

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
H03K 7/08 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910132927.X

[43] 公开日 2010年3月10日

[11] 公开号 CN 101667820A

[22] 申请日 2009.3.31

[21] 申请号 200910132927.X

[30] 优先权

[32] 2008.4.1 [33] US [31] 61/072,563

[32] 2008.8.7 [33] US [31] 12/187,873

[71] 申请人 硅谷实验室公司

地址 美国得克萨斯州

[72] 发明人 约翰·M·库利

理查德·盖尔·比尔

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王波波

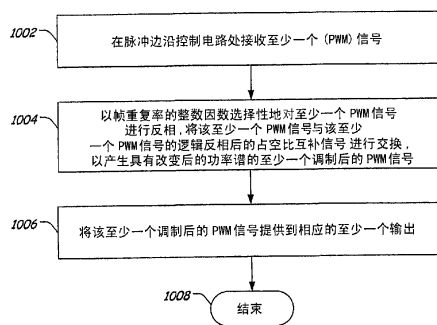
权利要求书4页 说明书13页 附图11页

### [54] 发明名称

用于改变 PWM 功率谱的系统和方法

### [57] 摘要

本发明提供了一种用于改变 PWM 功率谱的系统和方法。在具体实施例中，一种电路设备包括从脉冲宽度调制(PWM)源接收至少一个 PWM 信号的脉冲边沿控制电路。脉冲边沿控制电路适于以离散时间间隔选择性地将所述至少一个 PWM 信号进行反相，并将所述至少一个 PWM 信号与所述至少一个 PWM 信号的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以产生具有改变后的功率谱的至少一个调制后的 PWM 信号。脉冲边沿控制电路将所述至少一个调制后的 PWM 信号提供到脉冲边沿控制电路的至少一个输出。



1、一种电路设备，包括从脉冲宽度调制（PWM）源接收至少一个PWM信号的脉冲边沿控制电路，所述脉冲边沿控制电路适于以离散时间间隔选择性地将所述至少一个PWM信号与所述至少一个PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以产生具有改变后的功率谱的至少一个调制后的PWM信号，所述脉冲边沿控制电路将所述至少一个调制后的PWM信号提供到所述脉冲边沿控制电路的至少一个输出。

2、根据权利要求1所述的电路设备，其中，所述离散时间间隔是帧重复率的整数因数。

3、根据权利要求1所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路还包括控制输入，所述控制输入适于接收控制信号，以选择性地控制针对每个顺序帧的交换操作，从而选择性地调整改变后的功率谱的形状。

4、根据权利要求1所述的电路设备，其中，所述至少一个调制后的PWM信号是在帧间不改变与所述至少一个PWM信号相关联的有效占空比的前提下产生的。

5、根据权利要求1所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路适于根据所述至少一个PWM信号产生逻辑反相后的占空比互补信号。

6、根据权利要求5所述的电路设备，其中，产生逻辑反相后的占空比互补信号，使得在量化效应的界限内，逻辑反相后的占空比互补信号的占空比名义上等于整个帧宽度减去所述至少一个PWM信号的占空比。

7、根据权利要求1所述的电路设备，其中，在帧序列上帧内特定时间位置处应用交换操作。

8、根据权利要求7所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路适于在帧边界处将接收到的至少一个PWM信号与同所述接收到的至少一个PWM信号相关的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换。

9、根据权利要求7所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路适于在帧内时间位置处将接收到的至少一个PWM信号与同所述接收到的至少一个PWM信号相关的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，所述帧内时间位置对应于帧的四分之一帧宽度、一半帧宽度、或四分之三帧宽度。

10、根据权利要求1所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路适于根据所构造的模式选择性地接收到的至少一个PWM信号与同所述接收到的至少一个PWM信号相关的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以将载波信号能量集中在除了所述至少一个调制后的PWM信号的载波频率以外的频率处。

11、根据权利要求1所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路适于根据随机模式选择性地接收到的至少一个PWM信号与同所述接收到的至少一个PWM信号相关的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以对所述至少一个调制后的PWM信号的功率谱进行白化。

12、根据权利要求1所述的电路设备，其中，所述至少一个调制后的PWM信号是在不改变帧重复率和载波频率中的至少一个的前提下产生的。

13、一种电路设备，包括通过至少两个输入接收PWM信号的脉冲边沿控制电路，所述脉冲边沿控制电路适于以离散时间间隔对接收到的PWM信号选择性地应用斩波操作，以产生具有抑制载波的调制后的PWM信号，所述脉冲边沿控制电路将调制后的PWM信号提供到所述脉冲边沿控制电路的相应输出，其中，选择性地应用斩波操作包括：选择性地对接收到的PWM信号进行反相和交换。

14、根据权利要求13所述的电路设备，其中，所述离散时间间隔是帧重复率的整数因数。

15、根据权利要求13所述的电路设备，其中，对调制后的PWM信号的共模载波进行抑制，而不改变与接收到的PWM信号相关联的差分基带信号。

16、根据权利要求13所述的电路设备，还包括控制输入，所述控

制输入响应于控制逻辑，选择性地控制针对每个顺序帧的斩波操作，以选择性地调整接收到的PWM信号的载波功率谱的形状。

17、根据权利要求13所述的电路设备，其中，所述接收到的PWM信号包括第一PWM信号和第二PWM信号，所述第二PWM信号是所述第一PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号，所述第一PWM信号具有第一占空比，所述第二PWM信号具有第二占空比，在量化效应的界限内，所述第二占空比名义上包括整个帧宽度减去所述第一占空比。

18、根据权利要求13所述的电路设备，其中，所述调制后的PWM信号是在不改变帧重复率和所述接收到的PWM信号的载波频率中的至少一个的前提下产生的。

19、根据权利要求13所述的电路设备，其中，在帧序列上帧内特定时间位置处应用斩波操作。

20、根据权利要求19所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路适于在帧边界处对接收到的至少一个PWM信号进行反相，并将所述接收到的至少一个PWM信号与同所述接收到的至少一个PWM信号相关的反相后的互补信号进行交换。

21、根据权利要求19所述的电路设备，其中，所述脉冲边沿控制电路适于在帧内时间位置处应用斩波操作，所述帧内时间位置对应于四分之一帧宽度、一半帧宽度、或四分之三帧宽度。

22、一种方法，包括：

在脉冲边沿控制电路处接收至少一个脉冲宽度调制(PWM)信号；

以离散时间间隔选择性地将所述至少一个PWM信号与所述至少一个PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以产生具有改变后的功率谱的至少一个调制后的PWM信号；以及

将所述至少一个调制后的PWM信号提供到相应的至少一个输出。

23、根据权利要求22所述的方法，其中，所述离散时间间隔是帧重复率的整数因数。

24、根据权利要求22所述的方法，其中，选择性地交换包括：交替地交换和不交换接收到的至少一个PWM信号。

25、根据权利要求24所述的方法，其中，以周期性间隔执行所述

交替地交换和不交换接收到的至少一个PWM信号的操作，以在改变后的功率谱内将载波信号能量集中在除了载波频率以外的频率处。

26、根据权利要求24所述的方法，其中，以随机间隔执行所述交替地交换和不交换接收到的至少一个PWM信号的操作，以在改变后的功率谱内对载波信号能量进行白化。

27、根据权利要求22所述的方法，其中，相对于所述至少一个PWM信号，所述至少一个调制后的PWM信号在特定频率处具有减小了的电磁干扰（EMI）和射频（RF）干扰。

28、根据权利要求22所述的方法，其中，所述至少一个调制后的PWM信号在载波频率处具有抑制后的能量。

29、根据权利要求22所述的方法，其中，所述至少一个调制后的PWM信号是在不改变帧重复率和载波频率中的至少一个的前提下产生的。

## 用于改变 PWM 功率谱的系统和方法

### 相关申请的交叉引用

本申请是于2008年4月1日提交的标题为“COMMON MODE CARRIER SUPPRESSION AND SPECTRAL SHAPING IN CLASS D AMPLIFIERS,”序列号为61/072,563的美国临时专利申请的非临时专利申请并且要求该临时专利申请的优先权,其全部内容并入此以作参考。此外,本申请是于2008年5月23日提交的标题为“SYSTEM AND METHOD OF ALTERING A PWM CARRIER POWER SPECTRUM,”序列号为12/126,125的美国专利申请的部分接续案并要求该申请的优先权,其全部内容并入此以作参考。

### 技术领域

本发明总体涉及一种用于改变脉冲宽度调制(PWM)功率谱的系统和方法。更具体地,本发明一般涉及对PWM信号进行调制以产生调制后的PWM信号,该调制后的信号具有抑制载波和改变后的PWM功率谱中的至少一个。

### 背景技术

通常,D类音频放大器具有高功率效率的优点。然而,这样的放大器在电磁干扰(EMI)方面也有缺点,该电磁干扰(EMI)可以与附近的无线接收机发生干扰、违反FCC发射限制(emission limit)、将噪声引入不同信号路径、或它们的任何组合。在与音频应用有关的具体示例中,切换频率可以在从大约200kHz到1000kHz的范围内变化。在D类放大器中,由于这样的切换而产生的载波及其谐波通常与幅度调制(AM)频带重叠,该幅度调制(AM)频带在从大约520kHz到1710kHz的范围内变化。因此,D类放大器可能引起EMI,除非使用一些“缓和”技术,否则EMI可以与附近的AM接收机发生干扰。D类放大

器还可以与开关电源（switched power supply）、直流至直流（DC-DC）转换器、数据转换器、发动机控制器、采用脉冲宽度调制的其他系统、或它们任何组合相关地使用。在每个这样的示例中，D类放大器都可能产生电磁干扰（EMI），并且可能与AM频带和其他敏感频带发生干扰。

通常，D类放大器可以使用多种调制技术。一个常见的调制技术被称作BD双边（BD-D）脉冲宽度调制（PWM）。通常，BD-D PWM包括：改变两个互补脉冲波的脉冲宽度，其中脉冲的中心是时间对齐的并且在脉冲宽度调制（PWM）帧内通常居中。对于正输入信号，驱动桥接输出高压侧（high side）的输入信号（典型地称作P或B）的脉冲宽度增大，驱动桥接输出低压侧（low side）的信号（典型地称作N或D）的互补脉冲宽度减小。不幸的是，这样的BD调制导致了共模载波频率不适宜地以帧率为中心。在音频应用的切换频率与AM频带发生重叠的具体示例中，共模载波及其谐波可以在AM频带内辐射能量，这与邻近同一系统或在同一系统内的AM无线电接收机的接收发生干扰。

现有技术中所采用的一种用于缓和AM无线电干扰的技术包括：将PWM载波信号调整到远离预期无线电台频率处。尽管这样的调整可以避免与共同驻留（co-resident）的AM无线电接收机的干扰，但这对于避免与非共同驻留的AM接收机的干扰来说并不实用（因为可能不知道预期的无线电频率），并且对针对发射兼容性（compliance）而抑制EMI没有帮助。此外，现有技术中所采用的用于针对发射兼容性而抑制EMI的技术包括：对PWM载波信号的频率进行抖动（dither）。然而，抖动技术提供了适中的平均EMI抑制，有时对瞬时峰值载波干扰有最小抑制，并且可能对基带信号的完整性造成不利影响，以及限制信号的最大调制指数。因此，希望在极少损害或不损害基带信号性能的情况下有意图地对PWM载波信号功率进行抑制。

## 发明内容

在具体实施例中，一种电路设备包括从脉冲宽度调制（PWM）源

接收至少一个PWM信号的脉冲边沿控制电路。脉冲边沿控制电路适于以离散时间间隔选择性地将该至少一个PWM信号与该至少一个PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以产生具有改变后的功率谱的至少一个调制后的PWM信号。脉冲边沿控制电路将该至少一个调制后的PWM信号提供到该脉冲边沿控制电路的至少一个输出。

在另一具体实施例中，一种电路设备包括通过至少两个输入接收互补PWM信号的脉冲边沿控制电路。脉冲边沿控制电路适于以离散时间间隔对接收到的PWM信号选择性地应用斩波操作，以产生具有抑制载波的调制后的PWM信号。脉冲边沿控制电路将调制后的PWM信号提供到该脉冲边沿控制电路的相应输出，其中，选择性地应用斩波操作包括：选择性地对接收到的PWM信号进行反相和交换。

在又一具体实施例中，公开了一种方法，该方法包括：在脉冲边沿控制电路处接收至少一个脉冲宽度调制（PWM）信号。该方法还包括：以离散时间间隔选择性地将该至少一个PWM信号与该至少一个PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以产生具有改变后的功率谱的至少一个调制后的PWM信号。该方法还包括：将该至少一个调制后的PWM信号提供到相应的至少一个输出。

## 附图说明

图1是对脉冲宽度调制（PWM）载波进行抑制的系统的第二具体示例性实施例的框图；

图2是传统BD-D PWM信号的具体表示实施例的曲线图，其中两个脉冲波的脉冲宽度发生变化，这里的脉冲波是时间对齐的并且在脉冲宽度调制（PWM）帧内通常居中；

图3是输出信号的差模（DM）功率谱的曲线图，其中该输出信号使用图2所示的BD-D PWM信号并且使用768kHz帧率；

图4是输出信号的共模（CM）功率谱的曲线图，其中该输出信号使用图2所示的BD-D PWM信号并且使用768kHz帧率；

图5是对脉冲宽度调制（PWM）载波进行抑制的系统的第二具体示例性实施例的框图；



图6是示出了使用斩波技术的在帧内居中的互补PWM脉冲的具体时序曲线图；

图7是以分贝表示的幅度相对于频率而变化的共模谱的具体示例性实施例的曲线图，该共模谱是通过将帧率为768kHz的帧边界处的BD-D PWM信号进行周期性斩波而得到的；

图8是对脉冲宽度调制（PWM）载波进行抑制的系统的第三具体示例性实施例的框图；

图9是以分贝表示的幅度相对于频率而变化的共模谱的具体示例性实施例的曲线图，该共模谱是通过将帧率为768kHz的帧边界处的BD-D PWM信号进行随机斩波而得到的；

图10是使用PWM斩波技术改变脉冲宽度调制（PWM）功率谱的方法的具体示例性实施例的流程图；以及

图11是在单个输入系统上使用PWM斩波技术改变脉冲宽度调制（PWM）功率谱的方法的第二具体示例性实施例的流程图。

## 具体实施方式

在具体实施例中，公开了一种脉冲边沿控制电路和方法，使用选择性斩波（chopping）操作（即，反相和交换操作的选择性应用）来改变调制后的PWM输出信号的功率谱。在具体示例中，通过交替地（周期性地或随机地）对一个或多个接收到的互补PWM信号进行斩波和不进行斩波，可以产生一个或多个调制后的PWM输出信号，所述调制后的PWM输出信号包括以下至少一项：抑制后的载波功率、白化后的功率谱、或载波能量集中在除载波频率以外的频率处的功率谱。此外，对一对接收到的互补PWM信号选择性地应用斩波操作使得可以对共模载波进行抑制，而实质上不改变接收到的互补PWM信号对的差模分量，并且极少损害或不损害差分基带信号的性能。

图1是对脉冲宽度调制（PWM）载波进行抑制的系统100的第一具体示例性实施例的框图。系统100包括输入102，输入102接收脉冲编码调制（PCM）数字或模拟音频输入信号。输入102耦合至脉冲宽度调制（PWM）转换器104，脉冲宽度调制（PWM）转换器104将音频输

入信号转换成PWM字106并将PWM字106提供给脉冲边沿控制器108。脉冲边沿控制器108分别将PWM (PWMB) 信号110和PWM (PWMD) 信号112输出至第一和第二定时控制框120和122。在具体实施例中，PWMB和PWMD信号110和112可以是互补的PWM信号对。在具体示例中，PWMD信号112可以是PWMB信号110的占空比互补信号，使得两个信号110和112合计PWM帧占空比的大约100%。具体地，由于量化效应使得两个信号110和112的合计可能不等于PWM帧的100%。第一定时控制框120接收PWMB信号110，并驱动耦合在电源电压 (VPP) 与地 (GND) 之间的输出晶体管140的一个或多个栅极驱动器130以提供高压侧输出信号 (输出B)。

第二定时控制框122接收PWMD信号112，并驱动耦合在电源电压 (VPP) 与地 (GND) 之间的输出晶体管142的一个或多个栅极驱动器132以提供低压侧输出信号 (输出D)。尽管输出晶体管140和142被示为简单的互补金属氧化物半导体 (CMOS) 反相器，但在其他具体实施例中，可以使用更复杂的输出电路拓扑。

将来自输出晶体管140和142的高压侧 (输出B) 和低压侧 (输出D) 信号经由解调低通滤波器 (LPF) 150提供给扬声器160。在具体实施例中，可以将扬声器160替换成针对切换功率应用的直流 (DC) 至直流转换器，或替换成针对其他应用的其他电路。此外，系统100包括调制序列控制器114，调制序列控制器114耦合至第一和第二定时控制框120和122，以对PWMB和PWMD信号110和112选择性地应用一个或多个调制序列，从而产生具有抑制载波的调制后的PWM输出。

在具体实施例中，第一和第二定时控制框120和122适于对接收到的如BD-D PWM信号等PWM信号106的共模载波功率和相关谐波进行抑制，同时保持BD-D PWM结构的其他优点。在具体示例中，调制后的PWM输出信号可以具有抑制后的载波功率、白化后的功率谱、载波能量集中在除了载波频率以外的频率处的功率谱、或它们的任何组合。如以下所述，第一和第二定时控制框120和122连同脉冲边沿控制器108可以适于对接收到的PWM信号106的载波功率和相关谐波进行抑制，而不改变该PWM信号106的载波频率、该PWM信号106的帧重复率、

基带信号、或它们的任何组合。

通常，脉冲边沿控制器108以及第一和第二定时控制框120和122适于选择性地应用斩波操作，从而选择性地以离散时间间隔对PWM信号106进行斩波或不进行斩波。在具体实施例中，离散时间间隔是对载波进行抑制、改变功率谱、或这些操作的任何组合的帧重复率的整数因数（sub-multiple）。通常，术语“帧重复率的整数因数”是指与帧的宽度有关的间隔，使得在帧内的相同时间位置处以帧序列上的规则间隔应用斩波操作。在具体示例中，在每第 $n$ 帧的帧边界处选择性地应用斩波操作（即，斩波或不斩波）。当变量（ $n$ ）是四（4）时，在每第4帧的帧内的时间位置（如，在帧边界处）选择性地应用斩波操作。如这里所使用的，术语“斩波”是指反相或交换操作，其中对两个PWM信号进行逻辑反相和互换，以在抑制共模载波功率的同时保持差模分量。此外，单个输入斩波操作是指对接收到的PWM信号与该PWM信号的占空比互补信号所应用的反相和交换操作。通常，PWM信号及其占空比互补信号具有合计占空比，该合计占空比表示量化效应界限内的整个帧宽度（即，100%的帧宽度）。

在具体示例中，应用斩波操作的地方（时间位置）可以处于帧边界处、一半帧宽度处（ $T/2$ ）、四分之一帧宽度处（ $T/4$ ）、或帧内且在帧序列上的其他时间位置处。此外，可以在帧序列上每一帧、每隔一帧、每第 $n$ 帧（其中 $n$ 是正整数）、或随机地，选择性地应用或不应用斩波操作。在具体实施例中，对调制后的输出信号的载波能量进行抑制，而不改变帧重复率，该帧重复率是帧（并且不是帧的内容）在脉冲宽度调制帧的序列内重复的重复率。

图2是传统BD-D PWM信号200的具体表示实施例的曲线图，其中，两个脉冲波的脉冲宽度发生变化，该脉冲波是时间对齐的并且在脉冲宽度调制（PWM）帧内通常居中。通常，对于例如驱动H桥的输出处的许多D类放大器，使用BD-D PWM。PWM帧具有时间（ $T$ ），两个信号（B和D）202和204的脉冲宽度在PWM帧内名义上居中（大约 $T/2$ 处）。对于正输入信号，驱动桥接输出高压侧的信号（“B”信号202）的脉冲宽度增大了 $\delta$ （ $\Delta$ ），而驱动桥接输出低压侧的信号（“D”信

号204)的脉冲宽度减小了 $\Delta$ 。

通常,得到的是负载(即,与扬声器级联的滤波器)上的差分信号206,该差分信号206是由以 $\pm T/4$ 为中心的两个正脉冲构成的,其中 $T$ 是PWM帧的宽度,参考时间位置 $T=0$ 表示帧的中心。通常,差分信号206的载波频率是PWM帧率的两倍。

相反,对于负输入信号,D信号204的负脉冲宽度增大,而B信号202的正脉冲宽度减小,得到两个相似但为负的脉冲。不同地,这是高效的布置,因为没有浪费(或极少浪费)差分能量。然而,以PWM帧率产生了强共模分量208,与输入是正还是负无关。

图3是使用图2所示的BD-D PWM信号并且使用768kHz帧率的输出信号的差模(DM)功率谱300的曲线图。具体地,在谱300中,差模信号206(如图2所示)的载波频率是768kHz帧率的两倍。

图4是使用图2所示的BD-D PWM信号并且使用768kHz帧率的输出信号的共模(CM)功率谱400的曲线图。不幸的是,脉冲宽度调制(PWM)帧内的PWMB和PWMD信号(例如,图2所示的PWMB和PWMD信号202和204)引入了由共模谱400所示的强共模分量,该强共模分量是由位于载波频率处以及位于载波频率的奇次谐波处的峰值共模功率电平所指示的,所述峰值功率电平可在附近的接收机电路中产生电磁干扰(EMI)和幅度调制(AM)无线电干扰。此外,共模载波频率不适宜地以帧率为中心。假定针对音频应用的实际切换频率在200kHz到1000kHz的范围内变化,AM频带在520kHz到1710kHz的范围内变化,存在这样的问题:共模载波及其谐波的辐射能量与邻近同一系统或同一系统中的AM无线电的接收发生干扰。因此,希望在不损害差模性能的情况下对BD PWM信号的共模载波进行抑制。

图5是对脉冲宽度调制(PWM)载波进行抑制的系统500的第二具体示例性实施例的框图。系统500包括脉冲边沿控制电路502,该脉冲边沿控制电路502包括至少两个输入,以从PWM源504接收互补脉冲宽度调制(PWM)信号(如PWMB和PWMD信号)。通常,术语互补PWM信号是指这样两个PWM信号:这两个PWM信号的组合占空比为100%,使得第一PWM信号具有第一占空比,第二PWM信号具有第二

占空比，在量化效应的界限内，第二占空比等于帧宽度（T）减去第一占空比。脉冲边沿控制电路502还包括至少两个输出514和516，该至少两个输出514和516可以耦合至电路组件，如滤波器、负载电路（扬声器）、功率调节器的切换级、另一电路、或它们的任何组合。

脉冲边沿控制电路502包括适于通过该至少两个输入接收互补PWM信号的第一反相器506和第二反相器508。第一和第二反相器506和508适于对接收到的互补PWM信号进行逻辑反相。第一和第二反相器506和508的输出交叉耦合至开关510，使得PWMD信号的逻辑反相拷贝被作为PWMB信号而提供至开关510，PWMB信号的逻辑反相拷贝被作为PWMD信号而提供至开关510。因此，脉冲边沿控制电路502适于对互补PWM信号进行反相和交换。此外，开关510包括接收所接收到的互补PWM信号的输入。开关510响应于控制逻辑512，在输出514和516处选择性地输出以下项目之一：接收到的互补PWM信号，或交叉耦合后的、逻辑反相后的互补PWMB和PWMD信号。

在具体实施例中，脉冲边沿控制电路502适于以帧重复率的整数因数选择性地对接收到的互补PWM信号进行斩波（选择性地反相或交换）。此外，控制逻辑512可以处于脉冲边沿控制电路502的内部或外部，并且适于控制开关510以所选的帧间隔在接收到的互补PWM信号或斩波后的互补PWM信号间进行选择，以产生调制后的互补PWM信号而不改变帧重复率、占空比、差分载波频率、和差分基带信号中的至少一个，其中所述调制后的互补PWM信号具有改变后的功率谱、抑制后的载波功率、或它们的任何组合。脉冲边沿控制电路502向该至少两个输出514和516提供接收到的互补PWM信号或交叉耦合后的、逻辑反相后的互补PWM信号。

在具体实施例中，控制逻辑512适于通过控制开关510的操作来随时间调整帧重复率的整数因数。在具体示例中，控制逻辑512可以随时间调整开关510的切换间隔，以对载波功率进行抑制、对功率谱进行白化、或将载波能量集中在除了载波频率以外的频率处、或它们的任何组合。此外，控制逻辑512适于控制开关510周期性地或随机地向输出514和516提供互补PWM信号或交叉耦合后的、逻辑反相后的互补

PWM信号。周期性斩波可以对载波进行抑制以及将载波能量移至输出谱中的其他频率。随机斩波可以对功率谱进行扩展和白化。此外，通过应用所构造的开关模式 (switching pattern)，可以对白化后的输出功率谱进一步整形，并且可以使用特定模式在特定频率处引入凹口 (notch)。

图6是示出了在帧内居中的互补PWM脉冲 (PWMB脉冲602和PWMD脉冲 (604)) 的具体示例性时序曲线图600，使用简单的、逻辑反相的交叉连接以进行共模载波抑制。PWMB和PWMD脉冲602和604产生差分输出606，该差分输出606具有以大约四分之一PWM帧处 (即，在 $\pm T/4$ 处) 为中心的脉冲。共模输出608包括峰值正幅度，该峰值正幅度位于大约PWM帧的中心处 (即，在 $T=0$ 处)。

如图所示，对PWMD脉冲604进行反相和交叉耦合以使PWMD脉冲604变成斩波后的PWMB脉冲610，对PWMB脉冲602进行反相和交叉耦合以使PWMB脉冲602变成斩波后的PWMD脉冲612。所产生的差分输出614与针对未斩波的输出的差分输出606相比并未改变。然而，共模输出616相移了大约 $T/2$  (或 $\pi$ )，同时保持了每半帧内的差分脉冲宽度和位置。

图7是以分贝表示的幅度相对于频率而变化的共模谱700的具体示例性实施例的曲线图，该共模谱700是通过对帧边界处的BD-D PWM信号进行周期性斩波而得到的，其中帧率为768kHz并且斩波频率整数因数变量 ( $n$ ) 是二 (2)。共模谱700示出了：对PWM信号的周期性斩波 (对互补PWM信号进行逻辑反相和交换或产生接收到的PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号，以及交替输出PWM信号或逻辑反相后的占空比互补信号) 抑制了载波频率处的载波能量及其谐波并在  $(1 \pm 1/n)$  倍的PWM载波频率处产生边带音 (side band tone)，其中 ( $n$ ) 是斩波频率整数因数变量。

图8是对脉冲宽度调制 (PWM) 载波进行抑制的系统800的第三具体示例性实施例的框图。系统800包括脉冲边沿控制电路802，该脉冲边沿控制电路802在输入806处接收来自PWM源804的至少一个脉冲宽度调制 (PWM) 信号，其中输入806耦合至开关808和互补产生器810。

互补产生器810适于产生接收到的PWM信号的占空比互补信号。互补产生器810向逻辑反相器812提供PWM信号的占空比互补信号，逻辑反相器812对占空比互补PWM信号进行逻辑反相，以向开关808的第二输入提供PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号。系统800还包括耦合至开关808的控制逻辑814。控制逻辑814是以幻象（phantom）形式示出的，这是由于控制逻辑814可以被包含在脉冲边沿控制电路802中或与脉冲边沿控制电路802分离。控制逻辑814适于控制开关808向输出816选择性地提供接收到的PWM信号或接收到的PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号之一，作为调制后的PWM输出信号。

通常，脉冲边沿控制电路802可以是单个输入电路设备，该单个输入电路设备适于产生与接收到的PWM信号有关的逻辑反相后的占空比互补信号，以及适于在帧序列上以离散时间间隔在帧内的时间位置处选择性地接收到的PWM信号与逻辑反相后的占空比互补信号进行交换，以在输出816处产生调制后的PWM输出信号。通常，脉冲边沿控制电路802适于在帧内的时间位置（如在帧边界、帧内的中点位置（例如， $T/2$ ，其中 $T$ 表示时间帧宽度）处、在四分之一帧位置（例如， $T/4$ ）处、或在另一时间位置处）选择性地应用斩波操作。

在具体实施例中，控制逻辑814适于将控制信号提供给脉冲边沿控制电路802的控制输入，以调整斩波频率（即，帧重复率的整数因数乘以帧重复率），从而在帧序列上以调整后的间隔选择性地对接收到的PWM信号进行斩波。在具体示例中，控制逻辑814适于控制开关808在帧组或帧序列中对接收到的PWM信号与PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号之间选择性地切换，使得第一帧序列包括接收到的PWM信号，第二帧序列包括PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号。在具体示例中，开关808的选择性控制可以用于对与输出816处的至少一个调制后的PWM输出信号相关联的功率谱进行整形。

图9是以分贝表示的幅度相对于频率而变化的共模谱900的具体示例性实施例的曲线图，该共模谱900是通过帧率为768kHz的帧边界处的BD-D PWM信号进行随机斩波而得到的。共模谱900示出了：对PWM信号的随机斩波（对互补PWM信号进行逻辑反相和交换或产

生接收到的PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号,以及选择性地输出PWM信号或逻辑反相后的占空比互补信号)白化了PWM共模输出信号并显著减小了其峰值能量水平。

图10是使用PWM斩波技术改变脉冲宽度调制(PWM)功率谱的方法的具体示例性实施例的流程图。在1002,在脉冲边沿控制电路处接收至少一个脉冲宽度调制(PWM)信号。进行至1004,以帧重复率的整数因数选择性地对该至少一个PWM信号进行反相并将该至少一个PWM信号与该至少一个PWM信号的占空比互补信号进行交换,以产生具有改变后的功率谱的至少一个调制后的PWM信号。在具体实施例中,选择性地反相和交换的操作包括:选择性地对接收到的至少一个PWM信号及其占空比互补信号进行斩波和不进行斩波。此外,在具体示例中,以周期性间隔、以随机间隔、或使用斩波和不斩波的特定模式,执行所述选择性地对接收到的至少一个PWM信号及其占空比互补信号进行斩波和不进行斩波,以改变输出功率谱。进行至1006,将该至少一个调制后的PWM信号提供到相应的至少一个输出。该方法在1008终止。

在具体实施例中,相对于至少一个PWM信号,该至少一个调制后的PWM信号在特定频率处具有减小了的电磁干扰(EMI)和射频(RF)干扰。此外,在另一具体实施例中,该至少一个调制后的PWM信号在载波频率处具有抑制后的功率、将载波能量集中在除了载波频率以外的频率处、具有白化后的功率谱、或它们的任何组合。在又一具体实施例中,在不改变帧重复率和载波频率中至少一个的情况下,产生该至少一个调制后的PWM信号。

在具体示例中,如果接收到两个PWM信号,则系统可以适于选择性地输出这两个PWM信号或这两个PWM信号的斩波后的版本。在后一种情况下,对这两个PWM信号选择性地反相和交换,然后将它们提供到输出。通过选择性地对这两个PWM信号进行斩波或不进行斩波,得到的输出信号可以具有改变后的功率谱。通过控制斩波间隔或斩波模式,可以采用特定方式(如,通过将载波能量集中在除了载波频率以外的频率处、通过对载波频率处的载波能量进行抑制、通过对



功率谱进行白化、通过在功率谱中特定频率处引入凹口、或它们的任何组合)对功率谱进行整形。

图11是在单个输入系统上使用PWM斩波技术改变脉冲宽度调制(PWM)功率谱的方法的第二具体示例性实施例的流程图。在1102,在脉冲边沿控制电路的输入处接收脉冲宽度调制(PWM)信号。进行至1104,产生接收到的PWM信号的占空比互补信号。在具体示例中,接收到的PWM信号和占空比互补信号在量化效应的界限内具有合计等于100%帧宽度(即,整个帧宽度)的占空比。进行至1106,对接收到的PWM信号的占空比互补信号进行逻辑反相,以产生接收到的PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号。在具体实施例中,在帧内的时间位置处(如在帧边界处或在帧内的另一位置处)选择性地应用PWM斩波技术。继续进行至1108,以帧重复率的整数因数选择性地输出接收到的PWM信号和接收到的PWM信号的逻辑反相后的占空比互补信号中的一个,以产生调制后的PWM输出信号,该调制后的PWM输出信号具有抑制载波、集中在除了载波频率以外的频率处的载波能量、白化后的功率谱、或它们的任何组合。该方法在1110终止。

在具体实施例中,该方法还包括:接收控制信号值,以将斩波频率调整到帧重复率的特定整数因数。例如,可以应用控制信号值的序列来随时间调整帧重复率的整数因数,以对与调制后的PWM信号相关联的功率谱进行整形。

结合以上所公开的电路设备和方法,公开了一种脉冲边沿控制电路,适于对至少一个接收到的PWM信号选择性地应用斩波操作,以产生具有改变后的功率谱的至少一个调制后的PWM信号。选择性地斩波的操作包括:周期性地或随机地以离散时间间隔对该至少一个接收到的PWM信号及其占空比互补信号进行斩波或不进行斩波。在具体示例中,随机或周期性斩波操作可以对输出功率谱进行整形,以对噪声进行白化、对载波功率进行抑制、将载波能量转移或集中到除了载波频率以外的频率、或它们的任何组合。在另一具体示例中,选择性地斩波的操作适于对载波进行抑制而不改变帧重复率、载波频率、差模分量、或它们的任何组合。

---

尽管参考优选实施例描述了本发明，但本领域技术人员将认识到，可以在不背离本发明的精神和范围的前提下进行形式和细节上的改变。

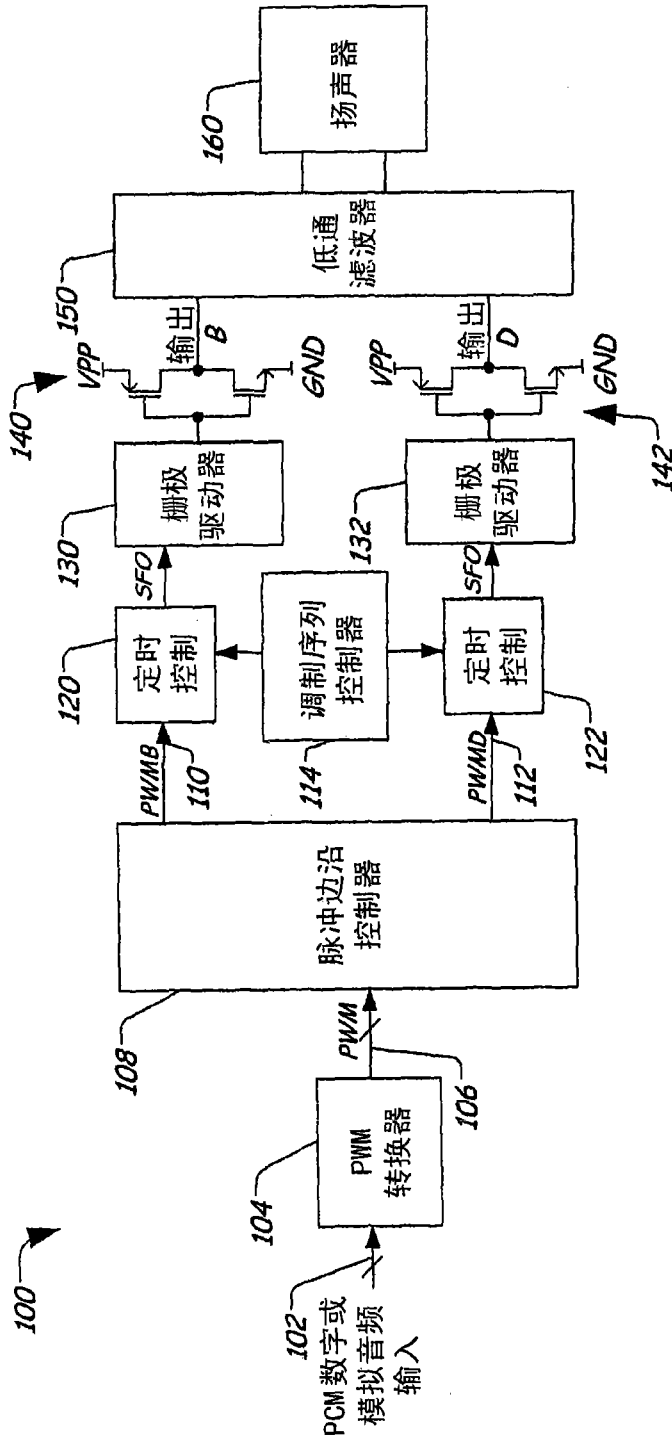


图 1

200

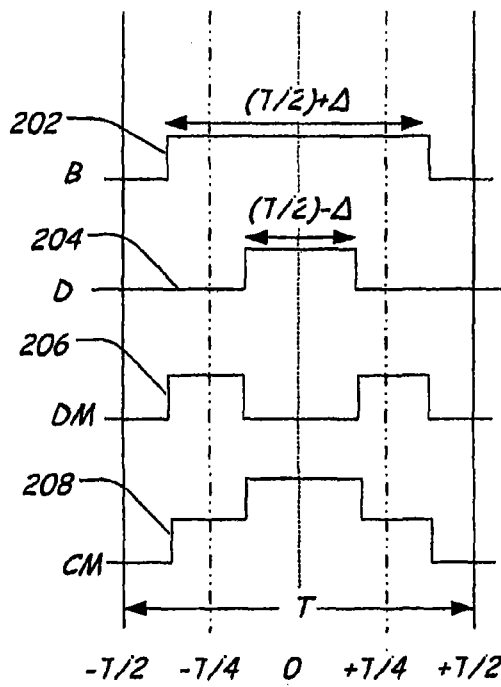


图 2

300

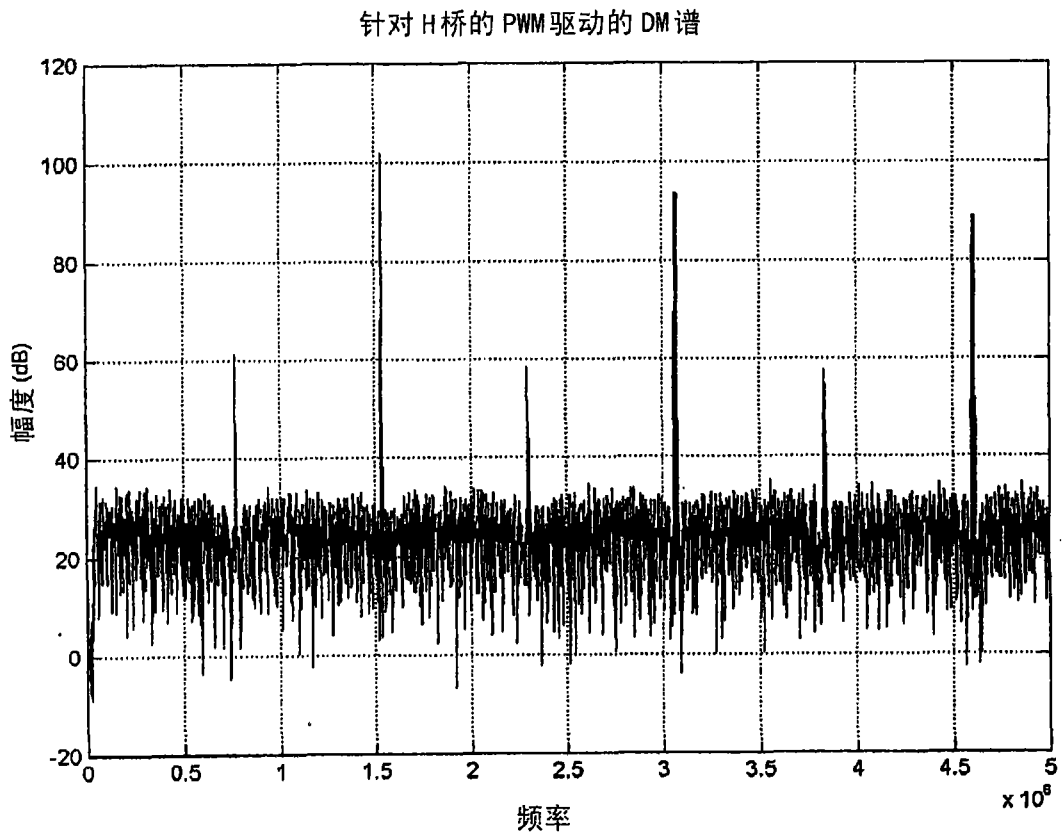


图 3

400

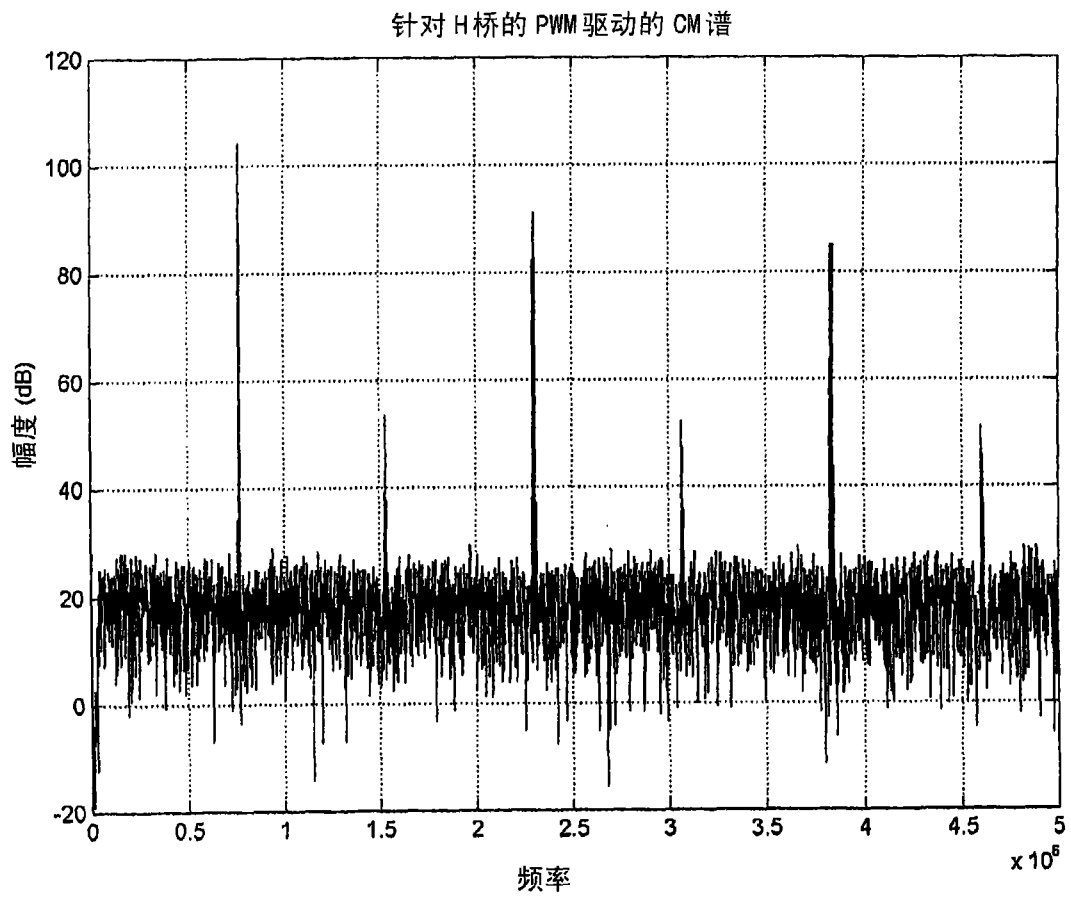


图 4

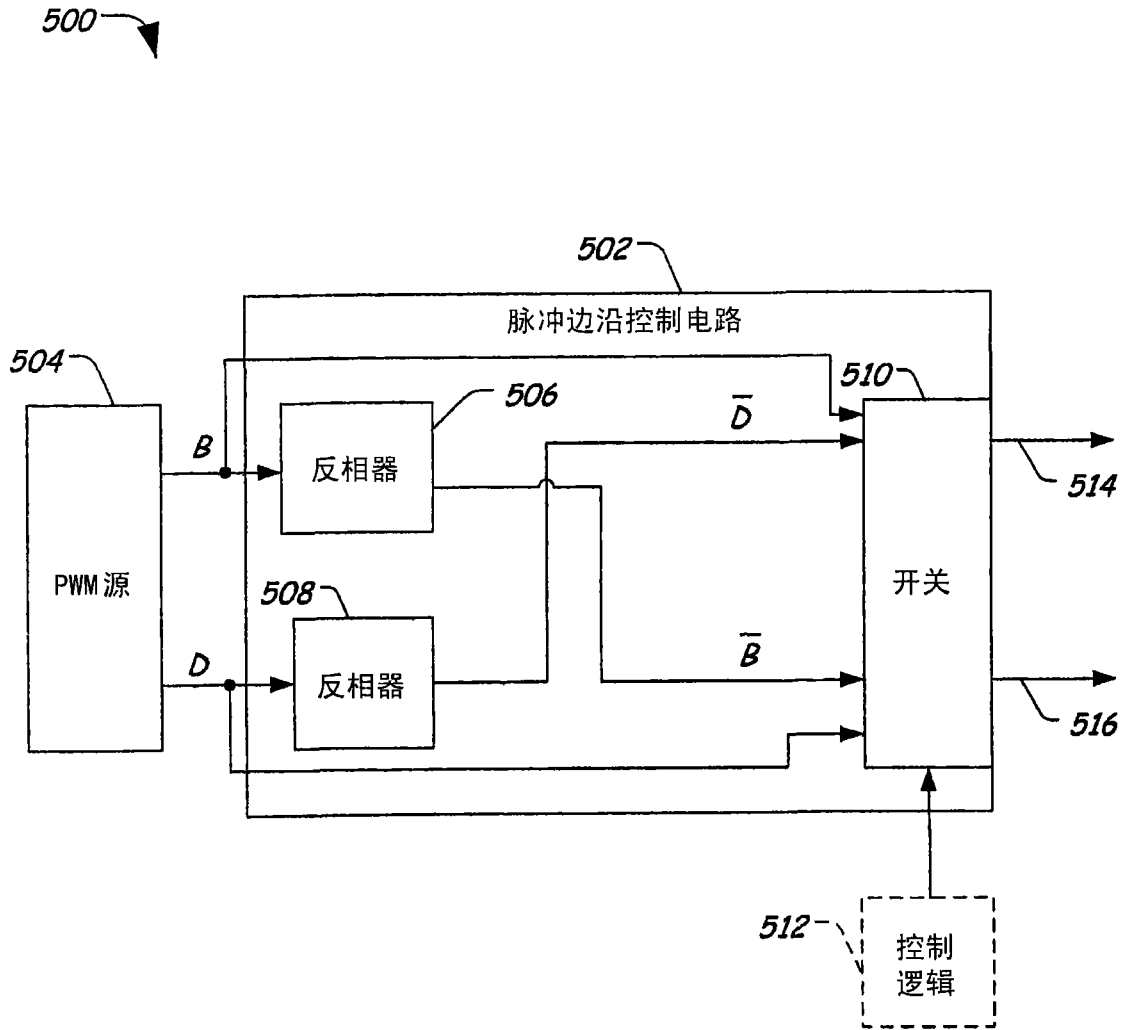


图 5

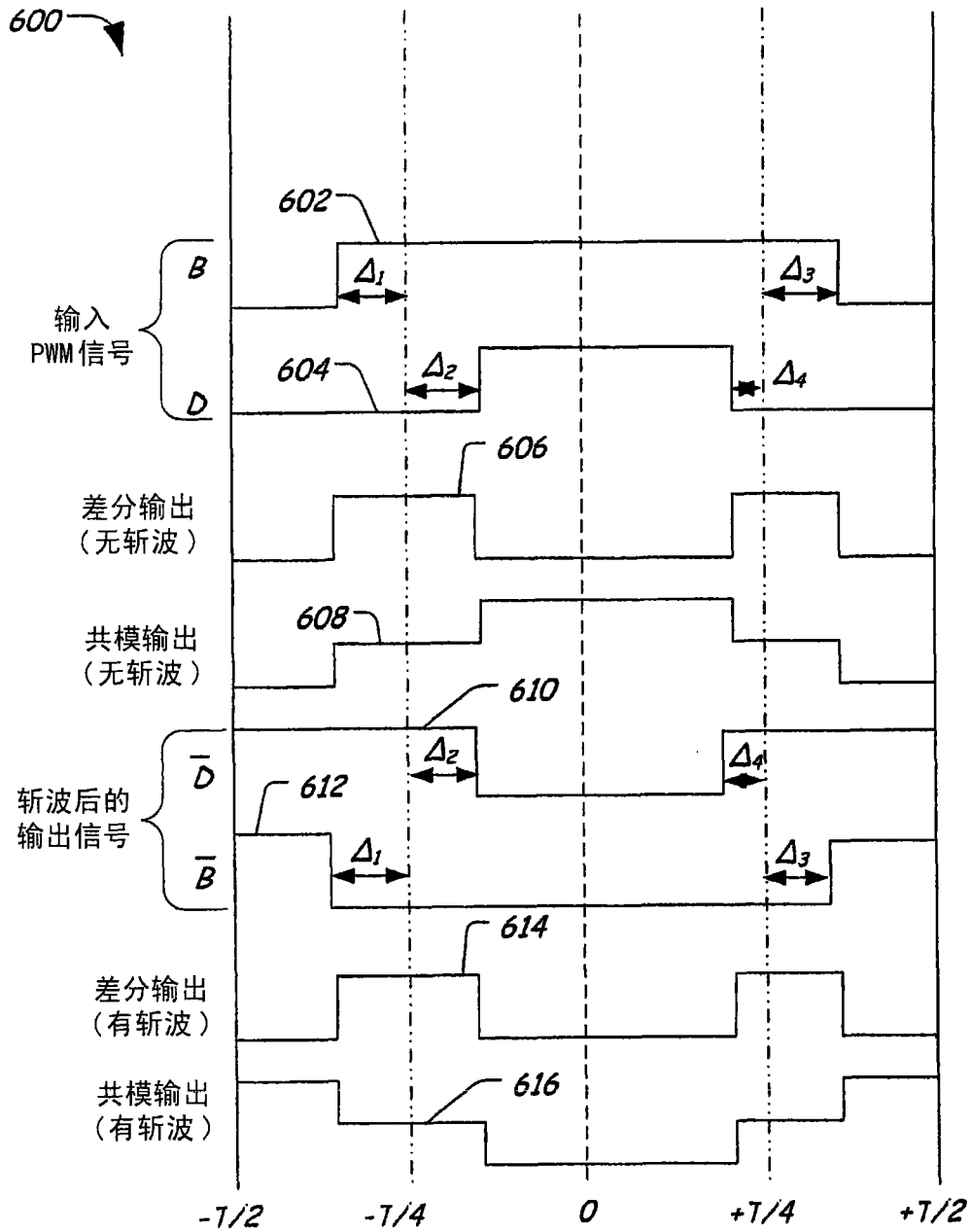


图 6



700

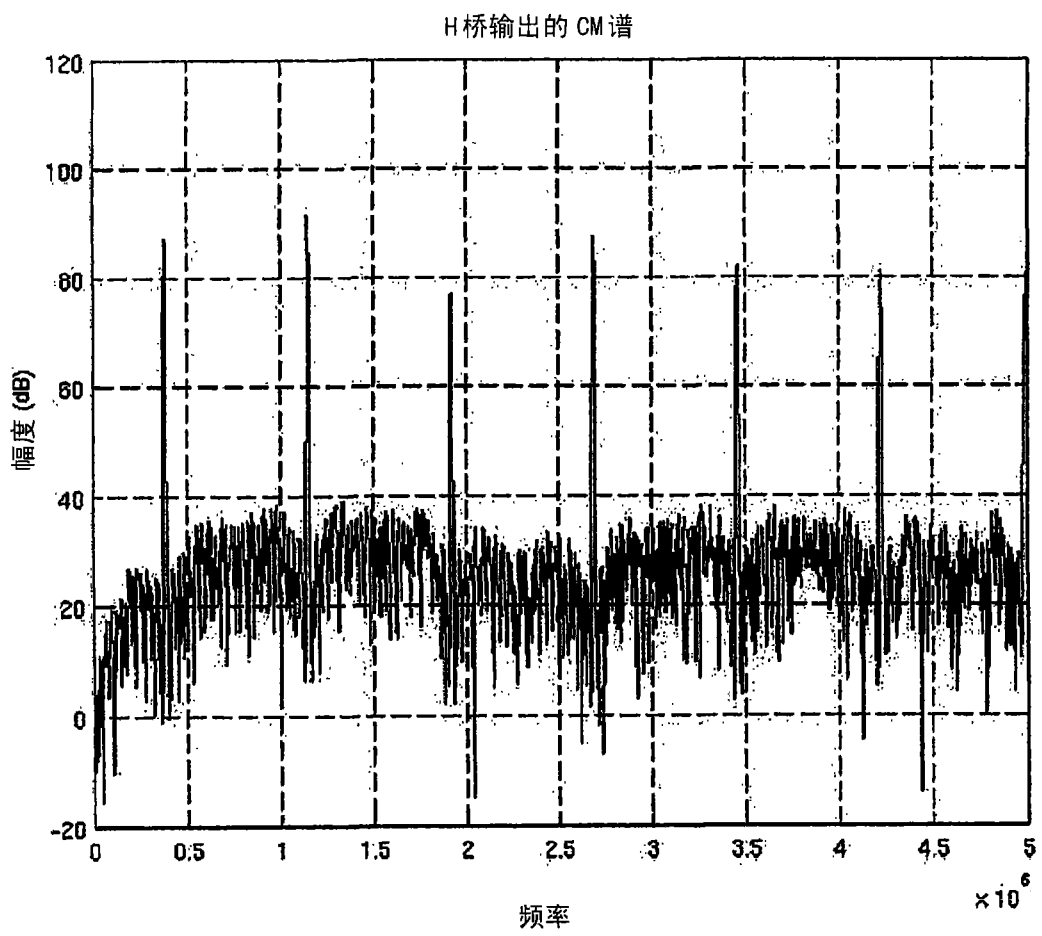


图 7

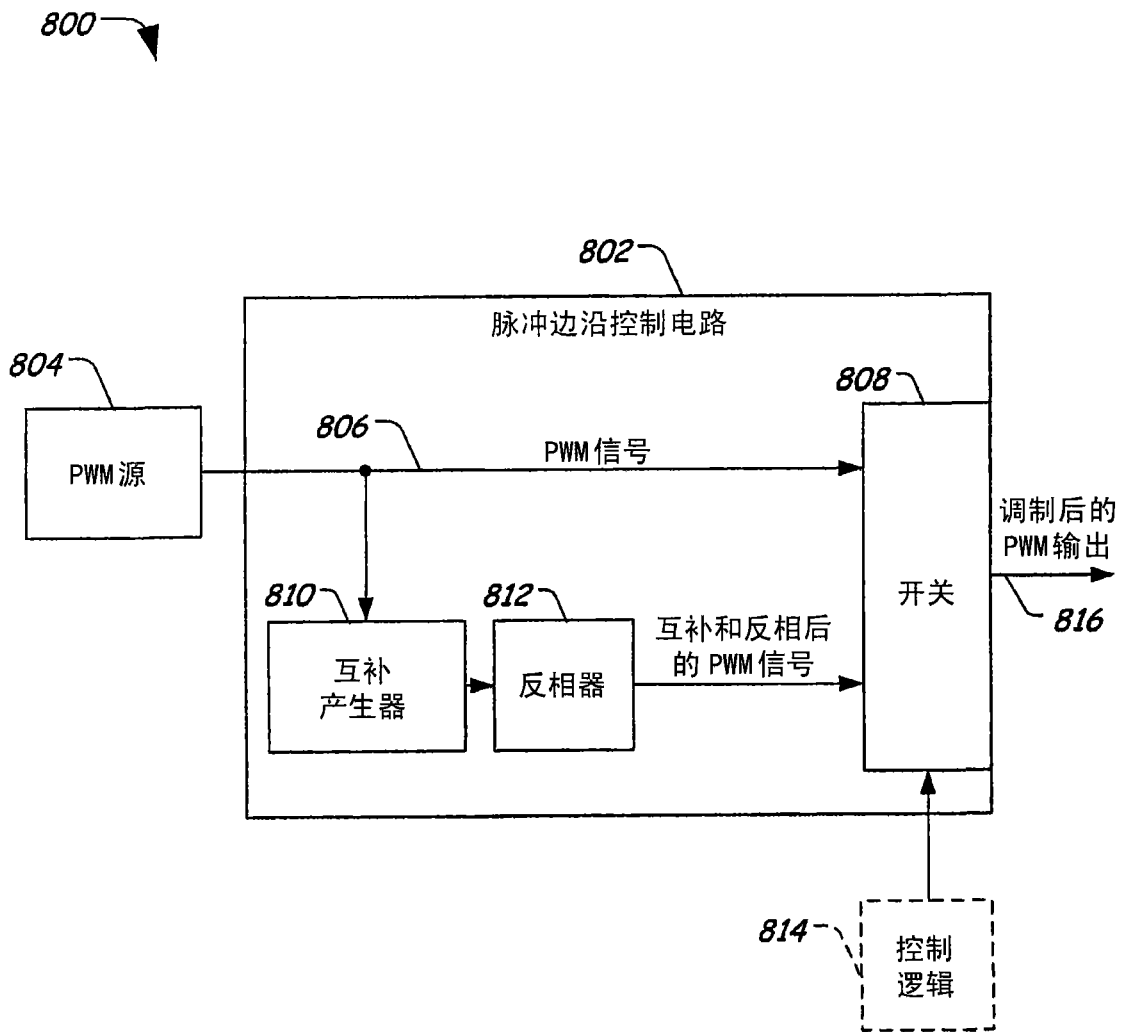


图 8

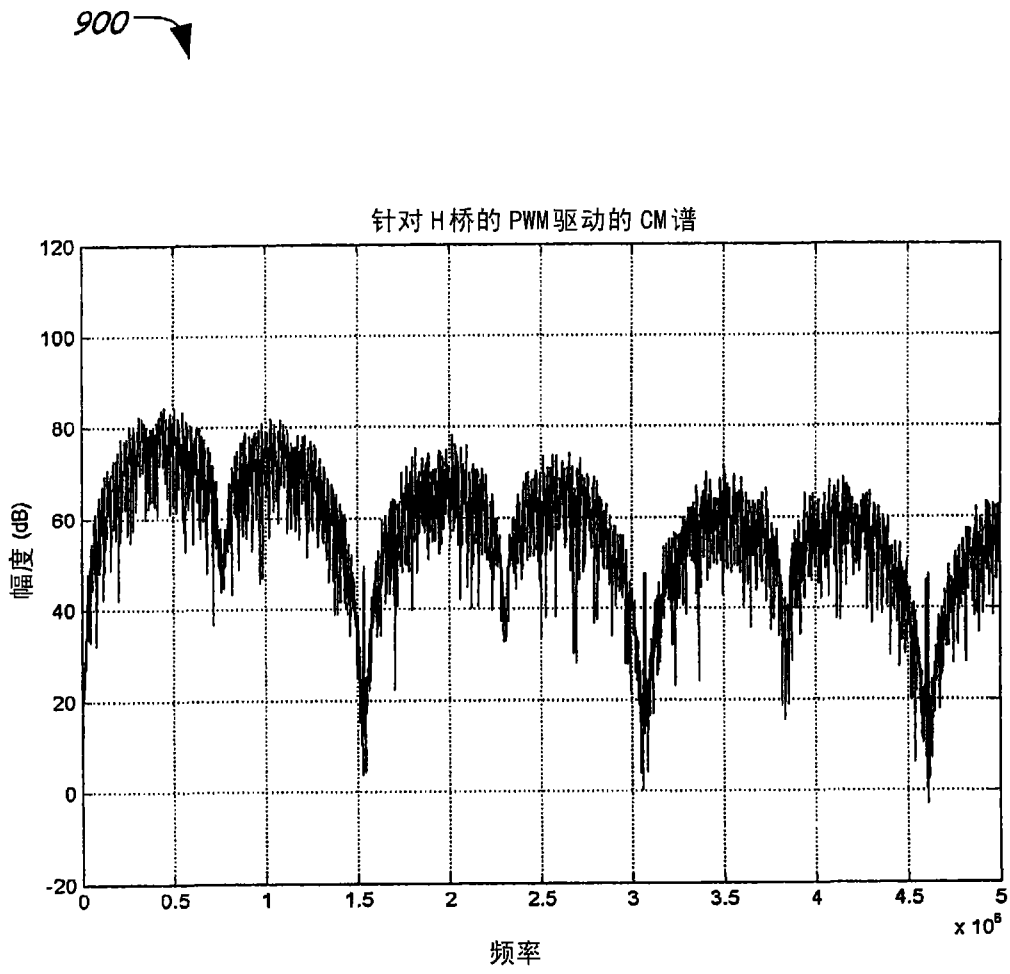


图 9

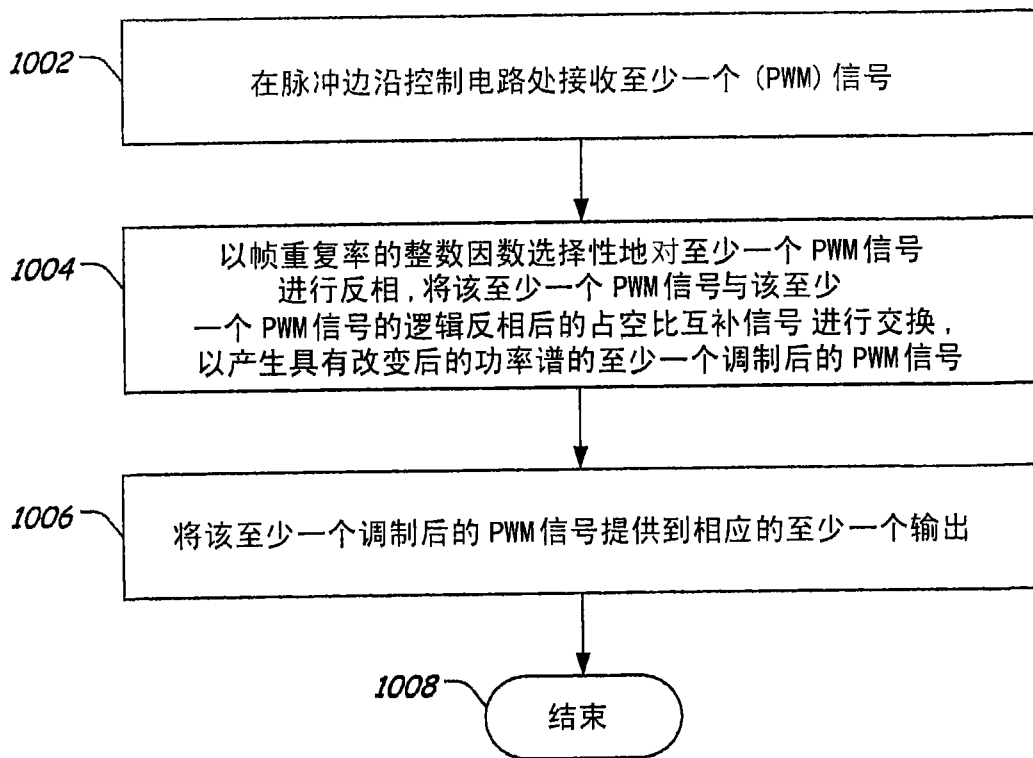


图 10

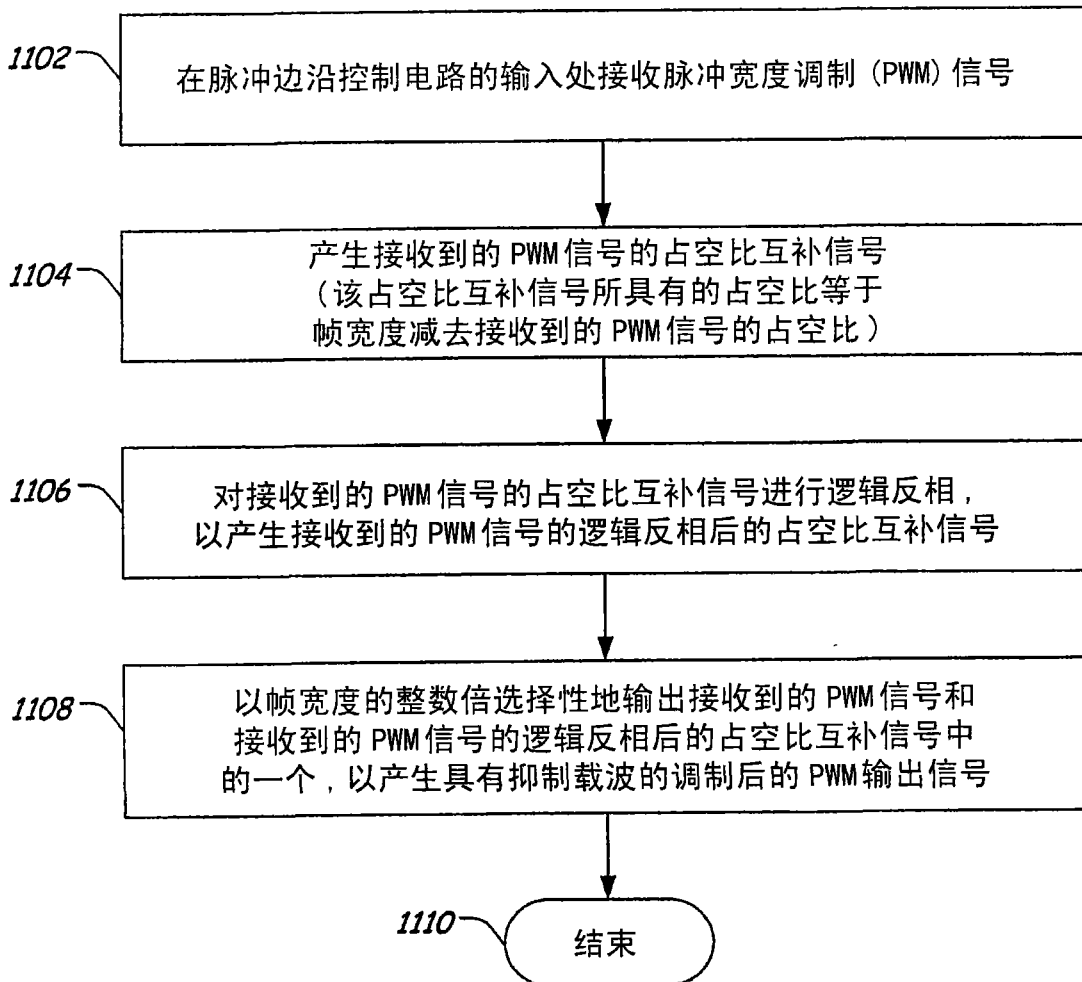


图 11