MORNSUN®

TLB1506-P
B 型剩余电流检测模组

模块特征

- 适用于 B 型剩余电流保护
- 体积小：模块体积仅为 10mm×13mm×3.1mm
- 宽的温度工作范围：-40℃~85℃
- 集成磁调制解调专用芯片
- 触发电流阈值可调
- 输出直接驱动脱扣器
- 适用于交直流电流传感器
- 可外接 ADC 采样电路
- 电流传感系数可调
- 电流检测范围可调

引脚封装

应用范围

- B 型剩余电流保护装置
- 交直流小电流电流检测
- 磁通门控制

功能描述

TLB1506-P 是一款专用于基于磁通门电流检测的芯片，同时集成电流处理电路，用以实现 B 型剩余电流保护功能。

用于检测直流剩余电流、A 型剩余电流以及高于 1kHz 的高频剩余电流的检测。当检测到剩余电流值超过阈值时，TLB1506-P 输出脱扣信号。TLB1506-P 是完整的 B 型剩余电流保护方案，用户只需少量外围器件即可实现。

用于电流传感器，TLB1506-P 外围元器件数量少，传感系数可调，适应电流检测从 6mA~300mA 范围的应用。芯片内部采用双路电流采样检测机制，可有效抵消磁环的偏磁导致的误差，因此测量精度高，误差<2%，同时输出采用动态零极点反馈微调技术，保证输出电压平滑跟随剩余电流的变化，进一步降低输出误差。

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

典型应用电路

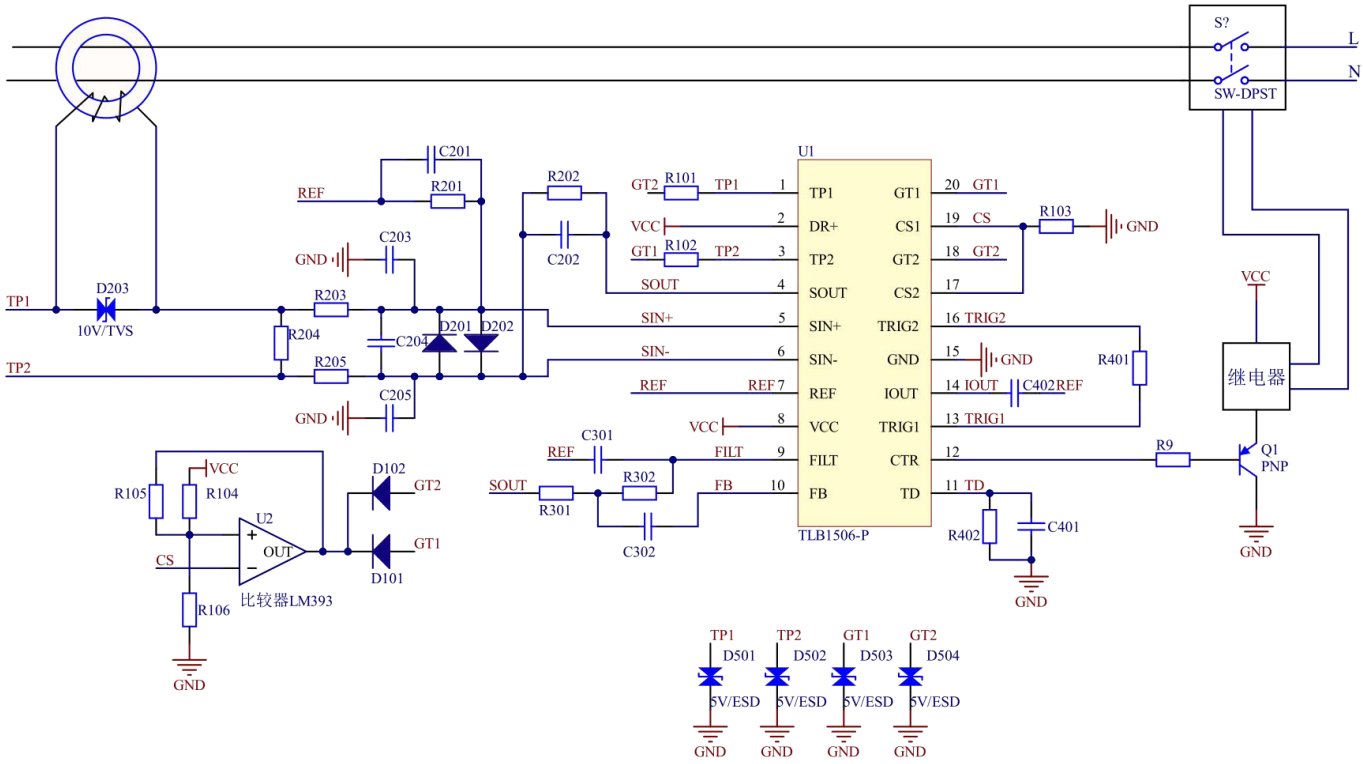


图 1 TLB1506-P 典型应用电路（典型应用参数见 2.7 DEMO 性能规格）

极限额定值

下列数据是在自然通风，正常工作温度范围内测得（除非另有说明）

符号	参数		最小	最大	单位
V_{max}	引脚最大耐压值		-0.3	5.5	V
	静电放电(ESD)额定值 人体模型(HBM)	TP1,DR+,TP2,GT1,CS1,GT2,CS2 引脚（ESD 外围①）		4000	V
		其他引脚		3000	
	回流焊温度		峰值温度 Tc≤245℃，217℃以上时间最大为 60 s，实际应用请参考 IPC/JEDEC J-STD-020D.3 标准。		

①：所述引脚为静电敏感引脚，在极限静电应用环境下需要增加应用电路中的 D501,D502,D503,D504 四颗 5V 钳位电压的 TVS-ESD 防护管到地。

注：若超出“最大额定值”表内列出的应力值，可能会对器件造成永久损坏。长时间工作在极限额定条件下，器件的可靠性有可能会受到影响。所有电压值都是以大地(GND)为参考基准。

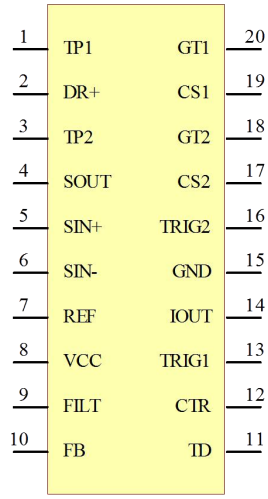
电学参数

符号	对应参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
V_{CC}	V_{CC} 引脚供电电压	系统正常工作电压	4.9	5	5.1	V
V_{out}	传感器输出电压	/	GND		V_{CC}	V
V_{ref}	基准偏置电压	V_{CC}=5V		V_{CC}/2		V
I_{CTR}	脱扣输出电流	V_{CTR}=0.4V	10	20		mA
T_J	工作温度范围		-40		85	℃
T_{STG}	存储温度		-40		105	℃
	单体静态功耗	不增加外围电路时			2	mA

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

引脚描述

编号	名称	描述	类型	最小值	典型值	最大值	单位	引脚图
1	TP1	H 桥输出引脚 1	O	0	0 或 DR+	DR+	V	
2	DR+	磁调制电压	I	4.9	5	5.1	V	
3	TP2	H 桥输出引脚 2	O	0	0 或 DR+	DR+	V	
4	SOUT	磁通门电流传感器输出引脚 1	O	0	VCC/2	VCC	V	
5	SIN+	磁通门传感器差分放大采样引脚+	I	0	VCC/2	VCC	V	
6	SIN-	磁通门传感器差分放大采样引脚-	I	0	VCC/2	VCC	V	
7	REF	电压基准，VCC/2	O	2.45	VCC/2	2.55	V	
8	VCC	供电电压	I	4.9	5	5.1	V	
9	FILT	高频衰减引脚 1	I	0	VCC/2	VCC	V	
10	FB	高频衰减引脚 2	O	0	VCC/2	VCC	V	
11	TD	占空比设定引脚	O/I	0	0	VCC	V	
12	CTR	脱扣动作信号输出引脚	O	0	VCC	VCC	V	
13	TRIG1	窗口比较器引脚 1	O/I	VCC/2	-	VCC	V	
14	IOUT	磁通门电流传感器输出引脚 2	O	0	VCC/2	VCC	V	
15	GND	电源地	I	0	0	0	V	
16	TRIG2	窗口比较器引脚 2	O/I	0	-	VCC/2	V	
17	CS2	峰值翻转采样引脚 2	O	0	0.5	-	V	
18	GT2	峰值翻转动作引脚 2	I	0	0 或 DR+	DR+	V	
19	CS1	峰值翻转采样引脚 1	O	0	0.5	-	V	
20	GT1	峰值翻转动作引脚 1	I	0	0 或 DR+	DR+	V	



说明：O 为输出引脚，I 为输入引脚，O/I 为产品输出引脚，表现为对外输出信号，但该引脚上的信号可以被外围器件影响且同时作为产品下一级的输入。

典型值表示无剩余电流输入时，该引脚的典型值。

电路框图

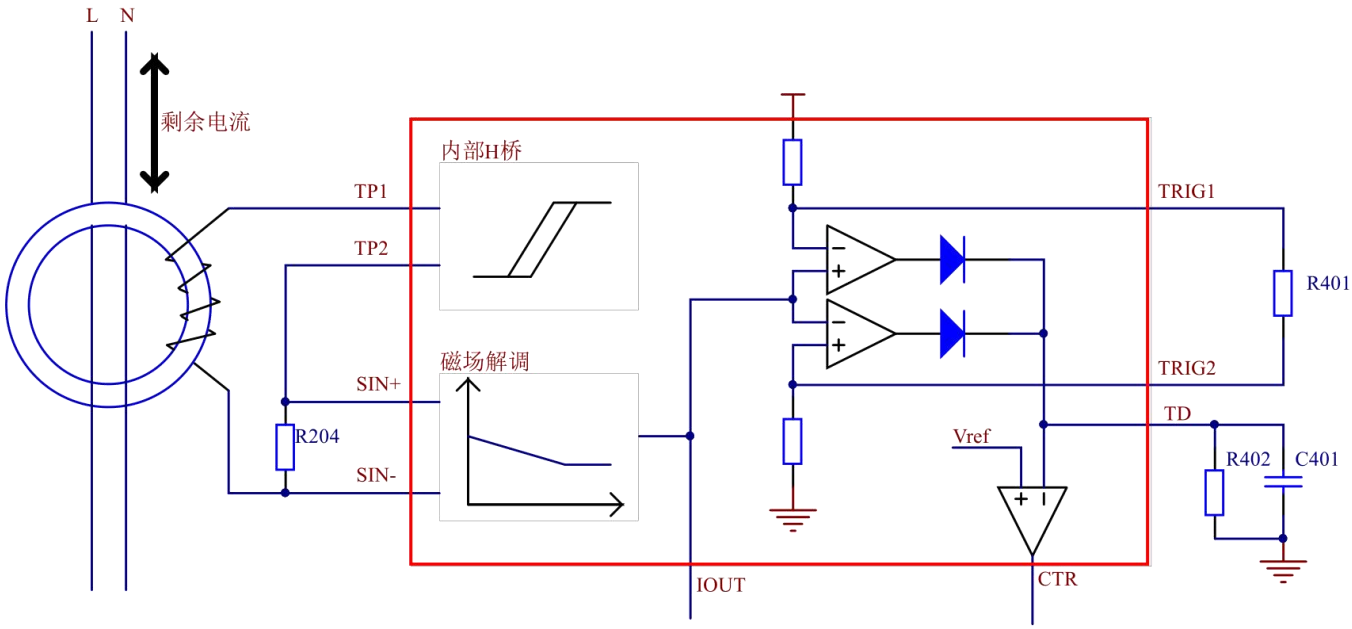


图 2 TLB1506-P 内部电路框图

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

产品时序

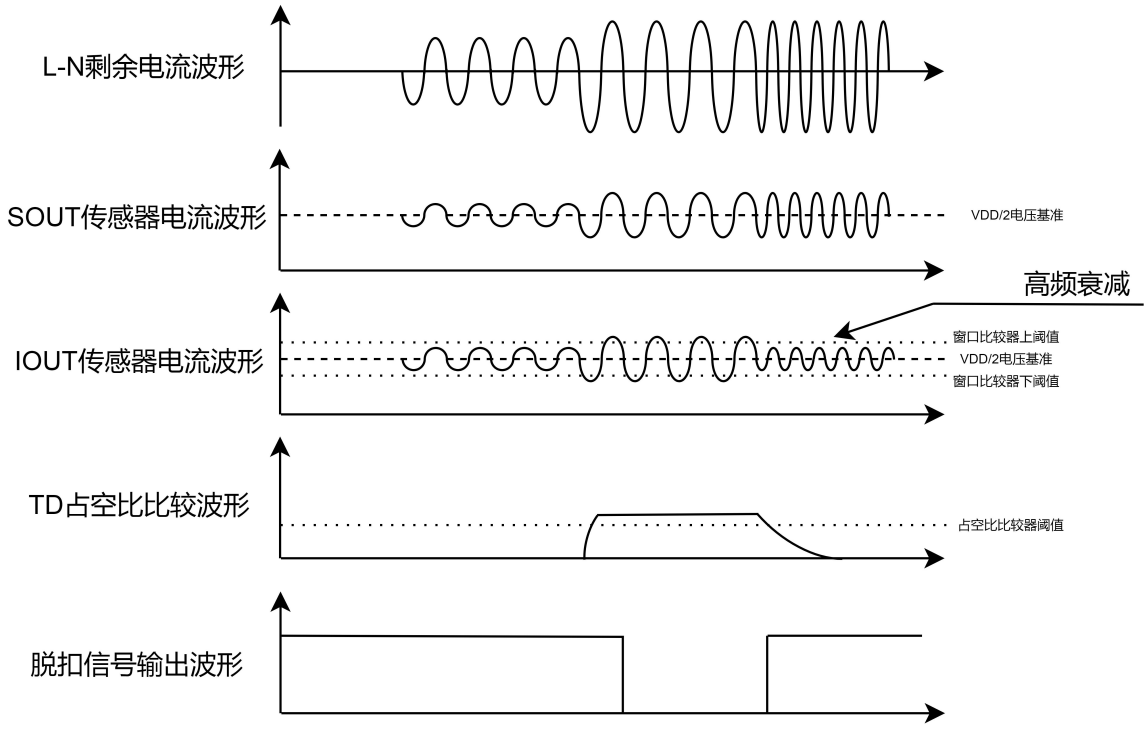


图 3 TLB1506-P 内部波形框图

设计指南

1. 电路参数设计原理

为方便用户设计，用户在设计前需确定以下输入参数。

设计输入参数：

输入参数	参数符号	参数定义
触发剩余电流	/	指触发剩余电流保护的电流有效值
高频检测频率	f_C	高频漏电流响应特性

根据 GBT6829-2017 要求，以 30mA 系统为例，脱扣电流与脱扣延时需要满足下面规格

项目	符号	参数	测试条件	下限阈值	上限阈值	单位
50HZ 交流	I_{TrAC50}	漏电脱扣电流	50Hz 交流漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	15	30	mA
	$T_{Tr1AC50}$	漏电脱扣时间	30mA 的交流漏电流突然上电 ,漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	300	ms
	$T_{Tr2AC50}$	漏电脱扣时间	60mA 的交流漏电流突然上电 ,漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	150	ms
	$T_{Tr4AC50}$	漏电脱扣时间	300mA 的交流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	40	ms
	I_{Tr1_DC+AC}	漏电脱扣电流	带+12mA 直流偏置的交流电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	15	30	mA
	I_{Tr2_DC+AC}	漏电脱扣电流	带-12mA 直流偏置的交流电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	15	30	mA
直流脉动	I_{Tr1AC2}	漏电脱扣电流	50Hz 正半波漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	10.5	42	mA
	I_{Tr1AC3}	漏电脱扣电流	50Hz 90°相位角的正半波漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流	7.5	42	mA

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

漏电流			为脱扣电流			
	I_{Tr1AC4}	漏电脱扣电流	50Hz 135°相位角的正半波漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	4.5	42	mA
	I_{Tr1AC5}	漏电脱扣电流	50Hz 负半波漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	10.5	42	mA
	I_{Tr1AC6}	漏电脱扣电流	50Hz 90°相位角的负半波漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	7.5	42	mA
	I_{Tr1AC7}	漏电脱扣电流	50Hz 135°相位角的负半波漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	4.5	42	mA
高频交流	$I_{Tr1AC150}$	漏电脱扣电流	150Hz 交流漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	15	72	mA
	$I_{Tr1AC400}$	漏电脱扣电流	400Hz 交流漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	15	180	mA
	$I_{Tr1AC1000}$	漏电脱扣电流	1000Hz 交流漏电缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	30	420	mA
	$T_{Tr1AC150}$	漏电脱扣时间	72mA150Hz 的交流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	300	ms
	$T_{Tr1AC400}$	漏电脱扣时间	180mA400Hz 的交流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	300	ms
	$T_{Tr1AC1000}$	漏电脱扣时间	420mA1000Hz 的交流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	300	ms
直流电流	I_{Tr1DC1}	漏电脱扣电流	正直流漏电流缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	15	60	mA
	I_{Tr1DC2}	漏电脱扣电流	负直流漏电流缓慢上升，脱扣信号输出时对应的电流为脱扣电流	15	60	mA
	T_{Tr1DC}	漏电脱扣时间	+60mA 直流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	300	ms
	T_{Tr2DC}	漏电脱扣时间	-60mA 直流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	300	ms
	T_{Tr3DC}	漏电脱扣时间	+120mA 直流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	150	ms
	T_{Tr4DC}	漏电脱扣时间	-120mA 直流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	150	ms
	T_{Tr5DC}	漏电脱扣时间	+300mA 直流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	40	ms
	T_{Tr6DC}	漏电脱扣时间	-300mA 直流漏电流突然上电，漏电流上电时间到脱扣信号输出之间的时间间隔	0	40	ms

1.1. 磁通门磁环设计

选择磁环首先是磁材的选择，一定要选择铁基非晶合金、钴基非晶合金、坡莫合金这种磁材，因为这种磁环高低温的磁导率稳定，磁导率高，磁环曲线呈现细长的矩形。基于成本的考虑，首选铁基非晶合金。

其次需要考虑的是磁环的装配问题。因为是检测剩余电流，市电 LN 两根线都要穿过磁环，因此磁环的内径不宜太小，但不同类型不同规格的产品对内径的要求是不一样的，与生产装配工艺也有关，此处无法定性来确定，只能说明选择的原则。满足内径的装配要求后，磁环的体积越小越好（内外径差、截面积越小越好），这由供应商的生产工艺、已有标准品来确定。因为理论上，体积越小，矫顽力越小，损耗越小，开关频率越高。

磁环匝数的设计主要考虑开关频率与量程两个参数之间的制约。匝数越多，量程越大，感量越大，开关频率越低。由于剩余电流检测的带宽一般 1kHz 即可，最小的开关频率可定为 5kHz 左右。

根据装配要求、供应商的条件确认尺寸与材质后。我们即可得到磁环平均周长 l_C，截面积 A_E，饱和磁密 B_{SA}，恢复磁密 B_{RE}，相对磁导率 μ_E。磁环的饱和电感 L_{SA} 与正常的电感 L_N 计算公式为：

$$L_N = \frac{N_P^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_E \cdot A_E}{l_C}$$

$$L_{SA} = \frac{N_P^2 \cdot \mu_0 \cdot A_E}{l_C}$$

饱和电流 I_{SA} 与恢复电流 I_{RE} 的计算公式为

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

$$I_{SA} = \frac{B_{SA} \cdot l_c}{N_P \cdot \mu_0}$$

$$I_{RE} = \frac{B_{RE} \cdot l_c}{N_P \cdot \mu_0}$$

非饱和区域的导通时间 T_{ON_N}，饱和区域的导通时间为 T_{ON_SA}，全桥振荡的励磁电压为 V_{CC}，计算公式为：

$$T_{ON_N} = \frac{L_N \cdot (I_{SA} - I_{RE})}{V_{CC}}$$

$$T_{ON_SA} = \frac{2 \cdot L_N \cdot I_{PEAK}}{V_{CC}}$$

开关频率为：

$$F_{SW} = \frac{1}{2 \cdot (T_{ON_N} + T_{ON_SA})}$$

当输入电流 I_{IN}>I_{IN_ERR} 时，磁通门会工作异常，导致磁通门电流检测的输出电压归零，其计算公式为。

$$I_{IN_ERR} = N_P \cdot I_{PEAK}$$

磁通门的检测范围记为 I_{-RANGE}~I_{+RANGE}。注意 I_{RANGE} 与 I_{IN_ERR} 是两个不同的概念，I_{RANGE} 主要取决于采样电路的放大倍数。比如说，输入电流超出了 I_{RANGE}，采样电路会饱和输出 0V 或者 VCC 电压，但检测磁环工作还是正常的。一般取

$$I_{IN_ERR} = 10 \sim 20 \cdot I_{RANGE}$$

一般国产的厂商所提供的参数不全或不准确，并且非饱和到饱和存在一定的过度区，并不能非常准确地通过计算来得到频率的参数。往往通过通过调试得到更加便捷，上述的公式可作为调试的方向依据。一般可先确定一个 I_{PEAK}，然后根据量程确定 N_P，实际上机调试来确认频率，假如频率高了，可降低 I_{PEAK}、增加 N_P 来降低开关频率。反之增加 I_{PEAK}、减小 N_P。

1.2. 振荡电路相关参数设计原理

与振荡电路相关的引脚为 TP1、DR+、TP1、TP2、GT1、GT2、CS1、CS2；相关的器件为 R101、R102、R103、R104、R105、R106、U2、D101、D102。其中 TLB1506-P 内部有一个桥式振荡电路。

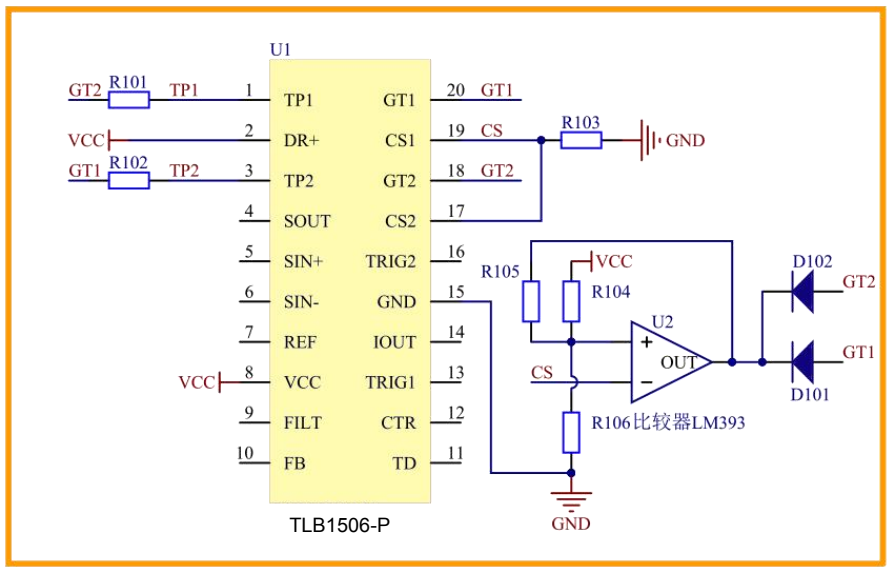


图 4 振荡电路及其外围电路

R101 和 R102 取固定的电阻 2kΩ。电阻 R103 为振荡电路的峰值电流采样电阻，R104 与 R106 决定峰值电流的阈值，R105 用于设置峰值电流阈值的回差。峰值电流本身只用于反馈峰值电流进行翻转，因此峰值电流的设置要求并不是很高。

比较器 U3 采用输出为 OC 门的比较器 LM393，因此 CS 触发的阈值 V_{CSH} 与回差值为 V_{CSL}：

$$V_{CSH} = V_{VCC} \cdot \frac{R_{106}}{R_{104} + R_{106}} \quad , \quad V_{CSL} = V_{VCC} \cdot \frac{R_{106} // R_{105}}{R_{104} + R_{106} // R_{105}}$$

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

峰值电流通常设计为 3 倍的常规工作电流供磁通门稳定翻转：

$$I_{PEAK}=\frac{V_{CSH}}{R_{103}}=3\times\frac{V_{CC}}{R_{103}+R_{204}}$$

取值设计见 2.1 振荡电路设计，若想进一步提高精度特性，可以减小 R103 的阻值，但不应减小到无法使磁通门电路翻转。

比较器 U2 用于让内部的振荡器翻转，为必须器件，二极管 D101、D102 的要求不高，可取 20V/100mA 的肖特基二极管。

功能模块	相关引脚	相关外围器件	推荐选型说明
振荡电路	TP1、DR+、TP1、TP2、GT1、GT2、CS1、CS2	R101、R102	2kΩ的电阻
		R103	峰值电流采样电阻，见参数设计
		R104、R106	决定峰值电流阈值，见参数设计
		R105	用于设置峰值阈值电流回差，见参数设计
		D101、D102	20V/100mA 肖特基二极管
		U2	LM393 比较器

1.3. 采样电路相关参数设计原理

与振荡电路相关的引脚为 SOUT、SIN+、SIN-；相关的器件为检测磁环及其线圈、R203、R204、R205、C203、C204、C205、D201、D202、C201、R201、C202、R202。下图中紫色框为外接磁环。

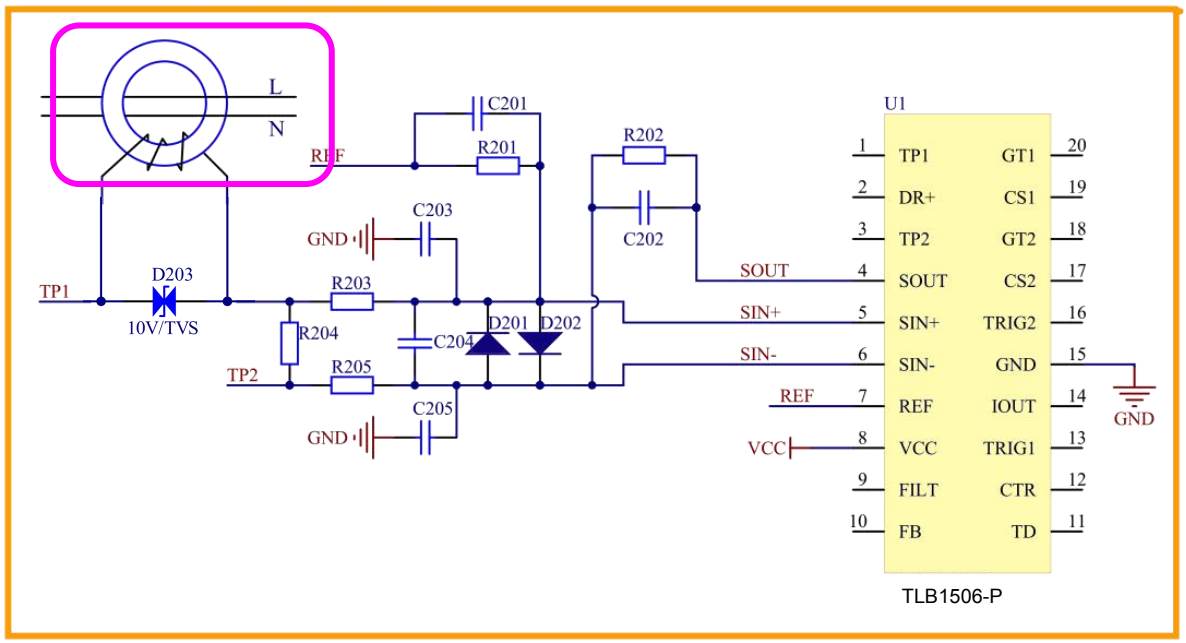


图 5 采样电路及其外围电路

D203 为浪涌防护 TVS 器件，当输入电流出现浪涌电流时，在检测磁环上会感应出高压，用于吸收浪涌电压，一般可选 10V 浪涌等级的 TVS 管，根据实际情况进行调整。

D201 与 D202 用于防止 SIN+和 SIN-两个引脚之间出现高压，一般可取 60V/1A 的肖特基二极管。

其中 R204 为检测磁环电流的采样电阻，R204 的平均电压可反映被测电流。SIN+、SIN-引脚的内部为一个差分采样运放，其放大倍数为：

$$G_{DE}=\frac{R_{202}}{R_{205}}$$

为提高运放的对称性，一般选取 R203=R205，R201=R202。

从上文可知，电阻 R204 两端的电压与被测电流的关系为：

$$V_{R204}=\frac{I_{IN}}{N_P}\cdot R_{204}$$

其中，NP 为检测磁环的匝数。

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

最终差分运放的输出引脚 SOUT 的电压为：

$$S_{OUT} = V_{R204} \cdot G_{DE}$$

由于是差分采样，电阻 R204 两端的对地的电压为高频的方波，因此 C203 与 C205 用于滤除 R204 两端对地的高频工模电压，C204 用于滤除 R204 两端的差模电压。可取 C203=C205=C204=0.1uF，X7R 陶瓷电容。

功能模块	相关引脚	相关外围器件	推荐选型说明
采样电路	SOUT、SIN+、SIN-	检测磁环	磁环材质选用非晶合金，匝数设计见设计原理
		D203	浪涌防护器件，一般可选 30V 的 TVS 管
		D201、D202	浪涌防护器件，一般可选 60V/1A 的肖特基二级管
		R204	检查磁环电流采样电阻，见设计原理
		C203、C205	用于滤除 R204 两端共模电压，一般选 0.1uF/25V 的电容
		C204	用于滤除 R204 两端差模电压，一般选 0.1uF/25V 的电容
		R201、R202、R203、R205	用于调整差分放大比例，见设计原理

1.4. 传感系数计算

根据 1.3 采样电路相关参数设计，磁通门传感器的设计公式如下：

$$V_{out} = V_{ref} + \frac{I_{in} \cdot R_{204} \cdot R_{202}}{N \cdot R_{205}} = V_{ref} + k \cdot I_{in}$$

$$k = \frac{R_{204} \cdot R_{202}}{N \cdot R_{205}}$$

其中 N 为线圈匝数，函数关系如下图，在剩余电流的-Iin~+Iin 区间输出电压从 0V~5V。曲线斜率由外围参数设计：

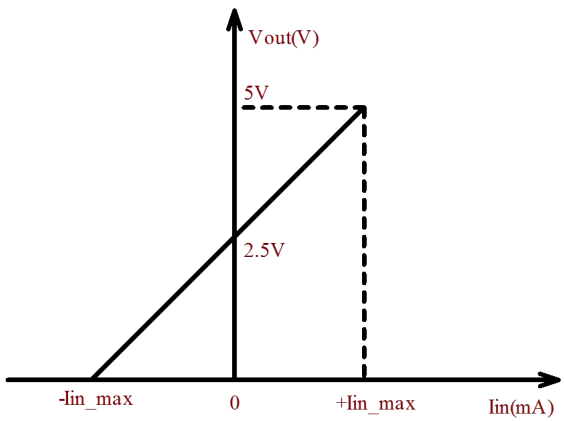


图 6 输入电流与输出电压

1.5. 滤波电路相关参数设计原理

与滤波电路相关的引脚为 FILT、FB、IOUT；相关的器件为 R301、R302、C302、C301、C402。

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

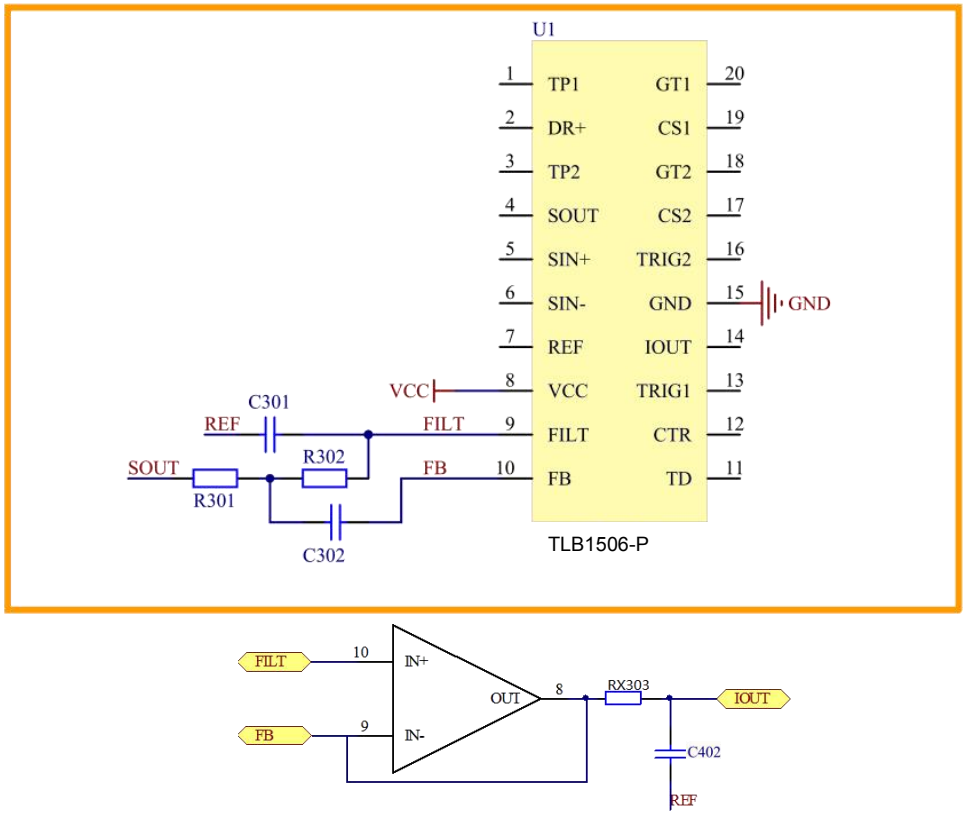


图 7 滤波电路原理示意

其构成一个二阶低通滤波器。一般测量剩余电流用的传感器截止频率为 1kHz，典型选型取值为 R301=4.22kΩ、R302=6.8kΩ、C302=22nF、C301=10nF。这个二阶滤波电路的作用是让输出电压更加平滑，不是必须的，R301、R302、C302、C301 这几个器件都可悬空。因为 B 型剩余电流的标准要求，在 1000Hz 的触发阈值要高于 50Hz，因此要把 1000Hz 的信号进行衰减。可把该一阶和二阶低通滤波的截止频率设置为 600Hz 左右，该截止频率的参数要求不高。其截止频率设置公式为:

$$f_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{302} \cdot C_{301}}$$

其中 RX303 为本模块内部的电阻，取值为 10kΩ。

此处滤波参数的选型会增大高频时脱扣电流与 135°波脱扣电流的值。

功能模块	相关引脚	相关外围器件	推荐选型说明
滤波电路（可选）	FILT、FB、IOUT	R301（可悬空）	4.22kΩ电阻
		R302（可悬空）	6.8kΩ（f_C=14.7kHz）或 120kΩ（f_C=833Hz）电阻
		C302（可悬空）	22nF 电容
		C301（可悬空）	10nF 电容

1.6. 阈值判断相关参数设计原理

与阈值判断电路相关的引脚为 TRIG1、TRIG2、TD、CTR，相关器件为 R12、C8、R15，该部分电路的作用主要是把采样放大的信号与设定的阈值进行比较，最终 CTR 引脚输出对应的高低电平，用户可以通过直接读取 CTR 引脚的电平得到系统检测值或者直接通过 CTR 引脚驱动开关器件。

阈值判断主要有两个比较部分构成，第一个比较部分构成窗口比较器，窗口比较器超过正向或反向触发阈值时，TD 引脚电平开始上升，进行第二个占空比比较部分的判断。

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

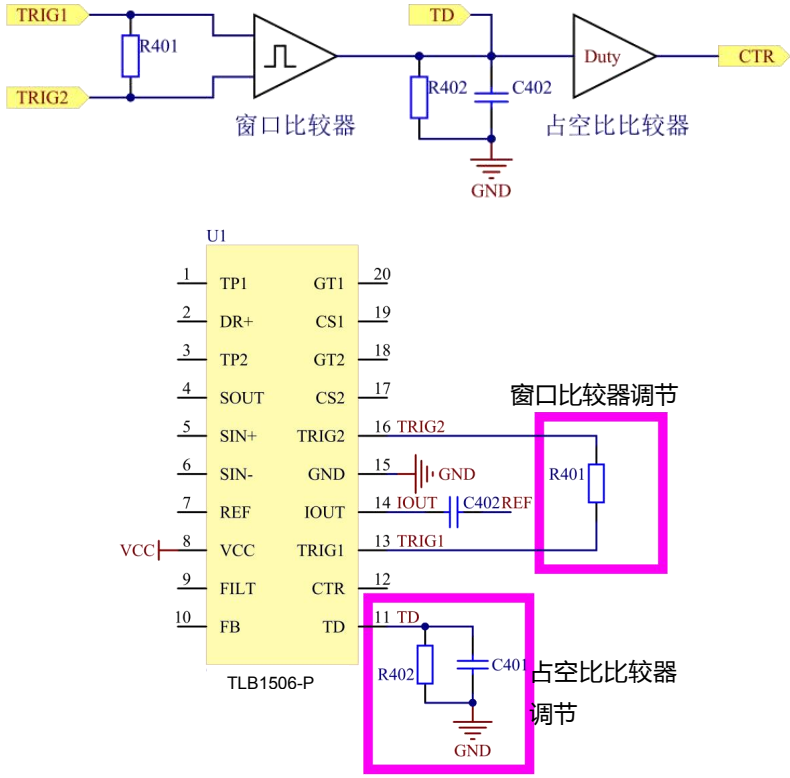


图 8 阈值判断原理示意图

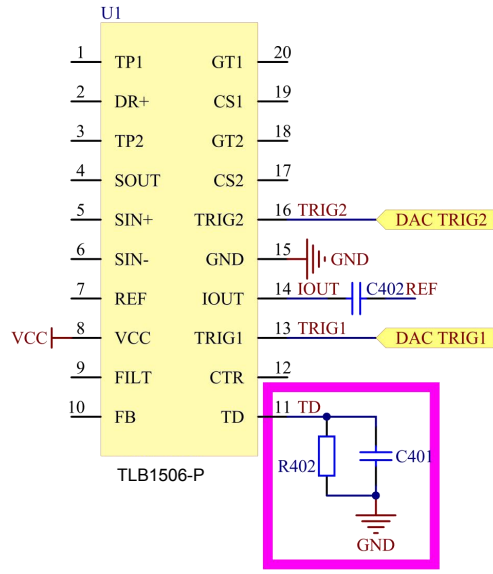


图 9 阈值调节方案（DAC 数模转换器方案）

窗口比较器的正向阈值由 TRIG1 引脚控制：$V_{TRIG1}=\frac{V_{CC}}{2}+(\frac{V_{CC}}{2}\times\frac{\frac{R_{401}}{2}}{10000+\frac{R_{401}}{2}})$

窗口比较器的反向阈值由 TRIG2 引脚控制：$V_{TRIG2}=\frac{V_{CC}}{2}-(\frac{V_{CC}}{2}\times\frac{\frac{R_{401}}{2}}{10000+\frac{R_{401}}{2}})$

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

这两个脚的电压也可由外部 DAC 引脚提供，直接决定动作剩余电流。

第二个比较部分构成占空比比较器，占空比比较器超过占空比阈值 D_{TH} 时，CTR 会输出低电平。

占空比比较器的比较阈值为（内部已设置好）：$V_{D_H}=\frac{2}{3}V_{VCC}$，$V_{D_L}=\frac{1}{3}V_{VCC}$

设计占空比的阈值由 R402 确定，当窗口比较器输出的方波的占空比比较小时，占空比比较器是不会有响应的。其占空比的阈值近似为：

$$D_{TH}\approx\frac{51000}{R_{402}}$$

其中 51kΩ是内部窗口比较器到占空比比较器之间的电阻。

剩余电流保护有两个延时时间，一个是 GBT 6829-2017 5.4.12.1 规定的无延时型 RCD 的 10 倍剩余电流最大延时时间 40ms，用于防止保护响应过慢。另外一个是为了防止瞬态的上电导致的误触发，会要求一个 10 倍阈值的半波剩余电流，系统不会被触发，因此要求系统的触发延时大于 10ms。C401 用于设置剩余电流保护响应时间，一般我们设置 C401 的上升时间略大于 10ms 即可，系统不会超过 40ms 的延时。所以窗口比较器持续输出高电平时，C401 的上升到 V_{D_H} 的时间的基本公式为，上升时间记为 T_{DL_MIN}：

$$V_{D_H}=(V_{VCC}-0.7V)\cdot\frac{R_{402}}{51000+R_{402}}(1-e^{-\frac{T_{DL_MIN}}{\tau}})$$

$$\tau=(51000//R_{402})\cdot C_{401}$$

那占空比阈值如何设置呢，我们先看标准里所要求测试的几个波形，分别有半波、90°相位角半波、135°相位角半波。下图是相同的有效值下，不同半波的波形，同时也可以看到，窗口比较器输出的占空比也是不一样的。假设把各种半波的幅值为无限大，对于窗口比较器输出的方波的占空比也是有最大值的，其中

135°半波极限占空比为 12.5%；

90°半波极限占空比为 25%；

0°半波极限占空比为 50%；

因此占空比阈值的设置一定要小于 12.5%，否则 135°相位角的半波，系统是不会有响应的。

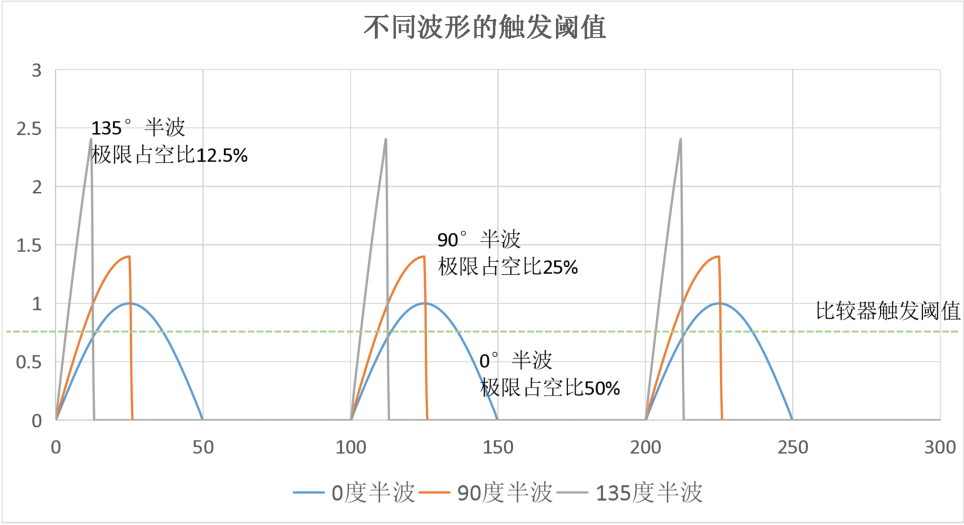


图 10 有效值相同，不同相位角的半波示意图

由以上的分析我们就可以知道，窗口比较器与占空比比较器检测的对象是不一样的。其结论如下：

1、窗口比较器**影响所有** 50HZ~1000Hz 的交流剩余电流触发阈值、直流剩余电流触发阈值、脉动直流剩余电流触发阈值。

2、占空比比较器**进一步影响** 0°半波、 90°半波、135°半波剩余电流触发阈值。

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

功能模块	相关引脚	相关外围器件	推荐选型说明
阈值判断电路	TRIG1、TRIG2、TD	R401	可通过 R401 设置 TRIG1、TRIG2 的阈值，见设计原理
		C401、R402	用于设置有剩余电流保护延时及占空比阈值

2. 设计案例

以 30mA 的 DEMO 样机（触发剩余电流保护的电流为 30mA）为例，梳理设计方法。

设计输入参数：

输入参数	参数符号	参数定义	实际输入参数
剩余电流检测的带宽	/	指检测剩余电流的带宽	1kHZ
最大检测电流	I_{IN}	指检剩余电流的范围	900mA
触发剩余电流	/	指检测剩余电流触发保护的电流值有效值	20mA

此产品设计中，因为各参数之间存在关联，本文设计报告只对 DEMO 参数进行分析影响，并为设计调试做出应用举例，部分参数为经验取值，不代表只有该值才能实现剩余电流检测功能。

本文 DEMO 选择的磁环为外径 18×11×10mm³，N=15 匝，最终开关频率为 5.0kHz。

2.1. 振荡电路相关参数设计

一般取固定值的器件为：R101=R102=2kΩ，0603 封装；D101、D102 取 20V/100mA 的肖特基二极管。

电阻 R103 为振荡电路的峰值电流采样电阻，为 7.5Ω，R104 与 R106 决定峰值电流的阈值，为 4.22kΩ和 300Ω，R105 用于设置峰值电流阈值的回差，为 10kΩ。比较器 U2 采用输出为 OC 门的比较器 LM393，D101,D102 选择 10V 以上的肖特基二极管。为了兼顾信噪比与损耗，通常把峰值电流电压阈值设置在 0.6V~0.8V。

因此 CS 触发的阈值 V_{CSH} 与回差值为 V_{CSL}：

$$V_{CSH}=V_{VCC}\cdot\frac{R_{106}}{R_{104}+R_{106}}=0.33V \qquad V_{CSL}=V_{VCC}\cdot\frac{R_{106}//R_{105}}{R_{104}+R_{106}//R_{105}}=0.32V$$

驱动回路稳定情况下在 R103 上面分得的电压需要大于 CS 触发的阈值 V_{CSH}：

$$V_{R103稳}=V_{VCC}\cdot\frac{R_{103}}{R_{103}+R_{204}}=1.08V>V_{CSH}=V_{VCC}\cdot\frac{R_{106}}{R_{104}+R_{106}}=0.33V$$

峰值电流为：

$$I_{PEAK}=\frac{V_{CSH}}{R_{103}}=44mA$$

振荡电路部分电阻 R103 设计，其阻值越小，其饱和深度越小，受到的矫顽力越小，建议取值 7.5Ω，前提是满足翻转比较器的电压设计。

2.2. 采样电路相关参数设计

由前文介绍可知，磁通门电流传感器的增益为：

$$G_{ISEN}=\frac{1}{N_p}\cdot R_{204}\cdot\frac{R_{202}}{R_{205}}$$

其中

I_{in} 为被测电流。

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

N_p 为检测磁环的匝数。

G_{ISEN} 单位为Ω，代表把输入电流信号转化为电压信号。

取 N_P=15，R204=27Ω，R201=R202=200kΩ，R205=R203=20kΩ，可得 G_{ISEN} 约为 18Ω。取 C204A=C204B=C204=0.1uF，耐压 25V，0603 封装 X7R 陶瓷电容。则输出电压区间为 2.5V±0.36V。一般来说，剩余电流保护器在动作时，传感器电压波动范围不超过±1V。

输出电压范围为 0.5V~4.5V，中点电压为 2.5V，可知测量范围为：

$$I_{+RANGE} = \frac{4.5V - 2.5V}{G_{ISEN}} = 111.1mA$$

量程大于直流输入时的触发阈值即可。在标准里，工频交流的阈值范围是最窄的。对于 30mA 的样机，区间为 15mA~30mA。我们把理想的触发阈值设定在中点 I_{avr_50Hz}=20mA。所对应的峰值为：

$$I_{PK_50HZ} = \frac{I_{AVR_50HZ}}{0.707} = 28.28mA$$

磁通门电流传感器输出端口 IOUT 的电压为

$$V_{PK_50HZ} = I_{PK_50HZ} \cdot G_{ISEN} + 2.5V = 3.0V$$

根据以上计算可得，50Hz 交流触发阈值为 20mA，交流峰值约 28.28mA，量程设置约两倍交流峰值即可。根据上述的设计，量程约为 111mA，满足要求。

如电压采样精度较差时，可通过增大采样电阻 R204 适当提高传感器输出端口的电压范围。

由于采样的阻抗不匹配问题，磁通门电流传感器存在失调电压问题，需要 R201 上并联一个电阻用于调零，需实际调试确定。

2.3. 滤波电路相关参数设计

二阶滤波截止频率设置为 1kHz 时，取值 R301=4.22kΩ、R302=6.8kΩ、C302=22nF、C301=10nF、C305=2.2nF。该滤波为非必须，仅用于剩余电流保护时无需该滤波器，上述器件悬空。该参数以对应标准 GBT 6829-2017 8.3.1.6 不同频率的要求进行设计，不建议调整。

2.4. 占空比比较器参数设计

占空比阈值 D_{T_H} 需小于 12.5%，为了让 135°相位角的触发阈值不至于过大，取 6%。

则电阻 R402 为：

$$R_{402} = \frac{51000}{D_{TH}} = 850k\Omega$$

最小延时取值为：

$$T_{DL_MIN} = 10ms$$

窗口比较器输出的等效高电平电压为：

$$V_{W_OUT} = (V_{CC} - 0.7V) \cdot \frac{R_{402}}{R_{402} + 51000} = 4.05V$$

我们设置 C401 的上升时间略大于 10ms，C401=100nF。如果响应过快，135°相位角动作电流较小，可适当增大 C401 电容值。

2.5. 窗口比较器的参数设计

上述我们设计磁通门电流传感器动作电压为 2.5V±0.36V，

$$V_{TRIG1} = \frac{V_{CC}}{2} + \left(\frac{V_{CC}}{2} \times \frac{\frac{R_{401}}{2}}{10000 + \frac{R_{401}}{2}} \right) = 2.86V$$

$$V_{TRIG2} = \frac{V_{CC}}{2} - \left(\frac{V_{CC}}{2} \times \frac{\frac{R_{401}}{2}}{10000 + \frac{R_{401}}{2}} \right) = 2.14V$$

可选取 R401=2.88kΩ。

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

2.6. DEMO 设计参考 BOM 汇总

器件位置	30mA 剩余电流器件推荐选型	300mA 剩余电流器件推荐选型	核心功能
R101,R102	2kΩ		内部 H 桥翻转驱动
R103	7.5Ω		翻转峰值采样电阻
R104	4.22kΩ		翻转阈值，回差
R105	10kΩ		
R106	300Ω		
D101,D102	10V 以上肖特基二极管		提供给 IC 翻转功能
R204	27Ω		差分采样电阻
D201,D202	10V TVS 管		磁通门保护器件
D203	10V TVS 管		磁通门保护器件
R201,R202	200kΩ	20kΩ	传感系数电阻
R203,R205	20kΩ		
C203,C204,C205	100nF		采样信号滤波
R301	4.22kΩ		高频衰减电路参数
R302	6.8kΩ		
C301	10nF		
C302	22nF		
R401	2.88kΩ		窗口比较器阈值设定
R402	850kΩ		占空比比较器最小占空比设计
C401	100nF		最小延时设计
C402	2.2nF		高频衰减电路参数
非晶磁环	21 圈		磁通门采样磁环

2.7. DEMO 性能规格

本手册所有指标的测试方法均依据本公司企业标准；

表：基本剩余电流波形 VS 典型脱扣电流

电流单位：mA（Rms.）	25℃	105℃	-55℃
50Hz 交流触发电流	24.4	23.8	23.6
AC+12mA 交流剩余电流	21.1	19.8	20.2
AC-12mA 交流剩余电流	20.5	21.5	20.7
0 度脉动直流叠加 +12mA 剩余电流	22.9	21.1	21.1
0 度脉动直流叠加 -12mA 剩余电流	21.6	21.7	21.7
+0 度脉动直流剩余电流	18.8	17.9	18.5
+90 度脉动直流剩余电流	20.8	18.5	19.9
+135 度脉动直流剩余电流	21.1	20.5	23.4
-0 度脉动直流剩余电流	19.3	18.8	19.1
-90 度脉动直流剩余电流	20.8	18.9	19.4

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

-135 度脉动直流剩余电流	20.8	20.7	22.2
150Hz 交流剩余电流	24.4	24.3	24.1
400Hz 交流剩余电流	27.6	27.3	27.7
1kHz 交流剩余电流	59.4	58.1	60.3
直流正漏电剩余阈值	31.94	32.6	31.3
直流负漏电剩余阈值	32.5	31.5	31.5

表：基本剩余电流波形 VS 典型脱扣延时

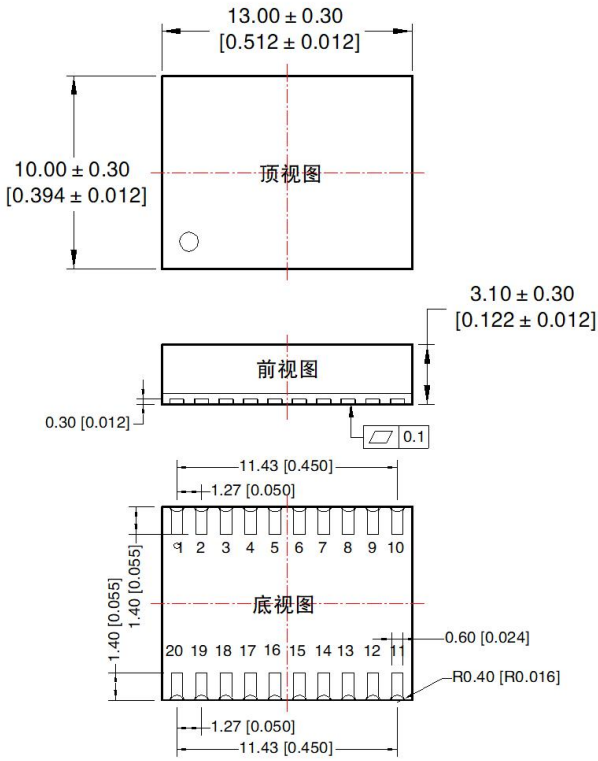
延时单位：ms	25℃	105℃	-40℃
30mA 剩余电流延时	77.0	66.2	79.8
60mA 剩余电流延时	36.8	34.4	38.2
150mA 剩余电流延时	31.2	27.4	32.2
300mA 剩余电流延时	31.2	26.2	32.4
AC+12mA 交流剩余电流延时	21.1	19.8	20.2
AC-12mA 交流剩余电流延时	20.5	21.4	20.7
150Hz 时 72mA 交流剩余电流延时	31.2	28.4	35.6
400Hz 时 180mA 交流剩余电流延时	31.2	29.2	36.1
1kHz 时 420mA 交流剩余电流延时	41.4	35.2	44.6
直流+60mA 剩余电流延时	29.6	25.6	32.2
直流-60mA 剩余电流延时	29.6	25.6	31.8
直流+120mA 剩余电流延时	29.6	25.6	32.4
直流-120mA 剩余电流延时	29.6	25.6	32.6
直流+300mA 剩余电流延时	29.6	25.6	31.5
直流-300mA 剩余电流延时	29.6	25.6	31.5

重量信息

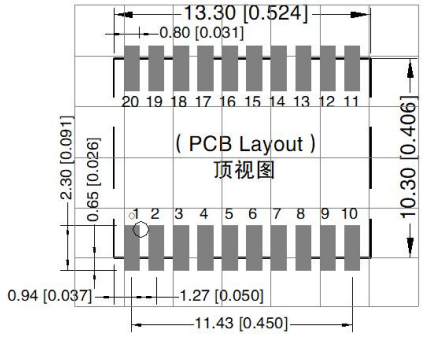
参数	最小值	典型值	最大值	单位
重量	0.6	0.9	1.2	g

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有

第三角投影



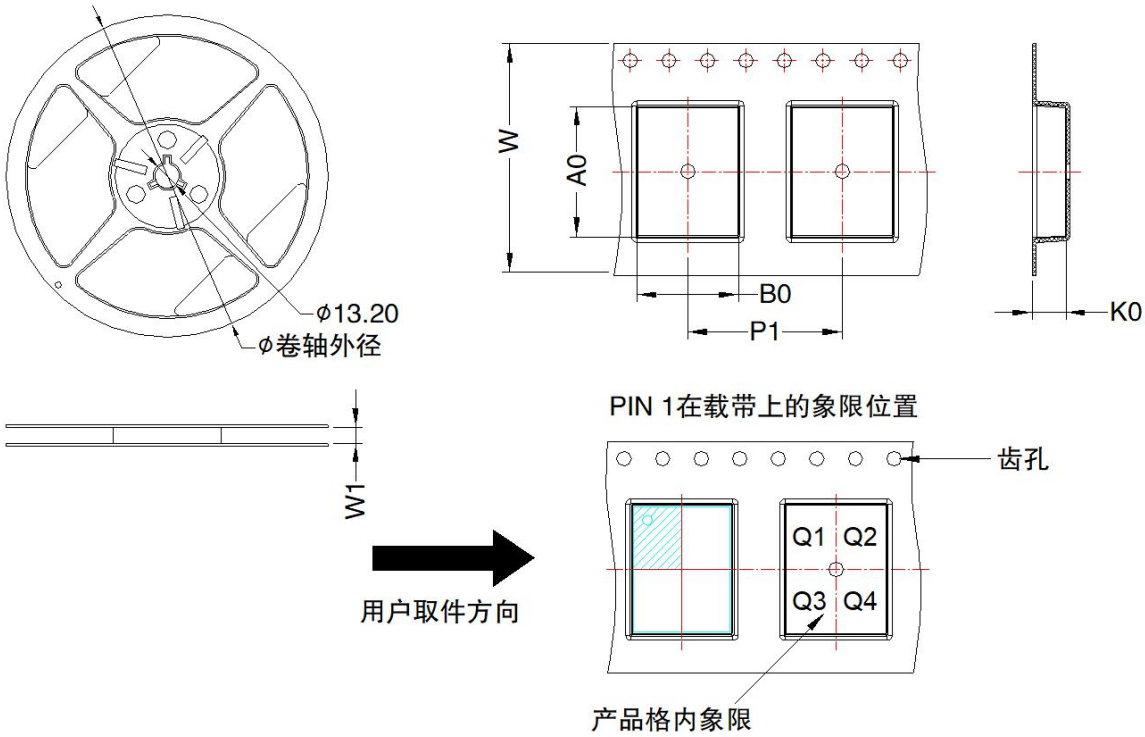
注:
尺寸单位: mm[inch]
未标注公差: ± 0.10[± 0.004]



注: 栅格距离 2.54*2.54mm

引脚方式			
引脚	引脚名称	引脚	引脚名称
1	TP1	11	TD
2	DR+	12	CTR
3	TP2	13	TRIG1
4	SOUT	14	OUT
5	SIN+	15	GND
6	SIN−	16	TRIG2
7	REF	17	CS2
8	VCC	18	GT2
9	FILT	19	CS1
10	FB	20	GT1

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有



器件型号	封装类型	Pin	MPQ	卷轴外径 (mm)	卷轴宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 象限
TLB1506-P	DFN 10x13	20	300	180.0	24.4	13.52	10.52	3.5	16.0	24.0	Q1

包装信息请参见《产品出货包装信息》，包装包编号：58240039；
我司可提供产品定制，具体需求可直接联系我司技术人员；

广州金升阳科技有限公司
地址：广东省广州市黄埔区科学城科学大道科汇发展中心科汇一街 5 号
电话：86-20-38601850　　传真：86-20-38601272　　E-mail: sales@mornsun.cn

该版权及产品最终解释权归广州金升阳科技有限公司所有