

文章编号: 1004-4353(2018)01-0083-04

基于互补型自举模式的通用型 脉冲功率接续器设计

韩京慧, 金永镐*

(延边大学 工学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: 提出了一种基于互补型场效应管和自举模式工作的通用型脉冲功率接续器的设计方案, 这种功率接续器使用一对互补型场效应管, 采用自举模式驱动, 工作电压可设置在 10~60 V 范围内, 工作频率为 10~800 kHz, 因此与任何 D 类音频功率放大器配接后都可大幅度提高输出电压和输出电流, 也可以组成 BTL 型脉冲功率驱动器. 本文设计的通用型脉冲功率接续器具有电路简单、工作稳定、性能价格比高、便于维护的特点, 可广泛用在工业用报警器产品中, 不仅可以减少产品的种类, 而且能够大大提高产品的竞争力.

关键词: 互补型; 自举模式; 脉冲功率接续器; 工作频率; 性能价格比

中图分类号: TM46

文献标识码: A

Design of universal pulse power connector based on complementary bootstrap mode

HAN Jinghui, JIN Yonggao*

(College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: A design scheme of universal pulse power connector based on complementary field effect transistor and bootstrap mode is proposed. This power connector uses a pair of complementary field effect transistor, and it adopts bootstrap mode to drive. The operating voltage can be set in the range of 10-60 V, and the operating frequency is 10-800 kHz. Therefore, the connection of this power connector with any class D amplifier can greatly improve output voltage and output current. And they also can be composed of BTL pulse power driver. This power connector has simple circuit, stable work, high cost performance and convenient maintenance. It can be widely used in industrial alarm products, which can narrow the product category. So the competitiveness of products can be improved substantially.

Keywords: complementary; bootstrap mode; pulse power connector; operating frequency; cost performance

0 引言

在设计各种语音型和音乐型工业用报警器时, 为减少体积和提高效率, 通常会采用 D 类功率放大器. 近年来, 多种高性能、高效率、小体积的 D 类功率放大器芯片相继出现在市场^[1-2], 常用的有: MP7770, 在工作电压 36 V 的情况下, 以桥式

推挽方式(BTL)在 4 Ω 负载上可输出 90 W 的功率; TPA3001D1, 在工作电压 18 V 的情况下, 以 BTL 方式在 8 Ω 负载上可输出 20 W 的功率^[3]; MP7720, 在工作电压 24 V 的情况下, 在 4 Ω 负载时可输出 20 W 的功率^[4].

厂家在设计输出功率为 10~150 W 的各种工业用报警器控制板时, 为降低成本通常根据不

同输出功率而使用不同的功率放大器芯片,因此存在控制板种类繁多、不利于维护等问题.如果利用脉冲功率接续器和廉价的小功率 D 类功率放大器设计则可解决上述问题,同时能够大大降低成本.但现有的脉冲功率接续器通常是用专用的集成电路 LM5105 或 SC1205 组成,这些集成电路存在工作频率或工作电压低的问题,且输入和输出同相位不便组成 BTL 方式电路^[6],另外,这些芯片价格较高,因而导致产品成本偏高.为此,本文提出了一种通用的互补型脉冲功率接续器,它具有电路简单、工作状态稳定、成本低的优点,可广泛应用于输出功率在 10~150 W 的工业用各种报警器中.

1 现有的脉冲功率接续器结构分析

现有的脉冲功率接续器通常是由专用芯片和 2 个场效应管配接组成,如 LM5105 集成电路的工作电压为 100 V,工作频率为 500 kHz;SC1205 集成电路的工作电压为 25 V,工作频率为 1 MHz^[6].这种芯片的内部框图如图 1 所示,其由 2 路脉冲延时器、电平变换器、上驱动器、下驱动器和外部自举电路等组成,结构较为复杂.

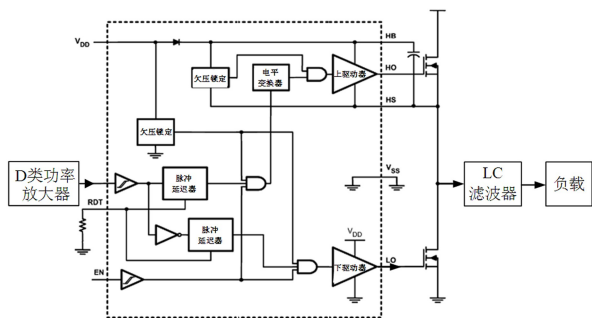


图 1 现有的脉冲功率接续器内部框图

2 互补型自举模式工作的通用型脉冲功率接续器

2.1 电路设计

图 2 为互补型自举模式工作的通用型脉冲功率接续器电路.双管驱动时,设计的关键是上驱动电路、下驱动电路和“死区”时间的设定^[7].为了简化电路,本文利用 MOSFET 本身的开启电压和稳压管的压降及电容的电压不能突变的机理设计

上、下自举电路,使自举电路同时满足“驱动”和“死区”时间的要求.利用上自举电路和下自举电路分别直接驱动 P 沟道 MOSFET 和 N 沟道 MOSFET,使得电路结构简化、工作速度提高.

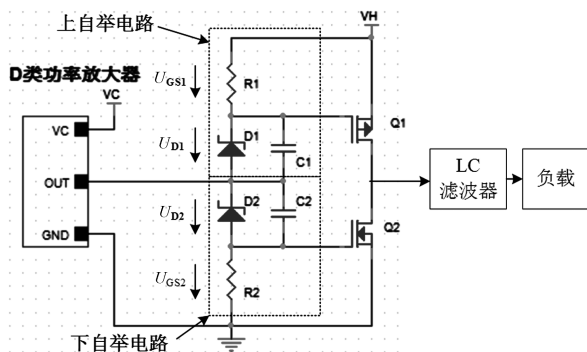


图 2 互补型自举模式工作的脉冲功率接续器电路

2.2 驱动原理

图 2 中 U_o 为 D 类放大器的输出电压, U_{Po} 为脉冲功率接续器的输出电压.当 D 类放大器输出 U_o 为高电平时,场效应管 Q2 导通、Q1 截止;当输出 U_o 为低电平时,场效应管 Q1 导通、Q2 截止.由此可知, U_o 与 U_{Po} 的相位相反,利用这种特性可很方便地组成 BTL 方式的大功率驱动电路.

2.3 上驱动管和下驱动管的工作电压范围分析

图 3 为基于互补型自举模式的脉冲功率接续器工作时的波形示意图,图中 U_{D1} 和 U_{D2} 分别为稳压管 D1 和 D2 两端的稳压值, U_{GS1} 和 U_{GS2} 分别为场效应管 Q1 和 Q2 的控制电压, V_c 和 V_H 分别为 D 类功率放大器和脉冲接续器的工作电压.当电路进入稳定状态后,电容 C1 两端充有稳压管 D1 的稳压值 U_{D1} ,电容 C2 两端充有稳压管 D2 的稳压值 U_{D2} .

当 U_o 为高电平时 ($U_o \approx V_c$),为了使 Q2 导通,此时电路电压参数应满足 $U_o - U_{D2} \approx V_c - U_{D2} \geq U_{GS2}$,通过该式可得 $U_{D2} \leq V_c - U_{GS2}$.

当 U_o 为低电平时 ($U_o \approx 0$),Q2 应截止.为了使 Q2 快速截止,稳压值 U_{D2} 应提供大小为 U_R 的反向电压.每个场效应管的最大 U_R 值可参照厂家提供的参数,通常 U_R 值为 5~10 V.因此, U_{D2} 应同时满足 $U_{D2} \geq U_R$ 的条件,由此可得

$$U_R \leq U_{D2} \leq V_c - U_{GS2}. \quad (1)$$

当 U_o 为低电平时,为使 Q1 导通,此时电路

电压参数应满足 $V_H - U_{D1} - U_O \geq U_{GS1}$, 通过该式可得

$$U_{D1} \leq V_H - U_{GS1}. \tag{2}$$

当 U_O 为高电平时, $Q1$ 应截止. 为了使 $Q1$ 快速截止, 须向其提供反向电压 U_R . 此时电路电压参数应满足 $U_{D1} + U_O - V_H \approx U_{D1} + V_C - V_H \geq U_R$, 通过该式可得

$$U_{D1} \geq V_H - V_C + U_R. \tag{3}$$

利用式(2)和式(3)可得

$$V_H - V_C + U_R \leq U_{D1} \leq V_H - U_{GS1}. \tag{4}$$

另外, 当 U_O 在 $0 \sim V_C$ 范围内变化时, $Q1$ 和 $Q2$ 不能同时导通, 即 $R1$ 和 $R2$ 的两端电压为零, 所以可得

$$U_{D1} + U_{D2} \geq V_H. \tag{5}$$

由上述可知, U_{D1} 和 U_{D2} 的选取应同时满足式(1)、(4)和(5).

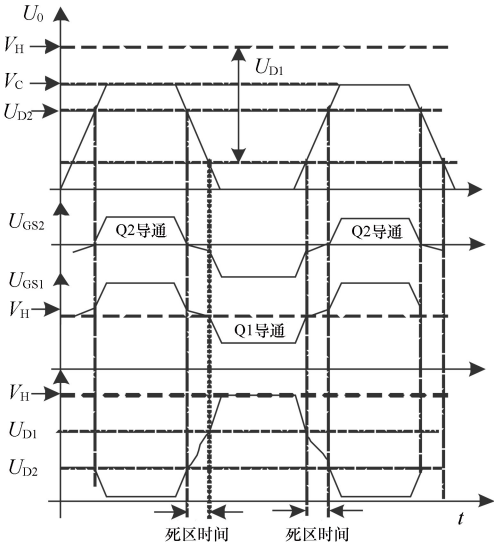


图 3 波形示意图

2.4 电路参数设计

本文设计的驱动器的脉冲电压幅度为 40 V , 工作电流为 5 A , $V_C = 20\text{ V}$, $V_H = 40\text{ V}$, $U_{GS1} \approx U_{GS2} \approx 5\text{ V}$ (IRF640 和 IRF9640 的场效应管), $U_R = 5\text{ V}$ (使场效应管快速截止而提供的反向电压). 将上述参数分别代入式(1)、(4)和(5)后得如下条件:

$$5\text{ V} \leq U_{D2} \leq 15\text{ V}, \tag{6}$$

$$25\text{ V} \leq U_{D1} \leq 35\text{ V}, \tag{7}$$

$$U_{D1} + U_{D2} \geq 40\text{ V}. \tag{8}$$

由上述条件可知, 当 $D1$ 和 $D2$ 的稳压值分别取 30 V 和 15 V 标称值时, 可满足式(8)条件.

2.5 单端扩展型的实际应用电路设计

利用 MP7720 集成电路设计功率接续器时, 工作电压使用 20 V , 工作频率为 420 kHz . 利用 MP7720 芯片的单端扩展型实际应用电路如图 4 所示. 经实测, 静态时的工作电流为 $20.1 \sim 25.6\text{ mA}$; 动态时在 $V_H = 40\text{ V}$ 的条件下, 可获得最大幅值为 $\pm 19.2\text{ V}$ 的正弦波. 由此可知, 在阻抗为 $6.2\ \Omega$ 的标准工业用警报器的高音扬声器上可获得 59.5 W 的瞬时功率.

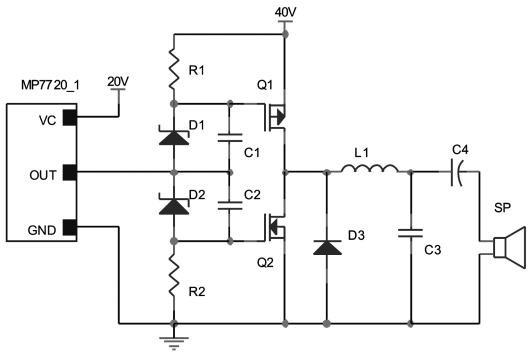


图 4 单端扩展型的实际应用电路

图 5 为当输入 15.2 kHz 的正弦波时, 实测得到的 U_{PO} 及滤波后的 $C3$ 两端电压 U_C 的工作波形. 从图 5 中可以看出, 波形的失真度很小, 幅值接近 40 V . 经实测, 功率接续器在 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$ 范围内工作时, 具有很好的幅频特性.

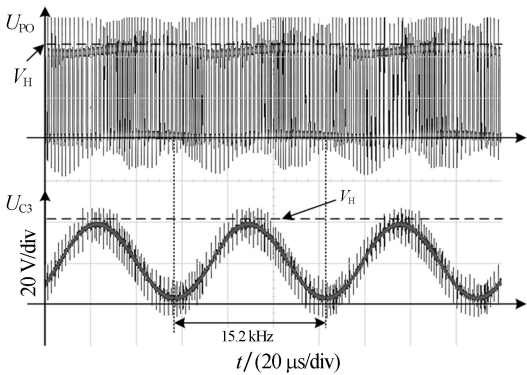


图 5 输出正弦波时实测的工作波形

图 6 为 $Q1$ 和 $Q2$ 的工作波形图. 由图可以看出, $Q1$ 和 $Q2$ 都能得到正向驱动电压和反向驱动电压, 由此说明本文的单端扩展型实际应用电路设计具有良好的上驱动饱和和下驱动饱和的特性.

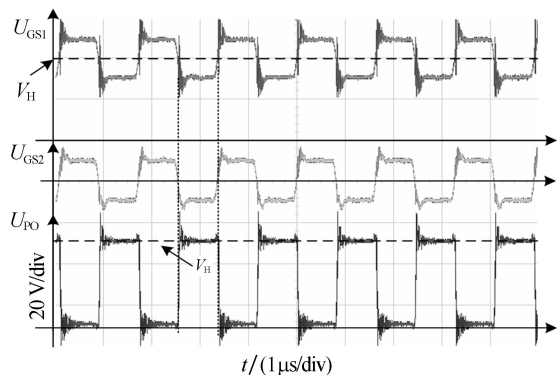


图 6 Q1 和 Q2 的工作波形图

2.6 BTL 方式扩展的实际应用电路设计

本设计利用 U_O 与 U_{PO} 相位相反的特性组成的 BTL 方式的大功率放大电路如图 7 所示. 经实验表明, 当取 $V_C = V_H = 24\text{ V}$, D1 和 D2 的稳压值取 10 V 标称值时, 即可满足电路的工作要求. 为了简化电路设计, 本文在设计中没有使用输出端的 LC 滤波器进行滤波, 而是利用扬声器的电感特性进行滤波.

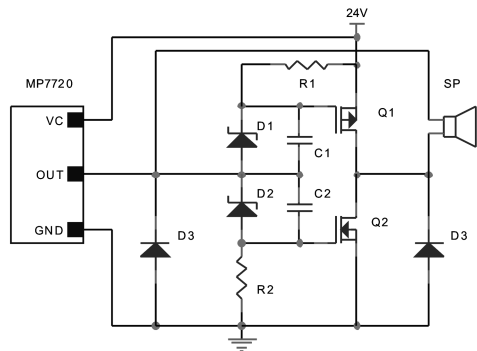


图 7 BTL 方式的大功率放大电路

3 结论

本文设计的互补型自举模式工作的脉冲功率接续器具有如下特点: ①工作频率能够满足现有的高频 D 类放大器输出功率扩展的要求; ②容易

组成 BTL 方式功率放大器; ③具有电路简单、工作状态稳定、成本低、便于后期维护等优点. 因此, 本文设计的脉冲功率接续器可广泛应用于输出功率在 $10\sim 150\text{ W}$ 的工业用各种报警器中, 且能够大大提高产品的竞争力. 在本文中, 如将图 2 中的电阻 R1 和 R2 更改为恒流源, 可获得更好的驱动波形, 且能够进一步降低静态功耗, 该方式可应用于集成电路的设计中.

参考文献:

- [1] Qjidaa H. Design of a class-D audio amplifier with analog volume control for mobile applications[J]. International Journal of Electronics and Telecommunications, 2016, 62(2):187-196.
- [2] 王绍清, 叶春晖, 胡养聪. D 类音频功放的可集成 Pop-Click 噪声抑制系统[J]. 电子技术应用, 2016, 42(3):35-37.
- [3] Li L, Qiao G, Zhao J, et al. Design of communication node in underwater acoustic network[C]//International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer. IEEE, 2014: 591-594.
- [4] Jian L I. Design of active vibration control system for piezoelectric intelligent structures[J]. International Journal of Education and Management Engineering, 2012, 2(7):22-28.
- [5] Mazin M Ali. Microprocessor based system to establish intelligent drivers[J]. Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences, 2017, 2(2):486-495.
- [6] Gangeputra R, Seshasayee N, Joshi U A. Design, analysis and simulation of portable solar power inverter employing MSP430F5132[C]//2013 Texas Instruments India Educators' Conference. IEEE, 2013:205-210.
- [7] Ikriannikov A, Wilson N A. New concept for class D audio amplifiers for lower cost and better performance[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2011, 57(3):1218-1226.