1A 线性锂离子电池充电器

概述

GC4056M 是一款可以对单节锂电池进行恒流/恒压充电的线性充电器，其底部带散热片的 ESOP8 封装及较少需求的外部元件数量使得 GC4056M 成为便携式应用的理想选择，如 USB 电源和适配器电源。

GC4056M 内部采用 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，以便在大功率工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，充电电流可通过 PROG 外部电阻设置，当电池电压达到最终浮充电压，充电电流降至设定值 1/10 时，GC4056M 将自动终止充电循环。

当输入电压（交流适配器或 USB 电源）被断开时，GC4056M 自动进入一个低电流状态，将电池漏电流降至 2μA 以下。GC4056M 还可被设置为停机状态，使电源供电电流降至 60μA。

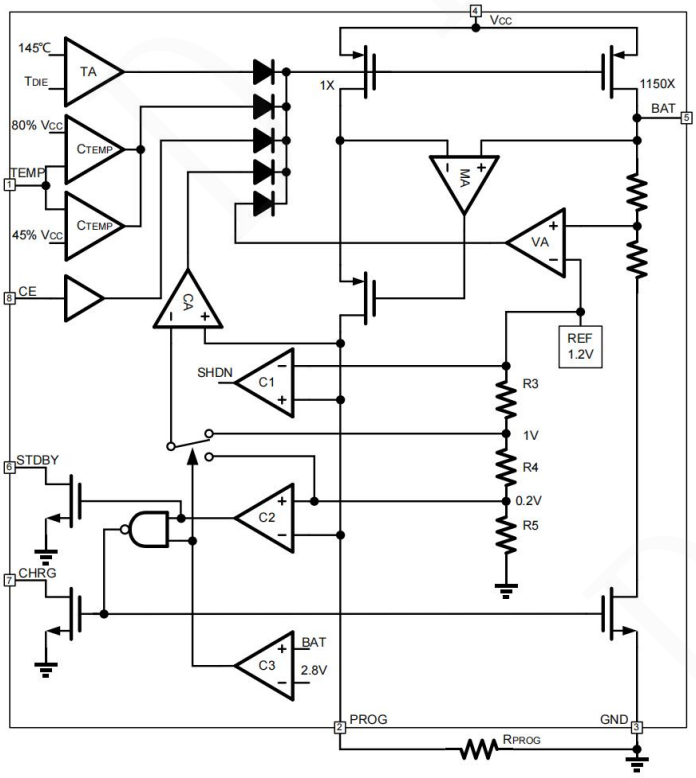
主要特点

- 高达 1200mA 的可编程充电电流
- 无需 MOSFET、检测电阻或隔离二极管
- 预设充电电压：4.2V±1.5%
- C/10 电流充电终止，自动再充电
- 充电状态指示及充满状态指示
- 待机模式下电流 55uA
- 2.8V 涓流充电阈值电压
- 电池防反接
- 封装形式：ESOP8

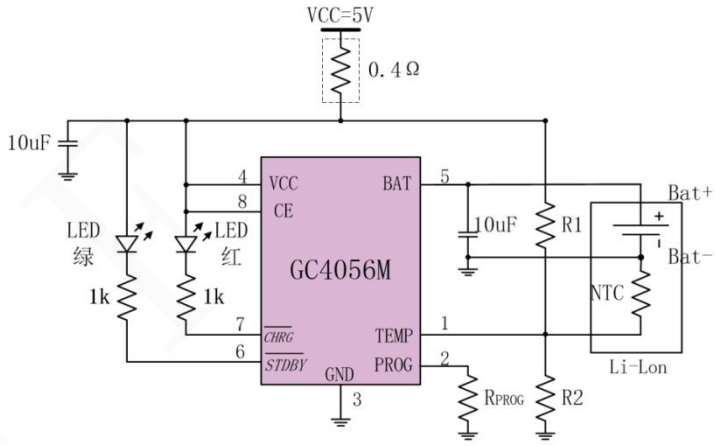
主要应用领域

- 移动电话、PDA、MP3、MP4
- 数码相机、电子词典
- 便携式设备、各种充电器

功能框图

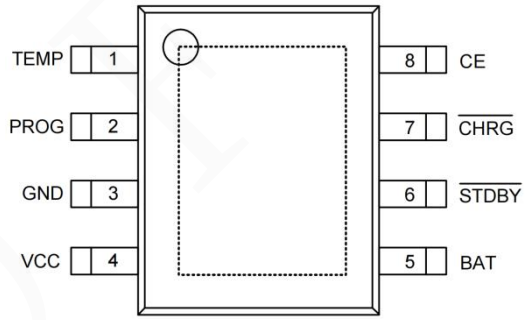


典型应用



注：$I_{BAT} = (V_{PROG} / R_{PROG}) * 1150$

管脚说明

管脚序号	管脚名称	I/O	描述	管脚排列图
1	TEMP	I	温度检测输入端	
2	PROG	I	充电电流设置端	
3	GND	P	地（与底部散热片相通）	
4	VCC	P	输入电源	
5	BAT	O	电池连接引脚	
6	$\overline{STDBY}$	O	电池充电完成指示引脚	
7	$\overline{CHRG}$	O	电池充电指示端	
8	CE	I	芯片使能输入端	

极限参数（绝对最大额定值，若无其它规定，T_A=25℃）

参数	标识	值
电源电压	V_{CC}	-0.3~6.0V
电池电压	V_{BAT}	-4.5~6.0V
其余引脚	V_{IN}	-0.3~6.0V
BAT 引脚电流	I_{BAT}	1200mA
结温	T_J	150℃
存储温度	T_S	-65 ~ +150℃
焊接温度（10s）	T_W	260℃

注意：超过以上极限值有可能造成芯片的永久性损坏。

推荐工作条件（若无其它规定，T_A=25℃）

参数	标识	最小值	最大值	单位
电源电压	V_{CC}	4.5	5.5	V
持续输出电流	I_{BAT}		1000	mA
工作温度	T_A	-20	85	℃

电气特性（若无其它规定，V_{CC} = 5.0V，T_A = 25℃）

参数	标识	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	5.0	6.0	V
输入电源电流	I_{CC}	充电模式, R_{PROG}=1K		55	200	μA
		待机模式（充电终止）		55	150	μA
		停机模式 (R_{PROG} 未连接, VCC<V_{BAT}, V_{CC}<V_{UV})		60	150	μA
输出浮充电压	V_{FLOAT}		4.137	4.2	4.263	V
BAT 引脚电流	I_{BAT}	电流模式, R_{PROG}=2K		575		mA
		电流模式, R_{PROG}=1K		1150		mA
		待机模式, V_{BAT}=4.2V	-6	-2.5	0	μA
		反接模式, V_{BAT}=-4V		-0.34		mA
		停机模式, PROG 悬空		±2	±4	μA
		睡眠模式, V_{CC}=0V	-2	-1		μA
涓流充电电流	I_{TRIKL}	V_{BAT}<V_{TRIKL}, R_{PROG}=1K		230		mA
涓流充电门限电压	V_{TRIKL}	R_{PROG}=1K, V_{BAT} 上升		2.8		V
涓流充电迟滞电压	V_{TRHYS}	R_{PROG}=1K		180		mV
VCC 欠压闭锁门限	V_{UV}	V_{CC} 从低至高	3.7	3.8	3.99	V
VCC 欠压闭锁迟滞	V_{UVHYS}	V_{CC} 从高至低		150		mV
手动停机门限电压	V_{MSD}	R_{PROG} 引脚电平上升/下降	0.9	1.0	1.1	V
VCC-BAT 闭锁门限电压	V_{ASD}	V_{CC} 从低至高		120		mV
		V_{CC} 从高至低		100		mV
C/10 终止门限电流	I_{TERM}	R_{PROG}=2K		57		mA
		R_{PROG}=1K		115		mA
PROG 引脚电压	V_{PROG}	电流模式, RPROG=1K	0.9	1.0	1.1	V
PROG 引脚上拉电流	I_{PROG}			3		μA
$\overline{CHRG}$引脚输出低电平	V_{CHRG}	I_{CHRG}=5mA	0.1	0.3	0.6	V
$\overline{STDBY}$引脚输出低电平	V_{STDBY}	I_{STDBY}=5mA	0.1	0.3	0.6	V
TEMP 引脚高翻转电压	V_{TEMP_H}			80	83	%VCC
TEMP 引脚低翻转电压	V_{TEMP_L}		42	45		% VCC
再充电电池门限电压	ΔV_{RECHRG}	V_{FLOAT} - V_{RECHRG}		120		mV
再充电比较器滤波时间	$t_{RECHARGE}$	V_{BAT} 从高至低		1.8		ms
终止比较器滤波时间	t_{TERM}	I_{BAT} 降至 I_{CHG}/10 以下		1.8		ms
软起动时间	t_{SS}	I_{BAT}=0 至 I_{BAT}=1300V/R_{PROG}		100		μs
功率 FET"导通"电阻（在 VCC 与 BAT 之间）	R_{ON}			500		mΩ
限定温度模式中结温	T_{LIM}			145		℃

工作原理

概述

GC4056M 是一款专门为锂离子或聚合物电池设计的线性充电器，利用芯片内部的功率晶体管对电池进行恒流/恒压充电。充电电流可以通过外部电阻编程设定，最大持续充电电流可达到 1A。芯片内部的功率管理电路在芯片结温超过 145℃时会自动降低充电电流，从而最大限度的利用芯片的功率处理能力，且不必担心过热损坏芯片或外部元器件。因此客户在设计时充电电流时，只需根据典型情况进行设计而不用考虑最坏情况，因为在最坏情况下，芯片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且芯片使能输入端为高电平时，GC4056M 开始对电池充电，$\overline{CHRG}$引脚输出低电平，表示充电正在进行。如果电池电压低于 3V，充电器用小电流对电池进行预充；当电池电压超过 3V 后，充电器采用恒流模式对电池充电，充电电流由 R_{PROG} 编程设置。当电池电压接近 4.2V 时，充电电流逐渐减小，GC4056M 进入恒压充电模式，当充电电流减小到 C/10 终止门限电流时，充电周期结束，$\overline{CHRG}$引脚呈高阻态，$\overline{STDBY}$输出低电平，当电池电压降至再充电阈值电压以下时，自动开始新的充电周期。

芯片内部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浮充电压的精度在 1.5%以内，满足了锂离子电池和锂聚合物电池的要求。

充电电流设定

充电电流是通过PROG引脚与GND之间的电阻值来设定的：$I_{BAT}=1150*V_{PROG}/R_{PROG}$(误差±15%)

R_{PROG}与充电电流的关系确定可参考下表：

R_{PROG} (k)	I_{BAT} (mA)
20	57
10	115
5	230
3	380
2	575
1	1150

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引脚进行监控检测的。当 PROG 引脚电压降至 100mV 以下的时间超过 t_{TERM}(约1.8ms)时，充电被终止，充电电流被关断，GC4056M进入待机模式，此时电源电流降至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引脚电压短暂地降至100mV以下，终止比较器的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，GC4056M立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，GC4056M 对 BAT 引脚电压进行连续监控。如果该引脚电压降到 4.1V 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。

GC4056M有两个漏极开路状态指示输出端，当充电器处于充电状态时，$\overline{CHRG}$被拉到低电平，在其它状态，$\overline{CHRG}$处于高阻态。当电池的温度处于正常温度范围之外，$\overline{CHRG}$和$\overline{STDBY}$脚都输出高阻态。

TEMP端典型接法，当电池没有接到充电器时，红灯和绿灯都不亮表示故障状态。TEMP端接GND即电池温度检测不起作用，当电池没有接到充电器时，$\overline{CHRG}$输出脉冲信号表示没有安装电池，当BAT管脚的外接电容为10uF时闪烁频率约1-4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。

充电状态	$\overline{CHRG}$管脚	$\overline{STDBY}$管脚
	红灯	绿灯
正在充电状态	亮	灭
电池充满状态	灭	亮
电源欠压/无电池接入/电池温度过高或过低	灭	灭
BAT接10uF电容，无电池（TEMP=GND）	绿灯亮，红灯闪（T=1-4S）	

热限制

如果芯片内部温度升至约 125℃的预设值以上，则内部热反馈环路将减小设定的充电电流，直到 145℃以上减小电流至 0。该功能可防止 GC4056M 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 GC4056M 的风险。在保证充电器可在最坏情况条件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损害，GC4056M 内部集成有电池温度监测电路。电池温度监测功能通过测量 TEMP 管脚的电压实现，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。GC4056M 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 GC4056M 内部，V_{LOW} 被固定在 45%*V_{CC}，V_{HIGH} 被固定在 80%*V_{CC}，如果 TEMP 管脚的电压 $V_{TEMP}<V_{LOW}$ 或 $V_{TEMP}>V_{HIGH}$，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，充电继续。

如果将 TEMP 管脚接到地线，电池温度监测功能被禁止。

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阻值来确定，现举例说明如下：

假设设定的电池温度范围为 $T_L \sim T_H$(其中 $T_L < T_H$)；电池中使用的是负温度系数的热敏电阻（NTC），R_{TL} 为其在温度 T_L 时的阻值，R_{TH} 为其在温度 T_H 时的阻值，则 $R_{TL} > R_{TH}$。

在温度 T_L 时，TEMP 管脚的电压为：

$$V_{TEMPL} = \frac{R2 \| R_{TL}}{R1 + R2 \| R_{TL}} \times V_{CC}$$

在温度 T_H 时，TEMP 管脚的电压为：

$$V_{TEMPH} = \frac{R2 \| R_{TH}}{R1 + R2 \| R_{TH}} \times V_{CC}$$

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：

$$R1 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{(R_{TL} - R_{TH}) K_1 K_2}$$

$$R2 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{R_{TL}(K_1 - K_1 K_2) - R_{TH}(K_2 - K_1 K_2)}$$

同理，如果电池内部是正温度系数（PTC）的热敏电阻，则 $R_{TH} > R_{TL}$，我们可以计算得到：

$$R1 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{(R_{TH} - R_{TL}) K_1 K_2}$$

$$R2 = \frac{R_{TL} R_{TH} (K_2 - K_1)}{R_{TH}(K_1 - K_1 K_2) - R_{TL}(K_2 - K_1 K_2)}$$

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 R1、R2、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试得到。

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 R2 可以不用，而只用 R1 即可。R1 的推导也变得简单，在此不再赘述。

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。如果 UVLO 比较器发生跳变，则在 V_{CC} 升至比电池电压高 150mV 之后充电器将退出停机模式。

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}（PROG 引脚悬空）从而将 GC4056M 置于停机模式，这使电池漏电流降至 2μA，且电源电流降至 60μA 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。

自动再充电

一旦充电循环被终止，GC4056M 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 4.1V（约电池容量的 90%）以下时，充电循环重新开始。这确保了电池被维持（或接近）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。图 1 展示出了一个典型充电循环的状态图。

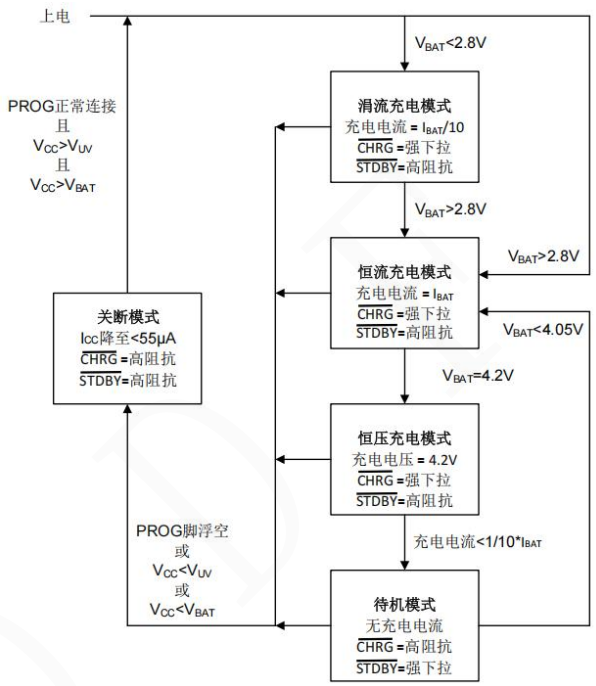


图 1：典型的充电循环状态图

稳定性考虑

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 R_{PROG} 的最大电阻值：

$$R_{PROG} \le \frac{1}{2\pi \times 10^5 \times C_{PROG}}$$

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，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。

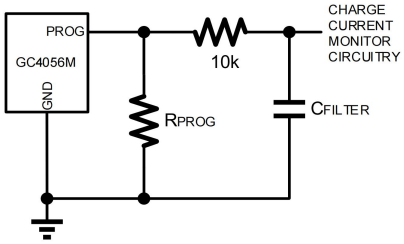


图 2：隔离 PROG 引脚上的容性负载和滤波电路

功率损耗

GC4056M 因热反馈的缘故而减小充电电流的条件可通过 IC 中的功率损耗来估算，这种功率损耗几乎全部都是由内部 MOSFET 产生的，这可由下式近似求出：

$$P_D = (V_{CC} - V_{BAT}) \times I_{BAT}$$

上式中：P_D 为耗散的功率，V_{CC} 为输入电源电压，V_{BAT} 为电池电压 ，I_{BAT} 为充电电流。

当热反馈开始对 IC 提供保护时，环境温度近似：

$T_A = 140℃ - P_D \times \theta_{JA} = 140℃ - (V_{CC} - V_{BAT}) \times I_{BAT} \times \theta_{JA}$

实例：通过编程使一个工作电源 5V 的 GC4056M 向一个具有 3.75V 电压的放电锂离子电池提供 800mA 满幅度电流。假设 θ_{JA} 为 150℃/W，当 GC4056M 开始减小充电电流时，环境温度近似为：

$T_A = 140℃ - (5.0V - 3.75V) \times (800mA) \times 150℃/W$

$T_A = 65℃$

GC4056M 可在 65℃以上的环境温度条件下使用，但充电电流将被降至 800mA 以下。对于一个给定的环境温度，充电电流可有下式近似求出：

$$I_{BAT} = \frac{145℃ - T_A}{(V_{CC} - V_{BAT}) \times \theta_{JA}}$$

正如工作原理部分所讨论的那样，当热反馈使充电电流减小时，PROG 管脚电压也将成比例地减小。

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 PCB 板布局以最大幅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处的。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。

一般实际应用中（环境温度约 25℃），在最大充电电流状态下，通过对 PC 板散热布局等设计优化，将 4056M 芯片表面耗散温度控制在 65℃以下为优。

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端电流的作用。对策之一是通过一个外部元件（例如一个电阻器或二极管）将一部分功率耗散掉。

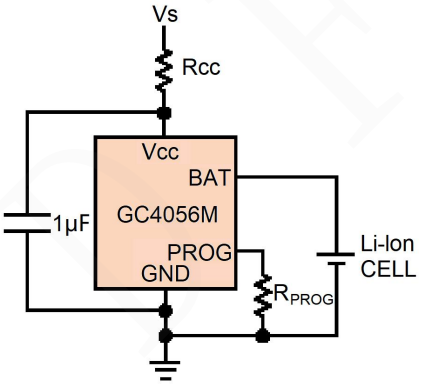


图 3：一种尽量增大热调节模式充节电流的电路

虽然这种应用可以在热调整模式中向电池输送更多的能量并缩短充电时间，但在电压模式中，如果 V_{CC} 变得足够低而使 GC4056M 处于低压降状态，则它实际上有可能延长充电时间。图 4 示出了该电路是如何随着 R_{CC} 的变大而导致电压下降的。

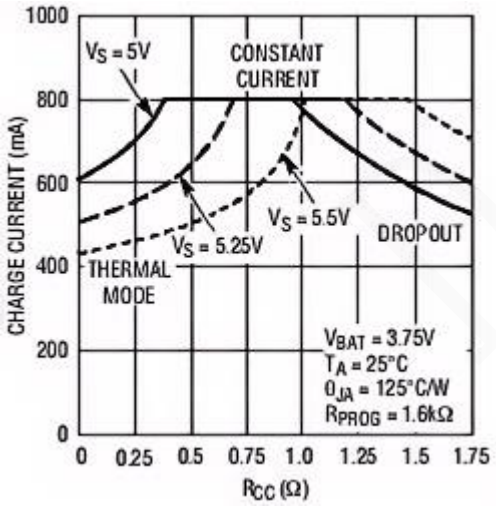


图 4：充电电流与 R_{CC} 的关系曲线

当为了保持较小的元件尺寸并避免发生压降而使 R_{CC} 值最小化时，该技术能起到最佳的作用，请牢记选择一个具有足够功率处理能力的电阻器。

V_{CC} 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，增加一个与陶瓷电容器串联的 1.5Ω电阻器将最大限度地减小启动电压瞬态信号。

充电电流软起动

GC4056M 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 20μs 左右的时间里从 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。、

USB 和交流适配器电源

GC4056M 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。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。

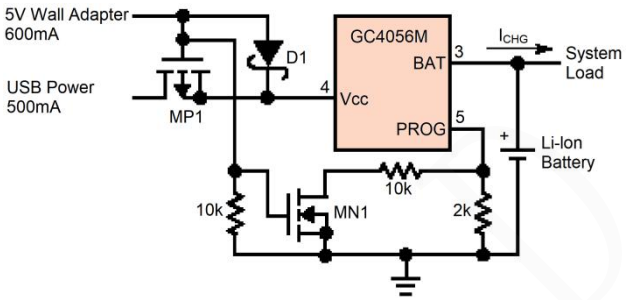
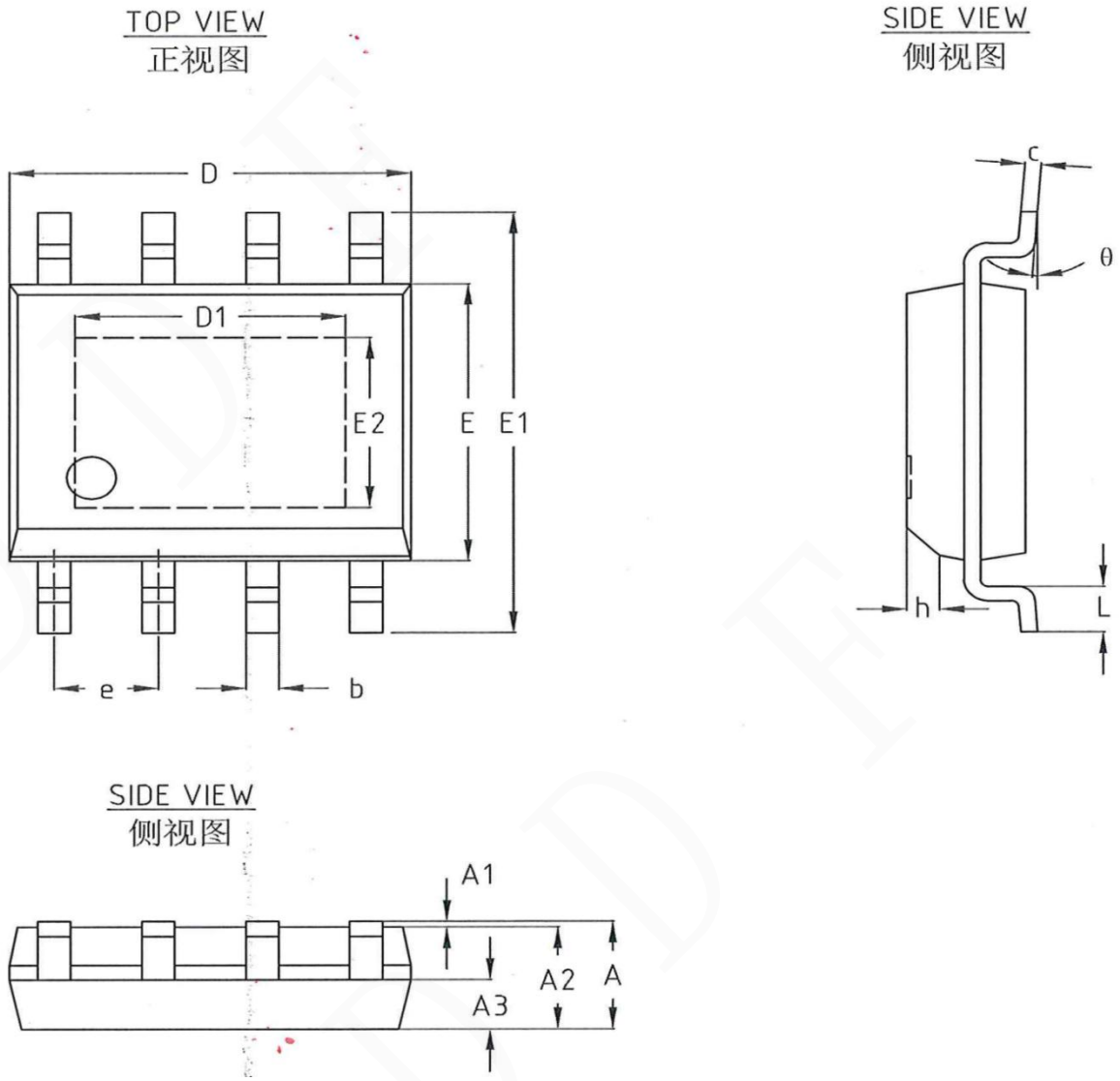


图 5：交流适配器和 USB 电源的组合

封装机械数据

ESOP8封装



符号	毫米			符号	毫米		
	最小值	典型值	最大值		最小值	典型值	最大值
A	1.50	1.60	1.70	E	3.80	3.90	4.00
A1	0.10	-	0.25	E1	5.80	6.00	6.20
A2	1.35	1.45	1.55	E2	2.30	2.40	2.50
A3	0.65	0.70	0.75	e	1.27 BSC		
b	0.35	-	0.50	h	0.30	-	0.50
c	0.19	-	0.25	L	0.50	-	0.80
D	4.80	4.90	5.00	θ	0°	-	8°
D1	3.20	3.30	3.40				

SOLDERED

Available from Soldered Electronics

Explore this and related products at soldered.com

View this product

Li-Ion Charger

SKU 333013

solde.red/333013

Scan to open

hello@soldered.com

soldered.com