

开关电源IC介绍之二



整理: 袁堂峰

整理: 袁堂峰

E-mail: net20@163.com

QQ: 68516321

开关电源中的IC

(介绍二)

早期出现的单片 PWM 集成控制电路是摩托罗拉公司生产的 MC3420 开关方式的稳压控制器和 SG 公司生产的 SG3524 PWM 控制器，这两种集成电路已经成为工业标准器件。

这些 PWM 控制器芯片在很长一个时期内成为开关电源设计的中心部分，它们即可单端应用，也可双端应用，效果很好。后来，许多厂家又争相推出更多的 PWM 控制芯片，并用在性能和功能上都有所改进，山东德州仪器公司推出的 TL494PWM 控制电路就是对 SG3524 电路的改进，并提供了可调整的死区时间控制功能，输出晶体管也具有较高的拉、灌电流能力，改进了限流控制，输出方向控制等功能。

由于功率 MOSFET 管的引入，又首次出现了 SG1525A 和 SG1526 系列的电路，它采用图腾柱式输出方式，具有直接驱动功率 MOSFET 和双极晶体管的功能。除了具有前面所提到的所有功能之外，这些电路还具有低压时锁定输出，可编程式软启动，数字式电流限制，并可在高达 400kHz 的频率下工作。

上面所提到的电路，几乎可以用在所有常用的开关电源的电路设计结构中，还有一些经优化的电路芯片，专门用于设计正激式和反激式的高频率电源变换器，一个典型的例子就是摩托罗拉生产的 MC 34060PWM 控制器，它可以用极少的外围元件，实现设计正激式和反激式开关电源变换器所需的全部功能。

另一个电路就是 UNITRODE 公司的 UC 1840 系列，可以认为这个系列的芯片是设计单端开关电源变换器的最佳产品，这个 PWM 控制电路包括了所有的设计开关电源所需的功能，这些功能有控制、驱动、监控和各项保护措施等，并且外围电路也十分简单。它包括低电流、隔离式启动电路，内装的过压和欠压保护电路，以及过流保护电路。它具有在 4:1 输入电压范围内的前馈式线路稳压调节特性，并能在 500kHz 的频率下工作。

在下面的几节中，我们将具体介绍一些 PWM 控制集成电路的功能，以便读者能在具体设计中运用它。当然，这些介绍主要是提供信息，读者在进行具体设计时，最好向厂家索取详细的技术资料，并且能够熟知所用芯片的各种数据，只有这样，才能在众多的芯片中，选中自己所设计的产品所需要的最佳芯片。

一、TL494PWM 控制器

1. 工作原理

TL494 是一个固定频率的 PWM 控制电路，适用于设计所有的（单端或双路）开关电源的典型电路，它的内部结构方框图如图 7-4 所示。

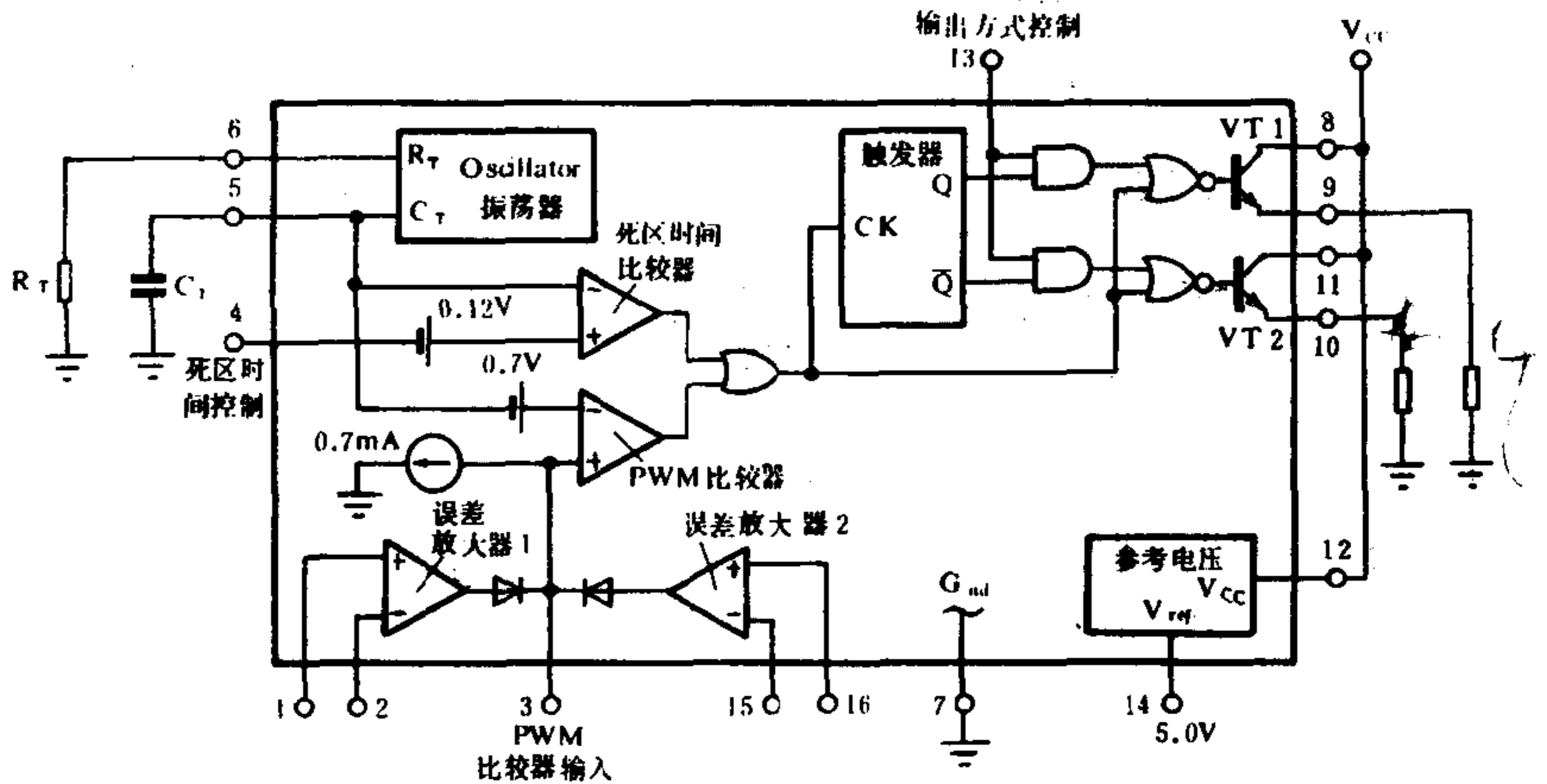


图 7-4 TL494 控制器的内部电路框图

它有一个内部线性锯齿波振荡器，振荡器的振荡频率可由外接电阻 R_T ，电容 C_T 进行调节。 R_T 和 C_T 分别与管脚 6、5 相连接，振荡频率 f_{osc} 由下式确定：

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T \cdot C_T} \quad (7-1)$$

输出脉冲宽度调制是通过 C_T 电容产生的正向锯齿波和两个控制信号进行比较完成的。

从图示可以看出，驱动输出晶体管 VT1 和 VT2 的或门，只

有当触发器的输入是低电平时才会有输出。而且只有当锯齿波电压的幅值高于控制信号幅度值时，才会有输出脉冲。因此，当控制脉冲的幅值不断增加时，会导致输出脉冲的宽度不断变窄，这个过程可由图 7-5 的定时波形示意图来进行说明。

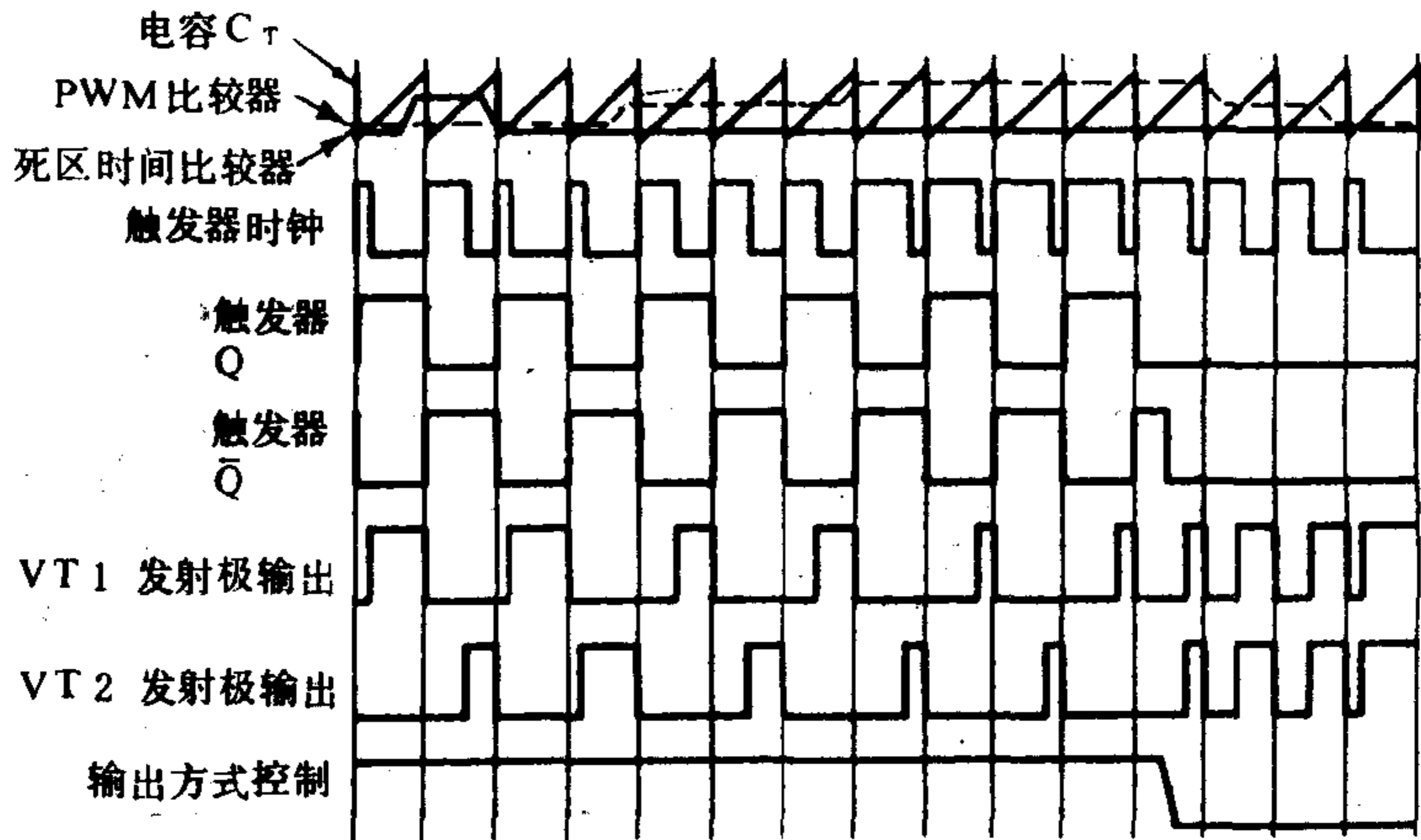


图 7-5 TL494 PWM 控制器的定时波形图

控制信号是由外部输入的，其中脚 4 为死区时间控制输入端，而 1、2、15、16 为误差放大器的输入端，脚 4 的偏置电压 120mV 可将输出死区时间限制在最小约为锯齿波周期时间的 4%，这就意味着，当输出方式控制脚 13 接地时，其内部触发器失去作用，二路输出同时由 PWM 比较器后的或门输出控制，同步地工作，将导致最大输出脉冲的占空比达到 96%，而当输出方式控制脚 13 接参考电压（高电平），此时两路输出分别由 Q 和 \bar{Q} 控制，最大输出脉冲的占空比为 48%，附加的死区时间可由给脚 4 提供一个固定的电压值来进行设定，电压值的范围

可取 0~3.3 伏之间。

PWM 比较器用来提供误差放大器的平均值，用以调节输出脉冲的宽度，输出脉冲宽度的范围一般就是从占空比为 0 到由死区电压确定的最大占空比。相应的反馈电压的输入幅度可在 0.5~3.5V 之间。两个误差放大器的共模输入范围均为 $0.3 \sim (V_{CC} - 2) \text{ V}$ ，并且分别用作控制开关电源输出电压的误差放大和控制输出过流的信号放大。

误差放大器 (1、2) 的输出是有效的高电平，它们通过或门连到 PWM 比较器的同相输入端，用这种连接方式，可使放大器控制整个闭环，但要求在时间域内误差放大器的输出要尽可能小。

当定时电容 C_T 放电时，在死区时间比较器的输出端就会产生一个正脉冲，这个脉冲引起触发器的翻转，并确定输出晶体管 VT1 和 VT2 由那一个进行输出，当输出方式控制端 13 脚接参考电压时，由该脉冲控制两个输出晶体管作交替工作，这时输出频率为振荡频率的一半。

由 VT1 和 VT2 也可以得到更大的输出驱动。在单端应用，且最大占空比小于 50%，同时要求有更大的输出驱动电流时，可将 VT1 和 VT2 并联使用，并将输出方式控制端良好地接地，以使内部触发器失去作用。这时，输出脉冲频率将等于振荡器的频率。

图 7-6 给出了一个将 TL494 控制器应用于推挽式变换器电路中的实例，并考虑到过流保护电路的设计，读者可以自行分析其应用方法。

2. 关于 TL494 的应用要点

(1) 故障判断

TL494 内部设有参考电压产生器，可直接测量引脚 14 端

的参考电源，如果测不到+5V 参考电源，则器件可能损坏。

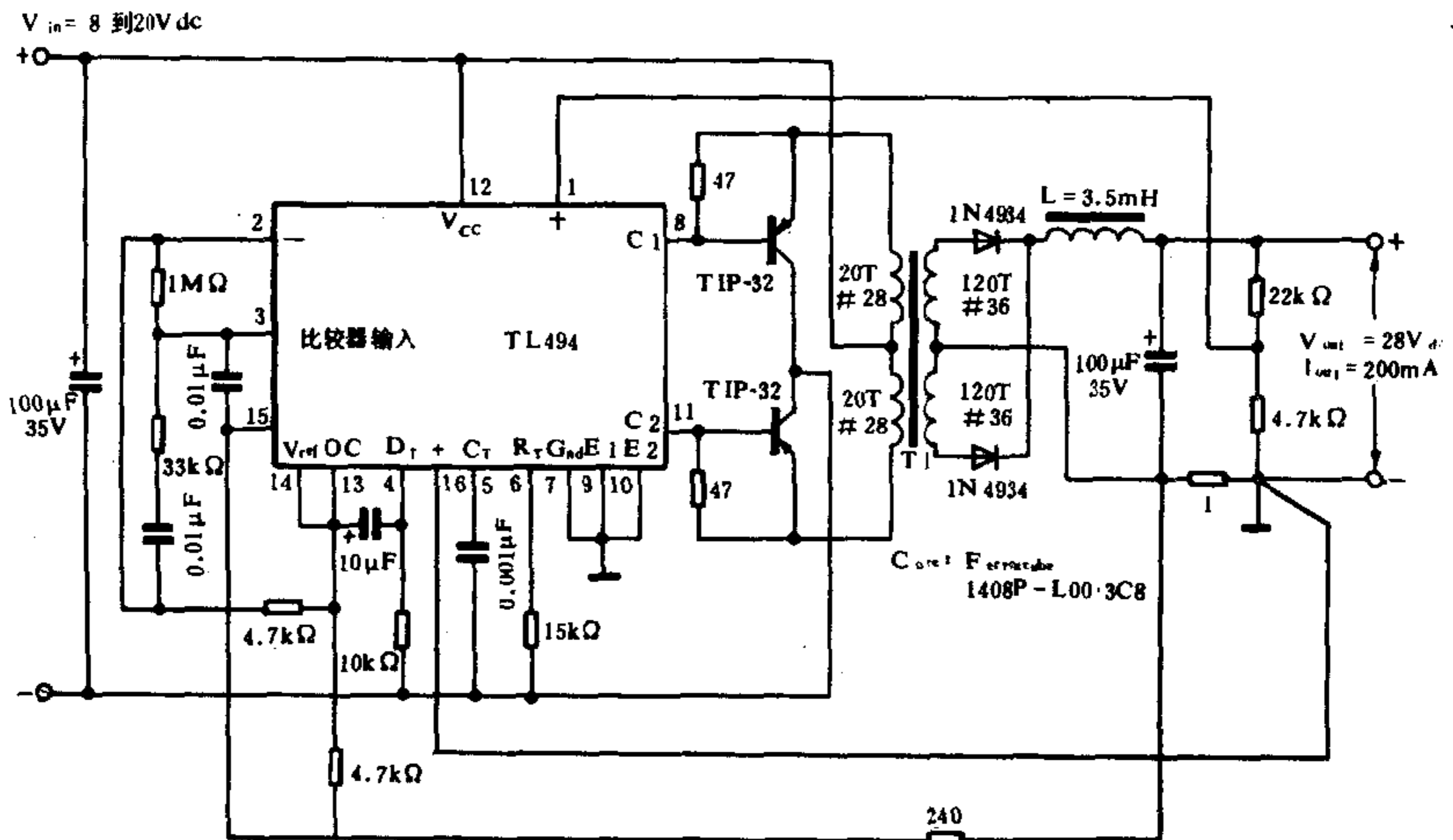


图 7-6 TL494 应用于推挽式变换器电路的实例

在 TL494 的外围电路连接良好的情况下，加电测试 C_T 的引脚 5 端，应能测到锯齿波波形，如果测不到该波形，则可判断芯片已经损坏。

(2) 输出级工作

TL494 末级两只功率管在工作电压 7~40V 范围内工作时，最大输出电流可达 250mA。既可按推挽方式工作，也可将两路输出并联工作。

(3) 占空比调整

在高频开关电源中，输出方波必须对称。在其它一些应用中，又需要方波人为不对称，即需控制方波的占空比，通过对 494 第 4 脚（死区时间控制端）的控制，即可控制占空比。

(4) 生产厂家及其器件型号

生产厂家不同，所生产的器件型号有所差别。该电路的生产厂家及常用型号标法见表 7-1，熟悉各个厂商的型号，对进行开关电源的维修和设计运用都有好处。

表 7-1 TL494PWM 生产厂家及常用型号标法

型 号	厂 家
TL494	美德州仪器公司
UPC494	日本电气
MST494	三菱
MB3759	富士通（同 TL494）
IR3M04	夏普（同 TL494）
IR9494	夏普（同 TL494）

二、UC1840 可编程、隔离式 PWM 控制器

许多 PWM 控制器主要是为通用目的所设计的，但 UC1840 系列的可编程 PWM 控制器主要是为单端反激式及单端正激式变换器电路而设计的高效率的控制器，图 7-7 给出了 UC1840 的原理方框图。

UC1840 包括下述几项典型的功能：

(1) 如果采用固定频率方式工作，用户只要通过调节 RC 电路即可达到对工作频率的调整。

(2) 具有可变斜率的斜坡发生器电路，用以设定恒定的斜坡电平，提供开环的稳压效果，保证脉宽调制器的正常工作，防止二次击穿。

(3) 设有低电流启动开关，并具有直接隔离偏置。

(4) 设有精确的参考电源产生器，并且有内部过压保护措施。

(5) 具有完善的输入过压保护、输入欠压保护、输出过流保护及程序控制的电路关闭和重新启动功能。

隔离式 MOSFETS 的驱动电路,图 7-17 给出直接驱动双极型功率三极管的电路形式,电路中 C1, R2 是加速电路,其作用是可以加速功率三极管的关闭,由电阻 R1, R2 确定输出偏置电流。

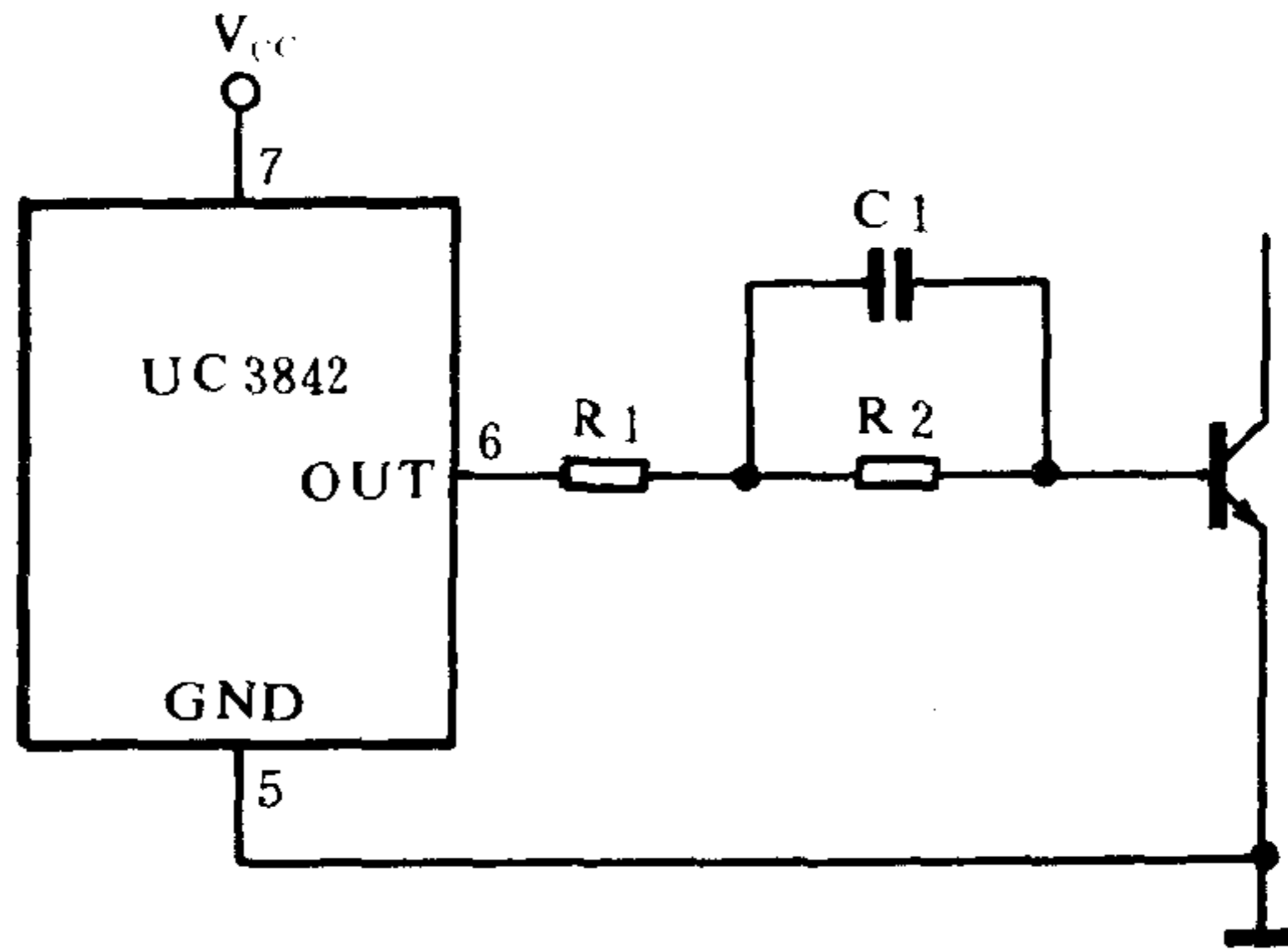


图 7-17 双极功率管驱动电路

四、SG3525A 型 PWM 控制器

美国硅通用公司生产的 SG1524、SG2524、SG3524 系列单片 PWM 控制芯片,是国外早期出现的优秀芯片,它包括了双端输出 PWM 开关电源所需的各种基本电路,并且有工业型电路的全部特点,尽管在使用中还受到种种限制,但已成为工业的标准,被广泛地应用在当今的许多开关电源的设计中,SG3524 系列电路的出现,解决了 PWM 电路的集成化问题,也简化了开关电源的设计与制作,但还存在一些不足,在实用的电源系统设计中,还需要附加其它电路,另外,其死区时间是不可调整的,而且输出能力也有限。

针对上述存在问题,美硅通用公司又对 SG3524 系列芯片进行了改进,推出了它的改进型 SG3524A,它与 SG3524 在外

型上完全一样,故可完全对 SG3524 进行替换,并以更优良的性能实现更新颖的应用,随着半导体技术的飞速发展,MOS 型功率晶体管发展迅速,V-MOS 功率管和 D-MOS 功率管具有耐压高,所需驱动功率低,频率响应好,开关时间短等众多优点;这些都使得它在很多方面可取代双极晶体管。开关电源在采用 MOS 管作高压开关元件之后,可使工作频率从 20kHz 提高到 200kHz 以上。因此,美硅通用公司设计了适用于高频功率 MOS 管驱动的第二代 PWM 控制器,SG3525A 便是其中之一,它适合驱动 N 沟道 MOS 功率管。

1. 工作原理及特点

SG3525A 的工作原理图如图 7-18 所示。

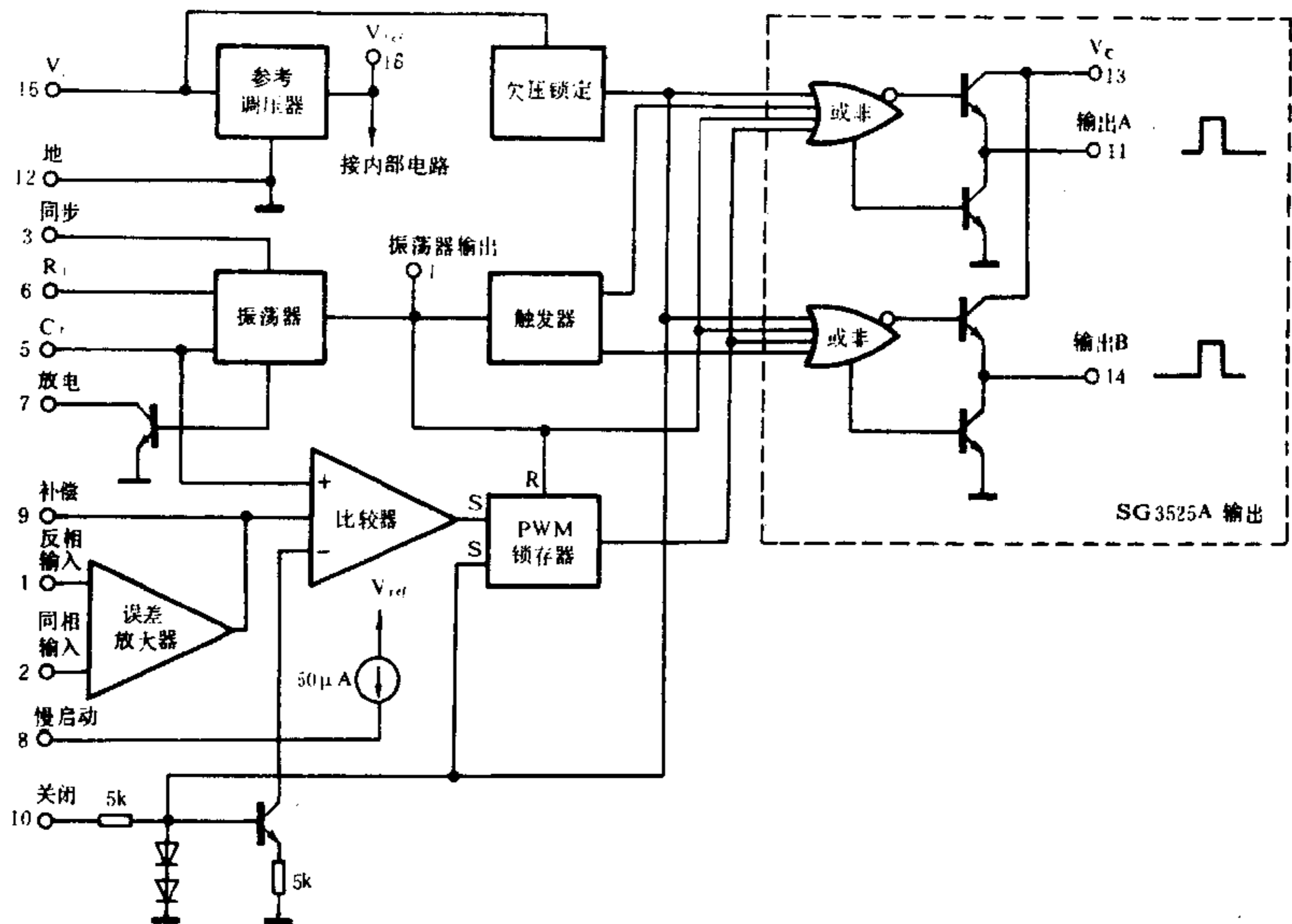


图 7-18 SG3525A 的功能框图

SG3525A 是对 SG3524 进行改进而制造出来的，它克服了 SG3524 的许多不足，成为第二代 PWM 控制器，电路的组成及特点如下：

(1) 内部设置有欠压锁定电路和慢启动电路

为了使 PWM 电路在欠压状态下 ($V_i < 8V$)，有效地使输出保持关断状态，SG3525A 电路中设置了欠压锁定电路。当 $V_i > 2.5V$ 时，欠压锁定电路即开始工作，直至 $V_i = 8V$ 。在 V_i 达到 8V 之前，电路内部各部分都已建立了正常的工作状态，而当 V_i 从 8V 降至 7.5V 时，欠压锁定电路则又开始恢复工作，这里仅有 0.5V 的固定滞后电压以消除钳位电路在阈值处的振荡。

慢启动电路是由在 8 脚外接电容 C_{ss} 并由内部的 $50\mu A$ 恒流源充电的，达到 50% 输出占空比的时间 t 是：

$$t = \frac{2.5}{50 \times 10^{-6}} \cdot C_{ss} \quad (7-7)$$

(2) 输出限流和关断电路

SG3525A 中删去了 SG3524 中使用的电流限制放大器电路，它采用关断控制电路进行限流控制，它包括逐个脉冲电流限制和直流输出电流的限流控制。一般用法是将过流脉冲信号送至关闭控制端 10 脚，当 10 脚电压超过 0.7V 时，芯片将进行限流操作，当 10 脚电压超过 1.4V 时，将使 PWM 锁存器关断输出，直至下一个时钟周期才能恢复，如果 10 脚信号持续时间较长，则由慢启动电路重新启动电路工作。由于芯片内部速度极快，故通过 10 脚可达到逐个过流脉冲的限制功能。

(3) 基准电压源

SG3525A 内部设有高精度基准电压源，精确度为 $+5V \pm 1\%$ ，免除了放大器反馈中的电位器调整。

(4) 误差放大器

SG3525A 中的误差放大器由参考电压 V_{ref} 供电改为由输入电压 V_i 进行供电, 从而扩大了该误差放大器的共模电压输入范围。

(5) 脉宽调制比较器

脉宽调制比较器增加了一个反相输入端, 误差放大器和关断电路各自送至比较器的信号采用不同的输入端, 这样就避免了关断电路对误差放大器的影响, 而且误差放大器的输出还原取决于其补偿网络。

比较器的输出送到 PWM 锁存器, 然后, 再送到双路输出的或非门。该锁存器由关断电路置位, 并由时钟脉冲复位。这样它可保证每周期内只有 PWM 比较器送来的单脉冲, 而将误差放大器上的噪音及系统所有的振荡消除掉, 当一个电流信号引起电路关断时, 即便该信号消失, 锁存器仍可维持在一个周期关断输出, 直到下一周期的时钟信号使锁存器复位时为止, 所以关断电路能有效地控制输出。

(6) 振荡器及可调节的死区时间

振荡器及可调节的死区时间电路如图 7-19 所示。

在图中, 振荡器的时标电容 C_T 单独设有放电电路, 电容 C_T 通过外接电阻 R_D 至引脚 7, 改变 R_D 就可以改变 C_T 的放电时间, 也改变了死区时间。而 C_T 的充电电流则是由 R_T 规定的电流源决定的, 由于 3 脚专为外同步用, 故为多个 SG3525A 的联用创造了十分方便的条件, 同步脉冲的频率要求应比振荡器的固定频率低些, SG3525A 的振荡频率 f 由下式进行确定:

$$f = \frac{1}{C_T (0.7R_T + 3R_D)} \quad (7-8)$$

(7) 图腾柱式输出级

SG3525A 最大的改进是它的输出结构, 它首先确定了输出

电平或者是高电平或者是低电平。其次，它可使输出级更快的关断，用以驱动功率 MOS 器件。输出级允许流出或吸收电流超过 200mA。

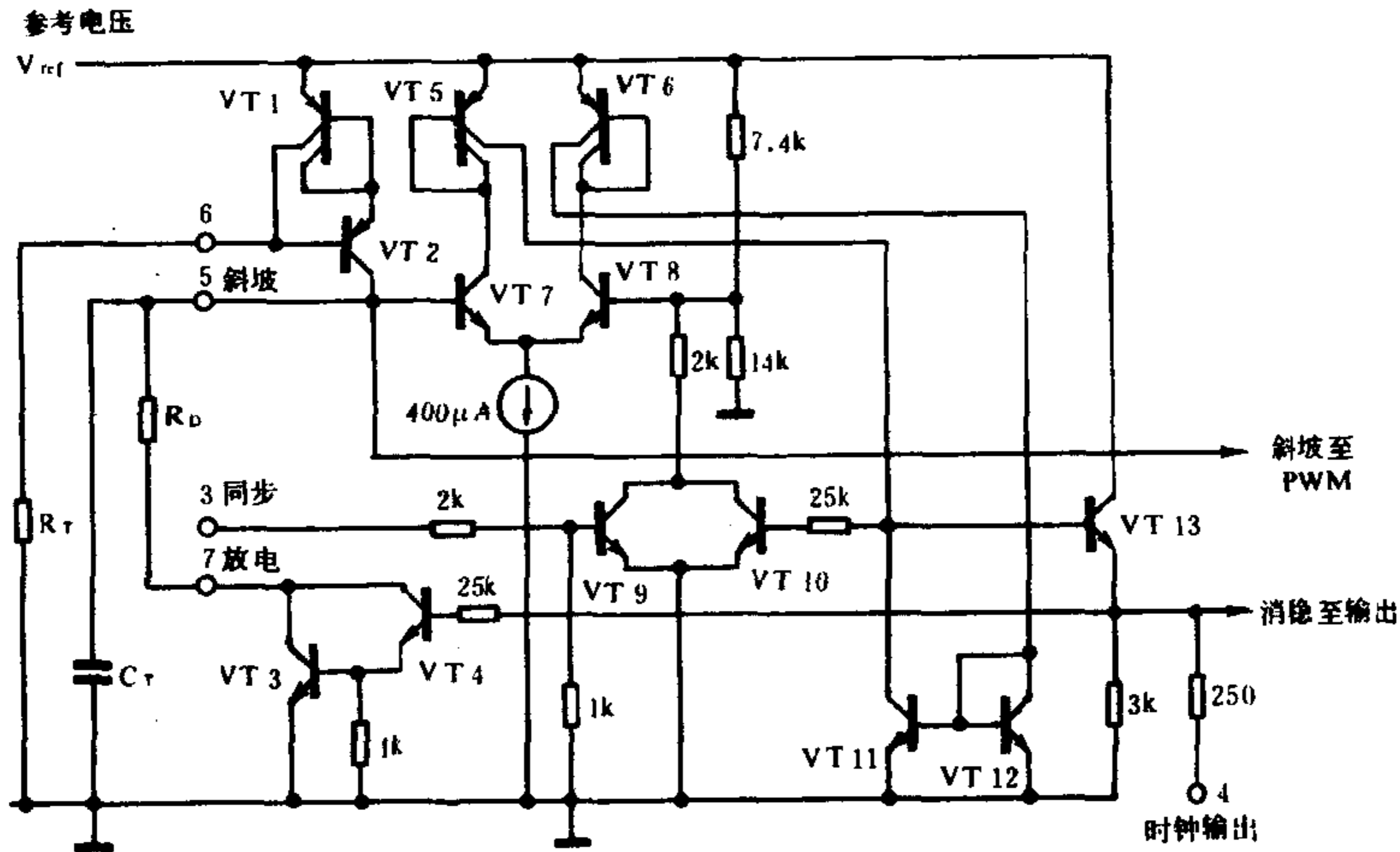


图 7-19 SG3525A 振荡设置原理示意图

2. SG3525A 的应用

① 双端输出驱动 MOS 功率管的电路：SG3525A 输出驱动 MOS 功率管的电路极简单，半桥式变换器驱动 MOS 功率管的电路如图 7-20 所示。其输出可直接接一个变压器，此变压器初级不用中心抽头，它既能使次级电平位移，又能与主变换器电路隔离。

② 单端式输出级的应用：SG3525A 作单端输出级应用时，如用二路输出中的一路，则变换器的最大占空比只有 50%，当二路并用时，占空比可达 100%。二路并用的方法如图 7-21 所示。

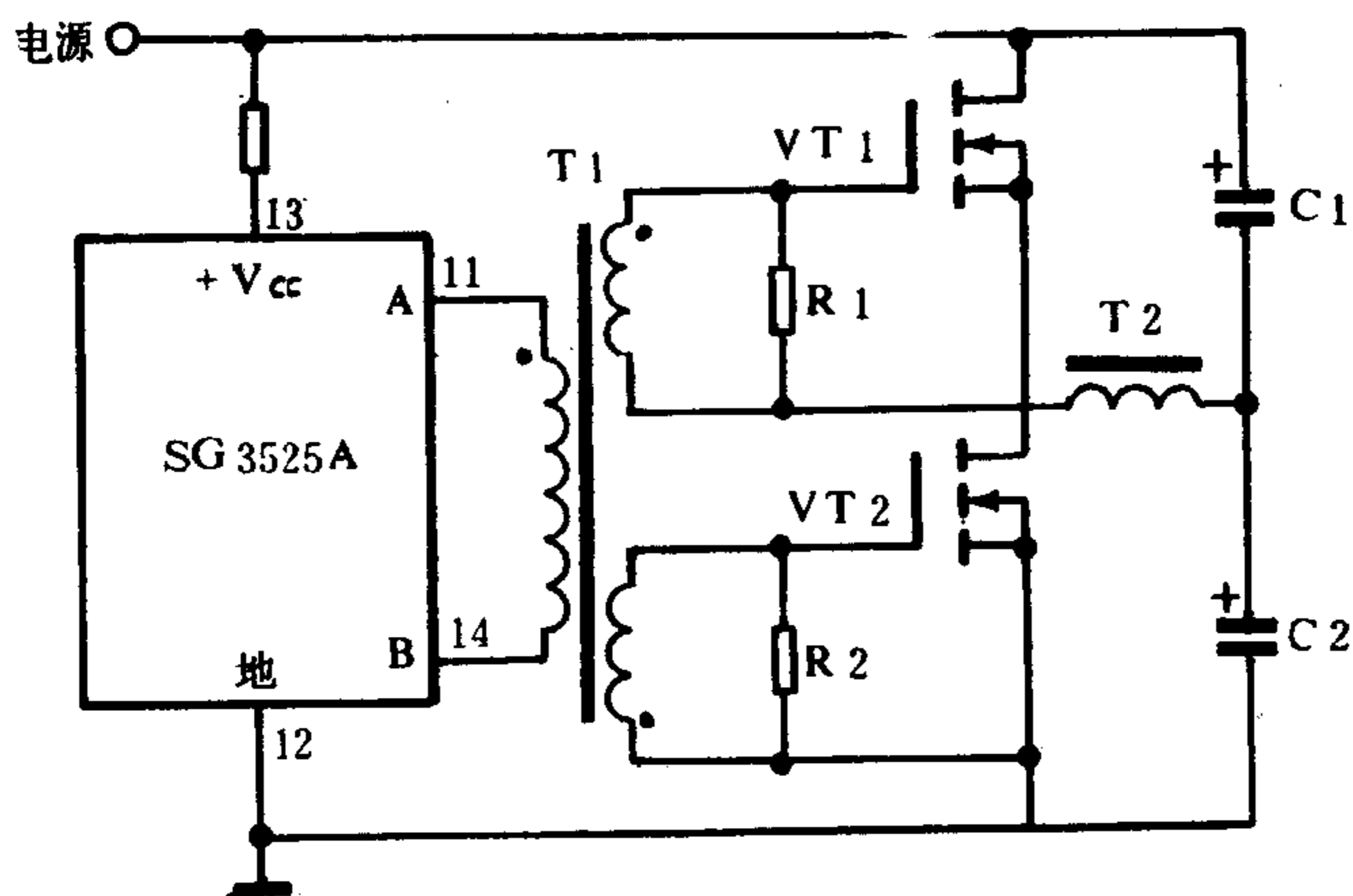


图 7-20 双端输出驱动 MOS 功率管的电路

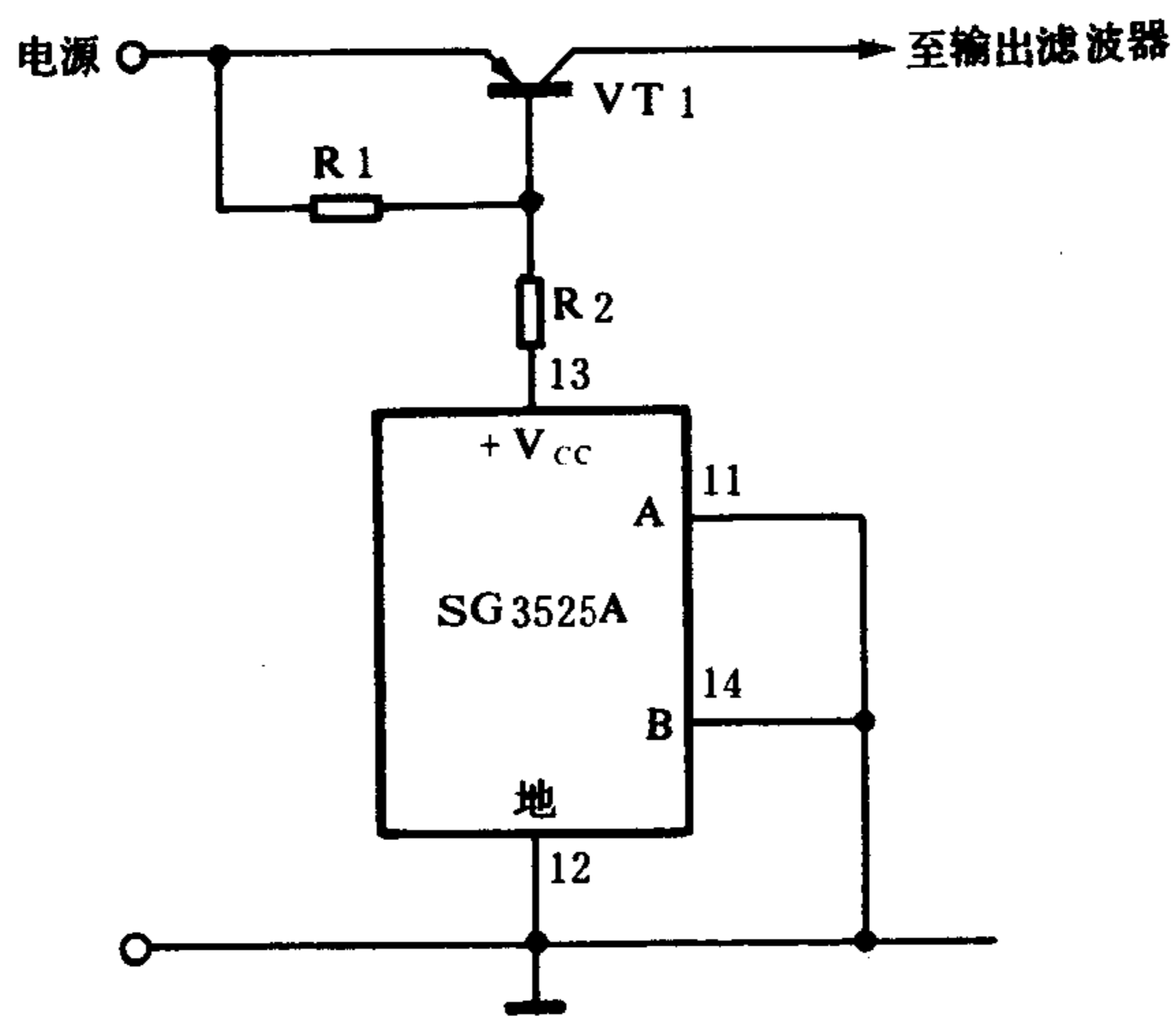


图 7-21 输出级二路并用的电路图

前面几节，我们分别介绍了几种 PWM 控制电路，但近年来许多性能更完善的集成控制电路不断产生，许多电路被用来推动各种类型的功率器件，如 SG3527A，则专门用来设计驱动 P 沟道 MOSFETS 晶体管的。对单端电路的设计，则有 MOTOROLA 公司生产的 MC34060 和 MC35060 等高性能的 PWM 芯片可以选择。集成电路的发展，给广大工程设计人员提供了更为广阔的选择空间。因此，在设计开关电源的过程中，我们提供的材料，仅仅是让用户能对 PWM 控制电路有一个了解，以便在应用中有所参考。