

BiCMOS 相移谐振 PWM 控制器 UCC3895 原理及应用

摘要 给出了 PWM 型直流变换器存在的主要问题和解决办法, 叙述了 BiCMOS 相移谐振 PWM 控制器 UCC3895 的功能框图、管脚功能以及由其控制的谐振型 DC/DC 功率变换器的工作原理。

关键字 PWM 控制器; 谐振; DC/DC 变换器

1. 引言

在 PWM 型直流变换器中, 功率开关管 MOSFET 在开通和关断过程中, 不仅承受一定的电压, 而且还承受一定的电流, 因此, 功率开关管在工作过程和开通、关断过程中将产生导通损耗、开通损耗、关断损耗和开关管结电容充放电损耗等。当变换器的工作频率升高时, 开通损耗、关断损耗和开关管结电容充放电损耗都将随着开关频率的升高而增加, 从而使变换器的效率降低。开关管在电压不为零的条件下开通, 且在电流不为零的条件下关断称为硬开关。在开通和关断过程中, 变换器电路中的寄生电感和电容将产生很大的尖峰电压和浪涌电流, 还可能产生较强的电磁干扰。采用谐振变换器后, 可利用 LC 谐振技术降低开关管开通和关断过程中的 di/dt 和 du/dt , 在功率开关管开通时, 使两端电压先下降到零, 电流才开始上升 (零电压开通), 在功率开关管关断时, 使电流先下降到零, 两端电压才开始上升 (零电流关断), 这样可以使变换器的开关损耗大幅度减小, 使开关频率得以提高, 从而使变换器中的变压器和滤波元件的体积大大减小, 这样便可在保持变换器高效的前提下, 大大提高变换器的功率密度。BiCMOS 相移谐振 PWM 控制器 UCC3895 可用于驱动和控制谐振型直流变换器。

2. UCC3895 控制器主要特点

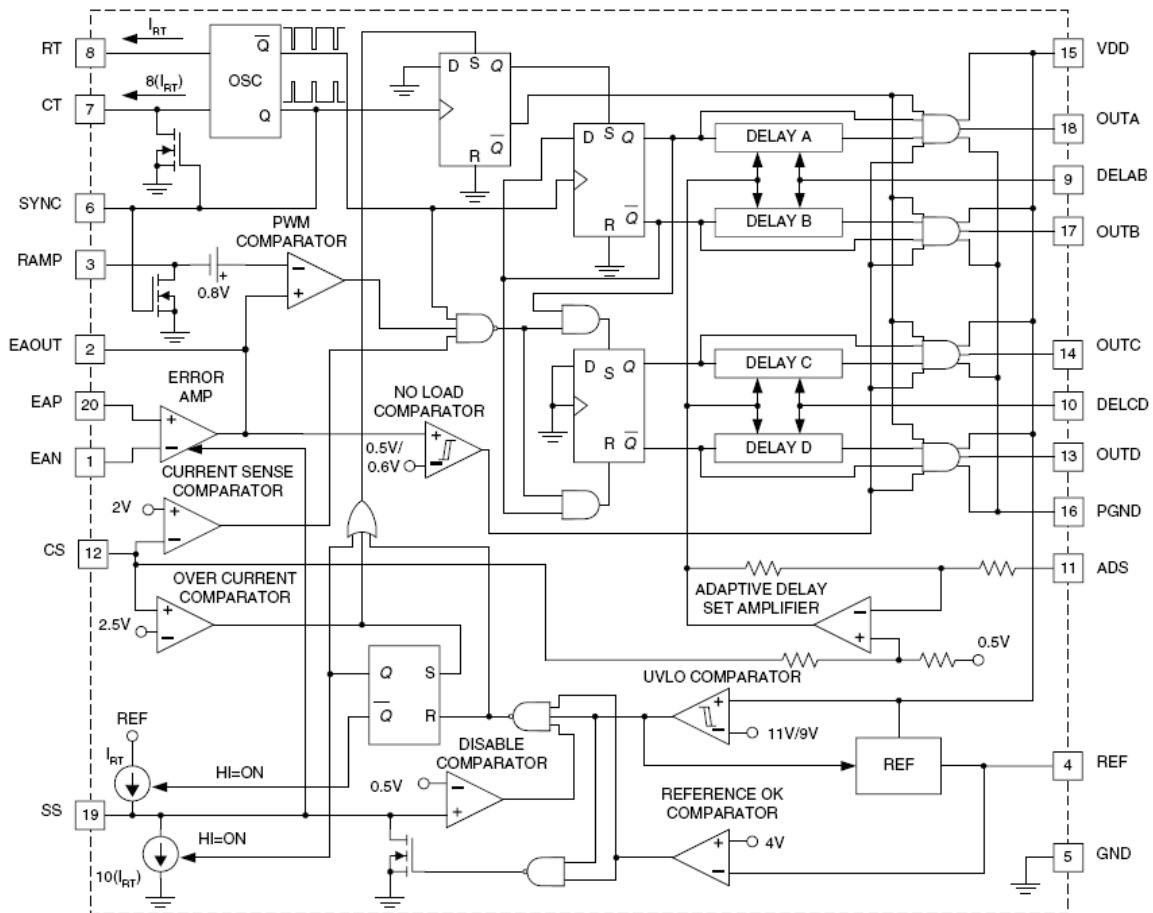


图 1. UCC3895 的功能框图

UCC3895 相移谐振 PWM 控制器适用于全桥变换器控制。它可以通过移动一个半桥对另一个半桥驱动脉冲的相位，实现恒定频率、高效率零电压转换脉冲宽度调制。该器件既可用作电压型控制，也可用作电流型控制。

UCC3895 采用零电压开关脉宽调制技术，在高频工作状态下具有很高的效率。该器件中还具有独立的过流保护电路，能够实现快速故障保护。同时 UCC3895 增强了控制逻辑能力、增加了自适应延时设定和关断能力。由于该器件内装 BCDMOS，所以工作电流远远小于相应的双极型控制器，工作频率为 500 kHz，工作电流只有 5 mA，在欠压封锁期间，工作电流只有 150 mA。软启动/软关断时间可以调整，最高工作频率可达 1MHz。

3. UCC3895 功能框图和引脚功能

3.1 功能框图

UCC3895 的功能框图如图 1 所示。内部包括误差放大器、PWM 比较器、PWM 锁存器、延时电路、输出驱动电路、自适应延时设定比较器、欠压封锁比较器、基准电压正常比较器、电流取样比较器和过流比较器等。

3.2 引脚排列及功能

UCC3895 最常用的封装形式有 DIL - 20 和 SOIC - 20 封装，封装的引脚排列如图 2 所示。各引脚的功能如下。

脚 1 **EAN** 为误差放大器的反相输入端。

脚 2 **EAOUT** 为误差放大器的输出端。在器件内部，该脚接在 PWM 比较器和空载比较器的同相输入端，该脚电压在器件内部被箝位在软启动电压的数值上，当脚 EAOUT 电压低于 500 mV 时，空载比较器关断各输出级电路；当 EAOUT 脚电压高于 600 mV 时，空载比较器重新开通各输出级电路。

脚 3 **RAMP** 为 PWM 比较器的反相输入端。采用平均电流型控制时，该脚接振荡器定时电容 CT 两端电压。采用峰值电流型控制时，该脚接电流取样信号（加上斜率补偿信号）。

脚 4 **REF** 为 5 (1±2%) V 基准电压。该电源不仅可为内部电路供电，还可为外部负载提供 5 mA 电流。在欠压封锁状态下，基准电源关断，在其他状态下，基准电源正常供电。为使基准电源更加稳定，在脚 REF 到地之间接入 0.1μF 的旁路电容。

脚 5 **GND** 为除输出级外，芯片内所有电路的接地端。

脚 6 **SYNC** 为振荡器的同步端。该脚为双向控制脚，用作输出脚时，脚 SYNC 输出与芯片内部时钟完全相同的时钟信号；用作输入脚时，加到脚 SYNC 的信号将控制内部的振荡器并作为芯片的时钟信号。这种双向控制功能可以保证多台电源同步工作。同步信号也能使外接在脚 CT 的电容和脚 RAMP 的电容放电，该脚内部同步电路输入电压的范围为 1.9~2.1V。

脚 7 **CT** 为振荡器定时电容。振荡器方框图如图 3 所示。

内部的振荡器以可调电流对 CT 充电。两端的电压波形是峰值为 2.5V 的锯齿波。

脚 8 **RT** 为振荡器定时电阻。在 UCC3895 中，外接的振荡器定时电阻 RT 确定外接定时电容器的充电电流，从而决定振荡器的工作频率。RT 的阻值一般在 40~120 kΩ 之间，软启动电容的充放电电流也由该电阻控制。

脚 9、10 **DELAB**、**DELCD** 为各互补输出端之间的延时调整。DELAB 可调整输出端 A 和 B 之间的死区时间，DELCD 可调整输出端 C 和 D 之间的死区时间，该延时加到桥式变换器同一桥臂的两个互补输

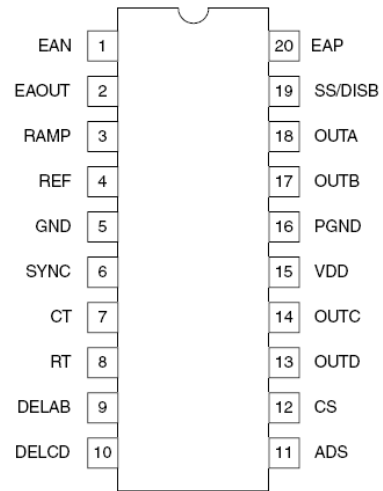


图 2. 封装的引脚排列

出脉冲之间。同时延迟时间可以选择，在延迟时间内，外部功率转换器可以实现谐振转换。

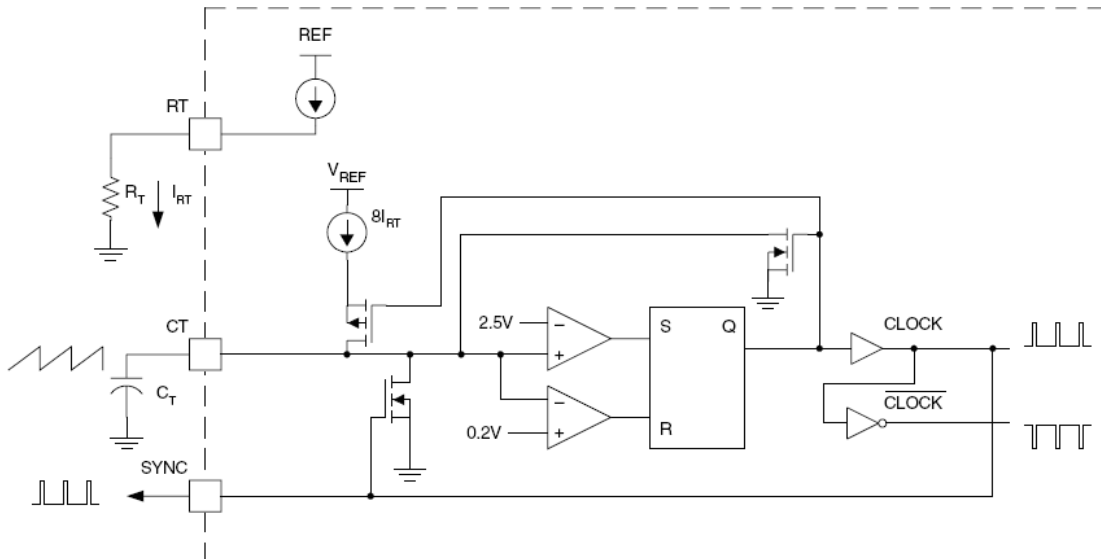


图 3 振荡器方框图

脚 11 **ADS** 为自适应延时设定。自适应延时设定电路如图 4 所示。

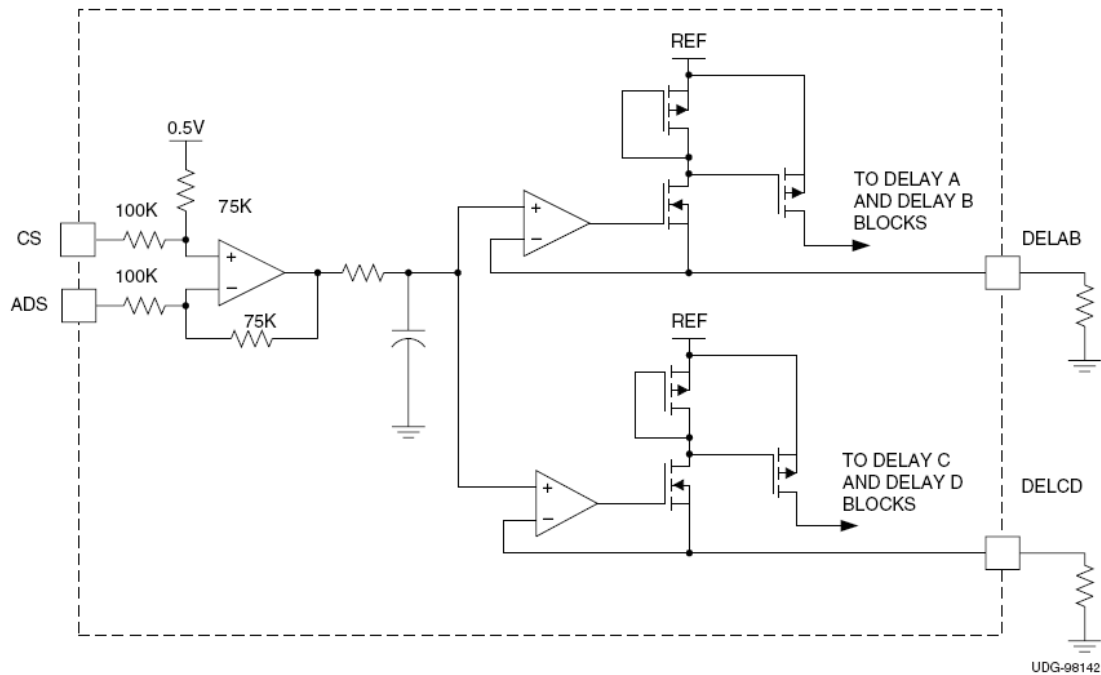


图 4 自适应延时设定电路

该脚设定最大和最小可调输出延时死区时间的比率。当该脚接脚 **CS** 时，不产生延时；当该脚与地相接时，产生最长的延时。

脚 12 **CS** 为电流取样。该脚为电流取样比较器的反相输入端，也是过流保护比较器和 **ADS** 放大器的同相输入端。采用峰值电流型控制模式时，电流信号用于逐周限流，在具有次级输出关断门限的任何情况下，电流取样信号还可以用于过流保护。出现过流故障时，输出脉冲关断，重新开始新的周期，这种功能称为带有完整软启动的“软关断”。

脚 13、14、17、18 **OUTA~OUTD** 为芯片内四个互补 MOS 驱动器的输出端。每个输出端的最大输出电流为 100 mA，用于驱动 MOSFET。输出端 A 和 B 完全互补，工作占空比可达 50%，输出端 A 和 B 驱动外接功率变换器的一个半桥电路，输出端 C 和 D 驱动外接功率变换器的另一个半桥电路，输出特性完全一样，A 端和 C 端输出的脉冲具有一定的相移，B 端和 D 端输出的脉冲也具有一定的相移。

脚 15 **VDD** 为电源电压端。脚 VDD 到地之间必须外接 1.0 μ F 以上的旁路电容。

脚 16 **PGND** 为输出级接地端。为了消除模拟电路产生的输出开关噪声，该脚为输出级的接地端，在应用过程中，该脚与脚 5 **GND** 必须接在一起。

脚 19 **SS/DISB** 为软启动/关断端。关断状态发生在器件外部强制脚 **SS/DISB** 的电压低于 0.5V，强制脚 **REF** 的电压低于 4 V，或者当电源电压 **VDD** 低于欠压封锁门限电压时，UCC3895 都可以快速关断。

当脚 **REF** 的电压低于 4 V 或者在欠压状态下，脚 **SS/DISB** 通过内部 MOSFET 开关管接地。当检测到过流故障 ($CS \geq 2.5V$) 时，软关断过程开始，软关断过程将一直持续到脚 **SS/DISB** 电压低于 0.5 V。软启动状态发生在当发生故障或关断状态消失后，电源电压 **VDD** 高于启动门限电压，或者在软关断过程中脚 **SS/DISB** 电压低于 0.5 V 时，脚 **SS/DISB** 将转入软启动状态。脚 **SS/DISB** 外接的电阻和电容决定启动的时间常数。

脚 20 **EAP** 为误差放大器的同相输入端。

4. 应用电路

采用 UCC3895 的相移谐振变换器简化电路及工作波形如图 5 和图 6 所示。

电阻 R_T 和电容 C_T 数值的大小决定内部振荡器的工作频率，振荡器输出时钟脉冲(CLOCK)的波形如图 6

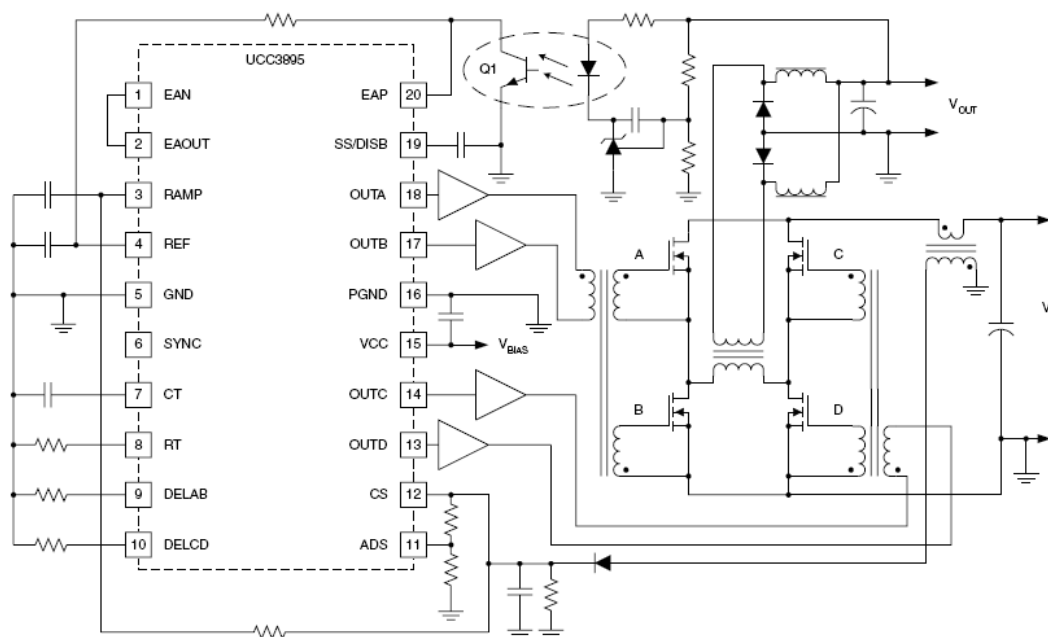


图 5 相移谐振变换器简化电路

所示。脚 3 外接电容 C_1 的大小决定斜坡电压 (RAMP) 的斜率，UCC3895 有四个输出端，OUTA 和 OUTB 端输出的信号通过变压器 Tr_1 加到 VTA 和 VTB 的栅极，OUTC 和 OUTD 端输出的信号通过变压器 Tr_2 加到 VTC 和 VTD 的栅极，各端输出信号的波形如图 6 所示。各脉冲之间的延迟时间由电阻 R_1 和 R_2

2 决定, 分压电阻 R3 和 R4 决定自适应延时设定脚的电压, 从而调整各路输出信号之间的延迟时间。

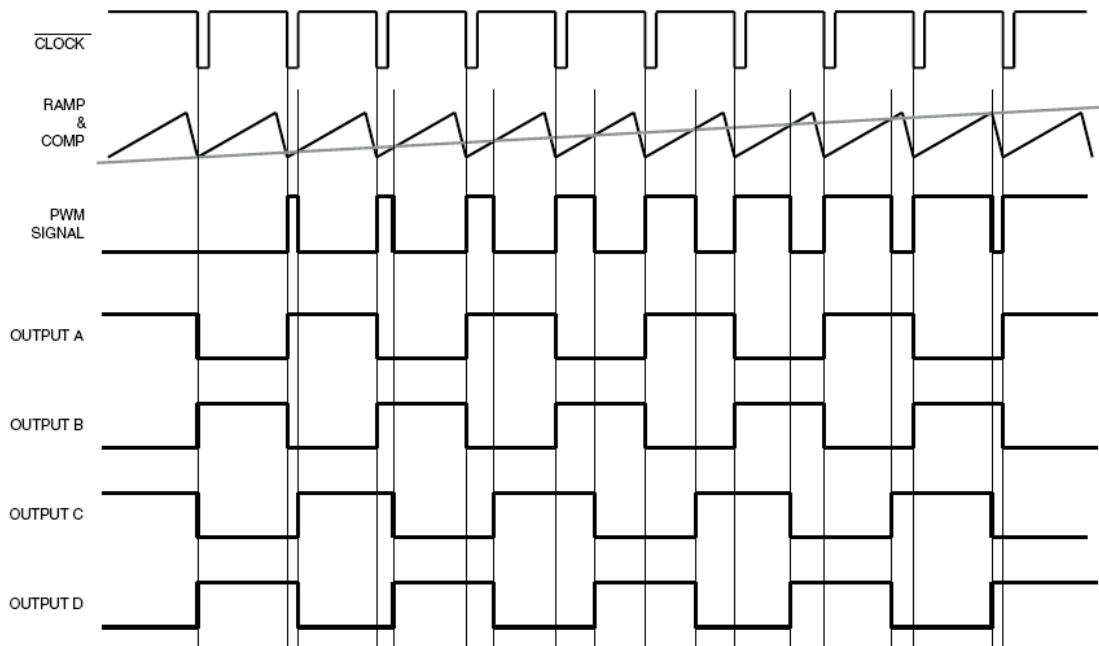


图 6 工作波形

输入的直流电压 V_{IN} 经电流互感器 Tr_4 加到桥式变换器的输入端, V_{TA} 、 V_{TD} 和 V_{TC} 、 V_{TB} 在驱动信号的作用下交替导通, 实现能量转换, 当 V_{TA} 和 V_{TD} 导通时, 输入电压 V_{IN} 经 V_{TA} 、 Tr_3 和 V_{TD} 构成通路, 当 V_{TC} 、 V_{TB} 导通时, 输入电压 V_{IN} 经 V_{TC} 、 Tr_3 和 V_{TB} 构成通路。 Tr_3 次级上的交流电压经二极管 VD_1 、 VD_2 整流后, 再经 L_1 、 L_2 和 C_3 滤波后输出直流电压 V_{OUT} 。变换器输出电压经电阻 R_5 和 R_6 分压后, 再经光电耦合器 VT_1 反馈到 $UCC3895$ 的脚 EAP , 该电压与器件内部的斜波电压进行比较, 调整 PWM 控制器输出脉冲信号的宽度, 从而稳定变换器输出电压 V_{OUT} , PWM 控制信号波形如图 6 所示。电流互感器 Tr_4 对变换器的输入电流进行取样, 该取样信号加到 $UCC3895$ 的脚 CS , 利用该信号可以实现过流保护, 当出现过流故障时, 关断输出脉冲, 重新开始新的周期。

在该电路中, 谐振电路由 MOSFET (V_{TA} 、 V_{TB} 、 V_{TC} 和 V_{TD}) 的结电容和变压器 Tr_3 的漏电感组成, 在工作过程中, MOSFET 的结电容和变压器 Tr_3 的漏电感进行谐振, 实现功率开关管的软开通和软关断。

5. 结语

由 BiCMOS 相移谐振 PWM 控制器 $UCC3895$ 控制的谐振型直流变换器采用 LC 谐振技术降低开关管导通过程中的 du/dt 和 di/dt , 实现了功率开关管的零电压开通和零电流关断, 这样可以使变换器的开关损耗大幅度减小, 开关频率可达 1MHz、2MHz 甚至高达 10 MHz, 从而使变换器中的变压器和滤波元件的体积大大减小, 因此, 可在保持变换器高效的前提下, 大大的提高了变换器的功率密度。

作者简介:

贺宝财(1961-), 男, 西安通信学院讲师, 主图 6 谐振型变换器的主要工作波形要从事电子电源和动力电源的教学和研究。

参考文献:

- [1] $UCC3895$ 资料[Z].
- [2] 王鸿麟.通信基础电源[M].西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [3] 倪海东,蒋玉萍.高频开关电源集成控制器[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [4] 张廷鹏,吴铁军.通信用高频开关电源[M].北京:人民邮电出版社,1998.