4A 多类型电池充电管理集成电路
CN3766

概述:

CN3766 是 PWM 降压模式多类型电池充电管理集成电路，独立对多种电池充电进行管理，具有封装外形小，外围元器件少和使用简单等优点。CN3766 具有涓流，恒流和恒压充电模式，非常适合多节锂电池，磷酸铁锂电池，钛酸锂电池和铅酸电池充电管理。在恒压充电模式，CN3766 将电池电压调制在外部反馈电阻所设置的电压；在恒流充电模式，充电电流通过一个外部电阻设置。

对于深度放电的电池，当电池电压低于恒压充电电压的66.5%(典型值)时，CN3766用所设置的恒流充电电流的23%对电池进行涓流充电。在恒压充电阶段，充电电流逐渐减小，当充电电流降低到恒流充电电流的16%时，充电结束。在充电结束状态，如果充电电流再上升到恒流充电电流的57.8%以上，自动开始新的充电周期。当输入电源掉电或者输入电压低于电池电压时，CN3766 自动进入睡眠模式。

其它功能包括输入低电压锁存，芯片结温过温保护，电池端过压保护和充电状态指示等。

CN3766 采用 10 管脚 SSOP 封装。

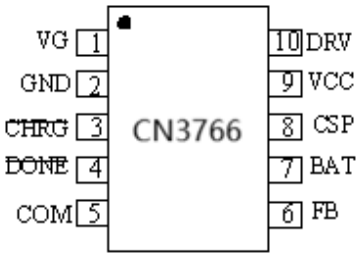
应用:

- 手持设备
- UPS 电源，备用电池应用
- 便携式工业和医疗仪器
- 电动工具
- 多节锂电池，磷酸铁锂电池，钛酸锂电池和铅酸电池充电管理

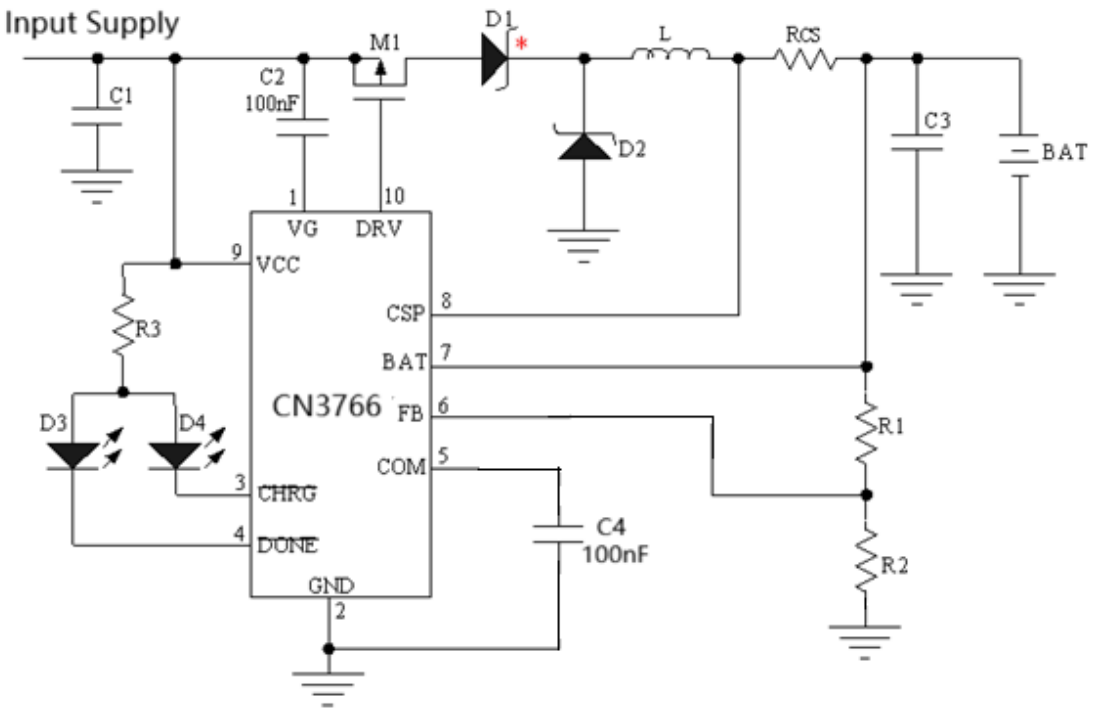
特点:

- 可对单节或多节锂电池，磷酸铁锂电池，钛酸锂电池和铅酸电池进行完整的充电管理
- 宽输入电压范围：6.6V 到 32V
- 充电电流可达 4A
- PWM 开关频率：550KHz
- 100%占空比支持低压差充电
- 恒压充电电压由外部电阻设置
- 恒流充电电流由外部电阻设置
- 对深度放电的电池进行涓流充电
- 自动再充电功能
- 充电状态和结束状态指示
- 软启动功能
- 电池端过压保护
- 芯片结温过温保护
- 工作环境温度：－40℃ 到 ＋85℃
- 采用 10 管脚 SSOP 封装
- 产品无铅，满足 Rohs，不含卤素

管脚排列:



典型应用电路:



注：二极管 D1 可以不用，详细参考第 8 页“二极管 D1 选择”和第 9 页“利用 P 沟道场效应晶体管防止电池电流倒流”部分

图 1　典型应用电路

订购信息:

型号	封装形式	包装	工作环境温度
CN3766	SSOP10	盘装，每盘 4000 只	－40℃ 到 ＋85℃

管脚描述:

管脚序号	名称	说明
1	VG	**内部电压调制器输出。**为内部驱动电路提供电源，在 VG 管脚和 VCC 管脚之间需要接一个 100nF 的电容。
2	GND	**地。**输入电源的负输入端和电池负极。
3	$\overline{CHRG}$	**充电状态指示端。**漏极开路输出。在充电状态，内部晶体管将此管脚拉到低电平；否则，此管脚为高阻状态。
4	$\overline{DONE}$	**充电结束指示端。**漏极开路输出。在充电结束状态，内部晶体管将此管脚拉到低电平；否则，此管脚为高阻状态。
5	COM	**回路补偿输入端。**为保证电压调制回路和电流调制回路稳定性，须在此管脚与地之间连接一个 100nF 的电容。
6	FB	**电池电压反馈输入端**。外接电阻分压网络以检测电池电压。
7	BAT	**电池正极连接端和充电电流检测负输入端**。此管脚连接到电池的正极。同时，此管脚和CSP管脚用于测量电流检测电阻R_{CS}两端的电压，并将此电压信号反馈给CN3766进行电流调制。
8	CSP	**充电电流检测正输入端。**此管脚和BAT管脚用于测量电流检测电阻R_{CS}两端的电压，并将此电压信号反馈给CN3766进行电流调制。
9	VCC	**外部电源正极输入端。**VCC 也是内部电路的电源。此管脚到地之间需要接滤波电容。
10	DRV	**栅极驱动端。**驱动片外 P 沟道 MOS 场效应晶体管的栅极。

极限参数

VCC 到 GND 电压……－0.3V to 36V
$\overline{CHRG}$, $\overline{DONE}$ 到 GND 电压……－0.3V to 36V
VG, DRV 到 VCC 电压……－7V to VCC+0.3V
CSP, BAT 到 GND 电压……－0.3V to 32V
FB, COM 到 GND 电压……－0.3V to 6.5V
最高结温……150℃
存储温度……－65℃ to 150℃
工作环境温度……－40℃ to 85℃
焊接温度（10 秒）……260℃
热阻(SSOP10)……180℃/W

超出以上所列的极限参数可能造成器件的永久损坏。以上给出的仅仅是极限范围，在这样的极限条件下工作，器件的技术指标将得不到保证，长期在这种条件下还会影响器件的可靠性。

电气特性:

（VCC＝15V，T_A＝－40℃ 到 85℃，除非另有注明）

参数	符号	测试条件	最小	典型	最大	单位
输入电压范围	VCC		6.6		32	V
VCC 低压阈值	V_{UV}		4	5.2	6.5	V
芯片工作电流	I_{VCC}	V_{BAT}＞V_{REG}，结束模式	410	535	660	uA
FB 管脚调制电压	V_{REG}	恒压充电模式	1.193	1.205	1.217	V
FB 管脚偏置电流	I_{FB}	V_{FB}＝1.2V		60	200	nA
充电电流检测	V_{CS}	V_{FB}＞V_{PRE}，测量 V_{CSP}－V_{BAT}	72	80	88	mV
		V_{FB}＜V_{PRE}，测量 V_{CSP}－V_{BAT}	10	19	28	
流入 BAT 管脚电流	I_{BAT1}	充电结束模式，V_{BAT}＝12V			2	uA
	I_{BAT2}	睡眠模式，V_{BAT}＝12V	2.2	3.6	5	
FB管脚涓流充电阈值	V_{PRE}	FB管脚电压上升	64	66.5	69	$\%V_{REG}$
FB脚涓流充电阈值迟滞	H_{PRE}	FB管脚电压下降		2.5		$\%V_{REG}$
充电结束阈值	I_{term}	充电电流下降	10.5	16	21.5	$\%I_{CC}$
再充电阈值	V_{RE}	充电电流上升	50	57.8	66	$\%I_{CC}$
FB 管脚过压保护阈值	Vov	FB 管脚电压上升	1.036	1.066	1.1	V_{REG}
FB 管脚过压释放阈值	Vclr	FB 管脚电压下降	1.0	1.025	1.05	
$\overline{\text{CHRG}}$ 管脚						
$\overline{\text{CHRG}}$ 管脚下拉电流	I_{CHRG}	V_{CHRG}＝1V，充电状态	7	12	18	mA
$\overline{\text{CHRG}}$ 管脚漏电流	I_{LK1}	V_{CHRG}＝30V，充电结束状态			1	uA
$\overline{\text{DONE}}$ 管脚						
$\overline{\text{DONE}}$ 管脚下拉电流	I_{DONE}	V_{DONE}＝1V，充电结束状态	7	12	18	mA
$\overline{\text{DONE}}$ 管脚漏电流	I_{LK2}	V_{DONE}＝30V，充电状态			1	uA
振荡器						
频率	f_{osc}		430	550	670	kHZ
最大占空比	Dmax			100		%
睡眠模式						
睡眠模式阈值 (测量VCC－V_{BAT})	V_{SLP}	VCC下降 V_{BAT}＝12V	0.0	0.05	0.1	V
睡眠模式释放阈值 (测量VCC－V_{BAT})	V_{SLPR}	VCC上升 V_{BAT}＝12V	0.2	0.32	0.46	V
DRV 管脚						
V_{DRV} 高电平 (VCC－V_{DRV})	VH	I_{DRV}＝－10mA		60		mV
V_{DRV} 低电平 (VCC－V_{DRV})	VL	I_{DRV}＝0mA		6.3		V
上升时间	t_r	Cload＝2nF, 10% to 90%	30	40	65	ns
下降时间	t_f	Cload＝2nF, 90% to 10%	30	40	65	ns

注：V_{REG} 表示 FB 管脚恒压充电电压；I_{CC} 表示恒流充电电流。

详细描述:

CN3766是PWM降压型多类型电池充电管理集成电路，可用于单节，多节锂电池，磷酸铁锂电池，钛酸锂电池和铅酸电池的充电管理。CN3766具有涓流，恒流和恒压充电模式。恒流充电电流由CSP管脚和BAT管脚之间的电流检测电阻R_{CS}设置。恒压充电电压通过连接于FB管脚的反馈电阻设置。

当VCC管脚电压大于低压阈值，并且大于电池电压时，CN3766正常工作。如果电池电压低于涓流充电阈值，充电器自动进入涓流充电模式，此时充电电流为所设置的恒流充电电流的23%。当电池电压大于涓流充电阈值，充电器进入恒流充电模式，此时充电电流由内部的80mV基准电压和一个外部电阻R_{CS}设置，即充电电流为80mV/R_{CS}。当电池电压继续上升接近恒压充电电压时，充电器进入恒压充电模式，充电电流逐渐减小。在充电状态，漏极开路输出$\overline{CHRG}$管脚内部的晶体管导通，输出低电平，以指示充电状态。当充电电流减小到恒流充电电流的16%时，充电结束。漏极开路输出$\overline{CHRG}$管脚内部的晶体管关断，输出高阻态；另一个漏极开路输出$\overline{DONE}$管脚内部的晶体管导通，输出低电平，以指示充电结束状态。

在充电结束状态，如果断开输入电源，再重新接入，将开始一个新的充电周期；如果充电电流再上升到再充电阈值以上，那么也将自动开始新的充电周期。

当输入电压掉电时，CN3766自动进入睡眠模式，内部电路被关断。

CN3766内部还有一个过压比较器，当FB管脚电压由于负载变化或者突然移走电池等原因而上升时，如果FB管脚电压上升到过压阈值（恒压充电电压的1.07倍）时，过压比较器动作，关断片外的P沟道场效应晶体管，充电器暂时停止，直到FB管脚电压回复到过压释放阈值（恒压充电电压的1.02倍）以下。在某些情况下，比如在电池没有连接到充电器上，或者电池突然断开，FB管脚的电压可能达到过压保护阈值，此为正常现象。充电电流和充电电压示意图如图 2 所示。

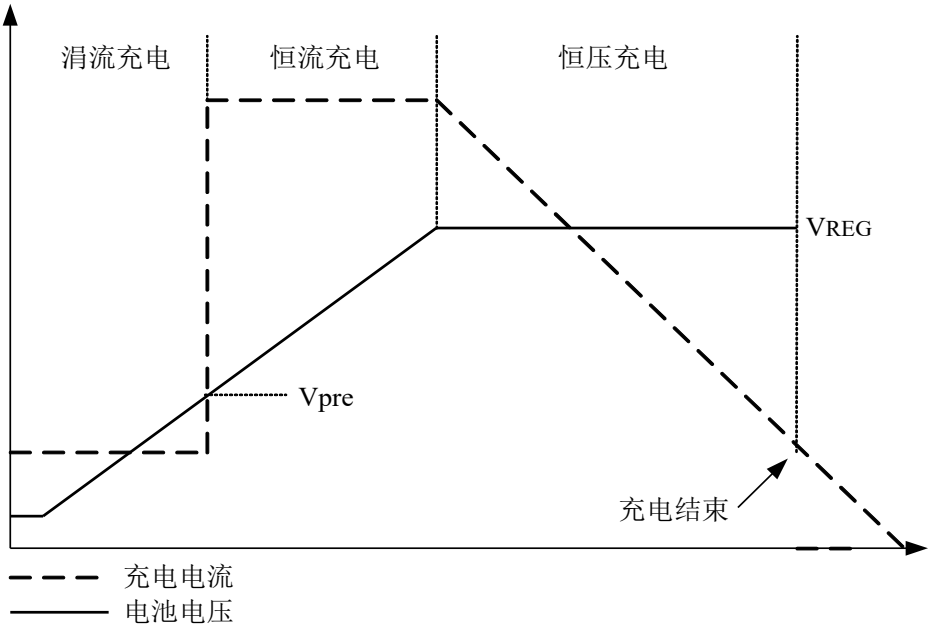


图 2 充电过程示意图

应用信息

低电压检测

芯片内部的低电压检测电路监测输入电压，当输入电压低于6.5V(最大值)时，内部电路被关断，CN3766被禁止工作。

涓流充电

在充电状态，如果FB管脚电压低于恒压充电电压的66.5%(典型值)时，充电器进入涓流充电模式，此时充电电流为恒流充电电流的23%。

恒流充电电流的设置

CN3766的恒流充电电流由芯片内部80mV基准电压和连接于CSP管脚与BAT管脚之间的电流检测电阻R_{CS}共同决定。

恒流充电电流由下式决定：

$$I_{CH} = \frac{80mV}{R_{CS}}$$

其中：

I_{CH} 是恒流充电电流

R_{CS} 是连接于CSP管脚和BAT管脚之间的电流检测电阻，单位欧姆。

设置恒压充电电压

如图1所示，电池端的电压通过电阻R1和R2构成的电阻分压网络反馈到FB管脚，CN3766根据FB管脚的电压决定充电状态。当FB管脚的电压接近1.205V时，充电器进入恒压充电状态。在恒压充电状态，充电电流逐渐下降，电池电压保持不变。

考虑到流入FB管脚的偏置电流，在任何状态，电池端对应的电压为：

$$V_{BAT}=V_{FB}\times(1+R1/R2)+I_B\times R1$$

在恒压充电状态，电池端电压为：

$$V_{BAT}=1.205\times(1+R1/R2)+I_B\times R1$$

其中，I_B是FB管脚的偏置电流，其典型值为60nA。

从上式可以看到，FB管脚偏置电流导致电阻分压网络的分压结果存在误差，误差值为$I_B\times R1$。假设R1＝500KΩ，那么误差值约为30毫伏。所以在设计电阻分压网络时，应该将上述误差考虑在内。

可设置的BAT管脚恒压充电电压不能大于30V。

由于电阻R1和R2会从电池消耗一定的电流，在选取R1和R2的电阻值时，应首先根据所允许消耗的电流选取R1＋R2的值，然后再根据上式分别计算R1和R2的值。

充电结束

在恒压充电模式，充电电流逐渐下降，当充电电流下降到恒流充电电流的16%时，充电过程结束，$\overline{DONE}$管脚输出低电平，指示充电结束。此时CN3766继续以恒压方式对电池充电，以保证电池充满。

自动再充电

充电结束以后，如果输入电源和电池仍然连接在充电器上，由于电池自放电或者负载的原因，导致充电电流上升到恒流充电电流的57.8%以上时，CN3766自动进入充电状态，开始新的充电周期。

状态指示

CN3766有两个漏极开路状态指示输出端：$\overline{CHRG}$管脚和$\overline{DONE}$管脚。在充电状态，$\overline{CHRG}$管脚被内部晶体管下拉到低电平，在其它状态$\overline{CHRG}$管脚为高阻态。在充电结束状态，$\overline{DONE}$管脚被内部晶体管下拉到低电平，在其它状态，$\overline{DONE}$管脚为高阻态。

当电池没有接到充电器时，CN3766可作为电压源输出恒定电压，电压值为所设置的恒压充电电压。

当不用状态指示功能时，将不用的状态指示输出端接到地。

表1列明了两个状态指示端口对应的充电器状态。这里假设红色LED连接到$\overline{CHRG}$管脚，绿色LED连接到$\overline{DONE}$管脚，其连接方式如图1所示。

$\overline{CHRG}$管脚	$\overline{DONE}$管脚	状态描述
低电平(红色LED亮)	高阻态(绿色LED灭)	充电
高阻态(红色LED灭)	低电平(绿色LED亮)	充电结束
高阻态(红色LED灭)	高阻态(绿色LED灭)	两种可能情况 ● VCC管脚电压低于低压锁存电压，或者 ● VCC管脚电压低于BAT管脚电压

表1 状态指示说明

片外功率管驱动

CN3766的DRV管脚用于驱动片外MOS场效应晶体管的栅极，该管脚能够提供比较大的瞬态电流以快速开启和关断片外MOS场效应晶体管。在驱动2nF的负载情况下，上升时间和下降时间典型值为30nS。一般来讲，一个导通电阻为35毫欧，30V的MOS场效应晶体管的等效电容大约为2nF。

CN3766内部有钳位电路，以保证DRV管脚的低电平比VCC管脚的电压低7.5V(最大值)。比如，假设VCC的电压为20V，那么DRV管脚的低电平为最小12.5V。这样，一些具有极低导通电阻的低压P沟道MOS场效应晶体管可以与CN3766配合使用，从而提高了充电器的工作效率，客户也有更多的选择。

回路补偿

为了保证电流调制回路和电压调制回路的稳定性，需要从COM到地之间连接一个100nF的陶瓷电容。

输入电容

输入电容(图1中的C1)对输入电源起滤波作用，需要吸收在输入电源上产生的纹波电流，所以输入电容必须有足够的额定纹波电流。在最坏情况下，输入电容的额定RMS纹波电流需要达到充电电流的二分之一。同时为了抑制寄生电感等在开关瞬间产生的高频振荡，输入电容最好由下面三个电容并联组成：

- 电解电容：电容值由输入电源的特性和充电电流等因素决定
- 陶瓷电容：电容值在1uF到10uF
- 高频陶瓷电容：电容值在47nF到1uF

输出电容

为了降低输出端的纹波电压和改善瞬态特性，输出电容(图1中的C3)应该选择串联等效电阻(ESR)较小的电容。输出电容最好由下面两个电容并联组成：

- 电解电容：电容值10uF
- 陶瓷电容：电容值在1uF到10uF

如果输出电容只能使用陶瓷电容，须留意有些陶瓷电容的电压系数比较大，有效电容值变低，在电池没有连接时BAT管脚电压可能过高，在这种情况下，应该适当增大输出电容值或用几个小容值的陶瓷电容并联，以保证在电池没有连接时，BAT管脚电压在安全范围内。

电感的选择

在正常工作时，电感瞬态电流是周期性变化的。在P沟道MOS场效应晶体管导通期间，输入电压对电感充电，电感电流增加；在P沟道MOS场效应晶体管关断期间，电感向电池放电，电感电流减小。电感的纹波电流随着电感值的减小而增大，随着输入电压的增大而增大。较大的电感纹波电流会导致较大的纹波充电电流和磁损耗。所以电感的纹波电流应该被限制在一个合理的范围内。

电感的纹波电流可由下式估算：

$$\triangle I_L = \frac{1}{(f)(L)} V_{BAT}\left(1-\frac{V_{BAT}}{VCC}\right)$$

其中：

f是开关频率，550KHz

L是电感值

V_{BAT}电池电压

VCC是输入电压

在选取电感值时，可将电感纹波电流限制在$\triangle I_L \leqslant 0.3 \times I_{CH}$，$I_{CH}$是恒流充电电流。请留意最大电感纹波电流$\triangle I_L$出现在输入电压最大值和电感最小值的情况下。

MOSFET的选择

CN3766的应用电路需要使用一个P沟道MOSFET。选择该MOSFET时应综合考虑转换效率，MOSFET功耗以及最高温度。

在芯片内部，栅极驱动电压被钳位在5.3V(典型值)，可以使用低开启电压的P沟道MOSFET。所以需要留意该MOSFET的击穿电压BV_{DSS}要大于最高输入电压。

选择P沟道MOSFET时需要考虑的因素包括导通电阻Rds(on)，栅极总电荷Qg，反向传导电容C_{RSS}，输入电压和最大充电电流。

MOSFET的最大功耗可以用下式来近似：

$$Pd = \frac{VBAT}{VCC} \times Rds(on) \times ICH^2 \times (1+0.005dT)$$

其中：

Pd是MOSFET的功耗

VBAT是电池的最高电压

VCC是最小输入电压

Rds(on)是P沟道场效应晶体管在室温(25℃)条件下的导通电阻

ICH是充电电流

dT是P沟道MOS场效应晶体管的实际温度与室温(25℃)的温度差

除了前面公式所描述的导通损耗$I^2Rds(on)$外，MOSFET还有开关损耗，开关损耗随着输入电压的增加而增加。一般来讲，在输入电压小于20V时，导通损耗大于开关损耗，应该优先考虑导通电阻比较小的MOS场效应晶体管；在输入电压大于20V时，开关损耗大于导通损耗，应该优先考虑反向传导电容C_{RSS}比较小的MOS场效应晶体管。一般C_{RSS}的值在MOS场效应晶体管的技术规格书中都有列明，如果没有明确列明该电容值，可由公式$C_{RSS} = Q_{GD}/\Delta V_{DS}$来估算。

二极管的选择

在典型应用电路图1中的二极管D1和D2均为肖特基二极管。这两个二极管通过电流能力至少要比充电电流大；二极管的耐压要大于最高输入电压的要求。

二极管D1和D2的选择原则为够用即可，如果所选用二极管的通过电流能力或耐压远远超过所需要的值，由于这样的二极管具有较高的结电容，将增加充电器的开关损耗，降低效率。

二极管D1用来作阻流二极管，防止在输入电源掉电时消耗电池的能量。在睡眠模式，如不用二极管D1，CN3766消耗的电池电流大约26微安，所以可根据电池容量等因素考虑不用二极管D1。

睡眠模式电池电流

在图1所示的典型应用电路中，当输入电压掉电或者输入电压低于电池电压时，CN3766进入睡眠模式。在睡眠模式电池消耗的电流包括：

(1) 流入BAT管脚和CSP管脚的电流，大约为3.6uA(V_{BAT}＝12V)

(2) 从电池端经过阻流二极管D1流到输入电压端的电流，此电流由二极管D1的漏电流决定；
如果不用二极管D1，电池电压通过电感，MOS场效应晶体管的体二极管施加到CN3766的VCC管脚，流入VCC管脚电流大约22uA(V_{BAT}＝12V)。

(3) 从电池端经过二极管D2流到地(GND)的电流，此电流由二极管D2的漏电流决定。

利用P沟道场效应晶体管防止电池电流倒流

在典型应用电路图1中的二极管D1用来防止电池电流倒流。但是由于二极管的导通压降，当流经电流比较大时，二极管的功耗比较大。为了解决这个问题，在图3中的电路中，利用P沟道MOS场效应晶体管M2代替二极管D1，即可以防止电池电流倒流。

在图3所示的电路中，为保证正常工作，输入电源的最低电压应该比最高电池电压高至少0.7V。

一般情况下，P沟道MOS场效应晶体管M2的技术要求是：漏极与源极的耐压须大于最大输入电源电压，源极与栅极的耐压须大于电池电压，导通电阻和最大漏极电流Id满足充电电流的要求。

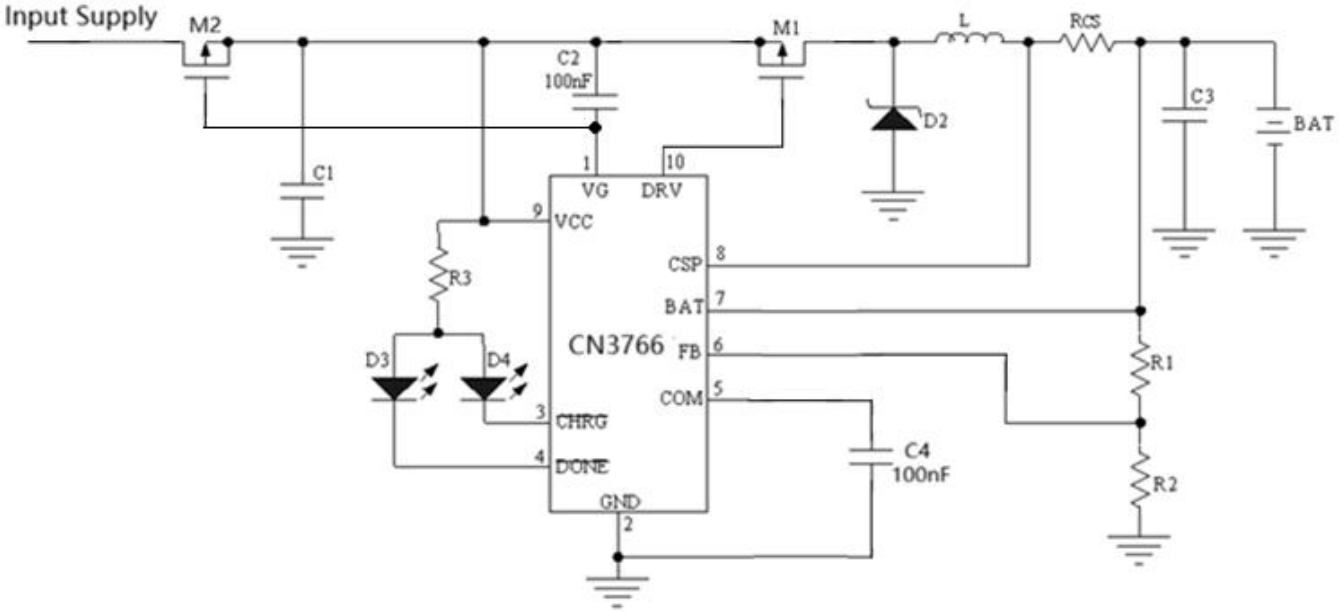


图3 利用P沟道MOSFET防止电池电流倒流

高电压输入和输出的考虑

在输入电源电压大于20V或者设置恒压充电电压超过20V时，由于导线的寄生电感和输入输出滤波电容以及PCB板布局布线产生的寄生电容影响，在上电或掉电瞬间和电池接通断开瞬间产生过冲电压，在某些情况下可能损坏CN3766。此时可以参考图4的电路。在图4的电路中，增加R4和C5以减弱输入电源上电瞬间的过冲电压的影响。增加R5和R6以抑制电池端上电或断电瞬间的过冲电压的影响。

其中：

- 电阻R4，可选择5.1欧姆，0805封装电阻；
- 电阻R6，可选择100欧姆，0603封装电阻；
- 电阻R7，可选择100欧姆，0603封装电阻；
- 电容C5，可选择10uF，0805或1206封装陶瓷电容。

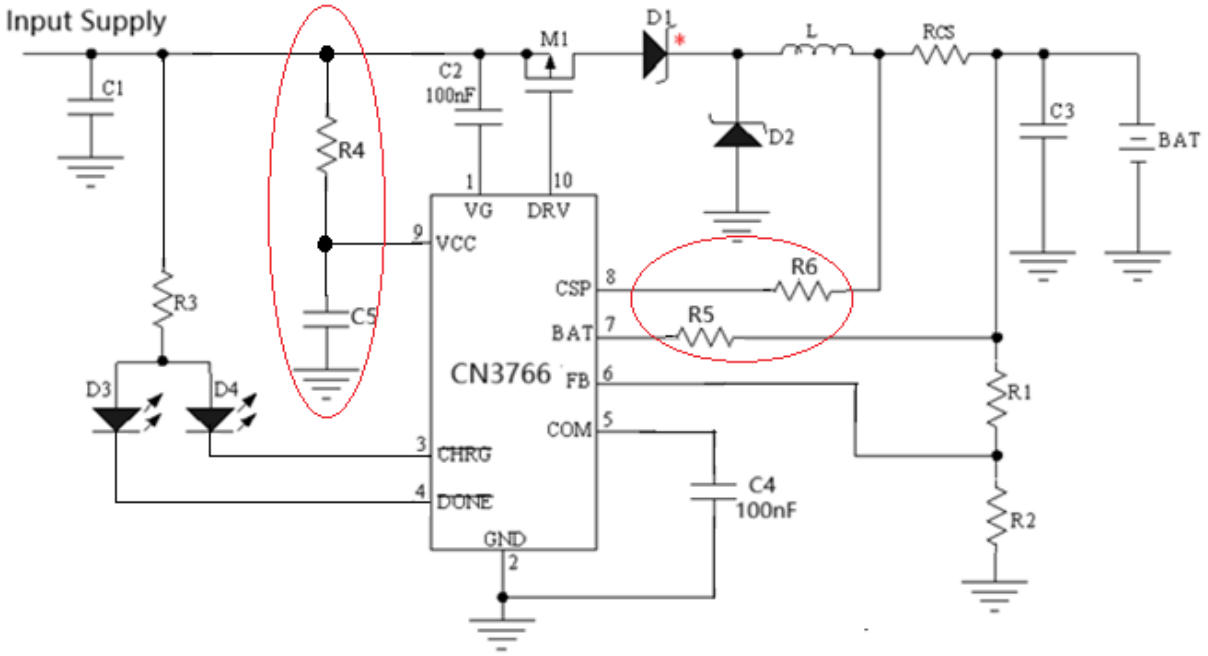


图4 高电压输入或输出的情形

关于高频振荡的抑制

在高输入电压或大充电电流的情况下，如果PCB布局布线不合理，或者二极管，P沟道场效应晶体管的寄生电感比较大，在P沟道MOSFET导通或关断瞬间，会产生几十兆赫兹以上的高频振荡，用示波器可以在输入电源的正极和二极管D2的负极观测到高频振荡波形。

为了抑制高频辐射，除了改进PCB布局布线以外，还可以增加高频抑制电路，如图5中的R7和C7。

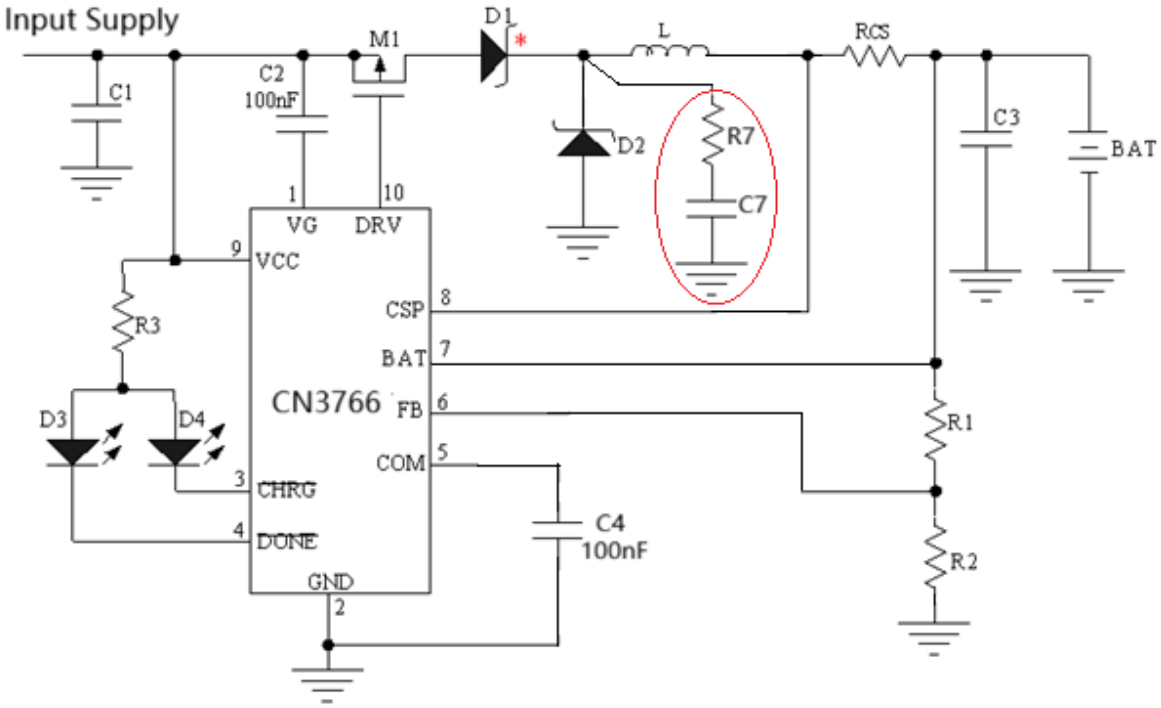


图5 高频振荡抑制

关于电池驱动感性负载的情形

在有些应用中电池需要驱动电机，升压DC-DC转换器等感性负载，在这种情况下，为了避免感性负载产生的反电动势损坏芯片，需要在CN3766的BAT管脚与GND之间接一个肖特基二极管，该二极管的阳极接GND。

设计PCB的考虑

良好的PCB设计对于保证CN3766正常工作，降低电磁辐射和提高转换效率非常重要。针对图1中的电路，设计PCB时需要考虑下面几点：

(1) 输入滤波电容正极要靠近P沟道MOS场效应晶体管的源极；

(2) 二极管D1和D2须靠近电感，电流检测电阻须靠近电感；

(3) 输出电容须靠近电流检测电阻；

(4) 输入滤波电容，P沟道MOS场效应晶体管，二极管D1和D2，电感，电流检测电阻和输出滤波电容的引线要尽量短，尽量宽；

(5) 在CN3766的GND管脚，电阻R2接地端和COM管脚的电容的接地端要单独接到系统地，这样可以避免开关噪声影响回路的稳定性。输入电容的接地端，二极管D2的正极和输出电容的接地端要先接到同一块铜皮再返回系统地。此点对保证CN3766正常工作非常重要。

(6) 电流检测电阻R_{CS}的放置方向要保证从芯片的CSP管脚和BAT管脚到R_{CS}的连线比较短。CSP管脚和BAT管脚到R_{CS}的连线要在同一层次上，而且距离要尽可能小。为了保证充电电流检测精度，CSP管脚和BAT管脚要直接连接到电流检测电阻上。如图6所示。

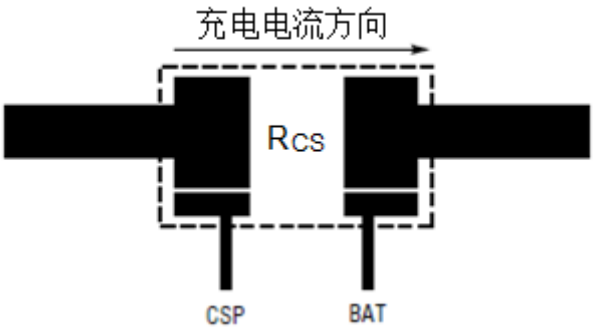
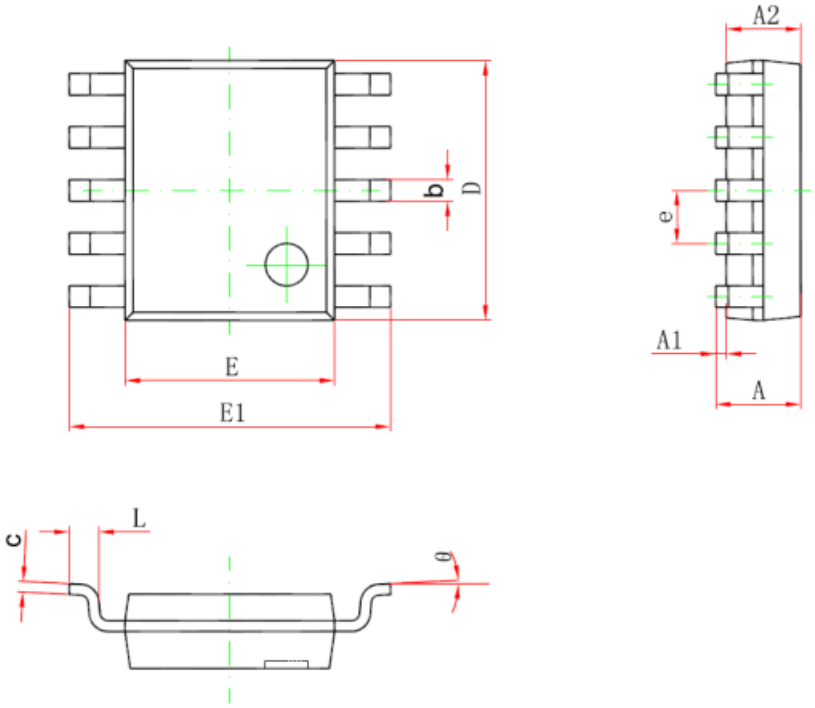


图 6 充电电流的检测

封装信息(SSOP10)



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.300	0.450	0.012	0.018
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.201
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
e	1.000(BSC)		0.039(BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	1°	8°