

PT6004 应用说明

产品功能	4 节锂离子/锂聚合物电池保护芯片
常规应用	四节串联的锂电池保护电路
文件编号	PT6004_AN01
版本	1.0

1. 产品概况

1.1 高精度电压检测电路

- 过充电检测电压：4.1V~4.35V，精度±25mV
- 过充电恢复迟滞电压：0~300mV，100mV/Step
- 过放电检测电压：2.30V~2.9V，精度±80mV
- 过放电恢复迟滞电压：300mV~900mV，200mV/Step
- 1 级放电过流检测电压：50mV~150mV，精度±10mV
- 2 级放电过流检测电压：100mV~300mV，精度±20mV (2 倍 1 级放电过流检测电压)
- 负载短路检测电压：200~600mV，精度±50mV (4 倍 1 级放电过流检测电压)

1.2 可通过外部电阻设置充放电过温保护阈值和充电低温保护阈值

1.3 可通过外部电容设置保护的延迟时间 (短路保护延迟时间固定为 250μs/typ.)

1.4 低耗电电流

- 工作模式：典型值 24μA，最大值 35μA (VDD=VCC)
- 休眠模式：最大值 1μA (VDD=VCC)

1.5 提供 DOT、COT 和 SC/OC 事件报警信号

2. 典型应用电路

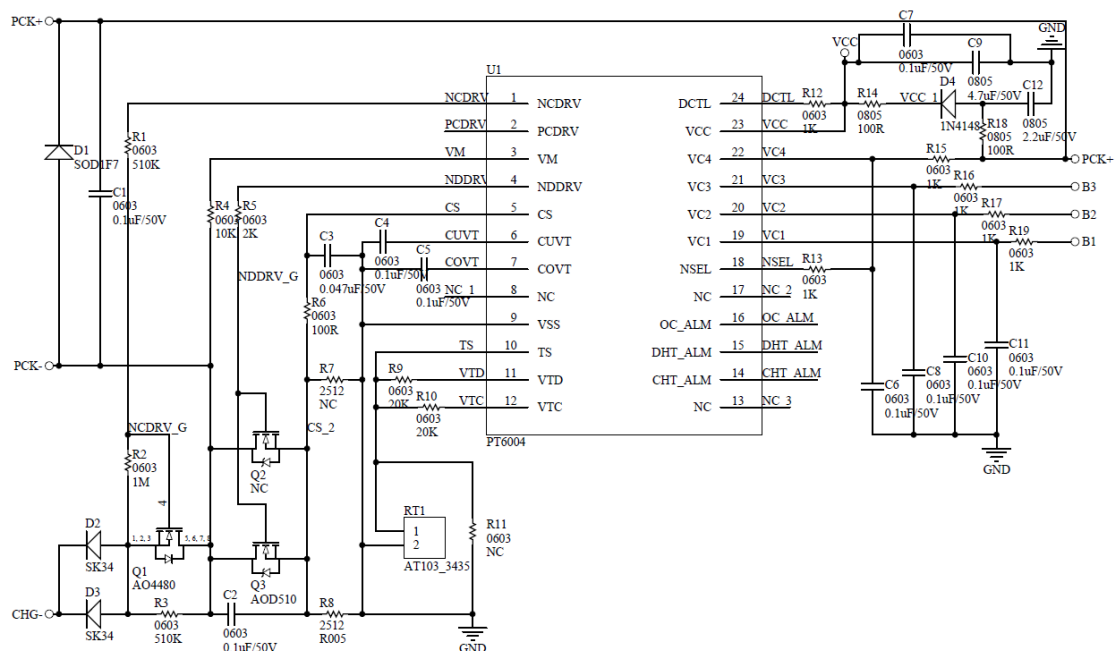


Fig. 1 PT6004 充放电 NMOSFETs 的典型应用电路 (4 节串联的电池包)

3. 工作原理介绍

3.1 正常工作状态

当 $V_{CC} \geq V_{PWR-ON}$, 充电 MOSFET 被打开, 放电 MOSFET 默认在关闭状态。芯片被唤醒后开始检测放电保护事件。如果没有放电事件且无负载连接, 芯片打开放电 MOSFET, 进入正常工作状态。

在正常工作状态下, 芯片通过 VCx 引脚持续侦测各节电池电压, 通过 CS 引脚持续侦测电流, 以及周期性的侦测 TS 与 GND 之间的电压, 来控制充电和放电 MOSFETs。当电池电压在过放电检测电压 (V_{Cuv}) 以上并在过充电检测电压 (V_{Cov}) 以下, CS 引脚电压在放电过流检测电压 (V_{PDOc1}) 以下, 且无温度异常事件时, 芯片的 $NCDRV$ 和 $NDDRV$ 都输出高电平, $PCDRV$ 输出低电平, 使充电控制用 MOSFET 和放电控制用 MOSFET 同时导通, 使充电和放电都可以自由进行。

3.2 过充电状态

正常工作状态下的电池, 在充电过程中, 一旦某一节电池电压超过过充电检测电压 (V_{Cov}), 并且这种状态持续的时间超过过充电检测延迟时间 (T_{Cov}) 时, 芯片会关闭充电控制用的 MOSFET ($NCDRV$ 输出低电平, $PCDRV$ 处于高阻状态), 停止充电, 这个状态称为“过充电状态”。

充电 MOSFET 的释放, 有以下两种方法:

(1) 电池电压降低到过充电释放电压 (V_{COVR}) 以下时, 过充电状态释放, 充电 MOSFET 打开, 恢复到正常工作状态。

(2) 移走充电器并连接负载, 充电 MOSFET 打开, 若电池电压高于 V_{COVR} , 过充电状态不解除, 移除负载后充电 MOSFET 关闭。

3.3 过放电状态及关断状态

正常工作状态下的电池, 当某一节电池电压降低到过放电检测电压 (V_{CUV}) 以下, 并且这种状态持续的时间超过过放电检测延迟时间 (T_{CUV}) 时, 芯片会关闭放电控制用的 MOSFET (NDDRV 输出低电平), 停止放电, 这个状态称为“过放电状态”。

在过放电状态, 芯片内部将 VM 上拉至 VCC。

当芯片进入过放电状态超过 T_{CUV_PD} , 且没有检测到充电保护事件, 芯片将关闭充放电 MOSFETs 及内部大部分电路, 进入“关断状态”。此时, 芯片的消耗电流将降低至 I_{VCC_PD} 。

过放电状态的释放需要同时满足以下两个条件:

- (1) 电池电压高于过放电迟滞恢复电压 (V_{CUVR})
- (2) 负载移除或者充电器连接。

关断状态的唤醒需要满足以下条件:

- (1) 充电器连接。

3.4 放电过流状态 (放电过流检测功能和负载短路检测功能)

正常工作状态下的电池, 芯片通过检测 CS 电压持续侦测放电电流。一旦 CS 电压高于 1 级放电过流检测电压 (V_{PDOC1}) 的时间超过 1 级放电过流检测延迟时间

(T_{PDOC1}), 或者高于 2 级放电过流检测电压 (V_{PDOC2}) 的时间超过 2 级放电过流检测延迟时间 (T_{PDOC2}), 则芯片关闭放电控制用的 MOSFET (NDDRV 输出低电平), 停止放电, 这个状态称为“放电过流状态”。

而一旦 CS 电压高于负载短路检测电压 (V_{PSC}) 的时间超过负载短路检测延迟时间 (T_{PSC}), 则芯片关闭放电控制用的 MOSFET (NDDRV 输出低电平), 停止放电, 这个状态称为“负载短路状态”。

放电过流状态和负载短路状态的释放需要移除负载。

在放电过流状态和负载短路状态, OC_ALM 输出低电平。

3.5 温度异常状态

在正常工作状态下, 芯片每个检测周期 (T_{TDET}) 检测一次电池包的温度。

3.5.1 放电过温保护状态

芯片在放电状态下检测到一次电池包的温度超过放电过温保护温度 (T_{DOT})，将立即进入“放电过温保护状态”，同时关闭充放电 MOSFETs。

放电过温保护状态恢复需要同时满足以下两个条件：

- (1) 电池包的温度低于放电过温保护迟滞恢复温度 (T_{DOTR})
- (2) 负载移除或者充电器连接。

在放电过温保护状态，DOT_ALM 和 COT_ALM 输出低电平。

3.5.2 充电过温保护状态

芯片在充电状态下检测到两次电池包的温度超过充电过温保护温度 (T_{COT})，将立即进入“充电过温保护状态”，同时关闭充电 MOSFET。

充电过温保护状态恢复需要以下两个条件之一：

- (1) 电池包的温度低于充电过温保护迟滞恢复温度 (T_{COTR})
- (2) 移走充电器并连接负载，充电过温保护状态解除，充电 MOSFET 打开。

在充电过温保护状态，COT_ALM 输出低电平。

3.5.3 充电低温保护状态

芯片在充电状态下检测到两次电池包的温度低于充电低温保护温度 (T_{CUT})，将立即进入“充电低温保护状态”，同时关闭充电 MOSFET。

充电低温保护状态恢复需要以下两个条件之一：

- (1) 电池包的温度高于充电低温保护迟滞恢复温度 (T_{CUTR})
- (2) 移走充电器并连接负载，充电低温保护状态解除，充电 MOSFET 打开。

4. Demo 介绍

4.1 4 节串联的电池包保护板 Demo

4.1.1 Demo 线路图

见图 1.

4.1.2 Demo PCB Layout

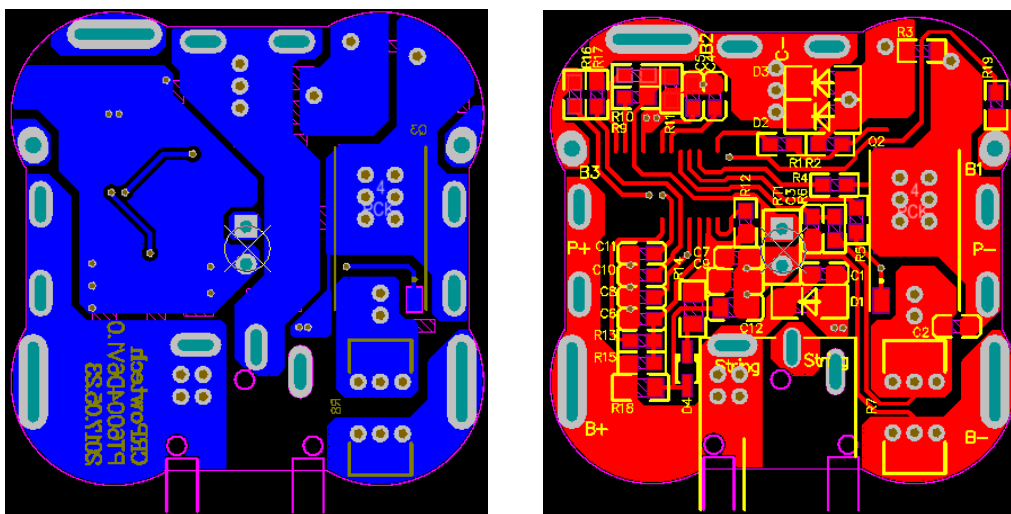


Fig. 2

4.1.3 Demo 硬件布局及接线

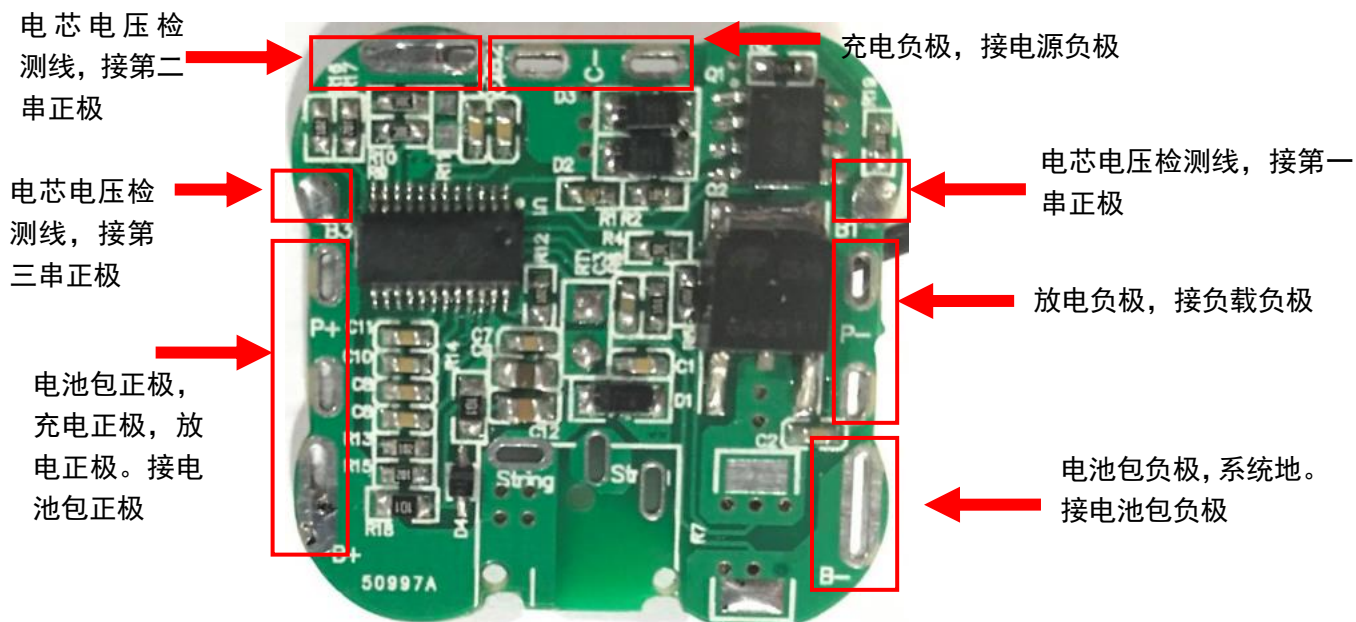


Fig. 3

4.1.4 Demo 元件清单

Designator	Footprint	Quantity	Value
C1, C2, C4, C5, C6, C7, C8, C10, C11	0603	9	0.1uF/50V
C3	0603	1	0.047uF/50V
C9	0805	1	4.7uF/50V
C12	0805	1	2.2uF/50V
R12,R13,R15,R16,R17,R19	0603	6	1K
R6	0603	1	100R
R14,R18	0805	2	100R
R9,R10	0603	2	20K
R1,R3	0603	2	510K

R5	0603	1	2K
R4	0603	1	10K
R2	0603	1	1M
D1	SOD123	1	SOD1F7
D2, D3	SOD123	2	SK34
D4	SOD-323	1	1N4148
Q1	SOP-8	1	AO4480
Q2	TO-252AA	1	AOD510
R7,	R-2512 1W	1	2512
RT1	HDR1X2	1	103AT_3435
U1	SSOP-24	1	PT6004

1. 关键元件参数设计

5.1 VCx 的输入电阻和电容的选择

VCx 的输入电阻需与内部采样电路匹配，以保证电池电压的采样精度。建议的电阻值为 1KΩ。

输入电容与输入电阻构成 RC 滤波电路，以抑制 VCx 引脚的尖峰脉冲。建议使用 47~470nF/50V 的 X7R 陶瓷电容。

5.2 VCC 的输入电阻和输入电容的选择

为保证 VCC 的电势足够高，以使 VCx 采样电路的 MOSFET 完全打开或关闭，VCC 需从最高一节电池取电，且输入电阻需尽量小，推荐的电阻值为 200Ω。

VCC 输入端的二极管和电容可以在电池包电压瞬间掉电时维持芯片正常工作。输入电容推荐使用 4.7 μF/25V 的陶瓷电容。

5.3 电流采样电阻 Rcs 的选择

Rcs 决定了电池包过流保护的电流阈值和短路保护的电流阈值。

$$I_{PDOCl} = \frac{V_{PDOCl}}{R_{CS}}; I_{PDOc2} = \frac{V_{PDOc2}}{R_{CS}}; I_{PSC} = \frac{V_{PSC}}{R_{CS}}$$

Rcs 需选择合适的封装，以防止电池包短路时 Rcs 在触发过流保护之前烧断。

Rcs 采样的电压需经 RC 滤波后再到 CS 引脚，以防止异常事件引起的干扰使 CS 引脚发生误判。采样电阻两端的电压检测推荐使用开尔文连接，以降低寄生参数的影响。

5.4 温度保护阈值的设置

温度检测电路如图 4。温度感应电阻为 B=3435 的 NTC：103AT。

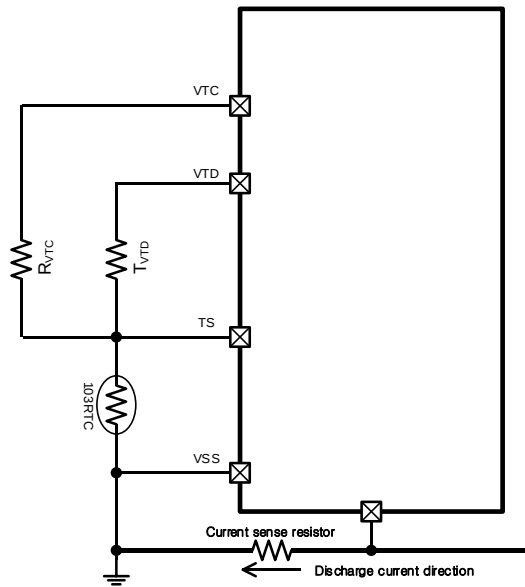


Fig. 4 温度检测电路

5.4.1 放电过温保护阈值 (T_{DOT}) 的设定

T_{DOT} 由 R_{VTD} 设定。

$$R_{VTD} = 9 \times R_{DOT}$$

其中, R_{DOT} 为 NTC 的 AT103 与 T_{DOT} 对应的阻值。

例如:

$T_{DOT}=65^{\circ}\text{C}$, $R_{DOT}=2.588\text{K}\Omega$, 则 $R_{VTD}=23\text{K}\Omega$;

$T_{DOT}=70^{\circ}\text{C}$, $R_{DOT}=2.228\text{K}\Omega$, 则 $R_{VTD}=20\text{K}\Omega$;

$T_{DOT}=75^{\circ}\text{C}$, $R_{DOT}=1.924\text{K}\Omega$, 则 $R_{VTD}=17\text{K}\Omega$;

5.4.2 充电过温保护阈值 (T_{COT}) 和充电低温保护阈值 (T_{CUT}) 的设定

T_{COT} 和 T_{CUT} 由 R_{VTC} 设定。

$$R_{VTC} = 4.75 \times R_{COT}$$

$$R_{CUT} = 7.125 \times R_{COT}$$

其中, R_{COT} 为 NTC 的 AT103 与 T_{COT} 对应的阻值, R_{CUT} 为 NTC 的 AT103 与 T_{CUT} 对应的阻值。

例如:

$T_{COT}=45^{\circ}\text{C}$, $R_{COT}=4.911\text{K}\Omega$, 则 $R_{VTC}=23\text{K}\Omega$, $R_{CUT}=34.5\text{K}$ 对应 $T_{CUT}=-5.5^{\circ}\text{C}$;

C;

$T_{COT}=50^{\circ}\text{C}$, $R_{COT}=4.16\text{K}\Omega$, 则 $R_{VTC}=20\text{K}\Omega$, $R_{CUT}=30\text{K}$ 对应 $T_{CUT}=-2^{\circ}\text{C}$;

5.4.3 取消 DOT/COT/CUT 功能

用 20KΩ 的电阻替代温度感应电阻则不会触发 DOT/COT/CUT 功能。

5.4.4 只取消 CUT 功能

用 51KΩ 的电阻与温度感应电阻并联则不会触发 CUT 功能。

5.5 延迟时间的设置

过充电保护延迟时间 (T_{COV}) 和温度检测周期 (T_{TDET}) 由与 COVT 连接的电容 C_{COVT} 设置。

过放电保护延迟时间 (T_{CUV})、关断延迟时间 (T_{CUV_PD}) 和 1/2 级过流保护延迟时间 (T_{PDOC1} & T_{PDOC2}) 由与 CUVT 连接的电容 C_{CUVT} 设置。

短路保护延迟时间 (T_{PSC}) 为固定的 250μs (典型值)。

TYP					
T_{COV}	[s] =	10.0	X	C_{COVT}	[μF]
T_{TDET}	[s] =	10.0	X	C_{COVT}	[μF]
T_{CUV}	[s] =	10.0	X	C_{CUVT}	[μF]
T_{CUV_PD}	[s] =	110	X	C_{CUVT}	[μF]
T_{PDOC1}	[s] =	10.0	X	C_{CUVT}	[μF]
T_{PDOC2}	[s] =	1.0	X	C_{CUVT}	[μF]

5.6 充放电 MOSFET 的选择

放电 MOSFET 要求使用 N 型 MOSFET。根据要求的放电过流阈值选择合适 $R_{DS(on)}$ 和封装的 MOSFET。

充电 MOSFET 可使用 P 型和 N 型 MOSFET，分别使用 PCDRV 和 NCDRV 驱动。充放电共用端口时，需根据要求的放电过流阈值选择合适 $R_{DS(on)}$ 和封装的 N 型 MOSFET。

充放电 MOSFETs 需在源极和漏极之间并联 0.1μF/50V 的陶瓷电容，以吸收感性负载在电流变化时产生的浪涌电势。

放电 MOSFET 的驱动可通过 DCTL 引脚控制。当 DCTL 为高电平时，放电 MOSFET 的状态由芯片控制，当 DCTL 为低电平或浮空时，放电 MOSFET 被关闭。

6. PCB Layout 注意事项

6.1 主功率管宽度需满足放电过电流阈值的要求，以免温度过高。

6.2 充放电 MOSFETs 的热沉需连接到较大的敷铜，以帮助 MOSFETs 散热。

6.3 电流感应信号与 GND 需使用差分连接，且 CS 引脚的 RC 滤波电路需靠近芯片 CS 引

脚。

6.4 VCx 和 VCC 的输入电阻和输入电容需靠近芯片摆放。

6.5 芯片的地尽量使用独立完整的敷铜, 并单点连接到电池包的地, 以减小寄生参数的影响。

6.6 芯片的信号线尽量远离 PCB 的板边。

7 应用注意事项

7.1 电池组上电时需由低到高依次上电, 且 VCC 需经 RC 电路连接到电池包的最高端

7.2 温度感应电阻的感应端子需紧贴最中间的电芯表面, 以保证能够检测到电芯的最高表面温度。

7.3 VCx 除了最高侧的输入电阻, 其他的输入电阻发生开路时, 芯片将无法检测对应电池的过充和过放状态, 故组装时需防止输入电阻受碰撞而断裂。