

## 概述

CR6002 是科圆半导体 TinyShield™ 电池保护芯片家族中的一员。它应用公司正在申请的美国和中国专利技术：智能开关技术，实现了片上集成 MOSFET，从而大大降低了制造成本并提高产品的可靠性。该芯片可用于单节锂离子和锂聚合物可充电电池组的过充，过放以及过电流保护。

该芯片包含所有必需的保护控制电路和非常低阻抗的内置 MOSFET，大大减少了外部元器件的数量。它实现了过充电压及电流的保护，过放电压及电流的保护，过热保护，短路保护等各项功能，并且工作时功耗非常低。

该芯片不仅为手机设计，也适用于一切需要锂离子或锂聚合物可充电电池长时间供电的各种信息产品的应用场合。

## 特性

1. 无需外部 MOSFET
2. 等效  $29\text{m}\Omega$   $R_{DS(ON)}$  片上 MOSFET
3. 应用极其简单，仅需一个外部电容
4. 过充电流保护
5. 三重过电流检测保护：过放电流 1，过放电流 2 和负载短路检测电流
6. 充电器检测功能
7. 过充电流检测功能
8. 高精度电压检测
  - 过充检测电压：3.9V~4.4V；步长：12.5mV；精度： $\pm 25\text{mV}$
  - 过充回滞电压：0.0V~0.4V；精度： $\pm 25\text{mV}$
  - 过放检测电压：2.0V~3.0V；步长：12.5mV；精度： $\pm 25\text{mV}$
  - 过放回滞电压：0.0V~0.7V；精度： $\pm 25\text{mV}$

9. 延迟时间(过充电压检测延迟时间： $t_{CU}$ ；过放电压检测延迟时间： $t_{DL}$ ，过放电流 1 检测延迟时间： $t_{ODC1}$ ；过放电流 2 检测延迟时间： $t_{ODC2}$ ；短路检测电流检测延迟时间： $t_{SHORT}$ )由内置电路产生，无需外接电容。精度： $\pm 20\%$

10. 低电流损耗

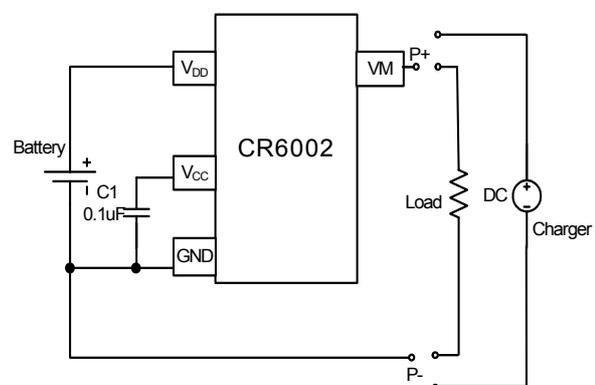
- 工作模式：典型值  $2.0\mu\text{A}$ ；最大值  $4.0\mu\text{A}$
- 休眠模式：最大值  $0.1\mu\text{A}$

11. MSOP-8 小型封装形式

12. 符合欧洲 "ROHS" 标准的无铅产品

## 应用

- 单节锂离子可充电电池组
- 单节锂聚合物可充电电池组



典型应用电路

管脚外形

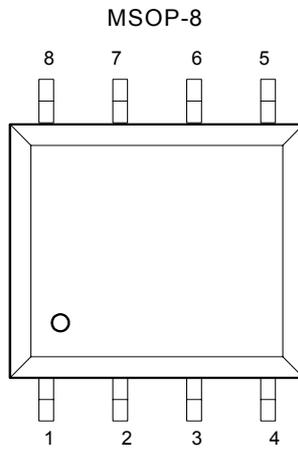


图 1. CR6002 的管脚图

管脚说明

序号	名称	I/O	功能
1	V <sub>DD</sub>	I	正电源输入端
2	V <sub>DD</sub>	I	正电源输入端
3	V <sub>CC</sub>	I	内部电路供电端
4	GND	I	接地端
5			悬空或者接 GND
6			悬空或者接 GND
7	VM	I/O	充电器正端输入，过电流检测端
8	VM	I/O	充电器正端输入，过电流检测端

原理图

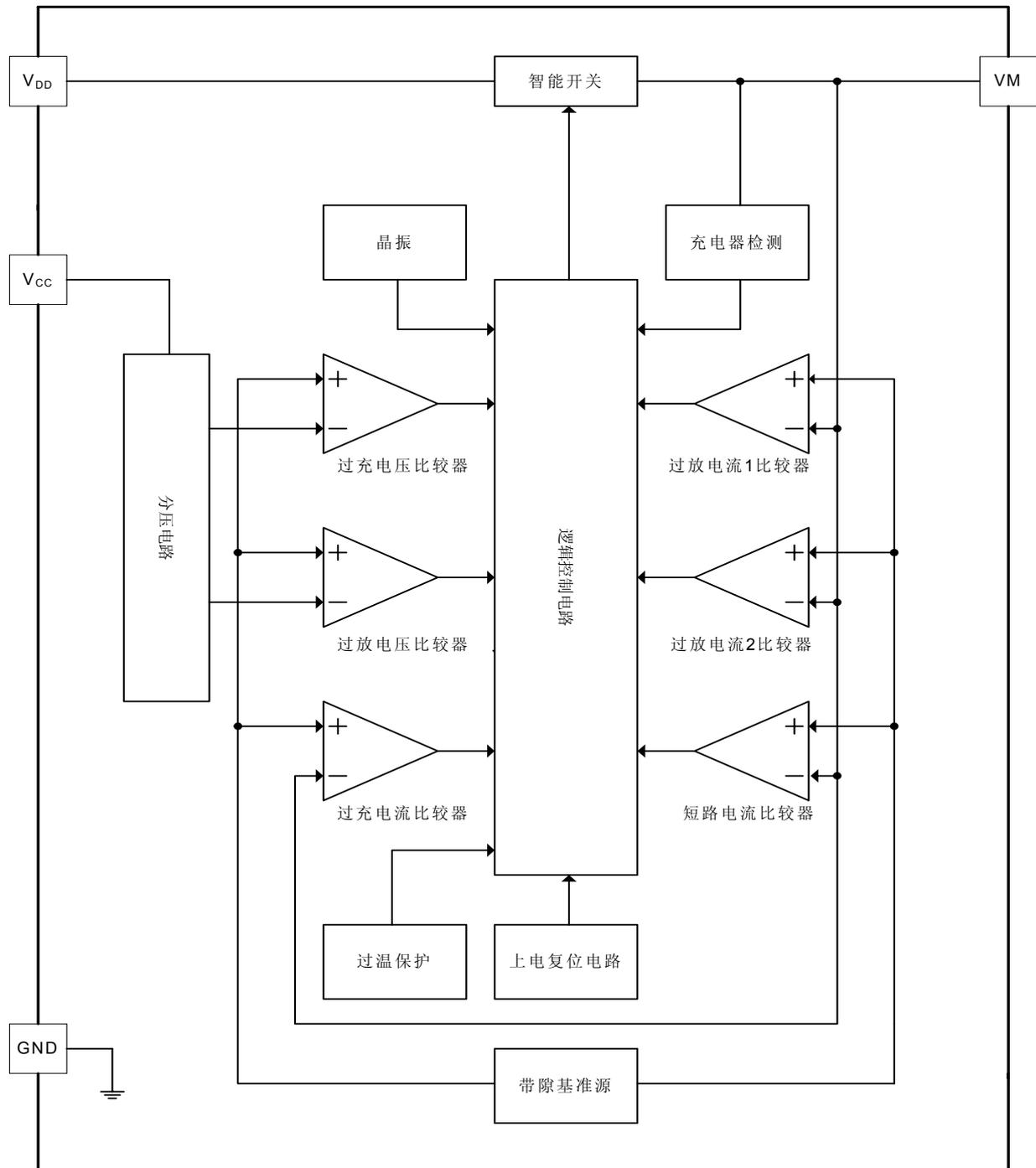
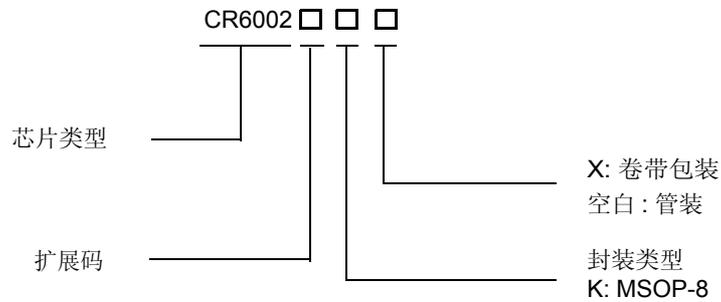


图 2. 原理图

**订货信息**


封装	温度范围	订货型号	标记代码	包装形式
MSOP-8	-40 to 85°C	CR6002AKX	6002A	卷带包装
MSOP-8	-40 to 85°C	CR6002BKX	6002B	卷带包装
MSOP-8	-40 to 85°C	CR6002DKX	6002D	卷带包装
MSOP-8	-40 to 85°C	CR6002EKX	6002E	卷带包装
MSOP-8	-40 to 85°C	CR6002FKX	6002F	卷带包装

\* 科圆半导体的无铅产品均符合欧洲 "RoHS" 标准。

## 产品系列

产品型号	过充检测电压 ( $V_{CU}$ )	过充回滞电压 ( $V_{HC}$ )	过放检测电压 ( $V_{DL}$ )	过放回滞电压 ( $V_{HD}$ )	过放电流 1 ( $I_{ODC1}$ )	过放电流 2 ( $I_{ODC2}$ )	过充电压检测延迟时间 ( $t_{CU}$ )
CR6002A	4.275V	0.25V	2.5V	0.4V	3.0A	6.0A	1200ms
CR6002B	4.275V	0.25V	2.9V	0.4V	3.0A	6.0A	1200ms
CR6002D	4.325V	0.175V	2.5V	0.4V	3.0A	6.0A	500ms
CR6002E	4.325V	0.175V	2.5V	0.4V	3.0A	6.0A	1200ms
CR6002F	4.275V	0.20V	2.5V	0.4V	3.0A	9.0A	1200ms

## 绝对最大额定值

参数	符号	最小值	最大值	单位
供电电压 ( $V_{DD}$ 和 GND 间电压)	$V_{DD}$	0	8.0	V
充电器输入电压 ( $V_M$ 和 GND 间电压)	$V_M$	$V_{DD} - 10.0$	10.0	V
存储温度范围	$T_{STG}$	-55	125	°C
功率损耗	$P_{MAX}$		500	mW

注：各项参数若超出“绝对最大值”的范围，将有可能对芯片造成永久性损伤。以上给出的仅是极限范围，在这样的极限条件下工作，芯片的技术指标将得不到保证。长期工作在“绝对最大值”附近，会影响到芯片的可靠性。

## 推荐工作条件

参数	符号	最小值	最大值	单位
供电电压 ( $V_{DD}$ 和 GND 间电压)	$V_{DD}$	2.0	5.0	V
充电器输入电压 ( $V_M$ 和 GND 间电压)	$V_M$	-0.3	5.5	V
工作温度范围	$T_{OPR}$	-40	85	°C

**TinyShield™ 内置 MOSFET 的锂电池保护芯片**
**CR6002**
**电气特性**

 除非特殊说明，普通字体列出的指标指工作温度为  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ；黑体列出的指标指工作温度为  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ 。

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>检测电压</b>							
过充检测电压 $V_{CU}=3.9\text{V}$ to $4.4\text{V}$ 步长: $12.5\text{mV}$	$V_{CU}$		$V_{CU}$ -0.025	$V_{CU}$	$V_{CU}$ +0.025	V	
			<b><math>V_{CU}</math> -0.055</b>	<b><math>V_{CU}</math></b>	<b><math>V_{CU}</math> +0.040</b>		
过充回滞电压 $V_{HC}=0\text{V}$ to $0.4\text{V}$ 步长: $12.5\text{mV}$	$V_{HC}$		$V_{HC}$ -0.025	$V_{HC}$	$V_{HC}$ +0.025	V	
			<b><math>V_{HC}</math> -0.025</b>	<b><math>V_{HC}</math></b>	<b><math>V_{HC}</math> +0.025</b>		
过放检测电压 $V_{DL}=2.0\text{V}$ to $3.0\text{V}$ , 步长: $12.5\text{mV}$	$V_{DL}$		$V_{DL}$ -0.025	$V_{DL}$	$V_{DL}$ +0.025	V	
			<b><math>V_{DL}</math> -0.050</b>	<b><math>V_{DL}</math></b>	<b><math>V_{DL}</math> +0.050</b>		
过放回滞电压 $V_{HD}=0.0\text{V}$ to $0.7\text{V}$ , 步长: $12.5\text{mV}$	$V_{HD}$		$V_{HD}$ -0.025	$V_{HD}$	$V_{HD}$ +0.025	V	
			<b><math>V_{HD}</math> -0.050</b>	<b><math>V_{HD}</math></b>	<b><math>V_{HD}</math> +0.050</b>		
充电器检测电压	$V_{CHA}$		$V_{DD}$ +0.07	$V_{DD}$ +0.12	$V_{DD}$ +0.2	V	
			<b><math>V_{DD}</math> +0.02</b>	<b><math>V_{DD}</math> +0.12</b>	<b><math>V_{DD}</math> +0.25</b>		
<b>检测电流</b>							
过充检测电流	$I_{OCC}$	$V_{DD}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E/F	2.1	3.0	3.9	A
				<b>1.9</b>	<b>3.0</b>	<b>4.1</b>	
过放电流 1 检测电流	$I_{ODC1}$	$V_{DD}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E/F	2.1	3.0	3.9	A
				<b>1.9</b>	<b>3.0</b>	<b>4.1</b>	
过放电流 2 检测电流	$I_{ODC2}$	$V_{DD}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E	4.5	6.0	7.0	A
				<b>4.0</b>	<b>6.0</b>	<b>8.0</b>	
			P/N: CR6002F	7.5	9.0	10.5	
				<b>7.0</b>	<b>9.0</b>	<b>11.5</b>	
负载短路检测电压	$V_{SHORT}$	$V_{DD}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E/F	1.20	1.25	1.30	V
				<b>1.15</b>	<b>1.25</b>	<b>1.35</b>	

**TinyShield™ 内置 MOSFET 的锂电池保护芯片**
**CR6002**
**电气特性(续)**

 除非特殊说明，普通字体列出的指标指工作温度为  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ；黑体列出的指标指工作温度为  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ 。

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>电流损耗</b>							
正常工作状态下的电流损耗	$I_{\text{OPE}}$	$V_{\text{DD}}=3.5\text{V}$ VM 管脚悬空	1.0	2.0	3.0	$\mu\text{A}$	
			<b>0.7</b>	<b>2.0</b>	<b>4.0</b>		
休眠状态下的电流损耗	$I_{\text{DDQ}}$	$V_{\text{DD}}=2.0\text{V}$ VM 管脚悬空			0.1	$\mu\text{A}$	
					<b>0.1</b>		
<b>VM 端内阻</b>							
VM 和 $V_{\text{DD}}$ 间的内阻	$R_{\text{VMD}}$	$V_{\text{DD}}=3.5\text{V}$ VM=1.0V	13	20	30	k $\Omega$	
			<b>10</b>	<b>20</b>	<b>40</b>		
VM 和 GND 间的内阻	$R_{\text{VMS}}$	$V_{\text{DD}}=2.0\text{V}$ VM=1.0V	300	450	675	k $\Omega$	
			<b>225</b>	<b>450</b>	<b>900</b>		
<b>FET 阻抗</b>							
FET 等效电阻	$R_{\text{DS(ON)}}$	$V_{\text{DD}}=4.0\text{V}$ $I_{\text{VM}}=1.0\text{A}$		29	32	m $\Omega$	
<b>过温保护</b>							
过温保护	$T_{\text{SHD+}}$			120		$^\circ\text{C}$	
过温保护的恢复温度	$T_{\text{SHD-}}$			100			
<b>检测延迟时间</b>							
过充电电压检测延迟时间	$t_{\text{CU}}$		P/N: CR6002A /B/E/F	0.96	1.2	1.4	S
				<b>0.7</b>	<b>1.2</b>	<b>2.0</b>	
			P/N: CR6002D	0.4	0.5	0.6	
				<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	
过放电电压检测延迟时间	$t_{\text{DL}}$		P/N: CR6002A /B/D/E/F	115	144	173	mS
				<b>80</b>	<b>144</b>	<b>245</b>	
过放电电流 1 检测延迟时间	$t_{\text{ODC1}}$	$V_{\text{DD}}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E/F	7.2	9.0	11	mS
				<b>5.0</b>	<b>9.0</b>	<b>15</b>	
过放电电流 2 检测延迟时间	$t_{\text{ODC2}}$	$V_{\text{DD}}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E/F	3.6	4.48	5.4	mS
				<b>2.4</b>	<b>4.48</b>	<b>7.6</b>	
负载短路检测延迟时间	$t_{\text{SHORT}}$	$V_{\text{DD}}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E/F	220	320	380	$\mu\text{S}$
				<b>150</b>	<b>320</b>	<b>540</b>	
过冲电流检测延迟时间	$t_{\text{OCC}}$	$V_{\text{DD}}=3.5\text{V}$	P/N: CR6002A /B/D/E/F	7.2	9.0	11	mS
				<b>5.9</b>	<b>9.0</b>	<b>15</b>	

## 工作状态图

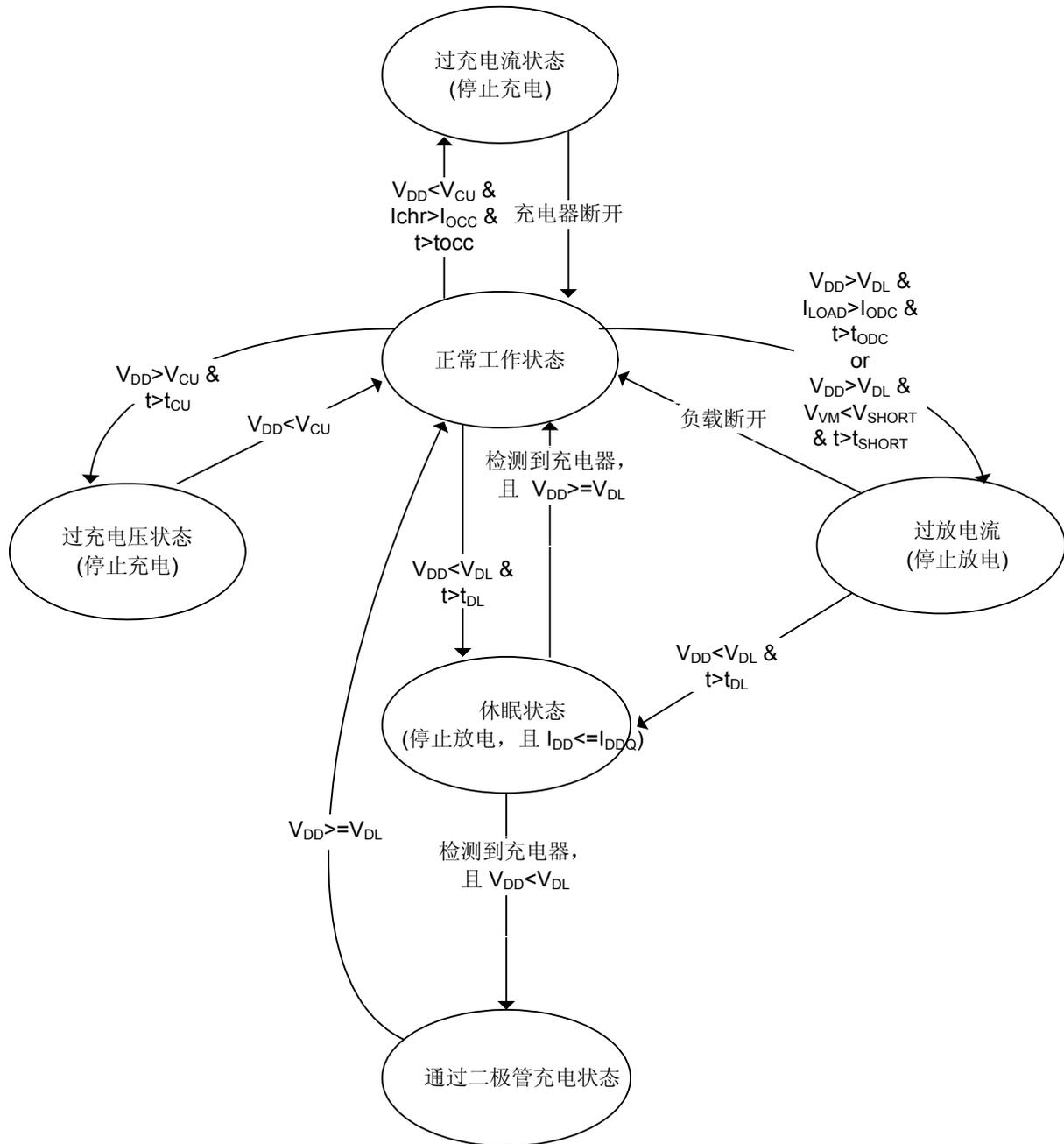

 注：I<sub>chr</sub>: 充电条件下的充电电流

图 3. CR6002 的工作状态图

## 功能描述

CR6002 监控电池的电压和电流，并通过断开充电器或者负载，保护单节可充电锂电池不会因为过充电压、过放电压、过放电流以及短路等情况而损坏。这些功能都使可充电电池工作在指定的范围内。

该芯片仅需一颗外接电容，MOSFET 已内置，等效电阻的典型值为 29mΩ。

CR6002 支持四种运行模式：正常工作模式、充电工作模式、放电工作模式和休眠工作模式。

### 1. 正常工作模式

如果没有检测到任何异常情况，充电和放电过程都将自由转换。这种情况称为正常工作模式。

### 2. 过充电压情况

在正常条件下的充电过程中，当电池电压高于过充检测电压 ( $V_{CU}$ )，并持续时间达到过充电压检测延迟时间 ( $t_{CU}$ ) 或更长，CR6002 将控制 MOSFET 以停止充电。这种情况称为过充电压情况。如果异常情况在过充电压检测延迟时间 ( $t_{CU}$ ) 内消失，系统将不动作。

以下两种情况下，过充电压情况将被释放：

- (1). 充电器连接情况下，VM 端的电压低于充电器检测电压  $V_{CHA}$ ，电池电压掉至过充释放电压 ( $V_{CL}$ )。(注： $V_{CL} = V_{CU} - V_{HC}$ )
- (2). 充电器未连接情况下，电池电压掉至过充检测电压 ( $V_{CU}$ )。

当充电器未被连接时，电池电压仍然高于过充检测电压，电池将通过内部二极管放电。

注：

(1). 在过充电压情况下，当充电器仍然连接的情况下，若 VM 端的电压大于等于充电器检测电压  $V_{CHA}$ ，即使电池电压低至过充释放电压 ( $V_{CL}$ )，过充电压条件仍然不能被释放 (CR6002F 除外)。对于 CR6002F，不管充电器是否连接，只要  $V_{DD}$  小于  $V_{CL}$ ，过充电压条件即被释放。

(2). 在过充电压情况下，当电池通过内置 MOSFET 未与充电器相连，充电器的输入电压必须低于芯片规定的最大额定电压  $V_{max}$ 。超过最大额定电压  $V_{max}$  损坏芯片及电池。

### 3. 过充电流情况

在充电工作模式下，如果电流的值超过  $I_{OCC}$  并持续一段时间 ( $t_{OCC}$ ) 或更长，芯片将控制 MOSFET 以停止充电。这种情况被称为过充电流情况。

CR6002 将持续监控电流状态，当连接负载或者充电器断开，一旦 VM 端的电压值等于或低于充电器检测电压  $V_{CHA}$  的值，芯片将释放过充电流情况。

### 4. 过放电压情况

在正常条件下的放电过程中，当电池电压掉至过放检测电压 ( $V_{DL}$ )，并持续时间达到过放电压检测延迟时间 ( $t_{DL}$ ) 或更长，CR6002 将切断电池和负载的连接，以停止放电。这种情况被称为过放电压情况。当放电控制 MOSFET 被截止，VM 管脚的电压将被 VM 的对地的内阻  $R_{VMS}$  下拉。当 VM 和地之间的电压小于等于 1.5V (典型值)，电流消耗将降低至休眠状态下的电流消耗 ( $I_{DDQ}$ )。这种情况被称为休眠情况。

当充电器被连接，且 VM 和地之间的电压等于 2.0V (典型值) 或更高时，休眠条件将被释放。并且，电池电压大于等于过放检测电压 ( $V_{DL}$ ) 时，CR6002 将回到正常工作条件。

### 5. 过放电流情况 (过放电流 1 和过放电流 2 的检测)

如果放电电流超过额定值，且持续时间大于等于过放电流检测延迟时间，电池和负载将被断开。如果在过放电流检测延迟时间内，电流又降至额定值范围之内，系统将不动作。

当 VM 和地之间的阻抗增至大于等于能够自动恢复到正常状态的阻抗，过放电流状态将被复位。断开负载的连接，以确保从过放电流情况恢复到正常状态。

### 6. 负载短路电流情况

若 VM 管脚的电压小于等于短路保护电压 ( $V_{SHORT}$ )，系统将停止放电电池和负载的连接将断开。 $t_{SHORT}$  是切断电流的最大延迟时间。

通过断开负载，当 VM 管脚的电压高于短路保护电压 ( $V_{SHORT}$ )，负载短路电流情况将被释放。

### 7. 充电器检测

当处于过放电状态下的电池和充电器相连，若 VM 管脚电压大于等于充电器检测电压  $V_{CHA}$ ，当电池电压大于等于过放检测电压  $V_{DL}$ ，CR6002 将释放过放电状态。

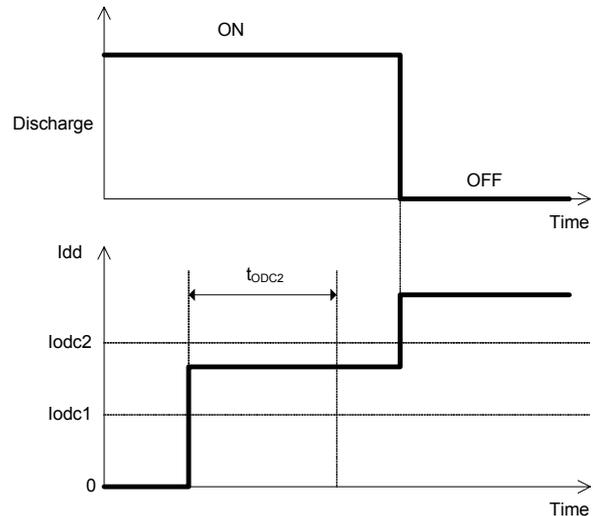
## 功能描述(续)

当处于过放电状态下的电池和充电器相连,若 VM 管脚的电压大于等于 2.0V (典型值),且低于充电器检测电压( $V_{CHA}$ ),当电池电压大于等于过放检测电压( $V_{DL}$ )与过放回滞电压( $V_{HD}$ )之和,CR6002 将释放过放电状态。

### 8. 延迟电路

(1). 当过放电流 1 被检测到,过放电流 2 和负载短路的检测延迟时间就开始计算了。一旦测到过放电流 2 或负载短路的时间超过过放电流 2 或负载短路的延迟时间,CR6002 将停止放电。

(2). 当检测出过放电流,且超出过放检测延迟时间仍然没有断开负载,这时若电池电压低于过放检测电压,系统将进入休眠状态。若因为过放电流,过放电压降至过放检测电压,CR6002 将通过过放电流检测停止放电。这种情况下,电池电压的恢复非常慢,如果在过放电压检测延迟时间之后,电池电压仍然低于过放检测电压,CR6002 将转至休眠条件。



## 工作时序图

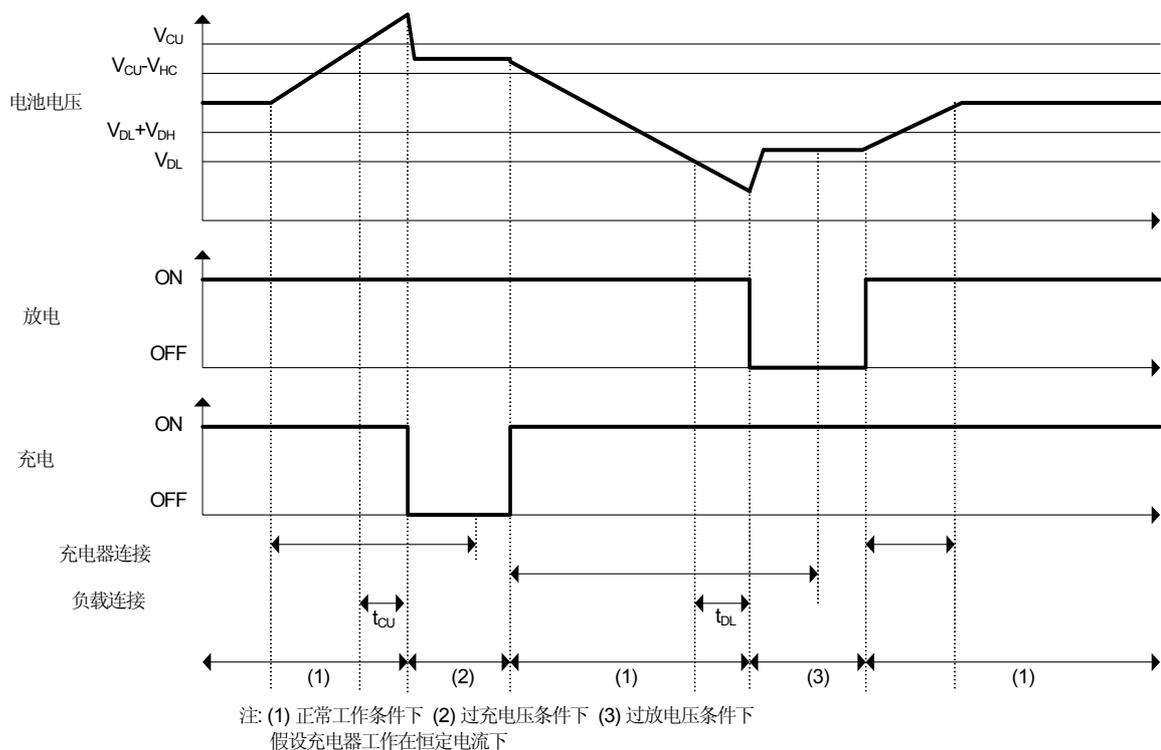


图 4. 过充 / 过放的电压检测

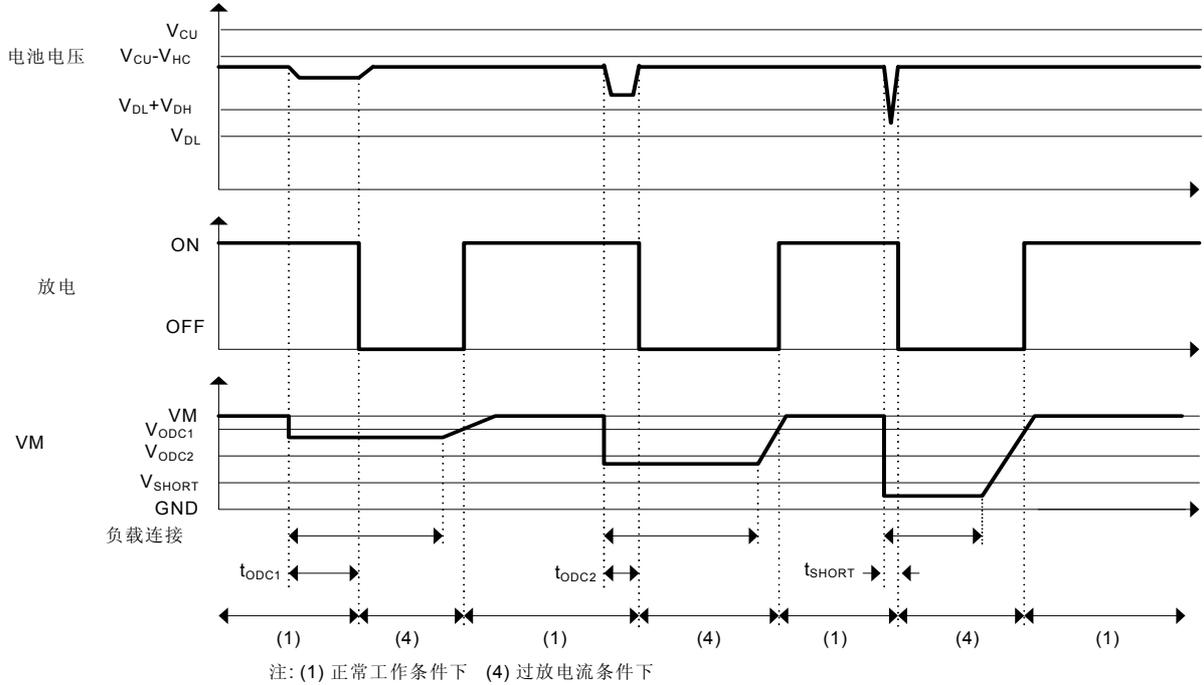
**工作时序图(续)**


图 5. 过放电流检测

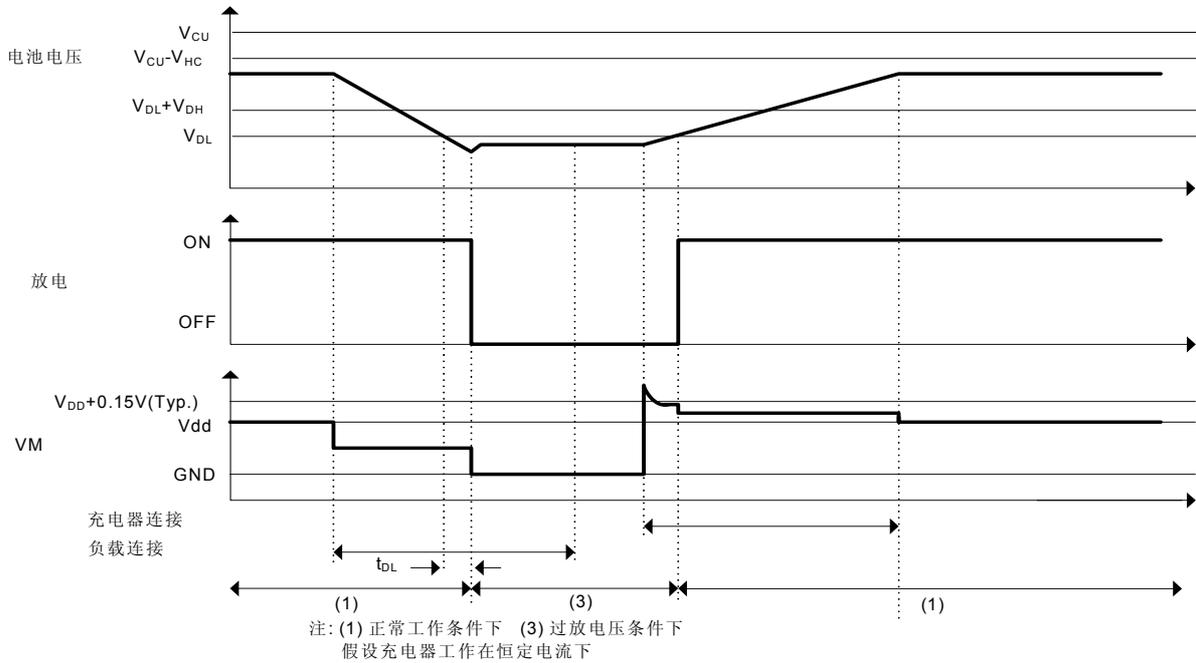


图 6. 充电器检测

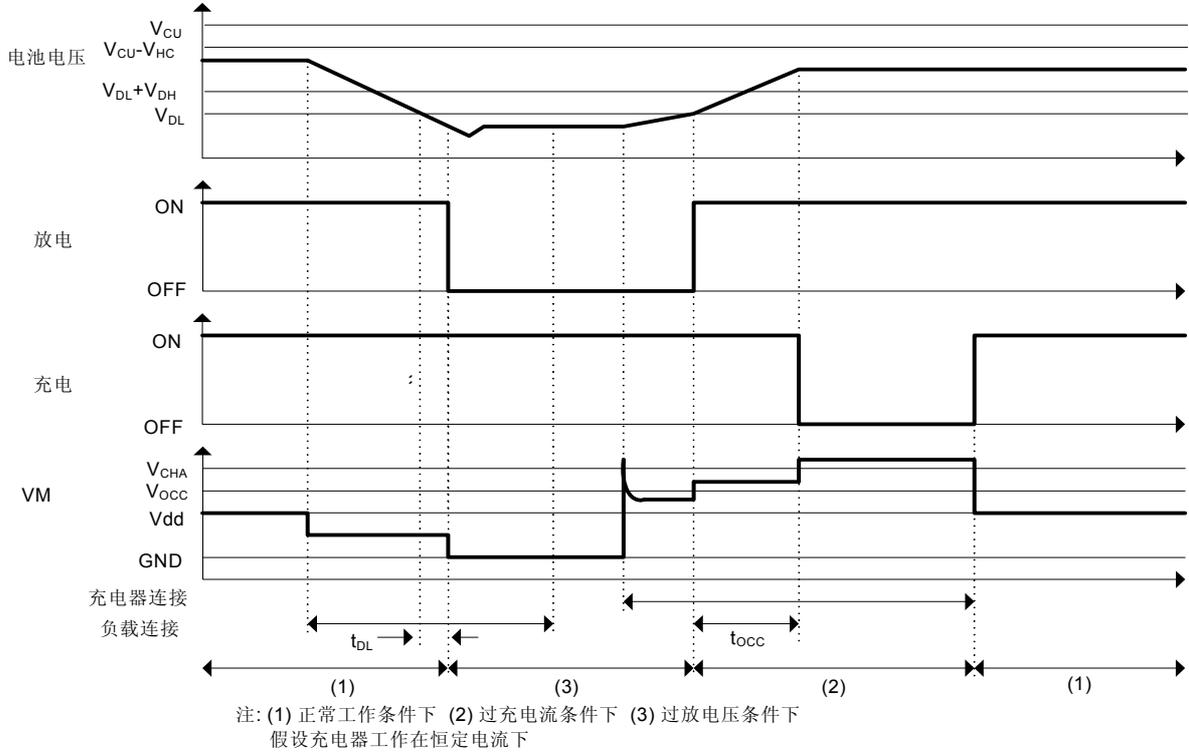
**工作时序图(续)**


图 7. 过充电流检测

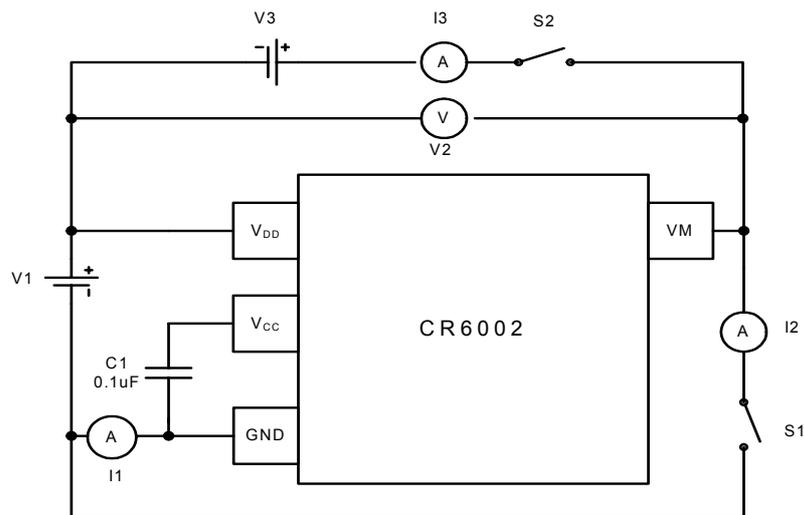
**测试配置**


图 8. 测试电路

## 测试配置(续)

图 8 所示的测试电路可用于测试电池保护芯片的性能。所有测试都假定该部分电路运行在正常工作模式下。

### 1. 过放电压 (过放检测电压, 休眠工作模式下的损耗电流, 过放释放电压)

设置:

电池	V1	3.5V, 限流 10mA
充电器	V3	-0.05V, 限流 5mA
开关 1	S1	打开
开关 2	S2	闭合

步骤:

- 从 3.5V 开始逐步降低 V1
- 当电流  $I_3=0$ , 测得过放电压 V1
- 打开开关 1 和 2, 测得休眠状态下的损耗电流  $I_1$
- 闭合开关 2
- 逐步增加 V1, 直到电流  $I_3=5mA$
- 此时的 V1 代表过放释放电压

### 2. 过放电流

设置:

电池	V1	3.5V, 限流 10mA
充电器	V3	-2.0V, 限流 10mA
开关 1	S1	打开
开关 2	S2	闭合

步骤:

- 从起始值开始, 快速 (在 10 微秒内) 增加充电器 V3 的限流设置, 当电流  $I_3=0$ , 其延迟时间在过放电流 1 延迟时间 ( $t_{ODC1}$ ) 的最小值和最大值之间, 这时测得的电流即为过放电流 1。
- 打开开关 2
- 恢复初始设置, 从起始值开始, 快速 (在 10 微秒内) 增加充电器 V3 的限流设置, 当电流  $I_3=0$ , 其延迟时间在过放电流 2 延迟时间 ( $t_{ODC2}$ ) 的最小值和最大值之间, 这时测得的电流即为过放电流 2。
- 打开开关 2
- 恢复初始设置, 从起始值开始, 快速 (在 10 微秒内) 增加充电器 V3 的限流设置, 当电流  $I_3=0$ , 其延迟时间在短路延迟时间 ( $t_{SHORT}$ ) 的最小值和最大值之间, VM 端的电压即为短路检测电压。

### 3. 过充电压 (过充检测电压、过充恢复电压)

设置:

电池	V1	3.5V, 限流 10mA
充电器	V3	0.05V, 限流 5mA
开关 1	S1	打开
开关 2	S2	闭合

步骤:

- 从 3.5V 开始逐步增加 V1
- 当电流  $I_3=0$ , 测得过充电压  $V_{CU}$
- 逐步降低 V1
- 当电流  $I_3=5mA$ , 测得的电压即为过充恢复电压  $V_{CL}$
- 回滞电压可根据  $V_{CH}=V_{CU}-V_{CL}$  计算得到

### 4. 过充电流

设置:

电池	V1	3.5V, 限流 10mA
充电器	V3	2.0V, 限流 10mA
开关 1	S1	打开
开关 2	S2	闭合

步骤:

- 从起始值开始, 快速 (在 10 微秒内) 增加充电器 V3 的限流设置, 当  $I_3=0$ , 其延迟时间在过充电流检测时间 ( $t_{OCC}$ ) 的最小值和最大值之间, 这时测得的电流即为过充电流  $I_{OCC}$ 。
- 打开开关 2
- 闭合开关 1, 连接负载  $I_2=10mA$
- 进入正常工作模式

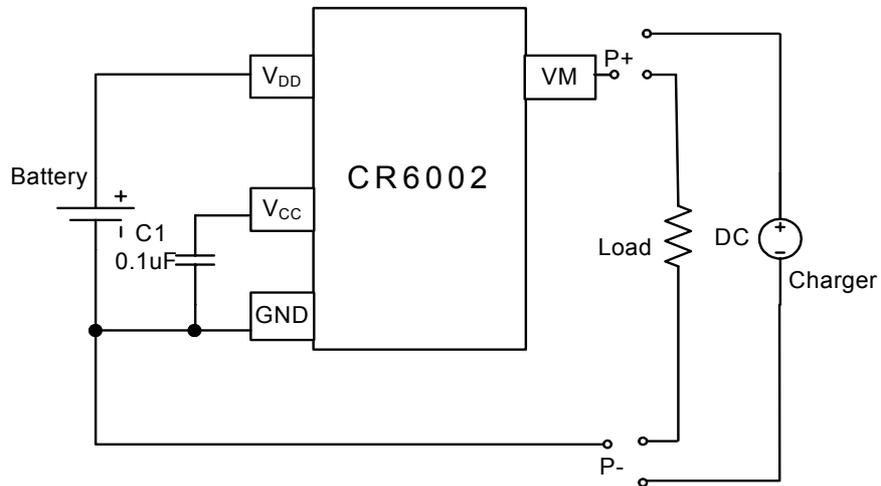
**典型应用**


图 9. CR6002 在电池保护电路中的典型应用

注：C1 用来保护电源波动，推荐的典型值为  $0.1\mu\text{F}$ ，最小值  $0.022\mu\text{F}$ ，最大值  $1.0\mu\text{F}$ 。

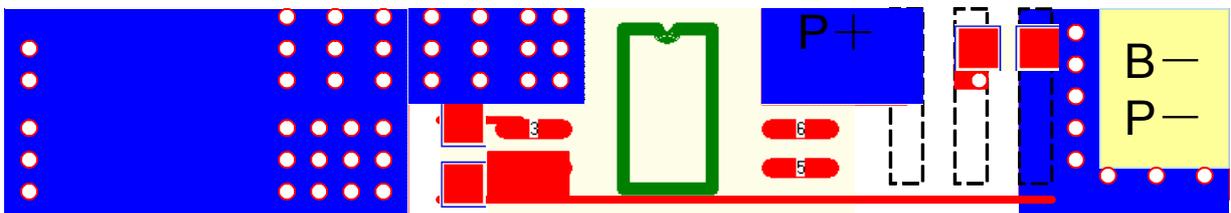
**演示板电路**


图 10. PCB 版图

注：红色的是顶层，蓝色的是底层；过孔电阻 10m 欧姆。

## 外形尺寸

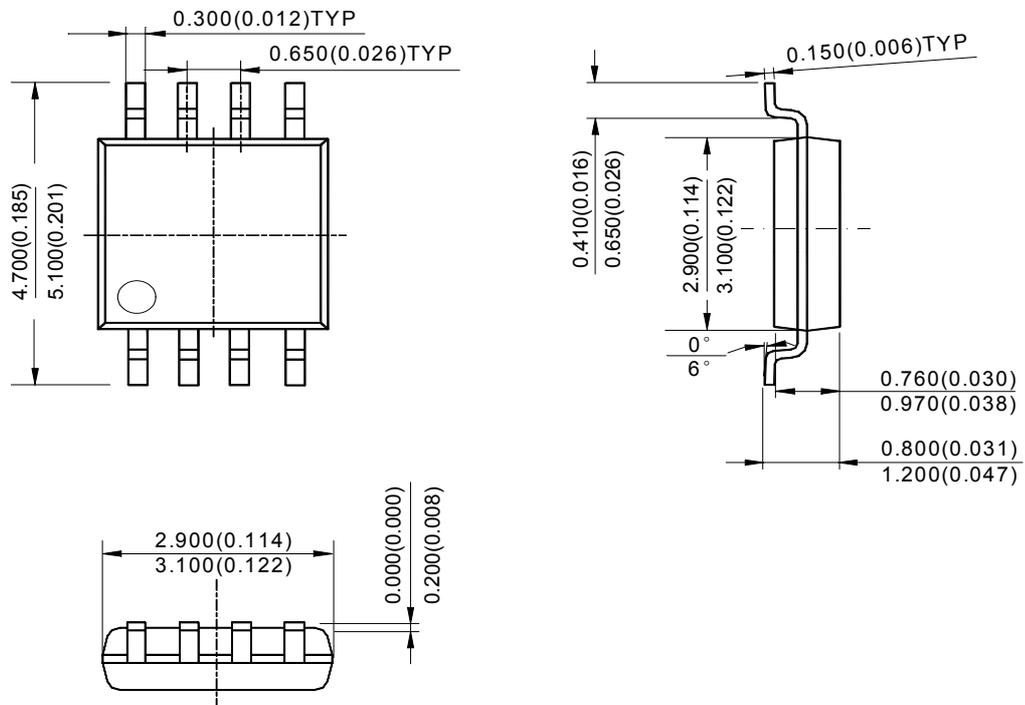


图 11. 封装尺寸图