

具有均衡功能的线性超级电容充电集成电路

HM4075

概述:

HM4075是具有恒流 / 恒压功能的充电芯片，输入电压范围2.7V到6V，能够对单节或双节超级电容进行充电管理。HM4075内部有功率晶体管，不需要外部阻流二极管和电流检测电阻。HM4075只需要极少的外围元器件，非常适合于便携式应用的领域。

热调制电路可以在器件的功耗比较大或者环境温度比较高的时候将芯片温度控制在安全范围内。恒压充电电压由FB管脚的分压电阻设置，恒流充电电流由ISET管脚的电阻设置。HM4075内部有电容电压自动均衡电路，可以防止充电过程中电容过压。当输入电压掉电时，HM4075自动进入低功耗的睡眠模式，此时TOP管脚和MID管脚的电流消耗小于3微安。

其他功能包括芯片使能输入端，电源低电压检测和超级电容准备好状态输出等。

HM4075采用散热增强型的8管脚小外形封装(eSOP8)。

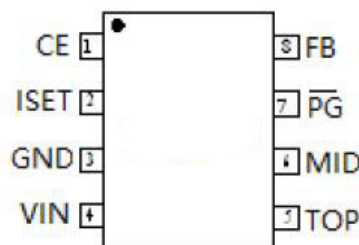
应用:

- 电表
- 超级电容备用电源应用
- PC 卡，USB 调制解调器
- 便携式仪器

特点:

- 输入电压范围： 2.7V 到 6V
- 内部功率晶体管
- 不需要外部阻流二极管和电流检测电阻
- 恒压充电电压由外部分压电阻设置
- 恒流充电电流由 ISET 管脚电阻设置
- 持续充电电流可达 1.5A
- 电容电压自动均衡功能，防止电容过压
- 采用恒流/恒压/恒温模式充电，既可以使充电电流最大化，又可以防止芯片过热
- 电源电压掉电时自动进入低功耗的睡眠模式
- 超级电容电压准备好状态输出端
- 芯片使能输入端
- 采用eSOP8封装
- 产品无铅，满足rohs，不含卤素

管脚排列



典型应用电路

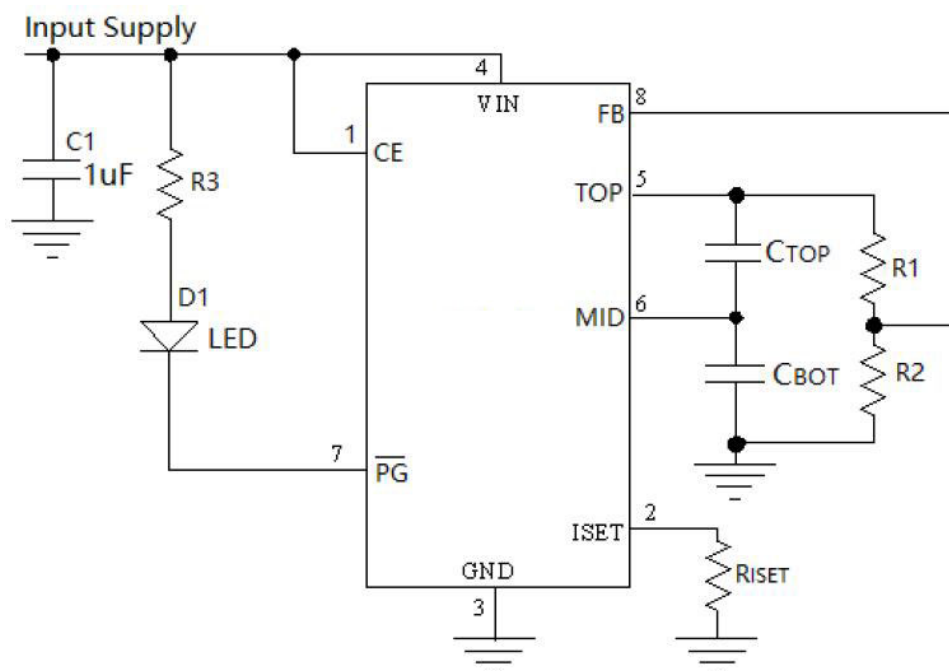


图 1 典型应用电路(为两个串联超级电容充电)

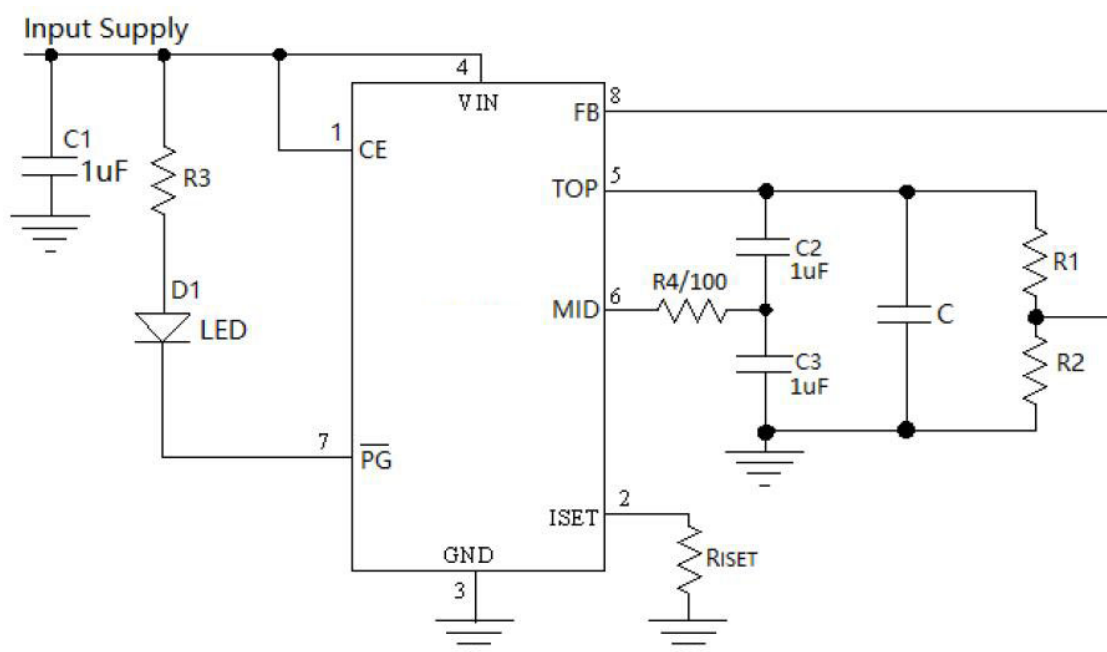


图 2 典型应用电路(为单个超级电容充电)

在图 1 和图 2 中，

- R3 用于 LED 限流，应根据 LED 亮度选择。
- R4 是 100 欧姆，尺寸为 0603 或 0402。
- C2 和 C3 分别为 1uF，大小为 0603。
- 有关其他元件的选择，请参阅本技术规格书中的应用信息部分。

订购信息:

型号	封装形式	包装	工作温度范围
HM4075	eSOP8	编带盘装, 4000/盘	-40℃ 到 +85℃

功能框图

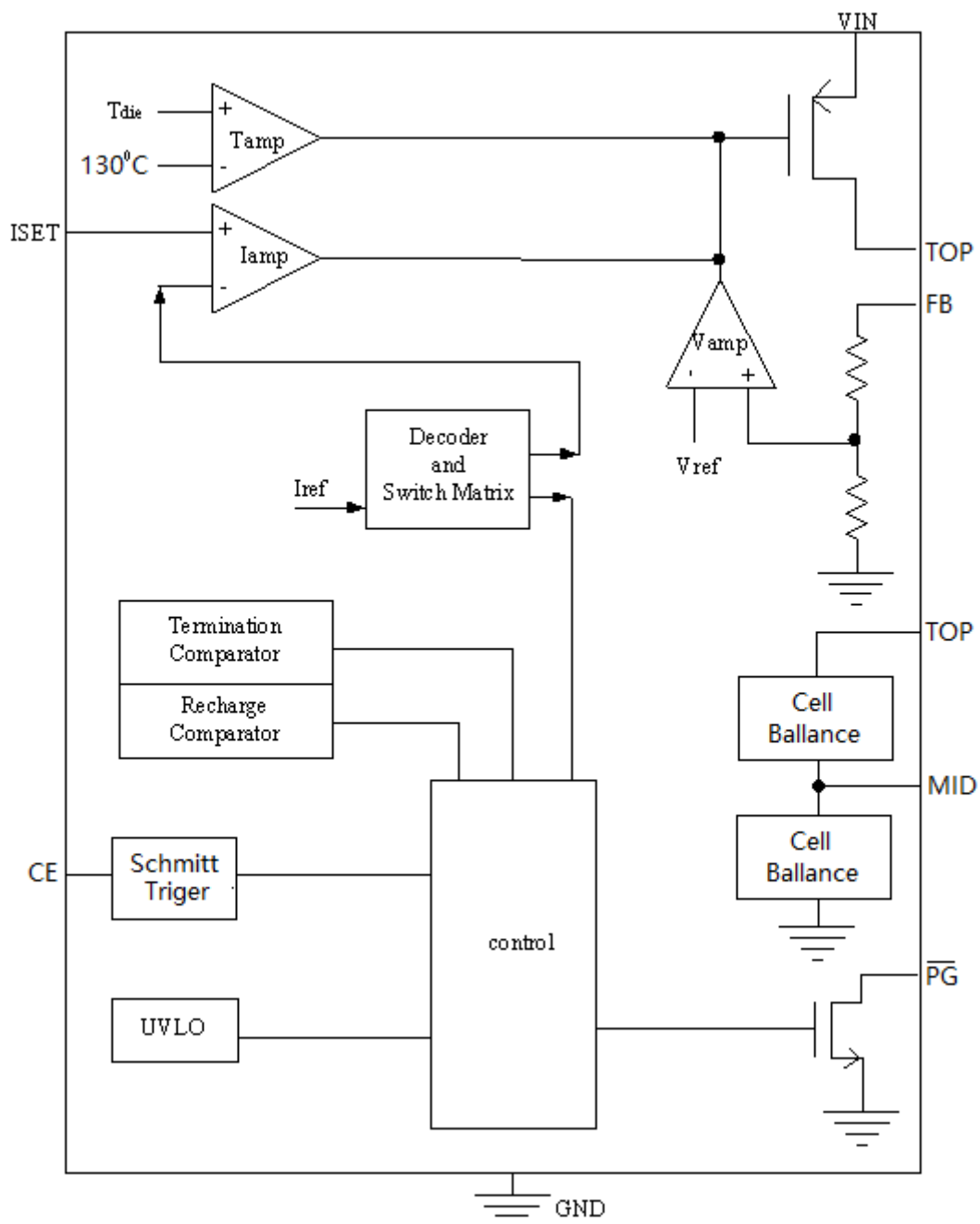


图 3 功能框图

管脚描述

序号	符号	功能描述
1	CE	芯片使能输入端。 高输入电平将使HM4075处于正常工作状态；低输入电平使HM4075处于被禁止状态。CE管脚可以被TTL电平或者CMOS电平驱动。
2	ISET	恒流充电电流设置和充电电流监测端。 从ISET管脚连接一个外部电阻到地端可以对充电电流进行设置。在恒流充电阶段，此管脚的电压被调制在1.205V。在充电状态的所有模式，此管脚的电压都可以根据下面的公式来监测充电电流： $I_{CH} = (V_{ISET} / R_{ISET}) \times 986$
3	GND	电源地
4	VIN	输入电压正输入端。 此管脚的电压为内部电路的工作电源。当VIN与BAT管脚的电压差小于10mv时，HM4075将进入低功耗的睡眠模式，此时BAT管脚的电流小于3uA。
5	TOP	超级电容正极连接端。 TOP管脚向超级电容提供充电电流。
6	MID	2个超级电容中间连接端。 上面超级电容的负极连接端，下面超级电容正极连接端
7	\overline{PG}	超级电容电压准备好漏极开路输出端。 当超级电容器的电压上升到外部电阻分压器设置的最终调制电压的94.1%以上时，该管脚变为低电平，表明超级电容器已准备好供电。当超级电容器的电压下降到调制电压的90%时，此管脚输出高阻抗。 当HM4075被禁用或处于睡眠模式时，此管脚输出高阻抗。
8	FB	超级电容电压反馈输入端。 恒压充电模式电压由连接在FB引脚的外部分压电阻设置。
9	Exposed PAD	芯片背面散热块。 需要连接到GND。

极限参数

所有管脚.....	-0.3V to 6.5V	最大结温.....	150℃
TOP 管脚短路持续时间.....	Continuous	工作温度.....	-40℃ to 85℃
MID 管脚短路持续时间.....	Continuous	储存温度.....	-65℃ to 150℃
热阻 (eSOP8).....	TBD	焊接温度(焊接, 10s).....	260℃

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。

电气参数

(VIN=5V, 除非另外注明, TA=-40℃ 到 85℃, 典型值在环境温度为25℃时测得)

参数	符号	测试条件		最小	典型	最大	单位
输入电压范围	VIN			2.7		6.0	V
工作电流	IVIN	VCE=5.0V		370	470	570	uA
输入电源低电压锁存	Vuvlo	VIN下降			2.4	2.65	V
电源低电压锁存回滞	Huvlo				0.12		V
软启动时间	tss			200	320	440	uS
FB管脚调制电压	VREGFB	恒压模式		1.193	1.205	1.217	V
FB管脚漏电流	IFB			- 100		100	nA
TOP管脚电流	ICC	RIS _{ET} =1.18K, V _{FB} =1.0V		900	1000	1100	mA
	ISLP	VIN=0V, 睡眠模式				3	uA
电容电压准备好阈值	V _{PG}	FB脚电压上升		91.6%	94.1%	96.6%	V _{REGFB}
		FB脚电压下降		87.5%	90%	92.5%	
最高结温	T _{JMAX}	恒温模式			130		℃
电容电压均衡电流	I _{SHTOP}	TOP管脚到MID管脚的均衡电流	V _{TOP} =3V	13	18	26	mA
			V _{TOP} =5V	40	55	77	
	I _{SHBOT}	MID管脚到GND均衡电流	V _{IN} =3V V _{MID} =2V	13	18	26	
			V _{IN} =5V V _{MID} =4V	36	50	70	
输入/输出压差	V _{DROP}	测量(V _{IN} - V _{TOP}) @0.5A			0.28		V
		测量(V _{IN} - V _{TOP}) @1A			0.45		
		测量(V _{IN} - V _{TOP}) @1.5A			0.68		
睡眠模式							
睡眠模式阈值	V _{SLP}	VIN电压下降, 测量电压 (VIN－V _{TOP})			10		mV
睡眠模式释放阈值	V _{SLPR}	VIN电压上升, 测量电压(VIN－V _{TOP})			60		mV
ISET管脚							
ISET管脚调制电压	V _{ISET}	恒流模式		1.183	1.205	1.227	V
CE管脚							
输入低电平	V _{CEL}	CE管脚电压下降, 禁止工作				0.7	V
输入高电平	V _{CEH}	CE管脚电压上升, 允许工作		2.2			V
CE管脚电流	I _{CEL}	CE=GND, VIN=6V		- 1			uA
	I _{CEH}	CE=VIN=6V				1	
PG管脚							
PG管脚下拉电流	I _{PG1}	V _{PG} =0.3V, V _{FB} >V _{FBREG} ×97%			10		mA
PG管脚漏电流	I _{PG2}	V _{PG} =6V, V _{FB} ≤V _{FBREG} ×87%				1	uA

详细描述

HM4075是一款线性充电器IC，主要用于为单节或者双节超级电容充电。充电器采用内部P沟道功率MOSFET，采用恒流/恒压模式为超级电容充电，无需外部阻流二极管和电流检测电阻。使用外部电阻设置充电电流，充电电流可高达1.5A。超级电容的最终调制电压或恒定电压由FB引脚的外部电阻设置，芯片内部的参考电压源和误差放大器为FB管脚提供1%精度的调制电压，可满足超级电容的要求。芯片内部的功率管理电路在芯片的结温超过130℃时自动降低充电电流，这个功能可以使用户最大限度的利用芯片的功率处理能力，不用担心芯片过热而损坏芯片或者外部元器件。这样，用户在设计充电电流时，可以不用考虑最坏情况，而只是根据典型情况进行设计，因为在最坏情况下，HM4075会自动减小充电电流。当VIN管脚上的电压高于UVLO电平且高于TOP管脚上的电压时，充电周期开始。在开始阶段，充电器以恒定电流给超级电容器充电，即恒流模式。当超级电容接近调置电压时，HM4075进入恒压模式，充电电流逐渐减小，只要输入电源存在，HM4075将保持恒压模式。

漏极开路输出 \overline{PG} 管脚用来指示超级电容电压是否已接近其最终调制电压。在TOP管脚电压上升到其最终调制电压的94.1%之前， \overline{PG} 管脚将保持高阻态输出；在TOP管脚电压上升到其最终调制电压的94.1%以上之后， \overline{PG} 管脚输出低电平；如果TOP管脚电压下降到其最终调制电压的90%以下，则再次变为高阻态。芯片内部电容电压自动均衡功能可防止超级电容在充电过程中产生过电压，从而无需外部均衡电阻。当输入电源掉电或者小于TOP管脚电压时，充电器进入休眠模式，HM4075将消耗的超级电容电流降至3uA以下，并增加了待机时间。充电过程曲线如图4所示。

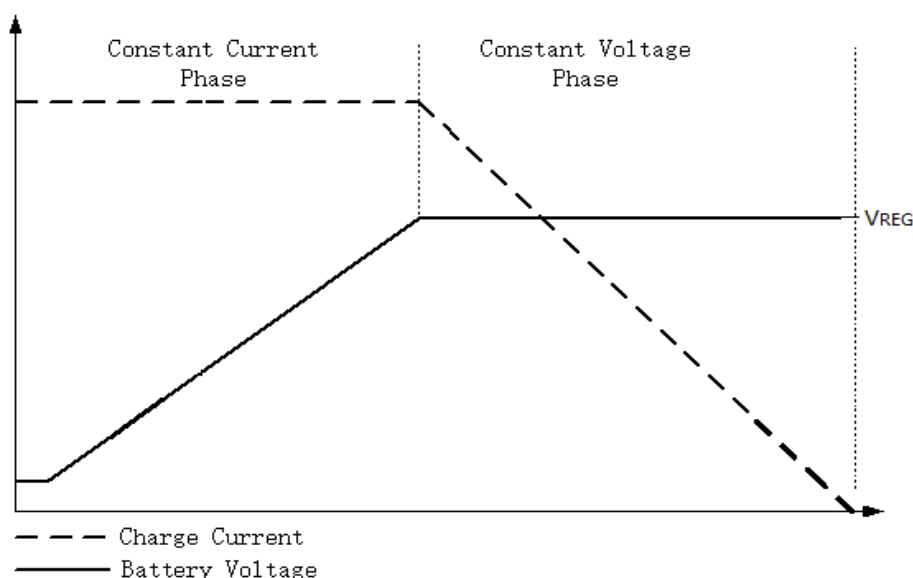


图 4 充电过程示意图

应用信息

电源低电压锁存(UVLO)

HM4075内部有电源电压检测电路，当电源电压低于低电压阈值时（典型值2.4V），芯片处于关断状态，充电也被禁止。电源低电压阈值的回滞为0.12V。

芯片使能输入端

HM4075有一个芯片使能输入端CE，如果此管脚的电压低于0.7V，则芯片被关断，芯片内部电路和功率晶体管都被关断。若要芯片正常工作，则需要在CE管脚施加大于2.2V的电压。

不要在CE管脚施加0.7V到2.2V之间的电压，否则将导致工作电流变大，HM4075处于不确定状态。

当芯片被关断时，内部电路和功率MOSFET关闭，设备仅消耗输入电源的1.7uA电流。

软启动

HM4075内部集成有软启动电路单元，可以减小上电瞬间的浪涌电流。当启动一个充电周期时，充电电流在大约320us的时间内从零上升到恒流充电电流，有助于缓解上电瞬间对输入电源的负载效应。

睡眠模式

HM4075内部有睡眠状态比较器，当输入电压VIN低于TOP管脚电压加10mv时，HM4075处于睡眠模式；只有当输入电压VIN上升到TOP管脚电压加60mv以上时，HM4075才离开睡眠模式，进入正常工作状态。

在睡眠模式，内部电路被关断，TOP管脚和MID管脚消耗的电流小于3微安。

恒压模式下的调制电压

恒压模式下TOP管脚调制电压可由FB管脚的外部电阻设置，如图1和图2所示。

恒压模式下的调制电压将由以下公式决定：

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

其中，

V_{REG} 单位是伏特

$R1$ 和 $R2$ 单位是欧姆。电阻 $R1$ 和 $R2$ 建议使用精度为1%的金属膜电阻。

恒定充电电流

恒流模式下计算超级电容恒定充电电流的公式为：

$$I_{CH} = 1188V / R_{ISET}$$

其中，

I_{CH} 为恒流充电模式下的恒定电流，单位是安培

R_{ISET} 的单位是欧姆

例如：需要1A的恒定充电电流，计算公式为：

$$R_{ISET} = 1188V / 1A = 1.18k \Omega$$

电阻 R_{ISET} 建议使用精度为1%的金属膜电阻。

如果充电器处于恒温或恒压模式，可通过测量ISET管脚电压来监测充电电流，充电电流的计算公式如下：

$$I_{CH} = (V_{ISET} / R_{ISET}) \times 986$$

恒流/恒压/恒温模式充电

HM4075采用独特的结构，以恒流、恒压、恒温方式为超级电容充电，如图3所示。放大器Iamp、Vamp和Tamp为三个独立的反馈回路，分别控制充电器进入恒流、恒压或恒温模式。在恒流模式，超级电容充电电流等于1188V/ R_{ISET} 。如果HM4075的结温上升到130℃，放大器Tamp启动，降低充电电流，将管芯结温调制在约130℃。当超级电容电压升高时，HM4075从恒温模式要么返回恒流模式，要么进入恒压模式。

自动均衡功能

由于制造工艺误差等原因，各超级电容之间的电容值和漏电流会有所不同。如果没有电容自动均衡方案，串联充电时两个超级电容的电压可能不同，导致其中一个电容电压过高，影响超级电容的性能和寿命。充电时，HM4075持续监测两个超级电容之间的电压差。当超级电容两端的电压相等时，两个电容的充电电流相等。如果一个超级电容上的电压高于另一个超级电容上的电压，则与超级电容并联的分流电路启动，具有较高电压超级电容的充电电流减小。分流电流值与输入电源电压、TOP管脚和MID管脚的电压有关。由于分流电流是有限的，在某些情况下，如果两个超级电容的漏电流或电容值相差太大，则不能达到平衡电容的电压的目的。

当两个超级电容之间的电压差大于0.1V时，充电电流将降低到恒定电流的10%，此时更加容易平衡电容电压。必须指出，HM4075自动均衡功能用于处理超级电容的轻微失配，而不是纠正由于缺陷等原因导致的较大的失配。因此，有时由于电容的严重失配，仍然存在电容电压无法平衡的风险，在这种情况下，则需要与超级电容并联一个稳压二极管来防止超级电容过压。

例如，假设恒定充电电流为1A，分流电流为30mA，则在恒定电流模式下，可以校正3%左右的失配；当两个超级电容的电压差超过0.1V时，充电电流将减小到100mA，可以校正约30%的失配。如果失配超过30%，则需要与超级电容稳压二极管，流经稳压二极管的最大电流为恒定电流的10%。

过流保护

HM4075具有内置过电流保护和结温调节功能，在某些极端情况下（包括ISET引脚对GND短路），该功能将最大充电电流限制在1.6A（典型值）。

充单个超级电容

HM4075可以用来为单个超级电容充电，将超级电容连接在TOP管脚与GND之间，另从TOP管脚到GND之间将两个1uF的电容串联连接，两个电容的中间点与MID管脚之间接一个100欧姆电阻。如图2所示，其中电阻R4，电容C2和C3即用于此目的。

漏极开路输出 \overline{PG}

HM4075具有漏极开路状态输出 \overline{PG} ，用于指示超级电容的电压是否已接近其最终调制电压。在充电周期开始时， \overline{PG} 管脚处于高阻态，当FB管脚电压上升到调制电压的94.1%以上时， \overline{PG} 管脚则变为低电平；当FB管脚电压下降到调制电压的90%以下时，则 \overline{PG} 管脚再次变为高阻态。

\overline{PG} 管脚处于逻辑低电平并不意味着充电结束，事实上，充电过程一直持续到超级电容器充满为止。

如果CE管脚为低电平或HM4075处于休眠模式，则 \overline{PG} 管脚处于高阻抗状态。

\overline{PG} 管脚为漏极开路输出，因此需要外部上拉电阻。

如果不需要 \overline{PG} 管脚的状态指示，那么将 \overline{PG} 管脚接地即可。

输入滤波电容

许多类型的电容可用于输入旁路电容（图1和图2中的C1）。通常靠近VIN和GND管脚放置的1uF贴片陶瓷电容即可满足要求。在某些应用中，根据电源特性和电缆长度，可能需要增加电容的值。

如果贴片陶瓷电容用作输入电源的滤波电容，输入电源线缆的寄生电感与输入滤波电容构成一个二阶系统，在上电瞬间，会产生LC振荡，在HM4075的VIN管脚产生瞬态过冲电压。如果此瞬态过冲电压的幅度和能量足够大，可能会损坏HM4075。

为了避免上电瞬间的过冲电压损坏HM4075，可以采用下面三个办法：

- 输入滤波电容使用ESR比较大的电解电容
- 从HM4075的VIN管脚到地（GND）之间加一个TVS二极管
- 采用图5所示的电路，增加二极管D2可以抑制瞬态过冲电压。

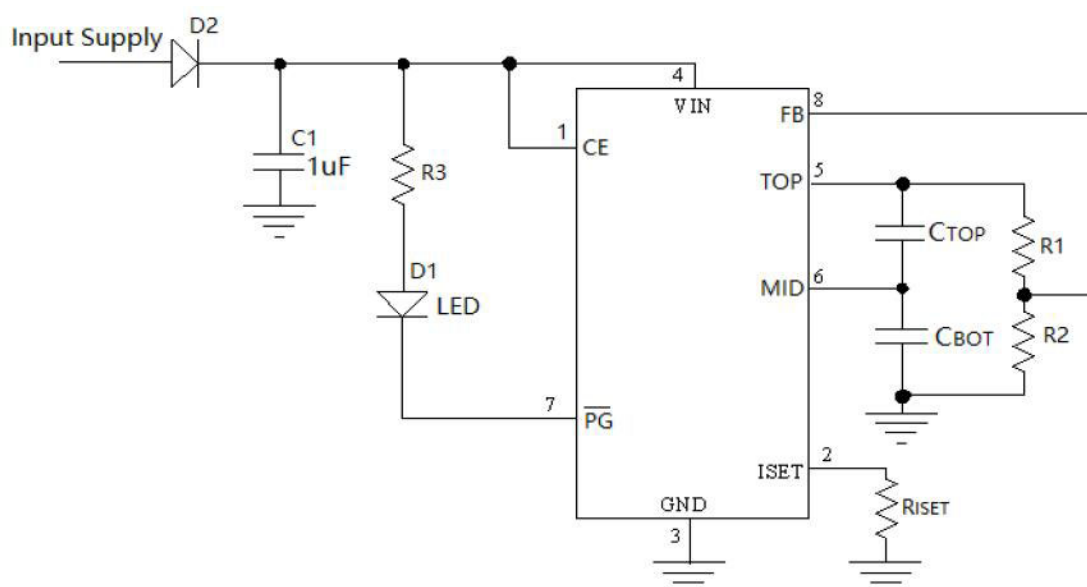


图5 添加二极管D2以抑制电压尖峰

稳定性

如果超级电容连接在TOP管脚与GND之间，那么不需要使用额外的电容来稳定反馈回路。在超级电容没有连接在充电器器的情况下，需要在TOP管脚与GND之间增加一个电容，通常一个1uF到22uF贴片陶瓷电容

可以使反馈回路稳定；如果使用电解电容，电容值可以在1uF到100uF之间。

恒流调制回路的稳定性受到ISET管脚阻抗的影响。在ISET管脚没有连接其它电容的情况下，ISET管脚的电流设置电阻可高达50KΩ。ISET管脚上的附加电容会降低所允许的电流设置电阻值，在这种情况下ISET管脚的电阻和电容构成的极点应该在200KHz以上，即如果ISET管脚有电容C，则应使用以下方程式计算R_{ISET}的最大电阻值：

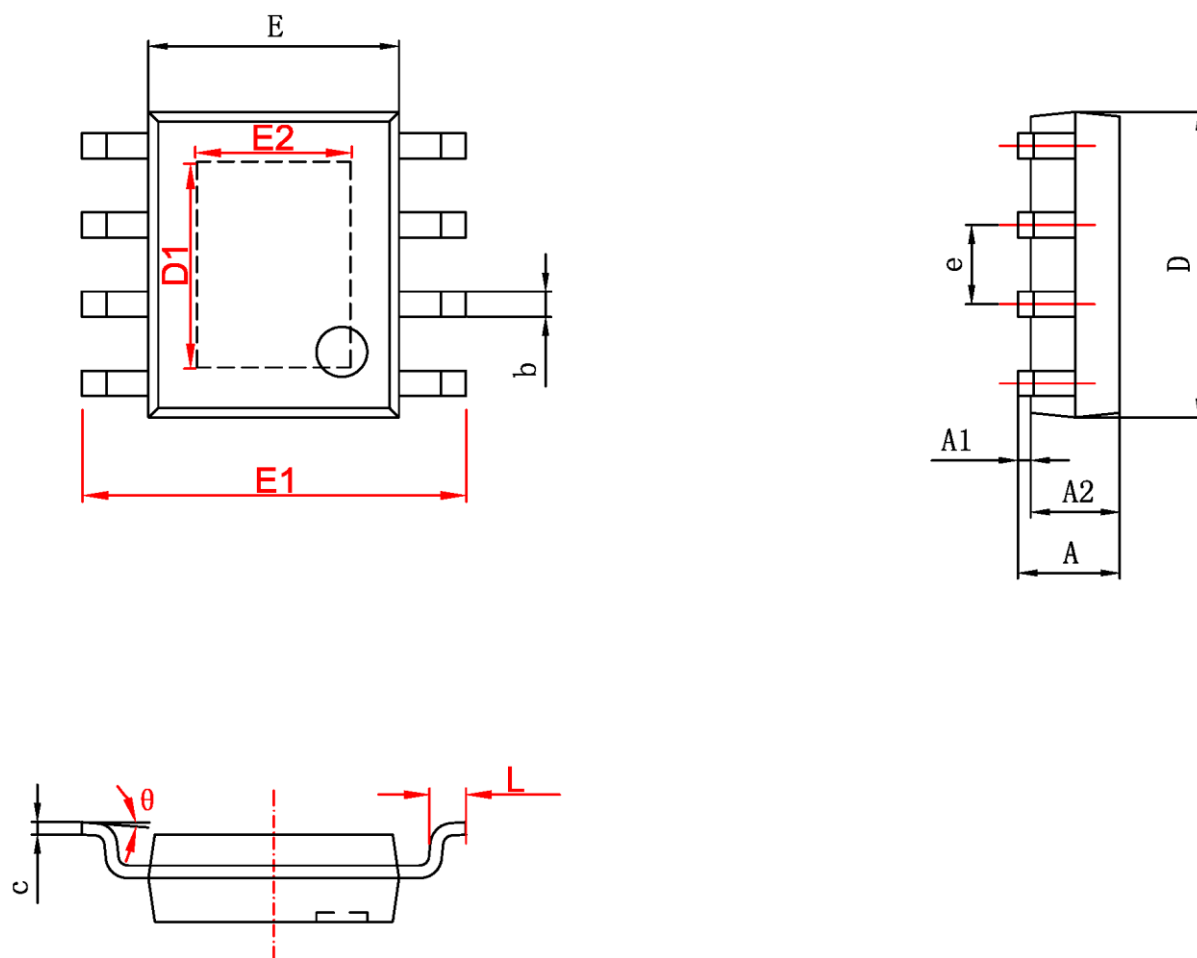
$$R_{ISET} < 1 / (6.28 \times 2 \times 10^5 \times C)$$

因此，在实际应用中，要尽量避免在ISET管脚连接电容。

PCB板设计考虑

1. ISET 管脚上的 R_{ISET} 应尽可能接近 HM4075，并且 ISET 管脚上的寄生电容应尽可能小。
2. VIN 管脚、TOP 管脚和 MID 管脚的电容应尽可能接近HM4075。
3. 一个散热性能良好的 PCB 对输出最大充电电流很关键。集成电路产生的热通过封装的金属引线框管脚散到外面，PCB 上的铜层起着散热片的作用，所以每个管脚（尤其是 GND 管脚）的铜层的面积应尽可能大，多放些通孔也能提高热处理能力。在系统内除了充电器以外的热源也会影响充电器输出的电流，在做系统布局时也要给以充分考虑。
4. 为了能够输出最大的充电电流，要求将 HM4075 背面裸露的金属板焊接到 PCB 接地端的铜线上，以达到最大的散热性能。否则，芯片的热阻将增大，导致充电电流减小。

封装信息



字符	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.050	0.150	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
D1	3.202	3.402	0.126	0.134
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
E2	2.313	2.513	0.091	0.099
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°