

## 1.概述

MX1004N 内置高精度电压检测电路和延时电路进行电压、电流以及温度的监控，保证 Pack 安全。此外，MX1004N 具有0V 充电功能，提升 Pack 使用寿命。

MX1004N 具有三种工作模式：正常模式、休眠模式和关机模式。当任意电芯处于低容量状态时，该芯片 进入休眠模式来降低系统功耗。

## 2.特点

### ◆ 高精度电压检测功能：

过充电保护电压  $V_{OV}$ : 3.600V-4.375V (档位 25mV)

过充电保护电压精度:  $\pm 25\text{mV}$

迟滞电压: 0-350mV

过放保护电压  $V_{UV}$ : 2.0V - 3.1V (档 位 100mV)

过放电保护电压精度:  $\pm 80\text{mV}$

过放电保护解除迟滞电压: 0-1.0V

### ◆ 放电过流检测功能：

过流 1 保护电压  $V_{DOC1}$ : 0.025V - 0.350V (档位 25mV)

过流 1 保护电压精度:  $\pm 10\text{mV}$

过流 2 保护电压  $V_{DOC2}$ :  $2 \times V_{DOC1}$  (档位 50mV)

过流 2 保护电压精度:  $\pm 20\text{mV}$

### ◆ 短路检测功能：

短路保护电压  $V_{SC}$ :  $4.5 \times V_{DOC1}$  (档位 112.5mV)

短路保护电压精度:  $\pm 45\text{mV}$

### ◆ 温度检测功能：

充电高温保护温度: 50°C 充电高温保护温度精度:  $\pm 4^\circ\text{C}(\text{Max.})$

充电低温保护温度: 0°C 充电低温保护温度精度:  $\pm 4^\circ\text{C}(\text{Max.})$

放电高温保护温度：70°C 放电高温保护温度精度：±4 °C (Max.)

- ◆ 外接电容设置过放电保护延时、放电过流 1 保护延时以及放电过流 2 保护延时
- ◆ 过充电保护延时、短路保护延时以及温度保护延时固定
- ◆ 工作电压范围：3V - 26V
- ◆ 工作温度范围：-40°C~85°C
- ◆ 集成 N-MOSFET 驱动
- ◆ 低功耗设计：
  - 正常工作功耗：18 uA (Max.)
  - 休眠模式功耗：5 uA (Max.)
- ◆ 封装形式：16-pin TSSOP
- ◆ SEL 管脚选择 3/4 串应用

### 3.订购信息

参数 版本序号	V <sub>OVP</sub> (V)	V <sub>OVR</sub> (V)	V <sub>UVP</sub> (V)	V <sub>UVR</sub> (V)	V <sub>DOCP</sub> (V)	放电过流退出时间/ 放电过流时间	负载 锁定工 能	过 电保 功 能	充 流 保 护 能	断 线 检 测 功 能
A	4.250	0.100	2.700	0.300	0.100	1/10	有	有	有	有
B	3.900	3.600	2.200	2.700	0.100	1/10	有	有	有	有
C										
D										
E										

注释:目前只有 A,B 版本

### 4.功能框图

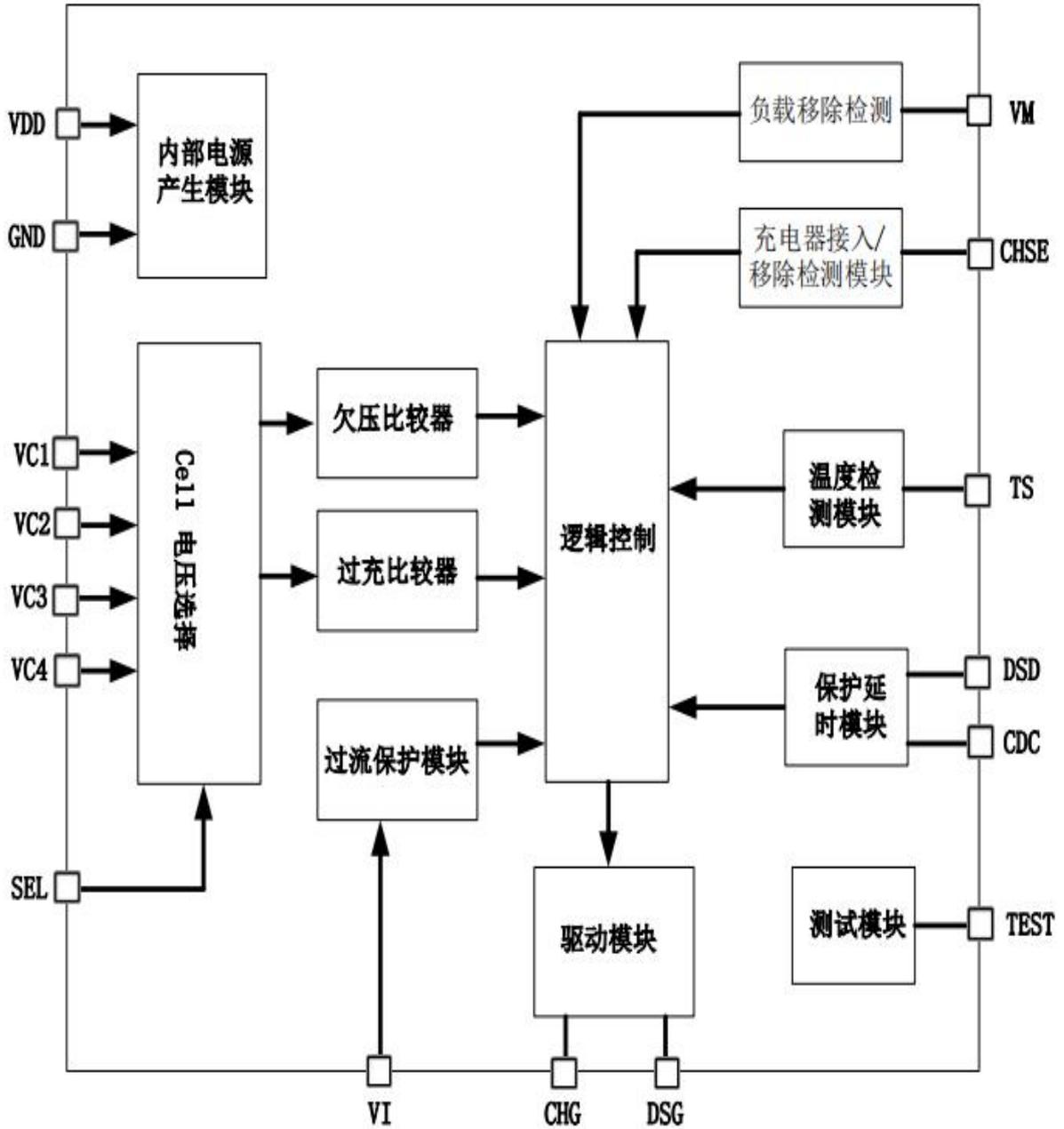
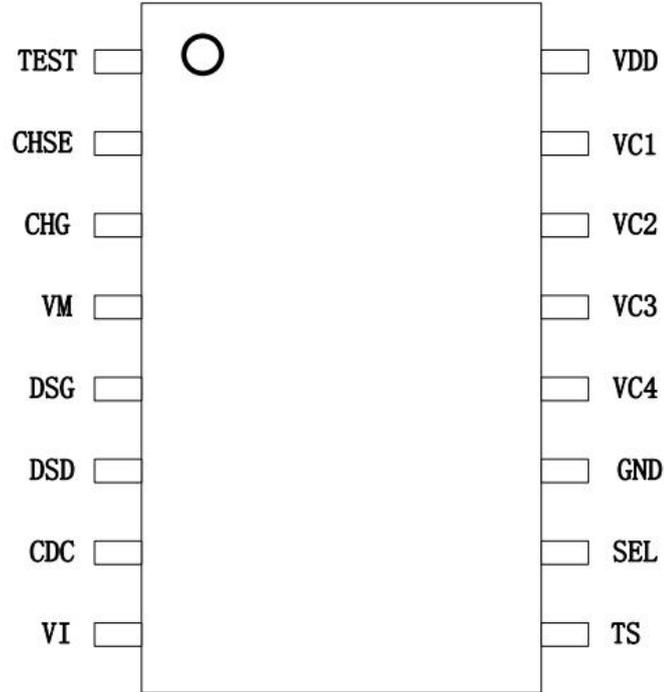


图1 MX1004N 系统框图

## 5. 管脚图



MX1004N 管脚图

## 6. 管脚定义

管脚号	管脚名	I/O	功能描述
1	TEST	I	测试管脚
2	CHSE	I	充电器检测管脚
3	CHG	O	充电 MOSFET 控制管脚
4	VM	I	负载检测管脚
5	DSG	O	放电 MOSFET 控制管脚
6	DSD	I/O	放电延时电容连接管脚
7	CDC	I/O	放电过流 1/2 延时电容连接管脚
8	VI	I	电流检测管脚
9	TS	I	温度电阻连接管脚
10	SEL	I	3/4 节应用控制管脚
11	GND	I	电源地连接管脚
12	VC4	I	最低电芯正端连接管脚
13	VC3	I	次低电芯正端连接管脚

14	VC2	I	次高电芯正端连接管脚
15	VC1	I	最高电芯正端连接管脚
16	VDD	I	电源正端连接

## 7.功能描述

### 7.1 正常模式

下列条件均满足时，MX1004N 处于正常模式：

- (1) 所有电芯电压位于过充电保护电压 ( $V_{OV}$ ) 与过放电保护电压 ( $V_{UV}$ ) 之间
- (2) VI 管脚电平小于放电过流 1 保护电压  $V_{DOC1}$
- (3) TS 管脚检测温度位于充电高温保护温度  $T_{COT}$  与充电低温保护温度  $T_{CUT}$  之间
- (4) 无安全保护发生

### 7.2 过充电保护状态

下列条件均满足时，MX1004N 进入过充电保护状态：

- (1) 任意电芯电压高于过充电保护电压  $V_{OV}$
- (2) 状态(1)持续时间超过过充电保护延时  $t_{OV}$

处于过充电保护状态时，CHG 管脚输出高阻态。

下列条件均满足时，过充电保护状态解除：

- (1) **充电器移除时所有电芯电压低于  $V_{OV}$**  或者所有电芯电压低于过充电保护解除电压  $V_{OVR}$
- (2) 状态(1)持续时间超过过充电保护解除延时  $t_{OVR}$

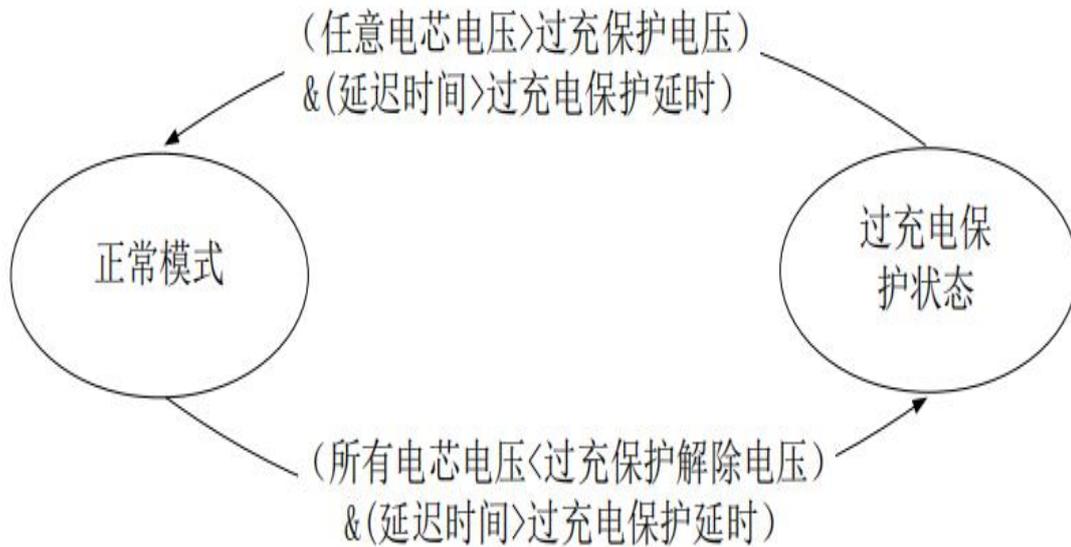


图 3 过充电保护状态转移图

### 7.3 过放电保护状态

下列条件均满足时，MX1004N 进入过放电保护状态：

- (1) 任意电芯电压低于过放电保护电压  $V_{UV}$
- (2) 状态(1)持续时间超过过放电保护延时  $t_{UV}$  处于过放电保护状态时，CHG 输出高阻态（负载锁定时），DSG 管脚输出低电平。

负载锁定解除后，下列条件均满足时，过放电保护状态解除：

- (1) 检测到充电器且所有电芯电压高于  $V_{UV}$ ，或移除负载且所有电芯电压高于过放电保护解除电压  $V_{UVR}$
- (2) (1)中状态持续时间超过过放电保护解除延时  $t_{UVR}$

注释 3：当下列条件满足其中之一时，负载锁定解除,退负载锁定延时 64ms:

- (1) 拔除负载
- (2) 接充电器

### 7.4 休眠模式

下列条件均满足时，MX1004N 进入休眠模式：

- (1) 过放电状态持续时间超过休眠延时  $t_{UVP}$  (30s Typ.)
- (2) 未连接充电器（未连接充电器判断条件： $V_{CHSEL} < CHSE$  管脚电平  $< V_{CHSEH}$ ）

注释 4：过放电保护后，当过放电保护状态持续时间超过 30s，此时 MX1004N 开启 CHSE 内部

电阻上拉到 VDD 来判断充电器是否连接。

处于休眠模式，MX1004N 关闭系统大部分模块，停止电压/温度/电流检测。CHG 管脚输出高阻态，DSG 管脚输出低电平。

下列条件满足时，MX1004N 退出休眠模式：

连接充电器（连接充电器判断条件： $CHSE$  管脚电平  $\cong V_{CHSEL}$  或  $CHSE$  管脚电平  $\cong V_{CHSEH}$ ）

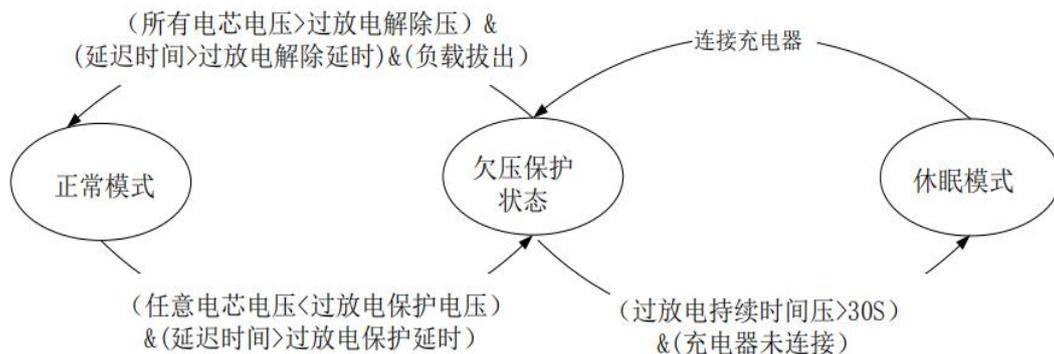


图 4 过放电保护状态转移图

## 7.5 放电过流保护状态

MX1004N 内置两级放电过流保护，过流 1 保护电压  $V_{DOC1}$  小于过流 2 保护电压  $V_{DOC2}$ ，过流 1 保护延时  $t_{DOC1}$  大于过流 2 保护延时  $t_{DOC2}$ 。

下列条件均满足时，MX1004N 进入过流保护状态：

(3) VI 管脚电压高于过流 1 保护电压  $V_{DOC1}$  (过流 2 保护电压  $V_{DOC2}$ )

(4) (1)中状态持续时间超过过流1 保护延时 $t_{DOC1}$  (过流2 保护延时 $t_{DOC2}$ ) 处于过流保护状态时，

CHG 输出高阻态，DSG 管脚输出低电平。

下列条件均满足时，过流保护状态解除：

(1) 负载拔出（负载拔出判断条件： $VM$  管脚电平低于  $V_{VM}$ ）

(2) (1)中状态持续时间超过过流保护解除延时  $t_{DOCR}$

注释 5：过流保护后，此时 MX1004N 开启  $VM$  内部电阻下拉到  $GND$  来判断负载是否拔出。

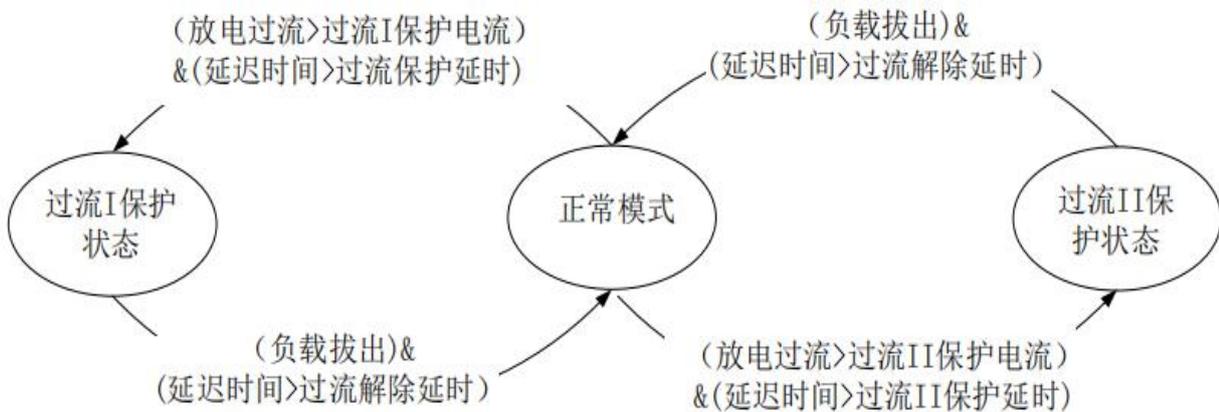


图 5 过流保护状态转移图

## 7.6 短路保护状态

下列条件均满足时，MX1004N 进入短路保护状态：

(5) VI 管脚电压高于短路保护电压  $V_{SC}$

(6) (1)中状态持续时间超过短路保护延时  $t_{sc}$  处于短路保护状态时，CHG 输出高阻态，DSG 管脚输出低电平。

下列条件均满足时，短路保护状态解除：

(1) 负载拔出 (负载拔出判断条件：VM 管脚电平低于  $V_{VM}$ )

(2) (1)中状态持续时间超过短路保护解除延时  $t_{SCR}$

注释 6：短路保护后，此时 MX1004N 开启 VM 内部电阻下拉到 GND 来判断负载是否拔出。

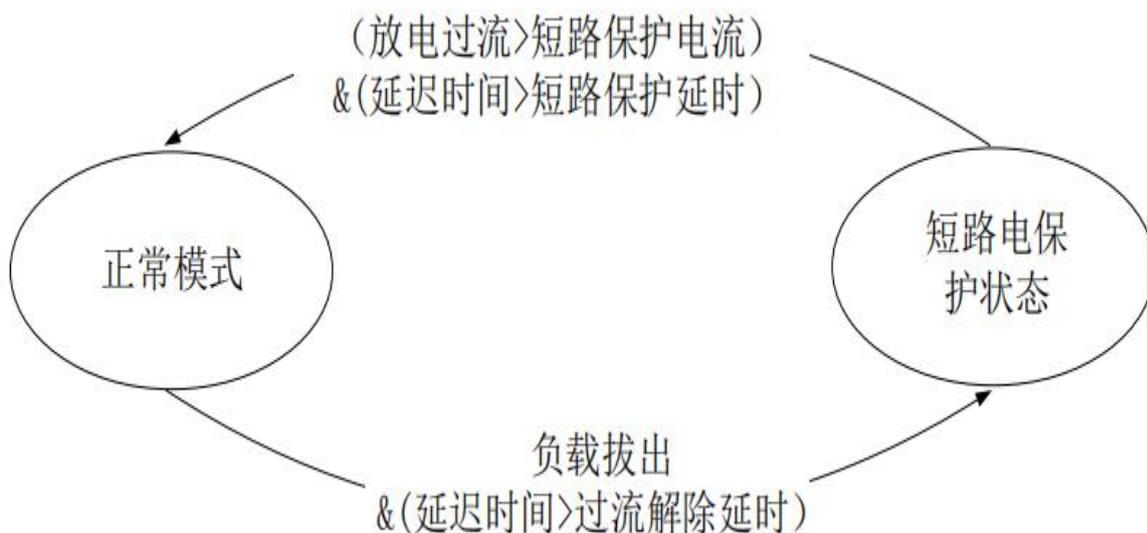


图 6 短路保护状态转移图

## 7.7 温度保护

当 TS 管脚外接温度电阻 (温度电阻采用 NTC, 建议使用 103AT) 时, MX1004N 能进行温度保护, 包括: 充电高温保护、 充电低温保护以及放电高温保护。

当温度电阻使用 103AT ( $\beta = 3435$ ) 时, 温度保护规则如下:

7.7.1 充电高温保护状态 下列条件均满足时, MX1004N 进入充电高温保护状态:

(1) 温度高于充电高温保护温度  $T_{COT}$  处于充电高温保护状态时, 如果检测为充电状态, 则 CHG 管脚输出高阻态。

下列条件均满足时, 充电高温保护状态解除:

(1) 温度低于充电高温保护恢复温度  $T_{COTR}$

7.7.2 充电低温保护状态

下列条件均满足时, MX1004N 进入充电低温保护状态:

(1) 温度低于充电低温保护温度  $T_{CUT}$  处于充电低温保护状态时, 如果检测为充电状态, 则 CHG 管脚输出高阻态。

下列条件均满足时, 充电低温保护状态解除:

(1) 温度高于充电低温保护恢复温度  $T_{CUTR}$

7.7.3 放电高温保护状态

下列条件均满足时, MX1004N 进入放电高温保护状态:

(1) 温度高于放电高温保护温度  $T_{DOT}$  处于放电高温保护状态时, CHG 管脚输出高阻态, DSG 管脚输出低电平。

下列条件均满足时, 放电高温保护状态解除:

(1) 温度低于放电高温保护恢复温度  $T_{DOTR}$

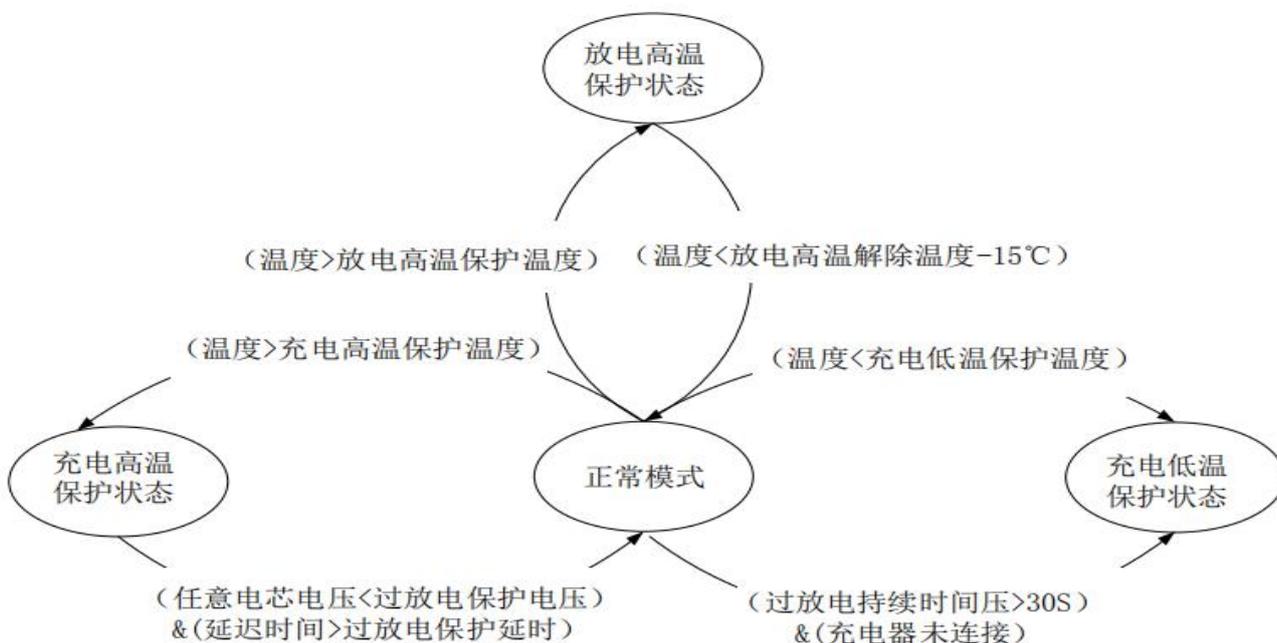


图 7 温度保护状态转移图

MX1004N 推荐使用的温度电阻 103AT( $\beta = 3435$ ), 其在不同温度下对应的阻值如下表所示:

温度点 (°C)	103AT 电阻值(KΩ)	电阻值变异范围(KΩ)
-20	67.77	72.72-63.20
-15	53.41	57.11-49.98
-10	42.47	45.27 - 39.86
-5	33.90	36.02 - 31.92
0	27.28	28.90 - 25.76
5	22.05	23.29 - 20.88
25	10	9.700 - 10.30
45	4.911	5.094 - 4.735
47	4.554	4.691 - 4.417
50	4.16	4.306 - 4.018
55	3.536	3.654 - 3.421
60	3.02	3.115 - 2.927
65	2.588	2.665 - 2.513
70	2.288	2.291 - 2.167

 表 1 103AT ( $\beta = 3435$ ) 电阻值与温度关系表

## 7.8 充放电状态判定

MX1004N 由 VI 管脚电平判断系统充放电状态。当 VI 管脚电平高于放电状态检测电压 VDCH，则判定系统处于放电状态，除放电状态外，系统处于充电状态。MX1004N 判定充放电状态切换的延时时间为  $t_{STATUS}$ 。

### 7.8 0V 充电功能

Pack 电压不小于 1.5V，当充电器电压大于  $V_{0CHA}$  时，MX1004N 允许充电器给 Pack 充电。若充电 MOSFET 开启阈值电压不同，充电器最低需求电压不同。

## 8. 功能设定

### 8.1 SEL 管脚设定

MX1004N 中，SEL 管脚用于配置 3/4 串应用，。具体操作方法如下表所示：

SEL	芯片功能
GND 电平	3 节电芯保护
VDD 电平	4 节电芯保护

MX1004N 用于 3 串 Pack 保护时，VC4 与 GND 短接即可。

## 8.2 延时时间设定

MX1004N 中，可设置部分保护延时及保护解除延时。延时时间设定的细节如下表所示：

内容	标号	关联设置	计算方法
过充电保护延时	$t_{OV}$	芯片内部固定	1s
过充电保护解除延时	$t_{OVR}$	芯片内部固定	1ms
过放电保护延时	$t_{UV}$	DSD 管脚外接电容 CDS	$1s \times CDS / 0.1\mu F$
过放电保护解除延时	$t_{UVR}$	DSD 管脚外接电容 CDS	$100ms \times CDS / 0.1\mu F$
过流 1 保护延时	$t_{DOC1}$	CDC 管脚外接电容 CCDC	$1s \times CCDC / 0.1\mu F$
过流 2 保护延时	$t_{DOC2}$	CDC 管脚外接电容 CCDC	$0.1s \times CCDC / 0.1\mu F$
过流保护解除延时	$t_{DOCR}$	CDC 管脚外接电容 CCDC	$1s \times CCDC / 0.1\mu F$ 或 $0.1s \times CCDC / 0.1\mu F$
短路保护延时	$t_{SC}$	芯片内部固定	250 $\mu$ s
短路保护解除延时	$t_{SCR}$	CDC 管脚外接电容 CCDC	$1s \times CCDC / 0.1\mu F$ 或 $0.1s \times CCDC / 0.1\mu F$
温度保护延时	$t_T$	芯片内部固定	3s
温度保护退出延时	$t_{TR}$	芯片内部固定	3s
休眠模式延时	$t_{UVP}$	芯片内部固定	30s
充放电状态切换延时	$t_{STATUS}$	芯片内部固定	500ms

## 9.典型应用图

### 9.1 4 串同口应用

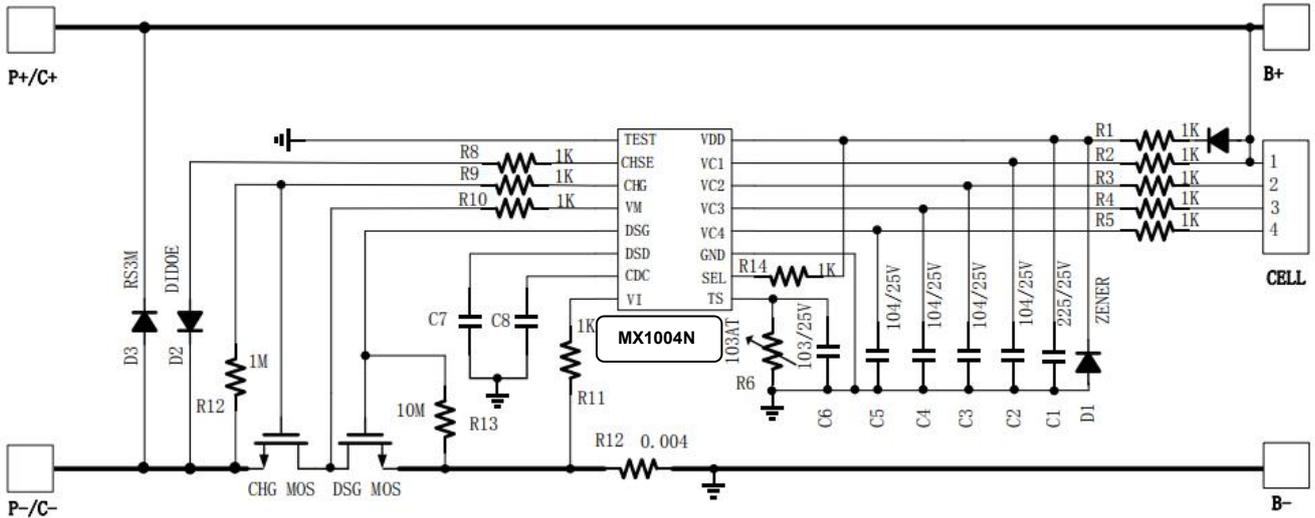


图 8 MX1004N 典型应用图（4 串同口）

### 9.2 4 串半分口应用

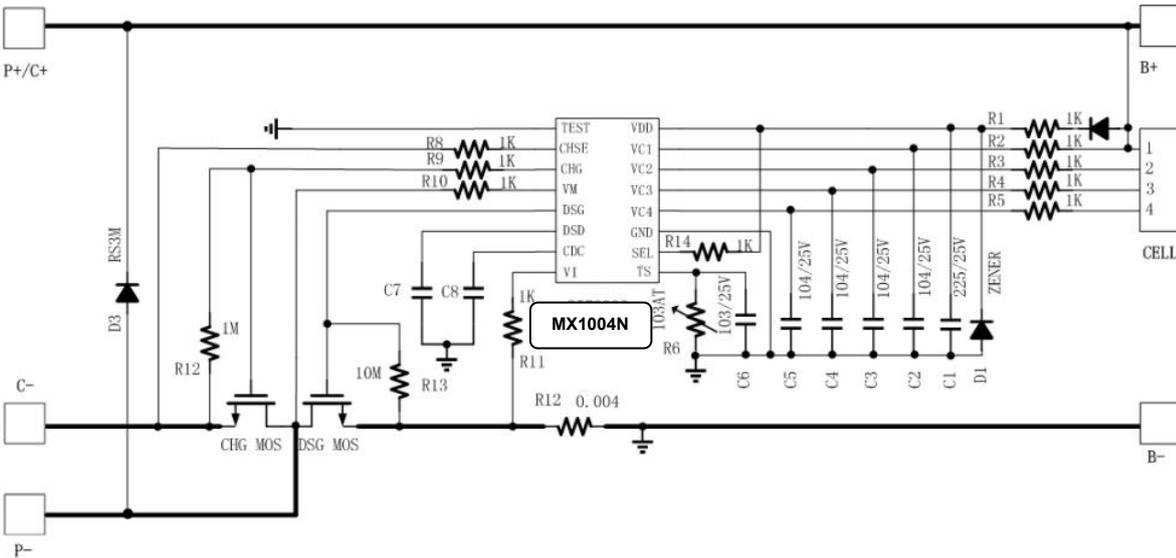


图 9 MX1004N 典型应用图（4 串半分口）

### 9.3.3 串同口应用

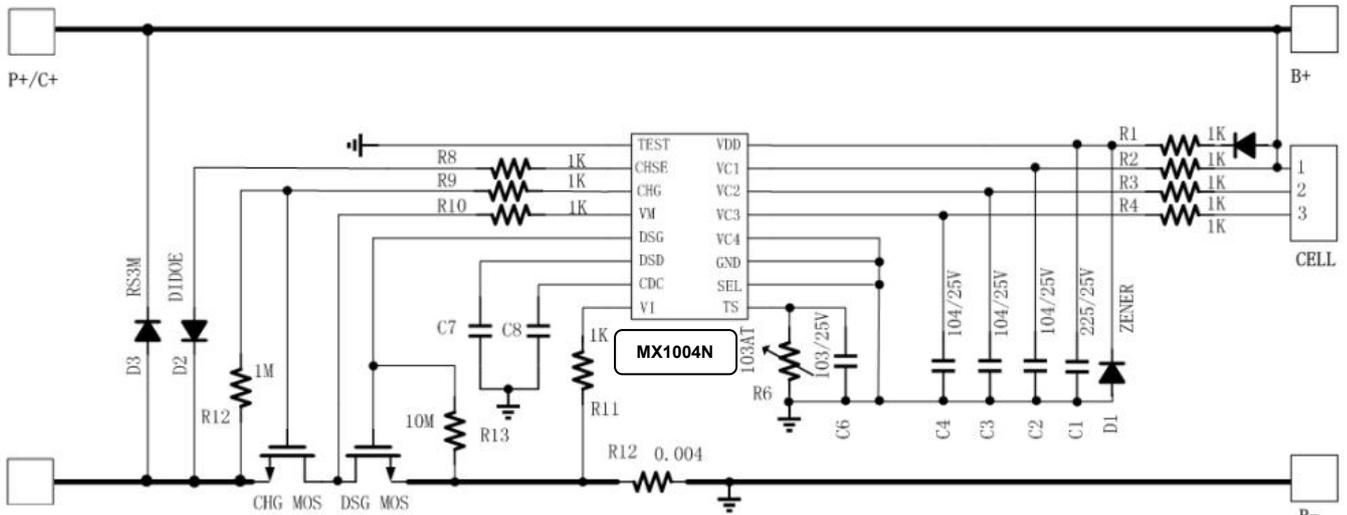


图 10 MX1004N 典型应用图（3 串同口）

### 9.4.4 串-PMOSFET 充电应用

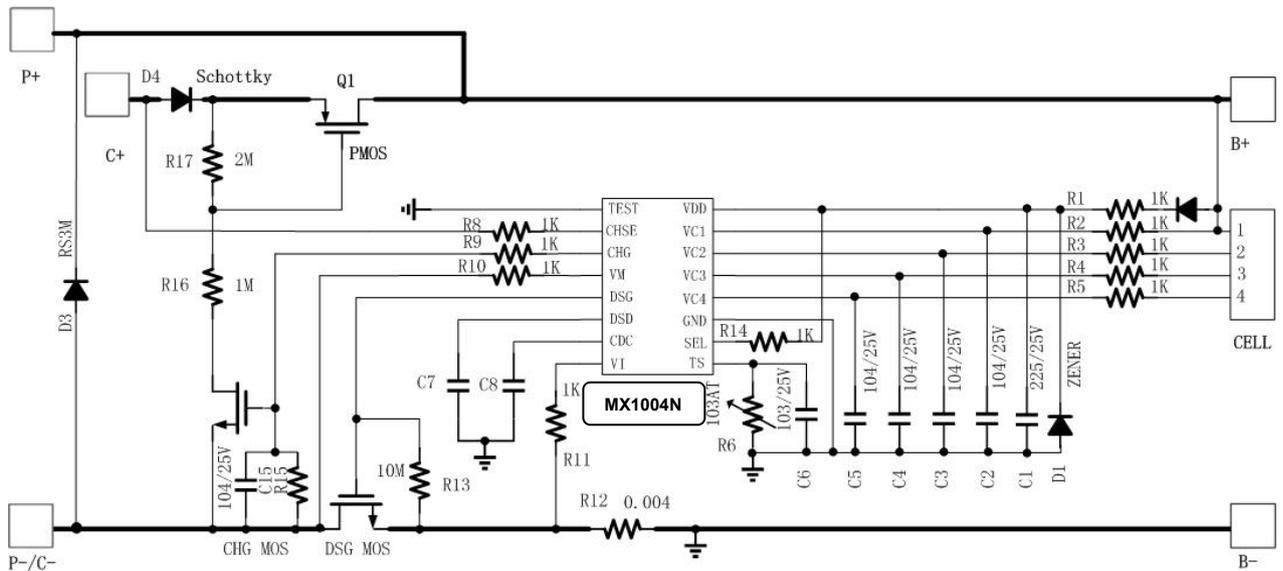


图 11 MX1004N 典型应用图（4 串-PMOS 充电应用）

### 9.5 功耗测试附图

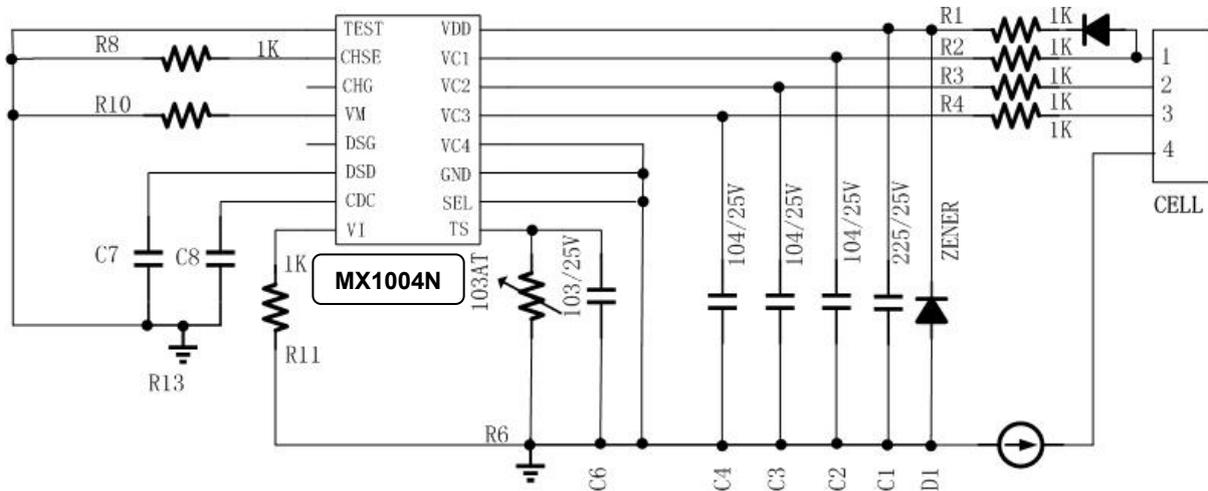


图 12 MX1004N 静态功耗测试电路

## 10. 电气特性

### 10.1 极限参数

信号	管脚名	极限范围	单位
VDD 和 GND 间输入电压	VDD	GND-0.3 to GND+26	V
高压输入端	DSG/VC1 - VC4/SEL	GND-0.3 to VDD+0.3	V
	VM/CHG/CHSE	VDD-26 to VDD+0.3	V
低压输入端	VI/CDC/DSD/TS/TEST	GND-0.3 to 5.5	V
工作温度		-40 to 85	
存储温度		-40 to 125	

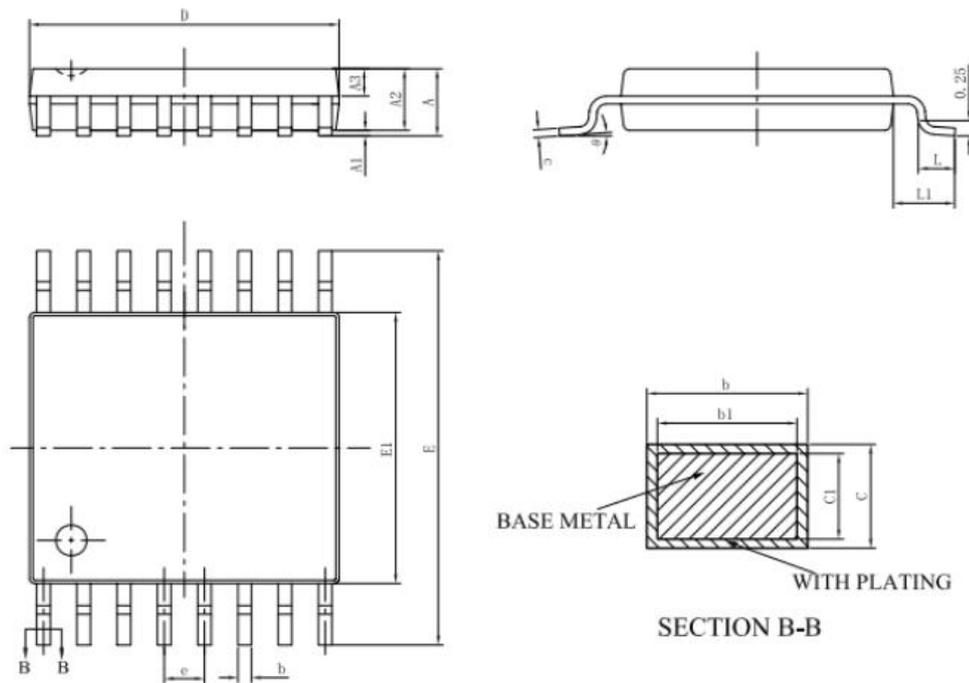
### 10.2 直流电气特性 (无特别说明, 电气特性在 25°C 下测得)

项目	记号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
过充部分						
过充电保护电压	V <sub>OV</sub>	—	3.600		4.375	V
过充电保护电压精度	V <sub>OVA</sub>	—	-25		25	mV
过充电保护电压 Step	V <sub>OVS</sub>	—		25		mV
过充电保护解除电压	V <sub>OVR</sub>	—	3.250		4.375	V
过充电保护解除电压精度	V <sub>OVR A</sub>		-50		50	mV
过充电保护解除电压 Step	V <sub>OVR S</sub>			25		mV
过充电保护延时	T <sub>OV</sub>		0.5	1	1.5	S
过充电保护解除延时	T <sub>OVR</sub>		0.5	1	1.5	mS
过放部分						
过放电保护电压	V <sub>UV</sub>	—	2.00 0		3.100	V
过放电保护电压精度	V <sub>UVA</sub>	—	-80		80	mV
过放电保护电压 Step	V <sub>UVS</sub>	—		100		mV
过放电保护解除电压	V <sub>UVR</sub>	—	2.00 0		3.700	V
过放电保护解除电压精度	V <sub>UVR A</sub>		-50		50	mV
过放电保护解除电压 Step	V <sub>UVR S</sub>			100		mV
过放电保护延时	t <sub>UV</sub>	DSD 管脚外接 0.1μ F 电容, 精度±10%	0.5	1	1.5	s
过放电保护解除延时	t <sub>UVR</sub>	DSD 管脚外接 0.1μ F 电容, 精度±10%	50	100	150	ms
放电过流部分						
过流 1 保护电压	V <sub>DOC1</sub>		25		350	mV
过流 1 保护电压精度	V <sub>DOC1A</sub>		-10		10	mV

过流 1 保护电压STEP	$V_{DOC1S}$			12.5		mV
过流 1 保护延时	$t_{DOC1}$	CDC 管脚外接 0.1 $\mu$ F 电容, 精度 $\pm$ 10%	0.5	1	1.5	s
过流 2 保护电压	$V_{DOC2}$			$2*V_{DOC1}$		V
过流 2 保护电压精度	$V_{DOC1A}$		-20		20	mV
过流 2 保护电压 Step	$V_{DOC2S}$			$2*V_{DOC1S}$		mV
过流 2 保护延时	$T_{DOC2}$	CDC 管脚外接 0.1 $\mu$ F 电容, 精度 $\pm$ 10%	50	100	150	ms
短路保护电压	$V_{SC1}$			$4.5*V_{DOC1}$		V
短路保护电压精度	$V_{SC1A}$		-45		45	mV
短路保护电压 Step	$V_{SC1S}$			$4.5*V_{DOC1S}$		
短路保护延时	$t_{SC}$		200	250	300	us
过流保护解除延时	$t_{DOCR}$		0.5	1	1.5	s
			50	100	150	ms
短路保护解除延时	$t_{SCR}$		0.5	1	1.5	s
			50	100	150	ms
温度部分						
充电高温保护温度	$T_{COT}$		46	50	54	$^{\circ}$ C
充电高温保护恢复温度	$T_{COTR}$		41	45	49	$^{\circ}$ C
放电高温保护温度	$T_{DOT}$		66	70	74	$^{\circ}$ C
放电高温保护恢复温度	$T_{DOTR}$		51	55	59	$^{\circ}$ C
充电低温保护温度	$T_{CUT}$		-4	0	4	$^{\circ}$ C
充电低温保护恢复温度	$T_{CUTR}$		1	5	9	$^{\circ}$ C
温度保护检测延时	$t_T$		1.5	3	5.5	s
温度保护检测解除延时	$t_{TR}$		1.5	3	5.5	s
放电状态判断电压	$V_{DCH}$		2.5	4	5.5	mV
工作电压	$V_{DD}$	CHG、DSG 能够保持正确的输出状态	3		26	V
工作电流 (正常模式)	$I_{DD}$				20	$\mu$ A
工作电流 (休眠模式)	$I_{IDLE}$				5	$\mu$ A
休眠延时	$t_{UVP}$		20	30	40	S
最低充电器电压	$V_{OCHA}$			1	1.5	V
充放电状态切换延时	$t_{STATUS}$		250	500	650	ms
CHSE 管脚内部上拉电阻	$R_{CHSE}$		800	1300	1800	K $\Omega$
VM 下拉电阻	$R_{VM}$		250	500	700	K $\Omega$
测试管脚高电平	$V_{TESTH}$		3.5	4	4.5	V

测试管脚低电平	$V_{TESTL}$		0		0.3	V
3/4 节应用控制管脚高电平	$V_{SELH}$		$V_{DD}-0.6$	$V_{DD}-0.1$		V
3/4 节应用控制管脚低电平	$V_{SELL}$				0.6	V
CHG 管脚高电平输出	$V_{CHG}$	CHG 接 10nF 电容		$V_{DD}$		V
DSG 管脚高电平输出	$V_{DSG-1}$	$V_{DD} > 13V$	11.5	12.5	13.5	V
DSG 管脚高电平输出	$V_{DSG-2}$	$V_{DD} < 13V$	$V_{DD}-1$	$V_{DD}-0.7$		V
CHSE 管脚电平 1	$V_{CHSEL}$	检测充电器	0.6	1	1.5	V
CHSE 管脚电平 2	$V_{CHSEH}$	检测充电器	$V_{DD}+0.05$	$V_{DD}+0.10$	$V_{DD}+0.15$	V
VM 管脚电平	$V_{VM}$	检测负载	1.05	1.20	1.35	V

## 11封装尺寸:



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.20
A1	0.05	—	0.15
A2	0.90	1.00	1.05
A3	0.39	0.44	0.49
b	0.20	—	0.30
b1	0.19	0.22	0.25
c	0.13	—	0.19
c1	0.12	0.13	0.14
D	4.86	4.96	5.06
E	6.20	6.40	6.60
E1	4.30	4.40	4.50
e	0.65BSC		
L	0.45	—	0.75
L1	1.00BSC		
θ	0	—	8°
L/F载体尺寸 (mil)	65 x 75		91 x 118