

# 对 WS-400 焊机的硬件分析

许剑平

(福建建工集团总公司钢结构工程分公司, 福州 350001)

**摘 要:** WS-400 是基于 DSP、模糊控制、波形控制及自适应控制技术的全数字直流氩弧焊机, 具有直流氩弧和手工焊两种焊接方式。具有良好的焊接性能和稳定性。

**关键词:** WS-400; 逆变; 信号采集

## 序言

WS-400 是基于 DSP、模糊控制、波形控制及自适应控制技术的全数字直流氩弧焊机, 具有直

流氩弧和手工焊两种焊接方式。可广泛应用于除铝、镁及其合金以外各类金属的非熔化极氩弧焊, 及各类酸、碱性焊条的手工焊。该焊机可靠性高, 焊接性能优良, 电压可调范围宽, 操作简单。

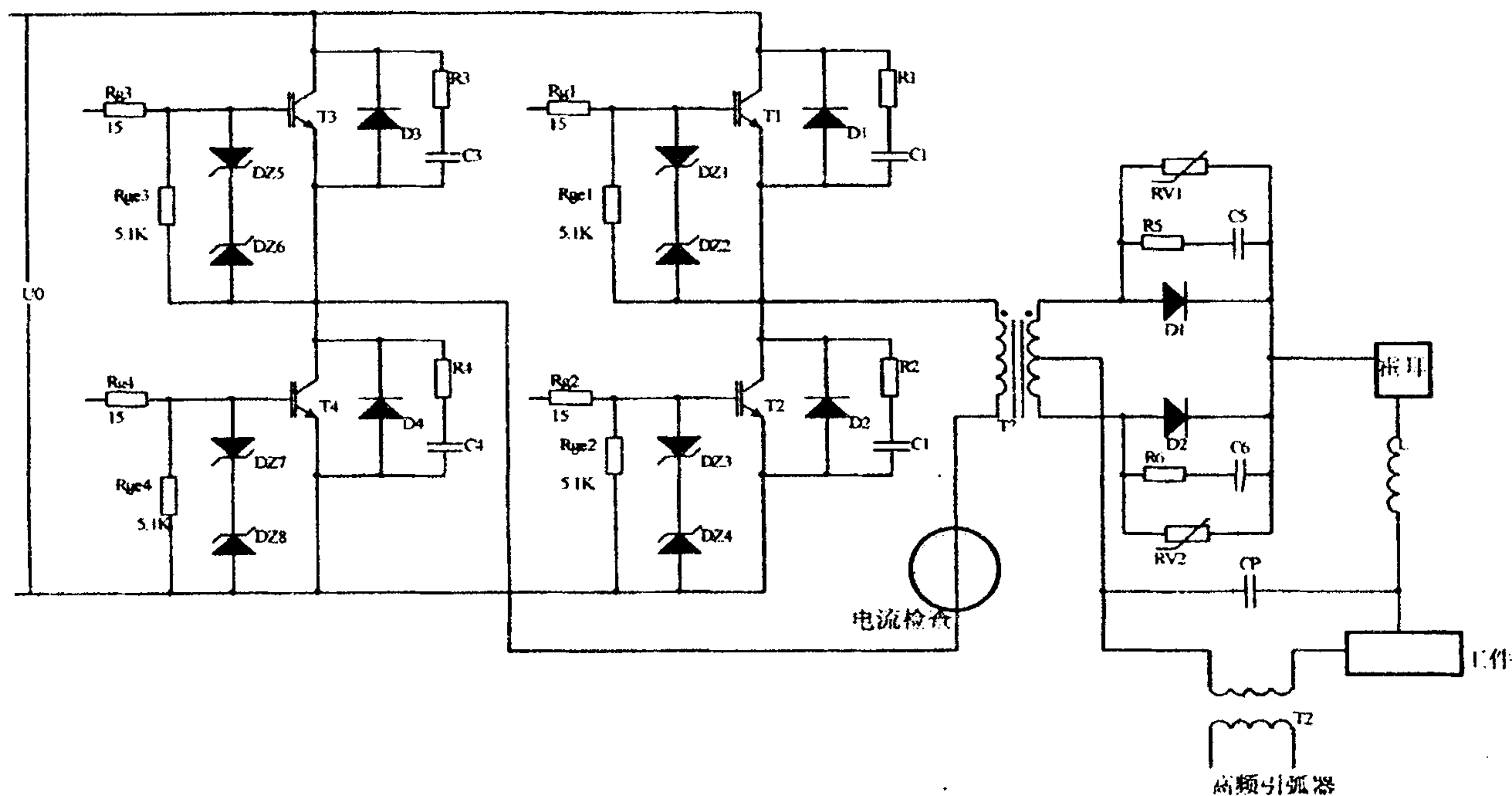


图 1 焊机整体框架

## 1 运行原理

图 1 是 WS-400 数控直流氩弧焊机的整体框架图。将整流和滤波后的三相电送给两组共四个 IGBT 进行高频逆变, 再进行降压转换, 得到中频低压大电流信号。经二次整流后进行焊接。可以看

出这是一种硬开关逆变焊机。

四个 IGBT 分成两组轮流导通, 并在变压器的原边感应出高频大电压小电流信号, 在变压器的副边获得高频低电压大电流信号, 并经二极管整流后送交工件进行焊接。该焊机采用高频引弧的方法。引弧时高频引弧器的副边产生高频电压信号, 加载

到工件上, 高频旁路电容的存在使得高频信号不会串入焊机的变压器, DSP 检测到引弧成功后关断高频, 开始正常的焊接。

## 2 信号采集

由于焊机工作在高频状态, 各种干扰因素比较复杂, 所以对电路中信号的正确采集就显得十分重要。

### 2.1 焊接电流的采集

副边电流的采集使用的是霍尔元件, 型号是 CHB-300S。

霍尔的工作原理: 被测电流  $I_n$  通过导体产生的磁场, 由通过霍尔元件输出信号控制的补偿电流  $I_m$  流过次级线圈产生的磁场补偿, 当原边与副边的磁场达到平衡是, 其补偿电流  $I_m$  就可以精确反应原边电流  $I_n$  值。这种霍尔元件测量频率范围可以达到 0~100KHZ。具体参数如表 1 所示。

表 1 CHB-300S 参数表

型 号	额定电流 $I_n$ (A)	测量范围 $I_p$ (A)	输出电流 $I_m$ (mA)	精度	匝数比	测量电阻 $R_L$	
						Min	Max
CHB-300S	300	500	150	0.5%	1: 2000	0	30

该焊机使用一个测量电阻  $R_L$  将电流信号转换为电压信号送给 DSP 进行 A/D 口转换。具体应用如图 2 所示。

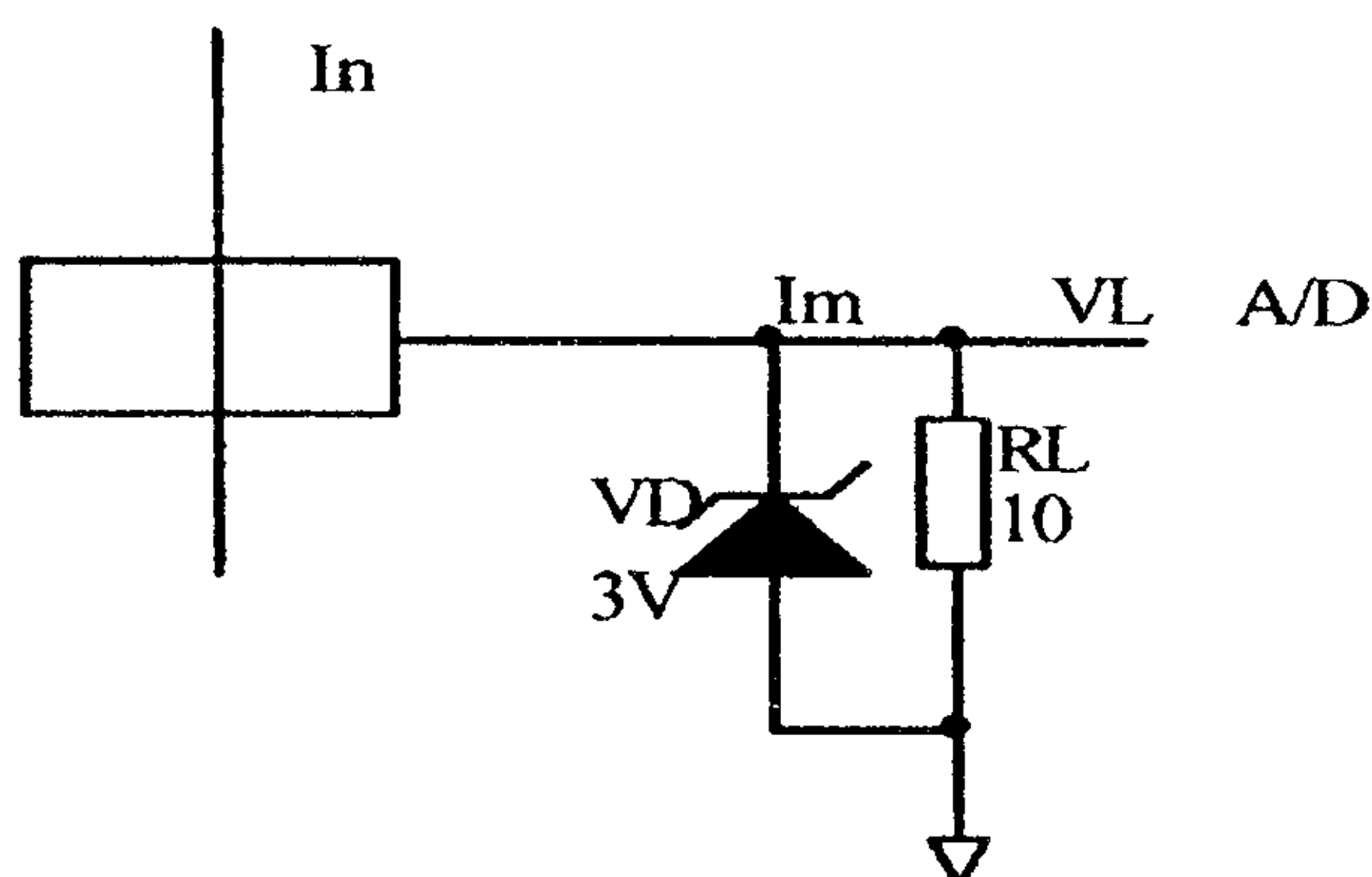


图 2 霍尔应用实例

CHB-300S 测量电流是 300A, 允许通过的最大电流是 500A, 当  $I_n$  大于 300A 时,  $I_m$  将维持在 150mA 不变, 此时霍尔失去作用。可以看出测量电流和输出电流之间满足霍尔的匝数比:

$$I_m = I_n / 2000.$$

由于 DSP 的工作电压是 3.3V, 所以测量电阻  $R_L$  必须满足以下条件:

$$R_L \times I_m \leq 3.3V,$$

这里选择了 10Ω 的  $R_L$ , 最大输出电压为 1.5V。为了保护 DSP, 可以在  $R_L$  上并联两个反向串联的稳压管。由于该焊机里  $I_n$  是经过整流后的直流电, 所以只需要并联一个 3V 的稳压管。

### 2.2 焊接电压的采集

为了及时采集焊接电压, 并根据电压值对焊接程序和焊接参数进行实时的调节, 焊接电压的采集就非常重要。焊接电压的采集主要分两部分: 信号的采集、信号的隔离。

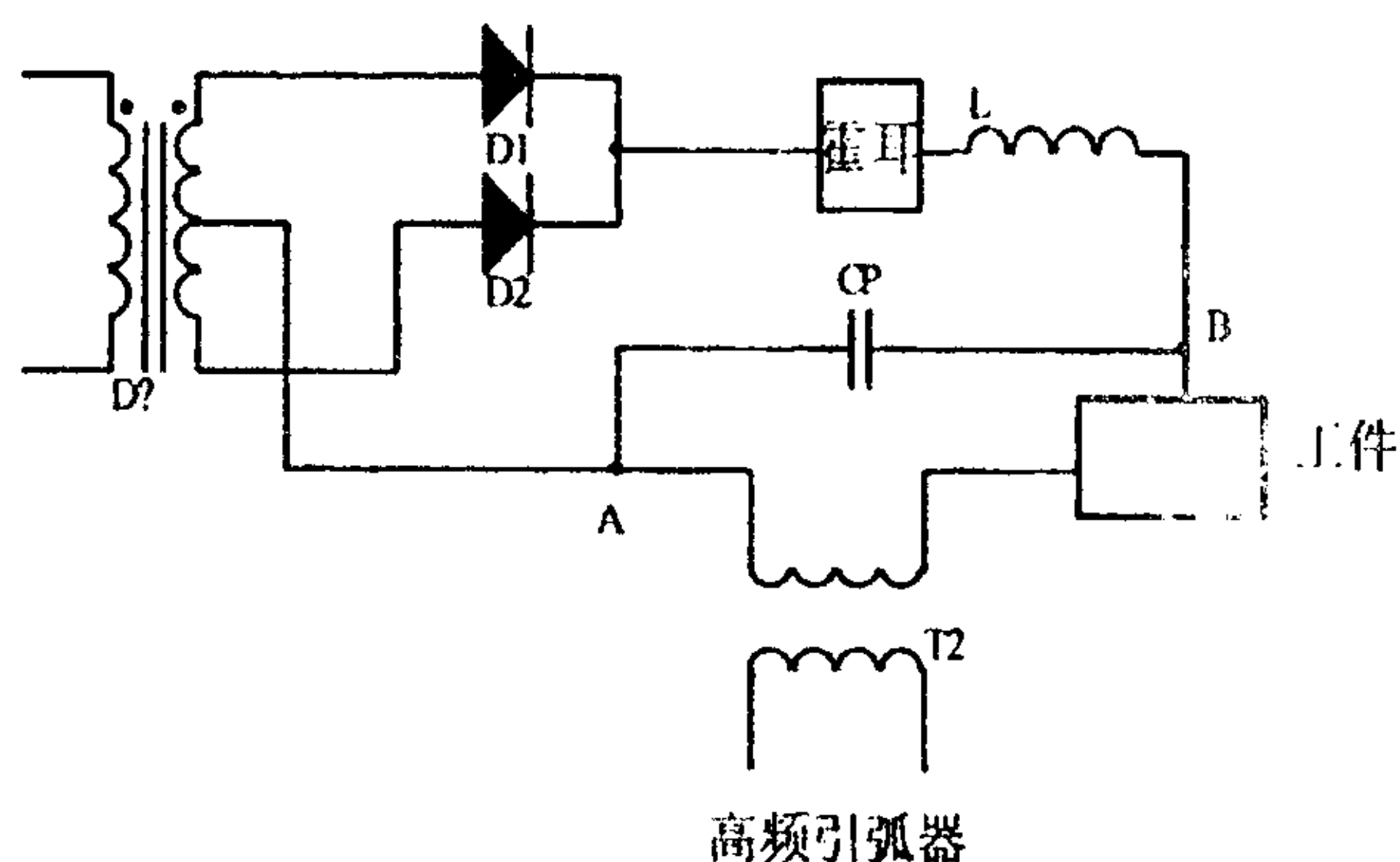


图 3 弧柱电压

由于该焊机采用高频引弧的方法, 所以必须准确的获取加在工件两端的电压信号, 以判断引弧是否成功。如图 3 所示, AB 两点之间的电压就是弧柱电压, 记为  $U_{ab}$ 。在引弧阶段,  $U_{ab}$  是变压器提供的直流电压和高频电压的叠加。所以必须设法将高频电压信号去除。加一个高频旁路电容  $C_p$  可以有效滤走高频, 同时可以防止高频信号串入焊接变压器。

正常情况下, 采集到的  $U_{ab}$  已经没有了高频信号, 但是万一旁路电容被击穿, 则输出的就是低

频高电压, 对人体和焊机都很有害。为此该焊机在 如图 4 所示。  
 $U_{ab}$  接入光耦前还串连了一个自耦合电感 T701,

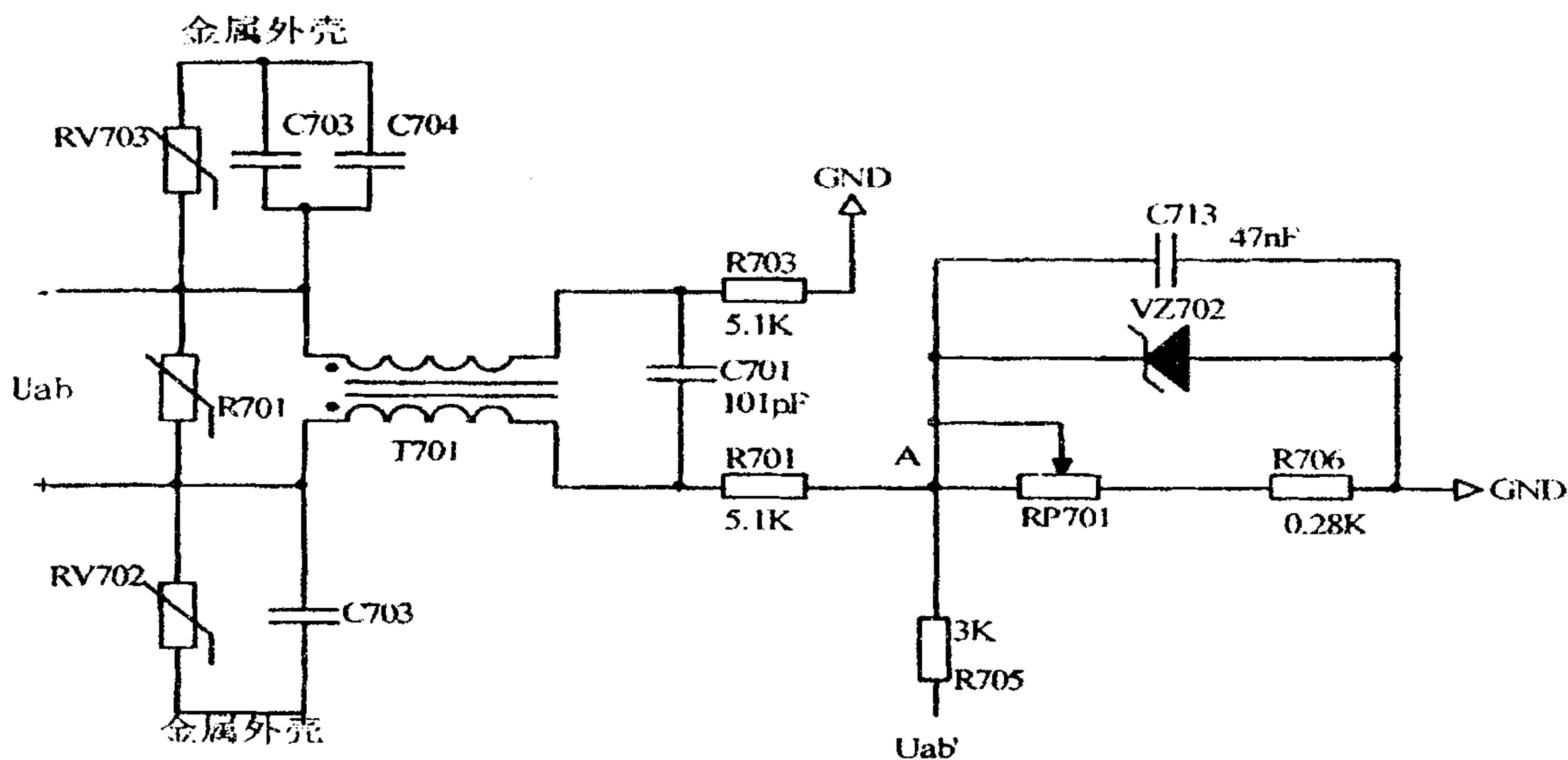


图 4 弧柱电压的处理

自耦电感实际上就是将一般变压器改变一下接法, 两组线圈反向串联, 独立工作。设两组线圈的电感分别是  $L_1$  和  $L_2$ ,  $L_1$  和  $L_2$  之间的互感是  $M$ , 则总的电感量  $L$  是

$$L = L_1 + L_2 - 2M.$$

由于两组线圈之间有较高的漏抗, 所以  $M$  值较小,  $L$  值相对较大, 可以获得好的滤波效果。经电容和电感滤波后的电压信号依然很大, 需使用电阻分压才能接到线性光耦上去。图中 A 点电压  $U_A$  和  $U_{ab}$  的关系可以通过 RP701 进行调节。

得到的  $U_A$  还是模拟量, 接入 DSP 前必须使

用线性光耦隔离。该焊机采用 SLC800 线性光耦, SLC800 由一个输入光电二极管、一个反馈接收光电管、一个输出接收光电管组成, 由输入光电二极管光耦合到输入反馈端、输出端两个光电管。其中一个光电管被用做输入伺服反馈, 经一个运算放大器反馈到 SLC800 的输入端, 这个光电管为伺服光电管; 而另一个光电管被用于输出电路, 也需要接一个运放。这种光耦工作性能稳定, 基本不受温度的影响, 线性度比较高, 实际接法如图 5 所示,  $U_f$  就是送给 DSP 进行 A/D 转换的电弧电压信号。

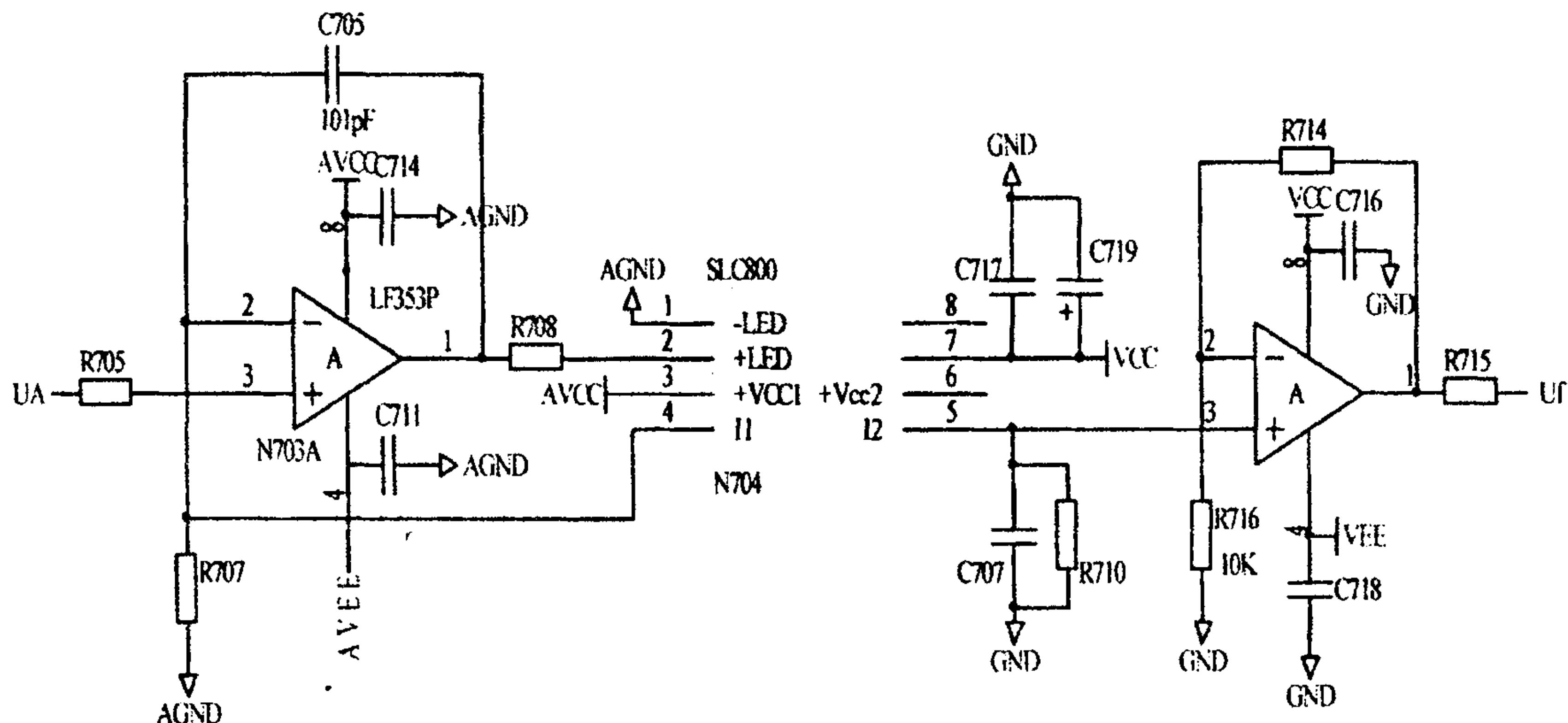


图 5 线性光耦的应用



经过以上设计,获得的电压信号  $U_i$  能很好的反映电弧电压。

### 2.3 过压欠压信号采集

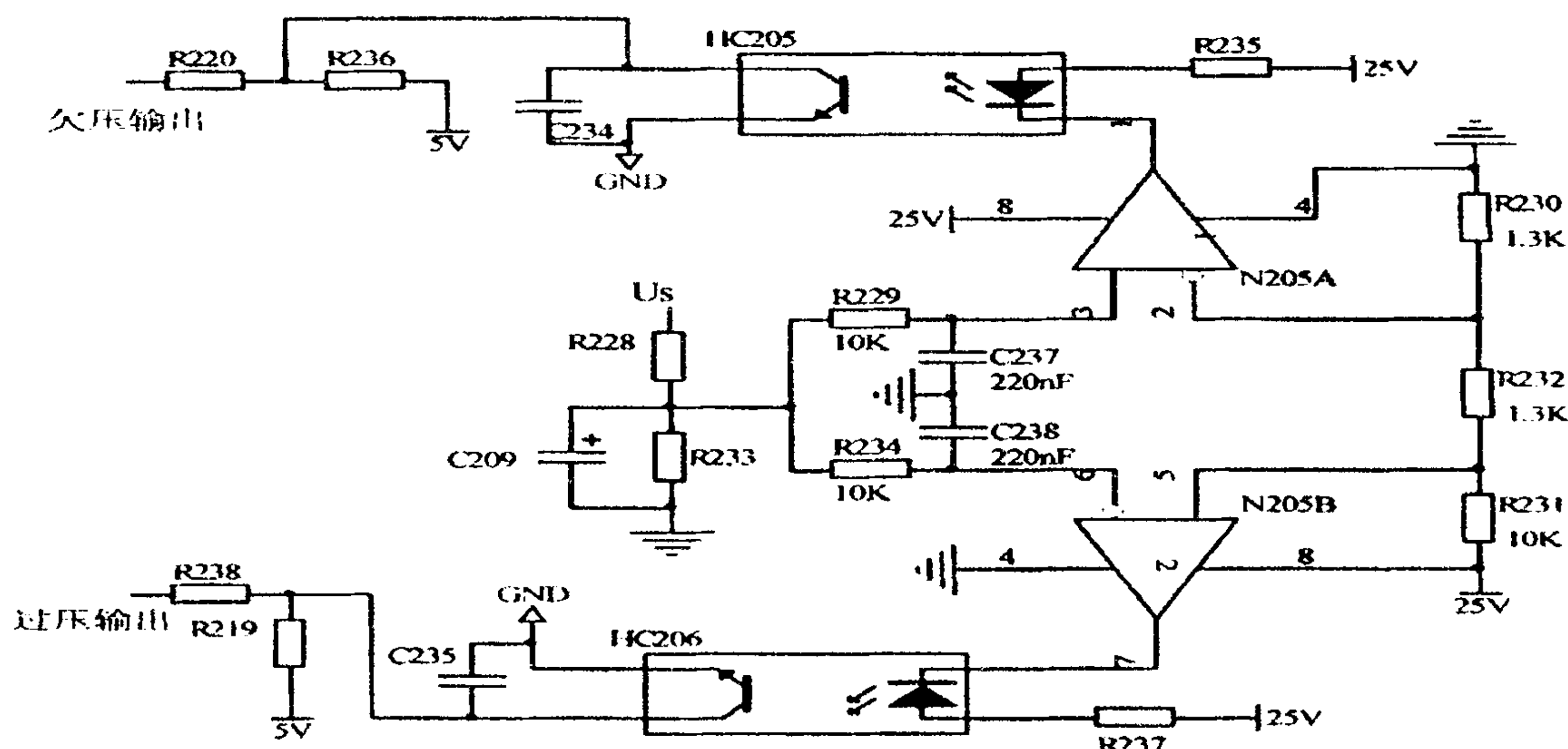


图 6 过压欠压信号采集

这部分主要是针对市电的波动进行的处理。市电发生波动,则会使整流得到的直流电也有较大波动影响焊机的正常运行,甚至会烧坏 IGBT。

如图 6 所示,  $U_s$  就是经整流后的市电电压。经电阻分压后分别接到两个比较器的正输入端和负输入端。正常电压时,两个电压信号端子都输出高电平。若电压过低,则比较器 N205A 输出低电压,并驱动光耦 HC205,最终输出低电平的欠压信号。同理和分析得到电压过高时会输出低电平过压信号。这里的光耦只需要一般速度的光耦,可以选用 P521。同时,为了防止干扰,可以在光耦的输出

端并联一个 310pF 的电容。

### 2.4 过电流信号采集

过电流会烧坏 IGBT,同时会使焊机的调节难度加大,为此,焊机必须及时采集原边电流。这里采用一个线圈套在原边线圈上,感应出电压值。

感应得到的电流信号先通过自耦电感滤波,然后加载到电阻上获得一个交变的电压信号。再经过整流后输入比较器的负端。正常情况下比较器输出高电平,当发生过流后输出低电平。具体电路见图 7。

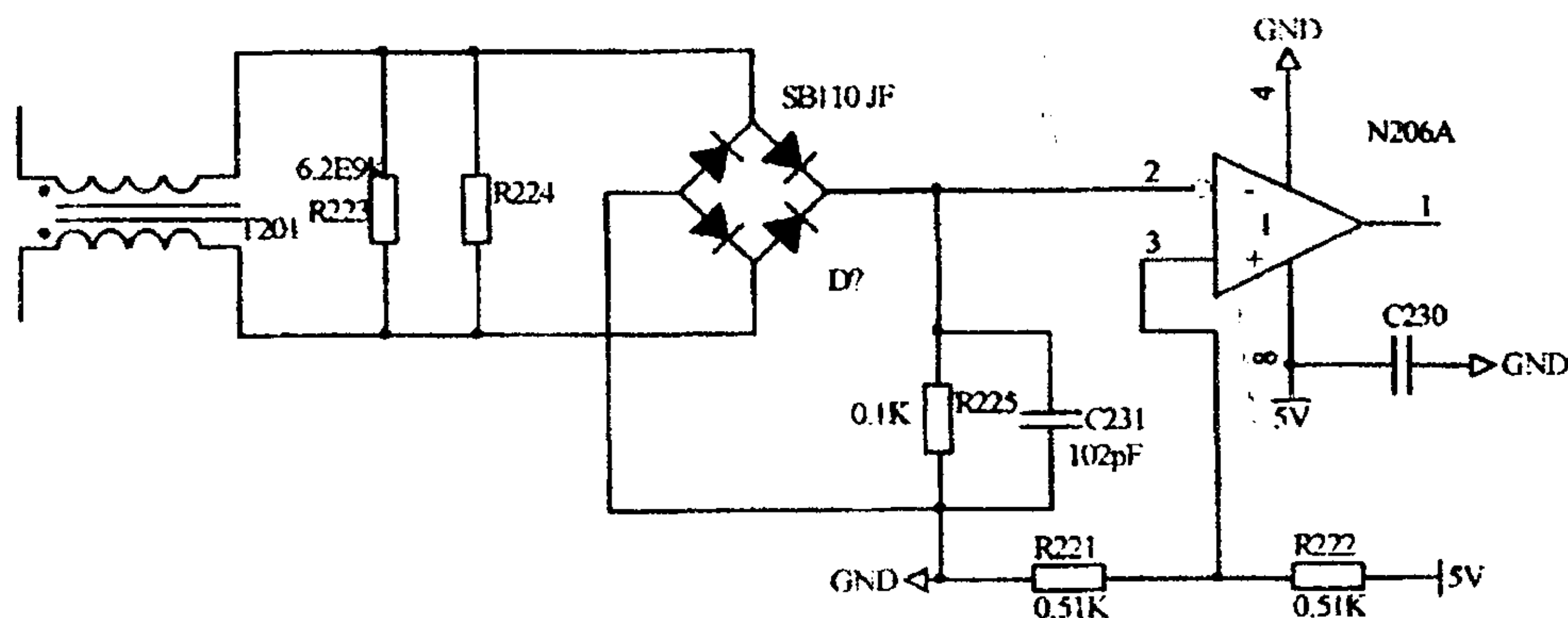


图 7 过电流采集

## 3 抗干扰设计

由于焊机工作在高频状态,这些高频信号很可

能对电路的正常运行产生误操作。

(下转第 49 页)

钛管手工钨极氩弧焊工艺参数

(主材: 工业纯钛 TA<sub>2</sub>)

管壁 mm		≤2	3-4
坡口	形式	I	I 或 60°V 型
	纯边 mm	-	1~1.5
角度	间隙 mm	0~1	0~1
焊	牌号	ERTa <sub>2</sub>	ERTa <sub>2</sub>
丝	直径 mm	Φ2	Φ2
	钨极直径 mm	Φ1.6	Φ2.0
	喷嘴孔径 mm	Φ12-16	Φ16-20
	焊接层次	1	2
	层间温度℃	≤200	≤200
	焊接电流 A	40-70	80-110
	焊接电压 V	10-12	12-14
	焊接速度 cm/mm	7.5-10	10-15
氩气流量	焊炬	8-12	12-15
L/min	管内	8-10	10-15

### 3 焊后质量检验

采用上述工艺钛管的焊接, 经断面宏观及低倍

金相检验, 在焊缝内部未发现气孔、裂纹等缺陷, 其微观无沿晶或穿晶裂纹溶合好, 对钛管做 0.5Mpa 的水压试验, 未泄漏。

(上接第 53 页)

所以该焊机在抗干扰上进行了精心的设计, 稳定性比较好。在弧柱电压的采集中使用了自感滤波和线性光耦隔离, 在手柄开关中使用了具有下降特性的变压器和光耦, 在电流采集中也用到了自耦电感, 每一个 IC 的电源附近都经过电容的滤波, 所有的模拟信号都经过了电容滤波, 使用压敏电阻和电容对强电流和大电压进行处理。

### 参考文献

- 1 谢云山, 石祥聪. SLC800 线性光电耦合器在隔离大功率中的应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2006, 2: 34-35.
- 2 倪国强. 电路基础[M]. 电子工业出版社, 2003, 1: 485-490.
- 3 王兆安, 黄俊. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 34-37.

### The Analysis of WS-400 Welding Machine

**Abstract:** WS-400 welding machine is a kind of all digitized DC TIG machine, which is based on DSP, fuzzy control, wave control and adaptive control. This machine has two welding styles of DC TIG and manual welding. It has good welding performance and stability.

**KEY WORDS:** WS-400 inverter signal acquisition