



● 描述

HTP4056 是一款高集成度、高性价比的单节锂离子电池充电器。它采用恒定电流/恒定电压线性控制，只需较少的外部元件数目，使其成为便携式应用的理想选择。同时也可适合 USB 电源和适配器电源工作。

HTP4056 采用了内部 PMOSFET 架构，加上防倒充电路，所以不需要外部检测电阻和隔离二极管。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。充满电压固定于 4.2V。充电电流通过 PROG 脚外置电阻调节，最高可达 1.2A。

当输入电压被拿掉时，HTP4056 自动进入一个低电流状态，电池漏电流在 $2\mu\text{A}$ 以下。HTP4056 的其它特点包括充电电流监控器、欠压闭锁、自动再充电和两个用于指示充电结束和输入电压接入的状态引脚。

HTP4056 采用绿色环保的 ESOP8 封装以及最少 6 个外围器件可有效减小电路 PCB 布板空间，并可以工作于 -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$ 。

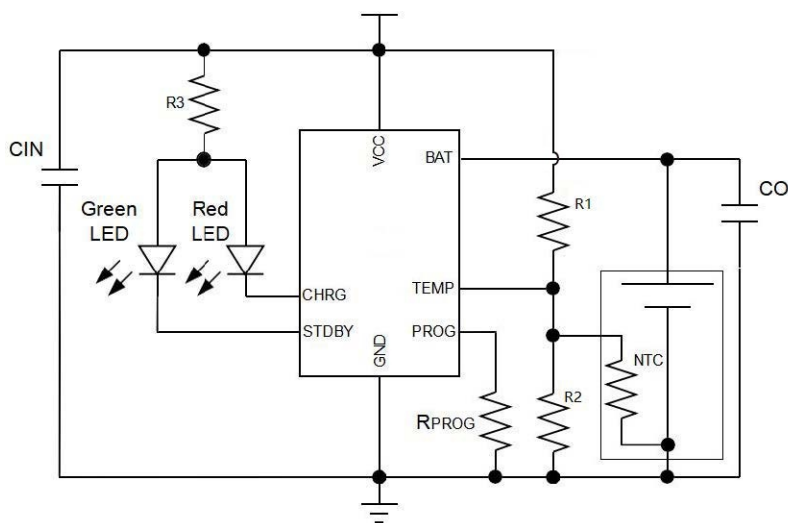
● 特点

- ◆ 精度达到 1% 的 4.2V 预设充电终止电压
- ◆ 具有 BAT-VDD 防倒灌功能
- ◆ 充电时具有电池防反接功能
- ◆ 待机电流 $<2\mu\text{A}$
- ◆ 停机模式下功耗 $55\mu\text{A}$
- ◆ 支持 0V 电池充电
- ◆ 最大 1.2A 线性充电电流
- ◆ 涓流/恒流/恒压三段式充电
- ◆ 充电电流外部可调
- ◆ 充电电流智能热调节
- ◆ 软启动限制浪涌电流
- ◆ 自动再充电
- ◆ 充电状态指示
- ◆ ESOP8 绿色封装

● 应用

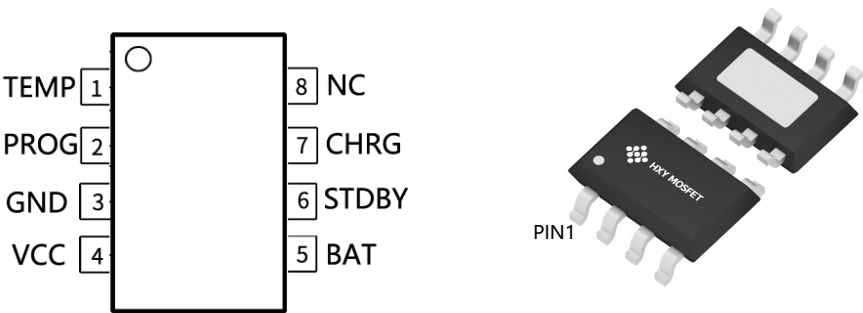
- ◆ 移动电话，PDAs，MP3 播放器
- ◆ USB 数据卡
- ◆ TWS 耳机充电仓
- ◆ 电池充电电路
- ◆ 其它手持设备

● 典型应用





● 封装与引脚描述



ESOP-8

引脚	名称	引脚功能描述
1	TEMP	充电电池温度检测端
2	PROG	充电电流调整端，外置电阻到 GND，调节充电电流大小
3	GND	芯片地
4	VCC	电源输入端
5	BAT	电池输入端
6	STDBY	开漏输出的充电完成指示端
7	CHRG	开漏输出的充电状态指示端
8	NC	未连接
Exposed Thermal PAD	GND	地



● 绝对最大值

描述		范围	单位
VCC 引脚电压		-0.3 ~ 8.5	V
BAT 引脚电压		-0.3~10.0	V
CHRG 与 STDBY 引脚电压		-0.3 ~ 6.0	V
PROG 引脚电压		-0.3 ~ 5.5	V
其它引脚		-0.3 ~ 5.5	V
存储温度范围		-65 ~ +150	°C
结温		150	°C
焊接温度(10s)		260	°C
ESD	HBM	4000	V
	CDM	1000	V
封装热阻 (θ_{JA})	ESOP8	50	°C/W
功耗, $P_D@T_A=25^{\circ}C$	ESOP8	2.1	W

注：超出上述绝对最大额定值不一定使器件产生永久性损伤，但长期在（或超出）绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

● 热特性

描述	范围	单位
工作结温(T_J)	-40 ~ 125	°C
工作环境温度(T_A)	-40 ~ 85	°C
电源电压(VCC)	+4.0 ~ + 6	V
充电连续输出电流 (ESOP8)	1.0	A

ESD 警告

因为集成电路可能会在不注意时被 ESD 损伤，所以建议妥善且安全地操作和保存。同时 ESD 损伤有时会造成集成电路完全毁坏，但有时仅会造成某些参数的变化，这将导致其与说明书标称的规格存在差异，并且越精密的集成电路越容易受此影响。



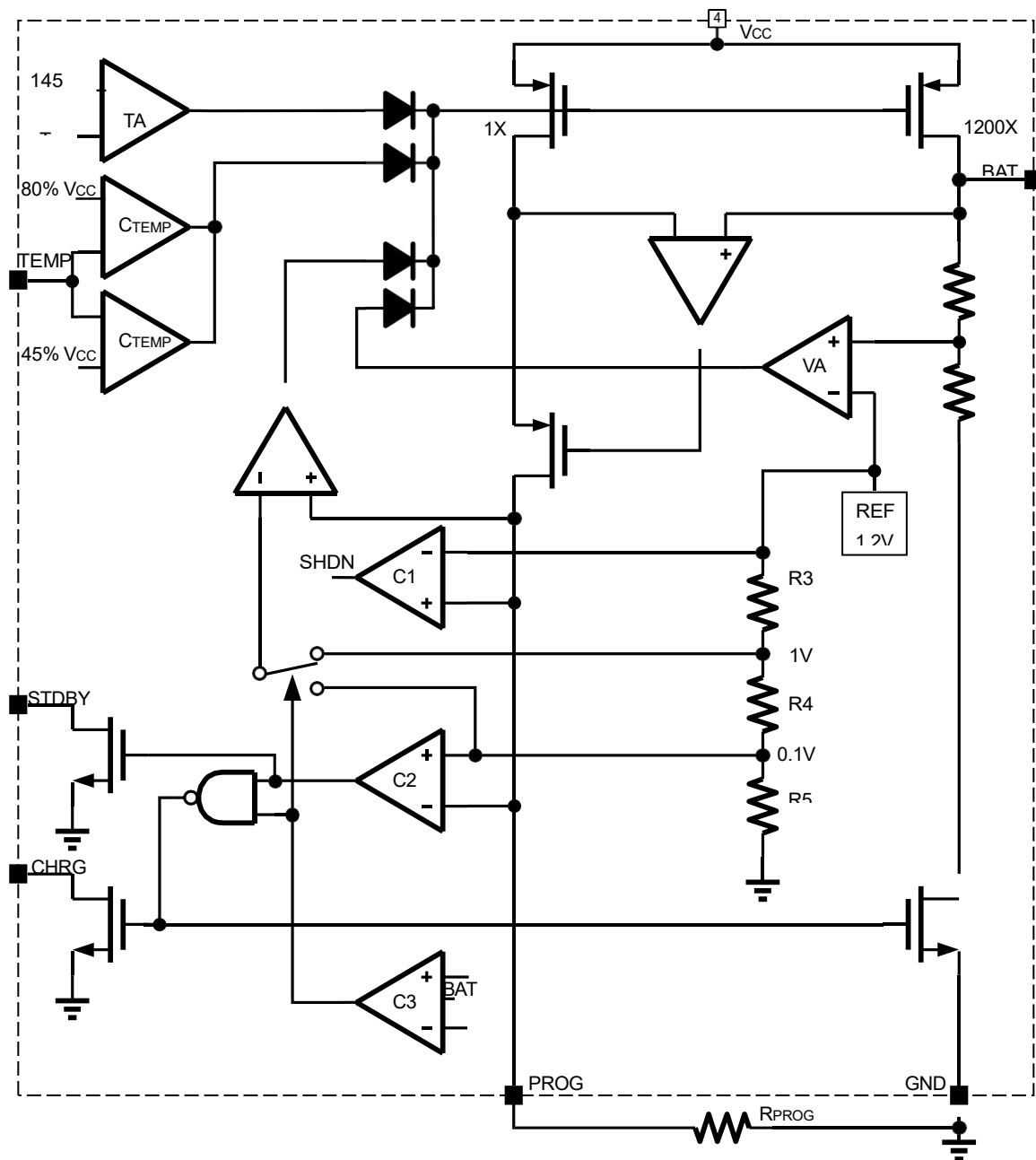
● 电气特性

除非特殊说明，否则条件均为 $V_{CC}=5V$ ， $V_{BAT} = 3.6V$ ， $T_J = 25^{\circ}C$ 。

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源电压	V_{CC}		4.5	5	8	V
静态电流	IQ	充电模式，RPROG=1.4k Ω		150	500	μA
		待机模式(充电终止)		55	100	μA
		停机模式 (RPROG 未连接, $V_{CC} < V_{BAT}$, or $V_{CC} < V_{UV}$)		55	100	μA
稳定输出（浮充）电压	V_{FLOAT}	$0^{\circ}C \leq T_A \leq 85^{\circ}C$ ，RPROG=1.4k Ω	4.158	4.200	4.242	V
BAT 引脚电流	IBAT	RPROG = 1.4k Ω ，电流模式	880	1000	1120	mA
		待机模式， $V_{BAT} = 4.2V$	0	-2.5	-6	μA
		停机模式 (RPROG 未连接)		± 1	± 2	μA
		睡眠模式， $V_{CC} = 0V$		-1	-2	μA
涓流充电电流	ITRIKL	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$ ，RPROG = 1.4k Ω	110	120	130	mA
涓流充电门限电压	V_{TRIKL}	RPROG = 1.4k Ω ， V_{BAT} 上升	2.8	2.9	3.0	V
涓流充电迟滞电压	V_{TRHYS}	RPROG = 1.4k Ω	120	160	200	mV
VCC 欠压闭锁门限电压	V_{UV}	VCC 从低到高	3.5	3.7	3.9	V
VCC 欠压闭锁迟滞电压	V_{UVHYS}		100	200	300	mV
VCC-VBAT 闭锁门限电压	VASD	VCC 从低到高	100	125	150	mV
		VCC 从高到低	30	65	100	mV
C/10 终止电流门限	ITERM	RPROG = 1.4k Ω	110	120	130	mA
PROG 引脚电压	V_{PROG}	RPROG = 1.4k Ω ，电流模式	0.9	1.0	1.1	V
CHRG 引脚输出低电压	V_{CHRG}	ICHRG = 5mA		0.3	0.6	V
STDBY 引脚输出低电压	V_{CHRG}	ISTDBY = 5mA		0.3	0.6	V
再充电电池门限电压	ΔV_{RECHRG}	$V_{FLOAT} - V_{RECHRG}$	100	150	200	mV
限定温度模式中的结温	TLIM			145		$^{\circ}C$
功率 FET 导通电阻	RON			300		m Ω
软启动时间	tSS	IBAT = 0 to IBAT = 1000V/RPROG		20		μs
再充电比较器滤波时间	tRECHARGE	V_{BAT} 高至低	0.8	1.8	4.0	ms
终止比较器滤波时间	tTERM	IBAT 降至 ICHG/10	0.8	1.8	4.0	ms
PROG 引脚上拉电流	I _{PROG}			1.0		μA
TEMP 高边保护电压	V_{TEMP-H}			80	82	%VCC
TEMP 低边保护电压	V_{TEMP-L}		43	45		%VCC



● 结构框图

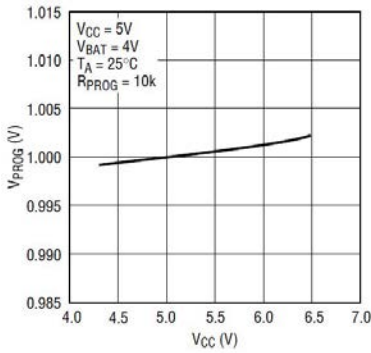




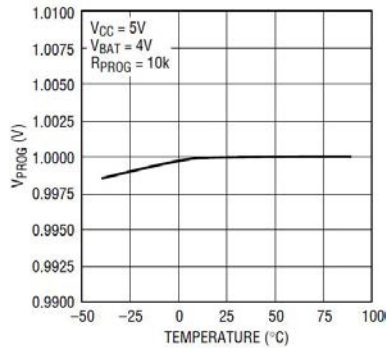
● 典型特性曲线

除非特殊说明，否则条件均为 $V_{CC}=5V$, $V_{BAT}=3.6V$, $T_J=25^{\circ}C$ 。

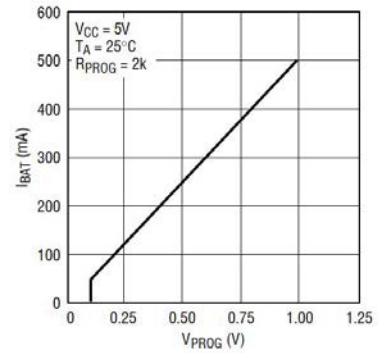
PROG 引脚电压 vs 电源电压
(恒流模式)



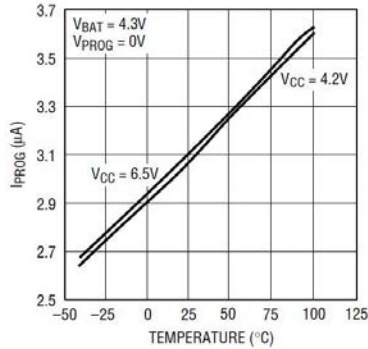
PROG 引脚电压 vs 温度



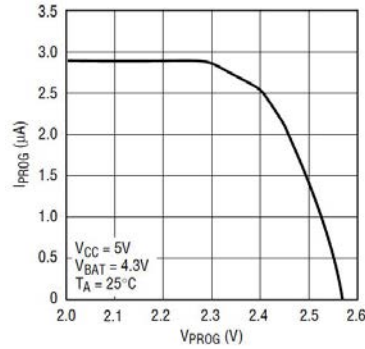
充电电流 vs PROG 引脚电压



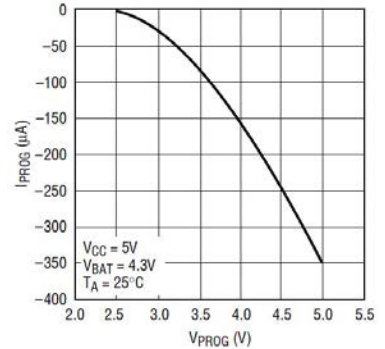
PROG 引脚上拉电流 vs
温度和电源电压



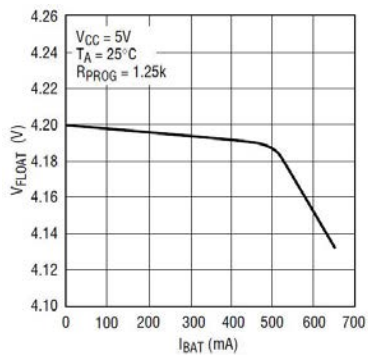
PROG 引脚上拉电流 vs
PROG 引脚电压 (上拉电流)



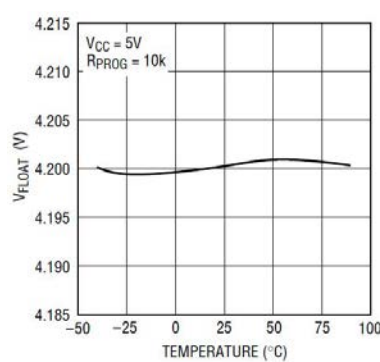
PROG 引脚电流 vs
PROG 引脚电压 (钳位电流)



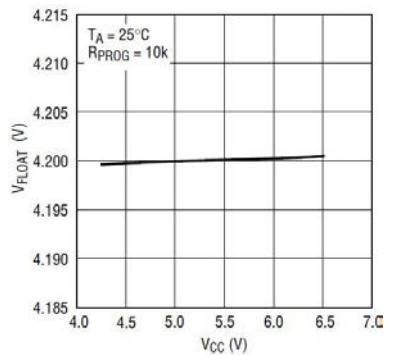
浮充电压 vs 充电电流



浮充电压 vs 温度



浮充电压 vs 电源电压

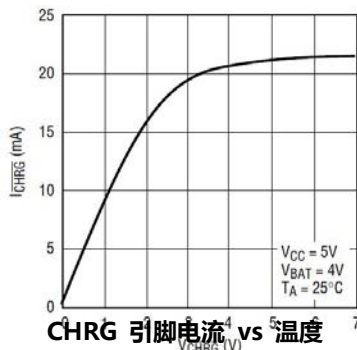




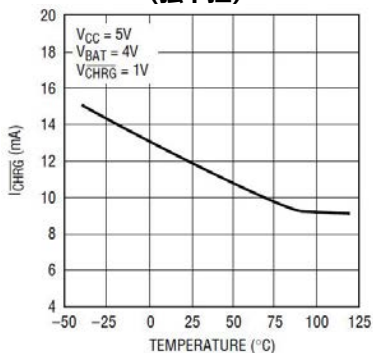
● 典型特性曲线(续)

除非特殊说明, 否则条件均为 $V_{CC}=5V$, $V_{BAT}=3.6V$, $T_J=25^{\circ}C$.

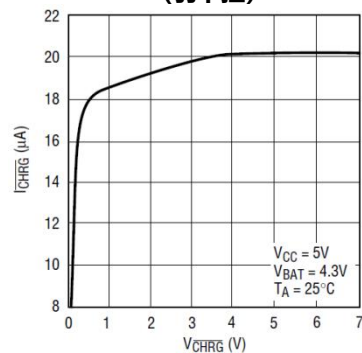
CHRG 引脚 I-V 曲线
(强下拉)



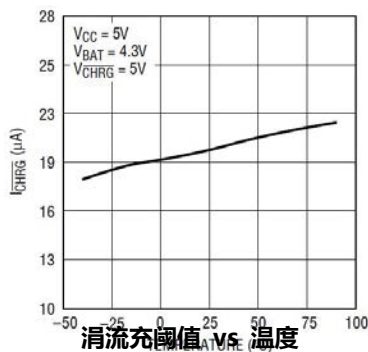
CHRG 引脚电流 vs 温度
(强下拉)



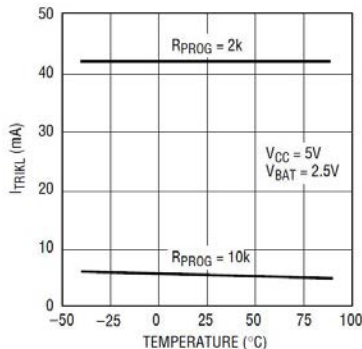
CHRG 引脚 I-V 曲线
(弱下拉)



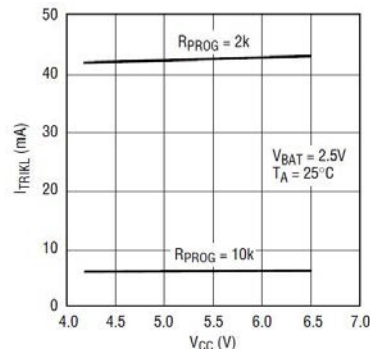
CHRG 引脚电流 vs 温度
(弱下拉)



涓流充电电流 vs 温度

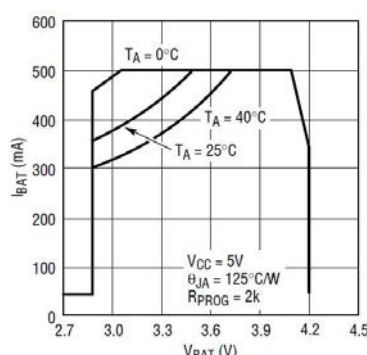
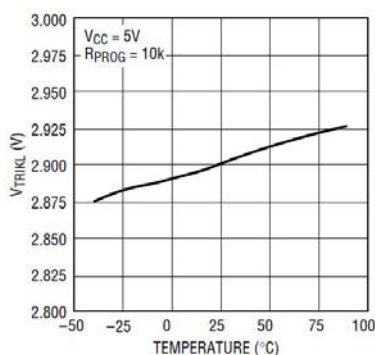


涓流充电电流 vs 电源电压

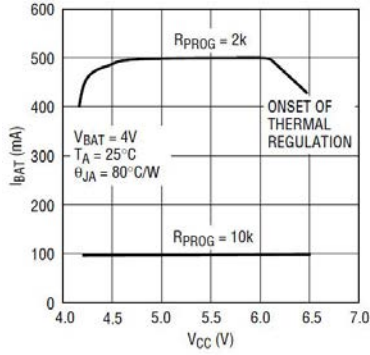


涓流充电值 vs 温度

充电电流 vs 电池电压

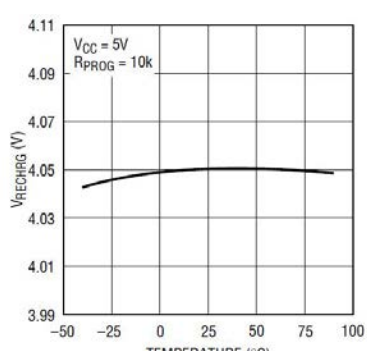
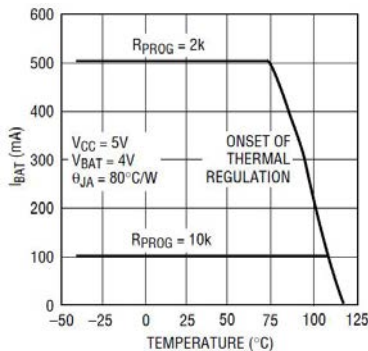


充电电流 vs 电源电压

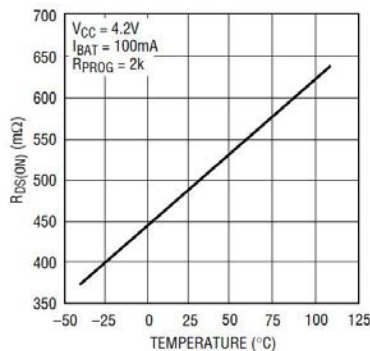


充电电流 vs 环境温度

再充电电压阈值 vs 温度



功率 MOS 开态电阻 vs 温度





● 功能描述

HTP4056 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。它能够提供高达 1.2A 的充电电流（借助一个热设计良好的 PCB 布局）和±1%精度的浮充电压。HTP4056 集成了一个内部 P 沟道功率 MOSFET 及热调节电路，无需隔离二极管或外部电流检测电阻。因此，基本充电器电路仅需两个外部元件。不仅如此，HTP4056 还可以接 USB 电源工作。

正常充电循环

当 VCC 引脚电压升至 UVLO 门限电平以上且在 PROG 引脚与地之间连接了一个精度为 1%的设定电阻，并且当一个电池与充电器输出端相连时，一个充电循环开始。如果 BAT 引脚电平低于 VTRIKL，则充电器进入涓流充电模式。在该模式中，HTP4056 提供约 1/10 的设定充电电流，以便将电池电压提升到一个安全的电平，从而实现满电流充电。

当 BAT 引脚电压升至 VTRIKL 以上时，充电器进入恒流模式，此时向电池提供恒定的充电电流。当 BAT 引脚电压达到最终浮充电压（VFOLOAT）时，HTP4056 进入恒压充电模式，且充电电流开始减小。当充电电流降至设定值的 1/10，充电循环结束。

充电电流设置

充电电流是采用一个连接在PROG引脚与地之间的电阻来设定的。电池充电电流是PROG引脚输出电流的1400倍。设定电阻和充电电流采用下列公式来计算：

$$R_{\text{PROG}} = \frac{1400}{I_{\text{CHG}}}, \text{ 或 } I_{\text{CHG}} = \frac{1400}{R_{\text{PROG}}}$$

从 BAT 引脚输出的充电电流可通过监视 PROG 引脚电压随时确定，公式如下：

$$I_{\text{BAT}} = \frac{V_{\text{PROG}} \cdot 1400}{R_{\text{PROG}}}$$

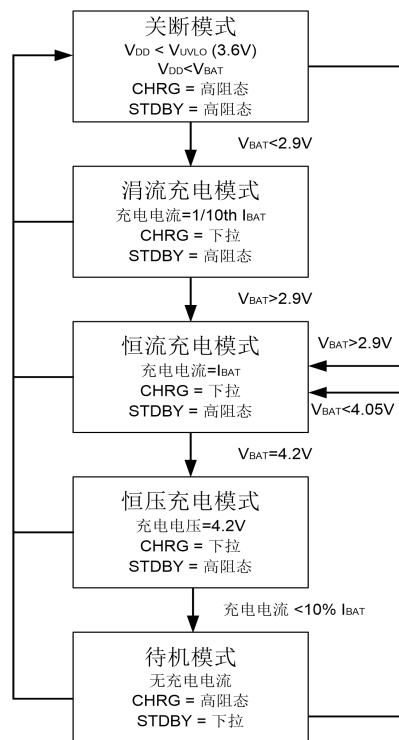
对于大于 0.5A 充电电流的应用中，芯片热量相对较大，智能温度控制会降低充电电流，不同环境测试电流与公式计算理论值也变得不完全一致。客户应用中，可根据需求选取合适大小的 RPROG。

终止充电

当充电电流在达到最终浮充电压后降至设定值的 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 tTERM(一般为 1.8ms)时，充电被终止。充电电流被关断，HTP4056 进入待机模式，此时输入电源电流降至 55μA。(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 (tTERM) 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，HTP4056 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，HTP4056 对 BAT 引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到 4.05V 的再充电电压门限（VRECHRG）以下，则另一个充电循环开始并再次向电池供应电流。当在待机模式中进行充电循环的手动再启





动时，必须先断开输入电压然后再重新接入输入电压，或者通过控制 PROG 引脚来关断充电器然后再启动。右侧示出了一个典型充电循环的状态图。

充电状态指标

HTP4056 集成两个开漏输出的状态指示引脚 CHRG 和 STDBY。当 HTP4056 处于充电状态时，CHRG 输出下拉，其它状态 CHRG 输出高阻态。充电完成时，STDBY 输出下拉。当电池反接或电池温度异常时，CHRG 和 STDBY 都输出高阻态。

将 TEMP 引脚接地可以关闭电池温度监测功能。如果 BAT 引脚接一个 10μF 电容并且电池不连接，绿色 LED 与红色 LED 将以 1s-4s 的周期闪烁。

充电器状态	红色 LED CHRG	绿色 LED STDBY
充电	亮	灭
充电终止	灭	亮
欠压闭锁，电池反接或电池未连接	灭	灭
BAT 引脚接 10uF 电容且电池未连接(TEMP=GND)	绿色 LED 与红色 LED 将以 1s-4s 的周期闪烁	

热限制

如果芯片温度升高到预设值 130℃，内部热反馈环路将减小充电电流。该功能可防止 HTP4056 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 HTP4056 的风险。在保证充电器将在最坏情况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，HTP4056 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，如图 1 所示。

HTP4056 将 TEMP 管脚的电压同芯片内部的两个阈值 VLOW 和 VHIGH 相比较，以确认电池的温度是否超出正常范围。在 HTP4056 内部，VLOW 被固定在 45%×Vcc，VHIGH 被固定在 80%×Vcc。

如果 TEMP 管脚的电压 VTEMP<VLOW 或者 VTEMP>VHIGH，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 VTEMP 在 VLOW 和 VHIGH 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。

确定 R1 和 R2 的值

R1 和 R2 的值要根据电池的温度监测范围和热敏电阻的电阻值来确定，现举例说明如下：

假设设定的电池温度范围为 TL~TH，（其中 TL < TH）；电池中使用的是负温度系数的热敏电阻（NTC），RTL 为其在温度 TL 时的阻值，RTH 为其在温度 TH 时的阻值，则 RTL>RTH，那么，在温度 TL 时，第一管脚 TEMP 端的电压为：

$$V_{TEMPL} = \frac{R2 || RTL}{R1 + R2 || RTL} V_{IN}$$

在温度 TH 时，第一管脚 TEMP 端的电压为：

$$V_{TEMPH} = \frac{R2 || RTH}{R1 + R2 || RTH} V_{IN}$$



然后，由

$$V_{TEMPL} = V_{HIGH} = k_2 \times V_{cc}(k_2 = 0.8)$$

$$V_{TEMPH} = V_{LOW} = k_1 \times V_{cc}(k_1 = 0.45)$$

则可解得:

$$R_1 = \frac{R_{TL} \times R_{TH}(k_2 - k_1)}{(R_{TL} - R_{TH})k_2 \times k_1}$$

$$R_2 = \frac{R_{TL} \times R_{TH}(k_2 - k_1)}{R_{TL}(k_1 - k_2 \times k_1) - R_{TH}(k_2 - k_2 \times k_1)}$$

同理，如果电池内部是正温度系数（PTC）的热敏电阻，则可以计算得到:

$$R_1 = \frac{R_{TL} \times R_{TH}(k_2 - k_1)}{(R_{TH} - R_{TL})k_2 \times k_1}$$

$$R_2 = \frac{R_{TL} \times R_{TH}(k_2 - k_1)}{R_{TH}(k_1 - k_2 \times k_1) - R_{TL}(k_2 - k_2 \times k_1)}$$

从上面的推导中可以看出，待设定的温度范围与电源电压 V_{cc} 是无关的，仅与 R_1 、 R_2 、 R_{TH} 、 R_{TL} 有关；其中， R_{TH} 、 R_{TL} 可通过查阅相关的电池手册或通过实验测得到。

在实际应用中，若只关注某一端的温度特性，比如过热保护，则 R_2 可以不用，而只用 R_1 即可。 R_1 的推导也变得简单，在此不再赘述。

欠压闭锁 (UVLO)

一个内部欠压闭锁电路对输入电压进行监控，并在 V_{CC} 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 V_{CC} 升至比电池电压高 100mV 之前充电器将不会退出停机模式。

自动再充电

一旦充电循环被终止，SC4056T 立即采用一个具有 1.8ms 滤波时间的比较器来对 BAT 引脚上的电压进行连续监控。当电池电压降至 4.05V（大致对应于电池容量的 80%至 90%）以下时，充电循环重新开始。这确保了电池被维持在一个满充电状态，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 引脚输出进入一个下拉状态。

稳定性考虑

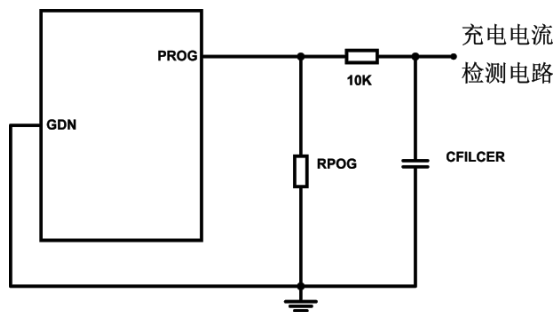
只要电池与充电器的输出端相连，恒定电压模式反馈环路就能够在未采用一个外部电容的情况下保持稳定。在没有接电池时，为了减小纹波电压，建议采用一个输出电容。当采用大数值的低 ESR 陶瓷电容时，建议增加一个与电容串联的 1Ω 电阻。如果使用钽电容，则不需要串联电阻。

在恒定电流模式中，位于反馈环路中的是 PROG 引脚，而不是电池。恒定电流模式的稳定性受 PROG 引脚阻抗的影响。当 PROG 引脚上没有附加电容，RPROG 选择高达 20kΩ 时充电器可以稳定。然而 PROG 节点的额外电容会减小设定电阻的最大容许阻值。PROG 引脚上的极点频率应保持在 100kHz 以上。因此，如果 PROG 引脚存在一个容性负载，C_{PROG}，则可采用下式来计算 RPROG 的最大电阻值：

$$R_{PROG} \leq \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot C_{PROG}}$$



用户更感兴趣的是充电电流而不是瞬态电流。例如，如果一个运行在低电流模式的开关电源与电池并联，则从 BAT 引脚流出的平均电流通常比瞬态电流脉冲更加重要。在这种场合，可在 PROG 引脚上采用一个简单的 RC 滤波器来测量平均的电池电流（如下图所示）。在 PROG 引脚和滤波电容之间增设了一个 10k 的电阻以确保稳定性。



功耗考虑

芯片结温依赖于环境温度、PCB 布局、负载和封装类型等多种因素。功耗与芯片结温可根据以下公式计算：

$$P_D = R_{DS(ON)} \times I_{OUT}^2$$

根据 P_D 结温可由以下公式求得：

$$T_J = P_D \times \theta_{JA} + T_A$$

其中

T_J 是芯片结温

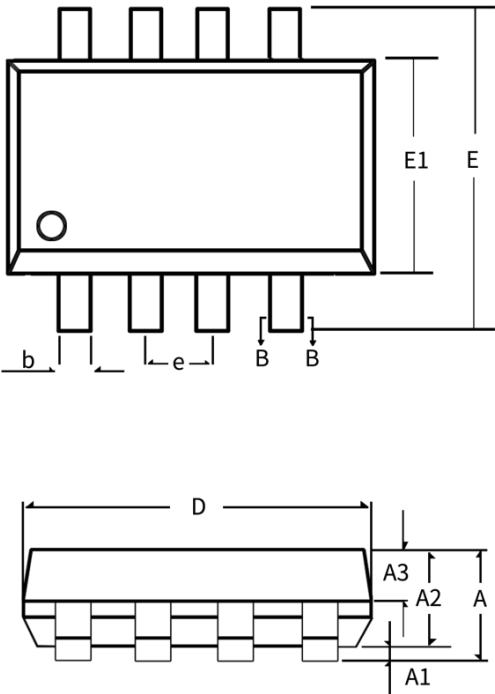
T_A 是环境温度

θ_{JA} 是封装热阻



封装规格

ESOP-8



符号	毫米		
	最小	典型	最大
A	-	-	1.75
A1	0.10	-	0.225
A2	1.30	1.40	1.50
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.39	-	0.47
D	4.80	4.90	5.00
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27BSC		



Attention

- Any and all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein do not have specifications that can handle applications that require extremely high levels of reliability, such as life-support systems, aircraft's control systems, or other applications whose failure can be reasonably expected to result in serious physical and/or material damage. Consult with your HUA XUAN YANG ELECTRONICS representative nearest you before using any HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein in such applications.
- HUA XUAN YANG ELECTRONICS assumes no responsibility for equipment failures that result from using products at values that exceed, even momentarily, rated values (such as maximum ratings, operating condition ranges, or other parameters) listed in products specifications of any and all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein.
- Specifications of any and all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products described or contained herein stipulate the performance, characteristics, and functions of the described products in the independent state, and are not guarantees of the performance, characteristics, and functions of the described products as mounted in the customer's products or equipment. To verify symptoms and states that cannot be evaluated in an independent device, the customer should always evaluate and test devices mounted in the customer's products or equipment.
- HUA XUAN YANG ELECTRONICS CO.,LTD. strives to supply high-quality high-reliability products. However, any and all semiconductor products fail with some probability. It is possible that these probabilistic failures could give rise to accidents or events that could endanger human lives, that could give rise to smoke or fire, or that could cause damage to other property. When designing equipment, adopt safety measures so that these kinds of accidents or events cannot occur. Such measures include but are not limited to protective circuits and error prevention circuits for safe design, redundant design, and structural design.
- In the event that any or all HUA XUAN YANG ELECTRONICS products(including technical data, services) described or contained herein are controlled under any of applicable local export control laws and regulations, such products must not be exported without obtaining the export license from the authorities concerned in accordance with the above law.
- No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, or any information storage or retrieval system, or otherwise, without the prior written permission of HUA XUAN YANG ELECTRONICS CO.,LTD.
- Information (including circuit diagrams and circuit parameters) herein is for example only ; it is not guaranteed for volume production. HUA XUAN YANG ELECTRONICS believes information herein is accurate and reliable, but no guarantees are made or implied regarding its use or any infringements of intellectual property rights or other rights of third parties.
- Any and all information described or contained herein are subject to change without notice due to product/technology improvement, etc. When designing equipment, refer to the "Delivery Specification" for the HUA XUAN YANG ELECTRONICS product that you intend to use.