

## 修订履历：

Revision	Change	Page	Author	Date
1.0	Initial draft		Deng	2018.10
1.1	优化绝缘设计描述		黄琳	2020.06
1.2	新增过流保护功能		Deng	2021.07
1.3	添加安全认证描述		Deng	2022.08

## 目录

<b>一、芯片式传感器常规问题</b>	<b>2</b>
1.1.1 芯片能够同时检测交流和直流电流吗	2
1.1.2 外围电容的作用及选择	3
1.1.3 有什么办法可以调整芯片的灵敏度吗	3
1.1.4 REF 功能不使用的是悬空还是接地	3
1.1.5 如果我试图用传感器 IC 的输出驱动超过规定的 10nF 最大电容会发生什么	3
1.1.6 如果我试图用传感器 IC 的输出驱动超过规定的最小电阻会发生什么	2
1.1.7 芯片适用的测量交流电频率范围	3
1.1.8 兴工微电流传感器有什么安全认证	3
1.1.9 如何降低焊接机械应力带来的影响	3
1.2.0 应用时极限参数超出规范会有什么影响	3
1.2.1 响应时间与 Cout 容值的关系	3
1.2.2 RC 滤波对噪声的影响	3
1.2.3 采用程序清零的因素	3
1.2.4 各型号的输出电压线性范围和饱和范围	3
<b>二、过流保护功能</b>	<b>1</b>
2.1.1 过流管脚功能不使用如何处理	2
2.2.2 OCST 功能如何使用	3
2.2.3 FLAG 管脚输出特性	3
2.2.4 如何保障 FLAG 管脚信号响应时间<2uS	3
<b>三、传感器设计准则</b>	<b>1</b>
3.1.1 概述	2
3.1.2 热效应带来的影响	3
3.1.3 载流迹线对 IC 的影响	3
3.1.4 载流迹线与芯片距离变化带来的误差和危害	3
3.1.5 绝缘设计	3
<b>四、电流能力和耐受时间关系</b>	<b>4</b>
4.1.1 概述	5
4.1.2 电流与温升关系	5
4.1.3 PCB 不同面积下电流造成的温升对比	5
4.1.4 由于短路冲击电流或其他瞬态条件造成的框体熔断	5
4.1.5 超温或熔断的危害	5

## 一、芯片式传感器常规问题

### 1.1.1 芯片能够同时检测交流和直流电流吗

对。SC810 系列采用霍尔效应技术，能够感应同时具有直流和交流组件的电流。如数据表所述，SC810 的典型带宽是 120kHz。对于频率大于 120kHz 的交流电流，输出可能存在相位滞后和振幅衰减。对于瞬态电流信号，响应时间为 1.7 $\mu$ s。

### 1.1.2 外围电容的作用及选择

不同型号的外围电路可能不同，建议参考规格书典型应用图。

但可以统一说明以下注意事项：

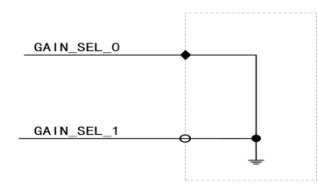
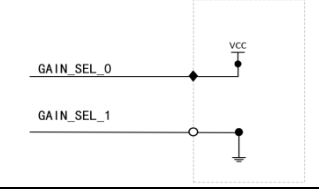
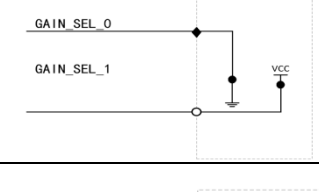
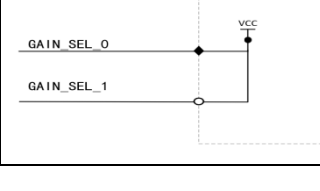
- 滤波电容器应尽可能靠近芯片管脚以保障最佳效果。
- VCC to gnd 之间电容不能小于推荐值，同时没有限制最大容值。
- Vout to gnd 之间电容建议采用推荐值，如采用大电容由于充电放电特性会延长响应时间。
- Vref to gnd 之间电容建议采用推荐值，如不使用该管脚也支持 NC 悬空处理。

## 1.1.3 有什么办法可以调整芯片的灵敏度吗

对于全集成式电流传感器，目前仅 SC824CGT 系列支持用户通过 GAIN0 和 Gain1 进行增益调节。

注：GAIN=0：可下拉至 Gnd 或接下拉电阻； GAIN=1，可上拉至 VCC 或 NC 悬空处理。

表 1：增益配置表

	GAIN_SEL_1 (数字输入)	GAIN_SEL_0 (数字输入)	应用选择	增益关系
增益组合	0	0		X1
	0	1		X2
	1	0		X4
	1	1		X1 或者 X8 (具体以型号指定)

## 1.1.4 VREF 功能管脚不使用的是悬空还是接地

VREF 引脚在不使用时只能 NC 不能接地，接地会对 VOUT 输出产生影响。

## 1.1.5 如果我试图用传感器 IC 的输出驱动超过规定的 10nF 最大电容会发生什么

电容具有充电放电特性，输出信号可能会存在延迟

## 1.1.6 如果我试图用传感器 IC 的输出驱动超过规定的最小电阻会发生什么

传感器 IC 输出信号可能会被下拉，甚至接近 0V，因为其输出驱动器将无法提供足够的电流。

## 1.1.7 芯片适用的测量交流电频率范围

参考规格书标称频率带宽参数，如超过标称会出现灵敏度衰减，输出跟不上响应的情况。

## 1.1.8 兴工电流传感器有什么安全认证

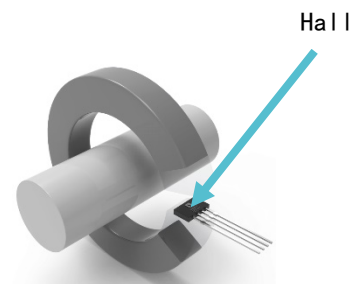
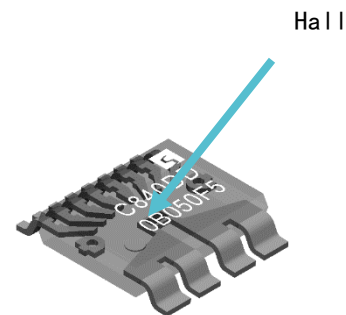
兴工产品认证可以按型号类别来对应，如下图：

型号	封装	安规证书
SC81xx 系列	SOP8	UL 60950 CB 62368
SC82xx 系列	SOW16	UL 60950 CB 62368 CQC 4943.1
SC84xx 系列	SOW16-H	UL 60950 CB 62368
SC78xx 系列	PFF, PSF, PSS	UL 60950 CB 62368

表 2：安规认证

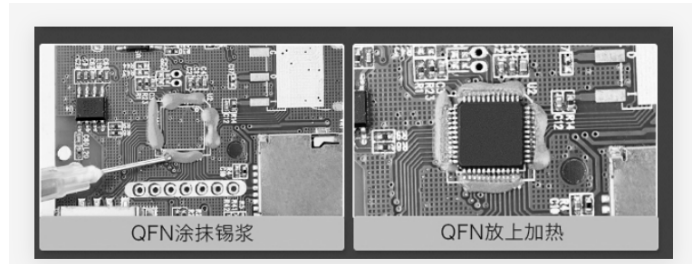
## 1.1.9 如何降低机械应力带来的影响

- 电流传感器 IC 不同于常见模组传感器，传感器 IC 是采用半导体集成封装工艺其霍尔元件放置于原边框架一侧，当发生机械应力时会作用到霍尔信号导致  $V_{out}$  电压较小偏移量。
- 而常规模组传感器采用 TO 封装，被放置于磁环间隙中感应磁场量，使用过程中不会存在机械应力。



一般建议使用芯片传感器时避免手工焊接的方式，因手工焊接会存在 $<15\text{mV}$  偏移量，建议采用锡膏加热或者回流焊工艺其机械应力产生的偏移量为 $<1\sim 10\text{mV}$

锡膏加热焊接：如右图所示，PCBA 焊点上锡膏，对应放置芯片传感后使用尾插风枪加热至 $<250^\circ\text{C}$ 使锡膏沿管脚上锡

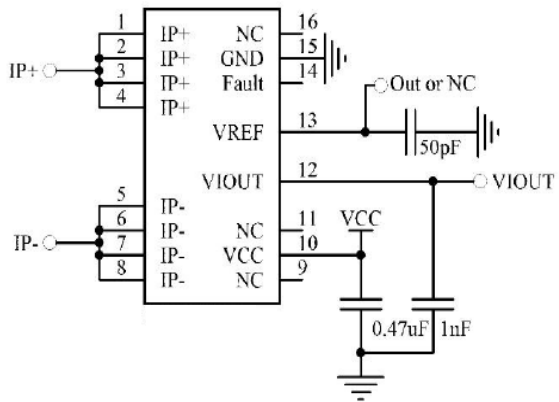


## 1.2.0 应用时，极限参数超出规范会有什么影响

通常规格书极限参数标称留有余量，但是主要由于安全认证合规要求的原因，我们不批准或建议使用超过器件数据表规定的电压额定值的器件，强制超出可能会导致器件功能损坏。

## 1.2.1 响应时间与 $C_{out}$ 容值的关系

表 3：降低  $C_{out}$  值有助于减小响应时间。下表以 SC820DFT 示例在修改  $C_{out}$  值之后得到的响应时间数据：

响应时间与 $C_{out}$ 关系				测试电路图
$C_{out}$	#1	#2	#3	
NC	1.22	1.36	1.18	
1nf	1.52	1.46	1.62	
2.2nf	2.04	1.83	1.92	
4.7nf	2.47	2.61	2.72	
8.2nf	4.17	4.31	4.21	
10nf	5.32	5.52	5.36	

## 1.2.2 RC滤波对噪声的影响

噪声等级和分辨率 与RC滤波电流容量和产生的带宽比较 Sens = 90 (mV/A)				
Bandwidth [kHz]	R [Ω]	C [nf]	RMS (mv)	电流分辨率 [mA]
	NC	NC	22.3	247.7777778
10	100	150	7.3	81.11111111
1	1000	150	5.7	63.33333333

## 1.2.3 采用程序清零的因素

从应用经验，可以采用程序清零来消除偏移量

对于机械应力产生的误差，无论单端电路应用还是差分放大电路都会采用程序清零来提升精度。

差分放大电路本身会产生误差的主要因素如下：

- 运放本身存在失调电压，不校零会有 mV 级别的误差。
- 外围配置 4 个电阻如本身误差比较大，导致不是标准的差分，对共模抑制能力弱，会有比较大的不归零偏差。
- 另外电阻在工作中受温度影响，或者受机械应力后，电阻会有少许变化，同样会有影响调校后的归零状态及对输出电压形成偏差。
- 解决办法一般是采用高精度电阻来实现对称性+高精密度差分运放内部集成了差分电阻，但由于价格高昂一般方案不会采用。

**推荐解决方案：**

- 根据兴工微接触的客户，为了获取更高精度以及避免成本增加，解决方案都采用程序校零的方式来获取更高精度，通常是上机校准进行一次校准，整机老化后为了排除老化带来的偏移再校准一次。

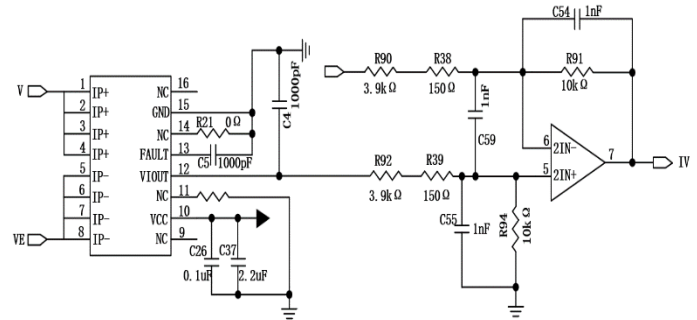


图 1：差分放大电路

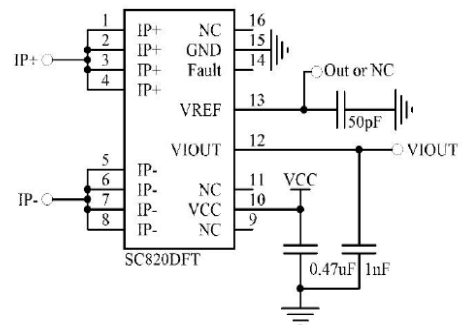
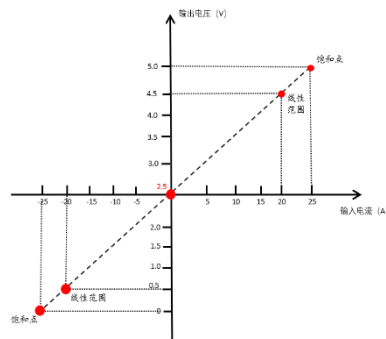
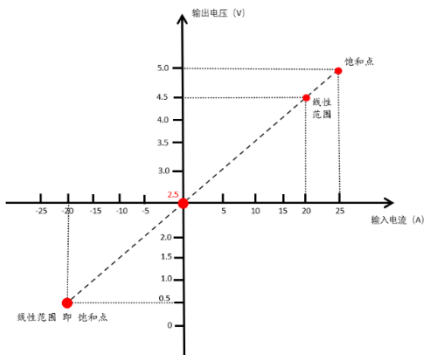


图 1.1：单端应用电路

## 1.2.4 各型号的输出电压线性范围和饱和范围



型号	Fixed 2.5V 和 0.5vcc		0.1vcc		Fixed 1.5V	
	线性范围	饱和点	线性范围	饱和点	线性范围	饱和点
SC810/3/02 系列	0.5~4.5V	0.5~VCC	0.5~4.5V	0.5~VCC	/	
SC820 系列						
SC840 系列						
SC780/3 系列						
SC8418/08 系列						
SC816/7 系列		0~VCC	0~VCC	0~VCC	0.15~2.9V	0~VCC
SC824 系列						
SC844 系列						
SC8442/52 系列						
SC8450 系列						
SC7804/34 系列						

## 二、过流保护功能

### 2.1.1 过流管脚不使用如何处理

表 5:

型号	VFAULT 管脚	FLAG_S 管脚	FLAG_F 管脚	OC_SET 管脚
SC820 系列	NC 或接地	/	/	/
SC840 系列	NC 或接地	/	/	/
SC824/5 系列	/	NC	NC	NC
SC844 系列	/	NC	NC	NC

### 2.1.2 OC\_SET 如何使用

OC\_SET 的输入电压设置方式:

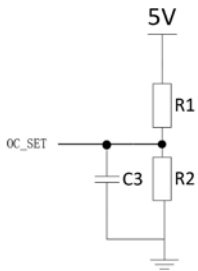


图 2: OC\_SET 与 VCC 电阻分压器



图 3: 外部电压输入



表 6: OC\_SET 与 IFLAG\_S 的匹配关系

OC_SET 输入电压 <sup>[1]</sup>	IFLAG_S 触发阈值 <sup>[2]</sup>					
	F	B	U	I	G	
OC_SET ∈ (0.24*V <sub>cc</sub> , 0.3*V <sub>cc</sub> )	IPR*0.75				2/Sens*0.75	A
OC_SET ∈ (0.36*V <sub>cc</sub> , 0.48*V <sub>cc</sub> )	IPR*1				2/Sens*1	A
OC_SET ∈ (0.54*V <sub>cc</sub> , 0.6*V <sub>cc</sub> )	IPR*1.25				2/Sens*1.25	A
OC_SET ∈ (0.66*V <sub>cc</sub> , 0.72*V <sub>cc</sub> )	IPR*1.5				2/Sens*1.5	A
OC_SET ∈ (0.78*V <sub>cc</sub> , 0.84*V <sub>cc</sub> )	IPR*1.75				2/Sens*1.75	A
OC_SET ∈ (0.9*V <sub>cc</sub> , 0.98*V <sub>cc</sub> )	IPR*2				2/Sens*2	A

- 1) OC\_SET 输入电压支持 0.24\*V<sub>CC</sub>~0.98\*V<sub>CC</sub> 范围，用户可以通过 OC\_SET 的输入电压来自行设置 FLAG\_S 管脚的过流报警阈值（关系如上表），输入电压是允许使用 V<sub>CC</sub> 与电阻分压进行适配。当 OC\_SET 引脚输入电压选择 OC\_SET ∈ (0.24\*V<sub>CC</sub>, 0.3\*V<sub>CC</sub>) 范围时将对应最小触发点 IFLAG，当引脚输入电压选择 OC\_SET ∈ (0.9\*V<sub>CC</sub>, 0.98\*V<sub>CC</sub>) 范围时将对应最大触发点 IFLAG。
- 2) OC\_SET 输入电压支持 0.24\*V<sub>CC</sub>~0.98\*V<sub>CC</sub> 范围，但需要注意的是它并不是线性选择，而是设计成 STEP 模式，设定成 6 个区间，每个区间设有可输入电压范围来对应 IFLAG 过流触发阈值。

### 2.1.3 FLAG 管脚输出特性

FLAG\_S 支持与 OC\_SET 匹配不同输入电压设定过流保护阈值  
 FLAG\_F 不支持外设过流保护阈值

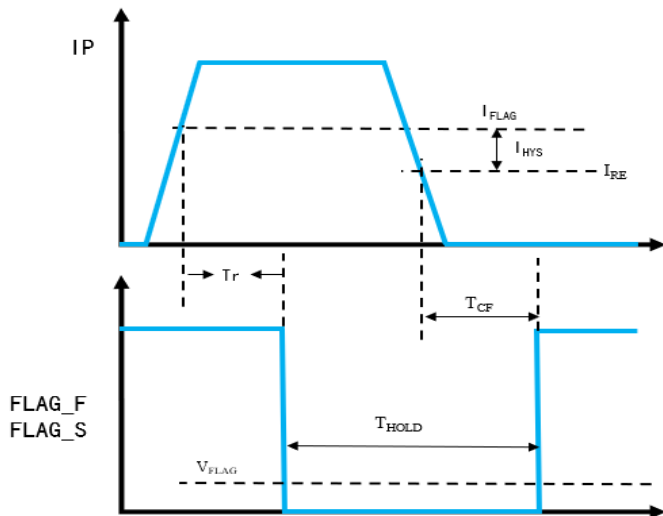
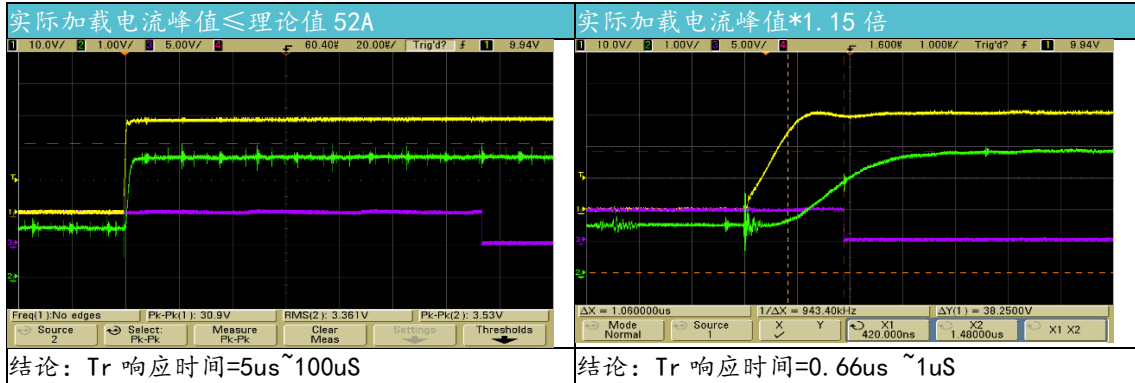


图 4: 的故障响应时序图

当通过 IP 的电流超过 IFLAG 阈值时，故障比较器在经过 Tr 延迟时间之后，FLAG\_F 故障引脚将跳闸，直到绝对电流小于故障阈值 (IRE) 后，故障仍将保持激活状态一段时间 tHOLD 至故障状态结束并复位。

## 2.1.4 如何保障 FLAG 管脚信号响应时间 $<2\mu\text{s}$

以 SC824BFT-35G5 举例，先将其 IFLAG 触发阈值匹配设定为 52A 触发（理想值），再加载不同电流观察其响应特性。



- 通道 1: 电流
- 通道 2: Vout 输出信号
- 通道 3: FLAG 信号

## 三、传感器设计准则

### 3.1.1 概述

在设计全集成式电流传感器 PCB 布局时，常会遇到一些问题，这些问题会影响芯片的精度，甚至使芯片不能正常工作。这些问题包括电流流动引起的自热，芯片周围大电流或流入芯片的大电流产生的杂散磁场带来的影响，设计 PCB 所要求的爬电距离和系统级隔离要求。下面我们将分析这些问题产生的原因，以及一些布局策略，来规避这些问题。

### 3.1.2 热效应带来的影响

IC 所能承受的电流能力除了本身的设计外，与环境温度、电流大小、PCB 设计散热结构息息相关。

当电流在通过系统时，传感器、PCB 板都会产生热量，如被测电流比较大并且是持续的，那么产生的热量会影响芯片性能，采用散热结构，防止结温达到阈值，所以要尽量保证 PCB 板有较好的散热。以下为一些散热方案，如图 1。

- 在大电流负载的应用中，在成本允许的情况下 PCB 铜皮尽量厚
- 在 IP+、IP-的焊盘周围采用通孔来增强散热

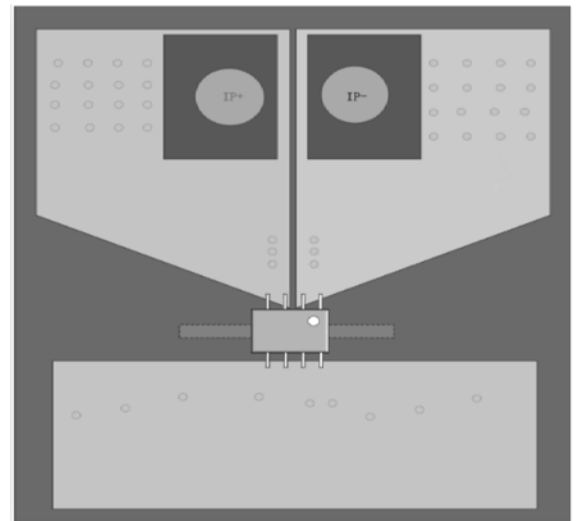


图 5

### 3.1.3 载流迹线对 IC 的影响

全集成式电流传感器虽然设计中内部采用了差模设计可以有效抑制静磁场和电磁场干扰；但由于工控使用环境存在复杂性，我们希望给出有效建议，让设计者在电流测量中达到最佳屏蔽干扰，那么正确的电路板布局和系统设计可以进一步优化可以有效的避免外界产生的杂散干扰源和保障 IC 的安全性。

#### 1. 推荐的载流迹线配置

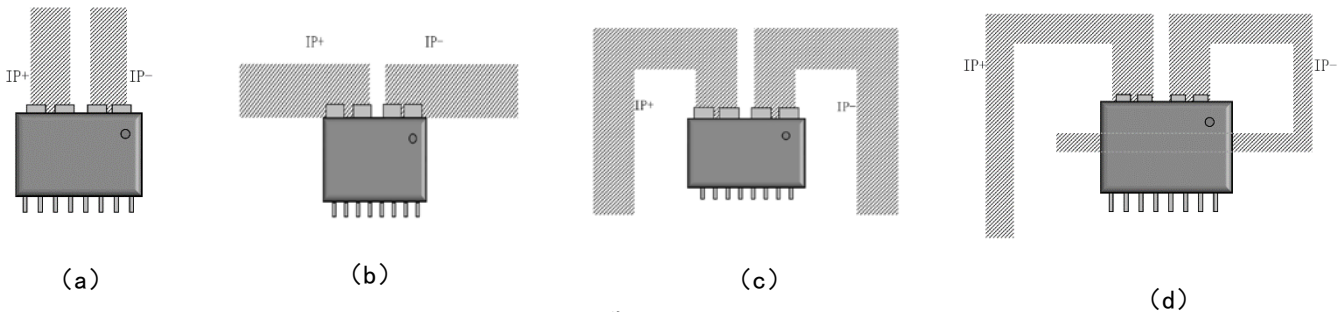


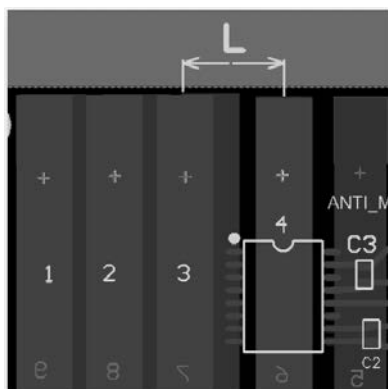
图 6: 不同载流迹线配置

- 我们建议如图 6 (a) (b) 所示，两条载流迹线最大误差 $<1\%$ ，请在实际环境中评估设计，以获得最高精度。
- 不建议如图 6 (c) (d) 所示，这样会产生更大的杂散磁场造成输出波动，甚至缩小爬电距离降低绝缘耐压，影响到芯片安全。

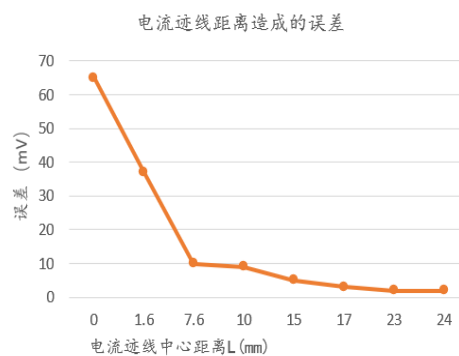
### 3.1.4 载流迹线与芯片距离变化带来的误差和危害

应用电路中如存在的大电流迹线会产生杂散磁场，距离芯片太近就会造成输出误差，一般这个误差取决于电流迹线布局、实际电流大小、与 IC 的距离、灵敏度大小。

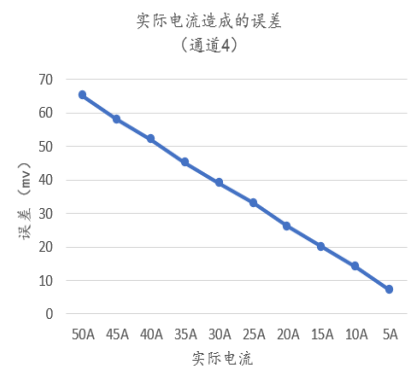
- 图 7 (e) 为测试布局示意图，其中 L 为载流迹线与芯片中心的距离
- 图 7 (f、g) 为造成误差的关系曲线图。



(e) : 测试示意图



(f) : 距离与误差曲线



(g) : 实际电流与误差曲线

图 7: 载流迹线的影响

◆ 进行 PCB 设计时，我们不建议载流迹线至于 IC 附近，如果无法避免，请仔细评估以下信息：  
(参考图 6、7、8)

- 1) 参考图 7，当  $L > 17\text{mm}$  时候，对芯片的影响误差理论受影响最小，因此设计中电流迹线需保证距芯片中心  $> 17\text{mm}$  以上。
- 2) 参考图 6、8，在芯片正下方和芯片后级电路区域存在大电流迹线对芯片精度影响最大，另外高电压电路会减小电路的爬电距离和电气间隙，意味着会降低绝缘耐压，可能会对芯片造成不可逆损害。
- 3) 参考图 8，在进行 PCB 设计时，如果遇到电流迹线或其他干扰源路径必须置于 IC 附近，那么请参考以上描述和图 4 路径应尽可能横向于 IC，将杂散磁场最大程度消除。

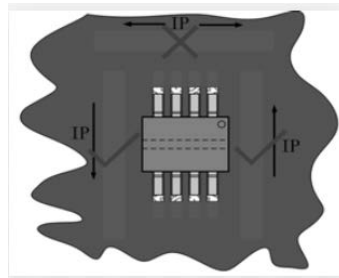


图 8：载流布局示例

### 3.1.5 绝缘设计

全集成 IC 满足 UL/IEC 690950/62368 安全标准，其绝缘等级、爬电和间隙距离如表 1，为了使绝缘耐压最大化，我们建议原边和副边信号侧路径之间保持足够的距离；如果用户有特殊需求，可以在设计时通过载板开槽增加爬电距离（参考图 5）

IC 底部不允许有路径通过，这样会减小爬电距离和间隙，大大降低绝缘耐压，最坏的结果是导致芯片损坏。

	SOP8	标准 SOP16	SOP16-H
爬电距离	<4mm	<8mm	<8.3mm
基本工作隔离电压	600Vpk	1550Vpk	1600Vpk
加强工作隔离电压		800Vpk	800Vpk

表 7：长期工作隔离电压

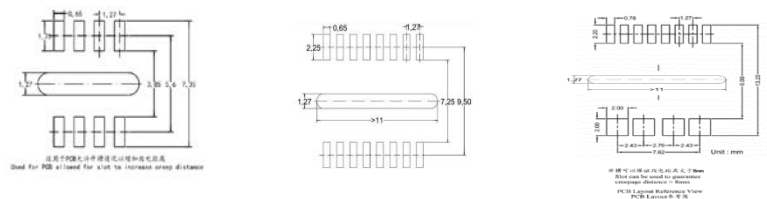


图 9：PCB 开窗参考

#### 四、全集成电流传感器的电流能力和耐受时间关系

##### 4.1.1 概述：

本文介绍兴工微集成式霍尔电流传感器全系列产品的熔断特性，目的是研究每种封装体的相对性能，并说明每种封装的所能承受的电流强度和耐受时间，过流框体熔断可能性以及存在的危害。这些产品是表面贴装 IC 取消了磁芯集中器，而通过串联方式将高侧电流通路引入副边过流框体，在基于电流磁效应的原理，将生成的磁场转化为可处理的电压信号，再经过内置高精度 ADC 放大，数字校准技术，最终输出与被测电流值近乎理想变比的电压值，实现电流测量。这些产品可广泛的应用于各种场合下的电流测量，包括负载电流检测，逆变器，UPS，电机以及过流故障监控。

由于采用了集成导体导入被测电流，所以对过流框架的一次导体阻抗要求极高，兴工微创新式的封装设计实现了 $<0.8m\Omega$ 的阻抗，并且在 SOW16 封装上达到 $<0.2m\Omega$ 的阻抗（不同封装阻抗不同），实现额定工作电流下可监测 100A 大电流。它们在额定工作范围内只会产生极少的热量，但超过额定电流时封装导体热量会急剧上升，表面模体温度超过  $165^{\circ}\text{C}$  或过流导体超过承受温度仍旧存在熔断的风险，而造成温度上升的因素不单是电流上升引起的温升，还包括其他因素，例如环境温度、PCB 布局散热特性；为了让用户理解这些极限参数从各方面阐述还是很有必要的。

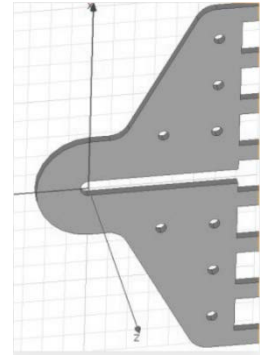


图 10：过流框体（SOW16-P8）



图 11：过流框体（SOP8）

## 4.1.2 电流和温升关系

表 8：不同封装下的框体阻抗

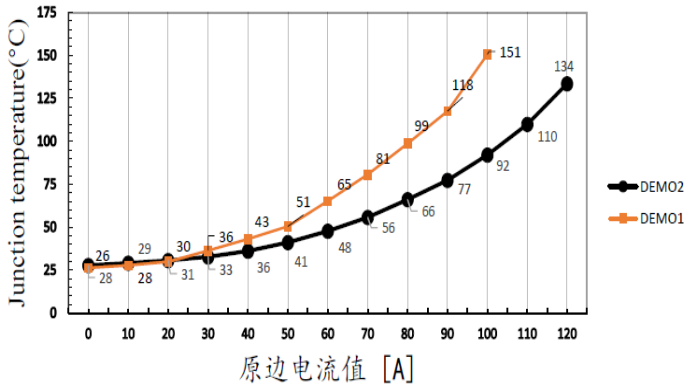
型号	封装	框体阻抗
SC810 系列 SC816/7 系列	SOP8	0.8mΩ
SC820 系列 SC824/5 系列	SOW16 (8P)	0.7mΩ
SC840 系列 SC844 系列 SC8450 系列	SOW16 (4P)	0.2mΩ



## 4.1.3 PCB 不同面积下电流造成的温升对比

封装体温度与被测电流关系图

备注：在 26°C 环境温度下，SC840 全系列在基于我司 DEMO 板条件下测试得到的封装体结温与原边电流的关系图。



结温测试 PCB DEMO 板信息

参数	DEMO1	DEMO2	Units
PCB 层数	2	2	
单层 PCB 覆铜厚度	4	4	Oz
与原边管脚连接的铜皮面积 (包含所有层)	1520	4581	mm <sup>2</sup>
PCB 板总厚度	1.6	1.6	mm

以上数据说明了 PCB 的布局 and 不同面积对 IC 散热特性产生重要的影响，不同 PCB 布局会促进或阻碍传感器 IC 的散热，另外在强电流的环境下可能导致 IC 模体温度或过流框体提前超温或熔断，因此推荐用户使用时在条件允许的情况下尽量预留足够的面积加强散热。

## 4.1.4 不同封装持续电流下的温升变化

不同电流等级下所产生的热量会急剧上升，但维持足够的时间热量将处于稳定状态不再呈上升趋势（图 12 数据采集于每个电流点稳定状态）我们同时也监控采集模体表面的温度并保持在 165°C 以下的的能力，以此验证传感器 IC 在所规定电流等级下的可靠性。但需注意的是环境温度也是其中重要的影响因素，为了确认每种封装的绝对温度可以叠加环境温度获取，从而得知在模体绝对温度不超过 165°C 的条件下最大容许电流等级，例如 SOP8 封装的持续电流为 50A，内部实测温度到达 115°C 的稳定值，而环境温度为 32°C，那么绝对温度为 115°C 温升+32°C 环境温度=147°C 绝对温度。

需要再次强调的是 PCB 布局依旧是同样的重要影响因素，以上数据基于兴工微的产品演示板下测试获得。

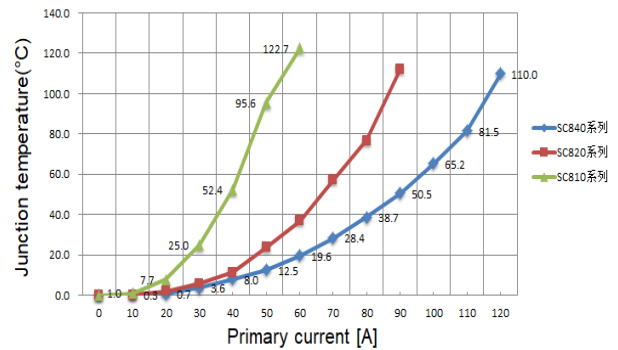


图 12: 不同封装的温升变化

## 4.1.5 由于短路冲击电流或其他瞬态条件造成的框体熔断

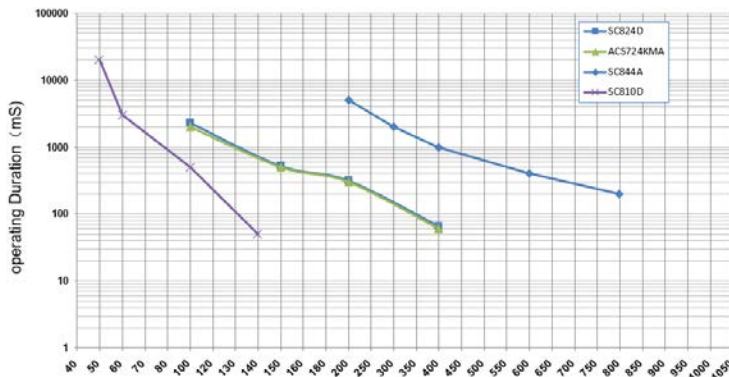


图 13: 冲击电流能力与持续时间关系图

存在因系统短路造成的冲击电流或其他瞬态大电流造成的破坏，这类故障存在于瞬间发生而区别于持续运作，所以此类故障一旦发生必定会在封装体超温前就被熔断，其损坏现象会更积极的表现出来。

在某些应用场合下，如充电桩或其他安全性要求较高的环境中，用户要求在系统短路产生瞬间大电流环境下，传感器 IC 仍可以正常运行；针对这些应用环境下兴工微同样验证每种封装所能经受的电流强度和耐受时间，并给出参考方向。

### 4.1.6 超温或熔断的危害

#### 超温的危害

- ① 当超出结温时由于热量聚集封装导体薄弱部分，可能会造成封装受损或框体断裂。
- ② 超温且封装未被损坏的情况下，传感器 IC 精度将下降，如存在电压失调，精度偏移。
- ③ 可能造成封装受损，一次和二次导体受损导致隔离耐压下降。

#### 防护措施

- ① 大电流负载的应用中，在条件允许的情况下 PCB 铜片尽量厚
- ② 电流注入点，需尽量靠近芯片的 IP+、IP- 引脚。减少主环路阻抗，能减少热损耗。
- ③ 主电流回路，需大面积的铜皮辅助散热，铜皮表面 SOLDER 层开窗，可减小热阻也可用于后期加锡，提高管脚的过流能力。
- ④ 必要时，PCB 需预留辅助散热片的安装位置。