

AF4054B 线性锂离子电池充电器

● 概述

AF4054B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SOT封装与较少的外部元件数目使得AF4054B成为便携式应用的理想选择。AF4054B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，所以不需要外部检测电阻器和隔离二极管。热反馈可对充电电流进行调节，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。充电电压固定于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，AF4054B将自动终止充电循环。

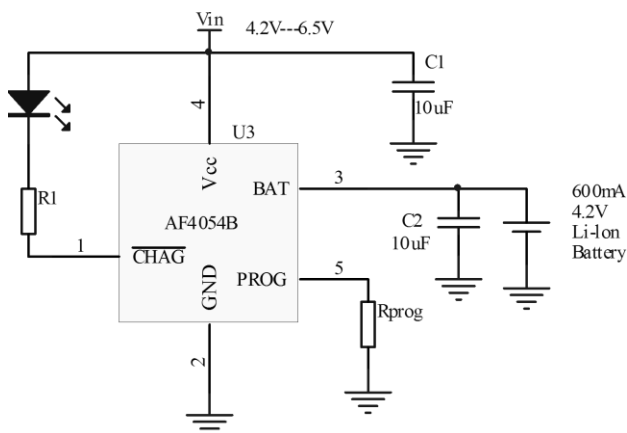
当输入电压（交流适配器或USB电源）被拿掉时，AF4054B自动进入一个低电流状态，将电池漏电流降至2uA以下。也可将AF4054B置于停机模式，以而将供电电流降至25uA。AF4054B的其他特点包括充电电流监控器、欠压闭锁、自动再充电和一个用于指示充电结束和输入电压接入的状态引脚。

● 应用

蜂窝电话、PDA、MP3播放器
充电座；蓝牙应用

● 典型应用

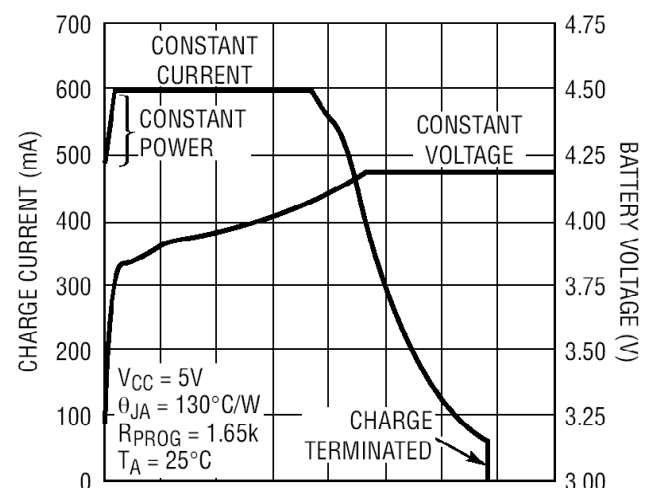
600mA 单节锂离子电池充电器



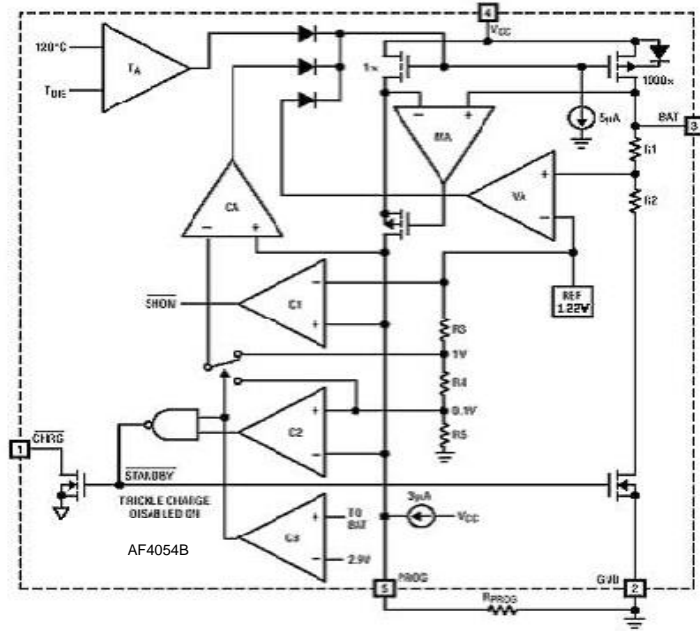
● 特性

- 高达700mA的可编程充电电流；
- 无需MOSFET、检测电阻器或隔离二极管；
- 用于单节锂离子电池、采用SOT23-5封装的完整线性充电器；
- 恒定电流/恒定电压操作，并具有可在无过热危险的情况下实现充电速率最大化的热调节功能；
- 直接从USB端口给单节锂离子电池充电；
- 精度达到±1%的4.2V预设充电电压；
- 用于电池电量检测的充电电流监控器输出；
- 自动再充电；
- 充电状态输出引脚；
- C/10充电终止；
- 待机模式下的供电电流为25uA；
- 2.9V涓流充电器件版本；
- 采用5引脚SOT-23封装。

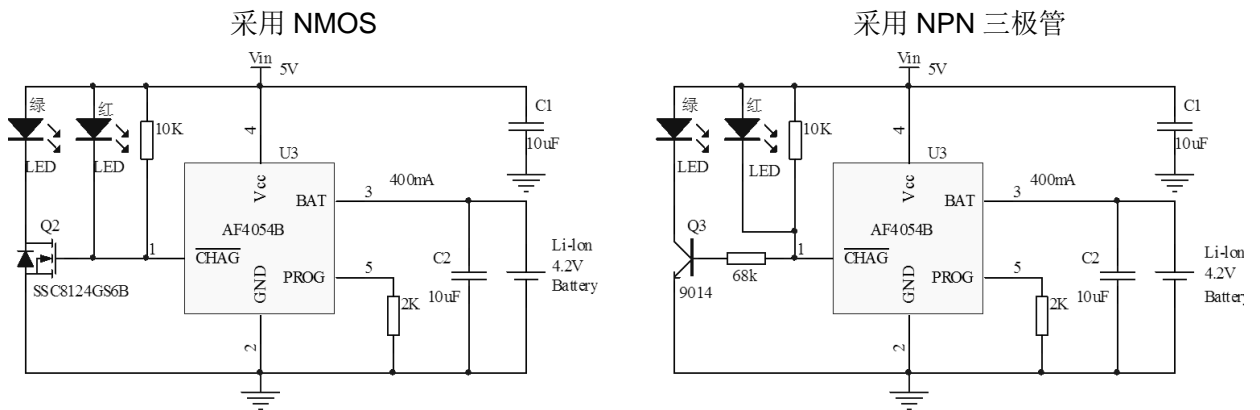
完整的充电循环（750mAh 电池）



● 功能框图



● 典型应用电路



● 极限特性参数

输入电源电压 (VCC):	-0.3~8	单位
PROG	-0.3~V _{CC} +0.3	V
BAT	-0.3~7	V
CHRG	-0.3~8	V
BAT 短路持续时间	连续	
BAT 引脚电流	700	mA
PROG 引脚电流	700	uA
工作环境温度	-40~85	°C
贮存温度	-65~125	°C

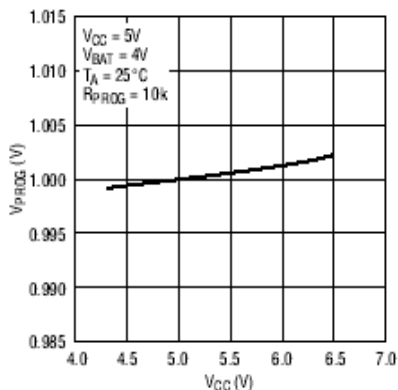
● 电特性

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。

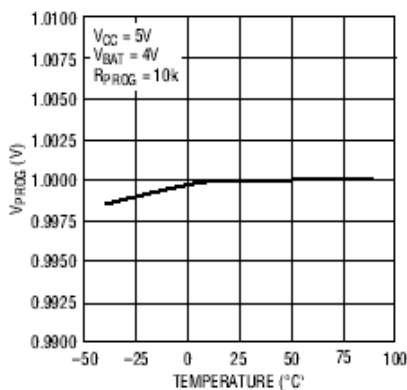
符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC}	输入电源电压		●	4.5	5	7	V
I_{CC}	输入电源电流	充电模式， $R_{PROG}=10\text{K}$ 待机模式（充电终止） 停机模式（ R_{PROG} 未连接， $V_{CC}<V_{BAT}$ ，或 $V_{CC}<V_{UV}$ ）	● ● ●		110 55 55	500 100 100	μA μA μA
V_{FLOAL}	稳定输出（浮充）电压	$0^{\circ}\text{C}\leq T_A\leq 85^{\circ}\text{C}$ ，		4.158	4.2	4.242	V
I_{BAT}	BAT引脚电流： (电流模式测试条件是 $V_{BAT}=3.9\text{V}$)	$R_{PROG}=10\text{K}$ ，电流模式 $R_{PROG}=2\text{K}$ ，电流模式 待机模式， $V_{BAT}=4.2\text{V}$ 停机模式（ R_{PROG} 未连接） 睡眠模式， $V_{CC}=0\text{V}$	● ● ● ●	0	115 570 -2.5 ± 1 -1		mA mA μA μA μA
I_{TRIKL}	涓流充电电流	$V_{BAT}<V_{TRIKL}$ ， $R_{PROG}=1.2\text{K}$	●		150		mA
V_{TRIKL}	涓流充电门限电压	$R_{PROG}=10\text{K}$ ， V_{BAT} 上升		2.8	2.9	3.0	V
V_{UV}	V_{CC} 欠压闭锁门限	从 V_{CC} 低至高	●		3.7		V
I_{BAT}	C/10 终止电流门限	$R_{PROG}=10\text{K}$ $R_{PROG}=2\text{K}$	● ●		20 90		mA mA
V_{PROG}	PROG 引脚电压	$R_{PROG}=1.2\text{K}$ ，电流模式	●	0.9	1.0	1.1	V
$\overline{V_{CHRG}}$	\overline{CHRG} 引脚输出低电压	$\overline{I_{CHRG}}=5\text{mA}$			0.3	0.6	V
ΔV_{RECHRG}	再充电电池门限电压	$V_{FLOAL}-V_{RECHRG}$			180		mV
T_{LIM}	限定温度模式中的结温				120		$^{\circ}\text{C}$
R_{ON}	功率FET“导通”电阻 (在 V_{CC} 与 BAT 之间)				650		$\text{m}\Omega$

● 典型性能特征

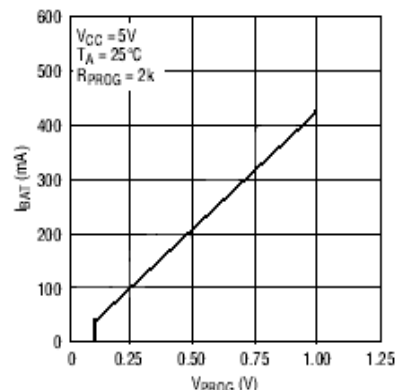
恒定电流模式下PROG引脚电压与电源电压的关系曲线



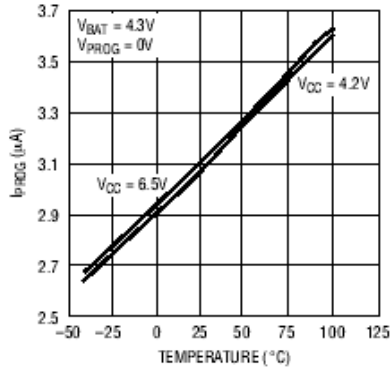
PROG 引脚电压与温度的关系曲线



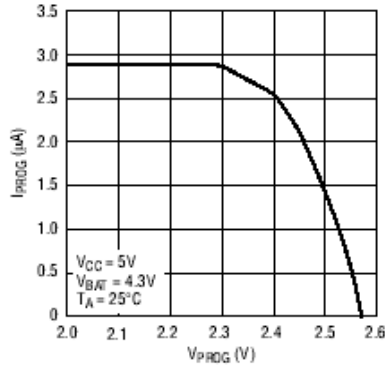
充电电流与PROG引脚电压的关系曲线



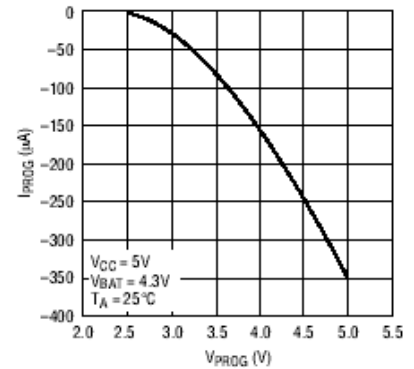
PROG 引脚上拉电流与温度和电源电压的关系曲线



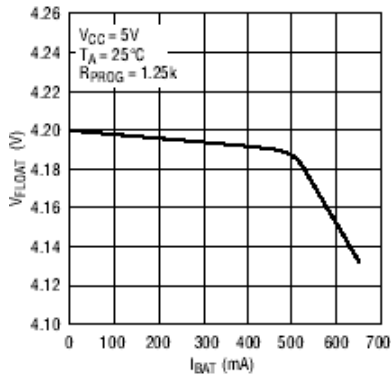
PROG 引脚电流与 PROG 引脚电压的关系曲线（上拉电流）



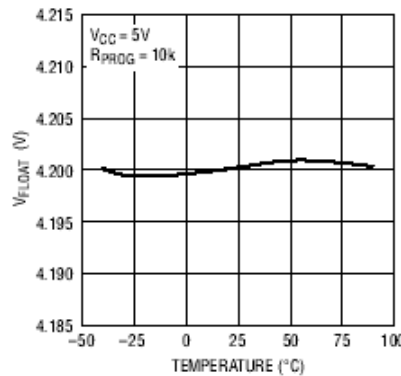
PROG 引脚电流与 PROG 引脚电压的关系曲线（箝位电流）



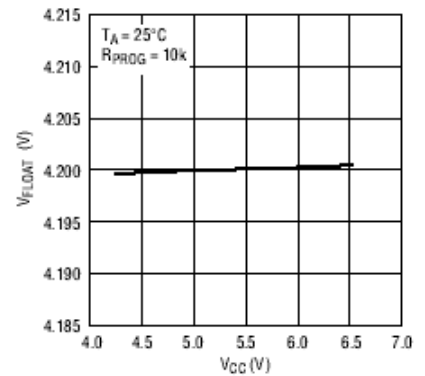
定输出（浮充）电压与充电电流的关系曲线



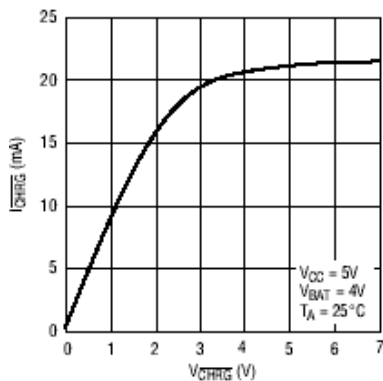
稳定输出（浮充）电压与温度的关系曲线



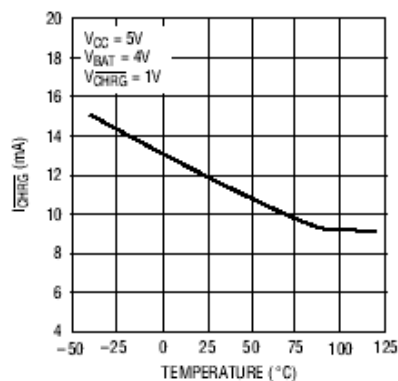
稳定输出（浮充）电压与电压的关系曲线



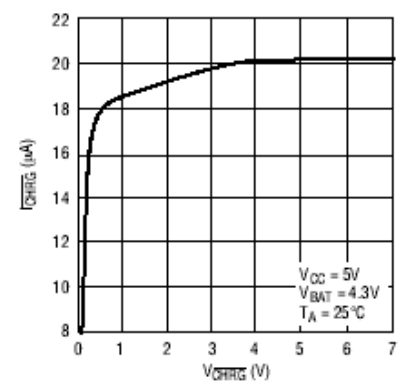
强下拉状态下的引脚 I - V 曲线



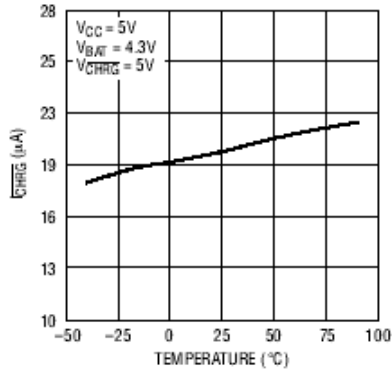
强下拉状态下的引脚电流与温度的关系曲线



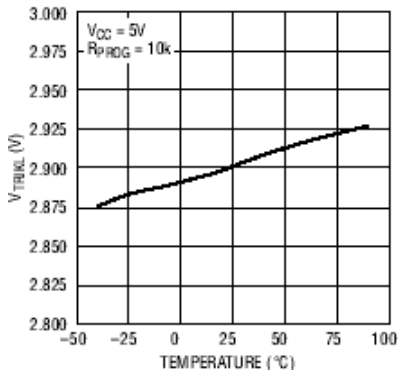
弱下拉状态下的引脚 I - V 曲线



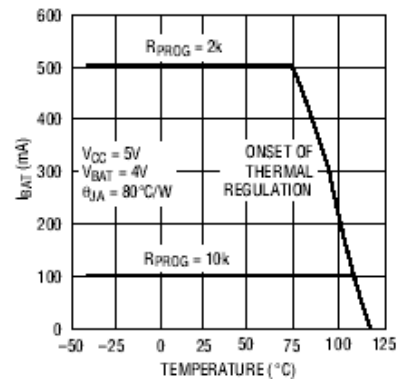
弱下拉状态下的引脚电流与温度的关系曲线



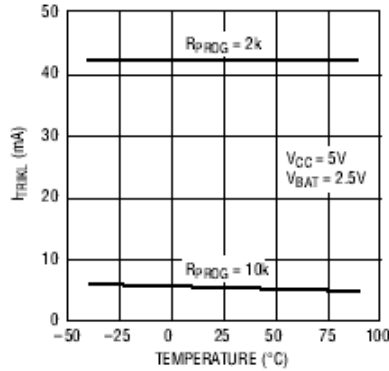
涪流充电门限与温度的关系曲线



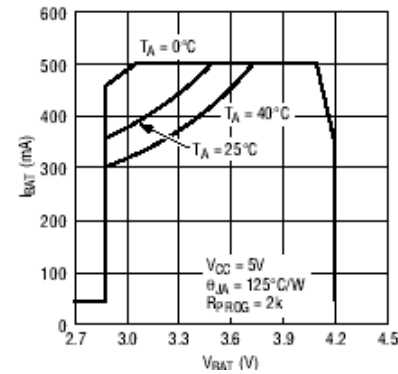
充电电流与环境温度的关系曲线



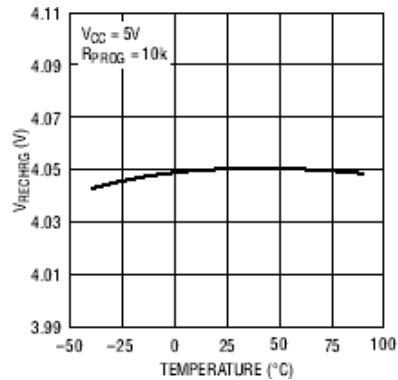
涪流充电电流与温度的关系曲线



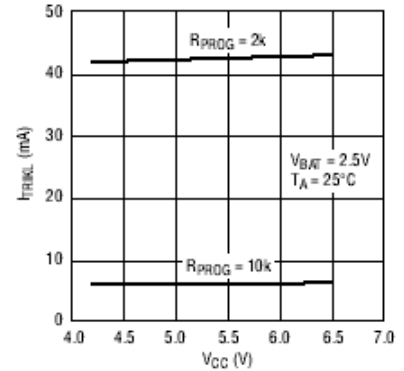
充电电流与电池电压的关系曲线



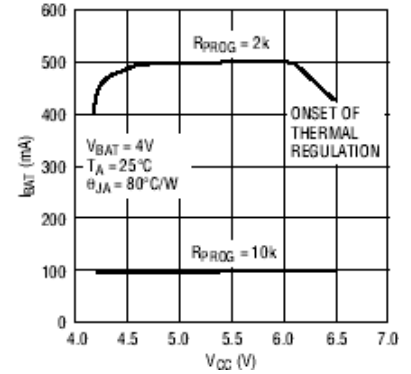
再充电电压门限与温度的关系曲线



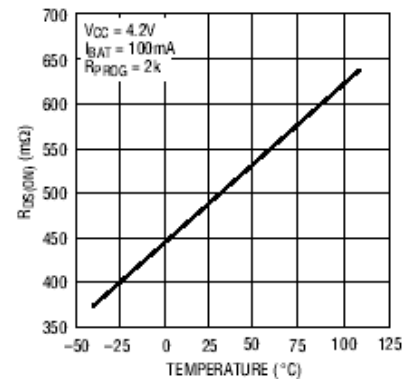
涪流充电电流与电源电压的关系曲线



充电电流与电源电压的关系曲线



功率 FET “导通” 电阻与温度的关系曲线



引脚功能

1	CHRG	漏极开路充电状态输出。在电池的充电过程中，由一个内部N沟道MOSFET将CHRG引脚拉至低电平。当充电循环结束时CHRG引脚被强制为高阻抗状态。
2	GND	地
3	BAT	充电电流输出。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，在待机模式中，该内部电阻分压器断开。
4	VCC	正输入电源电压。该引脚向充电器供电。VCC的变化范围在4.5V至6V之间，并应通过至少一个1μF电容器进行旁路。当VCC降至BAT引脚电压的30mV以内，AF4054B进入待机模式，从而使I _{BAT} 降至2μA以下。
5	PROG	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0.2V；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： $I_{BAT} = (V_{PROG}/R_{PROG}) \times 1200$

工作原理

AF4054B是一款采用恒定电流/恒定电压算法的单节锂离子电池充电器。它能够提供700mA的充电电流（借助一个热设计良好的PCB布局）和一个内部P沟道功率MOSFET和热调节电路。无需隔离二极管或外部电流检测电阻器；因此，基本充电器电路仅需要两个外部元件。不仅如此，AF4054B还能够从一个USB电源获得工作电源。

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%的设定电阻器或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2.9V，则充电器进入涓流充电模式。在该模式中，AF4054B提供约1/10的设定充电电流，以便将电流电压提升至一个安全的电平，从而实现满电流充电。当BAT引脚电压升至2.9V以上时，充电器进入恒定电流模式，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（4.2V）时，AF4054B进入恒定电压模式，且充电电流开始减小。当充电电流降至设定值的15%，充电循环结束。

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。电流充电电流是PROG引脚输出电流的1200倍。设定电阻器和充电电流采用下列公式来计算：

$$R_{PROG} = \frac{1200V}{I_{CHG}}, \quad I_{CHG} = \frac{1200V}{R_{PROG}}$$

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：

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \cdot 1200$$

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200mV以下的时间超过 t_{TERM} （一般为

1.8ms)时, 充电被终止。充电电流被锁断, AF4054B进入待机模式, 此时输入电源电流降至 $45\mu\text{A}$ 。(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 200mV 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, AF4054B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, AF4054B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。当在待机模式中进行充电循环的手动再启动时, 必须取消然后再施加输入电压, 或者必须关断充电器并使用PROG引脚进行再启动。图1示出了一个典型充电循环的状态图。

充电状态指示器

充电状态输出具有两种不同的状态: 强下拉(约 10mA)和高阻抗。强下拉状态表示AF4054B处于一个充电循环终止, 充电指示成高阻状态。

热限制

如果芯片温度试图升至约 120°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, 该功能可防止AF4054B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AF4054B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。有关ThinSOT功率方面的考虑将在“应用信息”部分做进一步讨论。

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 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。

手动停机

在充电循环中的任何时刻都能通过去掉RPROG(从而使RPROG引脚浮置)来把AF4054B置于停机模式。这使得电池漏电流降至 $2\mu\text{A}$ 以下, 且电源电流降至 $50\mu\text{A}$ 以下。重新连接设定电阻器可启动一个新的充电循环。在手动停机模式中, 只要 V_{CC} 高到足以超过UVLO条件, $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚都将处于弱下拉状态。如果AF4054B处于欠压闭锁模式, 则 $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚呈高阻抗状态: 要么 V_{CC} 高出BAT引脚电压的幅度不足 100mV , 要么施加在 V_{CC} 引脚上的电压不足。

自动再启动

一旦充电循环被终止, AF4054B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 (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(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, $\overline{\text{CHRG}}$ 引脚输出进入一个强下拉状态。

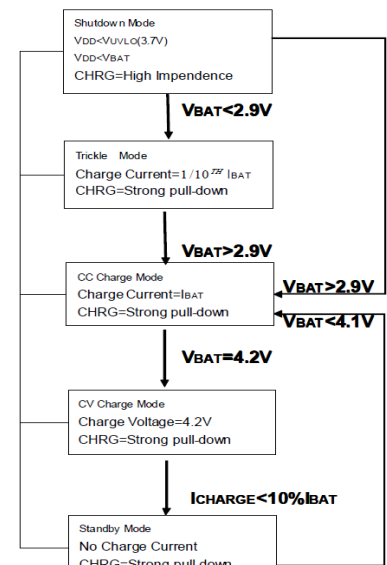


图1: 典型充电循环的状态图

稳定性的考虑

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器的情况下保持稳定。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器。当采用大数值的低ESR陶瓷电容器时，建议增加一个与电容器串联的1 Ω 电阻器。如果使用的是钽电容，则不需要串联电阻器。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会减小设定电阻器的最大容许阻值。PROG引脚上的极点频率应保持在 C_{PROG} ，则可采用下式来计算RPROG的最大电阻值：

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

对用户来说，他们更感兴趣的可能是充电电流，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，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（如图2所示）。在PROG引脚和滤波电容器之间增设了一个10K电阻器以确保稳定性。

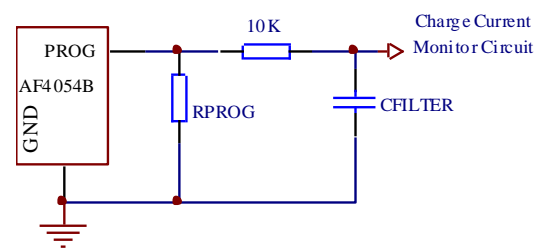


图2：隔离PROG 引脚上的容性负载和滤波电路

热考虑

由于SOT23-5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，并通过峰值后引线（特别是接地引线）到达PC板铜面。PC板铜面为散热器。引脚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。

VCC 旁路电容器

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）有可能产生高的电压瞬态信号。增加一个与X5R陶瓷电容器串联的1.5 Ω 电阻器将最大限度地减小启动电压瞬态信号。

CHRG状态输出引脚

CHRG引脚能够提供一个输入电压高于欠压闭锁门限电平的指示。一个约20 μA的弱下拉电流表示V_{CC}引脚上施加了开始充电循环所需的足够电压。当一个放电电池被连接到充电器时，充电循环的恒定电流部分开始，CHRG引脚电平被拉至地。CHRG引脚能够吸收高达10mA的电流，以驱动一个用于指示充电循环正在进行之中的LED。当电池接近充满时，充电器进入充电循环的恒定电压部分，充电电流开始下降。当充电电流降至不足设定电流的1/10时，充电循环结束且强下拉被一个20 μA下拉所取代，表示充电循环已经结束。如果输入电压被拿掉或降至欠压闭锁门限以下，则CHRG引脚变成高阻抗。利用两个不同阻值的上拉电阻器，一个微处理器能够从该引脚检测出所有三种状态，如图3所示。

为了在AF4054B处于充电模式时进行检测，将数字输出引脚（OUT）强制为高电平并测量CHRG引脚上的电压。即使在采用2k上拉电阻器的情况下，N沟道MOSFET也将把该引脚拉至低电平。一旦充电循环终止，N沟道MOSFET即被关断，并且一个20 μA的电流源被连接至CHRG引脚。IN引脚随后将由2K上拉电阻器拉至高电平。为了确定是否存在一个弱下拉电流，应将OUT引脚强制为高阻抗状态。弱电流源将通过一个800K电阻器将IN引脚引脚拉至低电平；如果CHRG引脚为高阻抗，则IN引脚将被拉至高电平，表示器件处于一个UVLO状态。

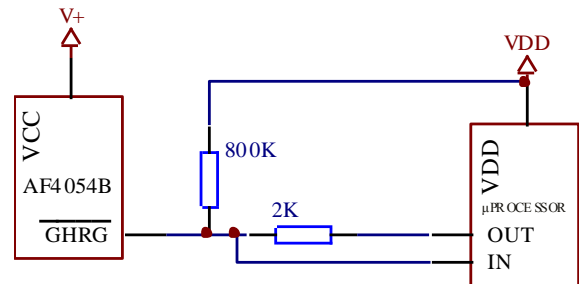


图3：采用一个微处理器来确定引脚状态

反向极性输入电压保护

在有些应用中，需要在VCC上进行反向极性电压保护。如果电源电压足够高，则可采用一个串联隔离二极管。在其他必须保持低降压的场合，可以采用一个P沟道MOSFET（如图4所示）。

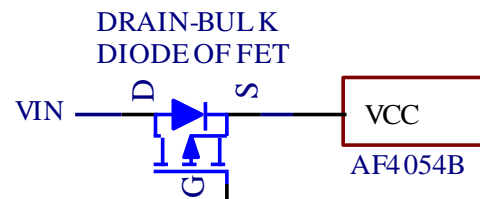


图4：低损耗输入反向极性保护

USB和交流适配器电源

AF4054B允许从一个交流适配器或一个USB端口进行充电。图5示出了如何将交流适配器与USB电源输入加以组合的一个实例。一个P沟道MOSFET (MP1) 被用于防止交流适配器接入时信号反向传入USB端口，而一个肖特基二极管 (D1) 则被用于防止USB功率在经过1K下拉电阻器时产生损耗。一般来说，交流适配器能够提供比电流限值为500mA的USB 端口大得多的电流。因此，当交流适配器接入时，可采用一个N沟道MOSFET (MN1) 和一个附加的10K设定电阻器来把充电电流增加至600mA。

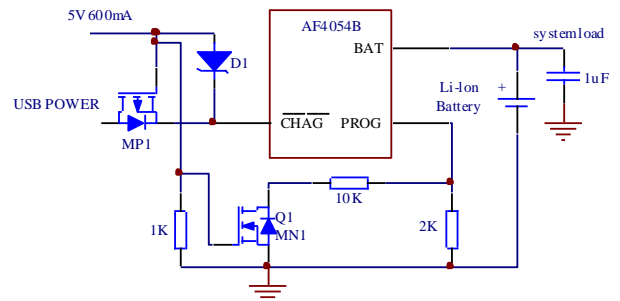
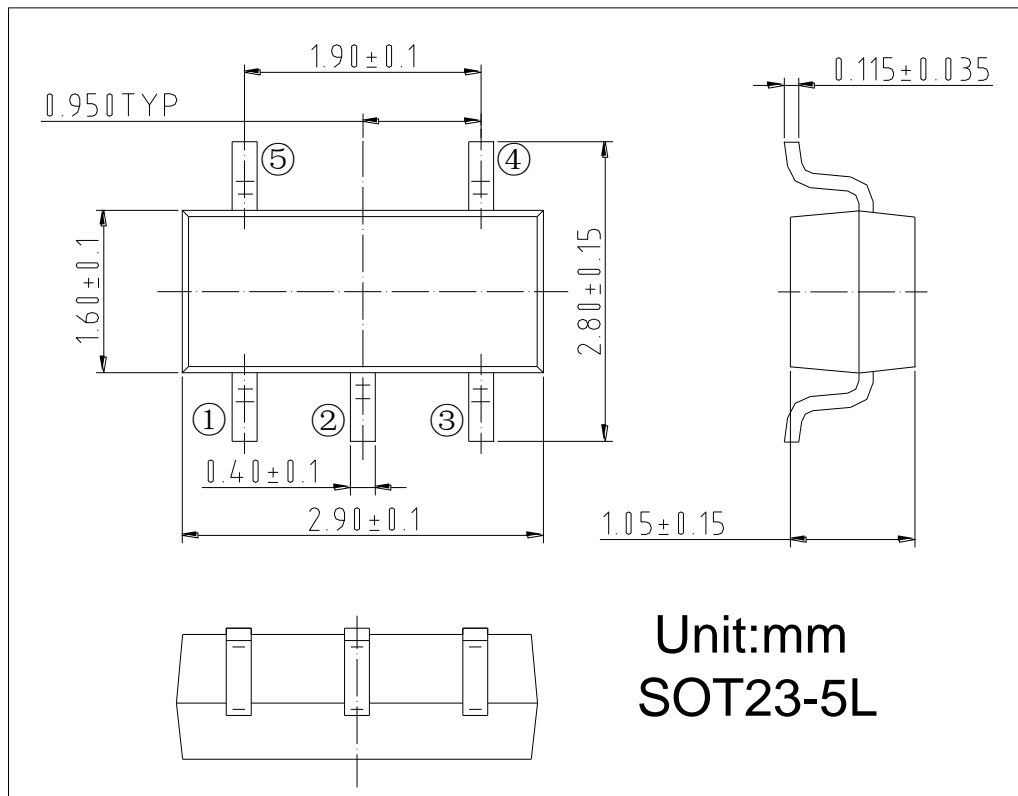


图5：交流适配器与USB电源组合

● 封装信息



声明

晶岳保留电路及其规格书的更改权，以便为客户提供更优秀的产品，规格若有更改，恕不另行通知。本规格书所包含的信息仅作为晶岳产品的应用指南，没有任何专利和知识产权的许可暗示，如果客户侵犯了第三方的专利和知识产权，晶岳不承担任何责任。

本规格书中的示例图为产品之代表性应用说明，非保证批量生产之设计。