



青岛东软 开发文档

密 级： 低

编 号： ESKF—11052801

青岛东软 MOS 管载波收发电路设计说明

青岛东软载波科技股份有限公司

2011 年 05 月 28 日

概述

青岛东软载波科技股份有限公司是一家专门从事低压电力线载波通信的公司，为提高公司的产品品质、载波通信的成功率，以及通信速率，我们不断开拓创新，站在客户的角度考虑，设计出性能优异、价格低廉的产品，本文对现行载波电路的设计，以及器件选择的要求进行简单说明，以便客户能够更好的用好公司的产品，设计出优秀的电子产品。

因为考虑到输入阻抗的分配、不同设备的电源系统不同、成本的控制等问题，所以 MOS 管载波收发电路大致分为三类，包含有单相（包括 485 采集器）、三相和集中器，这三类的载波通信电路略微有些差别，但大致一致。

青岛东软载波科技股份有限公司

2011 年 5 月 28 日

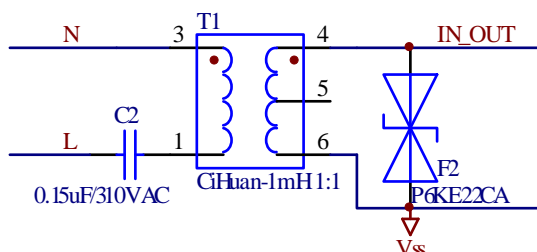
目 录

1 单相载波通信电路.....	4
1.1 单相信号耦合电路.....	4
1.1.1 安规电容说明.....	4
1.1.2 信号耦合变压器说明.....	4
1.1.3 TVS管说明.....	4
1.2 单相信号功率放大电路.....	5
1.2.1 稳压管要求	5
1.2.2 电容C10 说明	5
1.2.3 电阻R7 说明	5
1.2.4 电容C23 说明	5
1.2.5 二极管VD6 说明.....	5
1.2.6 电阻R4 说明	6
1.2.7 N型MOS管说明	6
1.2.8 P型MOS管说明.....	6
1.2.9 电阻R20 和R21 说明	8
1.2.10 电感L2 和电容C3 说明	8
1.3 单相接收滤波电路.....	8
1.3.1 稳压管VD1 和VD2 说明	8
1.3.2 电容C25 说明	9
1.3.3 电感L6 和L7 说明	9
1.3.4 电阻R6 说明	9
1.4 单相AFE4361 及其外围电路	9
1.4.1 陶瓷滤波器LT455BW说明.....	11
1.4.2 正交线圈 455C28 说明	11
2 三相载波通信电路.....	12
2.1 三相信号耦合电路.....	12
2.2 三相信号功率放大电路.....	12
2.2.1 稳压管TS13 说明.....	12
2.2.2 双MOS管说明.....	12
2.3 三相接收滤波电路.....	12
2.4 三相输出功率控制电路.....	13
2.4.1、PNP三极管说明	13
2.4.2、电容C20 说明	13
2.4.3、电容C10 说明	13
2.4.4、电阻R6 说明	13
2.5 三相接收滤波电路.....	13
2.6 三相AFE4361 及其外围电路	14
3 集中器载波通信电路.....	15
3.1 集中器继电器切换信号耦合电路.....	15
3.1.1 继电器要求	16
3.2 集中器信号功率放大电路.....	16

3.3 集中器輸出功率控制電路.....	16
3.4 集中器接收濾波電路.....	16
3.5 集中器AFE4361 及其外圍電路	17
3.6 國網結構集中器電力Modem電路.....	17
4 供電系統要求.....	17

1 单相载波通信电路

1.1 单相信号耦合电路



信号耦合电路采用高通滤波器形式，需要说明的有以下几点：

1.1.1 安规电容说明

电容 C2 采用长寿命、高性能的安规电容，因为安规电容存在寿命问题，随着使用时间的推移，容量会变得越来越小，若容量小于 10nF 将导致耦合电路失效，而市面上存在很多兼容的安规电容，质量和使用寿命很难保障，所以，考虑到产品质量，不建议随意采购这颗电容，推荐 OKAYA、优普或更好品牌的 0.15uF/310VAC、0.15uF/305VAC、0.15uF/300VAC 的安规电容；

1.1.2 信号耦合变压器说明

信号耦合变压器中磁芯的材质是很关键的，直接影响到通信效果，它的参数不仅是电感量，还有漏磁、损耗等一些参数，所以推荐使用越峰电子材料股份有限公司 (<http://www.acme-ferrite.com.tw>) 生产的型号为 A102 的磁芯（或具不低于其特性的磁芯，A102 的特性详见附录四和附录五），尺寸：10*6*5（即外径 10 毫米，孔径 6 毫米，厚度 5 毫米），绕线采用直径 0.3mm 的双层或三层绝缘线，两个绕组各绕 17 圈，再套热缩管加固，在 270kHz/0.1V 条件下测得单个绕组电感量在 700uH~2000uH 之间；

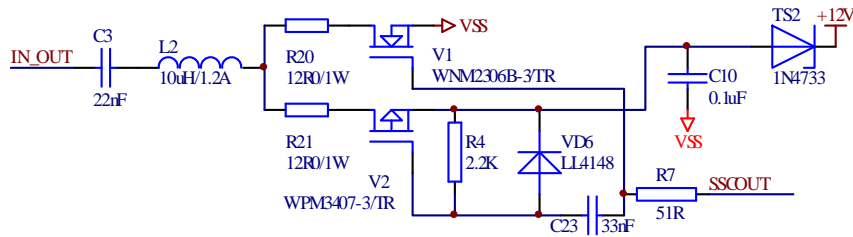
【布板注意事项】：

因为信号耦合变压器的强-弱电之间的管脚间距已经小到极限，所以不允许在两个绕组之间有任何走线或敷铜，否则将达不到强弱电之间工频 4kV 耐压的要求。

1.1.3 TVS 管说明

P6KE22CA 起到消除瞬间冲击电压，保护内部电路的作用；

1.2 单相信号功率放大电路



这部分电路的作用是把 SSCOOUT 的 5V TTL 电平的信号转化为更高电平的方波信号，然后对方波信号进行滤波，最后输入的是标准的正弦波信号，需要说明的有以下几点：

1.2.1 稳压管要求

TS2 是一颗 5.1V 的稳压管（也称为齐纳二极管），用于保证+12V 的电压电压不会过度拉低，导致系统复位，一般选用 1N4733 或 1N4733A，其封装为插件封装，或是采用贴片封装的 ZM4733A 或 TCZM4733A，

【稳压管选型注意】：

该 5.1V 稳压管的耗散功率不能小于 1W，否则会烧管子!!!

1.2.2 电容 C10 说明

该电容的作用是对经过稳压管后的电源滤波。

【注意】：

该 0.1uF 电容的容值不能更改，尤其不能加大，而且不允许再与该电容并联电容，尤其是大容量的电解电容，否则在热插拔模块时会把 TS2/1N4733 雪崩击穿，导致电路失效!!!

1.2.3 电阻 R7 说明

电阻 R7/51Ω 起到保护载波芯片的作用，因为载波芯片采用的是 MOSFET 工艺，不推荐驱动容性负载，而这套放大电路的输入阻抗容性较强，所以串联该电阻来削弱这种影响，从而保护载波芯片；

1.2.4 电容 C23 说明

C23/33nF 起信号耦合作用，用于把载波芯片输出的 TTL 电平信号耦合到处于高电平的 P 型 MOS 管栅极。

1.2.5 二极管 VD6 说明

VD6/LL4148 是泄放二极管，用于泄放 C23/33nF 中存储的多余电量，防止处于

高电平的 P 型 MOS 管栅极电平超过源极电平过多。

1.2.6 电阻 R4 说明

R4/2.2K 是上拉电阻，用于给 C23/33nF 电容充电，保证 P 型 MOS 管的栅极有足够高的直流分量，另一个作用是在没有载波信号输出时，把栅极电平拉高，保证 P 型 MOS 管完全截止；

【补充说明】：电容 C23/33nF、二极管 VD6/LL4148 和电阻 R4/2.2K 共同组成了 P 型 MOS 管的驱动电路。

1.2.7 N 型 MOS 管说明

N 型 MOS 管 V1/WNM2306B 的作用是“下开关”，为放大后的方波提供足够强度的低电平。

1.2.8 P 型 MOS 管说明

P 型 MOS 管 V2/WPM3407 的作用是“上开关”，为放大后的方波提供足够强度的高电平。

【补充说明】：

N 型 MOS 和 P 型 MOS 在这里只起开关作用，所以不局限于 WNM2306B 和 WPM3407，也可以有其他选择，器件选型的参数要求见表 1：

表 1 MOS 管器件选型参数要求

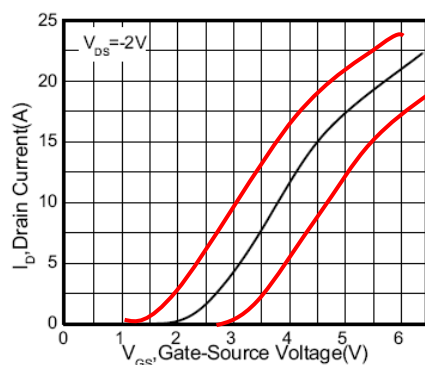
N-MOS		P-MOS	
DS 耐压 V_{DS}	$\geq 30V$	DS 耐压 V_{DS}	$\geq -30V$
GS 耐压 V_{GS}	$\geq 20V$	GS 耐压 V_{GS}	$\geq -20V$
漏极电流 I_D	$\geq 2A$	漏极电流 I_D	$\geq -2A$
峰值电流 I_{DM}	$\geq 10A$	峰值电流 I_{DM}	$\geq -10A$
导通内阻 $R_{SD(on)}@4.5V$	$\leq 300m\Omega$	导通内阻 $R_{SD(on)}@4.5V$	$\leq 300m\Omega$
总输入电容 C_{iss}	$\leq 1000pF$	总输入电容 C_{iss}	$\leq 1000pF$
总栅极电荷 $Q_g@4.5V$	$\leq 15nC$	总栅极电荷 $Q_g@4.5V$	$\leq 15nC$
开启电压 $V_{GS(th)}$	MIN ≥ 1 MAX ≤ 3	开启电压 $V_{GS(th)}$	MIN ≥ -1 MAX ≤ -3
耗散功率 @70°C	$\geq 0.4W$	耗散功率 @70°C	$\geq 0.4W$
封装形式	SOT-23	封装形式	SOT-23

【注意】：

以上仅列取最基本的参数要求，在满足表 1 前提下，还要对器件的稳定性、使用寿命、供货周期、价格等进行细致评估。

【MOS 管主要选取步骤】:

- MOS 管驱动电压应直接选取 4.5V 或 4V 系列的。
- 漏极电流大于 2A，DS 耐压 30V。
- 导通内阻 $R_{DS(on)}$ @4.5V 小于 300m Ω ，且越小越好。
- 总栅极电荷 Q_g @4.5V 小于 15nC，或总输入电容 C_{iss} 小于 1000pF，越小越好。
- 开启电压的最小值不小于 1V，最大值不大于 3V，开启电压曲线范围如下图所示（两条红线范围内）:



Drain Current VS Gate-Source Voltage

下面列出可选器件型号，见表 4:

表 4 可选器件列表

Series	Package	Channel	V_{DS} (V)	V_{GS} (\pm V)	$V_{GS(th)}$ min (V)	$V_{GS(th)}$ max (V)
WNM2306B	SOT-23	N	30	20	1	3
WPM3407	SOT-23	P	-30	20	-1	-3
AO3406	SOT-23	N	30	20	1.5	2.5
AO3409	SOT-23	P	-30	20	-1.4	-3
MT3402	SOT-23	N	30	20	1	3
MT3405	SOT-23	P	-30	20	-1	-3
续表						
Series	$R_{DS(on)}$ @ 4.5 V (Ω)	C_{iss} (pF)	Q_g @ 4.5 V (nC)	I_D (A) (70 $^{\circ}$ C)	I_D Max. (A)	P_D Max. (W) (70 $^{\circ}$ C)
WNM2306B	0.07	555	4	2.3	16	0.4
WPM3407	0.053	950	9	2.9	20	0.6
AO3406	0.048	170	2	2.9	15	0.9
AO3409	0.166	302	2.4	2.2	20	1.0
MT3402	0.105	240	4.5	2.5	10	1.25
MT3405	0.150	226	5.8	2.6	10	1.25

【说明】:

选择器件一定要慎重，仔细阅读数据手册，对选好的器件要长时间、反复测试，并且要做极限测试，做到万无一失。

1.2.9 电阻 R20 和 R21 说明

R20/12R 和 R21/12R 起限流作用，既限制电路的输出电流，还抑制 MOS 管交替导通时的尖峰电流，同时还能抑制来自电力线上干扰对 MOS 管的冲击。

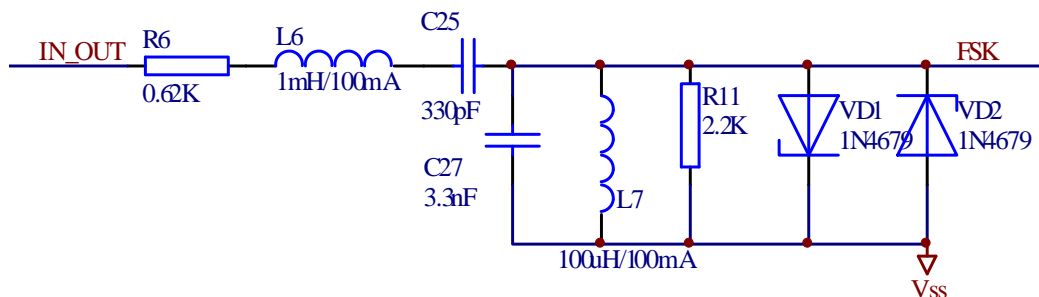
这两颗电阻的功率不能小于 1W，推荐采用插件封装。

1.2.10 电感 L2 和电容 C3 说明

C3/22nF 和 L2/10uH 是起滤波作用，用于过滤放大后信号的带外干扰（当然，在电力线负载较轻时的滤波现象不明显），之所以电容的容值选择 22nF，是因为信号耦合变压器的漏感大约 8uH，再考虑到 150nF 安规电容，所以选择了 22nF，这样滤波电路的中心频率更接近 270kHz。

电感 L2/10uH 的持续电流不能小于 1A；

电容 C3/22nF 的耐压值不能小于 50V，推荐用 0805 封装。

1.3 单相接收滤波电路**【布板注意事项】:**

考虑到器件成本，这里选用的电感均不带屏蔽，当两只电感靠近摆放时会形成互感，所以在布 PCB 板时，接收滤波电路中的电感（1mH 和 100uH）要远离 185kHz 滤波电路中的电感（33uH），一般要求不小于 15mm，否则会造成接收灵敏度下降！

这部分电路起到对接收到信号进行滤波的作用，这里需要说明的有以下几点：

1.3.1 稳压管 VD1 和 VD2 说明

VD1 和 VD2 是 2V 稳压管，但这里没用稳压特性，用到的只是正向导通的压降，采用倒置并联的接法后，可以把 FSK 信号，以及各种干扰信号钳位在一定范围内（大约±1V），从而保护 AFE4361。

1.3.2 电容 C25 说明

电容 C25/330pF 在这里承受的电压较高，因此，要求耐压值不小于 50V，推荐采用 0805 封装。

1.3.3 电感 L6 和 L7 说明

要求电感 L6 和 L7 的耐流值不小于 100mA，电感量得精度为 $\pm 5\%$ ，否则会导致滤波电路的中心点偏离 270kHz。

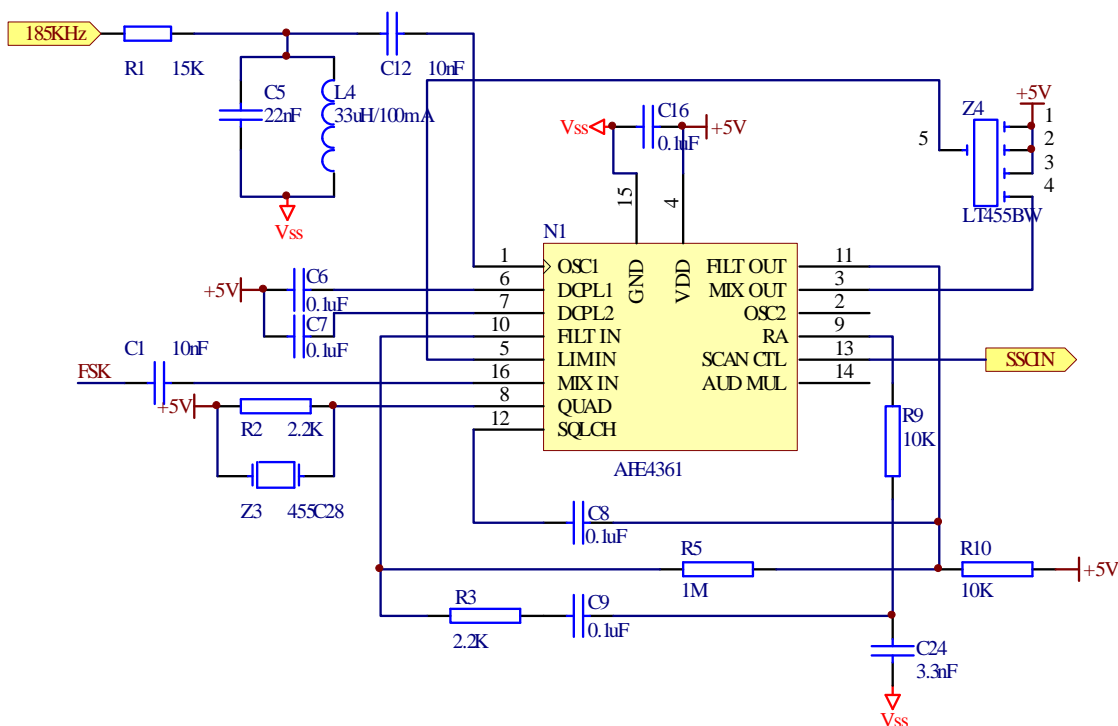
【电感选型注意】:

由于普通电感的测试频率一般为 1kHz 或 10kHz，所以这两颗电感不能随意选取，而是要求在 270kHz/1V 条件下测试，并且精度要求在 $\pm 5\%$ 以内，这样才能保证滤波电路的中心频率在 270kHz 左右。

1.3.4 电阻 R6 说明

电阻 R6/0.62K 承受的电压较高，所以推荐采用 0805 封装（功率为 1/8W）。

1.4 单相 AFE4361 及其外围电路



该部分电路的作用是对载波信号进行解调。

AFE4361 的内部结构图如下:

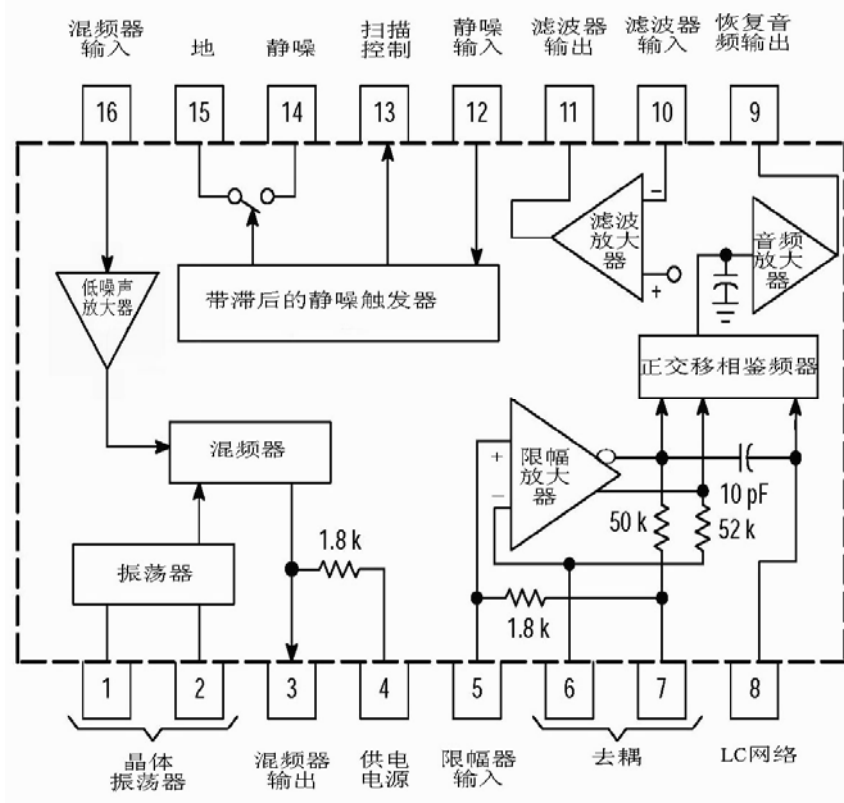


图 4.6 AFE4361 内部结构图

引脚描述见表 4.1:

表 4.1 AFE4361 引脚描述

引脚序号	引脚符号	I/O	描述
1	OSC0	I	振荡器输入
2	OSC1	O	振荡器输出
3	MIXOUT	O	混频器输出 (1.8KΩ 输出阻抗)
4	VCC	P	电源
5	LMTIN	I	限幅放大器输入 (1.8KΩ 输入阻抗)
6	DCP0	O	IF 放大器去耦电容连接
7	DCP1	O	IF 放大器去耦电容连接
8	QUAD	I	正交调频解调器输入
9	AUDOUT	O	正交调频解调器输出
10	FLTIN	I	音频带通滤波器的输入
11	FLTOUT	O	音频带通滤波器的输出
12	SQUIN	I	静音电路输入
13	SCANCTL	O	扫描控制输出; 当静音电路输入低电平时, 输出高电平。
14	MUTE	O	静音输出; 当静音电路输入低电平时, 该引脚接地。
15	VSS	G	地
16	LNAIN	I	低噪声放大器输入

【工作流程】:

载波信号首先由 16 脚输入，与 1 脚输入的 185kHz 信号进行混频，混频后得到一个差频 ($270\text{kHz}-185\text{kHz}=85\text{kHz}$) 和一个和频 ($270\text{kHz}+185\text{kHz}=455\text{kHz}$)，由于是两个频率的混叠，所以此时的波形比较杂乱，由第 3 脚输出，经过 LT455BW 陶瓷滤波器滤波后，波形仅保留和频 455kHz，由第 5 脚输入，经过限幅放大、鉴频、音频放大后恢复数据雏形，此时的波形由于含有 455kHz 的信号，所以比较杂乱，由第 9 脚输出，再经过有源滤波放大限幅后，滤除 455kHz 信号，仅保留数据雏形，由 11 脚输出，经过电容耦合后，再由 12 脚输入，经过静噪指示后，由 13 脚输出，此时已经恢复数字信号，完成解调过程。

需要说明的有以下几点：

1.4.1 陶瓷滤波器 LT455BW 说明

陶瓷滤波器 LT455BW 的带宽为 30KHz；

【布板注意事项】:

经过陶瓷滤波器滤波之后的信号比较“纯净”，而且比较小，因此，陶瓷滤波器第 5 脚之后的走线要远离强干扰，防止被“污染”，造成通信性能下降。

1.4.2 正交线圈 455C28 说明

正交线圈 455C28 不建议随意采购，因为不同的正交线圈需要阻尼的电阻不同，当更换后需要重新调节阻尼电阻；

【布板注意事项】:

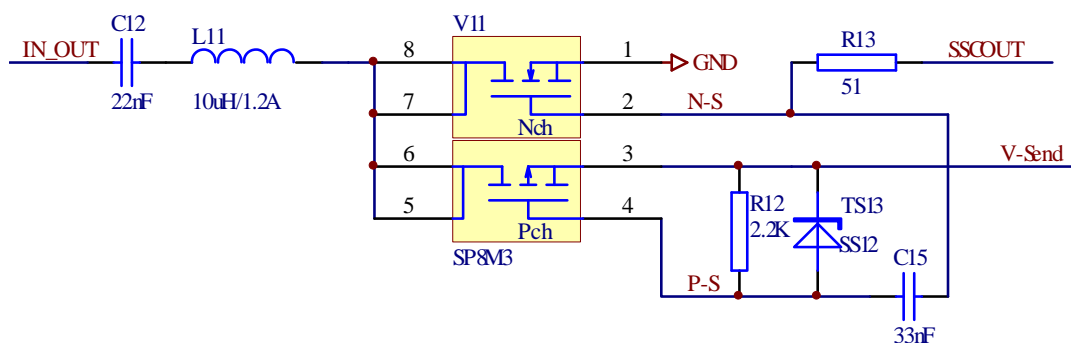
因为 185kHz 信号比较容易受到干扰，所以在布 PCB 板时，185kHz 滤波电路的电感 ($L4/33\mu\text{H}$) 要远离接收滤波电路、信号耦合回路和发送电路，尤其是信号耦合线圈、接收滤波回路的电感一定要远离，一般要求间距不小于 15mm，防止形成互感，干扰到 185kHz 信号，否则接收灵敏度会降低！

2 三相载波通信电路

2.1 三相信号耦合电路

请参见 1.1 单相信号耦合电路。

2.2 三相信号功率放大电路



上图仅画出其中一相的放大电路，其他两相的驱动电路与该电路复用。

该部分电路结构与单相信号功率放大电路大致相同，差别主要在 TS13/SS12 和 MOS 管，下面对这两个器件说明：

2.1.1 稳压管 TS13 说明

TS13/SS12 是一颗 20V 的肖特基稳压管，但在这里没有用到它的稳压特性，用到而是它的正向导通电压低的特点，与 C15/33nF 和 R12/2.2K 共同构成了 P 型 MOS 管驱动电路。

该稳压管可以换成 1N4148 或 LL4148 等正向导通压降较低的二极管。

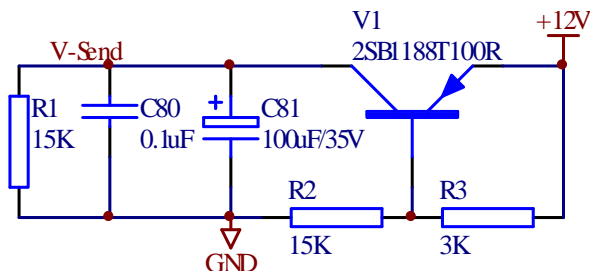
2.1.2 双 MOS 管说明

V11/SP8M3 是一颗集成有 P 型 MOS 和 N 型 MOS 的复合管，用法与单相信号功率放大电路相同，请参见 1.2.7 N 型 MOS 管说明 和 1.2.8 P 型 MOS 管说明。

2.3 三相接收滤波电路

请参见 1.3 单相接收滤波电路。

2.4 三相输出功率控制电路



这部分电路所起的作用是当 12V 电源电压被拉低到 7V 左右的时候控制其输出电流，保证 12V 电源不被下拉得低于 6.5V，从而整个系统正常工作，其最突出的有点是可以很好的保证低电压试验能够通过。需要说明的是：

1.3.1、PNP 三极管说明

PNP 三极管的耐持续电流不能小于 1A，这里选择 2SB1188T100R；

1.3.2、电容 C20 说明

电容 C20 需要选用 YXF 系列的红宝石电容，在保证产品质量的前提下，容量不能小于 47uF，耐压不小于 35V，这里选择 100uF/35V；

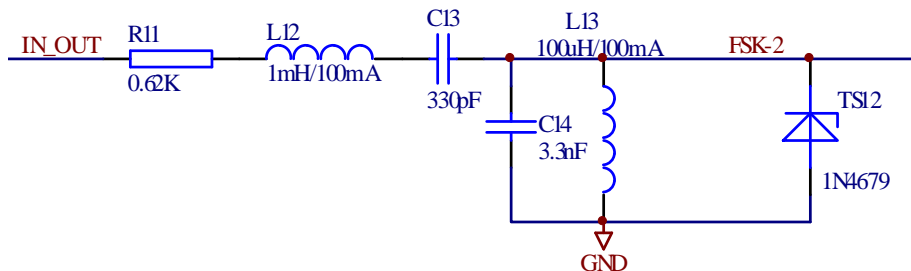
1.3.3、电容 C10 说明

电容 C10/0.1uF 起到滤除电压高频噪声的作用，不能省掉；

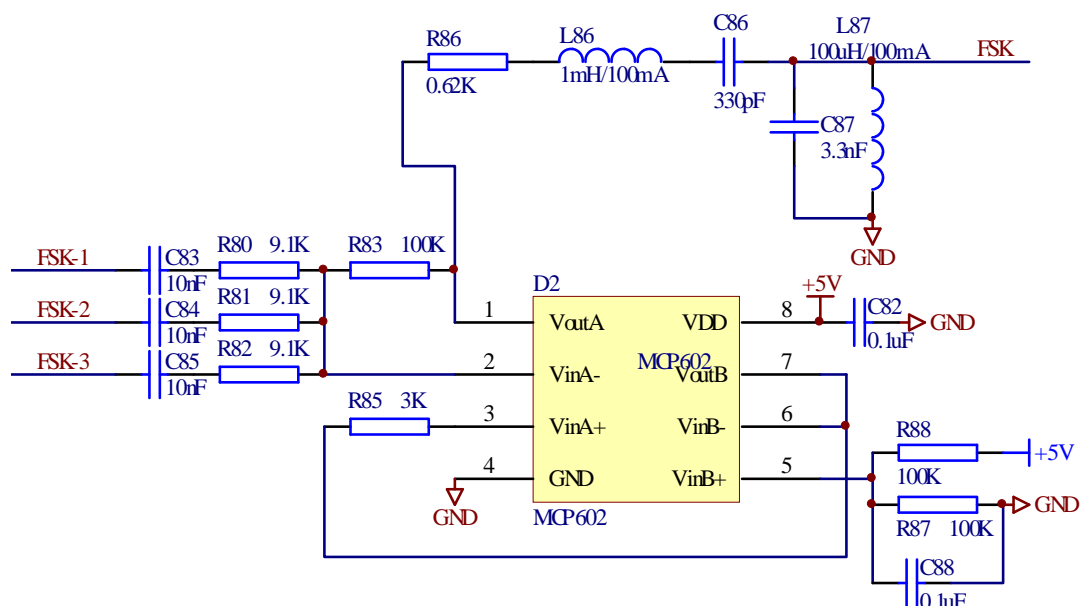
1.3.4、电阻 R6 说明

电阻 R6/10k 起到在做电磁兼容试压和在断电情况下泄放残留电压的作用，不能省掉。

2.3 三相接收滤波电路



该部分电路与单相接收滤波电路基本相同，请参见 1.3 单相接收滤波电路。由于采用三相通信，所以另外设计了一套加法器电路，见下图：



该部分电路的作用是把三相上的信号进行叠加，叠加后的信号再次滤波后送给 AFE4361 进行解调，MCP602 内部集成有两个运算放大器，其中 B 放大器设计成电压跟随器，为 A 放大器提供 $VCC/2$ 基准电平。

【布板注意事项】:

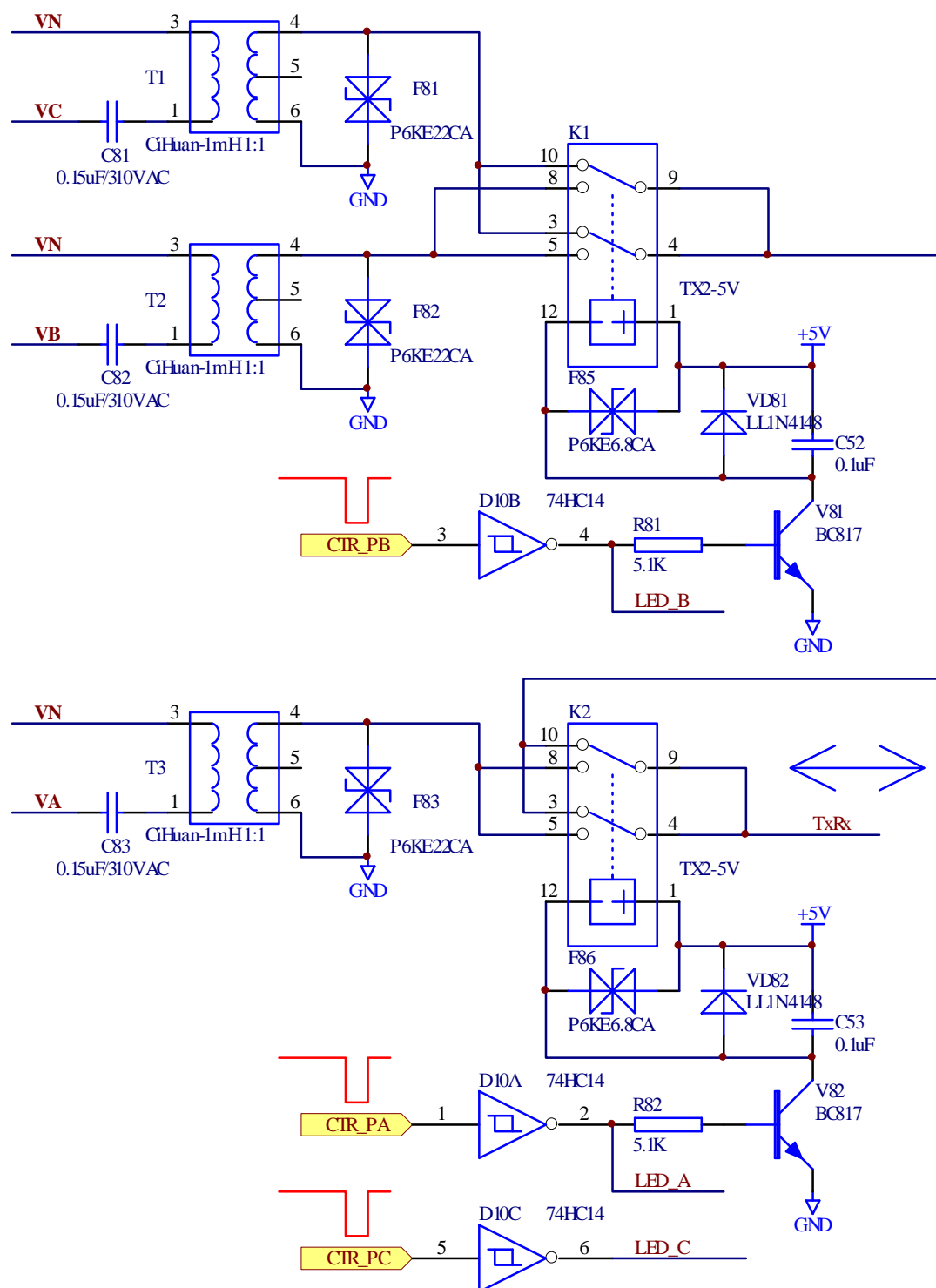
经过叠加之后的信号经过滤波器后，信号已经变得很“纯净”，但由于滤波器中的电感不带屏蔽，所以很容易受到“污染”，这就要求在布 PCB 时，要求电感 L86/1mH 和 L87/100uH 远离其他电感，减小互感的影响，一般要求间距不小于 10mm（不是 L86 与 L87 之间的，而是这两个电感与其他电感的间距），否则接收灵敏度会降低。

2.4 三相 AFE4361 及其外围电路

请参见 1.4 单相 AFE4361 及其外围电路。

3 集中器载波通信电路

3.1 集中器继电器切换信号耦合电路

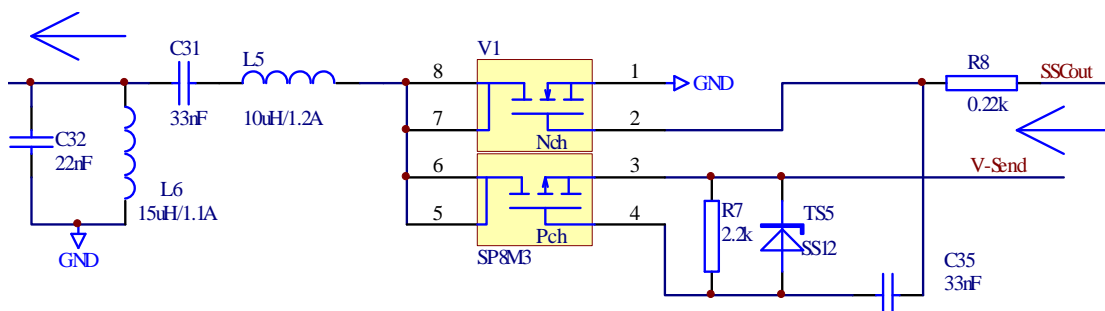


因为集中器采用三相通信方式，所以加入了继电器进行三相切换，信号耦合电路采用高通滤波器形式，需要说明的是：

3.1.1 继电器要求

对于继电器 TX2-5V，其使用寿命和工作温度范围是很关键的，所以建议采用 Panasonic（松下）的型号为 TX2-5V 的继电器，其机械寿命是 1 亿次；

3.2 集中器信号功率放大电路



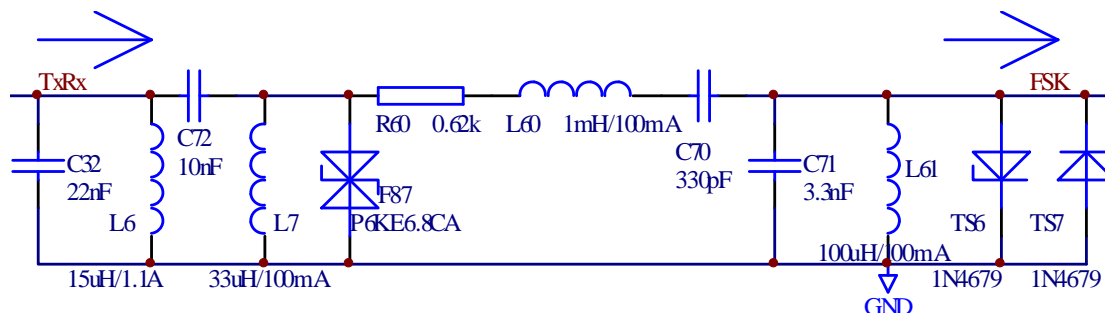
这部分电路的作用是把 SS Cout 的 5V TTL 电平的信号转化为更高电平的方波信号，然后对方波信号进行滤波，最后输出的是标准的正弦波信号，与三相表的功率放大电路相比多了一组并联谐振滤波电路，这样做的目的是让集中器输出的波形更加规整，带外干扰更小。

其他电路部分请参见 2.2 三相信号功率放大电路。

3.3 集中器输出功率控制电路

请参见 2.4 三相输出功率控制电路。

3.4 集中器接收滤波电路



【布板注意事项】:

在布 PCB 板时，接收滤波电路的电感（1mH、100uH 和 33uH）要远离 185kHz 滤波电路的电感（33uH），一般要求不小于 15mm，否则会造成接收性能的下降！

这部分电路起到对接收到信号进行滤波的作用，其中 L6/15uH 和 C32/22nF 并联谐振滤波电路和发送电路是共用的。

这套电路与单相表/三相表不同的地方是增加了电容 C72/10nF、电感 L7/33uH

和 TVS 管 F87/P6KE6.8CA，这部分电路能起到滤波和放大作用，可以提高接收灵敏度，但也会使输入阻抗过低，不适合应用到载波节点过多的情况。

其他说明请参见 1.3 单相接收滤波电路。

3.5 集中器 AFE4361 及其外围电路

请参见 1.4 单相 AFE4361 及其外围电路。

3.6 国网结构集中器电力 Modem 电路

符合国网结构的电力 Modem 电路原理与三相表的完全相同，详细内容请参见 2 三相载波通信电路。

4 供电系统要求

载波通信系统是一种接收灵敏度很高的系统，所以对电源的噪声要求比较高，建议采用线性电源（LDO）供电，比如 7805 等；

由于电力线的阻抗一般较小，为了保证足够远的通信距离，要求供给载波通信模块的电源功率不小于 1.2W，当采用电子变压器供电时，经整流滤波后的空载电压不小于+12V，但也不能大于+15V；或者说电源电压的范围为+12V~+15V，电流不小于 100mA。

傅 涛

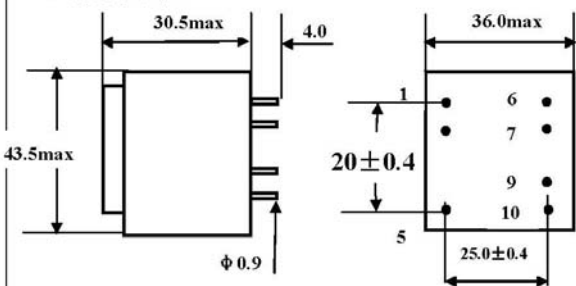
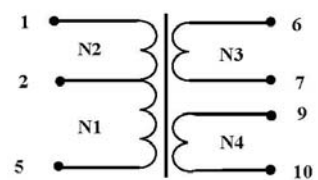
青岛东软载波科技股份有限公司

2011 年 05 月 28 日

附录一：

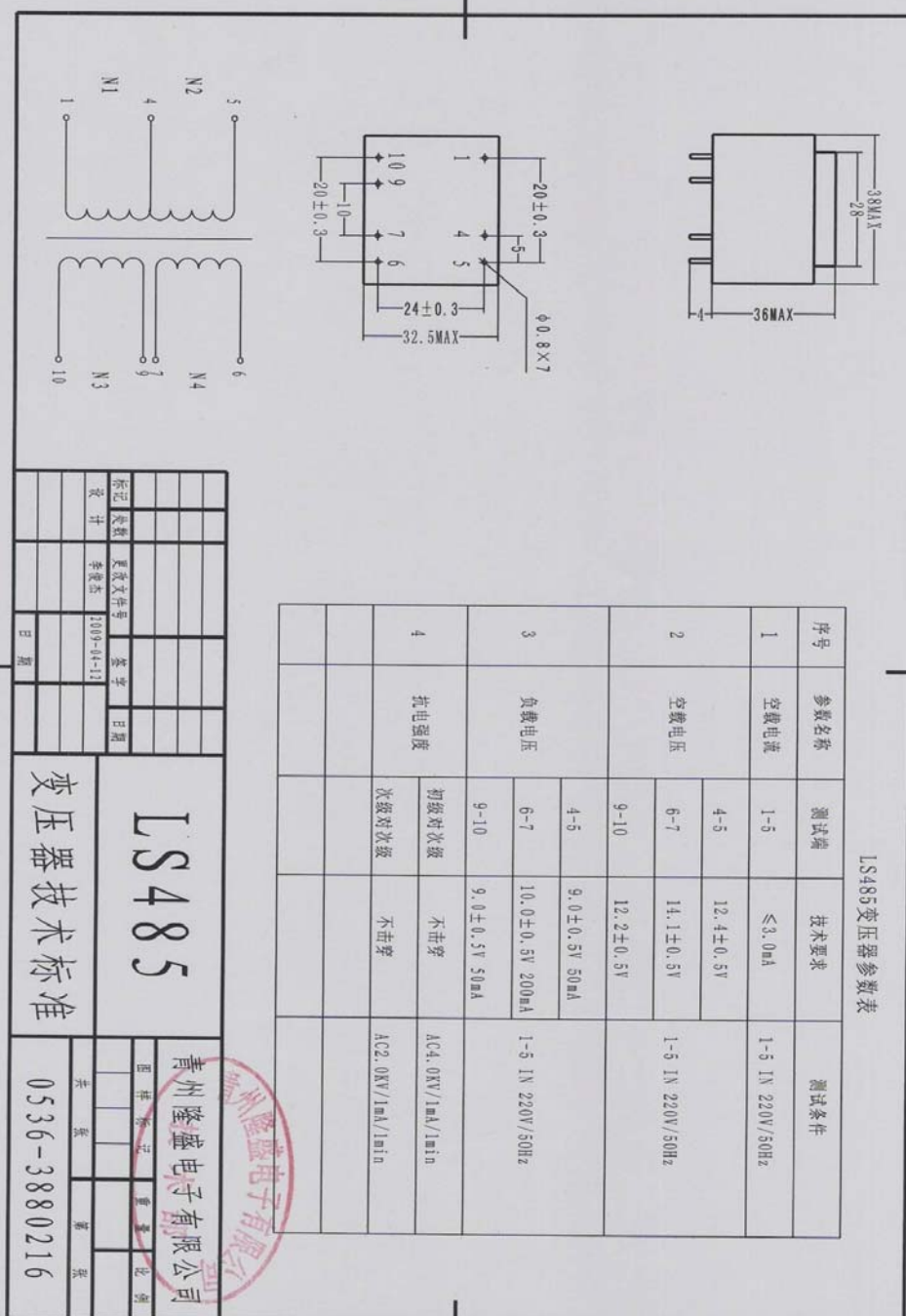
国网单相表变压器 DT-001 的详细参数：

请 确 认 书

产品名称	电源变压器	规格型号	DT-001	
一、外形尺寸：		二、电原理图：		
				
三、电气参数：(此产品为电表用电源变压器，专为青岛东软电脑技术电子有限公司设计)				
序号	项目	测试端	技术要求	测试条件
1	空载电流	1~5	≤3.0mA	220Vac/50Hz
2	空载电压	1~2	11.5±0.5V	220Vac/50Hz
		6~7	12.0±0.5V	
		9~10	12.0±0.5V	
3	负载电压	1~2	9.0±0.5V	30mA
		6~7	9.0±0.5V	130mA
		9~10	9.0±0.5V	100mA
4	抗电强度	N1、N2 对 N3、N4	施加 AC4.0KV 无异常	1mA、1min
		N3 对 N4	施加 AC2.0KV 无异常	1mA、1min
5	外 观	产品外表面光亮、清洁、无机械损伤，引出端子光滑、端正，名牌清晰、牢固。		
6	可靠性	变压器 1-5 脚输入 420V/50HZ 交流电压 4 小时不损坏。		
加 工 方	青州市鸿润电子有限公司		定 作 方	青岛东软电脑技术电子有限公司
拟 制	王 常 静 2009.12.21		确 认	
批 准	杨 光 锋 2009.12.21			

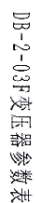
说明：a) 1-2 端为计量部分的电源；
b) 6-7 端为 RS485 和载波部分的电源；
c) 9-10 端为 MCU 及其他部分的电源。

国网 I 型和 II 型 RS485 采集器所用变压器 LS485 的详细参数:



- a) 4-5 端空闲没用到;
- b) 6-7 端为载波和 MCU 部分的电源;
- c) 9-10 端为 RS485 部分的电源。

国网集中器所用变压器 DB-2-03F 的详细参数:



c) 9-10 端为系统部分电源。

附录四：

A102 磁环的特性：

■ Material Characteristics (6)

	Symbol	Unit	Measuring Conditions			High Permeability Materials			
			Freq.	Flux den.	Temp.	A10	A102	A121	A151
Initial Permeability	μ_i				25°C	10000 ± 30%	10000 ± 30%	12000 ± 30%	15000 ± 30%
Relative Loss factor	$\tan \delta / \mu_i$	10 ⁻⁴	10kHz	< 0.25mT	25°C	< 10	< 10	< 10	< 10
			100kHz		25°C	< 60	< 60	< 60	< 110
Saturation Flux Density	B _{ms}	mT	10kHz	H = 1200A/m	25°C	410	380	380	400
					100°C	210	180	180	170
Remanence	B _{rm}	mT	10kHz	H = 1200A/m	25°C	140	95	130	220
					100°C	110	75	110	100
Temperature Factor of Permeability	αF	10 ⁻⁴ /°C	10kHz	< 0.25mT	0 - 20°C	0 ~ 1.5	-1 ~ 1	0 ~ 1.5	-1 ~ 1
					20 - 70°C	-0.5 ~ 1	-1 ~ 1	-0.5 ~ 1	-1 ~ 1
Hysteresis Material Constant	ηB	10 ⁻⁴ /mT	10kHz	1.5-3.0mT	25°C	< 0.5	< 1	< 0.5	< 0.5
Disaccommodation Factor	D*	10 ⁻⁴	10kHz	< 0.25mT	25°C	< 2	< 2	< 2	< 2
Curie Temperature	T _c	°C				130	120	110	110
Resistivity	ρ	Ωm				0.15	0.15	0.12	0.10
Density	d	g/cm ³				4.90	4.90	4.90	5.00

Remark: A102: Best impedance, and permeability v. s. frequency performance for 10,000 μ_i materials.

Note: Material characteristics are typical for a toroid core.

Product specification will differ from these data due to the influence of geometry and size.

附录五：

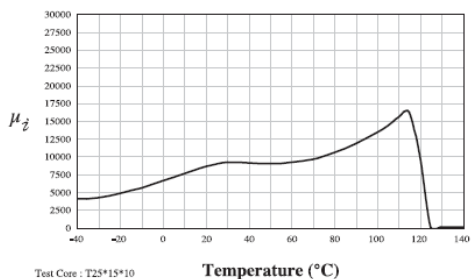
A102 磁环的特性曲线：



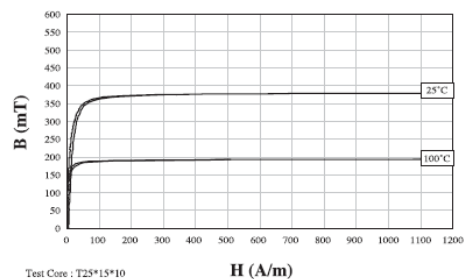
27

Material Characteristics-A102

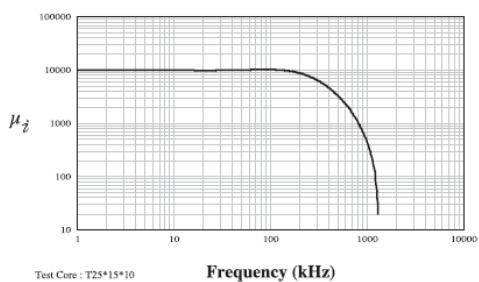
Initial Permeability V.S. Temperature



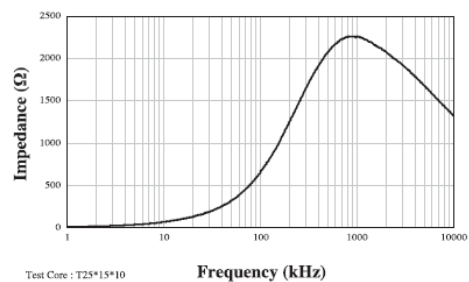
Saturation Flux Density V.S. Magnetic Field



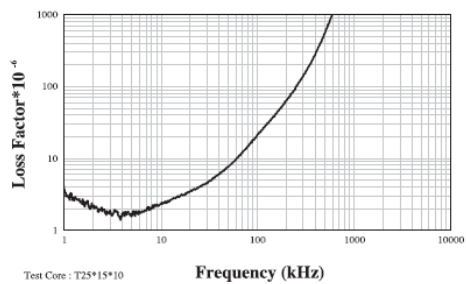
Initial Permeability V.S. Frequency



Impedance V.S. Frequency



Loss Factor V.S. Frequency



常见问题汇总:

1、安规电容可否采用 0.22uF/(275VAC、300VAC、305VAC、310VAC)、0.15uF/(275VAC、300VAC、305VAC)、0.1uF/(275VAC、300VAC、305VAC、310VAC)?

答: 理论上这个电容的容量越大越好, 但会带来其他的问题, 比如尺寸加大、价格增加、布板困难等, 所以在满足要求的前提下, 折中选择了 0.15uF, 而且电容加大会加大电表的输入电容 (50Hz 下), 有些对容性负载敏感的校表台在加电时会出现电压报警, 造成无法校表;

0.15uF/275VAC 在电压正常的情况下也可以使用, 但考虑到接地故障试验、两倍 U_n 试验和在现场接错线等情况, 尽量选择额定电压离 440VAC 接近的, 通过我们多次试验, 发现 300V、305VAC、310VAC 的还是比较安全的, 所以建议选择 0.15uF/(310VAC、305VAC、300VAC);

0.1uF/(300VAC、305VAC、310VAC)也可以用, 但容抗较 0.15uF 略大, 通信效果可能会差一点, 而且电表的使用寿命也会短一点。

2、安规电容可否到电子市场任意采购?

答: 不建议这样做, 因为这是电力用产品, 对元器件的要求比较高, 尤其是寿命和稳定性, 而电子市场的很多产品性能都是无法保证的, 所以不建议这样做;

建议选择 VISHAY、OKAYA、优普等信誉度高的厂家生产的产品。

3、500uH/1:1 磁环可否自己定制?

答: 目前经过我们测试通过的只有越峰电子材料股份有限公司 (<http://www.acme-ferrite.com.tw>) 生产的型号为 A102、A10、A121 的磁芯, 尺寸为 10*6*5 (即外径 10 毫米, 孔径 6 毫米, 厚度 5 毫米), 三种材料中性能最好的当属 A102, 其次是 A121, 最后是 A10, 所以定制此 500uH/1:1 的磁环建议指定使用 A102 的磁芯, 两个绕组各绕 17 圈, 在 270kHz/0.1V 条件下测试电感量在 700uH~2000uH 之间。

4、集中器用的 1mH/1:1 的磁环可否用 500uH/1:1 的代替?

答: 不可以, 原因是 500uH/1:1 的信号耦合变压器采用的是漆包线绕制, 绝缘强度只有 2.8kV, 达不到 4kV 的要求, 而且换成 500uH/1:1 的磁环后接收性能会有所下降, 因为在集中器端追求的是三相噪声的隔离, 当电感量越大时, 感抗也就越大, 对噪声的隔离越好, 但具体要大到什么程度没有定义, 所以不可以。

5、关于 500uH/1:1、1mH/1:1 的磁环, 为什么有的线路板上是 1 和 4 是同名端, 有的是 1 和 6 是同名端? 应用起来有差别吗?

答: 两种应用方法都是可以的, 因为磁环在这里只起信号隔离作用, 没有用到同名端, 两种接法都是可以的。

但三相表和集中器的模块要求三个耦合变压器的同名端必须一致, 不能颠倒, 否则通信性能会大大降低!!!

6、当载波信号发送时, 两个 MOS 管在切换的过程中会有同时打开的情况, 瞬间会出现类似短路的情况, 关于这个问题有没有解决方法?

答: 这是 MOS 管电路中普遍存在的尖峰电路问题, 经过实际测试, 尖峰电

流所消耗的功率大约在 0.1 至 0.3 瓦之间。

在 MOS 管典型应用电路中对尖峰电流问题并没有作处理，比如 MOS 管的非门就是直接把 P 沟道和 N 沟道的漏极直接接在一起的。

为了提高这个电路的可靠性，可以通过增加两个 12Ω 电阻来削弱尖峰电流，从而使整个载波通信电路更加稳定。

7、集中器和三相表模块中，稳压二极管 SS12 可否用 1N4148 替代？

答：可以。

8、进过 1N4733 后的电源可否再增加滤波电容？

答：不可以，电路设计中已经有一颗 0.1μF 电容，若加大该电容，或是再并联电容，在热插拔模块时会有很强的冲击电流，很容易把 1N4733 损坏。

9、对于功率控制部分的两个电阻 3k 和 15k，其阻值可否再调整？

答：可以，但不建议更改。

10、变压器整流后的滤波电容容量选择多大的？

答：建议容量不小于 470μF。

11、电路对变压器的最小要求是多少？

答：因为电路加入了功率控制，所以 9VAC/1.2VA 的变压器就可以让这个电路工作起来，但这样通信效果会降低很多，所以在保证通信效果的前提下，建议选择功率在 2VA 以上的变压器，空载电压大约 11VAC，负载电压大约 9VAC。

傅 涛

青岛东软载波科技股份有限公司

2011 年 5 月 28 日