

FHDW01A

高精度锂电池保护电路

特点

- 单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
- 在过放电情况下，可选择允许低功耗模式或禁止低功耗模式
- 高精度过电流放电保护检测
- 电池短路保护
- 可选择多种型号的检测电压和延迟时间
- 可选择不同型号 0V-电池充电允许/禁止
- 极少的外围元器件
- 超小型化的 SOT23-6 封装

应用

- 锂电池的充电、放电保护电路
- 电话机电池或其它锂电池高精度保护器

概述

FHDW01A电路是一款高精度的单节可充电锂电池的过充电和过放电保护电路，它集高精度过电压充电保护、过电压放电保护、过电流放电保护等性能于一身。

正常状态下，FHDW01A的 V_{DD} 端电压在过电压充电保护阈值 (V_{OC}) 和过电压放电保护阈值 (V_{OD}) 之间，且其 V_M 检测端电压在充电器检测电压 (V_{CHG}) 与过电流放电保护阈值 (V_{EDI}) 之间，此时 FHDW01A 的 C_{OUT} 端和 D_{OUT} 端都输出高电平，分别使外接充电控制 N-MOS 管 Q1 和放电控制 N-MOS 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。

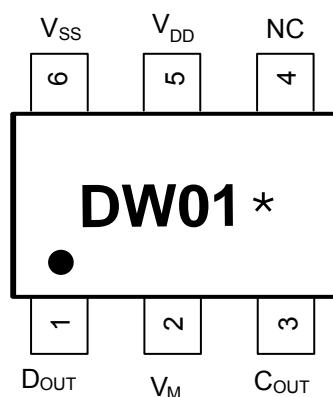
FHDW01A通过检测 V_{DD} 或 V_M 端电压（相对于 V_{SS} 端）来进行过充/放电保护。当充/放电保护条件发生时， C_{OUT}/D_{OUT} 由高电平变为低电平，使 Q1/Q2 由导通变为截止，从而充/放电过程停止。

FHDW01A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。

FHDW01A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。

管脚排列

顶视图



SOT23-6

图-2 FHDW01A系列管脚排列及丝印（*号丝印不固定）

电压检测阈值及延迟时间

[表 1] 各型号主要参数及性能

| 型号 | V_{OCTYP} | V_{OCRTYP} | V_{ODTYP} | V_{ODRTYP} | V_{EDITYP} | $V_{SHORTTYP}$ | 0V 充电 | 过放自恢复 |
|---------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|-------|-------|
| FHDW01A | 4.280V | 4.080V | 2.400V | 3.000V | 0.150V | 1.260V | 允许 | 允许 |

注： V_{OCTYP} — 过电压充电保护阈值典型值； V_{OCRTYP} — 过电压充电恢复阈值典型值。

V_{ODTYP} — 过电压放电保护阈值典型值； V_{ODRTYP} — 过电压放电恢复阈值典型值。

V_{EDITYP} — 过电流放电保护阈值典型值； $V_{SHORTTYP}$ — 短路保护阈值典型值。

[表 2] 保护延迟时间典型值

| 过电压充电保护延迟时间 (T_{OCTYP}) | 过电压放电保护延迟时间 (T_{ODTYP}) | 过电流放电保护延迟时间 (T_{EDITYP}) | 短路保护延迟时间 ($T_{SHORTTYP}$) |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 110ms | 55ms | 7.0ms | 400us |

功能框图

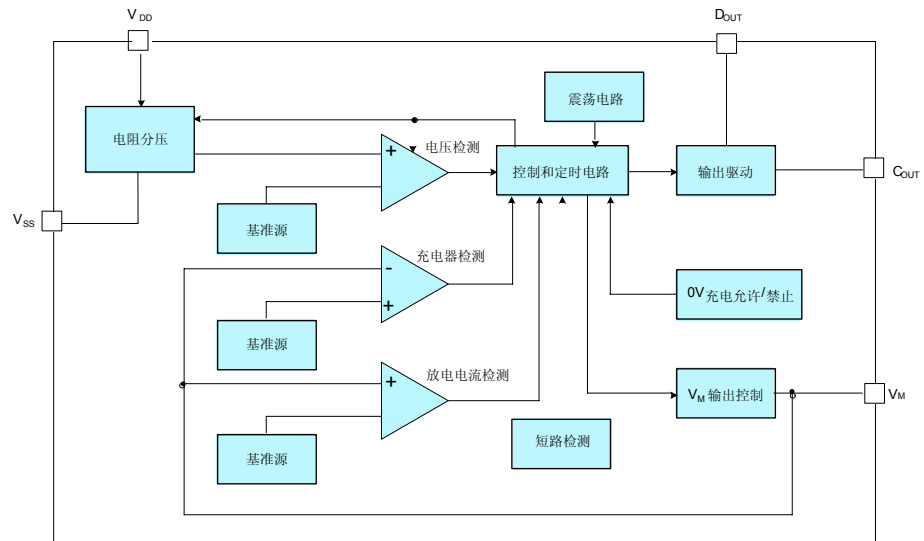


图-1 FHDW01A系列功能框图

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-MOS 管 Q2 的栅极 (G 极) 相连。 |
| V_M | 2 | 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 $1k\Omega$) 与外部充电控制 N-MOS 管 Q1 的源极 (S 极) 相连, 从而检测充/放电电流在两个 N-MOS 管 (Q1 和 Q2) 上形成的压降。 |
| C_{OUT} | 3 | O | 充电控制输出端 与外部充电控制 N-MOS 管 Q1 的栅极 (G 极) 相连。 |
| NC | 4 | | 悬空 |
| 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 $0.1\mu F$ 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~+10V | 贮存温度 | -65°C~150°C |
| V_M 、 C_{OUT} 端允许输入电压 ... | $V_{DD}-35V\sim V_{DD}+0.3V$ | 功耗 P_D ($T_A=25^\circ\text{C}$) | |
| D_{OUT} 端允许输入电压 | -0.3V~ $V_{DD}+0.3V$ | SOT23-6 封装 (热阻 $\theta_{JA}=200^\circ\text{C/W}$) | 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

(除非特别说明，典型值的测试条件为： $V_{DD}=3.6V$ ， $T_A=25^\circ\text{C}$ 。标注“◆”的工作温度为： $-40^\circ\text{C}\leq T_A\leq 85^\circ\text{C}$)

[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 |
| 过电压充电保护阈值 (由低到高) | V_{OC} | | $V_{OCTYP}-0.050$ | V_{OCTYP} | $V_{OCTYP}+0.050$ | V |
| | | | ◆ $V_{OCTYP}-0.080$ | V_{OCTYP} | $V_{OCTYP}+0.080$ | V |
| 过电压充电恢复阈值 (由高到低) | V_{OCR} | $R1=100\Omega$ (注) | $V_{OCRTP}-0.050$ | V_{OCRTP} | $V_{OCRTP}+0.050$ | V |
| | | | ◆ $V_{OCRTP}-0.080$ | V_{OCRTP} | $V_{OCRTP}+0.080$ | V |
| 过电压充电保护延迟时间 | t_{OC} | $V_{DD}=3.6V\rightarrow 4.4V$ | $0.7\times t_{OCTYP}$ | t_{OCTYP} | $1.3\times t_{OCTYP}$ | ms |
| 过电压放电保护阈值 (由高到低) | V_{OD} | | $V_{ODTYP}-0.075$ | V_{ODTYP} | $V_{ODTYP}+0.075$ | V |
| | | | ◆ $V_{ODTYP}-0.105$ | V_{ODTYP} | $V_{ODTYP}+0.105$ | V |
| 过电压放电恢复阈值 (由低到高) | V_{ODR} | | $V_{ODRTYP}-0.075$ | V_{ODRTYP} | $V_{ODRTYP}+0.075$ | V |
| | | | ◆ $V_{ODRTYP}-0.105$ | V_{ODRTYP} | $V_{ODRTYP}+0.105$ | V |
| 过电压放电保护延迟时间 | t_{OD} | $V_{DD}=3.6V\rightarrow 2.4V$ | $0.7\times t_{ODTYP}$ | t_{ODTYP} | $1.3\times t_{ODTYP}$ | ms |
| 过电流放电保护阈值 | V_{EDI} | | $V_{EDITYP}-0.020$ | V_{EDITYP} | $V_{EDITYP}+0.020$ | V |
| 过电流放电保护延迟时间 | t_{EDI} | | $0.7\times t_{EDITYP}$ | T_{EDITYP} | $1.3\times t_{EDITYP}$ | ms |
| 过电流放电恢复延迟时间 | t_{EDIR} | | 1.20 | 1.80 | 2.40 | ms |
| 电池短路保护阈值 | V_{SHORT} | V_M 端电压 | $V_{SHORTTYP}-0.55$ | $V_{SHORTTYP}$ | $V_{SHORTTYP}+0.40$ | V |
| 电池短路保护延迟时间 | t_{SHORT} | | $0.5\times t_{SHORTTYP}$ | $t_{SHORTTYP}$ | $1.5\times t_{SHORTTYP}$ | μs |
| 充电器检测电压 | V_{CHG} | $V_{DD}=3.0V$ | -0.27 | -0.5 | -0.86 | V |
| V_M 至 V_{DD} 之间的上拉电阻 | R_{VMD} | $V_{DD}=1.8V$, $V_M=0V$ | 100 | 300 | 900 | k Ω |
| V_M 至 V_{SS} 之间的下拉电阻 | R_{VMS} | | 15 | 30 | 45 | k Ω |
| C_{OUT} 输出低电平下拉电阻 | | | | 4 | | M Ω |
| C_{OUT} 输出高电平 | | $V_{DD}=3.9V$, $I_{COUT}=10\mu\text{A}$ | $V_{DD}-0.4$ | $V_{DD}-0.2$ | | V |
| D_{OUT} 输出低电平 | | $V_{DD}=2.0V$, $I_{DOUT}=10\mu\text{A}$ | | 0.2 | 0.4 | V |
| D_{OUT} 输出高电平 | | $V_{DD}=3.9V$, $I_{DOUT}=10\mu\text{A}$ | $V_{DD}-0.4$ | $V_{DD}-0.2$ | | V |
| 电源电流 | I_{DD} | $V_{DD}=3.9V$ | | 2.0 | 6.0 | μA |
| 低功耗模式静态电流 | I_{PDWN} | $V_{DD}=2.0V$ | | 0.7 | 1.0 | μA |
| 0V 充电允许电压阈值 (0V 充电允许型号) | V_{OV_CHG} | 充电器电压 | 1.2 | | | V |
| 0V 充电禁止阈值 (0V 充电禁止型号) | V_{OV_INH} | 电池电压, $V_M=-2.0V$ | | | 1.2 | V |



注：1. 除非特别说明，所有电压值均相对于 V_{SS} 而言
2. 参见应用线路图-3。

功能描述

FHDW01A系列是一款高精度的锂电池保护电路。正常状态下，如果对电池进行充电，则FHDW01A可能会进入过电压充电保护状态；同时，满足一定条件后，又会恢复到正常状态。如果对电池放电，则可能会进入过电压放电保护状态或过电流放电保护状态；同时，满足一定条件后，也会恢复到正常状态。图3示出了其典型应用线路图，图4是其状态转换图。下面就各状态进行详细描述。

正常状态

在正常状态下，FHDW01A由电池供电，其 V_{DD} 端电压在过电压充电保护阈值 V_{OC} 和过电压放电保护阈值 V_{OD} 之间， V_M 端电压在充电器检测电压(V_{CHG})与过电流放电保护阈值(V_{EDI})之间， C_{OUT} 端和 D_{OUT} 端都输出高电平，外接充电控制N-MOS管Q1和放电控制N-MOS管Q2均导通。此时，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

• 保护条件

正常状态下，对电池进行充电，如果使 V_{DD} 端电压升高超过过电压充电保护阈值 V_{OC} ，且持续时间超过过电压充电保护延迟时间 t_{OC} ，则FHDW01A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-MOS管Q1关闭，充电回路被“切断”，即FHDW01A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FHDW01A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 V_{DD} 端电压低于过电压充电恢复阈值 V_{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 V_{DD} 端电压低于过电压充电保护阈值 V_{OC} ，且 V_M 端电压高于过电流放电保护阈值 V_{EDI} （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）。

FHDW01A恢复到正常状态以后，充电控制端 C_{OUT} 将输出高电平，使外接充电控制N-MOS管Q1回到导通状态。

FHDW01A进入过电压充电保护状态后，如果外部一直有充电器，致使 V_M 电压小于充电器检测电压(V_{CHG})，那么即使当其 V_{DD} 降至 V_{OCR} 以下，FHDW01A也不会恢复到正常状态。此时必须去掉充电器，FHDW01A才会回到正常状态。

过电压放电保护/低功耗状态

• 保护条件

正常状态下，如果电池放电使 V_{DD} 端电压降低至过电压放电保护阈值 V_{OD} ，且持续时间超过过电压放电保护延迟时间 t_{OD} ，则FHDW01A将使放电控制端 D_{OUT} 由高电平转为 V_{SS} 端电平（低电平），从而使外接放电控制N-MOS管Q2关闭，放电回路被“切断”，即FHDW01A

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 $0.7\mu A$ 。

• 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FHDW01A电路的 V_M 端电压低于电池短路保护阈值 V_{SHORT} ，则它将恢复到过电压放电保护状态，此时，放电控制端 D_{OUT} 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FHDW01A又将回到低功耗模式；只有继续对电池充电，当 V_{DD} 端电压大于过电压放电保护阈值 V_{OD} 时，FHDW01A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 V_{DD} 端电压超过过电压放电恢复阈值 V_{ODR} ，此时FHDW01A也将从过电压放电保护状态恢复到正常状态；

FHDW01A恢复到正常状态以后，放电控制端 D_{OUT} 将输出高电平，使外接放电控制N-MOS管Q2回到导通状态。

过电流放电/电池短路保护状态

• 保护条件

正常状态下，通过负载对电池放电，FHDW01A电路的 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} ，且持续时间超过过电流放电保护延迟时间 t_{EDI} ，则FHDW01A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FHDW01A进入电池短路保护状态。

FHDW01A处于过电流放电/电池短路保护状态时， D_{OUT} 端将由高电平转为 V_{SS} 端电平，从而使外接放电控制N-MOS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FHDW01A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，FHDW01A即可“自恢复”

FHDW01A恢复到正常状态以后，放电控制端 D_{OUT} 将输出高电平，使外接放电控制N-MOS管Q2回到导通状态。

充电器检测

FHDW01A处于过电压放电保护状态下，如果外部接有充电器，致使 V_M 端电压低于充电器检测电压(V_{CHG})，则只要FHDW01A的 V_{DD} 电压大于 V_{OD} ，FHDW01A即可恢复到正常状态；如果充电器电压不能使 V_M 端电压低于 V_{CHG} ，则 V_{DD} 电压必须大于 V_{ODR} ，FHDW01A才能恢复到正常状态。这就是通常所说的充电器检测功能。

0V 电池充电

• 0V 电池充电允许

对于0V电池充电允许的电路，如果使用充电器对电池充电，使FHDW01A电路的 V_{DD} 端相对 V_M 端的电压

大于0V充电允许阈值 V_{0V_CHG} 时，其充电控制端 C_{OUT} 将被连接到 V_{DD} 端。若该电压能够使外接充电控制N-MOS管Q1导通，则通过放电控制N-MOS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；当电池电压升高至使 V_{DD} 端电压超过过电压放电保护阈值 V_{OD} 时，FHDW01A将回到正常状态，同时放电控制端 D_{OUT} 输出高电平，使外接放电控制N-MOS管处于导通状态。

• 0V 电池充电禁止

对于0V电池充电禁止的电路，如果电池电压低至使FHDW01A电路的 V_{DD} 端电压小于0V充电禁止阈值 V_{NOCHG} ，则其充电控制端 C_{OUT} 将被短接到 V_M 端，使外接充电控制N-MOS管始终处于关闭状态。

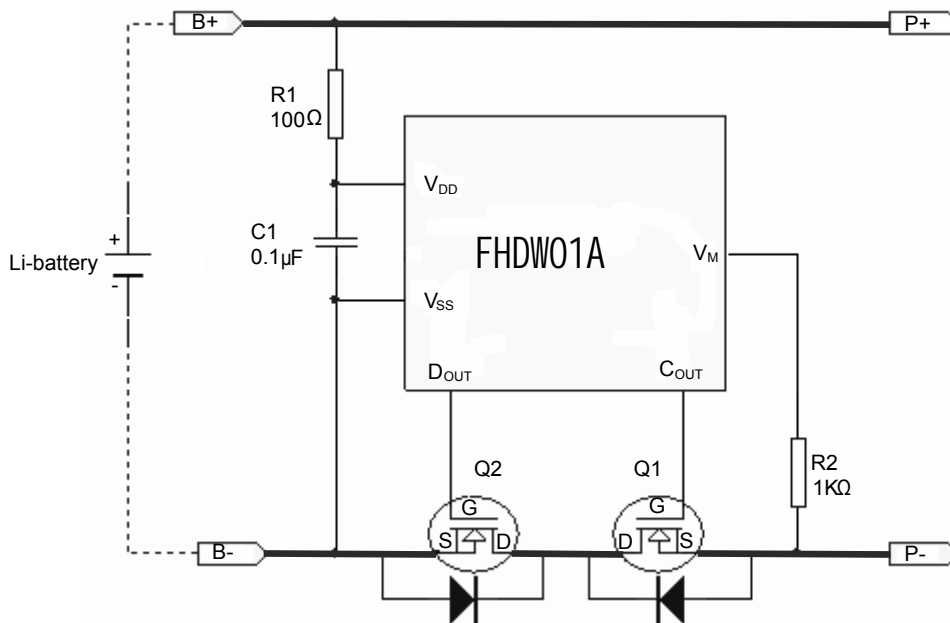


图-3 FHDW01A典型应用电路图

应用中的几个问题

Q1 和 Q2 的选择

Q1和Q2可以选择同型号的N-MOS管，其栅极源极开启电压 $V_{GS(th)}$ 在0.4V与过电压放电保护阈值 V_{OD} 之间。如果 $V_{GS(th)}$ 小于0.4V，则可能会导致过电压充电保护保护时，Q1不能有效的“关闭”；如果 $V_{GS(th)}$ 大于 V_{OD} ，则可能会在未进入过电压放电保护状态下，Q2提前“关闭”。

同时，Q1和Q2的栅极源极承受电压 V_{GS} 应大于使用充电器时 V_{DD} 端的电压，否则在对电池充电过程中，可能会导致Q1和Q2的损坏。

R1 和 R2 的确定

R1的推荐使用 100Ω 的电阻，R2的推荐使用 $1k\Omega$ 的电阻，要求R1的阻值小于R2。

因为各种检测阈值是对于FHDW01A电路 V_{DD} 端电压而言，而 V_{DD} 端通过R1与电池连接，如果R1太大，将

会导致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FHDW01A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不宜太大，应控制在 500Ω 以内。

R2不宜太小，当充电器接反或充电器充电电压太高时，它可以作为限流电阻来保护FHDW01A电路；同时R2亦不能太大，否则当充电器充电电压太高时，充电电流将不能被有效“切断”，因此，R2应控制在 500Ω 至 $2.2k\Omega$ 之间。

C1 的确定

C1与R1构成滤波网络，对 V_{DD} 端电压进行去藕。C1可选择 $0.1\mu F \sim 1\mu F$ 的陶瓷电容。

PCB走线

上图3中加粗线为大电流通路，PCB布线时请加粗走线，避免因大电流导致PCB发热增大或降低过流检测电流。

各状态之间的转换图

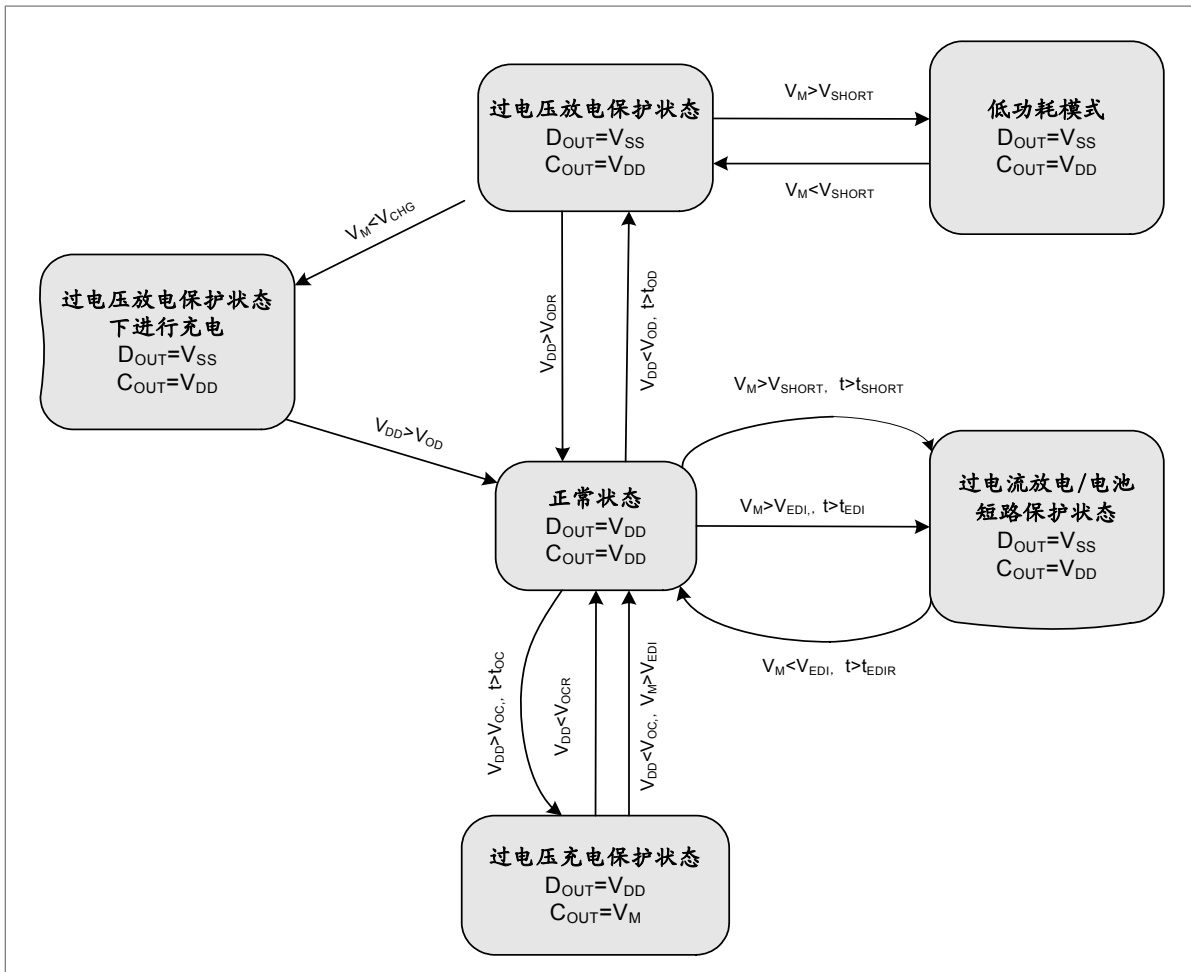


图-4 FHDW01A各状态之间的转换图

状态转换波形图

过电压充电保护和过电压放电保护状态

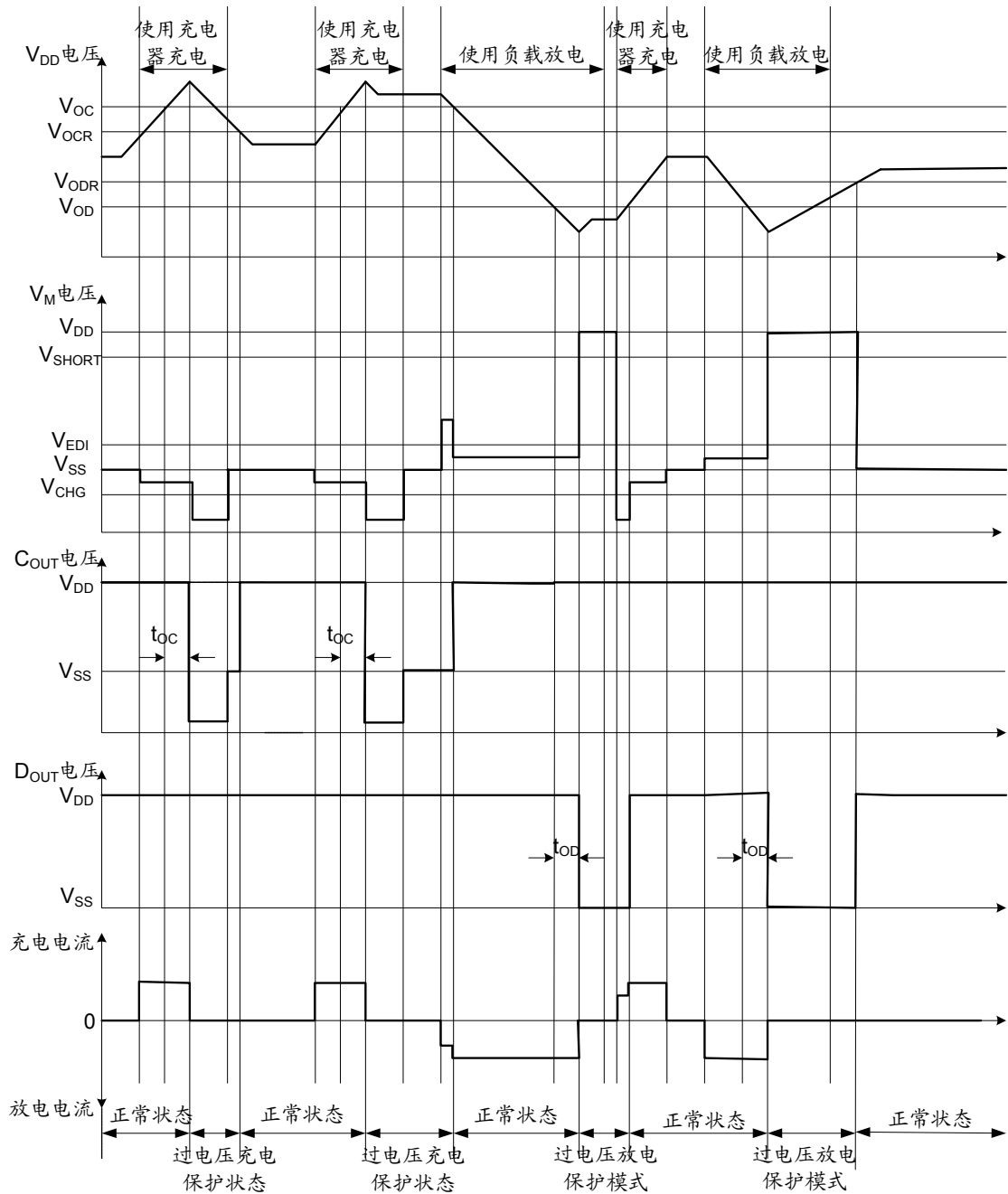


图-5 过电压充电和过电压放电保护状态各点波形图

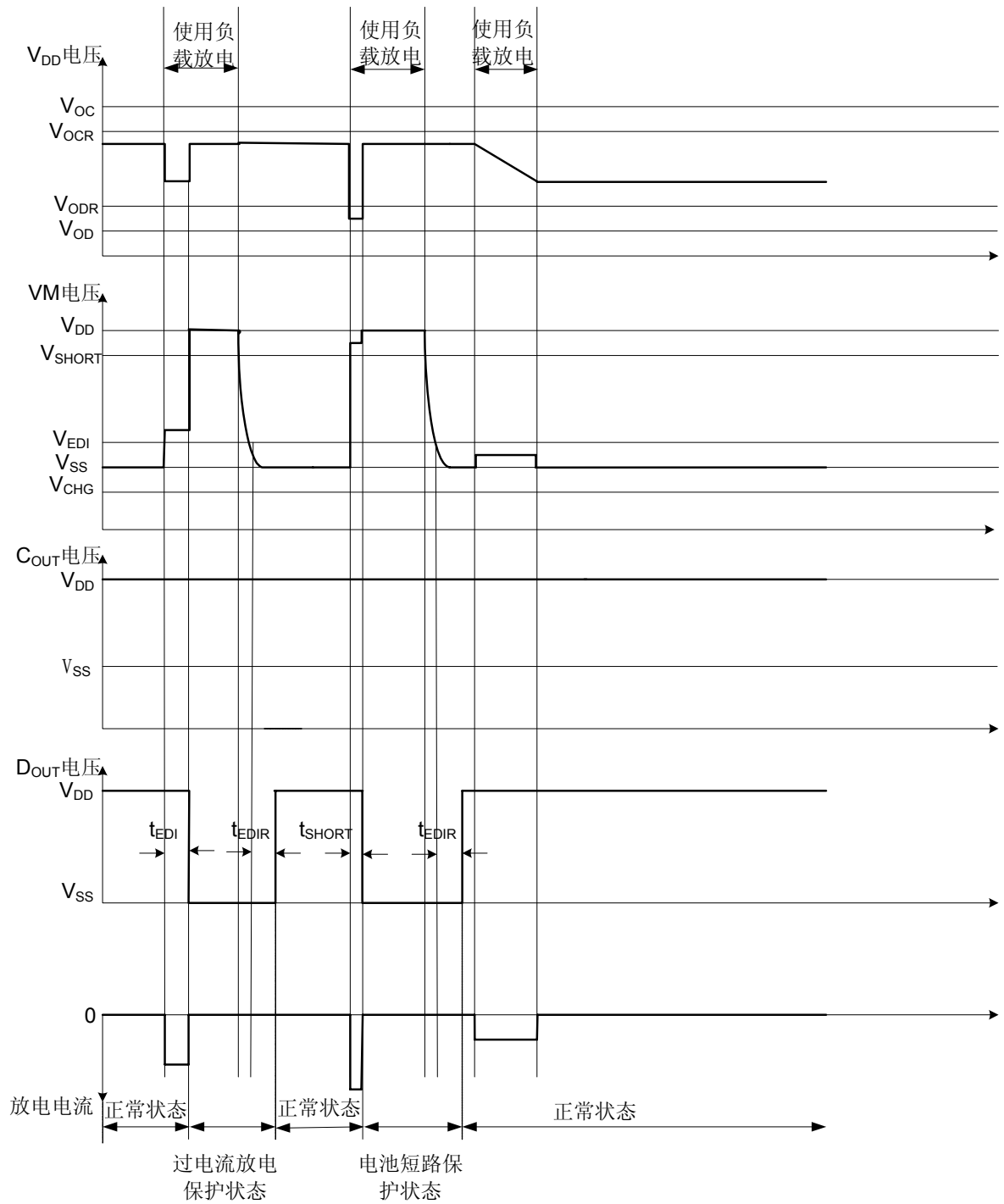


图-6 过电流放电/电池短路保护状态各点波形图

封装尺寸：SOT23-6

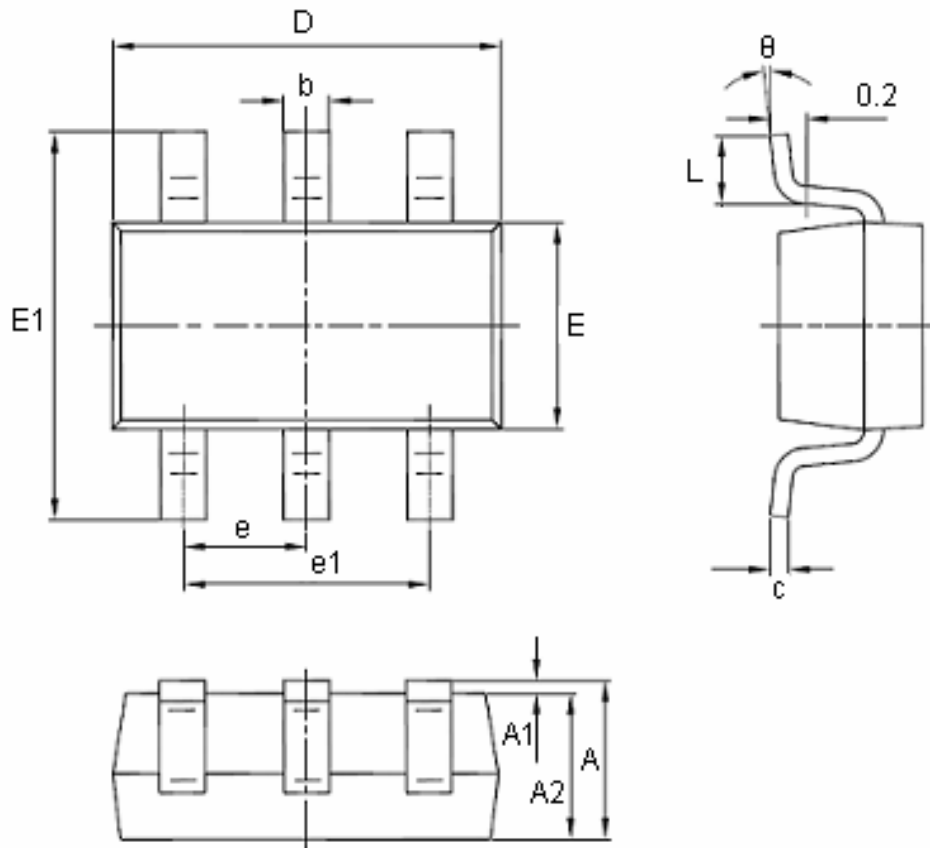


图-7 SOT23-6 封装外形尺寸图

[表-5] 图-9 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 | 2.750 | 3.150 |
| 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° |