

BYD Microelectronics Co., Ltd.

BM3451-T16 系列

专用 4 节可充电电池保护 IC

产品概述

BM3451-T16 系列是专用 4 节可充电电池保护芯片，具有高精度、高集成度的特点，适用于电动工具、吸尘器以及小型后备电源等。BM3451-T16 系列通过检测各节电池的电压、充放电电流以及环境温度等信息实现电池过充、过放、放电过电流、短路、充电过电流、温度保护等保护功能，通过外置电容来调节过充、过放、过电流保护延时。

功能特点

- (1) 各节电池的高精度电压检测功能：

• 过充电检测电压	3.6 V ~ 4.6 V	精度±25 mV (+25°C)
		精度±40 mV (-40°C至+85°C)
• 过充电滞后电压	0.1 V	精度±50 mV
• 过放电检测电压	1.6 V ~ 3.0 V	精度±80 mV
• 过放电滞后电压	0 / 0.2 / 0.4 V	精度±100 mV
- (2) 3 段放电过电流检测功能：

• 过电流检测电压 1	0.025 V ~ 0.30 V (50 mV 步进)	精度±15 mV
• 过电流检测电压 2	0.2 / 0.3 / 0.4 / 0.6 V	
• 短路检测电压	0.6V / 0.8 V	
- (3) 充电过电流检测功能：

充电过电流检测电压	-0.03 / -0.05 / -0.1 / -0.15 / -0.2 V	
-----------	---------------------------------------	--
- (4) 延时外置可调；
 - 通过改变外接电容大小设置过充电、过放电、过电流 1、过电流 2 检测延迟时间；
- (5) 可通过外部信号控制充电、放电状态；
- (6) 充、放电控制端子最高输出电压 12 V；
- (7) 温度保护功能；
- (8) 宽工作温度范围：-40°C~85°C；
- (9) 断线保护功能；
- (10) 低功耗；

• 工作时（带温度保护）	25 μA	典型值
• 工作时（无温度保护）	15 μA	典型值
• 休眠时	6 μA	典型值

应用领域

- 电动工具
- 吸尘器
- 小型 UPS 后备电源

封装形式

- TSSOP16

功能框图

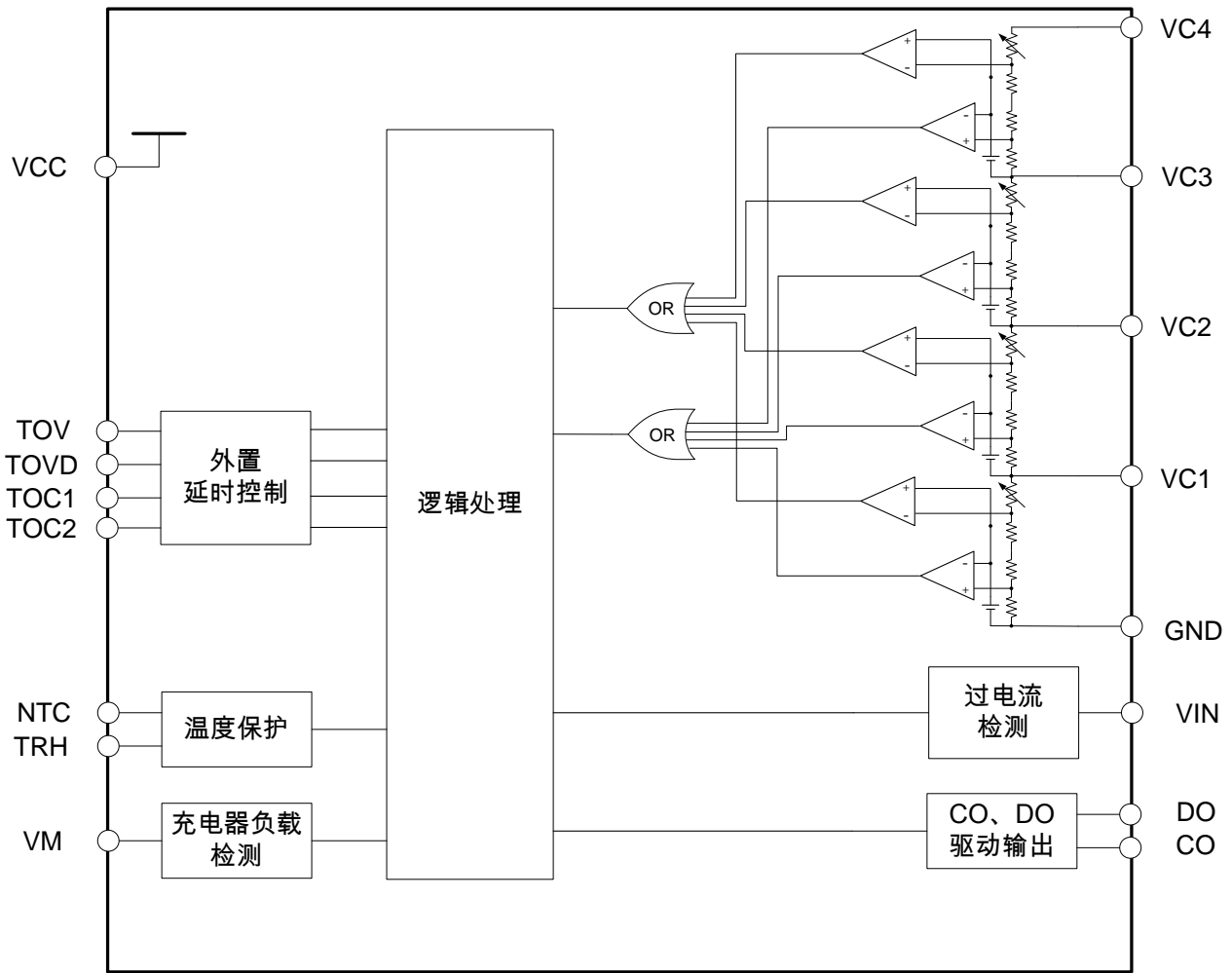


图 1

产品选型

1. 产品命名

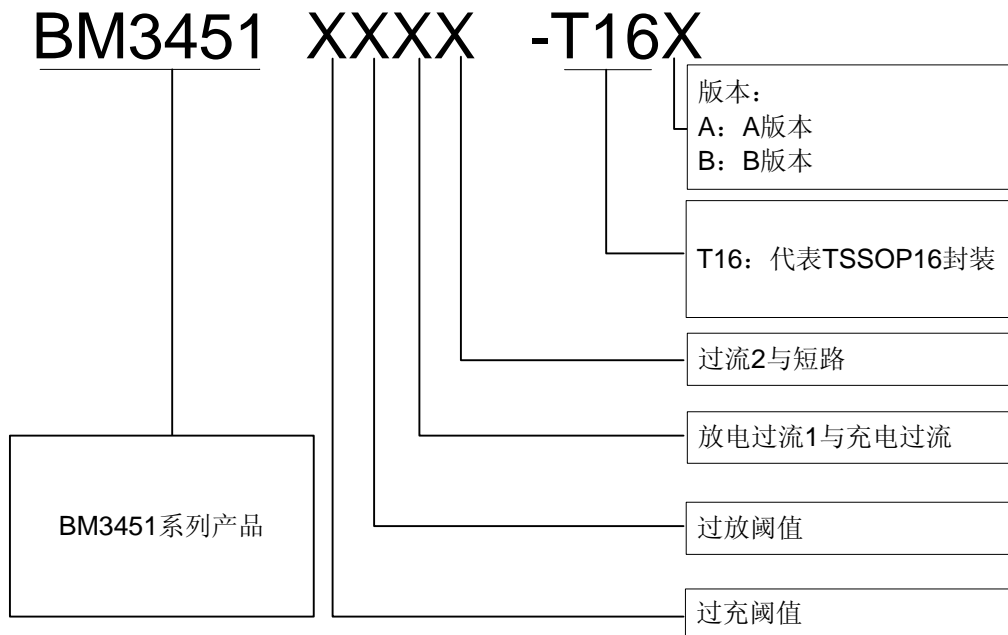


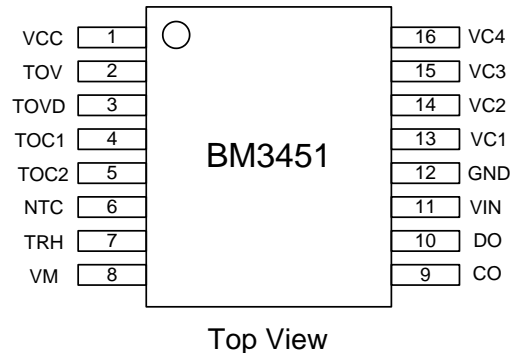
图 2

2. 产品目录

型号/项目	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}
BM3451VJDC-T16A	4.300V	4.180V	2.500V	2.700V	0.100V	0.400V	0.800V	-0.050V
BM3451SMDC-T16A	4.225V	4.110V	2.750V	3.000V	0.100V	0.400V	0.800V	-0.050V
BM3451TNDC-T16A	4.250V	4.130V	2.800V	3.000V	0.100V	0.400V	0.800V	-0.050V
BM3451TJDC-T16A	4.250V	4.130V	2.500V	2.700V	0.100V	0.400V	0.800V	-0.050V
BM3451SJDE-T16A	4.225V	4.110V	2.500V	2.700V	0.100V	0.200V	0.600V	-0.050V
BM3451RNBE-T16A	4.200V	4.108V	2.800V	3.000V	0.050V	0.200V	0.600V	-0.050V
BM3451BHDC-T16A	3.650V	3.550V	2.350V	2.550V	0.100V	0.300V	0.600V	-0.100V
BM3451TNDE-T16A	4.250V	4.130V	2.800V	3.000V	0.100V	0.200V	0.600V	-0.050V

表 1

引脚排布



Top View

图 3

引脚号	名称	描述
1	VCC	芯片的电源、电池 3 的正电压连接端子
2	TOV	接电容，用于控制过充电检测延时
3	TOVD	接电容，用于控制过放电检测延时
4	TOC1	接电容，用于控制过电流 1 检测延时
5	TOC2	接电容，用于控制过电流 2 检测延时
6	NTC	接负温度系数热敏电阻，用于温度检测
7	TRH	接电阻，用于调节高温保护温度
8	VM	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

表 2



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	V _{CELL}	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	V _{DO}	DO	GND-0.3 ~ VCC+0.3	V
CO 输出端子电压	V _{CO}	CO	GND-20 ~ VCC+0.3	V
工作环境温度	T _A	-	-40 ~ 85	°C
贮存温度	T _{STG}	-	-40 ~ 125	°C

表 3

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°C)

项 目	符号	测试条件 ¹	最小值	典型值	最大值	单位	测试电路
电源电压	VCC	-	5	-	30	V	1
正常功耗	I _{VCC}	V1=V2=V3=V4=3.5V	-	-	25	μA	
休眠功耗	I _{STB}	V1=V2=V3=V4=2.0V	-	-	10	μA	
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	2
	保护延时	T _{OV} V1=V2=V3=3.5V C _{OV} =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°C to 85°C	-0.6	0	0.6	mV/°C	
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 _{OVD} V1=V2=V3=3.5V C _{OVD} =0.1μF V4=3.5V→2.0V	0.5	1.0	1.5	s	



项目		符号	测试条件 ^{*1}	最小值	典型值	最大值	单位	测试电路
过放电	解除阈值	V_{REL2}	$V1=V2=V3=3.5V$ $V4=2.0V \rightarrow 3.5V$	V_{REL2} -0.10	V_{REL2}	V_{REL2} +0.10	V	2
	解除延时	T_{REL2}	$V1=V2=V3=3.5V$ $V4=2.0V \rightarrow 3.5V$	10	20	30	ms	
放电过流 1	保护阈值	V_{OC1}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow 0.12V$	V_{OC1} *85%	V_{OC1}	V_{OC1} *115%	V	3
	保护延时	T_{OC1}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $C_{OC1}=0.1\mu F$ $V5=0V \rightarrow 0.12V$	100	200	300	ms	
	解除延时	T_{ROC1}	$V1=V2=V3=V5=3.5V$ $V5=0V \rightarrow 0.12V \rightarrow 0V$	100	200	300	ms	
	过流下拉电阻	R_{VMS}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow 0.12V$	100	300	500	k Ω	
	温度系数 2	K_{U2}	$T_a = -40^\circ C$ to $85^\circ C$	-0.1	0	0.1	mV/ $^\circ C$	
过流 2	保护阈值	V_{OC2}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow 0.5V$	V_{OC2} *80%	V_{OC2}	V_{OC2} *120%	V	3
	保护延时	T_{OC2}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $C_{OC2}=0.1\mu F$ $V5=0V \rightarrow 0.5V$	10	20	30	ms	
	解除延时	T_{ROC2}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow 0.5V \rightarrow 0V$	100	200	300	ms	
短路	保护阈值	V_{SHORT}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow 1.2V$	V_{SHORT} *80%	V_{SHORT}	V_{SHORT} *120%	V	3
	保护延时	T_{SHORT}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow 1.2V \rightarrow 0V$	100	300	600	μs	
充电过流	保护阈值	V_{OVCC}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow -0.2V$	V_{OVCC} -0.015	V_{OVCC}	V_{OVCC} +0.015	V	4
	保护延时	T_{OVCC}	$V1=V2=V3=V4=3.5V$ $V5=0V \rightarrow -0.2V$	10	20	30	ms	
输出电阻	CO	R_{CO}	正常态, Co 为"H" (12V)	3	5	8	k Ω	5
	DO	R_{DO}	正常态, Do 为"H" (12V)	3	5	8	k Ω	6
		保护态, Do 为"L"	0.20	0.35	0.50			

表 4

*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 $VC1$ 、 $(VC2-VC1)$ 、 $(VC3-VC2)$ 、 $(VC4-VC3)$ 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) $VM > 100mV$ （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 $VC1$ 、 $(VC2-VC1)$ 、 $(VC3-VC2)$ 、 $(VC4-VC3)$ 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) $VM=0$ 且所有电芯的电压都高于 V_{REL2} 并持续 T_{REL2} ；
- (2) $VM < -100mV$ （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）： $T_{OV} = 10^7 \times C_{OV}$ ； $T_{OVD} = 10^7 \times C_{OVD}$

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°C）为 10KΩ，设定充电保护温度为 55°C。55°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°C。充电过温保护迟滞为 5°C，放电过温保护迟滞为 10°C。所以当充电温度高于保护温度 55°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°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°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 65°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。

工作时序图

1. 过充电、过放电保护

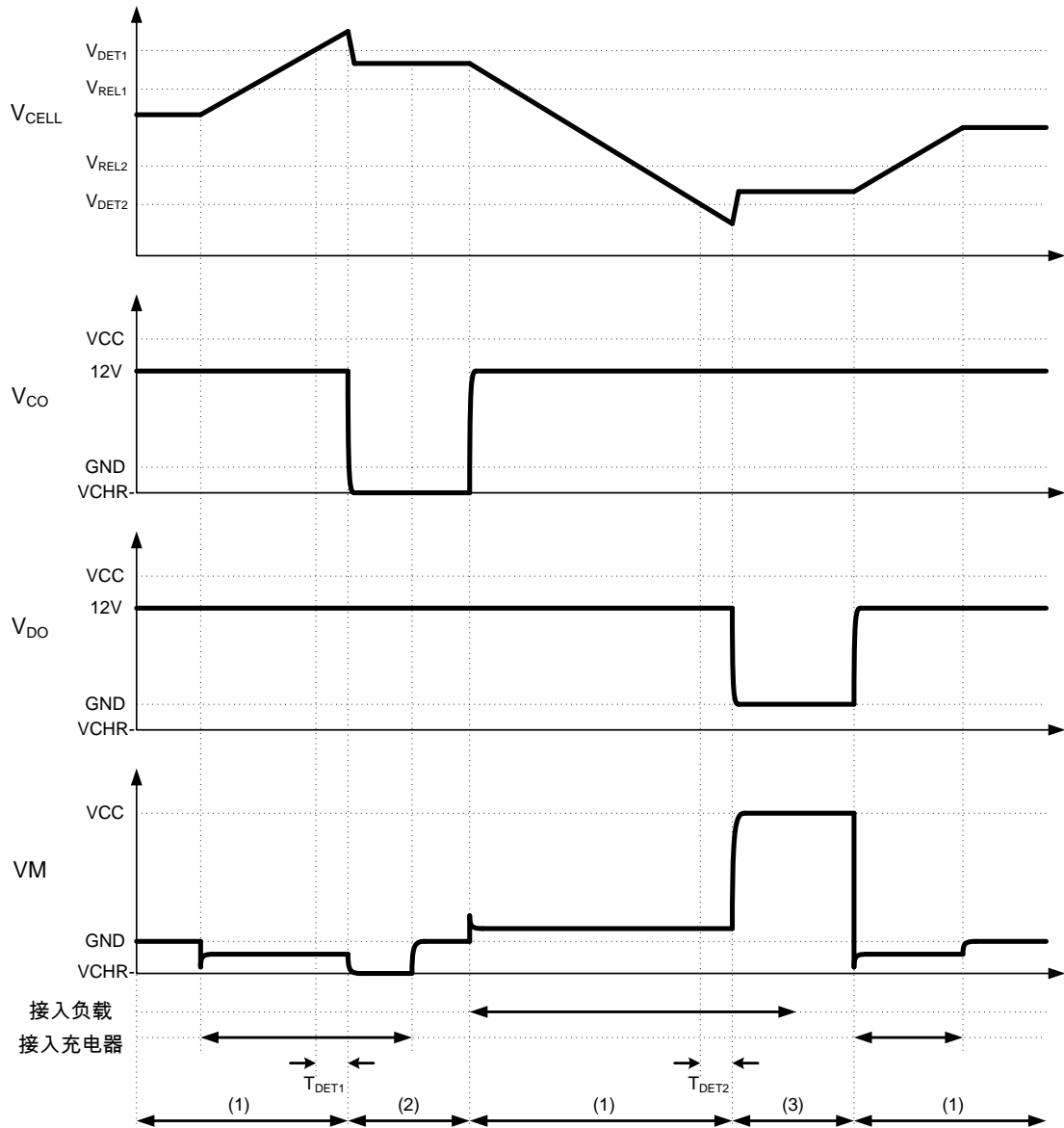


图 4

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；
- (3) 过放电保护状态。

2. 放电过电流、短路、充电过电流保护

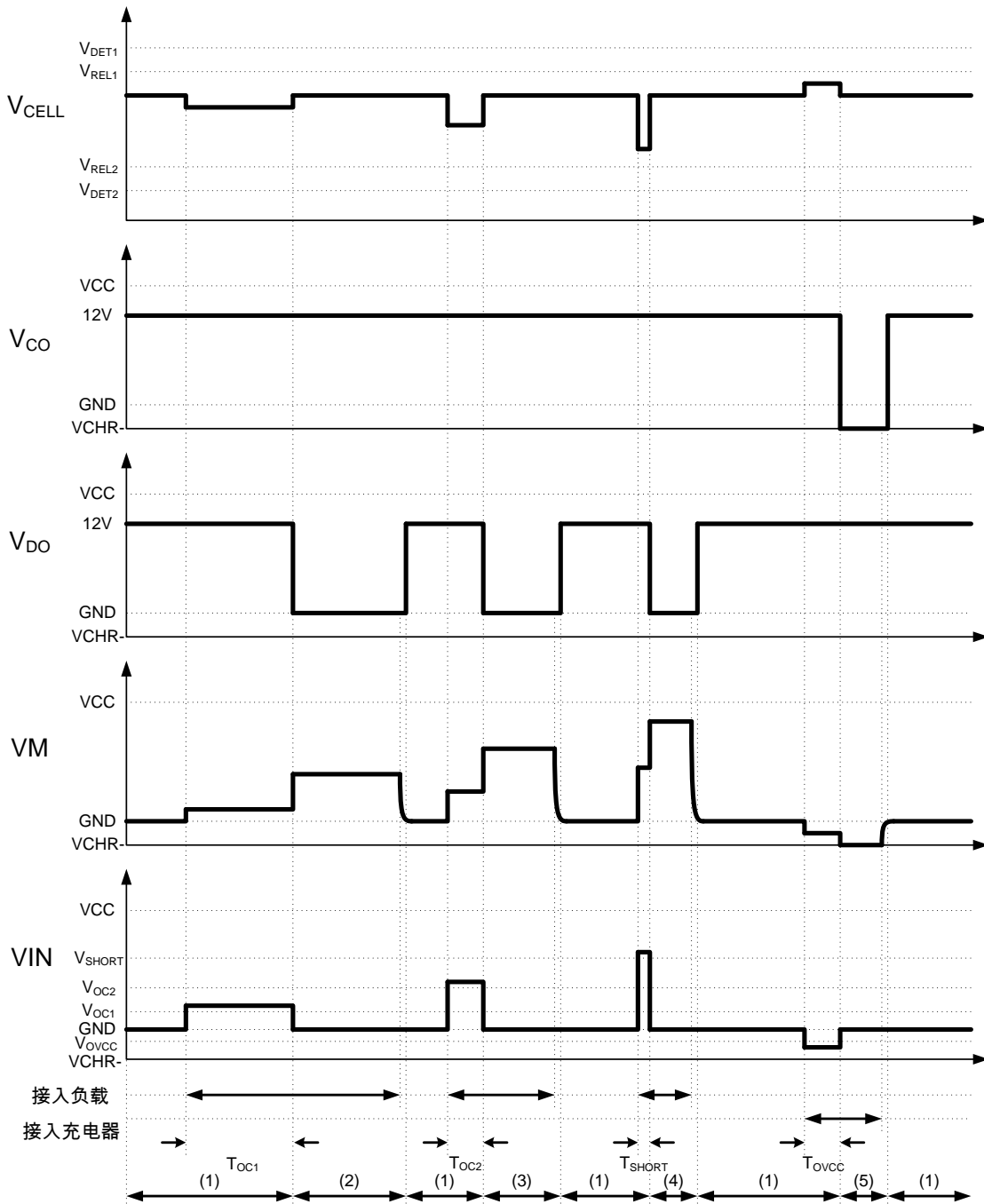


图 5

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

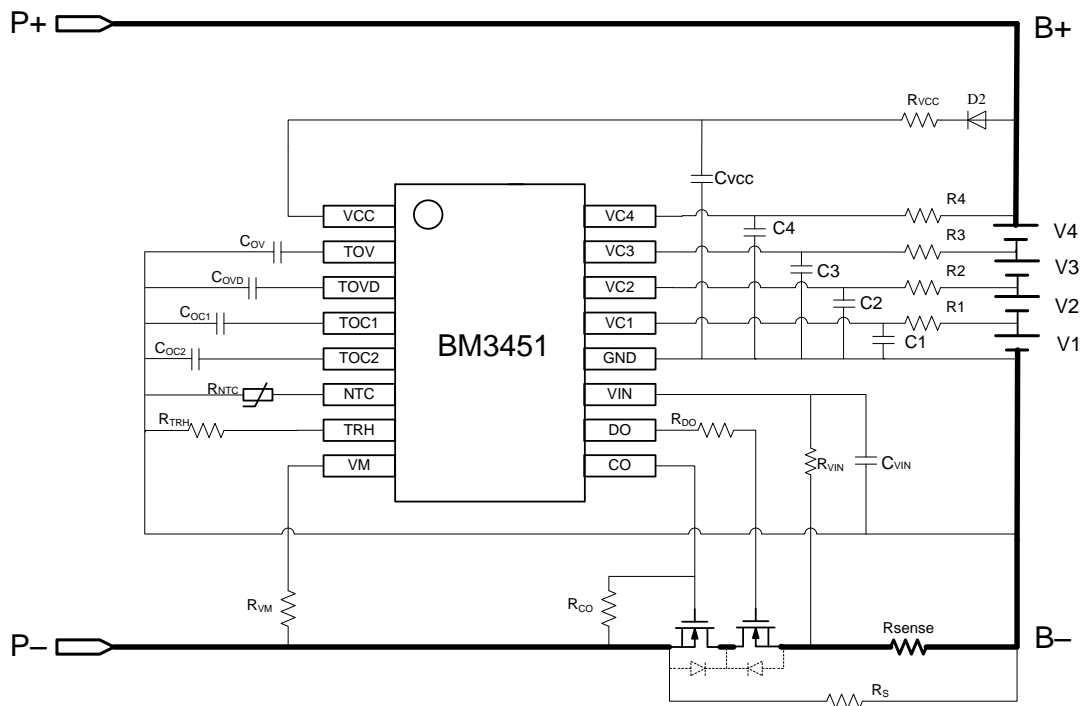


图 6 4 串典型应用——充放电 NMOS 控制，回路共用

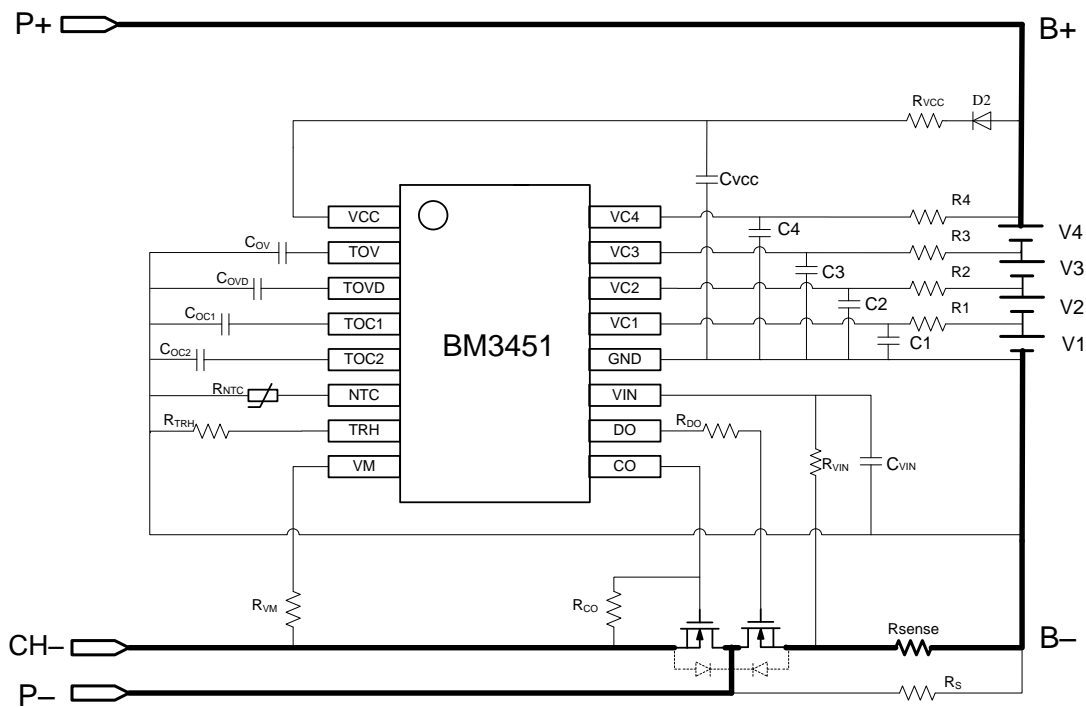


图 7 4 串典型应用——充放电 NMOS 控制，回路分开



电阻、电容推荐值如下：

器件标号	典型值	范围	单位
R1、R2、R3、R4	1	0.1~2	kΩ
R _{VCC}	1	0.1~2	kΩ
R _{NTC}	10	-	kΩ
R _{TRH}	7	-	kΩ
R _{VM}	220	10-500	kΩ
R _{CO} 、R _S	10	5~15	MΩ
R _{DO} 、R _{VIN}	2	0~10	kΩ
R _{sense}	5	1~50	mΩ
C _{VCC}	2.2	0.47~4.7	μF
C1、C2、C3、C4	0.1	0.1~4.7	μF
C _{OV} 、C _{OVd} 、C _{OC1} 、C _{OC2}	0.1	-	μF
C _{VIN}	10	2.2~100	nF

表 5

测试电路

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 $V1=V2=V3=V4=3.5V$ ， $V5=0$ ，确保 DO、CO 都为“H”。逐渐增大 V5，维持时间不小于过电流 1 保护延时，当 DO 由“H”变为“L”时的 V5 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 $V1=V2=V3=V4=3.5V$ ， $V5=0$ ，确保 DO、CO 都为“H”。将 V5 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 $V1=V2=V3=V4=3.5V$ ， $V5=0$ ，确保 DO、CO 都为“H”。逐步将 V5 骤然增大，即每次增大至的 V5 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 V5 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 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V5=0$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐步将 V5 骤然增大, 即每次增大至的 V5 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 V5 的电压即为短路阈值, 这个延时即为短路延时。
- (4) 设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$ 、 $V5=0.2V$, 确保 DO 为“L”, CO 为“H”。将 V5 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 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V5=0$, 确保 DO、CO 都为“H”。逐渐增大 V5, 维持时间不小于充电过电流保护延时, Co 由“H”变为“L”时 V5 即为充电过电流保护阈值。

5.2 充电过电流保护延时

设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V5=0V$, 确保 DO、CO 都为“H”。将 V5 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. CO、DO 输入/输出电阻测试

(1) CO、DO 为高电平时的输出电阻

测试电路 5、6

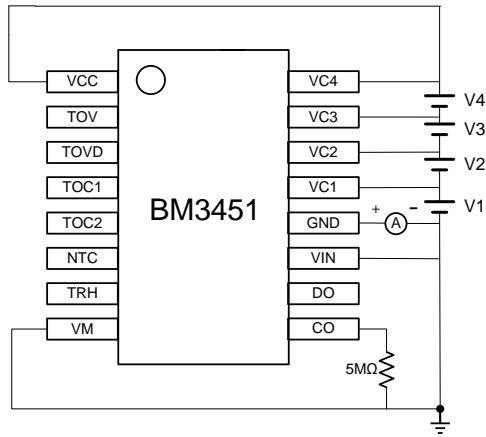
设定 $V1=V2=V3=V4=3.5V$, $V5=10.0V$, 开关 K 断开, 确保此时 CO 输出为“H”, 测量 CO 端的电压 V_A ; 闭合开关 K, V5 从 10V 开始降低, 监测电流表的读数为 I_A , 当 $I_A=50\mu A$ 时测得 CO 端的电压 V_B , 则 CO 输出电阻 $R_{COH} = (V_A - V_B)/50$ (M Ω)

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。

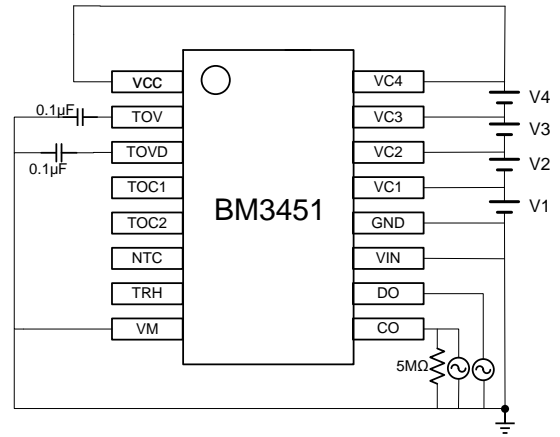
(2) DO 为低电平时的输出电阻

测试电路 6

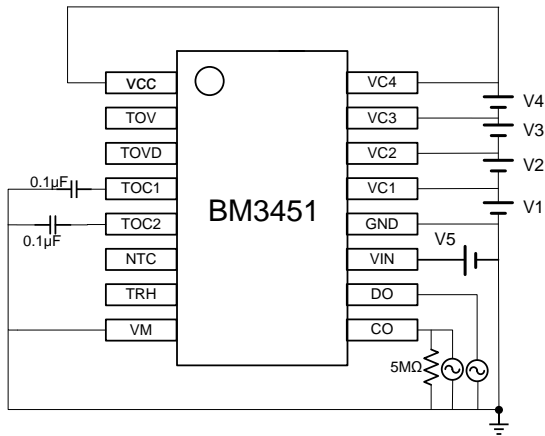
设定 $V1=V2=V3=V4=2.00V$, $V5=0.00V$, 开关 K 断开, 用电压表测试 DO 端电压, 确保此时 DO 输出为 0V。将开关 K 闭合, 调节 V5 从 0V 开始上升, 同时监测电流表的读数为 I_A , 当 $I_A=-50\mu A$ 时测得 DO 电位为 V_{DO} , 则 DO 输出电阻 $R_{DOL}=V_{DO}/50$ (M Ω)。



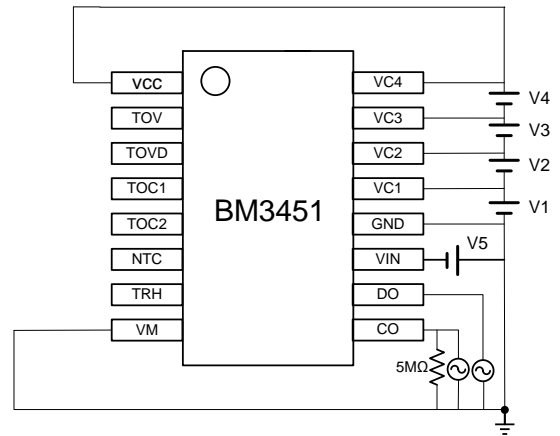
测试电路 1



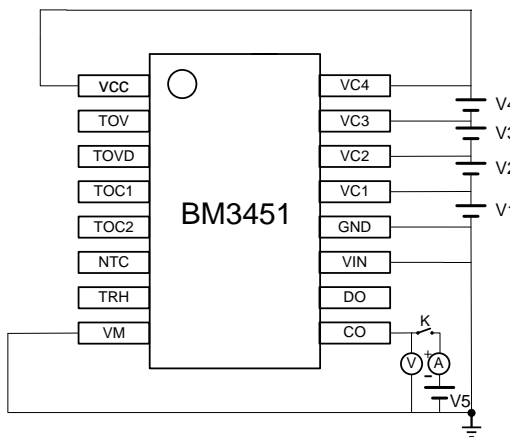
测试电路 2



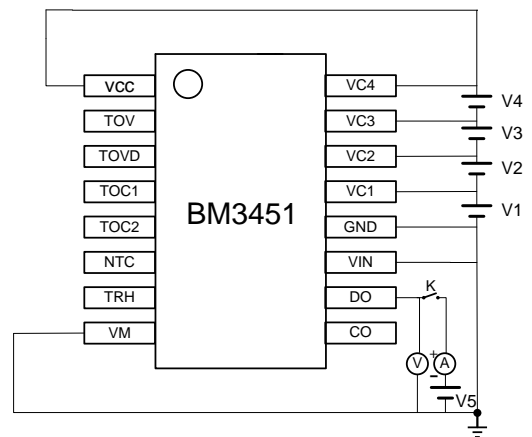
测试电路 3



测试电路 4



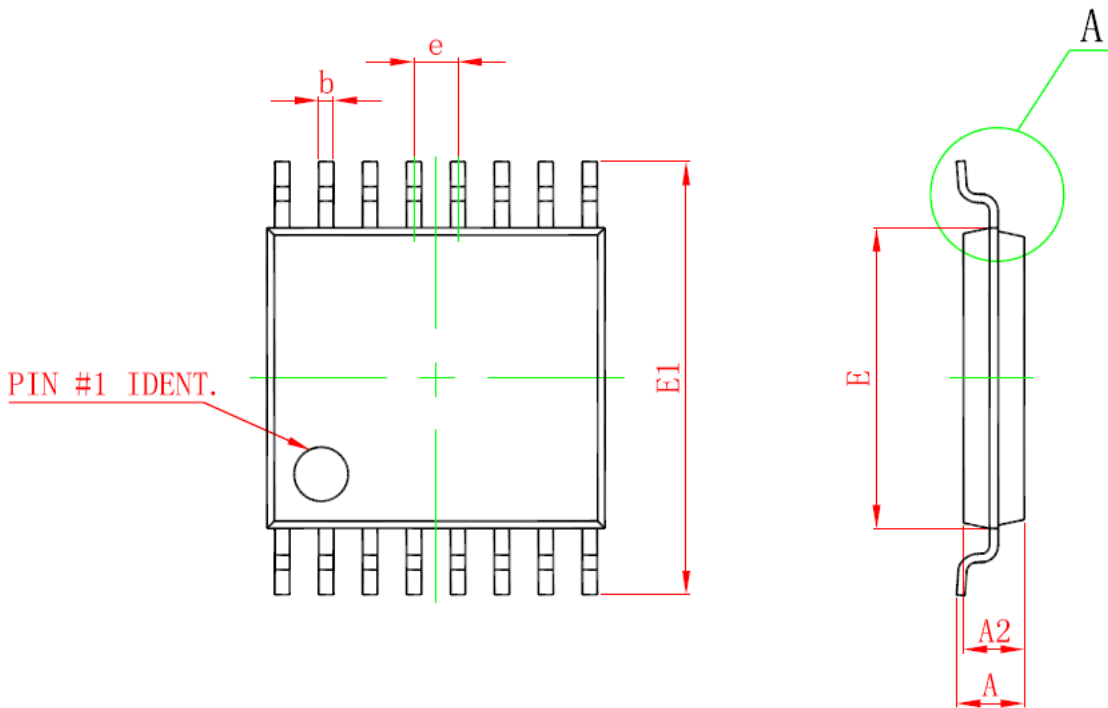
测试电路 5



测试电路 6

封装示意图及参数

TSSOP16



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
D	4.900	5.100	0.193	0.201
E	4.300	4.500	0.169	0.177
b	0.190	0.300	0.007	0.012
c	0.090	0.200	0.004	0.008
E1	6.250	6.550	0.246	0.258
A		1.100		0.043
A2	0.800	1.000	0.031	0.039
A1	0.020	0.150	0.001	0.006
e	0.65 (BSC)		0.026 (BSC)	
L	0.500	0.700	0.020	0.028
H	0.25 (TYP)		0.01 (TYP)	
θ	1°	7°	1°	7°

包装:

TSSOP16 封装形式: 13 寸的 MBB 静电袋, 每盘装 4000 颗。



- 本资料内容，随产品的改进，可能会有未经预告之修改，比亚迪微电子公司拥有优先修改权。
- 尽管本公司一向致力于提高产品质量和可靠性，但是半导体产品有可能按某种概率发生故障或错误工作，为防止因故障或错误工作而产生人身事故，火灾事故，社会性损害等，请充分留意冗余设计、火灾蔓延对策设计、防止错误动作设计等安全设计。
- 本资料内容未经本公司许可，严禁以其他目的加以转载及复制等。