

描述

TP4056 是一款完整的单节锂离子电池采用恒定电流/恒定电压线性充电器。其底部带有散热片的 ESOP8 封装与较少的外部元件数目使得 TP4056 成为便携式应用的理想选择。

TP4056 可以适合 USB 电源和适配器电源工作。由于采用了内部 PMOSFET 架构, 加上防倒充电路, 所以不需要外部隔离二极管。热反馈可对充电电流进行自动调节, 以便在大功率操作或高环境温度条件下对芯片温度加以限制。充满电压 4.2V 而充电电流可通过一个电阻器进行外部设置。当充电电流在达到最终浮充电压之后降至设定值 1/10 时, TP4056 将自动终止充电循环。当输入电压(交流适配器或 USB 电源)被拿掉时, TP4056 自动进入一个低电流状态, 将电池漏电流降至 3uA 以下。TP4056 在有电源时也可置于停机模式, 从而将供电电流降至 100uA。TP4056 的其他特点包括电池温度检测、欠压闭锁、自动再充电和两个用于指示充电、结束的 LED 状态引脚。

绝对最大额定值

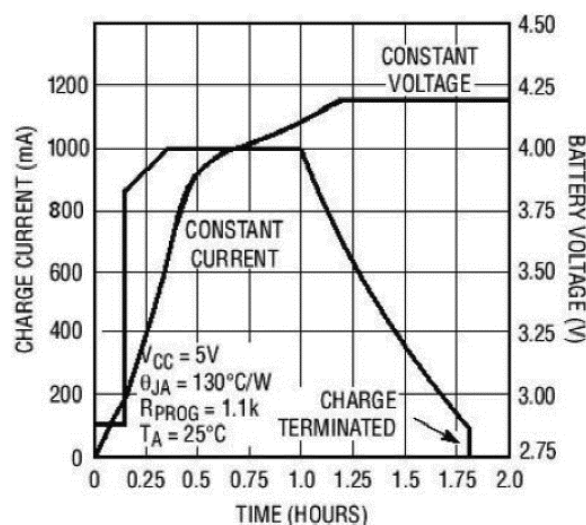
- 输入电源电压 (Vcc): -0.3V~8V
 - PROG: -0.3V~VCC+0.3V
 - BAT: -0.3V~5.5V
 - CHRG: -0.3V~6.5V
 - STDBY: -0.3V~6.5V
 - TEMP: -0.3V~6.5V
 - CE: -0.3V~8V
 - BAT短路持续时间: 连续(Vin<6V)
 - BAT引脚电流: 1000mA
 - PROG引脚电流: 1200uA
 - 最大结温: 145°C
 - 工作环境温度范围: -40°C~85°C
 - 贮存温度范围: -65°C~125°C
 - 引脚温度(焊接时间 10 秒): 260°C
- 完整的充电循环(1000mAh 电池)

特点

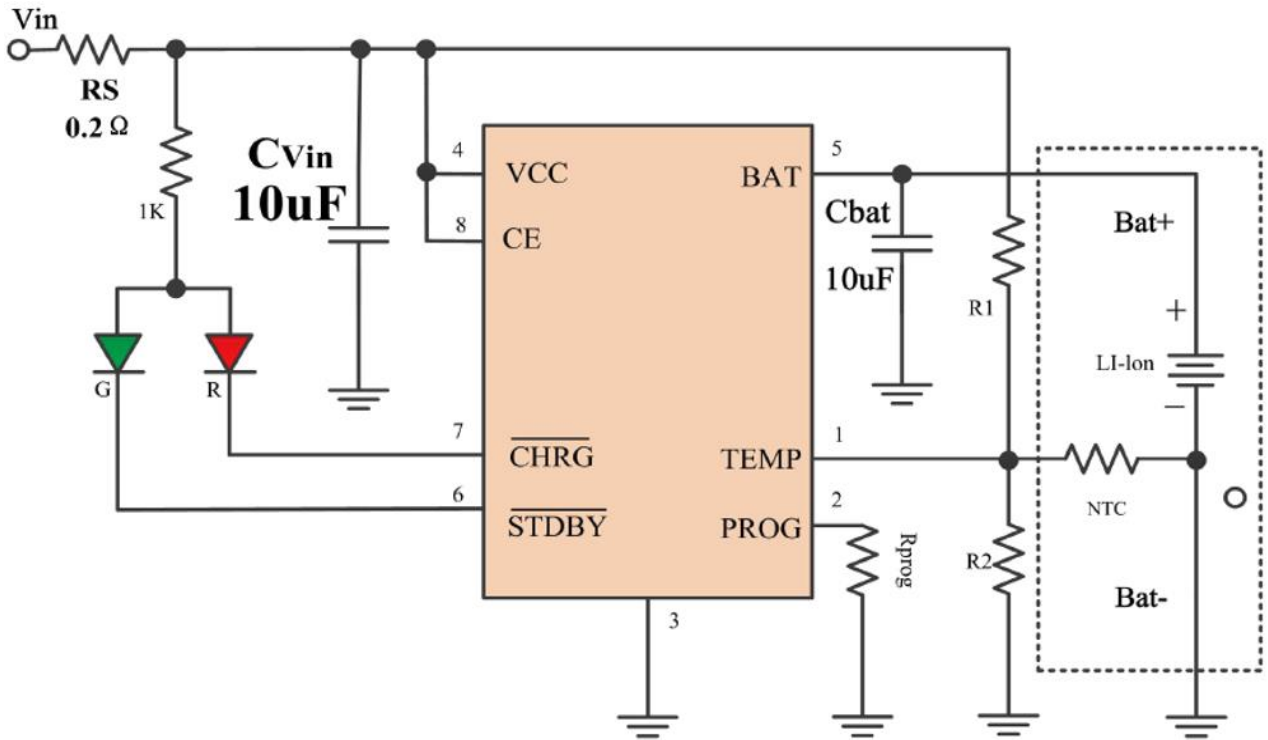
- 6.5V 电源输入(Vcc 加串 0.4R 电阻可提高至8V)
- 高达 1000mA 的可编程充电电流
- 用于单节锂离子电池
- 恒定电流/恒定电压操作, 有温度自适应可实现充电速率最大化
- 精度达到±1%的预设充电电压
- 电池 4.12V 自动再充电
- 充电状态双输出、无电池和故障状态显示
- C/10 充电终止
- 涓流电流 20%
- 无电源时电池漏电小于 3uA
- 2.9V涓流充电
- 软启动限制了浪涌电流
- 电池温度监测功能
- 采用 8引脚 ESOP 封装

应用

- 移动电话、PDA
- MP3、MP4播放器
- 数码相机、电子词典
- 各种移动式设备、各种充电器

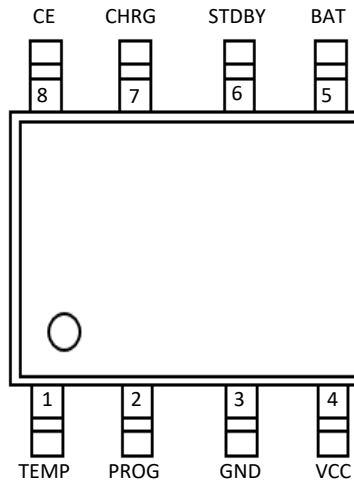


典型应用



注:如不使用 TEMP 功能, 引脚需接地

引脚及印章信息



ESOP-8封装
(底部带有散热片需接地)

电特性

凡表注·表示该指标适合整个工作温度范围, 否则仅指 $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=5\text{V}$, 除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}	输入电源电压	-	• 4.35	5	6.5	V
I_{CC}	输入电源电流	充电模式 $R_{PROG}=0.91\text{K}$, 待机模式(充电终止),	• -	100	200	μA
		待机模式(R_{PROG} 未连接, $V_{CC}<V_{BAT}$, 或 $V_{CC}<V_{UV}$)	• -	100	200	μA
		• -	110	200	μA	
V_{FLOAL}	稳定输出(浮充)电压	$0^{\circ}\text{C}\leq T_A\leq 85^{\circ}\text{C}$	4.158	4.20	4.25	V
I_{BAT}	BAT 引脚电流: (电流模式测试条件是 $V_{BAT}=4.0\text{V}$)	$R_{PROG}=2.4\text{K}$, 电流模式	• 340	400	480.0	mA
		$R_{PROG}=0.91\text{K}$, 电流模式	• 0.87	1	1.15	A
		待机模式, $V_{BAT}=-4.2\text{V}$	• -	-	3.0	μA
		停机模式 (R_{PROG} 未连接)	• -	-	3.0	μA
		睡眠模式, $V_{CC}=0\text{V}$	• -	-	3.0	μA
I_{TRIKL}	涓流充电电流	$V_{BAT}<V_{TRIKL}$, $R_{PROG}=0.91\text{K}$	• 150	200	150	mA
V_{TRIKL}	涓流充电门限电压	$R_{PROG}=0.91\text{K}$, V_{BAT} 上升	2.8	2.9	3	V
V_{TRHYS}	涓流充电迟滞电压	$R_{PROG}=0.91\text{K}$	60	80.0	100	mV
V_{UV}	V_{CC} 欠压闭锁门限	从 V_{CC} 低至高	• 3.45	3.7	3.8	V
V_{UVHYS}	V_{CC} 欠压闭锁迟滞		• 150	200.0	300	mV
V_{ASD}	$V_{CC}-V_{BAT}$ 闭锁门限电压	V_{CC} 从低到高	80	105.0	140	mV
		V_{CC} 从高到低	25	40.0	65	mV
I_{TERM}	C/10 终止电流门限	$R_{PROG}=2.4\text{K}$	• 30	40	50	mA
		$R_{PROG}=0.91\text{K}$	• 80	100	120	mA
V_{PROG}	PROG 引脚电压	$R_{PROG}=0.91\text{K}$, 电流模式	• 0.9	1	1.1	V
V_{CHRG}	CHRG 引脚输出低电压	$I_{CHRG}=5\text{mA}$	-	0.3	0.6	V
V_{STDBY}	STDBY 引脚输出低电平	$I_{STDBY}=5\text{mA}$	-	0.3	0.6	V
V_{TEMP-H}	TEMP 引脚高端翻转电压	-	-	80	82	%VCC
V_{TEMP-L}	TEMP 引脚高端翻转电压	-	43	45	-	%VCC
ΔV_{RECHRG}	再充电电池门限电压	$V_{FLOAL}\sim V_{RECHRG}$	50	80	120	mV
T_{LIM}	限定温度模式中的结温	-	-	145	-	$^{\circ}\text{C}$
R_{ON}	功率 FET “导通” 电阻 (在 V_{CC} 与 BAT 之间)	-	-	300	-	m Ω
t_{SS}	软启动时间	$I_{BAT}=0$ 至 $I_{BAT}=1100\text{V}/R_{PROG}$	-	20	-	μs
$t_{RECHARGE}$	再充电比较器滤波时间	V_{BAT} 高至低	0.8	1.8	4	ms
t_{TERM}	终止比较器滤波时间	I_{BAT} 降至 $I_{CHG}/10$ 以下	0.8	1.8	4	ms
I_{PROG}	PROG 引脚上拉电流	-	-	2	-	μA
V_{CE-H}	高电平(正常工作)	-	1.5	-	-	V
V_{CE-L}	低电平(停机)	-	-	-	0.5	V

引脚功能

TEMP (引脚 1): 电池温度检测输入端。

将 TEMP 管脚接到电池的 NTC 传感器的输出端。如果 TEMP 管脚的电压小于输入电压的 45% 或者大于输入电压的 80%，意味着电池温度过低或过高，则充电被暂停。如果 TEMP 直接接 GND，电池温度检测功能取消，其他充电功能正常。

PROG(引脚 2): 恒流充电电流设置和充电电流监测端。

从 PROG 管脚连接一个外部电阻到地端可以对充电电流进行编程。在预充电阶段，此管脚的电压被调制在 0.1V；在恒流充电阶段，此管脚的电压被固定在 1V。在充电状态的所有模式，测量该管脚的电压都可以根据下面的公式来估算充电电流：

$$I_{BAT} = \frac{1000}{R_{PROG}} \pm 15\%$$

以下数据为实测值：

R _{PROG} (KΩ)	I _{CHG} (mA)
0.91	1000
1	900
1.2	800
1.35	700
1.6	600
1.91	500
2.4	400
4.7	200
10	100

GND(引脚 3): 电源地

VCC(引脚 4): 输入电压正输入端。

该引脚向充电器供电。并应通过至少一个 10uF 电容器进行旁路。当 V_{CC} 降至 BAT 引脚电压的 100mV 以内，TP4056 进入停机模式，从而使 I_{BAT} 降至 3uA 以下。

BAT (引脚 5): 电池连接端。

该引脚向电池提供充电电流并将最终浮充电压调节至 4.2V。该引脚的一个精准内部电阻分压器设定浮充电压，并应通过至少一个 10F 电容器进行旁路。

STDBY (引脚 6): 电池充电完成指示端。

当电池充电完成时 STDBY 被内部开关拉到低电平，表示充电完成。除此之外，STDBY 管脚将处于高阻态

CHRG(引脚 7) 漏极开路输出的充电状态指示端。

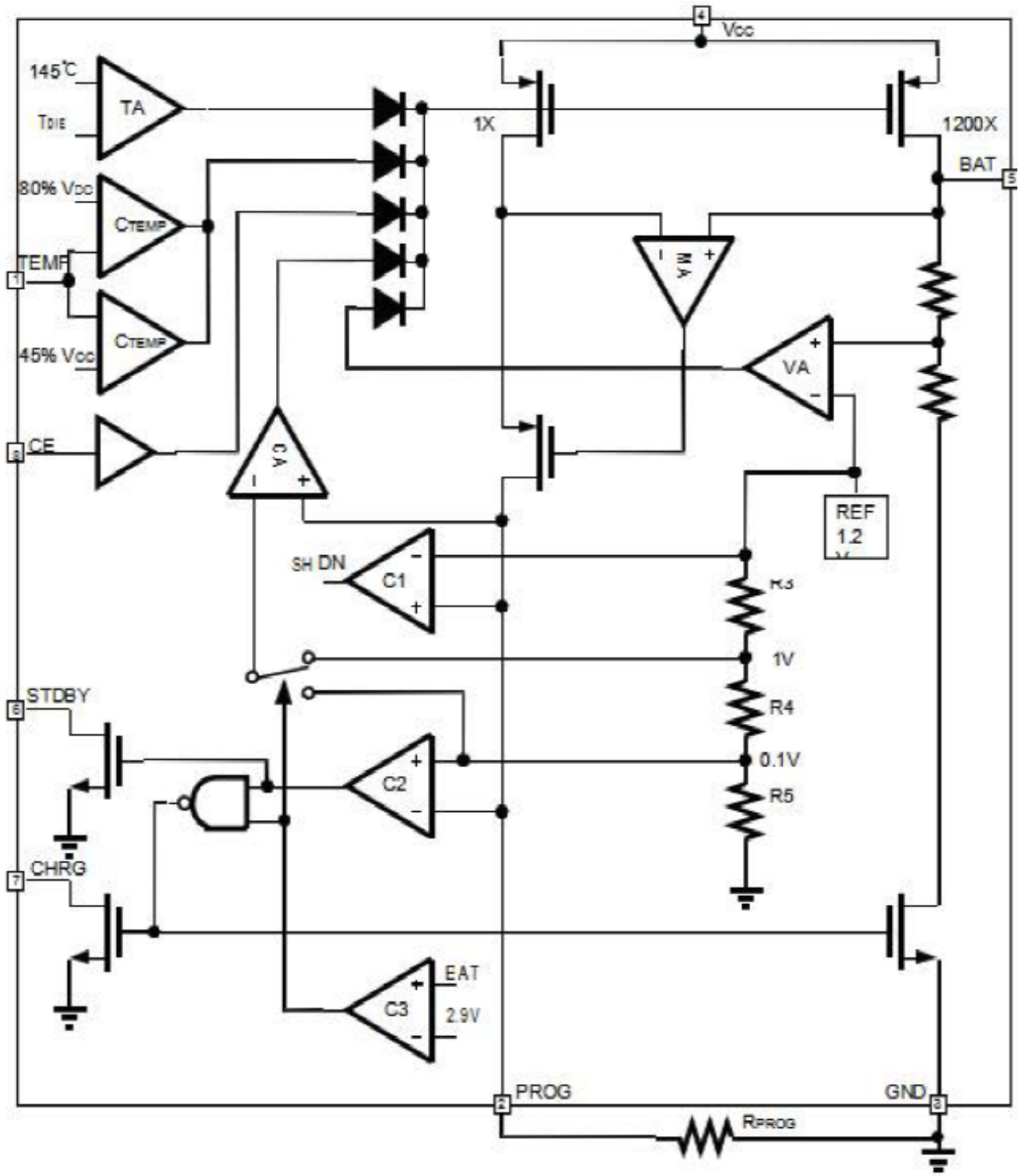
当充电器向电池充电时，CHRG 管脚被内部开关拉到低电平，表示充电正在进行；否则 CHRG 管脚处于高阻态。

CE(引脚 8) 芯片始能输入端。

高输入电平将使 TP4056 处于正常工作状态；低输入电平使 TP4056 处于被禁止充电状态。CE 管脚可以被 TTL 电平或者 CMOS 电平驱动。



方框图



工作原理

TP4056 是专门为一节锂离子或锂聚合物电池而设计的线性充电器电路，利用芯片内部的功率晶体管对电池进行恒流和恒压充电。充电电流可以用外部电阻编程设定，最大持续充电电流可达1A。TP4056 包含两个漏极开路输出的状态指示输出端，充电状态指示端 CHRG和电池故障状态指示输出端 STDBY。芯片内部的功率管理电路在芯片的结温超过145°C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就可以了，因为在最坏情况下，TP4056 会自动减小充电电流。

当输入电压大于电源低电压检测阈值和芯片使能输入端接高电平时，TP4056 开始对电池充电，CHRG 管脚输出低电平，表示充电正在进行。如果电池电压低于 2.9V，TP4056 采用涓流对电池进行预充电。当电池电压超过2.9V 时，充电器采恒流模式对电池充电，充电电流由 PROG管脚和GND 之间的电阻 RPROG确定。当电池电压接近 4.2V 电压时，充电电流逐渐减小，TP4056 进入恒压充电模式。当充电电流减小到充电结束阈值时，充电周期结束，CHRG 端输出高阻态，STDBY 端输出低电位。

充电结束阈值是恒流充电电流的 10%。当电池电压降到再充电阈值以下时，自动开始新的充电周期。芯片内部的高精度的电压基准源，误差放大器和电阻分压网络确保电池端调制电压的精度在 1%以内，满足了锂离子电池和锂聚合物电池的要求。当输入电压掉电或者输入电压低于电池电压时，充电器进入低功耗的睡眠模式，电池端消耗的电流小于 3uA，从而增加了待机时间。如果将使能输入端 CE低电平，充电器停止充电。

充电电流的设定

充电电流是采用一个连接在 PROG 引脚与地之间的电阻器来设定的，电流采用精度 1%，根据需要的充电电流来确定电阻器阻值，客户应用中，可根据需求选取合适大小的 RPROG。

充电终止

当充电电流在达到最终浮充电压之后降至设定值的 1/10 时，充电循环被终止。该条件是通过采用一个内部滤波比较器对 PROG 引脚进行监控来检测的。当 PROG 引脚电压降至 100mV 以下的时间超过 TERM(一般为 1.8mS) 时，充电被终止。充电电流被锁断，

TP4056 进入待机模式，此时输入电源电流降至 100uA。(注:C/10 终止在涓流充电和热限制模式中失效)。

充电时,BAT 引脚上的瞬变负载会使 PROG引脚电压在 DC 充电电流降至设定值的 1/10 之间短暂地降至 100mV 以下。终止比较器上的1.8mS 滤波时间(t_{TERM})确保这种性质的瞬变负载不会导致充电循环过早终止。一旦平均充电电流降至设定值的 1/10 以下，

TP4056 即终止充电循环并停止通过 BAT 引脚提供任何电流。在这种状态下，BAT 引脚上的所有负载都必须由电池来供电。

在待机模式中，TP4056 对 BAT 引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到 4.12V的再充电电门限 (V_{RECHRG}) 以下，则另一个充电循环开始并再次向电池供应电流。

充电状态指示器

TP4056 有两个漏极开路状态指示输出端CHRG 和STDBY 。当充电器处于充电状态时CHRG 被拉到低电平，在其它状态，CHRG 处于高阻态。

当电池的温度处于正常温度范围之外，CHRG 和STDBY 管脚都输出高阻态当TEMP 端典型接法使用时，当电池没有接到充电器时，表示故障状态: 红灯和绿灯都不亮。

在TEMP端接GND时，电池温度检测不起作用，当电池没有接到充电器时，CHRG 输出脉冲信号表示没有安装电池。当电池连接端 BAT管脚的外接电容为10uF时 CHRG 闪烁频率约0.5-2秒，当不用状态指示功能时，将不用的状态指示输出端接到地。

下图为指示灯工作状态

充电状态/条件	红灯 CHRG	绿灯 STDBY
正在充电状态	亮	灭
电池充满状态	灭	亮
VIN欠压, 电池温度过高, 过低等故障状态, 或无电池接入(TEMP使用)	灭	灭
BAT端接10uF电容, 无电池(TEMP=GND)	绿灯亮, 红灯闪烁 T=0.5-2S	

热限制

如果芯片温度升至约 145°C的预设值以上, 则一个内部热反馈环路将减小设定的充电电流, 直到 155°C以上减小电流至 0。该功能可防止 TP4056 过热, 并允许用户提高给定电路板功率处理能力的上限而没有损坏 TP4056 的风险。在保证充电器将在最坏情况条件下自动减小电流的前提下, 可根据典型 (而不是最坏情况) 环境温度来设定充电电流。

电池温度监测

为了防止温度过高或者过低对电池造成的损害, TP4056 内部集成有电池温度监测电路。电池温度监测是通过测量 TEMP 管脚的电压实现的, TEMP 管脚的电压是由电池内的 NTC 热敏电阻和一个电阻分压网络实现的, 如典型应用图例所示。

TP4056 将 TEMP 管脚的电压同芯片内部的两个阈值 V_{LOW} 和 V_{HIGH} 相比较, 以确认电池的温度是否超出正常范围。在 TP4056 内部, V_{LOW} 被固定在 $45\% \times V_{CC}$, V_{HIGH} 被固定在 $80\% \times V_{CC}$ 。如果 TEMP 管脚的电压 $V_{TEMP} < V_{LOW}$ 或者 $V_{TEMP} > V_{HIGH}$, 则表示电池的温度太高或者太低, 充电过程将被暂停;如果 TEMP 管脚的电压 V_{TEMP} 在 V_{LOW} 和 V_{HIGH} 之间, 充电周期则继续。

如果将 TEMP 管脚接到地线, 电池温度监测功能将被禁止。

欠压闭锁

一个内部欠压闭锁电路对输入电压进行监控, 并在 Vcc升至欠压闭锁门限以上之前使充电器保持在停机模式。UVLO 电路将使

充电器保持在停机模式。如果 UVLO 比较器发生跳变, 则在 Vcc升至比电池电压高 100mV 之前充电器将不会退出停机模式。

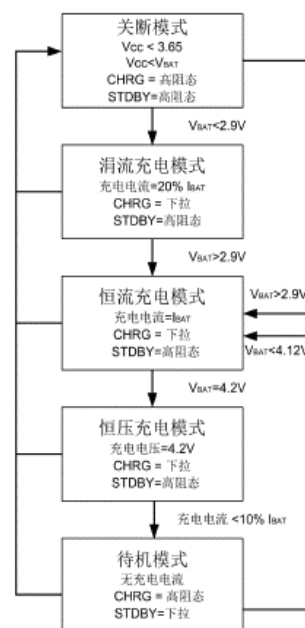
手动停机

在充电循环中的任何时刻都能通过置 CE 端为低电位或去掉 R_{PROG} (从而使 PROG 引脚浮置) 来把 TP4056 置于停机模式。这使得电池漏电流降至 1uA 以下, 且电源电流降至 100uA以下。重新将 CE 端置为高电位或连接设定电阻器可启动一个新的充电循环。

如果 TP4056 处于欠压闭锁模式, 则 CHRG 和 STDBY 引脚呈高阻抗状态: 要么 VCC高出 BAT 引脚电压的幅度不足 100mV, 要么施加在 Vcc引脚上的电压不足。

自动再启动

一旦充电循环被终止, TP4056 立即采用一个具有 1.8ms 滤波时间 ($t_{RECHARGE}$) 的比较器来对 BAT 引脚上的电压进行连续监控。当电池电压降至 4.05V 以下时, 充电循环重新开始这确保了电池被维持在 (或接近) 一个满充电状态, 并免除了进行周期性充电循环启动的需要。在再充电循环过程中, CHRG 引脚输出进入一个强下拉状态。



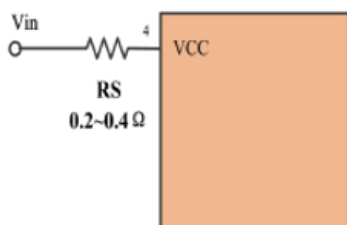
一个典型充电循环的状态图

热考虑

由于 ESOP8 封装的外形尺寸很小，因此，需要采用一个热设计精良的 PC 板布局以最大程度地增加可使用的充电电流，这一点非常重要。用于耗散 IC 所产生的热量的散热通路从芯片至引线框架，并通过底部的散热片到达 PC 板铜面。PC 板铜面为散热器。散热片相连的铜箔面积应尽可能地宽阔，并向外延伸至较大的铜面积，以便将热量散播到周围环境中。至内部或背部铜电路层的通孔在改善充电器的总体热性能方面也是颇有用途的。当进行 PC 板布局设计时，电路板上与充电器无关的其他热源也是必须予以考虑的，因为它们将对总体温升和最大充电电流有所影响。

增加热调节电流

降低内部 MOSFET 两端的压降能够显著减少 IC 中的功耗。在热调节期间，这具有增加输送至电池的电流的作用。对策之一是通过一个外部元件(例如 RS 0.4R 电阻器)将一部分功率耗散掉如下图:



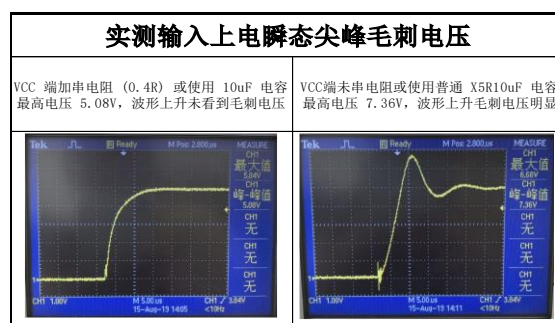
一种尽量增大热调节模式充电电流的电路

充电电流软启动

TP4056 包括一个用于在充电循环开始时最大限度地减小涌入电流的软启动电路。当一个充电循环被启动时，充电电流将在 20uS 左右的间里从 0 上升至满幅全标度值。在启动过程中，这能够起到最大限度地减小电源上的瞬变电流负载的作用。

VCC 旁路电容器选择

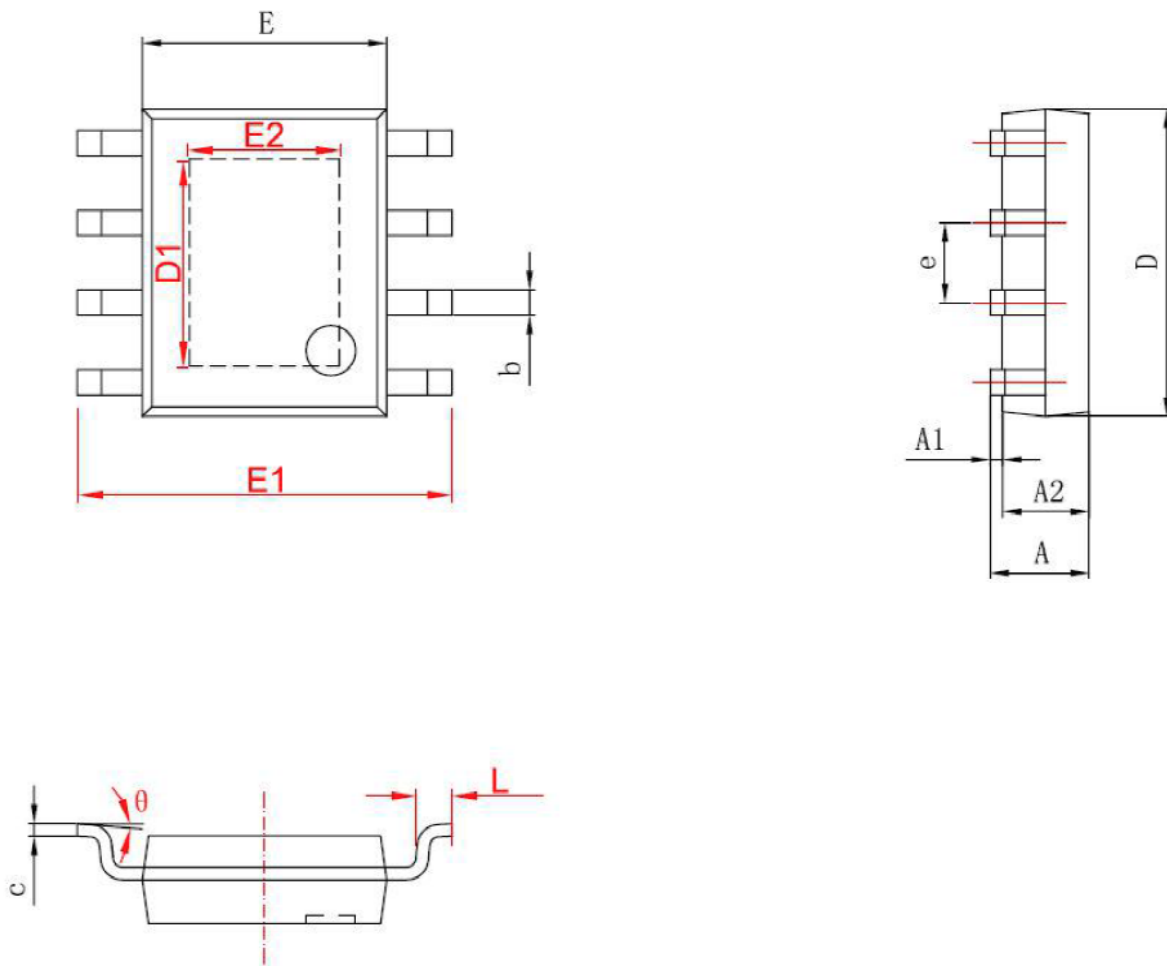
输入旁路可以使用多种类型的电容器。然而，在采用多层陶瓷电容器时必须谨慎。由于有些类型的陶瓷电容器具有自谐振和高 Q 值的特点，因此，在某些启动条件下(比如将充电器输入与一个工作中的电源相连)有可能产生较高的电压瞬态信号损坏充电芯片，建议 VCC 端采用高品质陶瓷电容(X7R 材质)或钽电容。



5V 上电波形图

封装描述

ESOP-8封装 (单位mm)



字符	Dimensions in Millimeters(mm)		Dimensions in Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	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	0.149	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.243
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°