

高精度两节锂电池保护电路

特点

- 两节锂离子或锂聚合物电池的理想保护电路
- 高精度的保护电压（过充/过放）检测
- 高精度过电流充电/放电保护检测
- 低供电电流
- 在低功耗模式，不接充电器情况下，可自动恢复状态
- 电池短路保护
- 可选择多种型号的检测电压和延迟时间
- 缩短延迟时间测试功能
- 0V 电池充电功能
- 极少的外围元器件
- 超小型化的 SOT23-6 封装

应用

- 两节锂电池的充电、放电保护电路
- 电话机电池或其它两节锂电池高精度保护器

概述

PT1116 是一款基于 CMOS 的双节可充电锂电池保护电路，它集高精度过电压充电保护、过电压放电保

护、过电流充电保护、过电流放电保护、电池短路保护等性能于一身。

正常状态下，PT1116 由电池供电。当两节电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 都在过电压充电保护阈值 ($V_{OCU/D}$) 和过电压放电保护阈值 ($V_{ODU/D}$) 之间，且其 V_M 检测端电压在过电流充电保护阈值 (V_{ECI}) 和过电流放电保护阈值 (V_{EDI}) 之间，此时 PT1116 的 C_{OUT} 端和 D_{OUT} 端都输出高电平，分别使外接充电控制 N-MOSFET 管 Q1 和放电控制 N-MOSFET 管 Q2 导通。这时，既可以使用充电器对电池充电，也可以通过负载使电池放电。

PT1116 通过检测两个电池电压来进行过充/放电保护。当充/放电保护条件发生时， C_{OUT}/D_{OUT} 由高电平变为低电平，使 Q1/Q2 由导通变为截止，从而充/放电过程停止。

PT1116 对每种保护状态都有相应的恢复条件，当恢复条件满足以后， C_{OUT}/D_{OUT} 由低电平变为高电平，使 Q1/Q2 由截止变为导通，从而进入正常状态。

PT1116 对每种保护/恢复条件都设置了一定的延迟时间，只有在保护/恢复条件持续到相应的时间以后，才进行相应的保护/恢复。如果保护/恢复条件在相应的延迟时间以前消除，则不进入保护/恢复状态。

当 V_M 小于 -5V， V_{DD} 从 0V 升高至正常值时，芯片将进入快速检测模式，缩短延迟时间，并禁止过电流充电保护功能。过电压充电检测和过电压放电检测延迟时间会缩短到将近 1ms，这能有效地缩短保护电路 PCB 的检测时间。当 V_M 升高至 0V 以上时，芯片将退出快速检测模式。

典型应用电路

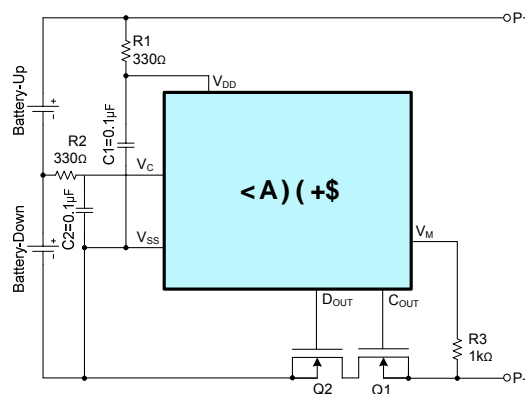


图-1 PT1116 典型应用电路

订购信息

[表-1] 产品名称

型号	封装形式	管脚数目	打印标记
PT111E	SOT23-6	6	PT111E

[表-2] 电压检测阈值及延迟时间

参数名称	<A) (+\$	精度范围
过电压充电保护阈值 V_{OCUTYP}/V_{OCDTYP}	4.350V	$\pm 25\text{mV}$
过电压充电恢复阈值 $V_{OCRUTYP}/V_{OCRDTYP}$	4.150V	$\pm 50\text{mV}$
过电压放电保护阈值 V_{ODUTYP}/V_{ODDTYP}	2.300V	$\pm 80\text{mV}$
过电压放电恢复阈值 $V_{ODRUTYP}/V_{ODRDTYP}$	3.000V	$\pm 100\text{mV}$
过电流放电保护阈值 V_{EDITYP}	0.200V	$\pm 30\text{mV}$
过电流充电保护阈值 V_{ECITYP}	-0.200V	$\pm 30\text{mV}$
过电压充电保护延迟时间 t_{OCTYP}	1s	$\pm 30\%$
过电压放电保护延迟时间 t_{ODTYP}	128ms	$\pm 30\%$
过电流放电保护延迟时间 t_{EDITYP}	12ms	$\pm 30\%$
过电流充电保护延迟时间 t_{ECITYP}	8ms	$\pm 30\%$
0V 充电功能	允许	
低功耗模式	允许	

管脚排列

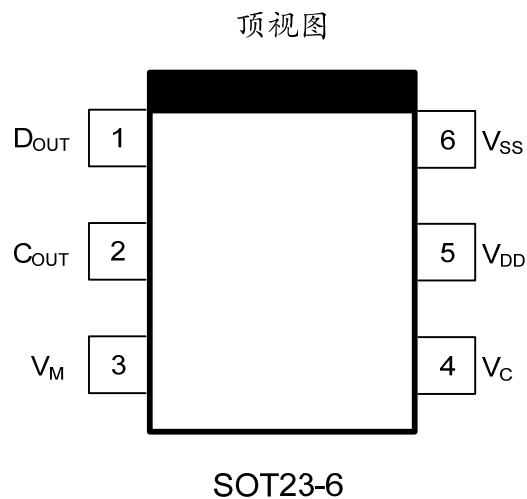


图-2 PT111E管脚排列 (不成比例)

引脚描述

[表-3] 引脚描述

引脚名称	引脚序号	I/O	引脚功能
D _{OUT}	1	O	放电控制输出端 与外部放电控制 N-MOSFET 管 Q2 的栅极 (G 极) 相连。
C _{OUT}	2	O	充电控制输出端 与外部充电控制 N-MOSFET 管 Q1 的栅极 (G 极) 相连。
V _M	3	I	充/放电电流检测输入端 该引脚通过一个限流电阻 (一般为 1kΩ) 与外部充电控制 N-MOSFET 管 Q1 的源极 (S 极) 相连, 从而检测充/放电电流在两个 N-MOSFET 管 (Q1 和 Q2) 上形成的压降。
V _C	4	I	两节电池的中间输入端 与两节电池的连接点相连。
V _{DD}	5	POW	电源输入端 与供电电源 (电池) 的正极连接, 该引脚需用一个 0.1μF 的瓷片电容去藕。
V _{SS}	6	POW	电源接地端 与供电电源 (电池) 的负极相连。

极限参数

供电电源 V _{DD}	-0.3V~+12V	贮存温度	-65°C~150°C
V _M 、C _{OUT} 端允许输入电压	V _{DD} -30V~V _{DD} +0.3V	功耗 P _D (T _A =25°C)	
V _C 、D _{OUT} 端允许输入电压	-0.3V~V _{DD} +0.3V	SOT23-6 封装 (热阻 θ _{JA} =200°C/W)	625mW
工作温度 T _A	-40°C~+85°C	焊接温度 (锡焊, 10 秒)	260°C
结温	150°C		



注: 超出所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。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

(除非特别注明, 典型值的测试条件为: $R_1=R_2=330\Omega$, $T_A=25^\circ\text{C}$ 。)

[表-4] 电气参数

参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电源	V_{DD}		1.5		10	V
0V 电池充电开启电压	V_{0CHA}	$V_{BATU/D}=0V$, 升高 ($V_{DD}-V_M$)	1.2			V
过电压充电保护阈值	$V_{OCU/D}$		$V_{OCUTYP}/$ $V_{OCDTYP}-0.025$	$V_{OCUTYP}/$ V_{OCDTYP}	$V_{OCUTYP}/$ $V_{OCDTYP}+0.025$	V
过电压充电恢复阈值	$V_{OCR/U/D}$		$V_{OCRUTYP}/$ $V_{OCRDTYP}-0.050$	$V_{OCRUTYP}/$ $V_{OCRDTYP}$	$V_{OCRUTYP}/$ $V_{OCRDTYP}+0.050$	V
过电压充电保护延迟时间	T_{OC}	$V_{BATU/D}=3.5V \rightarrow 4.5V$ $V_{BATD/U}=3.5V$	0.7	1	1.3	s
过电压充电恢复延迟时间	T_{OCR}	$V_{BATU/D}=4.5V \rightarrow 3.5V$ $V_{BATD/U}=3.5V$	11	16	21	ms
过电压放电保护阈值	$V_{ODU/D}$		$V_{ODUTYP}/$ $V_{ODDTYP}-0.080$	$V_{ODUTYP}/$ V_{ODDTYP}	$V_{ODUTYP}/$ $V_{ODDTYP}+0.080$	V
过电压放电恢复阈值	$V_{ODR/U/D}$		$V_{ODRUTYP}/$ $V_{ODRDTYP}-0.100$	$V_{ODRUTYP}/$ $V_{ODRDTYP}$	$V_{ODRUTYP}/$ $V_{ODRDTYP}+0.100$	V
过电压放电保护延迟时间	T_{OD}	$V_{BATU/D}=3.5V \rightarrow 2.2V$ $V_{BATD/U}=3.5V$	89	128	167	ms
过电压放电恢复延迟时间	T_{ODR}	$V_{BATU/D}=2.2V \rightarrow 3.5V$ $V_{BATD/U}=3.5V$	0.7	1.2	1.7	ms
过电流放电保护阈值	V_{EDI}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.6V$	0.170	0.200	0.230	V
过电流放电保护延迟时间	T_{EDI}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.5V$; $V_M=0 \rightarrow 0.5V$	8	12	16	ms
过电流放电恢复延迟时间	T_{EDIR}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.5V$; $V_M=0.5 \rightarrow 0V$	0.7	1.2	1.7	ms
过电流充电保护阈值	V_{ECI}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.6V$	-0.230	-0.200	-0.170	V
过电流充电保护延迟时间	T_{ECI}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.5V$; $V_M=0 \rightarrow -0.5V$	5	8	11	ms
过电流充电恢复延迟时间	T_{ECIR}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.5V$; $V_M=-0.5 \rightarrow 0V$	0.7	1.2	1.7	ms
电池短路保护阈值	V_{SHORT}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.5V$	0.8	1.2	1.6	V
电池短路保护延迟时间	T_{SHORT}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.5V$; $V_M=0 \rightarrow 7.0V$	150	300	500	us
V_M 至 V_{SS} 之间的下拉电阻	R_{VMS}	$V_{DD}=7.0V$; $V_M=1V$		10		K Ω
V_M 至 V_{DD} 之间的上拉电阻	R_{VMD}	$V_{BATU}=V_{BATD}=2V$; $V_M=0V$		360		K Ω
C_{OUT} 输出低电平	V_{COL}	$I_O=10\mu A$; $V_{BATU}=V_{BATD}=4.5V$		0.5	0.7	V
C_{OUT} 输出高电平	V_{COH}	$I_O=-50\mu A$; $V_{BATU}=V_{BATD}=3.9V$	7.4	7.6		V
D_{OUT} 输出低电平	V_{DOL}	$I_O=10\mu A$; $V_{BATU}=V_{BATD}=2.0V$		0.4	0.6	V
D_{OUT} 输出高电平	V_{DOH}	$I_O=-50\mu A$; $V_{BATU}=V_{BATD}=3.9V$	7.4	7.6		V
电源电流	I_{DD}	$V_{BATU}=V_{BATD}=3.9V$; $V_M=0V$		4.5	8.0	μA
待机电流	I_S	$V_{BATU}=V_{BATD}=2.0V$		2.1		μA

功能框图

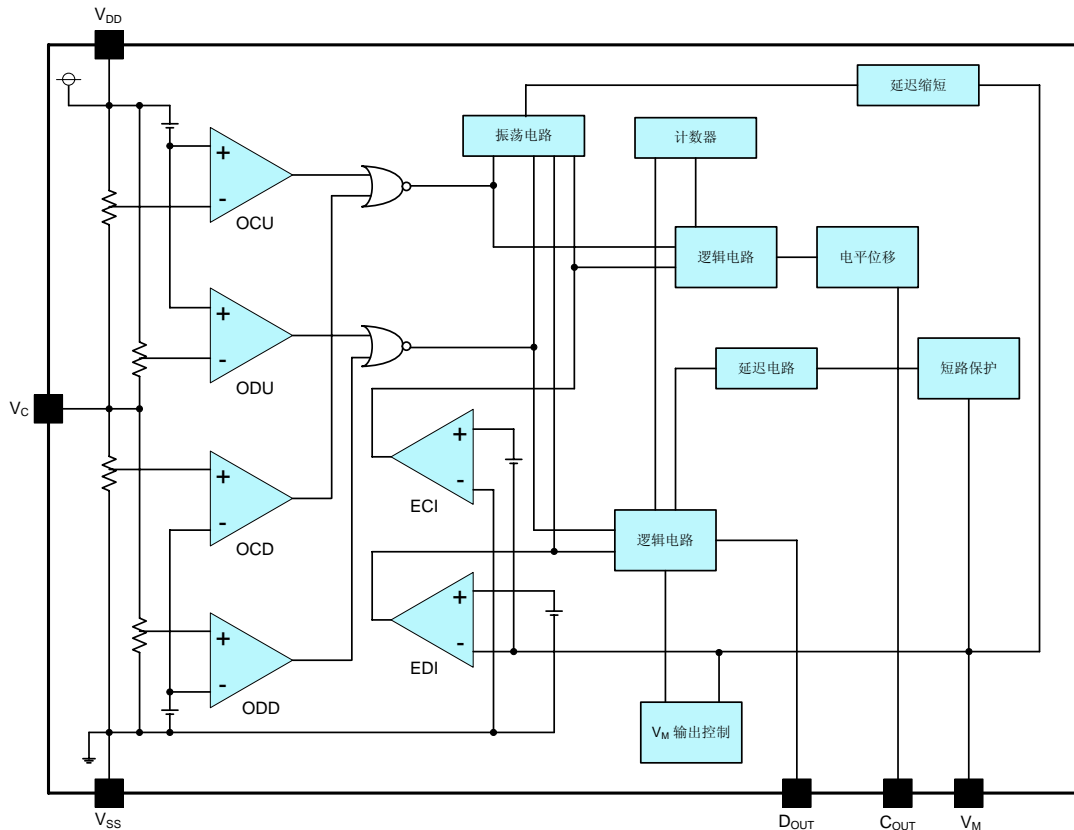


图-3 PT1116功能框图

功能描述

PT1116是一款高精度的两节锂电池保护电路。正常状态下，可以对电池进行充电或放电。PT1116一直检测两个电池电压以及 V_M 端和 V_{SS} 端的电压差，当某个电压超出正常阈值范围时，充电控制端 C_{OUT} 或放电控制端 D_{OUT} 由高电平转为低电平，从而使外接充电/放电控制 N-MOSFET 管 Q1 或 Q2 关闭，充电/放电回路被“切断”，即PT1116进入相应的保护状态。PT1116支持以下 4 种保护模式。

- 过电压充电保护状态 (OC)
- 过电压放电保护 (OD)/ 低功耗状态 (PDWN)
- 过电流放电保护(EDI)/ 电池短路保护状态 (Short)
- 过电流充电保护(ECI)

当PT1116在某一保护状态时，如果满足一定条件，即恢复到正常状态。下面对各状态进行详细描述。

正常状态

在正常状态下，PT1116由电池供电。当两节电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 都在过电压充电保护阈值 ($V_{OCU/D}$) 和过电压放电保护阈值 ($V_{ODU/D}$) 之间，且其 V_M 检测端电压在过电流充电保护阈值 (V_{ECI}) 和过电流放电保护

阈值 (V_{EDI}) 之间，此时PT1116的 C_{OUT} 端和 D_{OUT} 端都输出高电平，分别使外接充电控制 N-MOSFET 管 Q1 和放电控制 N-MOSFET 管 Q2 导通。这时，既可以使用充电器对电池充电，也可以通过负载使电池放电。

过电压充电保护状态 (OC)

• 保护条件

正常状态下，对电池进行充电，如果使任何一个电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 超过过电压充电保护阈值 ($V_{OCU/D}$)，且持续时间超过过电压充电保护延迟时间 (t_{OC})，则PT1116将使充电控制端 C_{OUT} 由高电平转为 V_M 端电平 (低电平)，从而使外接充电控制 N-MOSFET 管 Q1 关闭，充电回路被“切断”，即PT1116进入过电压充电保护状态。

• 恢复条件

有以下两种条件可以使PT1116从过电压充电保护状态恢复到正常状态：

- 1) 电池由于“自放电”使电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 低于过电压充电恢复阈值 ($V_{OCRU/D}$)， V_M 端电压低于过电流放电保护阈值 (V_{EDI})，且持续时间超过过电压充电恢复延迟时间 (t_{OCR})；

2) 通过负载使电池放电(注意,此时虽然Q1 关闭,但由于其体内二极管的存在,使放电回路仍然存在),当电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 低于过电压充电保护阈值 (V_{OCUD}), V_M 端电压高于过电流放电保护阈值 (V_{EDI}),且持续时间超过过电压充电恢复延迟时间 (t_{OCR})。(在Q1 导通以前, V_M 端电压将比 V_{SS} 端高一个二极管的导通压降)。

PT111€ 恢复到正常状态以后,充电控制端COUT将输出高电平,使外接充电控制N-MOSFET管Q1 回到导通状态。

过电压放电保护/低功耗状态(OD/PDWN)

• 保护条件

正常状态下,如果电池放电使任何一个电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 低于过电压放电保护阈值 (V_{ODUD}),且持续时间超过过电压放电保护延迟时间 (t_{OD}),则PT111€ 将使放电控制端DOUT由高电平转为 V_{SS} 端电平(低电平),从而使外接放电控制N-MOSFET管Q2 关闭,放电回路被“切断”,即PT111€ 进入过电压放电保护状态。同时, V_M 端电压将通过内部电阻 R_{VMD} 被上拉到 V_{DD} 。

在过电压放电保护状态下, V_M 端(亦即 V_{DD} 端)电压总是高于电池短路保护阈值(V_{SHORT}),满足此条件后,电路会进入“省电”的低功耗模式。此时, V_{DD} 端的电流将低于 2.1 μ A。

• 恢复条件

对于处在低功耗模式下电路,如果对电池进行充电(同样,由于Q2 体内二极管的存在,此时的充电回路也是存在的),使 V_M 端电压低于电池短路保护阈值 (V_{SHORT}),则PT111€ 将恢复到过电压放电保护状态,此时,放电控制端DOUT仍为低电平, Q2 还是关闭的。如果此时停止充电,由于 V_M 端仍被 R_{VMD} 上拉到 V_{DD} ,大于电池短路保护阈值 (V_{SHORT}),因此PT111€ 又将回到低功耗模式;只有继续对电池充电,当两个电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 都大于过电压放电保护阈值 (V_{ODUD}) 时, PT111€ 才可从过电压放电保护状态恢复到正常状态。

如果不使用充电器,由于电池去掉负载后的“自升压”,可能会使两个电池电压 (V_{BATU}/V_{BATD}) 超过过电压放电恢复阈值 (V_{ODRUD}),且持续时间超过过电压放电恢复延迟时间 (t_{ODR}),此时PT111€ 也将从过电压放电保护状态或低功耗模式恢复到正常状态。

PT111€ 恢复到正常状态以后,放电控制端DOUT将输出高电平,使外接放电控制N-MOSFET管Q2 回到导通状态。

过电流放电/电池短路保护状态(EDI)

• 保护条件

正常状态下, PT111€ 通过负载对电池放电, V_M 端电压将随放电电流的增加而升高。如果放电电流增加使 V_M 端电压超过过电流放电保护阈值 (V_{EDI}),低于电池短路保护阈值 (V_{SHORT}),且持续时间超过过电流放电保护延迟时间 (t_{EDI}),则PT111€ 进入过电流放电保护状态;如果放电电流进一步增加使 V_M 端电压超过电池短路保护阈值 (V_{SHORT}),且持续时间超过短路延迟时间

(t_{SHORT}),则PT111€ 进入电池短路保护状态。

PT111€ 处于过电流放电/电池短路保护状态时, DOUT端将由高电平转为 V_{SS} 端电平,从而使外接放电控制N-MOSFET管Q2 关闭,放电回路被“切断”;同时, V_M 端将通过内部电阻 R_{VMS} 连接到 V_{SS} ,放电负载取消后, V_M 端电平即变为 V_{SS} 端电平。

• 恢复条件

在过电流放电/电池短路保护状态下,当 V_M 端电压由高降低至低于过电流放电保护阈值 (V_{EDI}),且持续时间超过过电流放电恢复延迟时间 (t_{EDIR}),则PT111€ 可恢复到正常状态。因此,在过电流放电/电池短路保护状态下,当所有的放电负载取消后, PT111€ 即可“自恢复”。

PT111€ 恢复到正常状态以后,放电控制端DOUT将输出高电平,使外接放电控制N-MOSFET管Q2 回到导通状态。

过电流充电保护状态(ICI)

• 保护条件

正常状态下,使用充电器对电池进行充电, V_M 端电压将随充电电流的增加而降低。如果充电电流增加使 V_M 端电压低于过电流充电保护阈值 (V_{ECI}),且持续时间超过过电流充电保护延迟时间 (t_{ECI}),则PT111€ 将使充电控制端COUT由高电平转为 V_M 端电平(低电平),从而使外接充电控制N-MOSFET管Q1 关闭,充电回路被“切断”,即PT111€ 进入过电流充电保护状态。

• 恢复条件

在过电流充电保护状态,如果取消充电器,则 V_M 端电压将会升高,当它大于过电流充电保护阈值 (V_{ECI}),且持续时间超过过电流充电恢复延迟时间 (t_{ECIR}), PT111€ 将恢复到正常状态。

PT111€ 恢复到正常状态以后,充电控制端COUT将输出高电平,使外接充电控制N-MOSFET管Q1 回到导通状态。

延迟时间缩短测试功能

当 V_M 小于-5V, V_{DD} 从0V升高至正常值时,芯片将进入快速检测模式,缩短延迟时间,并禁止过电流充电保护功能。过电压充电检测和过电压放电检测延迟时间会缩短到将近 1ms,这可以有效地缩短保护电路PCB的检测时间。当 V_M 升高至 0V以上时,芯片将退出快速检测模式。

0V 电池充电

PT111€ 的0V电池充电功能可以对电压为0V的电池进行再充电。如果使用充电器对电池充电,使 V_{DD} 端相对 V_M 端的电压大于0V充电阈值 (V_{0CHA}) 时,其充电控制端COUT将被连接到 V_{DD} 端。若该电压能够使外接充电控制N-MOSFET管Q1 导通,则通过放电控制N-MOSFET管Q2 的体内二极管可以形成一个充电回路,使电池电压升高;当电池电压升高致使 V_{DD} 端电压超过过电压放电保护阈值 (V_{ODUD}) 时, PT111€ 将回到正常状态,同时放电控制端COUT输出高电平,使外接放电控制N-MOSFET, Q2 处于导通状态。

状态转换波形图

过电压充电保护和过电流充电保护状态

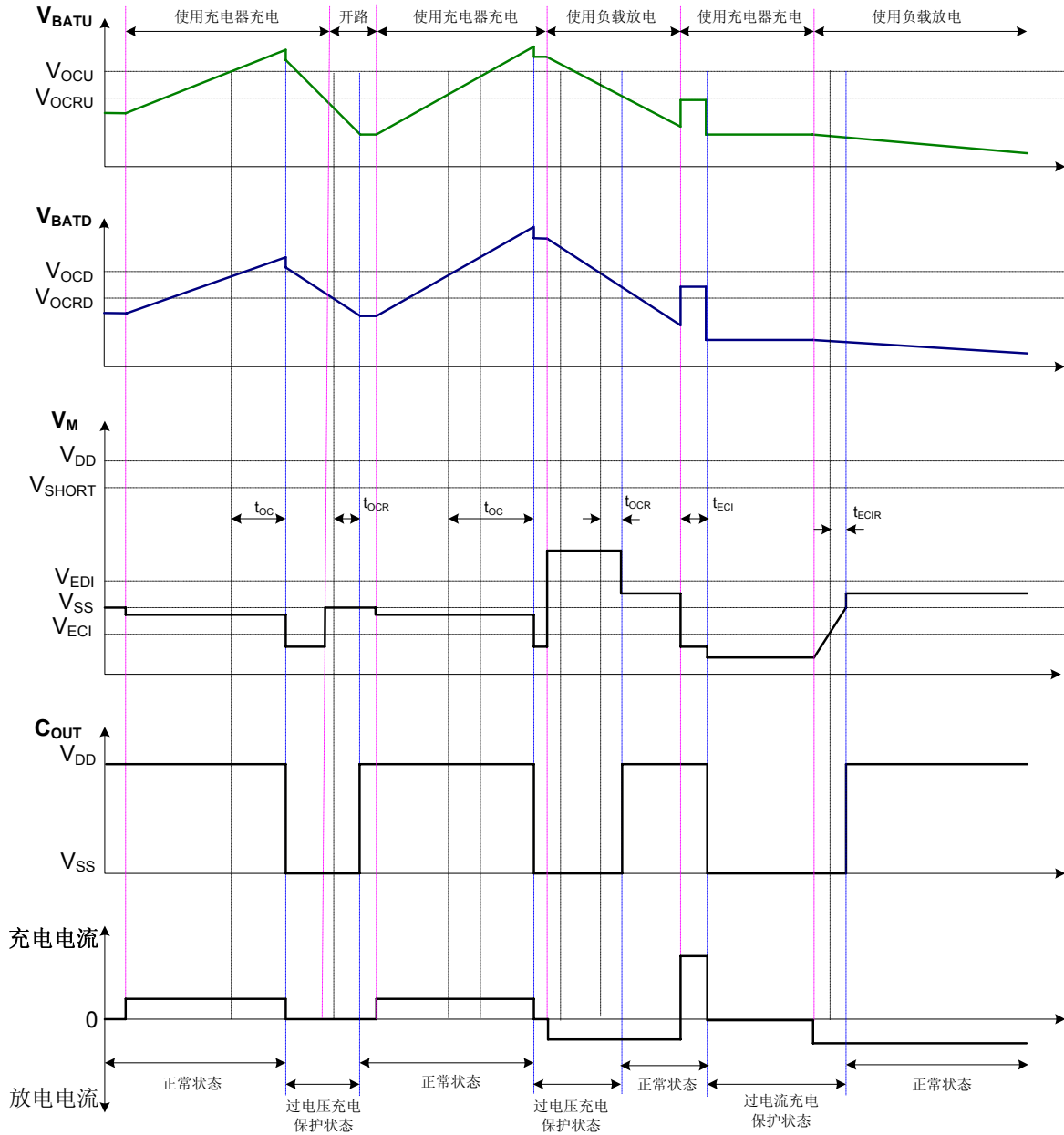


图-5 过电压充电和过电流充电保护状态各点波形图

过电压放电/过电流放电/电池短路保护状态

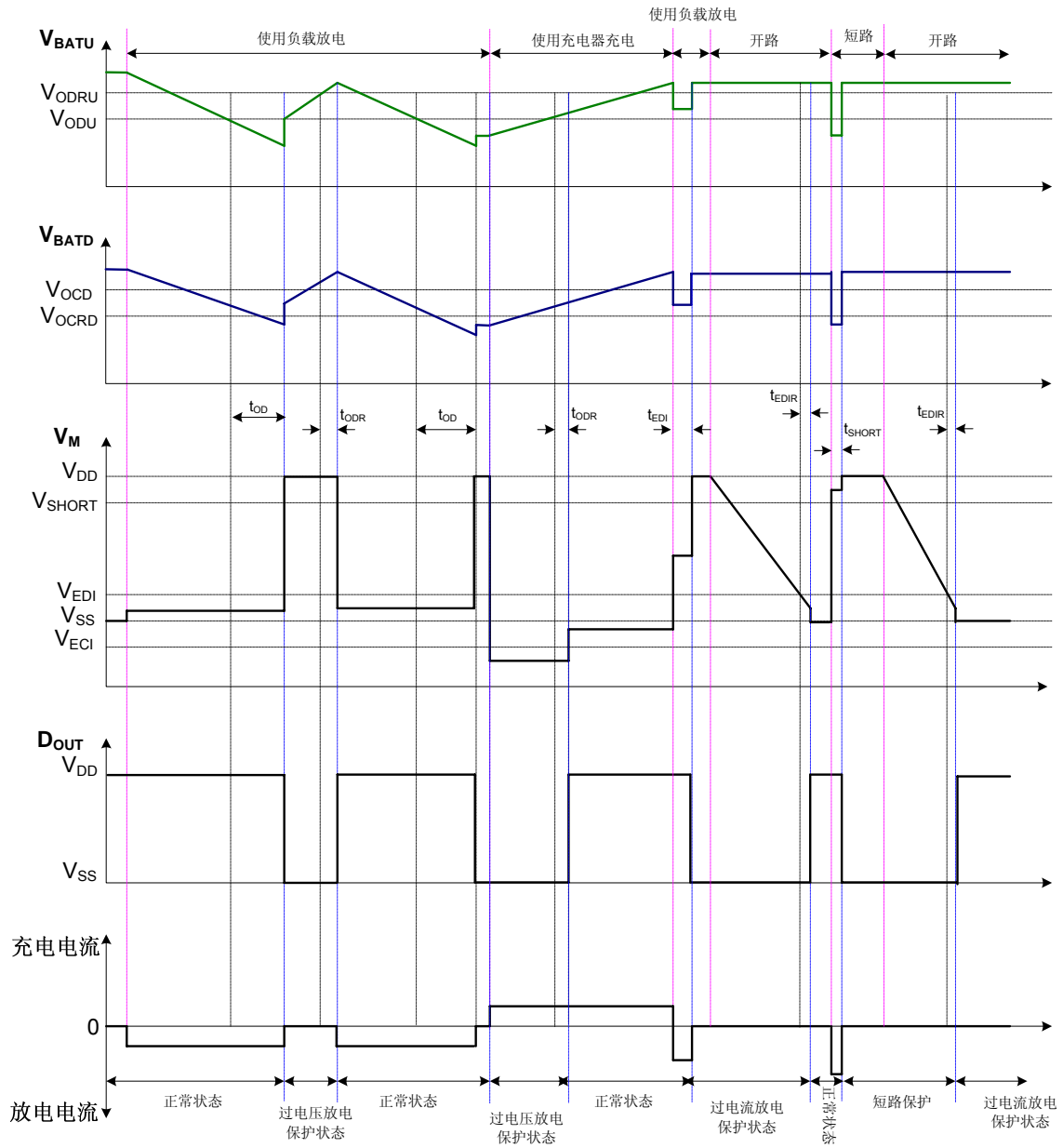


图-6 过电压放电/过电流放电/电池短路保护状态各点波形图

应用中的几个问题

R1、R2 和 R3 的确定

R1 和 R2 用于稳定芯片的供电电压，推荐分别使用 330Ω 的电阻。如果 R1 和 R2 太大，芯片的导通电流会导致检测电压上升，使各检测阈值与电池实际电压偏差增加；同时，如果充电器接反，可能会使 PT111E 电路的 V_{DD} 端与 V_{SS} 端电压超过极限值，导致电路损坏，因此 R1 和 R2 也不宜太小，一般控制在 100Ω 至 470Ω 之间。

在充电器反接或连接充电电压高于极限值的充电

器时，R3 起限制电流的作用。如果 R3 太小，由于充电器的反接在芯片内部流入容许功耗以上的电流，有导致芯片损坏的危险。R3 连接过大电阻，当连接高电压充电器时，有可能导致不能切断充电电流的情况发生。因此，R3 应控制在 1kΩ 至 4kΩ 之间。

C1 和 C2 的确定

C1 和 C2 有稳定 V_{DD} 电压的作用，尽量选用大于或等于 0.01μF 的电容。

封装尺寸

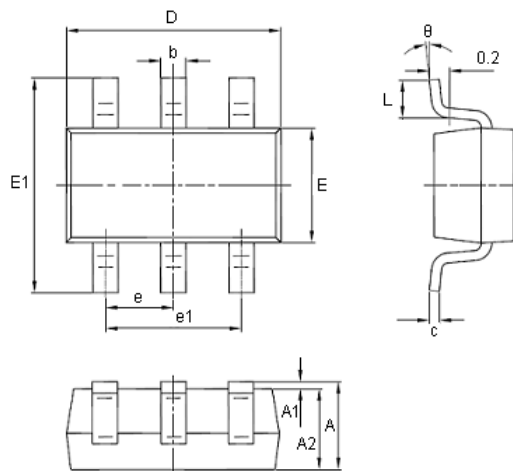


图-7 SOT23-6 封装外形尺寸图

[表-5] 图-7 的尺寸（单位：毫米）

符号	最小值	最大值
A	1.050	1.250
A1	0.000	0.100
A2	1.050	1.150
b	0.300	0.500
c	0.100	0.200
D	2.280	3.020
E	1.500	1.700
E1	2.650	2.950
e	0.950 (BSC)	
e1	1.800	2.000
L	0.300	0.600
θ	0°	8°