

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6580488号  
(P6580488)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int.Cl.	F I
H03F 1/02 (2006.01)	H03F 1/02
H03F 3/24 (2006.01)	H03F 3/24
H03F 1/32 (2006.01)	H03F 1/32
H04B 1/04 (2006.01)	H04B 1/04 R

請求項の数 11 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2015-544088 (P2015-544088)	(73) 特許権者	515116294
(86) (22) 出願日	平成25年11月14日 (2013.11.14)		イーティーエー デバイシズ, インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2015-535668 (P2015-535668A)		アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02142, ケンブリッジ, ファースト
(43) 公表日	平成27年12月14日 (2015.12.14)		ストリート 245, スイート 1125
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/070027	(74) 代理人	100078282
(87) 国際公開番号	W02014/085097		弁理士 山本 秀策
(87) 国際公開日	平成26年6月5日 (2014.6.5)	(74) 代理人	100113413
審査請求日	平成28年11月2日 (2016.11.2)		弁理士 森下 夏樹
(31) 優先権主張番号	61/730, 214	(74) 代理人	100181674
(32) 優先日	平成24年11月27日 (2012.11.27)		弁理士 飯田 貴敏
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100181641
(31) 優先権主張番号	13/833, 050		弁理士 石川 大輔
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013.3.15)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチレベル電力増幅器システムのための線形化回路および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力および RF 出力を有するシステムであって、前記システムは、

1 つ以上の RF 増幅器であって、それぞれは、RF 入力、RF 出力、および電力供給入力を有する、1 つ以上の RF 増幅器と、

前記 1 つ以上の RF 増幅器のうちの少なくとも 1 つの前記電力供給入力に電力供給電圧を提供するように結合された電圧制御ユニットであって、前記電圧制御ユニットは、増幅される信号の 1 つ以上の信号特性に部分的に基づいて、電圧レベルの離散セットの中から前記電力供給電圧を動的に選択する、電圧制御ユニットと、

前記 1 つ以上の RF 増幅器のうちの少なくとも 1 つへの前記 RF 入力を予歪することによって、前記システムの線形性を改善する線形化ユニットと

を備え、前記線形化ユニットは、デジタル予歪システムを備え、前記デジタル予歪システムは、最後の遷移以降の持続時間によってインデックス化された訓練を行う予歪訓練システムを含む、システム。

【請求項 2】

前記線形化ユニットは、少なくとも部分的に、前記電圧レベルの離散セットのうちの選択された 1 つに基づいて、インデックス化される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

少なくとも部分的に、前記選択された離散電圧レベルにインデックス化される様式において、前記線形化ユニットを訓練するための手段をさらに備える、請求項 1 に記載のシス

10

20

テム。

【請求項 4】

前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの少なくとも 1 つの前記離散電圧レベルの選択における変化による、前記システムの前記 R F 出力における外乱は、前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの 1 つの前記 R F 入力を介して導入される信号によって補償される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記補償信号は、前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの 1 つに対する入力のためのベースバンド信号内における付加的成分として導入される、請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記補償信号は、前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの 1 つに対する入力のためのベースバンド信号内におけるデジタルデータに適用される倍数因子として導入される、請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記線形化ユニットは、前記少なくとも 1 つの R F 増幅器の前記 R F 入力を決定するベースバンド信号にデジタル予歪を提供することによって前記システムの線形性を改善するように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記線形化ユニットは、離散電圧レベルの中からの前記電力供給電圧の選択と、前記システムの前記 R F 出力に基づく前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの少なくとも 1 つに提供される前記 R F 入力との間における時間的整合を調節するように構成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記 1 つ以上の R F 増幅器は、動作状態の離散セットの間で切り替えられ、前記システムは、信号レベルに対する複数の可能な状態遷移点を有するように提供される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記予歪訓練システムは、P A システムの選択された状態、および遷移点における信号レベルのうちの 1 つ以上によってインデックス化された訓練を行う、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記予歪訓練システムは、前記電力供給レベルの間の遷移の間、ゲート訓練データを使用することにより、データのサンプルを除外する、請求項 1 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(分野)

本明細書に開示される主題は、概して、無線周波数 (R F) システムに関し、より具体的には、マルチレベル電力増幅器システムのための回路および技術に関する。

【背景技術】

【0002】

(背景)

当技術分野で公知のように、無線周波数 (R F) 電力増幅器システムにおいて、高効率と高線形性との両方を達成することが、長年にわたる課題である。そのようなシステムにおける効率を改善する 1 つの手段が、電力増幅器システムが、動作状態のセットの間の離散遷移を用いて切り替えられるアーキテクチャである。例えば、これは、R F 増幅器システムを含み、F 電力増幅器システムの一部として提供される 1 つ以上の電力増幅器のためのドレインバイアス電圧が、2 つ以上の可能なソースまたはレベル (例えば、複数の離散供給電圧の中から選択される) から動的に選択される。

【0003】

電力増幅器システムを形成する1つ以上の電力増幅器のためのドレインバイアスが、複数のソースの中から動的選択を介して提供される電力増幅器システムの範囲が、存在する。例えば、いくつかの先行技術システムは、入力供給電圧の離散セットの中からドレインバイアス電圧を動的に選択し、次いで、付加的調整を提供し、連続変動ドレイン電圧（例えば、出力における所望のエンベロープを部分的に実現するための）を提供する。「クラスG」増幅器、マルチレベルLINC（MLINC）電力増幅器、非対称マルチレベルアウトフェイズ（AMO）電力増幅器、およびマルチレベルバックオフ増幅器を含む他の先行技術システムは、離散ドレインレベルを直接活用する。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

10

【0004】

（概要）

代替として、および本明細書に説明される概念、システム、および技術の一側面によると、いくつかの動作条件のための離散レベルのセットの間で切り替え、ドレインバイアスを他の条件のための連続エンベロープトラッキングを提供する入力に切り替える、電力増幅器システムを提供することができることが認識されている。そのような条件として、連続エンベロープトラッキングの効率ペナルティがそれほど厳密ではないように、非常に低いバンド幅または電力レベルにおいて動作するときに挙げられ得る。

【0005】

また、説明されるのは、切替状態のRF電力増幅器システムにおけるデジタル予歪（DPD）およびパルスキャンセルを含む、高線形性かつ高効率電力増幅器を達成するための概念、回路、システム、および方法である。これは、コンポーネント電力増幅器が動作状態のセットの間で切り替えられる電力増幅器システムに改善された線形性を提供するための概念、回路、システム、および方法を含む。これは、例えば、1つ以上の電力増幅器を有し、RF増幅器システムにおける1つ以上の電力増幅器（PA）のうちの少なくとも1つのためのドレインバイアス電圧が、2つ以上の可能なソースまたはレベルから動的に選択される（例えば、複数の離散供給電圧の間で切り替えられる）、RF増幅器システムを含む。

20

【0006】

切替状態の電力増幅器の特徴は、実際には、選択された状態に伴って（例えば、選択されたドレイン電圧供給に伴って）変動するため、また、本明細書に説明されるのは、線形性を向上させるために使用される信号予歪がシステムの選択された状態によって部分的にインデックス化されるシステムである。そのような状態ベースの（または供給ベースの）デジタル予歪（SB-DPD）は、システムの動作が異なる状態の間で切り替えられるとき、平滑な（高線形性）出力が切替状態の電力増幅器システムから維持されることを可能にする。

30

【0007】

さらに、切替状態の電力増幅器システムが、異なる離散状態の間で変化されると、望ましくない成分は、遷移の間、かつその周囲において、PA出力の中に投入され得る（例えば、PAドレインバイアスは、ドレインバイアスが供給切替により変動すると、出力における過渡をもたらす付加的入力として作用するため）。また、対処されるのは、「パルスキャンセル」技術を導入することによって、スペクトルにおける不要な成分出力を導入する状態変化の問題であり、RF出力の外乱（例えば、PAのドレイン入力における）の影響は、遷移PAまたは異なるPAのRF駆動入力を介して導入されるキャンセル信号によってPA出力において補償される（または「キャンセルされる」）。

40

【0008】

また、本明細書に説明されるのは、RF電力増幅器システムにおける高線形性を達成するための手段を対象とする概念であり、それによって、高効率と高線形性との両方を有するRF電力増幅器システムをもたらす。

【0009】

50

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、電力増幅器システムは、いくつかの動作条件のための離散レベルのセットの間で切り替え、ドレインバイアスを他の条件のための連続エンベロープトラッキングを提供する入力に切り替える切替システムを含む。

【0010】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、本方法は、高線形性かつ高効率電力増幅器を提供するために、切替状態のRF電力増幅器システムにおけるデジタル予歪(DPD)およびパルスキャンセルを含む。

【0011】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、コンポーネント電力増幅器が動作状態のセットの間で切り替えられる電力増幅器システムにおける改善された線形性を提供するための回路は、RF増幅器システムを備える1つ以上の構成要素の電力増幅器のためのドレインバイアス電圧が2つ以上の可能性があるソースまたはレベルから動的に選択されるRF増幅器システムを含む。

10

【0012】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、信号予歪が線形性を向上させるために使用されるシステムは、少なくとも部分的に、システムの選択された状態によってインデックス化される。

【0013】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、システムの動作として、平滑な(高線形性)出力を切替状態の電力増幅器システムから維持されることを可能にする状態ベースの(または供給ベースの)デジタル予歪(SB-DPD)システムが、異なる状態の間で切り替えられる。

20

【0014】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、本システムは、異なる離散状態の間で変化する切替状態の電力増幅器システムの結果として、切替状態の電力増幅器システムの出力の中に投入される望ましくない信号成分をキャンセルするために、パルスキャンセルを提供するための手段を備える。

【0015】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、本システムは、RF電力増幅器(PA)システムの出力スペクトルにおける1つ以上の不要な信号成分にตอบสนองするキャンセル手段を含む。一実施形態では、不要な信号成分は、RF PAシステムにおける状態変化の結果であり、キャンセル手段は、(a) RF PAシステム出力の外乱の影響が、キャンセル信号によって電力増幅器の出力において補償されるように、RF PAシステムにおける1つ以上の不要な信号成分を生じさせる電力増幅器のRF駆動入力におけるキャンセル信号、または(b) RF PAシステム出力の外乱の影響が、キャンセル信号によって電力増幅器の出力において補償されるように、RF PAシステムにおける1つ以上の不要な信号成分を直接生じさせない電力増幅器のRF駆動入力におけるキャンセル信号の少なくとも1つを提供する。

30

【0016】

この特定の配列を用いて、切替状態の電力増幅器システムにおける高度な線形性を達成するためのシステムおよび関連技術が、提供される。

40

【0017】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術の別の側面によると、システムは、それぞれ、RF入力、RF出力、および電力供給入力を有する1つ以上のRF増幅器と、電力供給電圧を、1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの電力供給入力に提供するように結合される電圧制御ユニットであって、部分的に、増幅される信号の1つ以上の信号特性に基づいて、異なる入力またはレベルの中から電力供給電圧を動的に選択する、電圧制御ユニットと、1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つへのRF入力を予歪することによって、システムの線形性を改善する線形化ユニットとを備える。

50

## 【 0 0 1 8 】

－実施形態では、線形化ユニットは、デジタル予歪ユニットを含む。

## 【 0 0 1 9 】

－実施形態では、線形化ユニットは、少なくとも部分的に、1つ以上の選択された電力供給レベルまたは入力に基づいて、インデックス化される。

## 【 0 0 2 0 】

－実施形態では、システムはさらに、少なくとも部分的に、選択された電力供給レベルまたは入力に基づいて、インデックス化されるように、線形化システムを訓練するための手段をさらに備える。

## 【 0 0 2 1 】

－実施形態では、電圧制御ユニットは、レベルの離散セットの中から第1のRF増幅器の電力供給入力に印加される電力供給電圧を動的に選択する。

## 【 0 0 2 2 】

－実施形態では、電圧制御ユニットは、第1のセットの動作条件のための電圧レベルの離散セットの中から第1のRF増幅器のための電力供給電圧を動的に選択するように構成され、第1のセットに含まれない他の動作条件に関する第1のRF増幅器のための連続エンベロップトラッキングを提供するように構成される。

## 【 0 0 2 3 】

－実施形態では、1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの電力供給入力の選択における変化によるシステムのRF出力の外乱は、1つ以上のRF増幅器のうちの1つのRF入力を介して導入される信号によって補償される。

## 【 0 0 2 4 】

－実施形態では、システムは、第1および第2の電力増幅器を有し、第1の電力増幅器の電力供給入力選択における変化によるシステムのRF出力の外乱は、第2の電力増幅器のRF入力を介して導入される信号によって補償される。

## 【 0 0 2 5 】

－実施形態では、補償信号は、1つ以上のRF増幅器のうちの1つに対する入力のためのベースバンド信号内における付加的成分として導入される。

## 【 0 0 2 6 】

－実施形態では、補償信号は、1つ以上のRF増幅器のうちの1つに対する入力のためのベースバンド信号内におけるデジタルデータに適用される倍数因子として導入される。

## 【 0 0 2 7 】

－実施形態では、線形化ユニットは、デジタル予歪を少なくとも1つのRF増幅器のRF入力を決定するベースバンド信号に提供することによってシステムの線形性を改善するように構成される。

## 【 0 0 2 8 】

－実施形態では、線形化ユニットは、異なる入力またはレベルの中からの電力供給電圧の選択と、システムのRF出力に基づく1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つに提供されるRF入力との間における時間的整合を調節するように構成される。

## 【 0 0 2 9 】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる別の側面によると、電力増幅器システムは、少なくとも部分的に、電力増幅器システムのデータ入力に提供されるデータに基づいて、動作状態の離散セットの間で切り替えられる1つ以上の電力増幅器と、少なくとも1つの電力増幅器に提供される信号のデジタル予歪によって電力増幅器システムの線形性を改善するために、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つに結合される、デジタル予歪(DPD)システムとを備える。

## 【 0 0 3 0 】

－実施形態では、動作状態の離散セットは、少なくとも部分的に、1つ以上の電力増幅器の少なくとも1つのための少なくとも1つのドレインバイアス電圧の選択によって決定され、少なくとも1つのドレインバイアス電圧は、複数のソースまたはレベルの中から選

10

20

30

40

50

択される。

【 0 0 3 1 】

一実施形態では、1つ以上の電力増幅器は、複数の電力増幅器に対応し、複数の電力増幅器のそれぞれは、1つ以上の動作状態を有し、複数の電力増幅器のそれぞれのための動作状態のセットは、少なくとも部分的に、電力増幅を提供するように選択される電力増幅器の数によって決定される。

【 0 0 3 2 】

一実施形態では、電力増幅器システムはさらに、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つに結合される、パルスキャンセルシステムをさらに備え、動作状態の離散セットの間の切り替えによる電力増幅器システムのRF出力におけるRF出力信号の変動は、少なくとも部分的に、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つのRF入力を介して導入されるキャンセル信号によって電力増幅器出力においてキャンセルされる。

10

【 0 0 3 3 】

一実施形態では、電力増幅器システムはさらに、電力増幅器システムの出力におけるRF出力信号の少なくとも一部を結合するように配置されるカプラをさらに備え、キャンセル信号は、少なくとも部分的に、カプラによって結合される信号から決定される。

【 0 0 3 4 】

一実施形態では、デジタル予歪(DPD)システムは、予歪されたデジタル信号を少なくとも1つの電力増幅器のためのRF入力信号に変換する少なくとも1つのデジタル/RF変調器を含む。

20

【 0 0 3 5 】

一実施形態では、デジタル予歪(DPD)システムは、動作状態の間における1つ以上の電力増幅器の切替と、少なくとも部分的に、電力増幅器システムの感知されたRF出力信号に基づく少なくとも1つの電力増幅器に対する予歪されたRF入力信号の印加との間における時間的整合を調節するように構成される。

【 0 0 3 6 】

一実施形態では、デジタル予歪(DPD)システムは、少なくとも部分的に、動作状態に基づいて、時間的整合を調節するように構成される。

【 0 0 3 7 】

一実施形態では、信号レベルに対する複数の可能な状態遷移点が存在する。

30

【 0 0 3 8 】

一実施形態では、電力増幅器システムは、伝送器の一部として実装され、デジタル予歪システムは、少なくとも部分的に、伝送されるデータのサンプルに基づいて、訓練を行う予歪訓練システムを含む。

【 0 0 3 9 】

一実施形態では、デジタル予歪システムは、PAシステムの選択された状態、最後の遷移以降の持続時間、および遷移点における信号レベルのうちの1つ以上によって、インデックス化される訓練を行う予歪訓練システムを含む。

【 0 0 4 0 】

一実施形態では、デジタル予歪システムは、電力供給レベルの間における遷移の間、ゲート訓練データを使用し、データのサンプルを除外する、予歪訓練システムを含む。

40

【 0 0 4 1 】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、RFシステムは、それぞれRF入力、RF出力、および電力供給入力を有する1つ以上のRF増幅器と、電力供給電圧を、1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの電力供給入力に提供するように結合される電圧制御ユニットであって、少なくとも部分的に、増幅される信号の1つ以上の信号特性に基づいて、3つ以上の離散電圧レベルの中から電力供給電圧を動的に選択するように構成される、電圧制御ユニットとを備える。

【 0 0 4 2 】

一実施形態では、1つ以上のRF増幅器は、1つ以上のRF電力増幅器として提供され

50

る。

【 0 0 4 3 】

一実施形態では、電圧制御ユニットは、少なくとも部分的に、増幅される信号の1つ以上の信号特性に基づいて、4つ以上の離散電圧レベルの中から電力供給電圧を動的に選択する。

【 0 0 4 4 】

一実施形態では、電圧制御ユニットによって少なくとも1つのRF増幅器の電力供給入力に提供される電力供給電圧は、第1のセットの動作条件のための3つ以上の離散電圧レベルの中から選択され、第1のセットに含まれない他の動作条件のための連続エンベロップトラッキングを提供する入力から導出される。

10

【 0 0 4 5 】

一実施形態では、1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの選択された電力供給電圧レベルにおける変化によるシステムのRF出力の外乱は、1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つのRF入力を介して印加された信号によって補償される。

【 0 0 4 6 】

一実施形態では、システムは、第1および第2の電力増幅器を有し、第1の電力増幅器の電力供給入力選択における変化によるシステムのRF出力の外乱は、第2の電力増幅器のRF入力を介して導入される信号によって補償される。

【 0 0 4 7 】

一実施形態では、補償信号は、ベースバンド信号内における付加的成分として導入される。

20

【 0 0 4 8 】

一実施形態では、補償信号は、ベースバンド信号内におけるデジタルデータに適用される倍数因子として導入される。

【 0 0 4 9 】

一実施形態では、本システムは、電圧制御ユニットと関連付けられるRF増幅器のそれぞれに結合される線形化ユニットをさらに備え、線形化ユニットは、1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つに対するRF入力を歪めることによってシステムの線形性を改善するように構成され、歪めは、少なくとも部分的に、選択された電力供給電圧レベルにインデックス化される。

30

【 0 0 5 0 】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、RF電力増幅器システムは、それぞれ、RF入力、RF出力、および電力供給入力を有する1つ以上の電力増幅器であって、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つの電力供給入力に提供される電力供給電圧は、少なくとも部分的に、増幅される信号の1つ以上の信号特性に基づいて、3つ以上の異なる電圧レベルの中から動的に選択される、増幅器を備える。

【 0 0 5 1 】

一実施形態では、少なくとも1つの電力増幅器の電力供給入力に提供される電力供給電圧は、少なくとも部分的に、増幅される信号の1つ以上の信号特性に基づいて、4つ以上の異なる電圧レベルの中から動的に選択される。

40

【 0 0 5 2 】

一実施形態では、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つの電力供給入力の選択における変化による電力増幅器システムのRF出力におけるRF出力信号の変動は、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つのRF入力に提供される補償信号によって補償される。

【 0 0 5 3 】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術のさらなる側面によると、無線周波数(RF)電力増幅器システムは、少なくとも部分的に、電力増幅器システムのデータ入力に提供されるデータに基づいて、3つ以上の動作状態の離散セットの間で切り替

50

えられる1つ以上の電力増幅器を備える。

【0054】

一実施形態では、3つ以上の動作状態の離散セットは、少なくとも部分的に、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つのための少なくとも1つのドレインバイアス電圧の選択によって決定され、少なくとも1つのドレインバイアス電圧は、複数のソースまたはレベルの中から選択される。

【0055】

一実施形態では、1つ以上の電力増幅器は、複数の電力増幅器を含み、複数の電力増幅器のそれぞれは、1つ以上の動作状態を有し、複数の電力増幅器のそれぞれのための動作状態のセットは、少なくとも部分的に、電力増幅を提供するように選択される電力増幅器の数によって決定される。

10

【0056】

一実施形態では、電力増幅器システムは、少なくとも部分的に、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つのRF入力において、キャンセル信号を導入することによって、動作状態の離散セットの間で切り替えることによってもたらされる電力増幅器システムのRF出力におけるRF出力信号の変動をキャンセルするために、1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つに結合される、パルスキャンセルシステムをさらに備える。

【0057】

一実施形態では、電力増幅器システムはさらに、電力増幅器システムのRF出力信号の少なくとも一部をパルスキャンセルシステムに結合するカプラをさらに備え、パルスキャンセルシステムは、少なくとも部分的に、結合された信号から基づいて、1つ以上のキャンセル信号を生成するように構成される。

20

【0058】

一実施形態では、1つ以上の電力増幅器は、少なくとも部分的に、電力増幅器システムのデータ入力に提供されるデータに基づいて、4つ以上の動作状態の離散セットの間で切り替えられる。

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目1)

入力およびRF出力を有するシステムであって、前記システムは、  
1つ以上のRF増幅器であって、それぞれは、RF入力、RF出力、および電力供給入力を有する、1つ以上のRF増幅器と、

30

前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの前記電力供給入力に電力供給電圧を提供するように結合された電圧制御ユニットであって、前記電圧制御ユニットは、伝送される信号の1つ以上の信号特性に部分的に基づいて、異なる入力またはレベルの中から前記電力供給電圧を動的に選択する、電圧制御ユニットと、

前記電圧制御ユニットに結合された前記少なくとも1つのRF増幅器のそれぞれに結合された線形化システムであって、前記線形化システムは、前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つに対する前記RF入力が予歪される前記システムの線形性を改善するためのものであり、前記印加された予歪は、少なくとも部分的に、電力供給レベルの選択によってインデックス化される、線形化システムと

40

を備える、システム。

(項目2)

前記RF増幅器は、RF電力増幅器として提供される、項目1に記載のシステム。

(項目3)

前記線形化システムは、少なくとも部分的に、前記選択された電力供給レベルまたは入力に基づいて、インデックス化される、項目1に記載のシステム。

(項目4)

前記線形化システムが、少なくとも部分的に、前記選択された電力供給レベルまたは入力に基づいて、インデックス化されるように、前記線形化システムを訓練するための手段をさらに備える、項目1に記載のシステム。

50



( 項目 5 )

前記 R F 増幅器の電力供給入力に印加される電圧が、レベルの離散セットの中から選択される、項目 1 に記載のシステム。

( 項目 6 )

前記 R F 増幅器の電力供給入力に印加される電圧が、第 1 のセットの動作条件のための電圧レベルの離散セットの中から、および前記第 1 のセットに含まれない他の動作条件のための連続エンベロープトラッキングを提供する入力から選択される、項目 1 に記載のシステム。

( 項目 7 )

前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの少なくとも 1 つの前記電力供給入力の選択における変化による、前記システムの R F 出力の外乱は、前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの 1 つの R F 入力を介して導入される信号によって補償される、項目 1 に記載のシステム。

10

( 項目 8 )

前記システムは、第 1 および第 2 の電力増幅器を有し、前記第 1 の電力増幅器の電力供給入力選択における変化による、前記システムの R F 出力の外乱は、前記第 2 の電力増幅器の R F 入力を介して導入される信号によって補償される、項目 7 に記載のシステム。

( 項目 9 )

前記補償信号は、前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの 1 つに対する入力のためのベースバンド信号内における付加的成分として導入される、項目 7 に記載のシステム。

20

( 項目 10 )

前記補償信号は、前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの 1 つに対する入力のためのベースバンド信号内におけるデジタルデータに適用される倍数因子として導入される、項目 7 に記載のシステム。

( 項目 11 )

入力および R F 出力を有する電力増幅器システムであって、前記電力増幅器システムは、

1 つ以上の電力増幅器であって、それぞれは、R F 入力、R F 出力、および電力供給入力を有し、少なくとも 1 つの電力増幅器のために前記電力供給入力に提供される電力供給電圧は、伝送される信号の 1 つ以上の信号特性に部分的に基づいて、異なる入力またはレベルの中から動的に選択される、1 つ以上の電力増幅器

30

を備え、

前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つの電力供給入力の選択における変化による、前記電力増幅器システムの R F 出力における R F 出力信号の変動は、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つの R F 入力に提供される補償信号によって補償される、電力増幅器システム。

( 項目 12 )

第 1 の電力増幅器のための前記電力供給入力の選択における変化による、前記電力増幅器システムの R F 出力信号の変動は、前記第 1 の電力増幅器の R F 入力を介して導入される信号によって補償される、項目 11 に記載の電力増幅器システム。

( 項目 13 )

40

前記電力増幅器システムは、第 1 および第 2 の電力増幅器を有し、前記第 1 の電力増幅器の電力供給入力選択における変化による、前記電力増幅器システムの R F 出力における R F 出力信号の変動は、前記第 2 の電力増幅器の R F 入力を介して導入される信号によって補償される、項目 11 に記載の電力増幅器システム。

( 項目 14 )

前記補償信号は、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの 1 つに対する入力のためのベースバンド信号内における付加的成分として、前記 R F 入力に提供される、項目 11 に記載の電力増幅器システム。

( 項目 15 )

前記補償信号は、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つに対する入力のため

50

めのベースバンド信号内において提供されるデジタルデータに適用される倍数因子として提供される、項目 1 1 に記載の電力増幅器システム。

(項目 1 6)

データ入力および R F 出力を有する電力増幅器システムであって、前記電力増幅器システムは、

前記電力増幅器システムのデータ入力に提供されるデータに少なくとも部分的に基づいて、動作状態の離散セットの間で切り替えられる 1 つ以上の電力増幅器と、

前記 1 つ以上の電力増幅器の少なくとも 1 つに結合された状態ベースのデジタル予歪 (S B - D P D) システムであって、前記 S B - D P D システムは、前記 1 つ以上の電力増幅器の 1 つ以上に提供される信号の予歪によって前記電力増幅器システムの線形性を改善するためのものであり、前記予歪は、少なくとも部分的に、前記 1 つ以上の電力増幅器の動作状態に依存する、S B - D P D システムと

を備える、電力増幅器システム。

(項目 1 7)

前記動作状態のセットは、少なくとも部分的に、前記 1 つ以上の電力増幅器の少なくとも 1 つのための少なくとも 1 つのドレインバイアス電圧の選択によって決定され、前記少なくとも 1 つのドレインバイアス電圧は、複数のソースまたはレベルの中から選択される、項目 1 6 に記載の電力増幅器システム。

(項目 1 8)

前記 1 つ以上の電力増幅器は、複数の電力増幅器に対応し、前記複数の電力増幅器のそれぞれは、1 つ以上の動作状態を有し、

前記複数の電力増幅器のそれぞれのための前記動作状態のセットは、少なくとも部分的に、電力増幅を提供するように選択される電力増幅器の数によって決定される、項目 1 6 に記載の電力増幅器システム。

(項目 1 9)

前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つに結合されたパルスキャンセルシステムをさらに備え、前記動作状態の離散セットの間の切り替えによる、前記電力増幅器システムの R F 出力における R F 出力信号の変動は、少なくとも部分的に、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つの R F 入力を介して導入されるキャンセル信号によって、前記電力増幅器出力においてキャンセルされる、項目 1 6 に記載の電力増幅器システム。

(項目 2 0)

前記電力増幅器システムの出力において R F 出力信号の少なくとも一部を結合するように配置されたカプラをさらに備え、

前記キャンセル信号は、少なくとも部分的に、前記カプラによって測定された信号から決定される、項目 1 9 に記載の電力増幅器システム。

(項目 2 1)

入力および R F 出力を有するシステムであって、前記システムは、

1 つ以上の R F 増幅器であって、それぞれは、R F 入力、R F 出力、および電力供給入力を有する、1 つ以上の R F 増幅器と、

前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの少なくとも 1 つの電力供給入力に電力供給電圧を提供するように結合された電圧制御ユニットであって、前記電圧制御ユニットは、増幅される信号の 1 つ以上の信号特性に部分的に基づいて、異なる入力またはレベルの中から前記電力供給電圧を動的に選択する、電圧制御ユニットと、

前記 1 つ以上の R F 増幅器のうちの少なくとも 1 つへの前記 R F 入力を予歪することによって、前記システムの線形性を改善する線形化ユニットと

を備える、システム。

(項目 2 2)

前記線形化ユニットは、デジタル予歪ユニットを含む、項目 2 1 に記載のシステム。

(項目 2 3)

前記線形化ユニットは、少なくとも部分的に、1つ以上の選択された電力供給レベルまたは入力に基づいて、インデックス化される、項目22に記載のシステム。

(項目24)

少なくとも部分的に、前記選択された電力供給レベルまたは入力にインデックス化される様式において、前記線形化ユニットを訓練するための手段をさらに備える、項目22に記載のシステム。

(項目25)

前記電圧制御ユニットは、レベルの離散セットの中から、第1のRF増幅器の前記電力供給入力に印加される前記電力供給電圧を動的に選択する、項目21に記載のシステム。

(項目26)

前記電圧制御ユニットは、第1のセットの動作条件のための電圧レベルの離散セットの中から第1のRF増幅器のための前記電力供給電圧を動的に選択し、前記第1のセットに含まれない他の動作条件に関する前記第1のRF増幅器のための連続エンベロープトラッキングを提供する、項目21に記載のシステム。

(項目27)

前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの前記電力供給入力の選択における変化による、前記システムのRF出力の外乱は、前記1つ以上のRF増幅器のうちの1つのRF入力を介して導入される信号によって補償される、項目21に記載のシステム。

(項目28)

前記システムは、第1および第2の電力増幅器を有し、前記第1の電力増幅器の電力供給入力選択における変化による、前記システムのRF出力の外乱は、前記第2の電力増幅器のRF入力を介して導入される信号によって補償される、項目27に記載のシステム。

(項目29)

前記補償信号は、前記1つ以上のRF増幅器のうちの1つに対する入力のためのベースバンド信号内における付加的成分として導入される、項目27に記載のシステム。

(項目30)

前記補償信号は、前記1つ以上のRF増幅器のうちの1つに対する入力のためのベースバンド信号内におけるデジタルデータに適用される倍数因子として導入される、項目27に記載のシステム。

(項目31)

前記線形化ユニットは、前記少なくとも1つのRF増幅器のRF入力を決定するベースバンド信号にデジタル予歪を提供することによって前記システムの線形性を改善するように構成されている、項目21に記載のシステム。

(項目32)

前記線形化ユニットは、異なる入力またはレベルの中からの前記電力供給電圧の選択と、前記システムのRF出力に基づく前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つに提供される前記RF入力との間における時間的整合を調節するように構成されている、項目21に記載のシステム。

(項目33)

データ入力およびRF出力を有する電力増幅器システムであって、前記電力増幅器システムは、

前記電力増幅器システムのデータ入力に提供されるデータに少なくとも部分的に基づいて、動作状態の離散セットの間で切り替えられる1つ以上の電力増幅器と、

前記少なくとも1つの電力増幅器に提供される信号のデジタル予歪によって前記電力増幅器システムの線形性を改善するために、前記1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つに結合されているデジタル予歪(DPD)システムと

を備える、電力増幅器システム。

(項目34)

前記動作状態の離散セットは、少なくとも部分的に、前記1つ以上の電力増幅器の少なくとも1つのための少なくとも1つのドレインバイアス電圧の選択によって決定され、前

10

20

30

40

50

記少なくとも1つのドレインバイアス電圧は、複数のソースまたはレベルの中から選択される、項目33に記載の電力増幅器システム。

(項目35)

前記1つ以上の電力増幅器は、複数の電力増幅器に対応し、前記複数の電力増幅器のそれぞれは、1つ以上の動作状態を有し、

前記複数の電力増幅器のそれぞれのための前記動作状態のセットは、少なくとも部分的に、電力増幅を提供するように選択される電力増幅器の数によって決定される、項目33に記載の電力増幅器システム。

(項目36)

前記1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つに結合されたパルスキャンセルシステムをさらに備え、前記動作状態の離散セットの間の切り替えによる、前記電力増幅器システムのRF出力におけるRF出力信号の変動は、少なくとも部分的に、前記1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つのRF入力を介して導入されるキャンセル信号によって前記電力増幅器出力においてキャンセルされる、項目33に記載の電力増幅器システム。

10

(項目37)

前記電力増幅器システムの出力におけるRF出力信号の少なくとも一部を結合するように配置されたカプラをさらに備え、

前記キャンセル信号は、少なくとも部分的に、前記カプラによって結合される信号から決定される、項目36に記載の電力増幅器システム。

20

(項目38)

前記デジタル予歪(DPD)システムは、予歪されたデジタル信号を前記少なくとも1つの電力増幅器のためのRF入力信号に変換する少なくとも1つのデジタル/RF変調器を含む、項目33に記載の電力増幅器システム。

(項目39)

前記デジタル予歪(DPD)システムは、動作状態の間の1つ以上の電力増幅器の前記切替と、前記電力増幅器システムの感知されたRF出力信号に少なくとも部分的に基づく前記少なくとも1つの電力増幅器に対する予歪されたRF入力信号の印加との間の時間的整合を調節するように構成されている、項目38に記載の電力増幅器システム。

(項目40)

前記デジタル予歪(DPD)システムは、動作状態に少なくとも部分的に基づいて、前記時間的整合を調節するように構成されている、項目39に記載の電力増幅器システム。

30

(項目41)

信号レベルに対する複数の可能性な状態遷移点が存在する、項目33に記載の電力増幅器システム。

(項目42)

前記電力増幅器システムは、伝送器の一部として実装され、前記デジタル予歪システムは、伝送されるデータのサンプルに少なくとも部分的に基づいて、訓練を行う予歪訓練システムを含む、項目33に記載の電力増幅器システム。

(項目43)

前記デジタル予歪システムは、前記PAシステムの選択された状態、最後の遷移以降の持続時間、および前記遷移点における信号レベルのうちの1つ以上によって、インデックス化された訓練を行う予歪訓練システムを含む、項目33に記載の電力増幅器システム。

40

(項目44)

前記デジタル予歪システムは、前記電力供給レベルの間の遷移の間、ゲート訓練データを使用することにより、データのサンプルを除外する予歪訓練システムを含む、項目33に記載の電力増幅器システム。

(項目45)

入力およびRF出力を有する無線周波数(RF)システムであって、前記システムは、1つ以上のRF増幅器であって、それぞれは、RF入力、RF出力、および電力供給入

50

力を有する、1つ以上のRF増幅器と、

前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの電力供給入力に電力供給電圧を提供するように結合された電圧制御ユニットであって、前記電圧制御ユニットは、増幅される信号の1つ以上の信号特性に少なくとも部分的に基づいて、3つ以上の離散電圧レベルの中から前記電力供給電圧を動的に選択するように構成されている、電圧制御ユニットとを備える、システム。

(項目46)

前記1つ以上のRF増幅器は、1つ以上のRF電力増幅器として提供される、項目45に記載のシステム。

(項目47)

前記電圧制御ユニットは、前記増幅される信号の1つ以上の信号特性に少なくとも部分的に基づいて、4つ以上の離散電圧レベルの中から前記電力供給電圧を動的に選択する、項目45に記載のシステム。

(項目48)

前記電圧制御ユニットによって前記少なくとも1つのRF増幅器の電力供給入力に提供される前記電力供給電圧は、第1のセットの動作条件のための前記3つ以上の離散電圧レベルの中から選択され、前記第1のセットに含まれない他の動作条件のための連続エンベロープトラッキングを提供する入力から導出される、項目45に記載のシステム。

(項目49)

前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つの前記選択された電力供給電圧レベルにおける変化による、前記システムのRF出力の外乱は、前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つのRF入力を介して印加された信号によって補償される、項目45に記載のシステム。

(項目50)

前記システムは、第1および第2の電力増幅器を有し、前記第1の電力増幅器の電力供給入力選択における変化による、前記システムのRF出力の外乱は、前記第2の電力増幅器のRF入力を介して導入される信号によって補償される、項目49に記載のシステム。

(項目51)

前記補償信号は、ベースバンド信号内における付加的成分として導入される、項目49に記載のシステム。

(項目52)

前記補償信号は、ベースバンド信号内におけるデジタルデータに適用される倍数因子として導入される、項目49に記載のシステム。

(項目53)

前記電圧制御ユニットと関連付けられる前記RF増幅器のそれぞれに結合された線形化ユニットをさらに備え、前記線形化ユニットは、前記1つ以上のRF増幅器のうちの少なくとも1つに対する前記RF入力を予歪することによって前記システムの線形性を改善するように構成され、前記予歪は、少なくとも部分的に、前記選択された電力供給電圧レベルにインデックス化される、項目45に記載のシステム。

(項目54)

入力およびRF出力を有する無線周波数(RF)電力増幅器システムであって、前記電力増幅器システムは、

1つ以上の電力増幅器であって、それぞれは、RF入力、RF出力、および電力供給入力を有し、前記1つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも1つの電力供給入力に提供される電力供給電圧は、増幅される信号の1つ以上の信号特性に少なくとも部分的に基づいて、3つ以上の異なる電圧レベルの中から動的に選択される、1つ以上の電力増幅器を備える、電力増幅器システム。

(項目55)

前記少なくとも1つの電力増幅器の電力供給入力に提供される前記電力供給電圧は、前記増幅される信号の1つ以上の信号特性に少なくとも部分的に基づいて、4つ以上の異な

10

20

30

40

50

る電圧レベルの中から動的に選択される、項目 5 4 に記載の電力増幅器システム。

(項目 5 6)

前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つの電力供給入力を選択における変化による、前記電力増幅器システムの R F 出力における R F 出力信号の変動は、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つの R F 入力に提供される補償信号によって補償される、項目 5 5 に記載の電力増幅器システム。

(項目 5 7)

データ入力および R F 出力を有する無線周波数 ( R F ) 電力増幅器システムであって、前記電力増幅器システムは、

電力増幅器システムのデータ入力に提供されるデータに少なくとも部分的に基づいて、3 つ以上の動作状態の離散セットの間で切り替えられる 1 つ以上の電力増幅器を備える、電力増幅器システム。

10

(項目 5 8)

前記 3 つ以上の動作状態の離散セットは、少なくとも部分的に、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つのための少なくとも 1 つのドレインバイアス電圧の選択によって決定され、前記少なくとも 1 つのドレインバイアス電圧は、複数のソースまたはレベルの中から選択される、項目 5 7 に記載の電力増幅器システム。

(項目 5 9)

前記 1 つ以上の電力増幅器は、複数の電力増幅器を含み、前記複数の電力増幅器のそれぞれは、1 つ以上の動作状態を有し、

20

前記複数の電力増幅器のそれぞれのための前記動作状態のセットは、少なくとも部分的に、電力増幅を提供するように選択される電力増幅器の数によって決定される、項目 5 7 に記載の電力増幅器システム。

(項目 6 0)

パルスキャンセルシステムをさらに備え、前記パルスキャンセルシステムは、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つの R F 入力においてキャンセル信号を導入することによって、前記動作状態の離散セットの間で切り替えることによってもたらされる前記電力増幅器システムの R F 出力における R F 出力信号の変動を少なくとも部分的にキャンセルするために、前記 1 つ以上の電力増幅器のうちの少なくとも 1 つに結合されている、項目 5 7 に記載の電力増幅器システム。

30

(項目 6 1)

前記電力増幅器システムの R F 出力信号の少なくとも一部を前記パルスキャンセルシステムに結合するカプラをさらに備え、前記パルスキャンセルシステムは、前記結合された信号から少なくとも部分的に基づいて、1 つ以上のキャンセル信号を生成するように構成されている、項目 6 0 に記載の電力増幅器システム。

(項目 6 2)

前記 1 つ以上の電力増幅器は、前記電力増幅器システムのデータ入力に提供されるデータに少なくとも部分的に基づいて、4 つ以上の動作状態の離散セットの間で切り替えられる、項目 6 0 に記載の電力増幅器システム。

【図面の簡単な説明】

40

【 0 0 5 9 】

本発明の前述の特徴ならびに本発明自体は、以下の図面の説明からより完全に理解され得る。

【図 1】図 1 は、電力増幅器 ( P A ) に結合される電力供給バイアス信号が、伝送される信号の 1 つ以上の特性に応じて、複数の入力から動的に選択される無線周波数 ( R F ) 回路のブロック図である。

【図 2】図 2 は、2 つの異なる直接電流 ( D C ) 供給レベル、すなわち、第 1 のレベル ( レベル 1 ) および第 2 のレベル ( レベル 2 ) のための R F 出力電力および効率対 R F 入力電力のプロットである。

【図 3】図 3 および 3 A は、2 つの異なる D C 供給レベル、すなわち、より低いレベル (

50

L 1) およびより高いレベル (L 2) に伴って達成可能である出力 R F 出力振幅 (フェーザベクトルの長さ) の範囲を示す I Q 図である。

【図 4】図 4 は、所望の R F 出力振幅に基づいて、2 つの電力供給レベルの間で動的に切り替えることを含む、異なる P A 電力供給構成に関する効率対 R F 出力電力のプロットである。

【図 5】図 5 は、所望の出力電力を達成するために、出力を供給し、入力駆動を補償する電力増幅器の数を動的に切り替えるシステムのブロック図である。

【図 6】図 6 は、利得段切替を有するシステムのブロック図である。

【図 7】図 7 は、切替状態の電力増幅器システムのブロック図である。

【図 8】図 8 は状態ベースのデジタル予歪 (S B - D P D) システムを含む R F 増幅器のブロック図である。

10

【図 9】図 9 は、切替電力供給を伴い、状態ベースのデジタル予歪 (S B - D P D) システムを含む R F 増幅器のブロック図である。

【図 10】図 10 は、切替閾値、信号振幅、およびレベル選択対時間のプロットである。

【図 11】図 11 は、離散状態対時間のプロットである。

【図 12】図 12 は、遷移閾値を動的に選択するためのプロセスのフロー図である。

【図 13】図 13 は、レベルを選択するためのプロセスのフロー図である。

【図 14】図 14 は、切替閾値、信号振幅、およびレベル選択対時間のプロットである。

【図 15】図 15 は、個々の P A 出力を、単一の出力および電力増幅器を制御するためのサブシステムへ組み合わせる電力結合器とともに、複数の電圧から選択されるドレイン供給電圧をそれぞれが有することができる 2 つの電力増幅器を有するシステムのブロック図である。

20

【図 16】図 16 は、図 8 における線形ブロックのパルスキャンセル部のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0060】

( 詳細な説明 )

ここで、図 1 を参照すると、例示的システム 10 では、ドレインバイアスの動的切替が存在する。システム 10 は、例えば、この例示的实施形態では、R F 電力増幅器 (P A) として提供される無線周波数 (R F) 増幅器の電力供給入力に結合されることができ、複数のレベルを提供する入力ソース 24 (例えば、電力供給) を有する例示的 R F 伝送器 10 に対応してもよい。

30

【0061】

示されるように、R F システム 10 は、コントローラ 12 を含み、コントローラ 12 は、それに提供されるデータを受け取るように構成される入力と、デジタル / R F 変調器 14 に結合される 1 つ以上の出力とを有する。デジタル / R F 変調器 14 の出力が、ここでは R F 電力増幅器 16 として示される R F 増幅器 16 の入力に結合され、R F 増幅器 16 の出力は、遠隔ワイアレスエンティティ (図 1 において例証せず) への R F 伝送信号の伝送を促進するために、1 つ以上のアンテナ 17 の入力に結合される。

【0062】

40

コントローラ 12 はまた、電圧制御ユニット 18 に結合される出力を有する。電圧制御ユニット 18 は、可変供給電圧  $V(t)$  を R F 増幅器 16 のバイアス端子に提供してもよい。可変供給電圧  $V(t)$  の信号特性は、少なくとも部分的に、コントローラ 12 によって提供される制御信号の値または特性に基づく。一例示的实施形態では、デジタル / R F 変調器 14 は、コントローラ 12 から受信される入力情報 (例えば、 $I_1$ 、 $Q_1$ ) に基づいて、R F 入力信号を電力増幅器 16 に提供する。コントローラ 12 は、本明細書に説明される制御技術のいずれかを使用してよい。いくつかの実装では、コントローラ 12 は、伝送データが R F 伝送器 10 の R F 出力信号の内部において正確に表されることを確実にするために、電圧制御ユニット 18 の電圧制御と、デジタル / R F 変調器 14 に送達される振幅および位相情報とを使用してよい。コントローラ 12 は、R F 伝送器 10 の出

50

力電力レベル（例えば、伝送電力レベル）を制御／調節するために、デジタル／RF変調器14に送達される振幅情報を使用してもよい。いくつかの実装では、この出力電力制御能力は、RF伝送器10のための電力バックオフを提供するために使用されてもよい。

【0063】

電圧制御ユニット18では、電圧制御ユニット18は、コントローラ12に結合される入力と、複数のスイッチを備えるスイッチ回路22に結合される出力とを有する供給選択モジュール20を含む。例示的電圧制御ユニット18はさらに、複数の電圧レベルを提供するマルチレベル電力変換器24を含む。図1の例示的实施形態では、マルチレベル電力変換器24は、4つの電圧レベル $V_1 - V_4$ を提供し、スイッチ回路22は、同一数のスイッチ（すなわち、4つのスイッチ）を備える。しかしながら、概して、スイッチ回路22は、マルチレベル電力変換器24を介して利用可能である電圧の任意の所望の組み合わせが、スイッチ回路22の出力において提供されることを可能にするスイッチ構成を備える。

10

【0064】

例示的電圧制御ユニット18はさらに、スイッチ回路出力22とRF増幅器16のバイアス端子との間に結合される遷移成形フィルタ26を含む。

【0065】

図1の例示的システムでは、PAに対する電力供給入力は、伝送される信号に部分的に基づいて、異なる入力の間で動的に切り替えられる。電力供給入力（例えば、 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ ）は、固定アナログまたはデジタル電圧に対応してもよく、またはそれら自体が、所望の平均電力レベルあるいは伝送される信号の1つ以上に基づいて、動的に変動させられてもよい。切り替えられた電力供給レベルは、PAに直接印加されてもよく、または電力供給レベル間の許容可能遷移を提供するためにフィルタ処理されてもよい。

20

【0066】

図1のシステムは、いくつかの従来の電力増幅器（PA）実装において生じるものに加え、出力を合成する際に非線形性をもたらし得、かつ望ましくない信号を出力へ導入し得る、いくつかの特徴を有する。これは、隣接チャネル電力比（ACPR）およびエラーベクトル振幅（EVM）等の性能指数の減少につながり得る。

【0067】

図1の例示的システムは、入力信号（またはデータ）が変動するにつれて、異なる電力供給電源から動的に選択されるPAドレインバイアスを有する。ドレインバイアスは、ドレインバイアスにおける変化が、PAの出力において直接反映されるように、PAへの「第2の入力」として作用することができる。一側面では、これは、PAが入力データに基づいて出力を合成する複合利得および歪みが、電力供給入力が動的に変化させられるにつれて変化することを意味する。この影響は、電力増幅器利得を可能な限りドレインバイアスに影響を受けないようにすることによって、最小限にされることができる。しかしながら、これがいかに良好に行われ得るかには、限界が存在し、利得は、電力増幅器が深圧縮状態にあるとき、依然として、ドレインバイアスに依存する。さらに、多くの場合、（例えば、データのウィンドウに基づく電力供給選択に伴って生じるような）利用される瞬時データ入力と供給レベルとの間の1:1のマッピングが存在せず、線形化をより困難にさせる。

30

40

【0068】

しかしながら、以下に詳細に説明されるように、この課題は、少なくとも部分的に、電力供給入力選択（または、より一般的には、選択され得る動作状態のセットの中での状態の選択）および／または電力供給電圧によってインデックス化される補正を生成するDPDアーキテクチャを導入することによって対処される。

【0069】

PAシステム出力へ導入される望ましくない成分の第2のソースは、異なるレベルの間における電力供給入力切替である。PAドレインバイアス供給は、PAドレインバイアス電圧が切り替わる（例えば、異なる離散レベルの間において）と、外乱「パルス」がPA

50



システムのRF出力へ導入されるように、第2の入力(PA RF入力に加えて)として作用する。これは、部分的に、異なる供給レベルの間における遷移の制御(例えば、遷移フィルタまたは他の手段を通して)によって対処されることができる。それにもかかわらず、供給遷移が高い割合において発生し得ることを前提とすると、これは、所望の信号を表さない出力へ有意なエネルギーを導入し得る。外乱は、電力増幅器システムの出力スペクトルにおける見掛け「広帯域雑音」の増加として現れ得る。より一般的には、出力における一時的な外乱またはパルスあるいは他の変化(集合的に、変動)は、システムが離散動作モードの間または状態の間で切り替えられるとき生じ得る。

#### 【0070】

しかしながら、以下に詳細に説明されるように、この課題は、「パルスキャンセル」技術を導入することによって対処され、外乱の影響(例えば、PAのドレイン入力における)は、PAのRF入力を介して導入される信号によって、補償される(または「キャンセルされる」)。これは、デジタルデータに適用される時間およびレベル依存倍数補正因子(遷移の間の複合倍数補正に対応する)として、および/またはデジタルデータに適用される時間およびレベル依存付加的補正(デジタルデータに追加される複合パルスに対応する)として行われてもよい。本明細書に説明される例示的实施形態は、時として、デジタルデータに焦点を当てるが、そのような例は、本明細書に開示される図および広義の概念の説明における明確性を助長するように意図されることに留意し、本明細書に説明されるアプローチの概念および技術は、同様に、RF波形にも適用されることができることを認識されたい。

#### 【0071】

上記に説明される補正およびキャンセル手段は、個別または組み合わせのいずれかにおいて実装されることができ、組み合わせにおいて実装されると、上記の手段は、ここに検討されるアーキテクチャのシステムにおける出力のはるかに優れた忠実度を提供することができる。

#### 【0072】

ここで、図2を参照し、第1またはより低い直流電流(DC)供給に対応するレベル1と、第2またはより高いDC供給に対応するレベル2とを伴う2つの供給レベルを有するシステムの場合を考慮する。図2は、したがって、2つの異なるDC電力供給レベルにおける正規化されたRF駆動電力の関数として、効率および(正規化された)出力電力を例証する。レベル2 DC供給に関して、あるRF入力電力(0.1正規化)では、出力電力が最大飽和出力電力(1正規化)に到達することが分かる。出力電力は、RF入力電力(または、等価的に、PAのRF入力に提供されるRF駆動振幅)を減少させることによって、この飽和最大値(すなわち、「バックオフ」出力電力)を下回る任意の値に減少されることができる。RF入力および出力電力の低いレベルに関して、RF入力電力とRF出力電力との間に、略線形(比例)関係が存在する。しかしながら、この領域における効率は、比較的低い(例えば、0.25正規化を下回るRF出力電力に関して40%を下回る)。最高効率は、出力電力が飽和するレベルにおいて、または若干それを下回る出力電力の領域において見出される(例えば、0.83正規化を上回る出力電力に関して70%を上回る効率)。しかしながら、電力増幅器を飽和させるレベルを超えてRF入力電力を増加させることは、実際には、効率を減少させる。これは、合計入力電力(DCプラスRF)が増加するが、出力電力が増加しない(かつ、いくつかの場合、RF入力電力のさらなる増加に伴い減少し得る)ため、生じる。

#### 【0073】

ここで、より低電圧DC供給(レベル1)のための電力および効率を検討する。この場合、最大飽和出力電力は、より高い電圧(レベル2)DC供給よりもはるかに低い(例えば、わずか0.25正規化の最大出力電力に到達する)。出力電力は、再度、RF入力電力を調節する(例えば、電力増幅器を飽和させるものを下回る値に正規化された入力電力を減少させることによって出力電力をバックオフすることによって、ゼロとこのより低い最大値との間で調節されることができるが、より高い出力電力(0.25正規化を上回

る)は、この供給レベルでは取得可能ではない。このより低い供給レベルで到達されることが出来る出力電力の値に関して、より高い効率、電力増幅器がその飽和値のより近くで動作されるため、より高いDC供給レベル2よりも低いDC供給レベル1を使用して達成されることに留意されたい。したがって、出力電力の低い値に関して、概して、所望の出力電力が達成可能であり、電力増幅器の線形性および可制御性の所望のレベルも達成可能である限り、より低い供給電圧値を使用することが望ましい。

#### 【0074】

所与のDC電圧供給レベルに伴う効率の変動は、所望のRF出力電力レベルに応じて、異なるレベルの間で電力増幅器DC供給を切り替える、「クラスG」等の電力増幅器システムの誘因である。電力増幅器が可能な限り高効率において動作する一方、所望のRF出力電力を提供することが可能であるように、複数のDC供給値から選択することは、単一の供給レベルを用いて達成されるものより効率の有意な改善をもたらすことができる。

#### 【0075】

ここで、図3および3Aを参照すると、IQプロットが、2つの異なる供給レベルに伴う出力RF振幅(位相ベクトルの長さ、またはRF電圧振幅)の観点から達成可能なRF出力を例証するために使用される。所与の供給レベルに関して、その供給レベルのための最大値として規定され得るRF出力振幅(RF出力電力の2乗根に比例する)が存在する。図1において例証されるように、この最大振幅は、その供給レベルのための絶対最大飽和出力電力(完全な圧縮の下)に対応するものであってもよく、またはこれを若干下回るレベルであってもよい。駆動信号の歪を簡略化するため(線形化のため)、絶対最大電力の部分毎の変動を考慮するため、効率対出力特性上の望ましい場所に規定の最大レベルを配置するため、または他の理由のために、最大振幅および電力を完全な飽和のものより若干わずかに低く制限してもよい。図3において例証されるように、より高い供給レベルを用いて、円標識L2の半径以下の振幅を有する任意のRF出力電圧ベクトルが、合成されることが出来る。より低い供給レベルを用いて、円標識L1の半径以下の振幅を有する任意のRF出力電圧ベクトルを合成することができる。

#### 【0076】

ここで、図4を参照すると、複数の供給電圧の可用性を活用し、増加された効率を達成するために、2つの供給レベルの間で、動的に切り替えてもよい。2つ(または2つ以上)のレベルの間で切り替えることは、単一の供給レベルを用いて達成されることが出来る効率のレベルよりもより広い(より高い)広い出力電力範囲にわたって、効率のレベルをもたらす。そのような効率を得るための1つのアプローチは、より高い供給レベルが、所望の出力振幅がL1とL2との間にあるときはいつでも利用され、かつより低い供給レベルが、所望の出力振幅がL1またはそれを下回るときはいつでも利用されるように、任意の所与の時間において合成されるRF出力ベクトルの振幅に基づいて、供給レベルを切り替えることである。そうすることは、図4において示される効率対正規化された出力電力特性につながる。低い供給レベルの効率曲線は、RF出力電力における0-0.25のその動作範囲にわたる切替供給システムの効率曲線と同一であることに留意されたい。高い供給レベルの効率曲線は、RF出力電力における0.25-1の範囲にわたる切替供給システムの効率曲線と同一である。

#### 【0077】

代替として、より長い間隔(例えば、複数のデジタルサンプルのウィンドウ)にわたって合成される信号を検査または特性評価することと、1つ以上の信号特性に関連するデータの移動ウィンドウに基づいて、レベル間の切替を管理することが可能である。切替は、必ずしも、1つ以上の信号特性に直接依存する必要がなく、むしろ、切替は、導出される、または1つ以上の信号特性に別様に関連付けられる情報に基づいてもよいことを認識されたい。切替は、ウィンドウの間における信号の最小および最大値、信号が所与のレベルにおいて存在する最小持続時間、遷移を行う際の推定されるエネルギーコストまたは線形性の影響、および他の考慮点等の考慮点に依存するように選択されてもよい。例えば、現在の所与の供給レベルが、全体のウィンドウのための出力をサポートすることができ、よ

10

20

30

40

50

り低い供給レベルが、全体のウィンドウではなく、ウィンドウの分割部分のための出力をサポートすることができる場合、そのより低い供給レベルが使用可能な持続時間の間、該より低い供給レベルに移動することの決定は、そのより低い供給が使用されることができる持続時間に依存し得る。例は、参照することによって本明細書に組み込まれる、上記の参照出願第 1 3 / 6 6 3 , 8 8 7 号において提供される。

#### 【 0 0 7 8 】

このプロセスは、例えば、所望の瞬時出力振幅が、常に合成されるが、所望の出力信号振幅が、最小持続時間の間、 $L_1$  以下のレベルのままである場合のみ、より低い供給レベルに下方に切り替わることができることを確実にする方法で行われ得る。振幅ヒステリシス、最小滞在時間、または他の制約も同様に、レベル切替決定に考慮されることができる。さらに、これは、2つの電力供給レベルのために例証されるが、そのアプローチは、明確に、任意の多数の異なる供給レベルに拡張可能である。当業者は、本明細書に提供される説明を熟読後、特定の用途のための異なる供給レベルの数を選択することを検討する要因を認識するであろう。そのような要因は、限定ではないが、ハードウェアおよびソフトウェアの複雑性、サイズおよびコスト、所望の全体的効率、ならびに制御ハードウェアの分解能およびバンド幅を含む。

#### 【 0 0 7 9 】

本明細書に説明される例示的实施形態は、ドレインバイアス切替を伴うシステムを対象とするが、本明細書に説明される概念、システム、および技術はまた、限定ではないが、ともに出力を駆動する増幅器の数の切替が存在するシステム、トランジスタ「幅切替」を伴うシステム、「利得段切替」を有するシステム、ゲートバイアス切替を有するシステム、ならびに上記の技術の組み合わせ（例えば、2つ以上のドレインバイアス切替、ゲートバイアス切替、利得段切替、増幅器切替、およびゲート幅切替を組み合わせる）を実現するシステムを含む、他のシステムおよびアーキテクチャにも直接適用されることを認識されたい。

#### 【 0 0 8 0 】

したがって、本明細書に導入される概念、システム、および技術はまた、異なる動作状態（切替状態の電力増幅器アーキテクチャ）の間において、離散遷移を有する他のシステムおよびアーキテクチャにも直接適用される。

#### 【 0 0 8 1 】

ともに出力を駆動する増幅器の数の切替が存在するシステムの一例は、動的切替が、特定の数の  $PA$  を選択し、出力を供給し、入力駆動を適宜補償し、所望の電力出力を達成するために使用される、図 5 の例示的实施形態において提供される。同様に、含まれるのは、 $PA$  トランジスタのゲートの異なる部分の駆動の間で切り替えるものを含む、トランジスタ「幅切替」を伴うシステムである。同様に、含まれるのは、共通のドレイン接続を有する複数のトランジスタの 1 つ以上のゲートの駆動の間で切り替えるシステムである。

#### 【 0 0 8 2 】

ここで、図 5 を参照すると、システム 30 が、データが提供される入力を有する制御および処理回路 32 を含む。制御および処理回路 32 は、駆動信号を電力増幅器 34 a - 34 N に提供する。図 5 の例示的实施形態では、制御および処理ユニットは、 $N$  個の電力増幅器 34 a - 34 N のうちの 1 つの対応する入力に結合されるそれぞれの  $N$  個の出力を含む。他の技術も、当然ながら、制御および処理ユニット 32 から電力増幅器 34 a - 34 N に駆動信号を結合するために使用されてもよい。

#### 【 0 0 8 3 】

制御および処理ユニット 32 はまた、信号経路 35 に沿ったスイッチ制御信号を複数のスイッチ対  $S_1$ 、 $S_1'$  -  $S_N$ 、 $S_N'$  を備えるスイッチ回路 36 に提供し、各対のスイッチが補完方式（例えば、 $S_1$ 、 $S_1'$  は、スイッチ  $S_1$  が開放すると、スイッチ  $S_1'$  が閉鎖し、逆もまた同様であるという意味において補完する）において機能する。

#### 【 0 0 8 4 】

スイッチ回路 36 からの出力は、結合器 38 を通して結合され、負荷  $R_L$  に提供される

10

20

30

40

50

。結合器 38 は、所望の信号を負荷  $R_L$  に提供するように要求される任意の様式において、それに提供される信号を組み合わせる。したがって、システム 30 は、制御システムが出力信号を負荷に提供するために利用される増幅器の数を動的に選択するシステムの例である。この例示的实施形態では、増幅器の数の動的選択は、制御回路 32 およびスイッチ回路 36 によって提供される動的切替技術によって達成される。したがって、動的切替は、特定の数の PA を選択し、出力を供給し、入力駆動を適宜補償し、所望の電力出力を達成するために使用される。任意の用途のためのおよび / または任意の時点において動的に選択する特定の増幅器の数は、限定ではないが、所望の出力電力レベル、増幅器の特性（例えば、利得、電力操作能力、電力出力レーティング等）、スイッチ回路 36 の特性（例えば、挿入損失特性、入力および出力戻り損失特性、切替速度、電力操作能力等）、および結合器回路 38 の特性（例えば、挿入損失特性、入力および出力戻り損失特性、電力操作能力等）を含む、様々な要因に従って選択される。

10

#### 【0085】

ここで、図 6 を参照すると、本明細書に説明される概念、システム、および技術はまた、可変数の利得段が、動作点に応じて使用される、「利得段切替」（図 6 において示される）を有するシステムにおける用途を見出す。これはまた、上記の技術の組み合わせ（例えば、2 つ以上のドレインバイアス切替、利得段切替、増幅器切替、およびゲート幅切替を組み合わせる）を実現するシステムを含む。

#### 【0086】

ここで、図 6 を参照すると、システム 40 が、データが提供される入力を有する制御処理回路 32' を含む。制御処理回路 32' は、図 5 と併せて上記に説明される制御処理回路 32 と同一であり、またはそれに類似してもよい。制御処理回路 32' は、駆動信号を、少なくとも 1 つの増幅器 44（ここでは、電力増幅器 44 に対応する）を含む、各そのような信号経路と、1 つ以上の付加的利得段 46 とを伴う、1 つ以上の信号経路 42（1 つのみのそのような信号経路 42 が、図 6 に示される）に提供する。各利得段 46 は、第 1 の NO 利得信号経路 48 と、増幅器 52（または要素またはデバイス 52 を提供する他の利得）を含む第 2 の利得信号経路 50 とを含む。1 つ以上の切替要素 54 および 56（または他の手段）は、利得段 46 に提供される信号を、NO 利得信号経路 48 または利得信号経路 50 のいずれかに指向するように配置される。したがって、制御およびプロセスユニット 32' からそれに提供される制御信号にตอบสนองして、切替要素 54 および 56 は、特定の用途の必要性に応じて、増幅器 52 を利用する、または迂回するかのいずれかを行なうように動作される。

20

30

#### 【0087】

本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術は、図 7 において例証されるような、および図 1 の例示的実装を含む、切替状態の電力増幅器システム（または伝送器）において利用されてもよいことを認識されたい。出力にほとんど誤差を伴わず、忠実に、所望の出力波形態（例えば、電力増幅器システムに提供されるデジタルデータによって、または RF 入力信号によって表されるような）を作り出すそのようなシステムの必要性が存在し得ることに留意されたい。入力データによって表される信号と PA の RF 出力との間における線形関係が、望まれる。現代の通信規格において要求される高度な忠実度を達成するために、電力増幅器に対するデータ入力のデジタル予歪（DPD）等、PA 入力出力特性の若干の線形化が、通常、必要である。さらに、図 7 等の例証は、単一の RF 出力を伴うシステムを例証するが、本明細書に説明される概念、システム、および技術は、「マルチ入力マルチ出力」（MIMO）伝送器システム等、複数のデータ入力および / または複数の RF 出力を伴うシステムに明示的にも適用されることに留意されたい。

40

#### 【0088】

ここで、図 7 を参照すると、システム 60 が、データが提供される入力を有する、制御処理回路 32'' を含む。制御処理回路 32'' は、図 5 および 6 と併せて上記に説明される制御処理回路 32 および 32' と同一、またはそれに類似してもよい。制御処理回路 32'' は、駆動信号および状態制御信号を、1 つ以上の切替状態の電力増幅器システム 62（

50

1つのみのそのようなシステム62が、図7に示される)に提供する。切替状態の電力増幅器システム62の出力が、負荷 $R_L$ に結合される。カプラ64が、RF出力信号検出信号経路66に沿った切替状態の電力増幅器システム出力信号の一部を、制御処理回路32"の入力に結合する。

#### 【0089】

ここで、図8を参照すると、状態ベースの(または供給ベースの)デジタル予歪(SB-DPD)を実装するシステム70が、それに提供される信号にตอบสนองして、状態およびRF制御信号ならびに線形化信号(例えば、予歪および/またはパルスキャンセル信号)を生成する、コマンド制御回路71を含む。

#### 【0090】

その入力において提供される信号にตอบสนองして、コマンド制御回路71が、状態制御信号を、切替状態の電力増幅器システム74のコマンドおよび入力の線形化(例えば、予歪および/またはパルスキャンセル)部分に提供し、また、予歪波形信号 $x[n]$ をデジタル/RF変調器72の入力に提供する。デジタル/RF変調器72が、コマンド制御回路71からそれに提供されるデジタル信号を受信し、対応するRF信号を切替状態の電力増幅器システム74の入力に提供する。

#### 【0091】

切替状態の電力増幅器システム74の出力が、負荷 $R_L$ に結合される。カプラ76が、信号経路78に沿った切替状態の電力増幅器システム出力信号の一部を、それに提供される感知されたRF信号を感知された信号を表すデジタル信号 $y[n]$ に変換し、感知されたコンテンツ $y[n]$ をコマンド制御回路71の入力に提供する、RF/デジタル処理要素80の入力に結合する。

#### 【0092】

そのような状態ベースのデジタル予歪は、動作が異なる状態の間で切り替えられるにつれて(例えば、電圧PAのドレインバイアスが、図1のシステムにおける異なる入力の間で切り替えられるにつれて)、平滑な(例えば、高線形性)出力が切替状態の電力増幅器システム(例えば、図7と併せて上記に説明されるもの等)から維持されることを可能にする。

#### 【0093】

図8において示されるもの等の例示的实施形態は、単一のRF出力を伴うシステムを例証するが、本明細書に説明される概念、システム、および技術は、「マルチ入力マルチ出力」(MIMO)伝送器システム等の複数のデータ入力および/または複数のRF出力を伴うシステムにも明示的に適用されることに留意されたい。

#### 【0094】

ここで、図9を参照すると、SB-DPDを実装する例示的システム90が、入力としてデジタルデータを受け取る制御コマンドシステム92を含む。これは、IおよびQ信号のサンプルを表す一連のデジタル用語として、等価複素数として、RF出力において伝送されるベースバンドデータの振幅および位相のデジタル代表値または関連される代表値として、提供されてもよい。高いピーク対平均電力比にわたってRF出力を効率的に生成するために、状態およびRF制御システム94が、デジタルデータを、1つ以上の状態コマンド(すなわち、電力供給入力、PA構成等を選択する)と、1つ以上のRF駆動コマンド(RF駆動の大きさおよび位相をPA入力に設定する)との組み合わせに変換する。状態コマンドは、切替状態の電力増幅器システム94の状態を変調させる(すなわち、PAのための電力供給入力を選択する)一方、RF駆動コマンド $x[n]$ は、デジタル/RF変調器96によってRFに変換される。PA100の結果として生じる出力は、カプラ102または他の感知デバイスまたは要素または技術を介して測定され、感知された応答は、RF/デジタル変調器104に提供され、デジタル形式 $y[n]$ に転換される。

#### 【0095】

デジタル/RF変調器96からPA100のRF入力に送達されるRF信号は、RF出力が伝送のために提供されるデータを適切に表すように、電力増幅器システムの状態にお

10

20

30

40

50

ける離散変化（例えば、振幅および／または位相において）を補償するように調節される。これを達成するために、状態制御コマンドと電力増幅器に提供されるRF駆動との間における正確な時間的整合が、必要とされる。この整合は、感知されたRF出力によって提供されるフィードバックを用いて、信号の相対タイミングを調節することによって達成されることができる。状態およびRF駆動の変化に対する出力信号における変化の応答を個別かつともに考察することは（例えば、コマンドと伝送応答との間における自己相関を使用することによって、および／または入力と伝送される信号との間における誤差を最小限にするために関連のある整合を調節することによって等）、これを達成するための手段を提供する。この整合は、状態の範囲にわたって最良の動作を提供するために、状態の関数として調節されてもよい。

10

#### 【0096】

PAの入力出力特性の非線形性および時間変動は、全体のシステム性能（例えば、EVMおよびACPR等の規格における）に対する重要な制約である。本明細書に説明される概念、システム、および技術によると、デジタル予歪（DPD）が、RF出力（およびその感知されたコンテンツ $y[n]$ ）が所望のデータを正確に反映するように、所望のRFコマンド $r[n]$ を新しいコマンド $x[n]$ に予歪するために利用される。切替状態の電力増幅器の電力増幅器特性は、実際には、選択された状態に伴って（例えば、選択されたドレイン電圧供給に伴って）変動するため、予歪が部分的にシステムの選択された状態によってインデックス化されるシステムが、説明される。まず、これは、 $x[n]$ 等（例えば、予歪ルックアップテーブル（LUT）マッピング $r$ から $x$ 等）の予歪波形を算出するために選択されたデータが、部分的に、選択された状態によってインデックス化されることを意味する。さらに、加えて、変化の時点における最後の状態選択変化および／または信号レベルからの持続時間（またはサンプルの数）に基づくインデックス化が、存在し得る。例えば、別個にインデックス化されたテーブルが、状態の間における実際の遷移の有限非ゼロ持続時間を考慮するために、遷移後における短い持続時間の間、 $r$ を $x$ に変換する際に利用されてもよい。このアプローチは、メモリを組み込むもの（当技術分野で周知のような多項式適合度、区分的線形適合度、メモリ多項式、および他の技術）を含む、予歪の異なる形態と併用されることができることを認識されたい。メモリを組み込むシステムでは、コマンドされた「切替状態」変化の影響を反映させるためにメモリまたは履歴（例えば、前の状態データ）を表す情報を調節することを選んでよい。

20

30

#### 【0097】

多くのシステムにおいて、および本明細書に説明される概念、システム、回路、および技術によると、デジタル予歪器は、正しいマッピングを識別し、線形化を提供するように、（断続的または連続的に）訓練される。図9において例証されるように、これは、DPDシステムが伝送されるデータのサンプルに関して訓練される、「非間接的」学習方法において達成されることができ、訓練からの更新された結果（すなわち、更新されたマッピングの $r$ から $x$ ）が、予歪データ内において使用されるために定期的に伝達される。本明細書に説明される本発明の概念、システム、回路、および技術によると、DPD訓練はまた、部分的に、PAシステムの選択された状態、最後の遷移以降の持続時間、および遷移点における信号レベルのうちの1つ以上によってインデックス化されてもよい。すなわち、状態が選択されたことに応答するDPD訓練サブシステムを有することによって、選択された状態および着目他の変数によって正しくインデックス化されるDPDデータが、生成されることができる。

40

#### 【0098】

予歪器および／または予歪訓練システムは、所与の状態選択（例えば、供給レベル選択）のための訓練が、状態切替の間において過渡挙動によって破損または影響されないように、捕捉出力データをウィンドウ化またはゲートするように設計されてもよいことを認識されたい。したがって、例えば、ある数の状態遷移（例えば、供給選択遷移）のサンプル内における捕捉データは、状態の間の遷移の間において、特定の標的状态（例えば、選択される供給レベル）の訓練における含有からブランクまたはゲートされてもよい。遷移点

50

に近傍の出力レベルに関するDPDを訓練するためのデータは、依然として、伝送データから利用可能であることができ、所望の出力は、所望の遷移点の近傍に向かうが、これを交差しない。さらに、本システムは、遷移の間においてブランクまたはゲートが存在しても、DPD訓練データが、全ての必要とされる信号レベルのために利用可能であるように、信号レベルに対する複数の可能な状態遷移点が存在するように設計されることができる。標的状态選択のために訓練からブランクされるデータは、遷移期間の線形化のための訓練に含まれてもよい。

#### 【0099】

ここで、図10を参照すると、レベル対時間のプロットが、示される。図9と併せて上記に説明される側面は、図10において例証される。図10では、 $x(t)$ は、伝送信号のエンベロープであり、 $L_1$ は、離散状態1と2との間の切替（例えば、電力供給源1および電力供給源2からの選択）のために使用される第1の切替閾値であり、 $L_1'$ は、状態1と2との間の切替のために使用される第2の切替閾値であり、「SEL」は、状態1と2との間における選択を示し、プロットの「灰色」区分は、状態が遷移期間であり得るゲートまたはブランクウィンドウを示す（例えば、PAに提供される供給電圧は、供給入力1と2のもの間において遷移し、電力増幅器は、そのような遷移による過渡状態にある等）。時間 $t_B$ に先立って、本システムは、状態1にあり、捕捉応答（感知された出力の）が、離散状態1の線形化のためのDPDを訓練するために使用される。 $t_B$ において、閾値 $L_1$ は、正方向に交差され、本システムは、切替を離散状態2に初期化する。この遷移は、有限非ゼロ持続時間（例えば、状態2と関連付けられる新しいレベルに落ち着くためにPAに提供される供給電圧のための）をとってもよい。その結果、 $t_B$ と $t_C$ の間における持続時間は、状態2の線形化のためにDPDを訓練するために使用されないが、これは、遷移の間における本システムの線形化のために使用されてもよい（例えば、パルスキャンセルに関して、状態1から状態2の遷移の間における線形化のための予歪情報の投入等）。それにもかかわらず、信号 $x(t)$ （ $L_1$ の真上）の適切なレベルのための状態2における本システムを線形化するためのデータは、信号内における他の時点（例えば、 $t_C$ と $t_D$ との間、および $t_I$ と $t_J$ との間）から利用可能である。同様に、時間 $t_D$ と $t_E$ の間からのデータは、状態1のためにインデックス化される予歪のための情報を提供するために使用されないが、他のデータ（ $t_A$ と $t_B$ との間等）は、この目的のために利用可能である。また、いくつかの遷移（例えば、時間 $t_G$ において）のための状態1から状態2までの遷移のための第2の切替閾値 $L_1'$ の使用は、単一の遷移閾値が提供される場合のみ利用可能であること以外に、状態2のための付加的線形化データが捕捉されること（例えば、 $t_H$ の後の応答から）を可能にすることに留意されたい。したがって、2つの状態の間における複数の遷移閾値の利用は、本システムの線形化を有益にするために使用される。さらに、特定の状態において、持続時間を増加させる、および/または最小持続時間を保証するために複数の遷移閾値を使用することができる（例えば、 $t_G$ の後の状態2の持続時間は、 $L_1$ がその遷移に関して使用される場合よりも、 $L_1'$ の使用によるため、より長い）。上記の全てにおいて、「正/上方」および「負/下方」遷移のための異なる遷移閾値を選択する場合があることに留意されたい。最後に、具体的な遷移の過渡持続時間の間のための付加的予歪テーブル（例えば、 $L_1$ において $t_B$ と $t_C$ の間における1から2への切替、 $L_1$ において $t_D$ と $t_E$ の間における2から1への切替、および $L_1'$ において $t_G$ および $t_H$ の間における1から2への切替のような過渡持続時間のために使用される別個のDPDパラメータ/テーブル/指標のうちの1つ以上のセット）を有してもよい。

#### 【0100】

提案されるシステムの実施形態は、高効率を維持しながら、特定の状態において、増加された性能を提供するため、および/または十分な持続時間を確実にするために、状態の中から選択するための複数の（例えば、離散セット）または可変の遷移の閾値の中から動的に選択されてもよい。（これらの遷移閾値はまた、経時的に、または個々の電力増幅器の特性に合致するように適合されてもよい。）

10

20

30

40

50

## 【0101】

図12および13は、例えば、図1-11および14-16のいずれかに説明されるもの等のSB-DPDシステムの一部として提供され得る、処理装置によって行われる処理を示すフロー図である。フロー図における長方形の要素（例えば、図12におけるブロック124）は、本明細書に「処理ブロック」として示され、ステップまたは命令または命令のグループを表す。処理ブロックのいくつかは、経験的手順またはデータベースを表すことができる一方、他のものは、コンピュータソフトウェア命令またはグループの命令を表すことができる。フロー図（例えば、図12におけるブロック122）における菱形要素は、本明細書に「決定ブロック」として示され、処理ブロックの処理に影響を及ぼすステップまたは命令または命令のグループを表す。したがって、フロー図に説明されるプロセスのいくつかは、コンピュータソフトウェアを介して実装される一方、他のものは、例えば、経験的手順を介して異なる様式において実装されてもよい。

10

## 【0102】

代替として、処理および決定ブロックのいくつかは、デジタル信号プロセッサ（DSP）回路または特定用途向け集積回路（ASIC）等の機能的に同等の回路によって行われるプロセスを表すことができる。フロー図は、任意の特定のプログラミング言語の構文を描写しない。むしろ、フロー図は、当業者が、特定の装置の要求される処理を行うために、処理を行い、または回路を加工し、またはコンピュータソフトウェアを生成することを要求する機能的情報を例証する。コンピュータソフトウェアが使用されることができると、ループおよび変数の初期化ならびに一時的変数の使用等の多くのルーチンプログラム要素が示されていないことに留意されたい。本明細書に別様に規定されない限り、説明されるプロセスの特定のシーケンスは、例証的にすぎず、本明細書に開示される概念、システム、および技術の精神から逸脱せずに、変形されることができることが当業者によって認識されるであろう。

20

## 【0103】

図12では、遷移閾値を動的に選択するための例示的プロセスが、例証される。結果として生じる閾値（各サンプル点において更新される）は、「瞬時」レベル選択（すなわち、選択された切替閾値に対する現在のサンプルの相対値のみに基づく）または図13において示されるもの等のより高度なレベル選択技術のいずれかと併用されることができると、代表的結果として生じる波形は、図14に示される。

30

## 【0104】

ここで、図12を参照すると、新しいサンプルの処理は、前のサンプルが新しい状態におけるものであったかどうかの決定が行われる決定ブロック122において示されるように開始する。前のサンプルが新しい状態におけるものであったことの決定が行われる場合、処理は、閾値が下方遷移のためにより低い閾値 $L_1'$ に設定される、処理ブロック124に進行する。処理は、次いで、現在のサンプルが処理される処理ブロック126に進行し、処理を継続する。

## 【0105】

決定ブロック122において、前のサンプルが新しい状態におけるものではないことの決定が行われる場合、処理は、決定ブロック128に進行する。決定ブロック128において、2つの条件、すなわち、（1）少なくともデータの最後の $N_x$ サンプルは、同一の状態（または状態のセット）にあることと、（2）上限値を上回る最後のサンプルは、「下方」遷移状況のために使用されたことが確認される。これらの2つの条件が、両方とも満たされる場合、処理は、「下方」遷移のための閾値が、上限レベル $L_1$ に設定される処理ブロック130に進行する。処理は、次いで、現在のサンプルが処理される処理ブロック126に進行し、処理が継続する。

40

## 【0106】

決定ブロック128において、これらの2つの条件のうちの少なくとも1つが満たされていないことの決定が行われる場合、処理は、下方遷移のための閾値が $L_1'$ の下限値に設定（または保持）される処理ブロック132に進行する。処理は、次いで、現在のサン

50



ブルが処理される処理ブロック 126 に進行し、処理が継続する。

【0107】

したがって、図 12 と併せて説明される例示的遷移閾値選択技術は、状況に応じて、「上方」遷移のために単一の閾値（各状態における）を使用するが、所与の状態からの「下方」遷移（レベル  $L_1$ ）のためには、閾値は、2つの値（上限値  $L_1$  または下限値  $L_1'$ ）の中から選択される（ $L_1$  値は、上方および下方遷移に関して異なり得るが、それらは、単純性のために、ここでは同一であるとして示される）。各サンプルを処理するとき、遷移決定を行う前に、閾値レベルは、更新される（「上方」閾値を、個別に、またはともに全ての状態のために更新することができる）。代替として、前のサンプルにおいて使用された状態選択のための「下方」閾値を更新することが可能である。前のサンプルが、（前のサンプルに関して「新しい」状態）前のサンプルのものと異なる状態選択で使用される場合、下方遷移のための閾値は、下限値  $L_1'$  に設定される。そうでなければ、1）状態選択は、最後の  $N_x$  サンプル（「最小限」持続時間）のために同一であったことと、2）最後のサンプルにおける信号は、「下方」遷移  $L_1$  のために使用される上限値を上回ることとの両方であるどうかを確認される。そのような場合、「下方」遷移のための閾値は、上限レベル  $L_1$  に設定され、そうでなければ、これは、下限値  $L_1'$  に保持される。結果として生じる選択された閾値は、次いで、選択された技術（例えば、図 13 におけるように）に従って、レベル選択決定を行うために使用される。

10

【0108】

したがって、図 13 は、レベルを選択するためのプロセスのフロー図である。図 13 と併せて説明される本技術は、「遷移減少」と称され得る。上記に留意されるように、本技術における使用のための遷移閾値は、図 12 と併せて説明されるように動的に選択されることができる。

20

【0109】

図 12 と併せて説明される閾値選択プロセスおよびレベル選択（例えば、以下の図 13 におけるように、閾値に対する、またはデータのウィンドウに関する信号の「瞬時」比較による）は、順次、別個のプロセスとして説明されるが、それらは、統合されることができることに留意されたい。すなわち、閾値を選択し、レベル決定を行うプロセスは、必ずしも、連続して行われる必要がないが、全体の利点を維持しながら、並行してまたはインターリーブ様式において、ともに行われることができる。

30

【0110】

図 12 と併せて説明される特定の閾値選択技術は、より低い状態からより高い状態に「上方」に遷移した後に、ある状態における十分な（理想的には、最小限の）持続時間を確実にするために役立つことを認識されたい。一実施形態では、レベル選択決定は、処理される具体的な現在のサンプルに基づくか、または図 13 の技術におけるように、データのウィンドウに基づくレベル選択決定を用いるかのいずれかである。図 13 のウィンドウベースのレベル選択技術（「遷移減少」を組み込む）はさらに、より高い状態からより低い状態に「下方」遷移した後に、ある状態における十分な（理想的には、最小限の）持続時間を確実にする。

【0111】

40

ここで、図 13 を参照すると、サンプルのウィンドウに基づいて電力増幅システムの 1 つ以上の電力増幅器のための電圧レベルを選択するための方法 140 が、 $N_w$  サンプルが前のサンプルよりも電圧レベルのより低いセットを使用することができるか、さらに、出力電力要求を満たすかどうかに関する決定が行われる決定ブロック 142 において示されるように開始する。決定ブロック 142 において、電圧レベルのより低いセットが使用されることができると決定が行われる場合、処理は、前のサンプルよりも低い（および好ましくは、可能な限り低い）電圧レベルの新しいセットが全ての  $N_w$  サンプルをサポートするように選択される処理ブロック 144 に進行し、選択プロセスは、終了する。

【0112】

決定ブロック 142 において、電圧レベルのより低いセットが、使用されることができ

50

ないと決定が行われる場合（すなわち、 $N_w$  サンプルが、前のサンプルよりも電圧レベルのより低いセットを使用できない場合）、処理は、前のサンプルのために使用される電圧レベルのセットが、現在のサンプルをサポートするために十分であるかどうか決定される決定ブロック 146 に移行する。

#### 【0113】

決定ブロック 146 において、前のサンプルのために使用される電圧レベルのセットが、現在のサンプルをサポートするために十分でないと決定が行われる場合、処理ブロック 148 において示される現在のサンプルをサポートするために可能な限り低い電圧レベルの新しいセットが選択されてもよく、選択処理は、終了する。

#### 【0114】

決定ブロック 146 において、前のサンプルのために使用される電圧レベルのセットが、現在のサンプルをサポートするために十分であると決定が行われる場合、処理は、処理ブロック 150 に進行し、同一のレベル選択が、前のサンプルのために使用されたように現在のサンプルのために使用される。このプロセスは、新しいサンプル毎に繰り返されてもよい。

#### 【0115】

ここで、図 14 を参照すると、図 12 の閾値選択プロセスの影響を例証する例示的波形が、図 14 に例証される。時間  $t_A$  の前、本システムは、状態 1 である。信号が時間  $t_A$  に到達すると、 $L_1$  を超え、本システムは、状態 2 に切り替わる。「下方」閾値（状態 2 から 1 に切替を設定する）は、次のサンプルにおいて  $L_1'$  に更新される。いくつかのサンプル  $N_x$ （持続時間  $t_{n_x}$  に対応する）後、本システムは、 $N_x$  サンプルのための状態 2 において動作し、信号は、レベル  $L_1$  を上回り、したがって、「下方」閾値は、時間  $t_B$  において  $L_1$  に更新される。その結果、本システムは、信号が  $L_1$  を下回り降下すると、時間  $t_C$  において状態 2 から状態 1 へ切り替わる。状態は、再度、時間  $t_D$  において、状態 2 に変化し、信号が、再度  $L_1$  を超えると、「下方」閾値は、 $L_1'$  に更新される。レベル信号は、本システムが  $N_x$  サンプルのための現在の状態になると、時間  $t_F$  の前の時間  $t_E$  までに  $L_1$  を下回り降下するため、より低い閾値は、時間  $t_G$  において生じる下方遷移のために使用される。この場合、状態 2 における持続時間は、 $L_1$  が使用される場合のみ生じるものを超えて延長される。したがって、この方法は、高効率を達成すること（例えば、時間  $t_C$  において  $L_1$  を使用することによって）と、各レベルにおける最小持続時間の所望（例えば、時間  $t_G$  において  $L_1'$  を使用することによって）とを平衡させる。

#### 【0116】

また、ライブデータまたはテストシーケンスのいずれかをを用いて、DPD システムを事前訓練または初期化するための有益な方法が存在する。複数の状態を伴うシステムでは、まず、最も広い（および／または全）出力範囲にわたって動作を提供する状態のシステムを線形化し、次いで、より狭い出力範囲を網羅する動作状態を連続的に含む（好ましくは、より狭い出力範囲を連続的に提供する状態を連続的に線形化する）ことが有益となる。例えば、 $S_1$  から  $S_3$  までの 3 つの離散状態の間におけるシステム切替を検討すると、 $S_3$  は、全出力電力範囲を達成することができる場合、 $S_2$  は、減少された出力電力範囲を達成することができ、 $S_1$  はさらに、減少された出力電力範囲を達成することができる。（これは、 $S_3$  が最大のものを使用し、 $S_2$  が 2 番目に大きいものを使用し、 $S_1$  が最小供給電圧を使用する、3 つの電力供給レベルの間で切り替えるシステムにおいて生じ得る。）

#### 【0117】

このプロセスは、図 11 において例証される。

#### 【0118】

DPD システムを初期化するために、状態  $S_3$  において動作を開始し得る。（時間  $t_A$  において）状態 3 において十分に線形化した後に、本システムは、次いで、 $S_3$  と  $S_2$  との両方を使用して、ある動作モードに切り替わり、 $S_2$  ならびに  $S_3$  を線形化し得る（時

10

20

30

40

50

間  $t_A$  と  $t_B$  との間において)。最後に、本システムは、 $S_1 - S_3$  の全ての使用を組み込み、(時間  $t_C$  の後に)  $S_1$  の線形化を達成し得る。本システムの完全な動作範囲に到達することができる状態から開始し、その状態を線形化し、連続的に、減少動作範囲状態の動作を組み込むために移動し、これらの状態の動作を線形化する(好ましくは、最大範囲状態から最小のものへ)ことによって、本システムは、より迅速かつ安定的に線形化されることができる。

#### 【0119】

ここに説明される技術は、各電力増幅器が対応する状態のセットを有する場合を含む複数の電力増幅器を伴うシステム、または増幅器に共通である状態のセットが存在するシステムに利用可能であることに留意されたい。

10

#### 【0120】

例えば、図8および9の同一要素が、同一参照記号を有するように提供される、図15では、システム160が、それぞれ、個々のPA出力を単一の出力へ組み合わせる電力結合器164とともに、複数の電圧  $V_1 - V_4$  および  $V_1' - V_4'$  から選択されたバイアス電圧(例えば、ドレイン供給電圧)を有することができる、2つの電力増幅器(PA)162a、162bを備える。電圧  $V_1 - V_4$  および  $V_1' - V_4'$  は全て、一意の電圧レベルであってもよく、または同一の電圧(例えば、 $V_1 = V_1'$ 、 $V_2 = V_2''$  等)であってもよいことを認識されたい。

#### 【0121】

そのようなシステムでは、所与のPAの特定の状態に関して、システムが全体の状態の特定のセットにおいて存在し得るように、各PAは、それと関連付けられる状態(例えば、どの電力供給が選択されるか)を有し得、全体のシステムは、全体の状態(すなわち、全体のシステムのための電力供給選択)を有する。そのようなシステムにおける遷移閾値および更新は、「PA毎ベース」(例えば、特定のPAがある状態にある、または全体のシステムが特定の状態のセットの範囲内にある間における持続時間に基づいて設定される遷移閾値、およびその個々の閾値に対する個々のPAに適用される信号に基づく遷移)に基づいてもよい。代替として、本システムは、全体として考慮されてもよく、一意の状態のセットを有するように扱われてもよい。この場合、遷移決定は、複数の信号を複数の閾値と比較して行われてもよく、閾値に関する決定は、特定の状態または特定の状態のセットの間における持続時間に基づいて行われてもよい。

20

30

#### 【0122】

デジタル歪は、本明細書に説明される概念、システム、および技術と一致する複数の様式において実施されてもよい。独立して、その状態に対して各PAに関して状態ベースのDPDを行ってもよい。次いで、個々のPA線形化に加えて実行するシステム-レベルDPDプロセスを随意に行ってもよい。代替として、単一の大型の状態ベースの電力増幅器システムとして本システムを扱い、単一のSB-DPDアルゴリズムを実行してもよい。いくつかの用途では、個々のPAの寄与および性能が、経時的に、線形化の堅固かつ安定した調節を提供するために、受信信号から観察可能であるように、信号を複数のPAに分割することは、特に有用であり得る。さらに、DPDを行う際、RF駆動経路の相対時間整合を達成し、かつRF経路をドレイン経路に整合するための手段を提供することは、

40

#### 【0123】

例えば、図7および8と併せて説明されるもの等の電力増幅器システムに対応するシステムが、異なる離散状態の間で変化されるとき、望ましくない成分が、PA出力に投入され得る。

#### 【0124】

例えば、図9のシステムでは、異なるレベルの間における電力供給入力切替は、不要な成分がRF周波数において出力に投入される結果をもたらし得る。PAドレインバイアス電圧がソースを切り替える(例えば、異なる離散レベルの間で)と、外乱「パルス」がPAシステムのRF出力に導入されるように、PAドレインバイアス供給は、第2の入力(

50

PA RF入力に加えて)として作用する。例えば、これは、PAが遷移する間のPAの事実上の動的複合利得変動を含む。これは、部分的に、異なる供給レベルの間における遷移の制御(例えば、遷移フィルタまたは他の手段を通して)によって対処されることができる。それにもかかわらず、供給遷移が、高い割合において発生し得ることを前提とすると、これは、所望の信号を表さない出力に有意なエネルギーを導入し得る。外乱は、電力増幅器システムの出力量スペクトルにおける見掛け「広帯域雑音」の増加として現れ得る。より一般的には、出力における一時的な外乱またはパルスは、システムが離散動作モードまたは状態の間で切り替えられるとき生じ得る。

#### 【0125】

「パルスキャンセル」技術が、出力量スペクトルにおける不要な成分を導入する状態変化の問題に対処するために使用されることができる。パルスキャンセル技術では、外乱または他の種類の変動(例えば、PAのドレイン入力における)の影響は、PAのRF入力を介して信号を導入することによってPA出力において補償される(または「キャンセルされる」)。PAの出力は、遷移の間(およびその周囲)において、大きさと位相との両方の所望の値から変動し、RF出力波形における誤差をもたらす。コマンド、伝送、および感知されたデータを表す信号の時間整合バージョンを考慮して、PAシステム $x[n]$ および $s[n]$ (RF駆動および状態を設定する)へのコマンドを生成し、 $e[n] = y[n] - r[n]$ を見出し、ここでは、 $r[n]$ は、出力に対する所望の参照信号であり、 $y[n]$ は生成された出力のデジタル化されたベースバンドバージョンであり、 $e[n]$ は、所望の出力と生成された出力との間における誤差であり、式中、 $n$ は、偏差が状態遷移により生じ始める時間に参照され得る(所与の遷移のために)。 $n = 1, \dots, N$  サンプルの制限された事実上のパルス持続時間を考慮してもよい。同様に、ベースバンドバンドまたはRFのいずれかにおいて、これらの信号の連続時間バージョンを用いて演算することも可能である。所与の遷移に関して、以下のように、信号 $e'[n]$ を用いて誤差パルスを近似することが可能である。

#### 【0126】

$$e'[n] = G_0[n] + G_1[n] * r[n]$$

式中、 $G_0[n]$ は、データ独立型動的誤差を表し、 $G_1[n]$ は、動的利得誤差を表す。多くの場合において適用可能である簡略化では、 $G_0[n]$ は、約ゼロであり、 $G_1[n]$ のみと作用する(または逆もまた同様である)ことが推定され得る。より一般的には、データと誤差との間におけるより高次多項式適合(例えば、 $r$ における二次項、三次項、またはより高次の項を含む)を考慮してもよく、または $e[n]$ が現在のデータおよび $n$ よりも前の時間におけるデータから導出する寄与の合計として近似される「メモリ多項式」の公式を考慮してもよい。

#### 【0127】

多数の遷移から誤差情報を収集することによって、各遷移の $n = 1, \dots, N$ に関して生じる係数(例えば、 $G_0[n]$ および $G_1[n]$ )の値の推定が行われることができる。(公式に応じて望まれるように、より多いまたはより少ない係数を使用することが可能である。また、パルスを推定する際、上記に説明されるように、DPDのために「blankされる」または「maskされる」データを利用する、または含むことが可能である。)パルスを特性評価する係数の値は、例えば、最小二乗法計算を使用して取得されることができる。偏差のこの推定に基づいて、「キャンセルパルス」 $p(t)$ が、合成され、データストリームに投入されることができる。

#### 【0128】

$$p[n] = -e'[n] = -(G_0[n] + G_1[n] * r[n])$$

ここで、図16を参照すると、パルスキャンセルシステム170が、パルスパラメータを生成し、パラメータをパルス生成プロセッサに提供する、パルス推定プロセッサ172を含む。パルス推定およびパルス生成プロセッサは、パルス $p[n]$ を発生させ、パルスを加算回路174の第1の入力に提供する。加算回路の第2の入力が、データストリーム $r[n]$ を受信し、加算回路の出力が、DPDシステム176の入力に結合される。図1

6 のパルスキャンセルシステムは、図 8 に例証されるような例示的線形化ブロックの「パルスキャンセル」部分と同一またはそれに類似してもよいことに留意されたい。

#### 【0129】

状態遷移が生じると、パルスと関連付けられる誤差の「フィードフォワード」無効を提供する適切なパルスが、投入される。図 16 のシステムは、発生され、D P D システムの入力にフィードされるパルス  $p[n]$  を示すことに留意されたい。これは、多くの場合、（「線形」キャンセルが生じるように）出力ウェルに  $p[n]$  を複製することが望まれるため、最高性能のために好ましい。しかしながら、いくつかの場合、D P D の後に信号に基づいて、キャンセルパルスを合成し、データストリームに投入する（例えば、 $x[n]$  を形成し、デジタル / R F 変調器を駆動するために、 $p[n]$  を D P D 出力信号に追加する）ことが望ましくあり得る。また、 $G_1$  のみが着目される（すなわち、システム性能が、主として、遷移の間における時変利得として決定される）場合、事実上のパルスキャンセルは、動的利得を見出し、データストリーム  $r[n]$ （または  $x[n]$ ）に  $G_{1A}[n]$  を乗算し、「パルス補正」信号を見出すことによって、行われることができる。

#### 【0130】

$$G_{1A}[n] = 1 / (1 + G_1[n])$$

この乗算技術は、小誤差係数  $G_1$  に関する  $p[n]$  における付加的  $G_1$  成分にあたり、 $G_1$  が小さくない場合でも適用可能である。これらの技術の全てにおいて、パルスが適切に誤差をキャンセルするように、補償パルスと遷移およびデータ信号の時間整合に慎重に対処しなければならないことに留意することは、重要である。

#### 【0131】

付加的機会が、2 つの増幅器が示される（しかしながら、概して、複数の増幅器が使用され得る）図 15 の例示的実施形態におけるもの等の複数の電力増幅器を有するシステムにおいて生じる。そのようなシステムは、「非対称マルチレベルアウトフェイズ」または「非対称マルチレベルバックオフ」を実装する設計を含む。多くの場合、そのような設計では、個々の P A の状態は、同時に変化しない。その結果、一方の P A が、状態を変化させる（例えば、その P A に関する供給電圧源が変化する）と、少なくとも 1 つの他方の P A は、同一の状態において動作を継続する（全体のシステムの状態は、全体の状態のサブセットの範囲内において新しい状態に遷移する）。そのような場合、その時点において状態遷移を受けていない第 2 の P A を通して一方の P A の供給（または状態）遷移による外乱を補正するために、キャンセルパルスを投入することは、有益となる。これは、第 2 の P A が、第 1 の P A 自体よりも第 1 の P A の遷移の間においてより線形方式において動作するためである。したがって、例えば、図 15 のシステムでは、P A 1 が状態遷移を有するときに生じる外乱を補償するパルスが、第 2 の電力増幅器 P A 2 のためのデータストリーム（ $x_2[n]$ ）につながる）を介して投入されることができ、逆もまた同様である。いくつかのシステムでは、離散遷移を受けない P A を有してもよく、この P A を使用し、離散遷移を受ける他方の P A のためのキャンセルパルスを投入してもよい。

#### 【0132】

本発明の例示的実施形態が説明されたが、ここで、その概念を組み込む他の実施形態もまた、使用されてもよいことが当業者に明白になるであろう。例えば、構成要素電力増幅器が動作状態のセットの間で切り替えられる電力増幅器システムに改善された線形性を提供するための本発明に関する設計および方法は、R F 増幅器システムにおける 1 つ以上の構成要素である電力増幅器のためのドレインバイアス電圧が、2 つ以上の可能なソースまたはレベルから動的に選択される（例えば、複数の離散供給電圧の間で切り替えられる）、R F 増幅器システムに適用されることができる。

#### 【0133】

したがって、本明細書に説明される概念は、開示される実施形態に限定されるべきではなく、むしろ、添付の請求項の精神および範囲によってのみ限定されるべきである。本明細書に引用される全ての公報および参考文献は、参照することによってその全体として本明細書に明示的に組み込まれる。

【図 1】

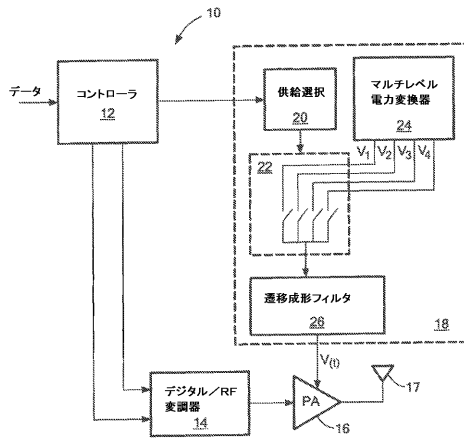


FIG. 1

【図 2】

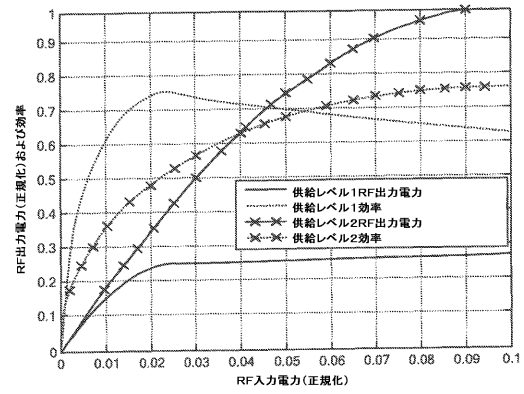


FIG. 2

【図 3】

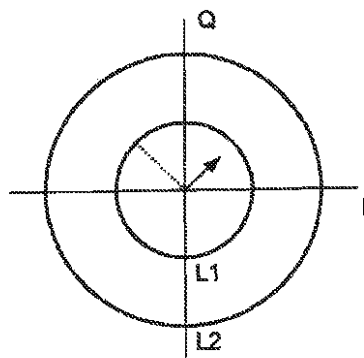


FIG. 3

【図 3 A】

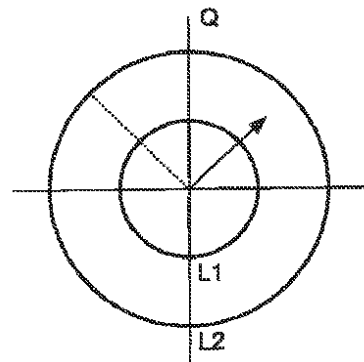


FIG. 3A

【図 4】

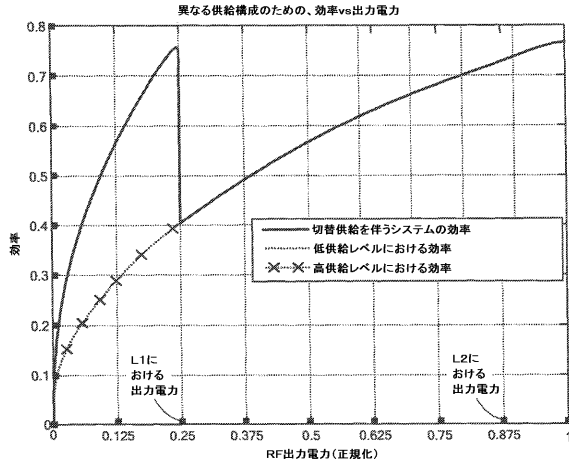


FIG. 4

【図 5】

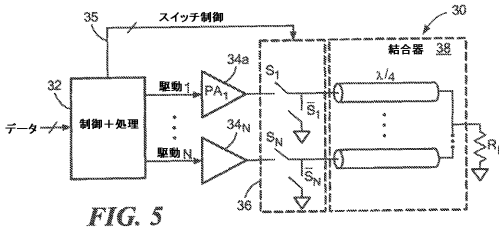


FIG. 5

【図 6】

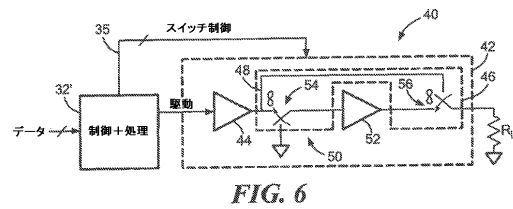


FIG. 6

【図 7】

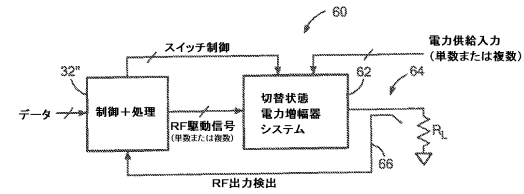


FIG. 7

【図 8】

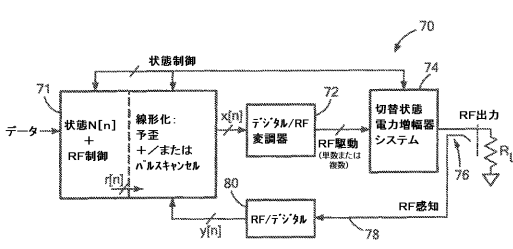


FIG. 8

【図 9】

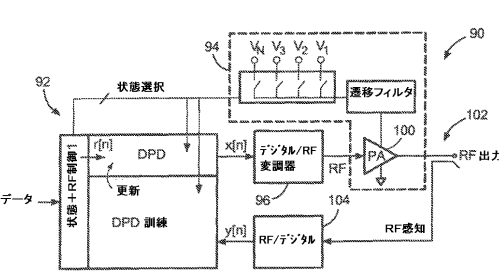


FIG. 9

【図 11】

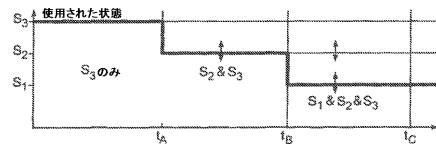


FIG. 11

【図 10】

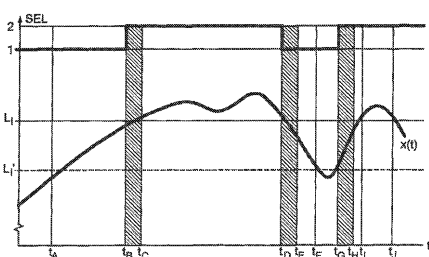


FIG. 10

【図 12】

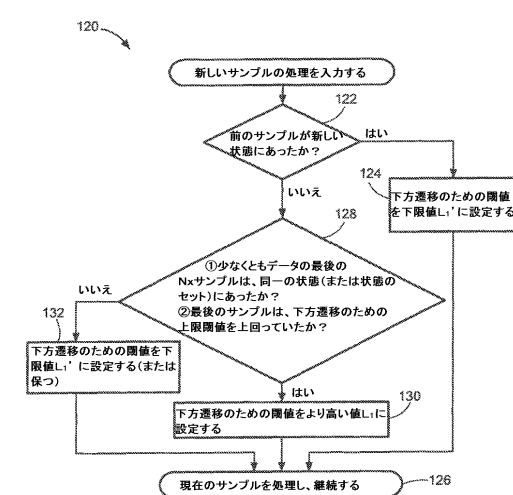


FIG. 12

【図 13】

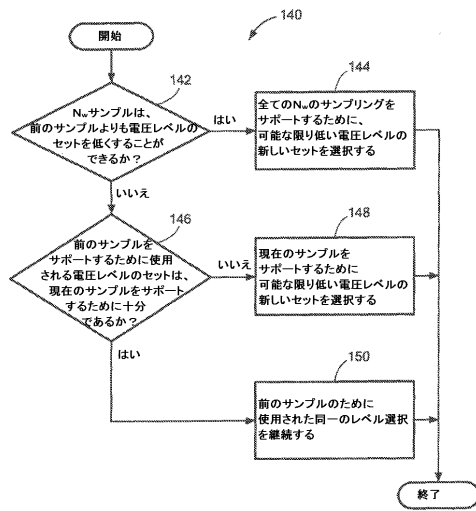


FIG. 13

【図 14】

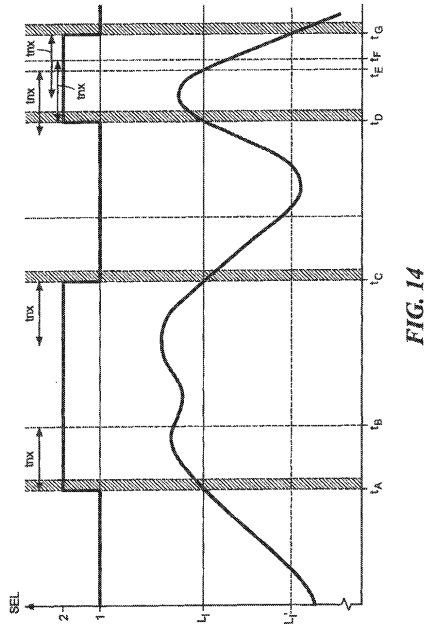


FIG. 14

【図 15】

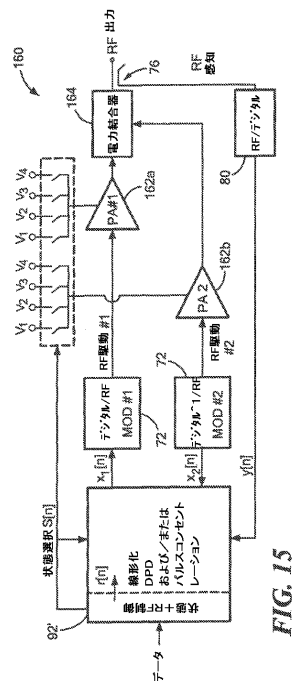


FIG. 15

【図 16】

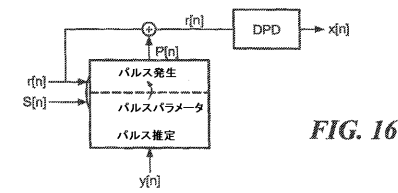


FIG. 16



## フロントページの続き

(31)優先権主張番号 13/955,952

(32)優先日 平成25年7月31日(2013.7.31)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(31)優先権主張番号 14/064,572

(32)優先日 平成25年10月28日(2013.10.28)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 ブリッファ, マーク アー.

スウェーデン国 エス - 1 3 5 6 1 ティーレソー, ソマルライデン 1 6

(72)発明者 ドーソン, ジョエル エル.

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 2 1 3 1, ロズリンデール, クリフトンデール ストリート 7

(72)発明者 コモニ, クレナー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 2 4 5 2, ウォルサム, チャーチ ストリート 2 0 2

(72)発明者 ペロー, デイビッド ジェイ.

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 2 2 4 6, ブルックライン, フラー ストリート 7 8

(72)発明者 ウヤール, オグズハン

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 2 1 3 8, ケンブリッジ, マートル アベニュー 3 5, アpartment 1

(72)発明者 ドルー, ジョン イー.

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 1 7 4 8 - 1 6 2 0, ホブキントン, ウェスト メイン ストリート 3 0

審査官 及川 尚人

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 1 7 6 1 9 5 (US, A 1)

特開 2 0 0 7 - 3 0 0 4 0 0 (JP, A)

特開 2 0 0 9 - 1 1 8 4 5 4 (JP, A)

特開 2 0 0 5 - 1 9 8 1 0 9 (JP, A)

特開 2 0 1 2 - 1 1 4 5 2 9 (JP, A)

米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 4 8 7 0 5 (US, A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 2 5 6 6 8 6 (US, A 1)

米国特許第 0 6 0 4 3 7 0 7 (US, A)

特開 2 0 0 6 - 1 7 4 4 1 8 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 3 F 1 / 0 0 - 3 / 7 2

H 0 4 B 1 / 0 4