

逆变电阻点焊多参数单片机测试系统

摘要: 本文针对传统的点焊监测与控制系统参数单一的缺点,研制了一种点焊电压、电流实时检测系统。通过合理、简单、可靠的硬件电路及软件计算实现了对点焊电流、电极间电压、能量和焊接时间等参数的数据采集和处理。文中首先分别对测试系统的硬件、软件进行了介绍,然后对逆变电阻焊机的实验测试波形和数据进行了分析。实验结果表明,本系统能有效地对点焊过程中的多个参数进行快速、准确、有效地测量与处理,为进一步的点焊质量监测与控制研究打下了良好的基础。

关键词: 逆变电阻点焊 信号采集与处理 多参数 PIC18F6585

Abstract: For overcoming the insufficiency of the traditional Resistance Spot Welding (RSW) monitor or controller based on single parameter, a real-time current and voltage sampling and processing system was developed in this paper. Due to the more rational design on hardware and software, it can be used to detect the effective values of welding current and the voltage between electrodes, calculate output energy and accumulate welding time. The hardware and the software of the system are introduced in detail. The detecting data and curves are provided and analyzed for the experimental on resistance spot welding inverter. The test result indicated that the system can rapidly sample and process the current and voltage data during the spot welding in a more effective way. It can be a effective basis for the future study on controlling or monitoring RSW quality.

Keywords: Resistance spot welding inverter Signal sampling and processing
Multi-parameters PIC18F6585

0 引言

电阻点焊是一种大电流、短时间的焊接方法,广泛用于汽车、航空航天、电子等各个工业行业。电阻点焊应用的一个主要问题是质量保证问题,焊接过程中各种影响因素复杂,焊接质量不稳定。由于熔核的形成在工件内部,焊后的质量检验与判断相当困难。因此,点焊过程中信息的检测、焊接质量的监测与控制十分重要并受到广泛的重视^[1,2]。

目前点焊过程中所采用的质量监控技术大都采用单一的参数形式,单参数监控不能很好地保证焊接质量,为了准确的监测或控制焊接质量利用多个信息是一个很好的方法^[2]。作为监控的前提,信号采集和处理是必不可少的环节,信号采集的正确与否直接影响到监控系统的精度。此外,目前在多参数信号采集上的研究主要集中在交流点焊上,对逆变直流点焊缺乏研究,而且对交流点焊研究所获得的结果也不完善。而本文重点研究如何实现逆变点焊过程电流电压信号的快速采集和处理,作为逆变点焊多参数质量控制的技术基础。

与交流点焊过程相比较,逆变电阻点焊工作在中频状态,次级经整流成为直流输出,具有焊接时间更短、控制响应更加快速、次级输出为脉动直流等特征,要求检测与控制系统有更高的性能。过去对交流的多参数检测不适应于逆变直流,且有的系统基于PC机,不利于实际应用^[3,4]。本文研制了一种基于PIC18F6585、AD536等器件的逆变点焊电流、电极间电压、能量、焊接时间等多个参数的实时数据采集与处理系统,解决了传统测试系统参数单一、实时性较差、CPU占用率高的问题。

1 基于PIC的点焊采样测试系统硬件设计

1. 1 系统硬件设计

测试系统的硬件结构框图如图 1 所示。本系统包括信号采集和处理电路，PIC18F6585 控制芯片，LCD 显示并结合 8 键键盘作为人机界面，与 PC 机进行通信的 RS232 接口。

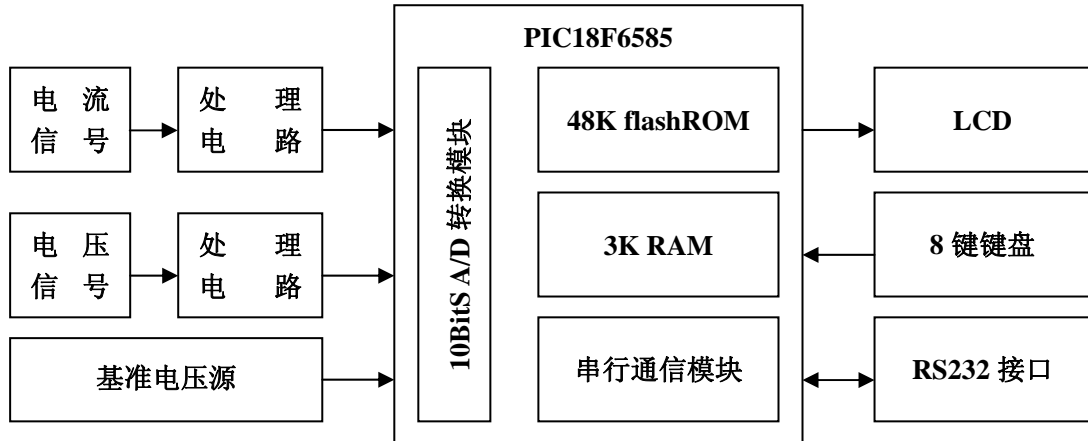


图 1 测试系统硬件结构框图

系统的工作原理如下：电压、电流信号分别由各自的传感器和取样电路取出，电压信号直接从焊机的上下电极之间测量，而初级电流信号则是通过霍尔电流传感器和采样电阻获取。采样后续电路对所获取的信号进行滤波放大后送至有效值转换芯片变换为有效值，然后再将有效值送入 PIC18F6585 主控制芯片进行 A/D 转换、计算和处理，结果通过 LCD 显示出来，同时可通过 RS232 接口将结果发送到 PC 机保存或作进一步的分析。在整个过程中，操作者可以通过键盘对该系统进行控制。

1. 2 有效值计算电路设计

在次级整流的逆变式点焊电源中，次级输出电流大，脉动小，因此测量逆变点焊焊接电流有其特殊性和困难性。目前，国内外测量有效值的方法有两大类，即数字法和模拟法。在数字法中包括导通角系数法，峰值角计算法和逐点积分法等。其共同特点是借助计算机对信号进行采样和计算。逐点积分法依据电流有效值的定义进行计算。优点是不存在原理误差，适用范围广。但采用逐点积分法计算逆变点焊焊接电流有效值对器件的性能指标有非常苛刻的要求，占用单片机较多的计算时间。而导通角系数法和峰值角算法均存在原理误差，且对功率因数角或导通角的范围有要求，当波形因数增大时，产生的误差也随之增大。在模拟法中包括按有效值刻度的平均值转换器和真有效值转换器。以平均值转换器制作的测量仪表，当被测波形不是纯正弦波时，就要产生可观的附加误差。采用真有效值转换器电路复杂、成本较高，但是自从美国 AD 公司推出的一种专门用于真有效值一直流转换的单片集成芯片 AD536A 后，这些问题得到了很好的解决。本系统就是采用该芯片来计算电流和电压有效值的。它的最大特点是能够实时测量各种交流信号的有效值，而不必考虑其波形参数及失真度的大小，这是传统平均值仪表所无法比拟的。它的性能与混合或模数器件相当甚至更优，但其价格却低得多。AD536A 可直接计算出任何包含直流的交流分量的复杂输入波形的真有效值，并将其转换成直流输出信号。AD536A 可广泛用于标准正弦波或非周期、非正弦且叠加直流电平的各种噪声及机械传感信号的精确测量。利用 AD536 进行有效值转换可以实时地获得焊接电流、电压的有效值，对逆变电阻焊非常有效，在保证测量精度的同时大大节省了 CPU 的占用率。实验证明，比较传统的电阻焊电流有效值检测方法^[4, 5]，精度和速度明显提高。

2 基于 PIC 的点焊采样测试系统软件设计

系统软件的主要功能有：对点焊过程中的电压、电流信号进行采样，数据的存储，计算点焊过程的电流和电压的有效值，计算能量，统计焊接时间，除此之外还要完成测试结果的显示，与 PC 的串行通信等功能。测试系统的软件流程如图 2 所示。

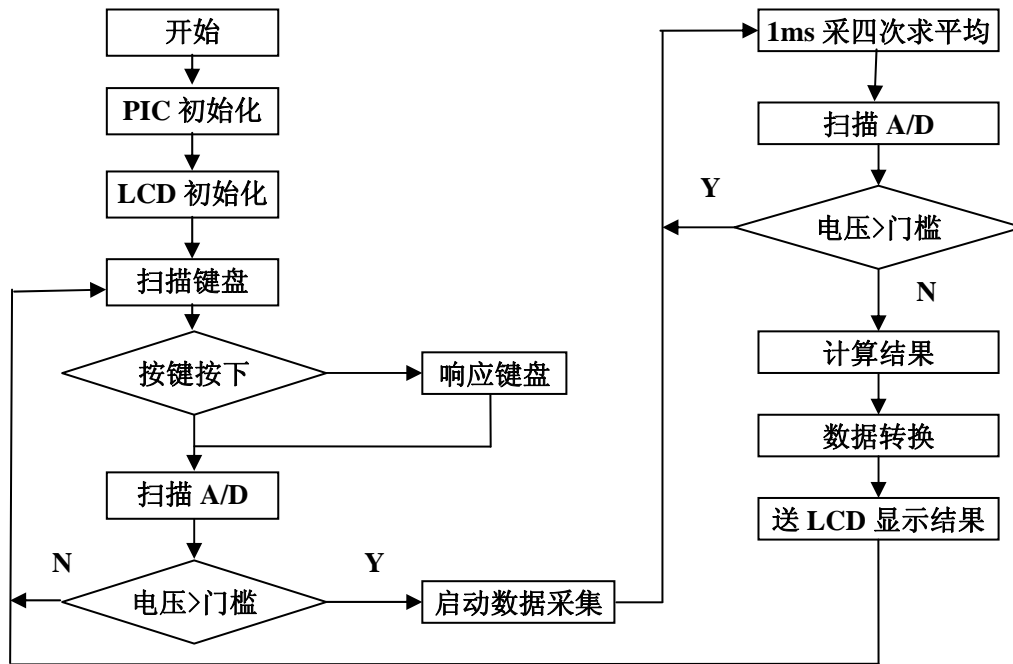


图 2 测试系统软件框图

系统软件的具体流程如下：系统初始化完成后进入不断扫描状态，检测键盘和信号通道。当有按键按下时响应键盘操作；当检测到启动信号上升时就进行数据的采集和处理。由于点焊回路呈电感性，焊接过程中电压信号总比电流信号超前一定的相位，因而在扫描信号通道的时候，本系统采用电压信号作为启动信号。系统根据每次扫描到的电压信号与阈值比较的结果来判断焊接过程是否开始。只要检测到电压信号上升达到阈值的时候，就认为焊接过程开始，调用数据采样和存储子程序，进入正式信号采样和数据记录。

数据采集与储存子程序负责完成整个焊接过程中的数据采集和储存。本测试系统有电压电流两路信号，而 PIC 单片机的 A/D 模块是分时复用的，因而不可能同时对两路信号进行转换，而实际上的做法是先转换电压信号，把结果保存下来，然后选择电流通道，对电流信号进行转换，也把结果保存下来。按逆变点焊工艺特点，焊接时间为毫秒级，所以本系统每一个毫秒记录一个测试结果。为了让每个毫秒里采到的结果比较准确，因而在一个毫秒里对电压和电流信号都采样四次，把结果累加后再求平均，作为这一毫秒里的测试结果。

点焊过程中的电压和电流信号经过有效值处理电路后的波形有上升，平缓 and 下降三个阶段。在数据采集时本系统是对波形的三部分分别进行不同的处理。焊接时间的计算是从信号开始上升的时刻开始，直到波形开始下降时结束。数据记录是从信号上升到阈值，直到信号下降到阈值以下为止。平均值计算是从波形平缓时开始算，直到波形下降之前，单独对波形的平缓段求平均值，算出平均有效值。为了实现上述对波形不同部分的数据进行不同处理，在数据采集的过程中加入了对波形的斜率判断，从而决定波形是上升还是下降。

除此以外相关的子程序还有：平均值计算子程序、数据转换及显示子程序，分别用于完成平均值的计算、测试结果转换成实际值并进行显示等操作；串行通讯子程序主要有两大功能：其一，根据 PC 送来的指令代码执行不同的功能程序，实现 PC 机通过串口对 PIC 进行

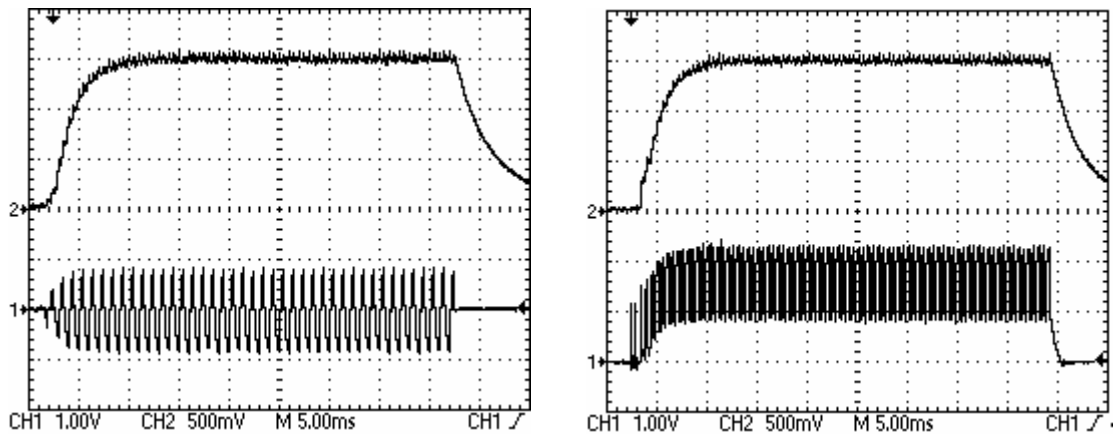
控制；其二，将存储在 RAM 中的测试结果发送到 PC 机上。

3 实验与结果分析

在完成了基本的软硬件调试后，利用 JYD-06AL/AT 逆变点焊机（三相，额定电流 6000A，工作频率 1kHz）进行了实际焊接测试，对测试系统所采用的测试方法以及系统的性能进行了考察。

3.1 信号检测电路输入输出波形对比

图 3a)所示为检测电路输入输出电流信号波形的对比；图 3b)为检测电路输入输出电压信号波形的对比。从波形可以看出：(1) 电流电压信号经过电流检测电路后已经转变为直流信号；(2) 检测电路的输出（经过有效值处理后的输出）是输入信号的有效值，输出波形是输入波形的包络，输出信号是跟随输入信号的变化而变化的，信号检测电路具有很好的实时性。(3) 输出信号波形有一个上升的过程，一方面主要是由于焊接刚开始的时候，信号的脉宽有一个递增的过程，计算成有效值后的值也相应递增，其次是由于 AD536 本身是半导体器件，上电时由于内部电路充电等的一些原因使得输出信号不能立即跟随输入信号变化。(4) 输出波形在输入信号撤走后还有一个较长时间的下降过程，这是由于 AD536 的电荷泄放较慢造成的。(5) AD536 的输出信号也不是平滑的波形，其上随原始信号的波动有很小的纹波干扰。(6) 经检测电路处理后的电流电压信号保持了良好的对应性。



a) 电流信号 (1-焊接电流 2-电流有效值) b) 电压信号 (1-电极间电压 2-电压有效值)

图 3 检测电路输入输出信号对比 (JYD-06AL/AT 脉宽设定 2.98 焊接时间 42ms)

3.2 系统性能验证

为了验证测试系统采样结果是否正确，实验过程中利用数字示波器测量了经过检测电路处理的有效值信号波形，同时利用测试系统所带的数据传送功能把同一次实验采集到的数据传送到 PC 机上，利用 Excel 的制图功能，把这些数据做成波形曲线图。通过示波器所测得的波形与用测量数据绘制的曲线图对比，以验证测试数据的正确性。

图 4a)是利用数字示波器测量到的电压、电流信号经过检测电路处理后输出的波形，也就是输入到 PIC 进行采样的信号波形；图 4b)是与之相对应的同一次焊接过程中由测试系统记录下来的数据绘制的曲线。从以上的波形对比可以看出：测试系统记录的波形能很好地跟随输入信号波形的变化而变化，这说明系统的数据采集功能可以很好地对输入信号进行采集和记录，而且系统地实时性也较好。

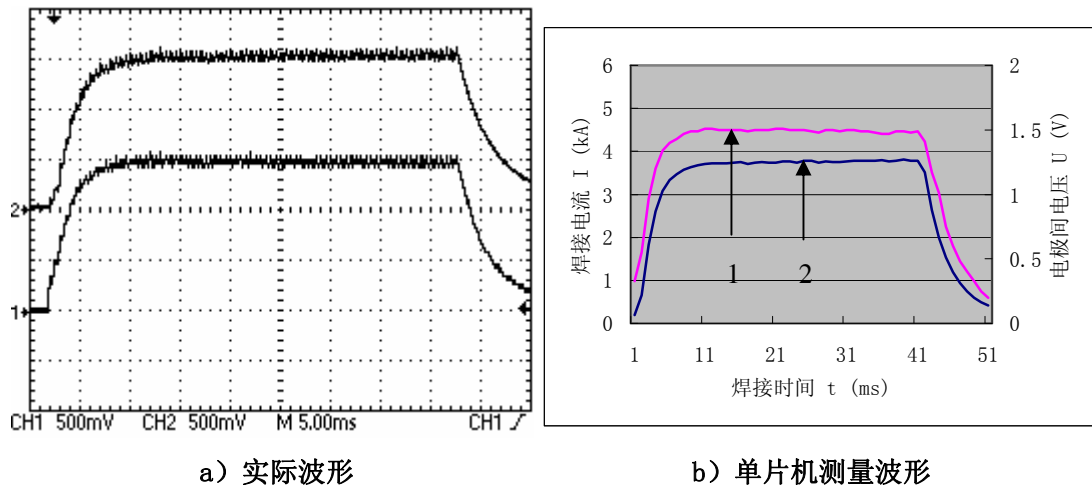


图 4 测试系统测量波形与原始波形对比
(JYD-06AL/AT 脉宽设定 2.98 焊接时间 42ms 1-电压有效值 2-电流有效值)

3. 3 对 JYD-06AL/AT 焊机的测试

实验过程中对 JYD-06AL/AT 逆变点焊机进行了较详细的测试实验，负载是厚度为 5mm 不锈钢片，焊接时间为 40ms 缓升时间 2ms。在带负载的情况下进行了测量，并将 MIYACHI 公司生产的 MM-315 型电流测试仪的测试结果和本系统的测量数据以进行对比。从表 1 的测试数据结果可以看出，由本系统计算出来的焊接时间符合设定值，而焊接电流测出来的数据跟电流仪测出来的数据虽然存在一定的误差（主要由于在初级测量造成），但还是保持了很好的跟随性。

表 1 对 JYD-06AL/AT 焊机在不同脉宽设定时的测量结果

焊机参数 脉宽设定	测试结果				
	电流测试仪		PIC 检测系统		
	电流测试仪 (kA)	时间 (S)	电流 (A)	电压 (V)	时间 (ms)
1.80	1.61	0.04	1387	0.92	42
	1.55	0.04	1337	0.95	42
2.40	2.32	0.04	2237	1.12	42
	2.50	0.04	2387	1.25	42
2.98	3.54	0.04	3425	1.56	42
	3.65	0.04	3537	1.47	42
3.60	4.77	0.04	5312	1.67	42
	4.68	0.04	5200	1.72	42

利用该系统还测试了短路条件下不同脉宽设定相对应的各种数据，测量了单相交流输入逆变电阻焊机 JYD-02 的数据。对单相交流逆变点焊，输出有明显的 100Hz 的波动。

各种实验表明，系统实现了电阻点焊多种参数的快速、可靠测试。系统进一步的工作包括实现次级直流大电流的直接检测，建立基于多参数的点焊质量监测模型并将系统开发为焊接监测设备，将测试方法用于反馈系统中构建多参数点焊质量实时控制系统等。

4 结论

- 1) 采用 PIC18F6585 微控制器 (MCU) 和有效值转换器件 AD536 构成的电阻焊测试系统电路简单、结构紧凑、响应速度快, 所设计的系统适合于电阻焊过程的短时间多参数的快速测量、显示和存储。
- 2) 对逆变电阻点焊过程的测试结果表明, 系统能够对焊接过程多个参数进行快速、准确、有效地测量与处理, 为进一步的点焊质量监测与控制打下了良好的基础。