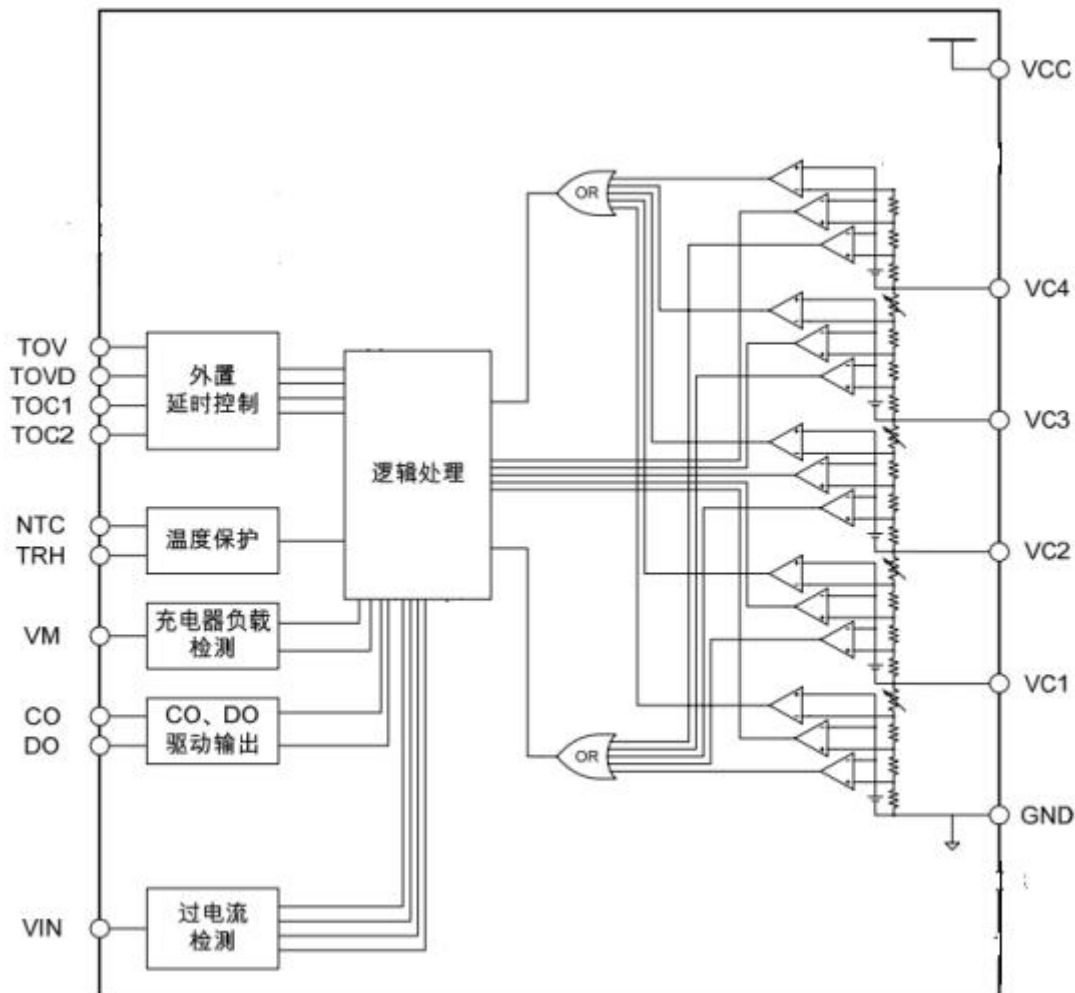




功能框图



产品参数

型号	过充电检测电压 V_{DET1}	过充电解除电压 V_{REL1}	过放电检测电压 V_{DET2}	过放电解除电压 V_{REL2}	放电过流 1 检测电压 V_{OC1}	放电过流 2 检测电压 V_{OC2}	短路检测电压 V_{SHORT}	充电过流检测电压 V_{OVCC}
FM04S	4.250V	4.100V	2.800V	3.000V	0.100V	0.400V	0.800V	-0.050V



引脚定义及说明

			引脚号	名称	描述	
VCC	1	<p>TSSOP-16</p>	16	VC4	芯片的电源、电池 4 的正电压连接端子	
TOV	2		15	VC3	接电容, 用于控制过充电检测延时	
TOVD	3		14	VC2	接电容, 用于控制过放电检测延时	
TOC1	4		13	VC1	接电容, 用于控制过电流 1 检测延时	
TOC2	5		12	GND	接电容, 用于控制过电流 2 检测延时	
NTC	6		11	VIN	接负温度系数热敏电阻, 用于温度检测	
TRH	7		10	DO	接电阻, 用于调节高温保护温度	
VM	8		9	CO	过电流保护锁定、充电器及负载检测端子	
				9	CO	充电控制 MOS 栅极连接端子, 高电平与高阻态输出, 最高 12V
				10	DO	放电控制 MOS 栅极连接端子, CMOS 输出, 最高 12V
				11	VIN	放电过电流及充电过电流检测端子
				12	GND	芯片的地、电池 1 的负电压连接端子
				13	VC1	电池 1 的正电压、电池 2 的负电压连接端子
				14	VC2	电池 2 的正电压、电池 3 的负电压连接端子
				15	VC3	电池 3 的正电压、电池 4 的负电压连接端子
				16	VC4	电池 4 的正电压连接端子

绝对最大额定值

项目	符号	适用端子	绝对最大额定值	单位
电源电压	VCC	-	GND-0.3 ~ GND+30	V
各节电池电压	VCELL	Vcell4、 Vcell3、Vcell2、Vcell1	GND-0.3 ~ GND+6	V
VM 输入端子电压	VM	VM	GND-20~ GND+30	V
DO 输出端子电压	VDO	DO	GND-0.3~ VCC+0.3	V
CO 输出端子电压	VCO	CO	GND-20 ~ VCC+0.3	V
工作环境温度	TA	-	-40 ~ 85	℃
贮存温度	TSTG	-	-40~ 125	℃

注意: 绝对最大额定值是指无论在任何条件下都不能超过的额定值。一旦超过此额定值, 有可能造成产品劣化等物理性损伤。



电气特性 (除特殊说明外: $T_A=25^{\circ}\text{C}$)

项目	符号	测试条件*1	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	VCC	-	5	-	30	V
正常功耗	I _{VCC}	V1=V2=V3=V4=3.5V	-	-	25	uA
休眠功耗	I _{STB}	V1=V2=V3=V4=2.0V	-	-	10	uA
过充电	保护阈值	V _{DET1} V1=V2=V3=3.5V V4=3.5→4.4V	V _{DET1} -0.025	V _{DET1}	V _{DET1} +0.025	V
	保护延时	T _{OV} V1=V2=V3=3.5V COV=0.1μF, V4=3.5V→4.4V	0.5	1.0	1.5	S
	解除阈值	V _{REL1} V1=V2=V3=3.5V V4=4.4V→3.5V	V _{REL1} -0.05	V _{REL1}	V _{REL1} +0.05	V
	解除延时	T _{REL1} V1=V2=V3=3.5V V4=4.4V→3.5V	10	20	30	ms
	温度系数 1	K _{U1} Ta= -40℃ to 85℃	-0.6	0	0.6	mV/℃
过放电	保护阈值	V _{DET2} V1=V2=V3=3.5V V4=3.5V→2.0V	V _{DET2} -0.08	V _{DET2}	V _{DET2} +0.08	V
	保护延时	T _{OV_D} V1=V2=V3=3.5V COVD=0.1μF V4=3.5V→2.0V	0.5	1.0	1.5	s
	解除阈值	V _{REL2} V1=V2=V3=3.5V V4=2.0V→3.5V	V _{REL2} -0.10	V _{REL2}	V _{REL2} +0.10	V
	解除延时	T _{REL2} V1=V2=V3=3.5V V4=2.0V→3.5V	10	20	30	ms
放电过流 1	保护阈值	V _{OC1} V1=V2=V3=V4=3.5V V6=0V→0.12V	V _{OC1} *85%	V _{OC1}	V _{OC1} *115%	V
	保护延时	T _{OC1} V1=V2=V3=V4=3.5V COC1=0.1μF V6=0V→0.12V	100	200	300	ms
	解除延时	T _{ROC1} V1=V2=V3=V4=3.5V V6=0V→0.12V→0V	100	200	300	ms
	过流下拉电阻	R _{VMS} V1=V2=V3=V4=3.5V V6=0V→0.12V	100	300	500	kΩ
	温度系数 2	K _{U2} Ta= -40℃ to 85℃	-0.1	0	0.1	mV/℃
过流 2	保护阈值	V _{OC2} V1=V2=V3=V4=3.5V V6=0V→0.5V	V _{OC2} *80%	V _{OC2}	V _{OC2} *120%	V
	保护延时	T _{OC2} V1=V2=V3=V4=3.5V COC2=0.1μF V6=0V→0.5V	10	20	30	ms
	解除延时	T _{ROC2} V1=V2=V3=V4=3.5V V6=0V→0.5V→0V	100	200	300	ms
短路	保护阈值	V _{SHORT} V1=V2=V3=V4=3.5V V6=0V→1.2V	V _{SHORT} *80%	V _{SHORT}	V _{SHORT} *120%	V
	保护延时	T _{SHORT} V1=V2=V3=V4=3.5V V6=0V→1.2V→0V	100	300	600	us



充电过流	保护阈值	V_{OVCC}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V6=0V \rightarrow -0.2V$	V_{OVCC} -0.03	V_{OVCC}	V_{OVCC} +0.03	V
	保护延时	T_{OVCC}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V6=0V \rightarrow -0.2V$	10	20	30	ms
输出电阻	CO	R_{CO}	正常态, Co 为"H" (12V)	3	5	8	$K\Omega$
	DO	R_{DO}	正常态, Do 为"H" (12V)	3	5	8	$K\Omega$
			保护态, Do 为"L"	0.20	0.35	0.50	

*1: 以上测试条件均以锂电参数参考设计, 其他档位参数根据实际电压调整。

工作说明

1. 过充电

电池充电且 $V_{IN} > V_{OVCC}$ 即未发生充电过流时, 只要 $VC1$ 、 $(VC2-VC1)$ 、 $(VC3-VC2)$ 或 $(VC4-VC3)$ 中任意电压值高过 V_{DET1} 并持续了一段时间 T_{OV} , 芯片即认为电池包中出现了过充电状态, CO 由高电平变为高阻态, 被外接电阻下拉至低电平, 将充电控制 MOS 管关断, 停止充电。

满足下面两个条件之一即可解除过充电状态:

- (1) 所有电芯的电压都低于 V_{REL1} 并持续 T_{REL1} ;
- (2) $V_M > 100mV$ (接入负载), 电池电压低于 V_{DET1} 并持续 T_{REL1} 。

2. 过放电

电池放电且 $V_{IN} < V_{OC1}$ 即未发生放电过流时, 只要 $VC1$ 、 $(VC2-VC1)$ 、 $(VC3-VC2)$ 或 $(VC4-VC3)$ 中任意电压值低于 V_{DET2} 并持续了一段时间 T_{OVD} , 芯片即认为电池包中出现了过放电状态, DO 由高电平变为低电平, 将放电控制 MOS 管关断, 停止放电, 此时芯片进入休眠模式。

满足下面两个条件之一即可解除过放电状态 (休眠状态):

- (1) $V_M = 0$ 且所有电芯的电压都高于 V_{REL2} 并持续 T_{REL2} ;
- (2) $V_M < -100mV$ (接入充电器), 电池电压高于 V_{DET2} 并持续 T_{REL2} 。

3. 放电过电流

在放电时, 放电电流随着负载而变化, V_{IN} 电压随着放电电流的增大而增大。当 V_{IN} 电压高于 V_{OC1} 并持续一段时间 T_{OC1} , 即认为出现了过电流 1; 当 V_{IN} 电压高于 V_{OC2} 并持续 T_{OC2} , 即认为出现了过电流 2; 当 V_{IN} 电压高于 V_{SHORT} 并持续 T_{SHORT} , 即认为出现了短路。三种中任意一种状态出现后, DO 由高电平变为低电平, 关断放电控制 MOS 管停止放电, 同时, 过流锁定端子 VM 端内部下拉电阻 R_{VMS} 接入。通常 $V_{OC1} < V_{OC2} < V_{SHORT}$, $T_{OC1} > T_{OC2} > T_{SHORT}$ 。过电流保护时 DO 被锁定为低电平, 断开负载即可解除锁定。

4. 延时设置

过充电延时, 过放电延时由下述公式计算 (单位: s):

$$T_{OV} = 10^7 \times C_{OV} \quad T_{OVD} = 10^7 \times C_{OVD}$$

放电过电流 1 延时由下述公式计算 (单位: s):

$$T_{OC1} = 2 \times 10^6 \times C_{OC1}$$

放电过电流 2 延时由下述公式计算 (单位: s):

$$T_{OC2} = 2 \times 10^5 \times C_{OC2}$$

5. 充电过电流

在充电时, 如果充电电流过大且 $V_{IN} < V_{OVCC}$ 并持续了一段时间 T_{OVCC} , 芯片认为发生了充电过电流状态, CO 被外接电阻下拉至低电平, 充电控制 MOS 管关断, 必须将充电器移除才能解除。



6. 温度保护

为了防止充放电过程中电芯温度过高给电芯带来的损坏,需要进行电芯高温保护。NTC 端子连接热敏电阻用于感应温度变化, TRH 端子连接电阻用于高温保护基准的设置。过温检测时,芯片默认为放电检测。仅当 $VM < -100mV$ 时,芯片识别为充电检测。以充电过温保护为参考,假设充电过温保护时 NTC 电阻阻值 R_{NTC} ,则 TRH 选取的电阻阻值为 $R_{TRH} = 2 * R_{NTC}$,此时放电过温保护时对应的 NTC 阻值为 $0.54 * R_{NTC}$ 对应的温度。我们可通过调节 R_{TRH} 大小来调节充放电过温保护的溫度。

以 NTC 电阻选取 103AT-4 型号为例,常温下 ($25^{\circ}C$) 为 $10K\Omega$,设定充电保护温度为 $55^{\circ}C$ 。 $55^{\circ}C$ 时对应 $R_{NTC} = 3.5K$,则选取 TRH 电阻阻值为 $R_{TRH} = 2 * R_{NTC} = 7K$,放电过温保护时对应 NTC 电阻大小为 $0.54 * R_{NTC} = 1.89K$,对应温度为 $75^{\circ}C$ 。充电过温保护迟滞为 $5^{\circ}C$,放电过温保护迟滞为 $15^{\circ}C$ 。所以当充电温度高于保护温度 $55^{\circ}C$,CO 变为高阻态,由外接电阻下拉至低电平,充电控制 MOS 管关断停止充电,当电芯温度降到 $50^{\circ}C$ 时,CO 变为高电平,充电控制 MOS 重新开启;当放电温度高于保护温度 $75^{\circ}C$,DO 变为低电平,放电 MOS 管关断停止放电,同时充电 MOS 管也关断禁止充电,当电芯温度降到 $60^{\circ}C$ 时,DO 变为高电平,CO 变为高电平,充放电控制 MOS 重新开启。

7. 断线保护

当芯片检测到管脚 VC1、VC2、VC3、VC4 中任意一根或多根与电芯的连线断开,芯片判断为发生了断线,即将 CO 输出高阻态,DO 输出低电平,此保护状态称为断线保护状态。

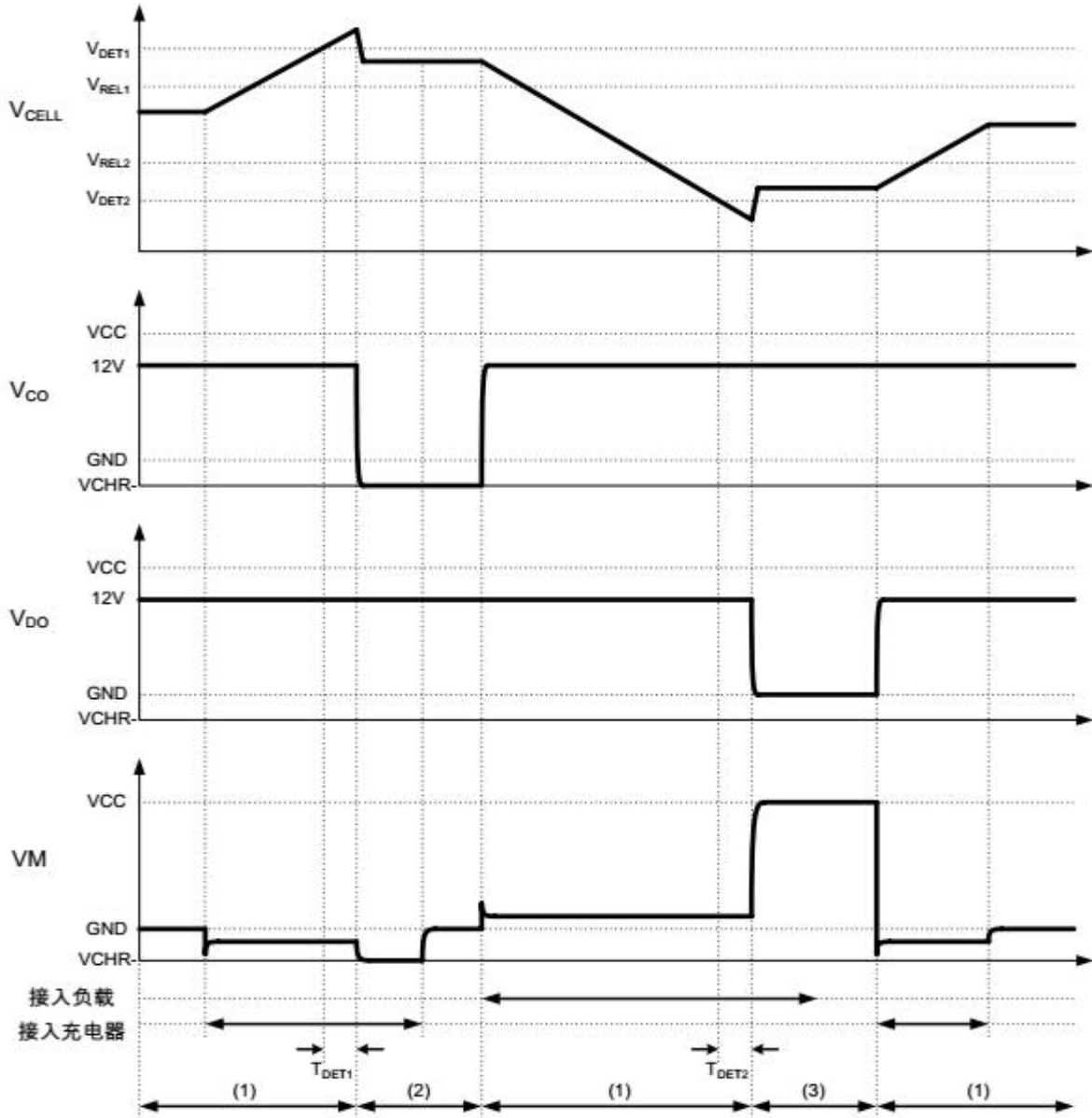
断线保护后,芯片进入低功耗。当断开的连线重新正确连接后,芯片退出断线保护状态。

特别注意,单芯片应用与级联应用时,均不可将芯片引脚 GND 与电芯的连线断开,若断开,芯片无法正常工作,无法进入断线保护。



工作时序图

1. 过充电、过放电保护

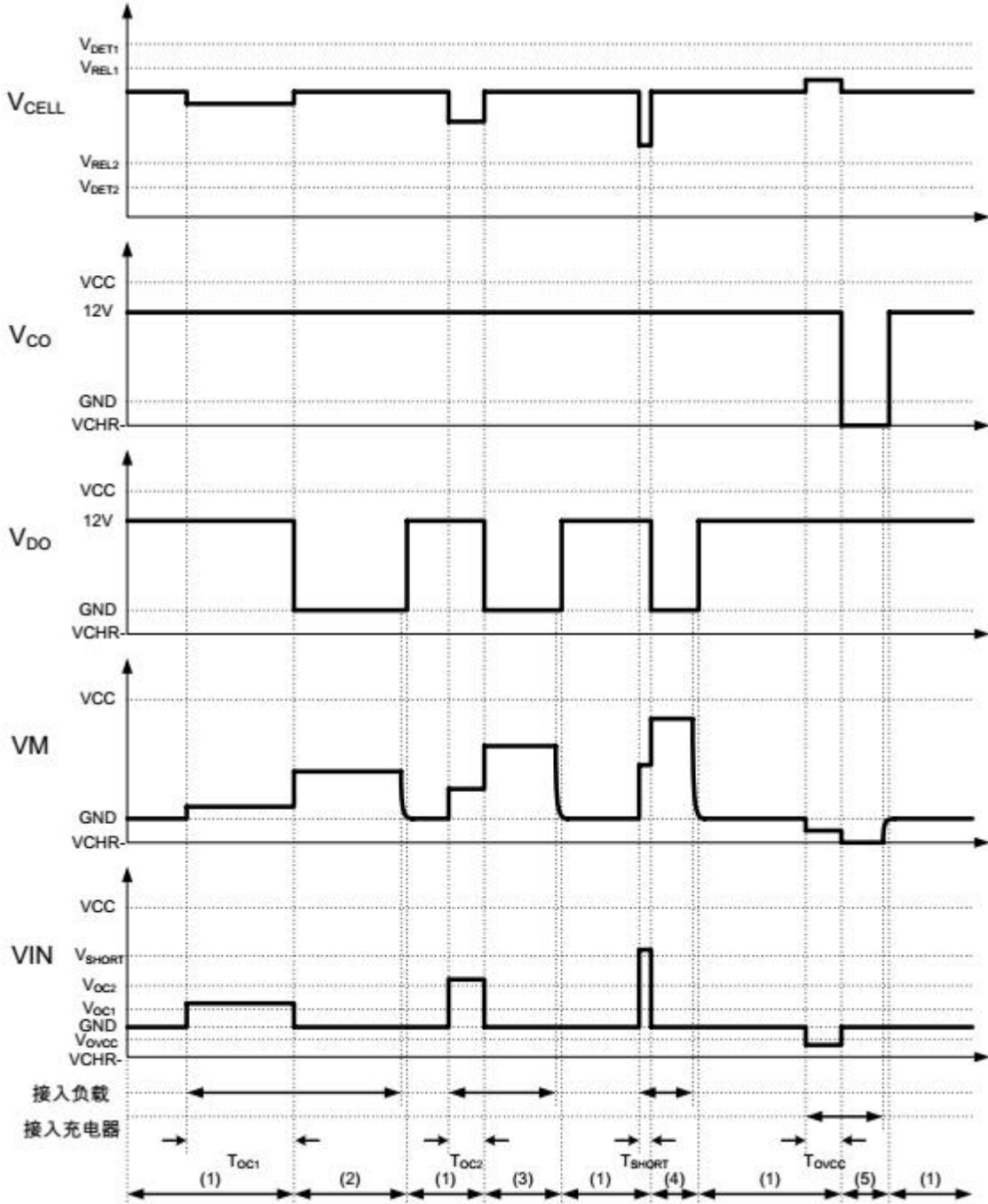


假定为恒流充电，VCHR-为充电器空载时负端电压：

- (1) 通常状态；
- (2) 过充电保护状态；
- 过放电保护状态。



2. 放电过电流、短路、充电过电流保护

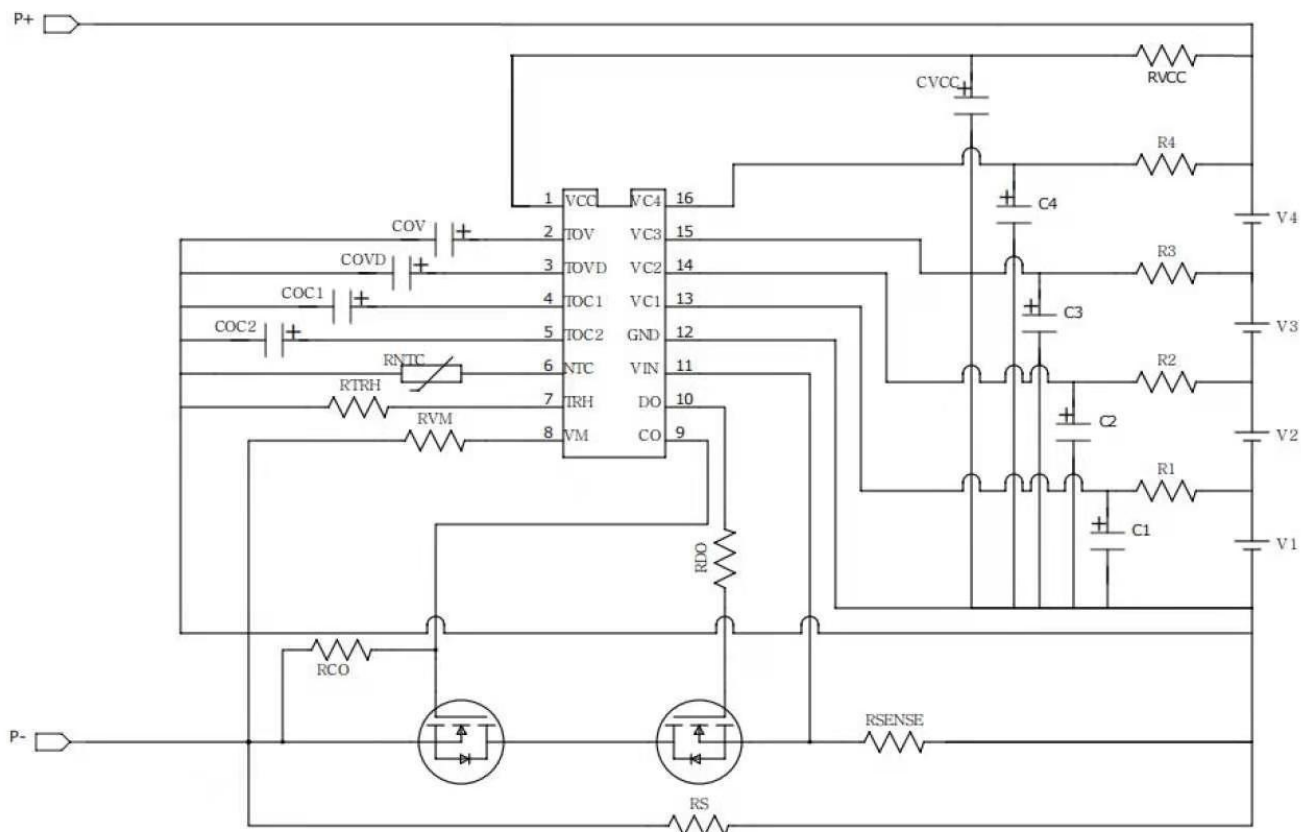


假定为恒流充电，V_{CHR}-为充电器空载时负端电压：

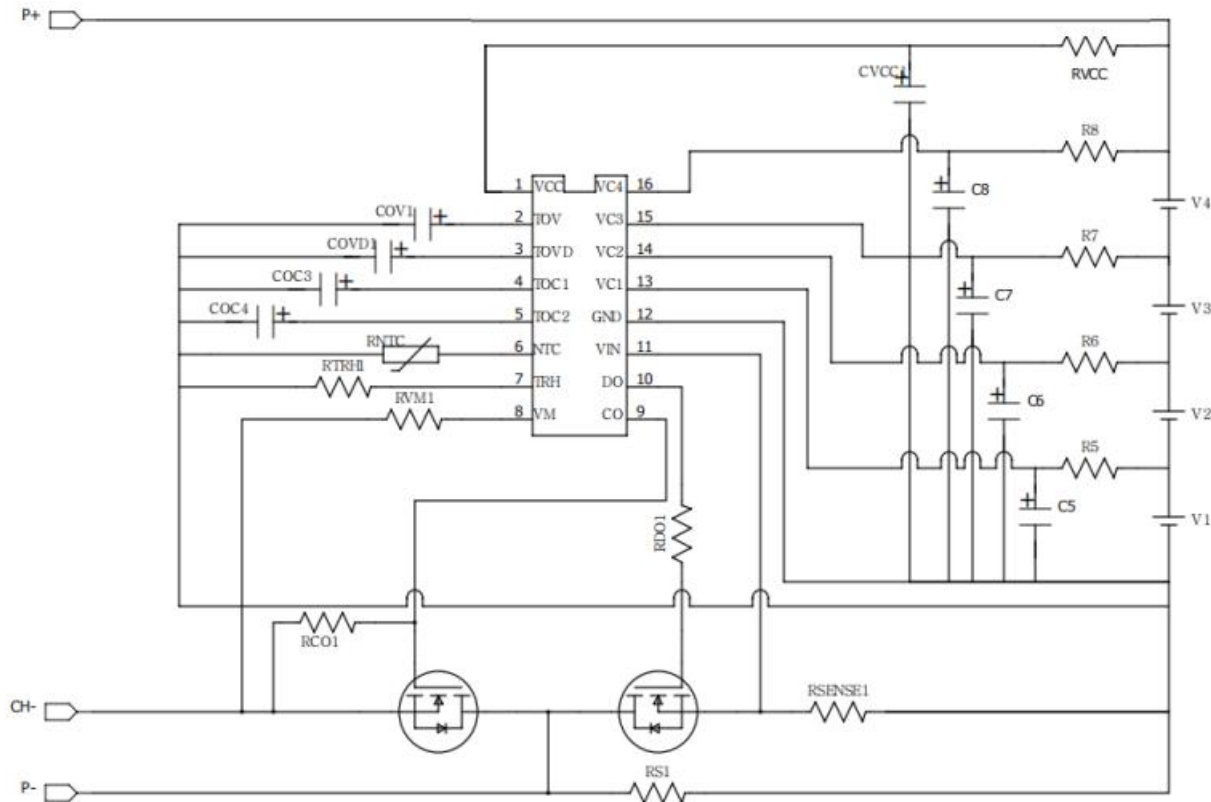
- (1) 通常状态；
- (2) 放电过电流 1 保护状态；
- (3) 放电过电流 2 保护状态；
- (4) 短路保护状态；
- (5) 充电过电流保护状态。



应用电路



充放电回路共用



充放电回路分开

电阻、电容推荐值如下：

器件标号	典型值	范围	单位
R1、R2、R3、R4	1000	100~1000	Ω
RVCC	1000	100~1000	Ω
RNTC	10	--	kΩ
RTRH	7	--	kΩ
RVM	220	10-500	kΩ
RCo、Rs	10	5~15	MΩ
RDo	2	0~10	kΩ
Rsense	5	1~20	mΩ
CVCC	10	10~100	μF
C1、C2、C3、C4	1.0	0.1~10	电容耐压>50V
COV、COVD、COC1、COC2	0.1	--	



测试电路

本章说明是在 5 节电池应用即 SET 端子悬空情况下的 BM3451 系列测试方法。4 节电池应用的情况下, SET 端子接 VCC 电平, 并将 VC1 短接至 GND; 3 节电池应用的情况下, SET 端子接 GND 电平, 并将 VC1 与 VC2 短接至 GND。4 节电池和 3 节电池测试方法可按 5 节电池的测试方法类推。

1. 正常功耗及休眠功耗

测试电路 1

- (1) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, 观察电流表的读数, 流出 GND 的电流即正常功耗。
- (2) 在(1)的基础上, 设定 $V1=V2=V3=V4=2.0V$, 观察电流表的读数, 流出 GND 的电流即休眠功耗。

2. 过充电测试

测试电路 2

2.1 过充电保护及保护解除阈值

设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐渐增大 V4, 维持时间不小于过充电保护延时, 当 CO 由“H”变“L”时的 V4 电压即为过充电保护阈值电压 (V_{DET1}); 逐渐减小 V4, 维持时间不小于过充电保护解除延时, 当 CO 重新变为“H”时, V4 电压即为过充电保护解除阈值电压 (V_{REL1})。

2.2 过充电保护及过充电回复延时

- (1) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, 确保 DO、CO 都为“H”。将 V4 骤升至 4.4V, 监控 CO 电压并维持一段时间, CO 由“H”变“L”的时间间隔即为过充电延时。
- (2) 设定 $V1=V2=V3=3.5V$, $V4=4.4V$, 确保 DO 为“H”, CO 为“L”。将 V4 骤降至 3.5V, 监控 CO 电压并维持一段时间, CO 由“L”变“H”的时间间隔即为过充电回复延时。

3. 过放电测试

测试电路 2

3.1 过放电保护及过放电保护解除阈值

设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐渐减小 V4, 维持时间不小于过放电保护延时, 当 DO 由“H”变为“L”时的 V4 电压即为过放电保护阈值电压 (V_{DET2}); 逐渐增大 V4, 维持时间不小于过放电保护解除延时, 当 DO 重新变为“H”时, V4 电压即为过放电保护解除电压 (V_{REL2})。

3.2 过放及过放回复延时

- (1) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, 确保 DO、CO 都为“H”。将 V4 骤降至 2.0V, 监控 DO 电压并维持一段时间, DO 由“H”变为“L”的时间间隔即为过放电延时。
- (2) 设定 $V1=V2=V3=3.5V$, $V4=2.0V$, 确保 DO 为“L”, CO 为“H”。将 V4 骤升至 3.5V, 监控 DO 电压并维持一段时间, DO 由“L”变为“H”的时间间隔即为过放回复延时。

4. 放电过电流及短路测试

测试电路 3

4.1 过电流及短路保护阈值

设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V6=0$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐渐增大 V6, 维持时间不小于过电流 1 保护延时, 当 DO 由“H”变为“L”时的 V6 电压即为过电流 1 保护阈值 (V_{DET3})。过电流 2 阈值 (V_{DET4}) 及短路阈值 (V_{SHORT}) 的测试需同时根据设定的保护延时长短去判断。



4.2 过电流及过电流回复延时

- (1) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V6=0$, 确保 DO、CO 都为“H”。将 $V6$ 骤然增大至 $0.2V$, 监控 DO 电压并维持一段时间, DO 由“H”变为“L”的时间间隔即为过电流 1 延时。
- (2) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V6=0$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐步将 $V6$ 骤然增大, 即每次增大至的 $V6$ 电压值比前一次大, 同时监测 DO 由“H”变为“L”的延时, 监测到的第一个比过电流 1 短的延时对应的 $V6$ 的电压即为过电流 2 阈值, 这个延时即为过电流 2 延时。
- (3) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V6=0$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐步将 $V6$ 骤然增大, 即每次增大至的 $V6$ 电压值比前一次大, 同时监测 DO 由“H”变为“L”的延时, 监测到的第一个比过电流 2 短的延时对应的 $V6$ 的电压即为短路阈值, 这个延时即为短路延时。
- (4) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$ 、 $V6=0.2V$, 确保 DO 为“L”, CO 为“H”。将 $V6$ 骤然降至 $0V$, 监控 DO 电压并维持一段时间, DO 由“L”变为“H”的时间间隔即为过电流 1 回复延时。同样的测试方法可以测出过电流 2 回复延时及短路回复延时。

5. 充电过电流测试

测试电路 4

5.1 充电过电流保护阈值

设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V7=0$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐渐增大 $V7$, 维持时间不小于充电过电流保护延时, Co 由“H”变为“L”时 $V7$ 即为充电过电流保护阈值。

5.2 充电过电流保护延时

设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V7=0V$, 确保 DO、CO 都为“H”。将 $V7$ 骤然增大至 $0.3V$, 监控 CO 电压并维持一段时间, CO 由“H”变为“L”的时间间隔即为充电过电流保护延时。

6. 输入/输出电阻测试

6.1 CO、DO 输出电阻

- (1) CO、DO 为高电平时的输出电阻

测试电路 5

设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V6=12.0V$, 开关 K 断开, 确保此时 CO 输出为“H”, 测量 CO 端的电压 VA ; 闭合开关 K, $V6$ 从 $12V$ 开始降低, 监测电流表的读数为 IA , 当 $IA=50\mu A$ 时测得 CO 端的电压 VB ,

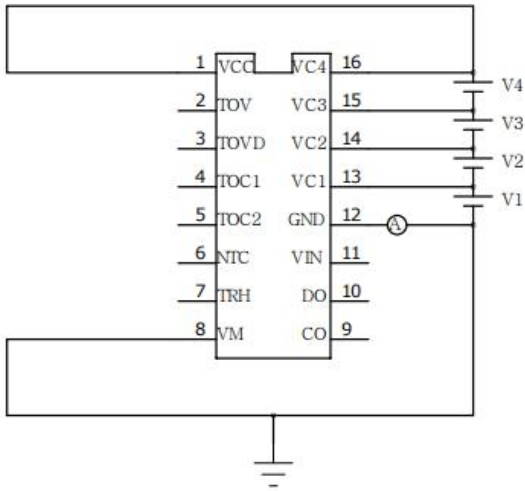
$$CO \text{ 输出电阻 } R_{COH} = (VA - VB)/50 \text{ (M}\Omega\text{)}$$

同样的测试方法可用于测试 DO 输出电阻 R_{DOH} , 只需将测试端子改为 DO 即可。

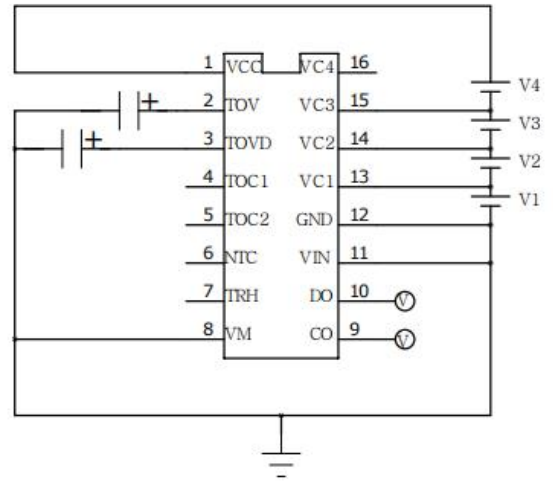
- (2) DO 为低电平时的输出电阻

测试电路 6

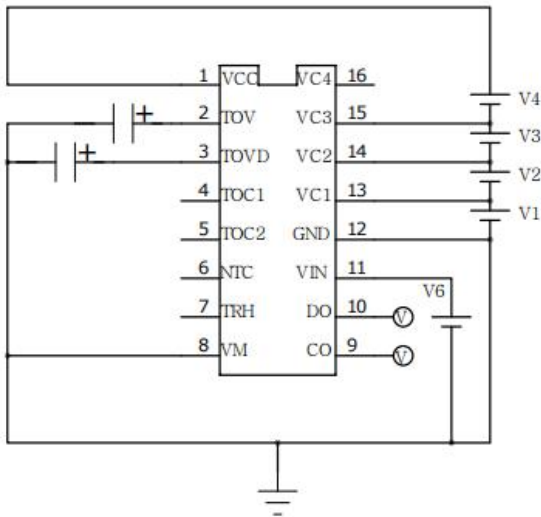
设定 $V1=V2=V3=V4=2.00V$ 、 $V8=0.00V$, 开关 K 断开, 用电压表测试 DO 端电压, 确保此时 DO 输出为 $0V$ 。将开关 K 闭合, 调节 $V8$ 从 $0V$ 开始上升, 同时监测电流表的读数为 IA , 当 $IA=-50\mu A$ 时测得 DO 电位为 V_{DO} , 则 DO 输出电阻 $R_{DOL}=V_{DO}/50 \text{ (M}\Omega\text{)}$ 。



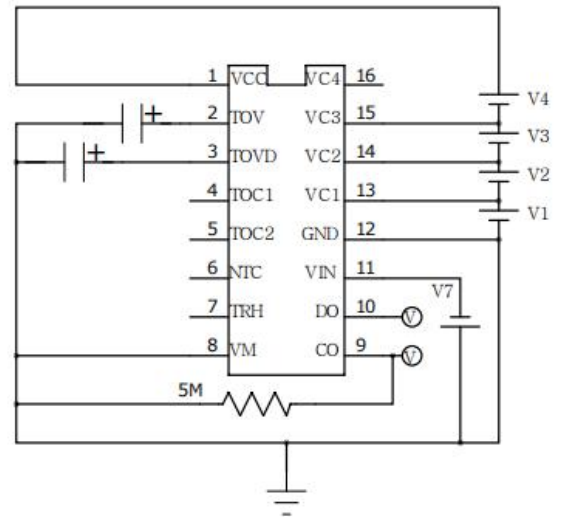
测试电路 1



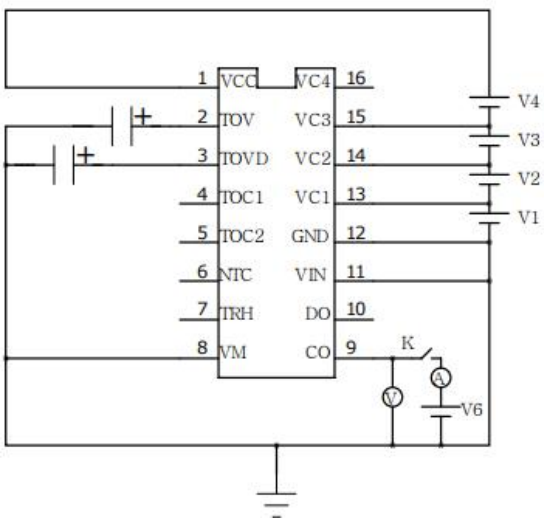
测试电路 2



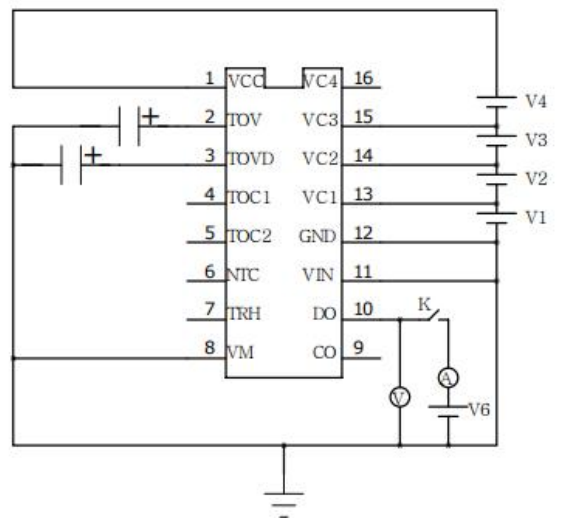
测试电路 3



测试电路 4



测试电路 5

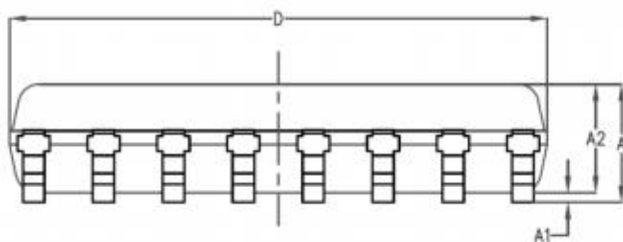
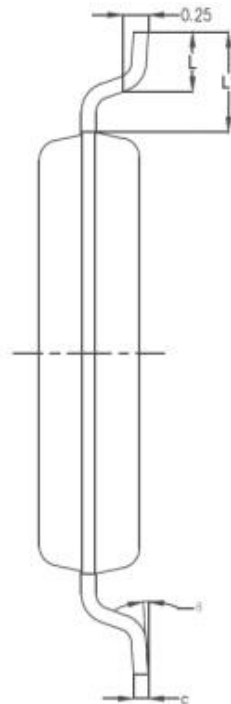
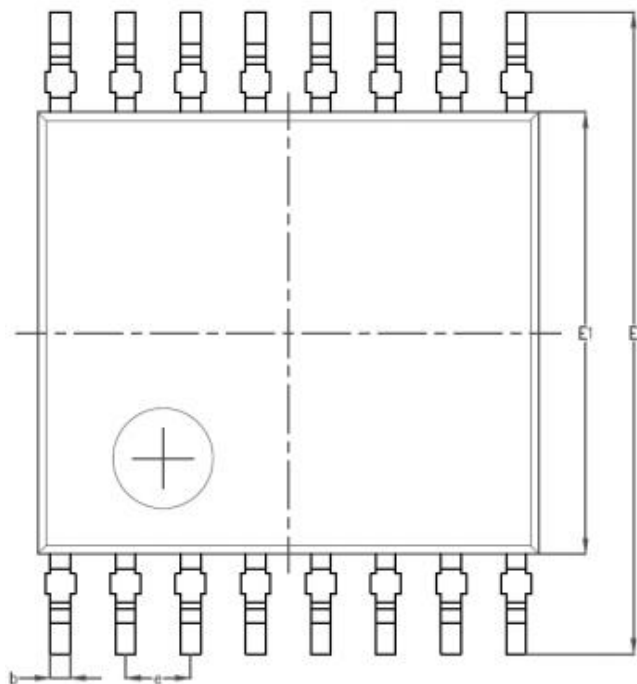


测试电路 6



封装信息

➤ TSSOP-16



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	-	1.09	1.19
A1	0.02	-	0.15
A2	0.95	1.00	1.05
b	0.14	0.22	0.30
c	0.08	0.13	0.18
D	4.90	5.00	5.10
E	6.20	6.40	6.60
E1	4.30	4.40	4.50
e	0.65BSC		
L	0.50	0.60	0.70
L1	1.05BSC		
θ	0°	4°	8°