

● 器件中特性和应用

# LT1307/LT1307B 微功率 600kHz PWM DC/DC 变换器及其应用

薛希华 毛兴武

摘要:LT1307/LT1307B 是 Linear Technology 公司推出的微功耗固定频率 DC/DC 变换器,其工作输入电压可以低至 1V,在采用单节电池供电时,可提供 3.3V、75mA 的输出。该变换器输入偏置电容仅为 1μF,输出电容仅需 10μF。本文介绍了 LT1307/LT1307B 的内部结构、工作原理、主要特征及其应用电路。

关键词:单节电池 600kHz PWM 变换器 小电解电容

## 1、概述

LT1307/LT1307B 是 Linear Technology 公司推出的一种微功率 600kHz 固定频率 PWM DC/DC 变换器。LT1307/LT1307B 采用单节电池供电时,可产生 3.3V、75mA 的输出,其输入电压可以低至 1V。在轻载时,LT1307 可自动转入节电束发模式 (Burst Mode)工作。LT1307/LT1307B 内含低电池检测器,关闭电流低于 5μA。LT1307/LT1307B 静态电流分别为 50μA 和 1mA。不象其它类型的 DC/DC 变换器,LT1307/LT1307B 在采用单节电池供电时,无需大容量的电解电容。在 600kHz 高频下,可采用表面安装多层陶瓷 (MLC) 小电容和小电感器。其输入偏置电容为 1μF,输出电容为 10μF。LT1307/LT1307B 可用于记录器、无绳电话、通用接收机、电池装置、便携式电子装置、葡萄糖测量器和医用诊断及医疗电子仪器等领域。

## 2、LT1307/LT1307B 封装形式、内部结构及功能原理

LT1307/LT1307B 分别采用 8 脚 MSOP 和 PDIP、SO 塑料封装,如图 1(a)、1(b)所示。

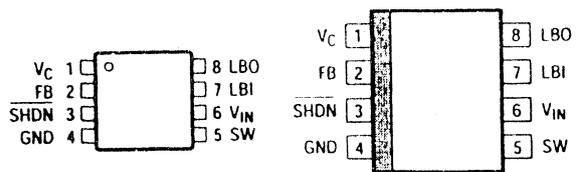


图 1(a) MSOP 封装 图 1(b) PDIP、SO 封装

1(b)。图 2 示出的是其内部结构框图。

LT1307/LT1307B 各引脚功能分别是: V<sub>C</sub>(脚 1)为误差放大器(E/A)补偿,从该脚到地连接有典型值为 1MΩ 和 680pFRC 串联网络;FB(脚 2)是参考电压为 1.22V 的反馈脚,输出电压  $V_{OUT} = 1.22(1 + R1/R2)$ ,改变 R1、R2 数值,则可调节 V<sub>OUT</sub>;  $\overline{SHDN}$ (脚 3)必须连接一个等于或大于 V<sub>IN</sub> 的电压,该脚接地则关闭器件;GND(脚 4)接地;SW(脚 5)为开关脚;V<sub>IN</sub>(脚 6)为电源输入;LBI(脚 7)为电池电压太低检测器输入;LBO(脚 8)为电池电压太低检测器输出。

LT1307/LT1307B 的极限参数如下: V<sub>IN</sub>、 $\overline{SHDN}$  和 LBO 脚电压为 12V,SW 电压为 30V,FB 电压为 V<sub>IN</sub> + 1V, V<sub>C</sub> 电压为 2V, LBI 电压为 0~1V, FB 脚输入电流为 ±1mA, 结温为 125℃, 工作温度: 商用为 -20~+70℃, 工业用为 -40~+85℃, 贮存温度为 -65~+150℃, 引线焊接温度 (10s)为 300℃。

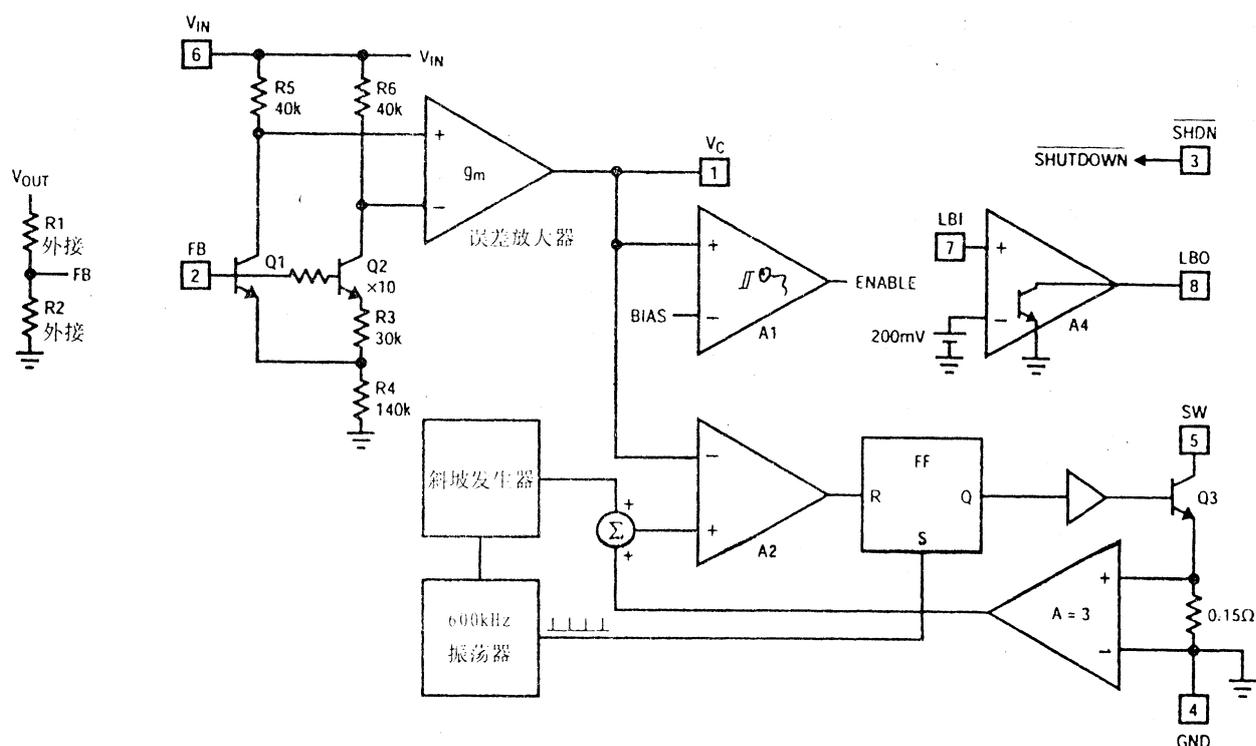


图2 内部结构图

在图2框图中,当 $V_{IN}=1V$ 时,产生一个1.22V的反馈电压,在R5、R6上的电压降是80mV。Q1、Q2的集电结偏压仅为0.3V,故不足以使Q1、Q2饱和,FB脚可以有一个比 $V_{IN}$ 高的电压。在无载情况下,FB脚电压升至1.22V以上,导致E/A输出电压 $V_C$ 降低。当 $V_C$ 达到滞后比较器A1的偏置电压之后,A1则输出低电平,于是关断除输入级、E/A和低电池检测器A4以外的所有电路。此状态下总电流消耗为 $50\mu A$ 。当负载输出FB电压减小,A1输出高电平,将使IC已被关闭的电路激活。在此状态下,开关电流被限制在大约100mA。在A1输出高电平后,假如负载是轻的,输出电压和FB电压将升高,直到A1输出低电平,再次关闭IC内有关电路。在输出端出现低频纹波电压,纹波频率取决于负载电流和输出电容。假如A1仍输出高电平,导致连续工作,LT1307的峰值开关电流通过调整输出电压控制,开关在每一个开关周期的开始接通。

当一个信号所代表的开关电流总量和斜坡产生器电压超过 $V_C$ 信号时,比较器A2改变状态,复位触发器(FF)关断开关。输出电压随开关电流增加而升高,经电阻分压器衰减,出现于FB脚,关闭所有环路。IC的频率补偿通过连接于 $V_C$ 与地之间的RC网络提供。当LBI脚电压降到200mV以下时,A4的输出LBO电位拉低。由于在A4中不存在滞后,允许其用作一个放大器。

$\overline{SHDN}$ 脚必须接地以关闭器件。为使IC工作,该脚应施加一个等于或高于 $V_{IN}$ 的电压。图3示出的是IC的关闭电路。对于 $V_{IN} > 2V_{BE}$ 时,注意该脚允许浮置,以接通Q2的启动电流,关断Q3电流。 $\overline{SHDN}$ 电压可以高于输入电压 $V_{IN}$ ,只不过以Q3的BE结反向偏置为条件。

变换器IC的低电池检测器(即电池电压太低检测器)是一个简单的PNP输入增益级带一个NPN晶体管输出。增益级A4的负输入被连接到内部的 $200mV \pm 5\%$ 的参考基

准电压,正输入是 LBI 脚,如图 4(a)。R1 和 R2 的数值需足够低,以保证 LBI 脚的偏置电流不能引起大的误差。其中,  $R1 = (V_{LB} - 200mV) / 2\mu A$ ; 对于 R2, 100kΩ 是适宜值。200mV 的基准电压也可采用图 4(b) 示出的电路引入。

LT1307B 与 LT1307 的区别就在于, LT1307B 的 A1 不存在滞后, 并且 A1 的偏置点也低于 LT1307。即使电感器电流低于 100mA, 开关仍可以发生。正是由于 LT1307B 的 A1 没有滞后, 故在轻载下可能进入束发模式工作, 而是在不变的频率下连续开关, 这样输出电压上的低频纹波虽被有效的抑制, 但是以牺牲效率为代价的。

### 3、LT1307/LT1307B 典型应用

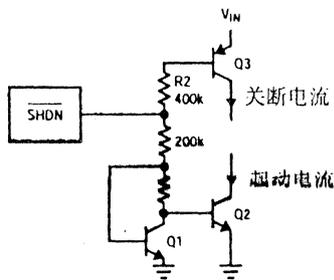


图 3 IC 关闭电路图

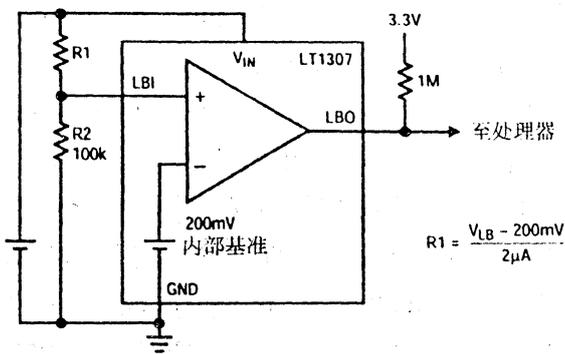


图 4(a) 低电池检测器原理图

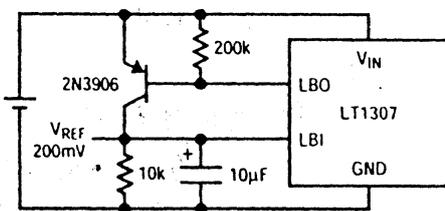


图 4(b) 200mV 基准电压连接原理图

#### 3.1 电池极性反接考虑

LT1307 采用了绝缘双级工艺, 其 P 型基片连接到 GND 脚。基片二极管通常反向偏置, 负极分别与  $V_{IN}$  和 SW 脚相连, 如图 5(a)。当电池极性反接时, 二极管 D1、D2 因正向偏置而导通, 如图 5(b)。若采用一节 AA 或 AAA 电池供电, 电路中有数百毫安的电流流过, LT1307 能承受住该电流免遭损坏。当采用 2 节或 3 节电池供电时, 可外接一支保护二极管, 如图 5(c)。当电池极性反接时, 二极管 IN4001 导通, 由于二极管的电压降使施加于 IC 的电压受到限制, 阻止了 IC 过多的功率耗散, 但电池能量将很快被耗尽。

#### 3.2 电路组装设计布局

由于 LT1307/ LT1307B 开关速度非常高, 在电路装配方案上必须格外小心, 以获得令人满意的效果。对于图 6(a) 示出的典型应用电路, 元件排布推荐方案如图 6(b)。到电池的引线长度应保持尽可能短, 输入电容  $C_{IN}$  应放置在距 IC 封装外壳小于 5mm 的地方。从  $C_{IN}$  到  $V_{IN}$  的引线如果稍长, 即使只有 10mm 也可能引起振荡从而使 IC 失去调整能力。假如电池离开电路一定距离, 可加入一只 100μF 的输入电容。该电容用铝电解电容即可, 不要求该电容的等效串联电阻 (ESR) 必须很低。对于 IC 而言, 对  $V_C$ 、 $F_B$  和 SW 脚, 应使其接触线面积限制到最小。

#### 3.3 对主要元件的要求

##### 3.3.1 电感器

对电感元件的选取一是要求其在 600kHz 时磁芯损耗低, 二是在 600kHz 时应能承受 500mA 的电流且不进入磁饱和, 三是要求绕线电阻低以减小  $I^2R$  损耗。在数值上, 一般  $L = 10\mu H$ 。

##### 3.3.2 电容器

对于单节电池供电, 一只 10μF 的陶瓷输出电容即可满足要求。增加输出电容的容量可减小纹波电压。当利用 2~3 节电池供电

时,需要  $10\mu\text{F}$  以上的电容。对于 2 节电池输出 5V 的典型应用,  $47\sim 100\mu\text{F}$  的低 ESR 钽电容能很好地工作。一只  $10\mu\text{F}$  的陶瓷电容与低成本的电解电容并联也是一种方案。

### 3.3.3 二极管

多数应用中, 升压二极管推荐选用摩托罗拉的 0.5A 低正向压降的 MBR0520L 肖特基二极管。在低电流应用中, 也可采用低

成本的 IN4148 小信号高速开关二极管。

### 3.4 典型应用电路

图 7 示出的是通过外部控制的束发模式工作电路。该电路不需要根据负载的变化通过外加控制电容来控制是采用束发工作模式还是恒频工作模式。如果 MOSFET(M1)栅极通过外加开漏信号接地, 变换器则工作于连续开关模式, 输出为 3.3V, 噪声低, 但当负载电流低于 1mA 情况下效率较低。假若 M1 的栅极浮置, LT1307B 中的低电池检测器将驱动  $V_C$  脚。R1、R2 可将输出调节到 3V 或 3V 以下, 导致进入束发模式。通过把  $V_C$  脚电压拉低到  $V_{BE}$  以下, IC 的静态电流降至  $60\mu\text{A}$ , 这样在负载为  $100\mu\text{A}$  范围时, 可得到令人满意的效率。当负载电流为 100mA 时, 变换器处于连续开关模式。输出端  $10\mu\text{F}$  的陶瓷电容与  $100\mu\text{F}$  的钽电容并联, 可有效抑制输出纹波。

图 8 示出的是一种由 LT1307 组成的由 2 节电池供电的低成本 DC/DC 变换器电路。  $V_{IN} = 1.4\sim 3.3\text{V}$ ,  $V_{OUT} = 5\text{V}$ ,  $I_{OUT} = 100\text{mA}$ 。

图 9 示出的是采用 LT1307 设计的高压回扫变换器电原理图。该变换器输入电压  $V_{IN} = 1\sim 5\text{V}$ , 输出电压  $V_{OUT} = 1.22\text{V}(1 + R1/R2)$ , 最大占空因数  $DC = 80\%$ , 回扫变压器次级与初级线圈匝数比  $n = 12$ , 对于回扫  $V_{OUT} = [DC/(1-DC)]n \cdot (V_{IN} - V_{SW})$ 。

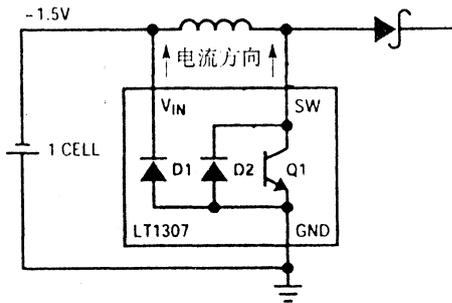


图 5(a) 内部 D1、D2 基片二极管反向偏置状态图

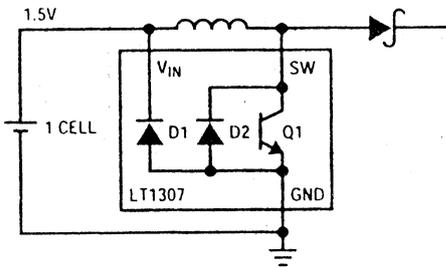


图 5(b) 电池接反时电流通过 D1、D2 状态图

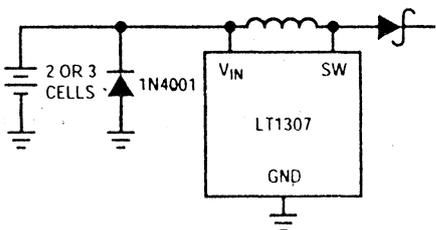


图 5(c) IN4148 二极管保护原理图

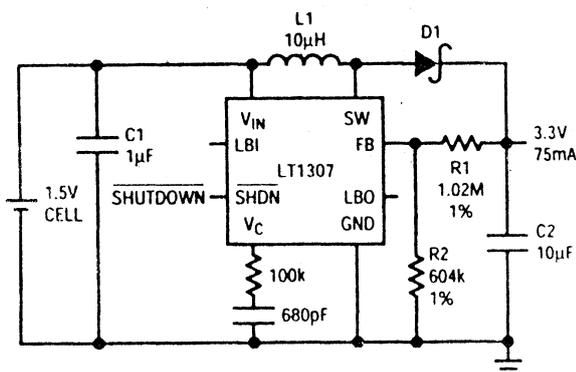


图 6(a) 典型应用电路图

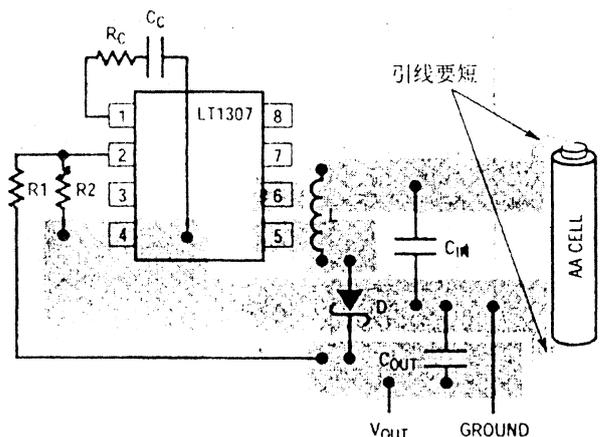


图 6(b) 元件排列图

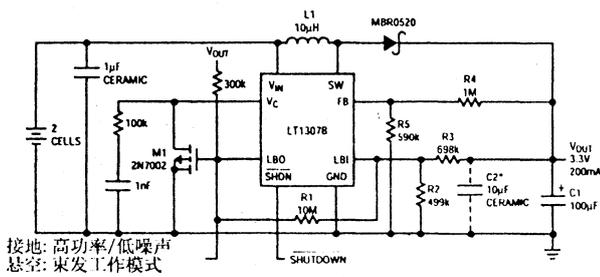


图7 外部控制束发模式工作电路图

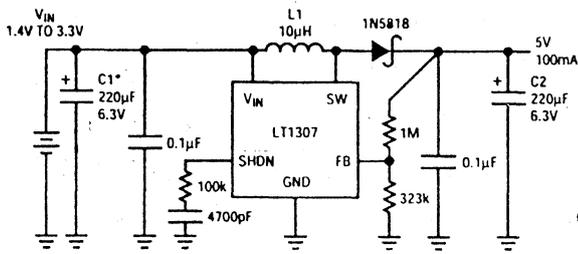


图8 低成本DC/DC变换器电路图

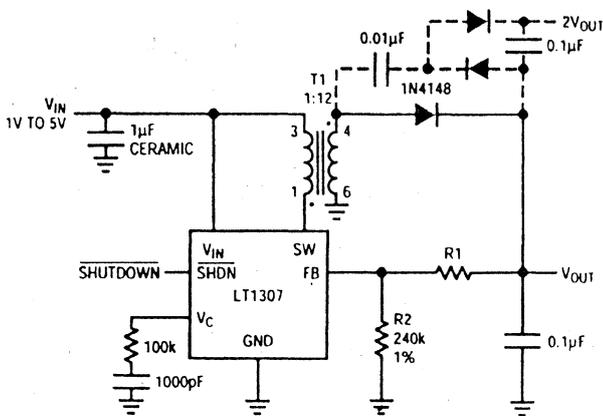


图9 高压回扫变换器电原理图

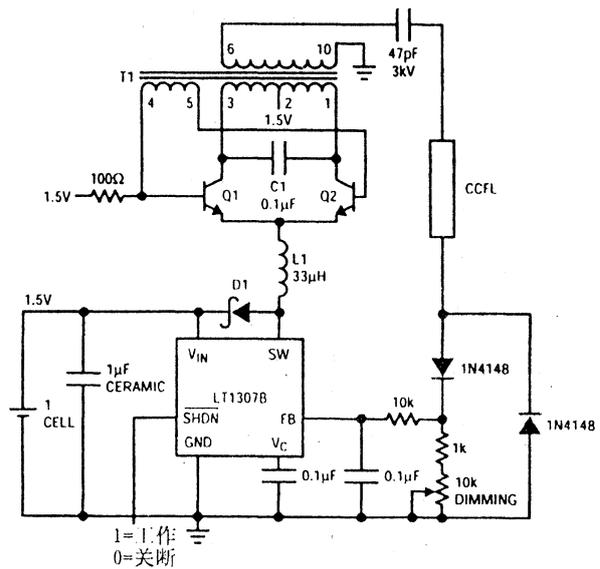
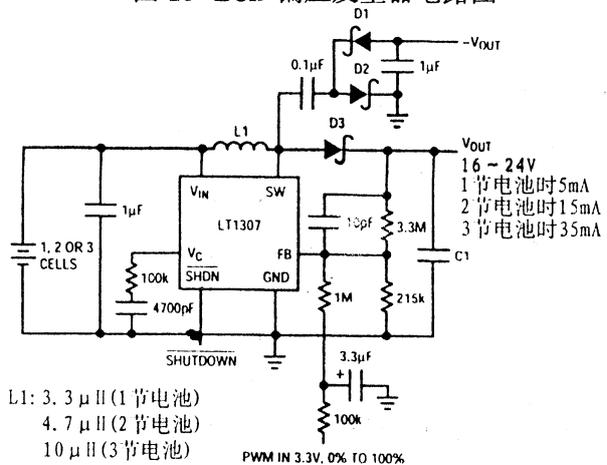


图10 LCD偏压发生器电路图



L1: 3.3µH (1节电池)  
 4.7µH (2节电池)  
 10µH (3节电池)  
 C1: 1µF+OUTPUT  
 0.01µF-OUTPUT  
 D1-D3: MBR0530或1N4148

图12 单电池供电冷阴极荧光灯电源电路图

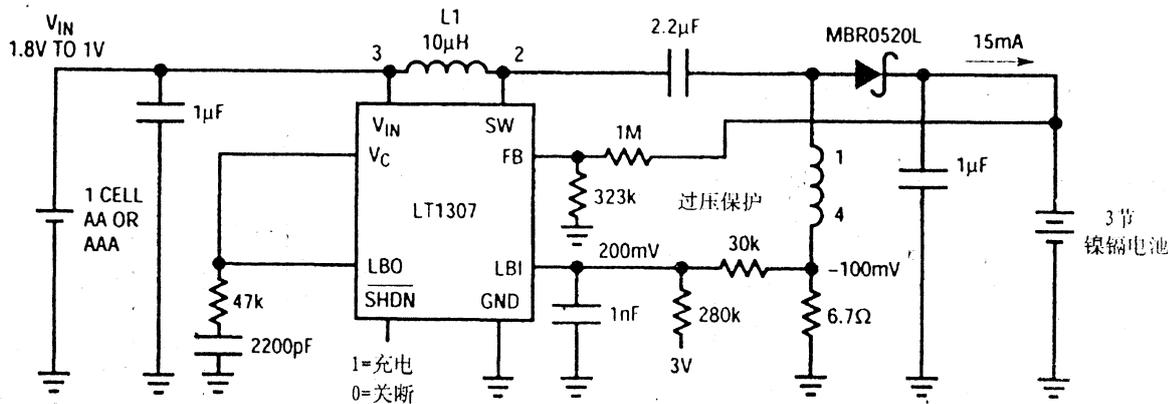


图11 恒流NiCd电池充电和过压保护电路图

当  $V_{IN} = 1V$  时, 最大输出  $V_{OUT} = [0.8/1 - 0.8] \times 12 \times (1 - 0.2) = 37V$ ; 当  $V_{IN} = 2V$  时, 则最大输出  $V_{OUT} = 85V$ 。

图 10 所示的是一种 LCD 偏压发生器电路。其中, D1~D3 为 MBR0503 或 IN4148。对于 +  $V_{OUT}$ , C1 为  $1\mu F$ ; 对于 -  $V_{OUT}$ , C1 容值为  $0.01\mu F$ 。L1 的电感量与电池节数有关, 从 1 节到 3 节电池, L1 分别为  $3.3\mu H$ 、 $4.7\mu H$  和  $10\mu H$ 。  $V_{OUT} = 16 \sim 24V$ ,  $I_{OUT}$  分别为  $5mA$  (1 节电池)、 $15mA$  (2 节电池) 和  $35mA$  (3 节电池)。 PWM 电压为  $3.3V$ ,  $DC = 0 \sim 100\%$ 。

由 LT1307 组成的恒流 NiCd 电池充电

器电路如图 11 (参见 P17)。该充电器带过电压保护功能。当对三节 NiCd 电池充电时, 充电电流为  $15mA$ 。此情况下, 供电电压由 1 节 AA 或 AAA 电池供给。

以 LT1307 为中心由单只电池供电的冷阴极荧光灯 (CCFL) 电源电路如图 12。

LT1307/ LT1307B 的应用电路繁花似锦, 因篇幅限制, 不可能逐一列举。但从上述典型应用实例中, 足能窥一斑而知全豹。读者可以举一反三, 设计出更多新颖奇特且经济实用的拓扑结构, 使这种 DC/ DC 变换器 IC 获得更广泛的应用。

咨询编号: 970705