供給停止あるいは遮断するようにしたので、低出力時の歪を増大を回避するための回路規模の増大を生じることなく、低出力時の動作電流を減少させることができる。しかも、第2の増幅器は、第1および第2のスイッチによって信号入力端子から信号出力端子へ到る信号経路からは完全に切り離されるので、信号出力端子の部分で第2の増幅器が原因となるインピーダンス不整合が生じることはなく、したがってインピーダンス不整合による異常発振等の不安定な動作は起こらず、安定な増幅動作を実現することができる。

30

40

【0173】

また、制御電圧にตอบสนองして、第1および第2のスイッチが導通したときには第3のスイッチが開放し、第1および第2のスイッチが開放したときには第3のスイッチが導通し、制御電圧を第2の増幅器へ電源電圧として供給すれば、制御電圧の入力端子と第2の増幅器の電源電圧の入力端子とを共用できるので、端子数を削減することができる。

【0174】

また、第1、第2および第3のスイッチを、各々電界効果トランジスタで構成すれば、電界効果トランジスタのオンオフを切り替えるための制御電圧と基準電圧とを、各電界効果

50

トランジスタで共通にすることができ、端子数を削減することができる。

【0175】

また、基準電圧は第1の増幅器の電源電圧を入力とする内部基準電圧作成回路で作成すれば、基準電圧の入力端子を別に設ける必要がないので、端子数を削減することが可能となる。

【0176】

また、第1の電界効果トランジスタのソース端子に加える基準電圧を、第1および第2の電界効果トランジスタのしきい値電圧に相当する値だけ第2の電界効果トランジスタのゲート端子に加える基準電圧より高く設定すれば、第1および第2の電界効果トランジスタがオンオフの中間の状態となる電圧範囲を重ならせることができるので、第1および第2の電界効果トランジスタをオンオフさせるための制御電圧の設定範囲を広くすることができる。

10

【0177】

また、上記第3のスイッチを、第1の増幅器の出力端子と信号出力端子との間に複数個が直列接続された状態で設ければ、第3のスイッチの両端子間のアイソレーションを、第3のスイッチが1個の場合に比べて向上させることができる。その結果、第1の増幅器の出力端子と信号出力端子との間、すなわち第1のスイッチの一方の端子と信号出力端子との間のアイソレーションを向上させることができ、第2の増幅器の異常発振等の不安定動作を回避することができる。

【0178】

本発明の第1の移動体通信端末によれば、上記した本発明の第1の高周波増幅回路を有するため、それと同様の効果を有する。

20

【0179】

本発明の第2の移動体通信端末によれば、上記した本発明の第2の高周波増幅回路を有するため、それと同様の効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の高周波増幅回路の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の高周波増幅回路における第1および第2の切替スイッチの構成を示す回路図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態の高周波増幅回路の構成を示すブロック図である。

30

【図4】本発明の第2の実施の形態の高周波増幅回路における第1および第2のスイッチの構成を示す回路図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態の高周波増幅回路における第3のスイッチの構成を示す回路図である。

【図6】従来の携帯電話端末の無線部の構成を示すブロック図である。

【図7】従来の携帯電話端末の無線部中の送信部および共用器部の構成を示すブロック図である。

【図8】従来の利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路の構成を示すブロック図である。

【図9】従来の利得制御機能を内蔵した高周波増幅回路における制御電圧と出力電力および動作電流の関係を示すグラフである。

40

【図10】本発明の第3の実施の形態の高周波増幅回路の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

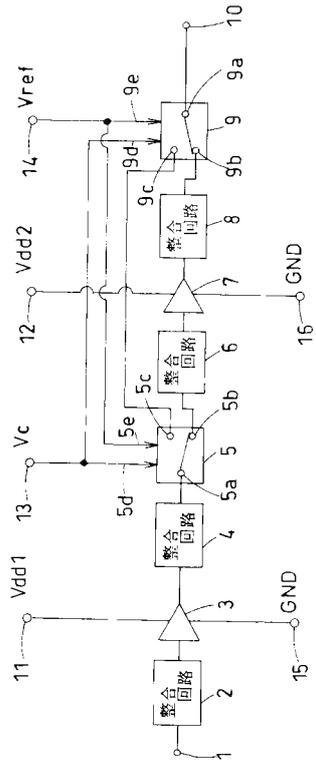
- 1 信号入力端子
- 2 インピーダンス整合回路
- 3 第1の増幅器
- 4 インピーダンス整合回路
- 5 第1のスイッチ
- 6 インピーダンス整合回路
- 7 第2の増幅器
- 8 インピーダンス整合回路

50

9	第2のスイッチ	
10	信号出力端子	
11	電源端子	
12	電源端子	
13	制御端子	
14	基準電圧端子	
15	GND端子	
16	GND端子	
21	共通端子	
22	切替端子	10
23	切替端子	
25	キャパシタ	
26	電界効果トランジスタ	
27	抵抗	
28	キャパシタ	
29	抵抗	
30	抵抗	
31	キャパシタ	
32	電界効果トランジスタ	
33	抵抗	20
34	キャパシタ	
35	抵抗	
36	抵抗	
39	基準電圧端子	
40	制御端子	
41	信号入力端子	
42	インピーダンス整合回路	
43	第1の増幅器	
44	インピーダンス整合回路	
45	第1のスイッチ	30
46	インピーダンス整合回路	
47	第2の増幅器	
48	インピーダンス整合回路	
49	第2のスイッチ	
50	第3のスイッチ	
51	信号出力端子	
52	電源端子	
53	電源端子	
54	制御端子	
55	基準電圧端子	40
56	GND端子	
57	GND端子	
58	第4のスイッチ	
61	端子	
62	キャパシタ	
63	電界効果トランジスタ	
64	キャパシタ	
65	端子	
66	抵抗	
67	抵抗	50

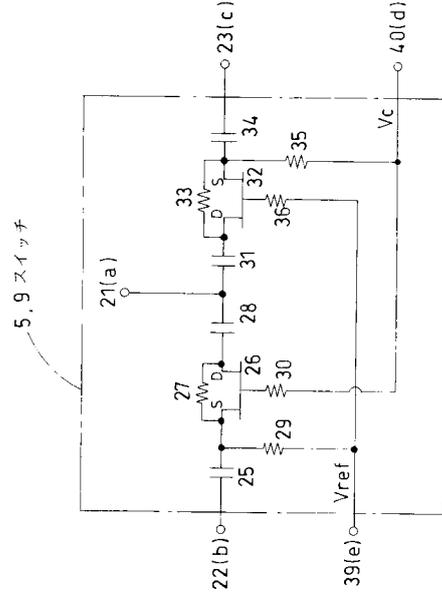
6 8	抵抗	
6 9	基準電圧端子	
7 0	制御端子	
7 1	端子	
7 2	キャパシタ	
7 3	電界効果トランジスタ	
7 4	キャパシタ	
7 5	端子	
7 6	抵抗	
7 7	抵抗	10
7 8	抵抗	
7 9	制御端子	
8 0	基準電圧端子	
1 0 1	信号入力端子	
1 0 2	発振器	
1 0 3	アップコンバータ	
1 0 4	高周波増幅回路	
1 0 5	高出力高周波増幅回路	
1 0 6	デュプレクサ	
1 0 7	アンテナ	20
1 0 8	信号出力端子	
1 1 1	利得制御増幅器	
1 1 2	ミキサ	
1 2 1	信号入力端子	
1 2 2	インピーダンス整合回路	
1 2 3	増幅器	
1 2 4	インピーダンス整合回路	
1 2 5	アッテネータ	
1 2 6	インピーダンス整合回路	
1 2 7	増幅器	30
1 2 8	インピーダンス整合回路	
1 2 9	信号出力端子	

【 図 1 】

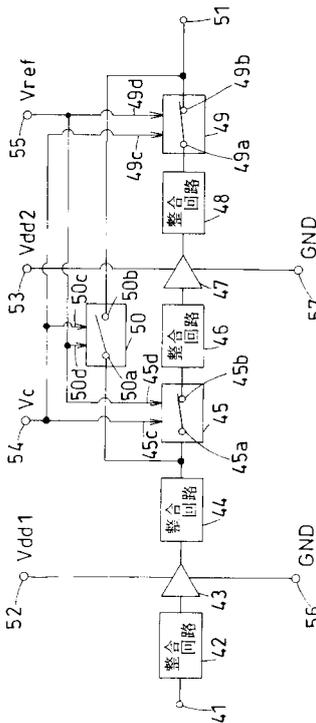


- 1...信号入力端子
- 2...増幅器
- 3...スイッチ
- 4...増幅器
- 5...増幅器
- 6...増幅器
- 7...増幅器
- 8...増幅器
- 9...増幅器
- 10...信号出力端子
- 11...電源端子
- 12...電源端子
- 13...電源端子
- 14...電源端子
- 15...GND端子
- 16...GND端子

【 図 2 】

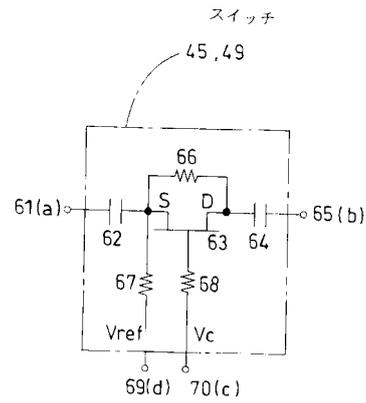


【 図 3 】

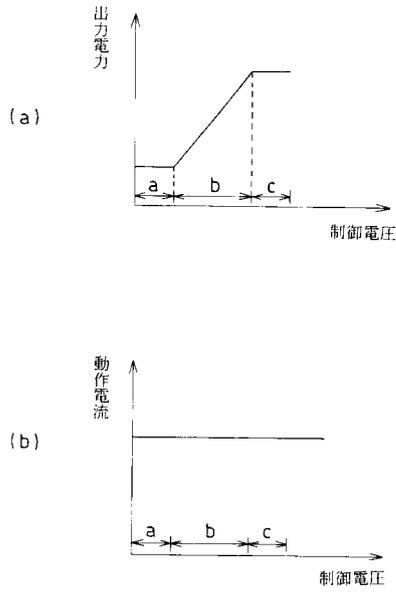


- 41...信号入力端子
- 42...増幅器
- 43...増幅器
- 44...増幅器
- 45...増幅器
- 46...増幅器
- 47...増幅器
- 48...増幅器
- 49...増幅器
- 50...増幅器
- 51...信号出力端子
- 52...電源端子
- 53...電源端子
- 54...電源端子
- 55...電源端子
- 56...GND端子
- 57...GND端子

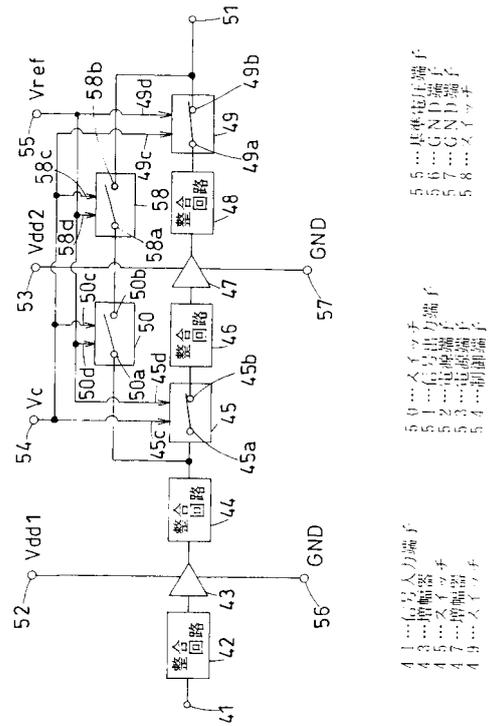
【 図 4 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷

H 0 3 K 17/00

H 0 4 B 1/04

H 0 4 B 1/40

F I

H 0 3 K 17/00

H 0 4 B 1/04

H 0 4 B 1/04

H 0 4 B 1/40

E

E

P

(72) 発明者 多良 勝司

大阪府高槻市幸町1番1号

松下電子工業株式会社内

審査官 佐藤 敬介

(56) 参考文献 特開2000-165311(JP, A)

実公平03-036097(JP, Y2)

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H03F 1/00-3/72