

# 基于 Atmega8 的高频逆变电焊机控制系统设计

海 涛<sup>1</sup>, 幸 敏<sup>1, 2</sup>, 谌亮书<sup>1</sup>

(1. 广西大学 电气工程学院, 广西 南宁 530004; 2. 广西水利电力职业技术学院, 广西 南宁 530023)

**摘 要:** 介绍 Atmega8 单片机的主要性能和高频逆变电焊机的工作原理, 论述了以 Atmega8 为主控芯片的高频逆变电焊机控制系统的实现方案。

**关键词:** Atmega8; 高频逆变; PWM

**中图分类号:** TG434.3; TP368.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2007)05-0062-04

## The Control System Design of High Frequency Inverter Welder Based on Atmega8

Hai Tao<sup>1</sup>, Xing Min<sup>1, 2</sup>, Chen Liangshu<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 53004, China;

2. Guangxi Hydraulic and Electric Polytechnic, Nanning 530023, China)

**Abstract :** The main performance of Atmega8 microcomputer and the principles of high frequency inverter welder are introduced, and it describes the control system of high frequency inverter welder based on Atmega8.

**Key words :** Atmega8; high frequency inverter; PWM

当前我国使用较多的电焊机大多是工频交流电焊机, 其体积大, 能耗高, 负载持续率低。虽然它的制造维护简单, 成本低, 但不能适应碱性焊接, 且焊接电压、电流容易受到电网波动的干扰。与传统电焊机相比, 基于 Atmega8 的高频逆变电焊机具有高效节能、省材、轻巧, 动态特性和控制调节特性好, 加工量少等特点。<sup>[1]</sup>

## 1 Atmega8 单片机的主要性能

Atmega8 是一款采用低功耗互补性氧化金属半导体 (CMOS, Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 工艺生产的、基于 AVR RISC 结构的 8 位单片机, 其具有: 高性能、低功率的 8 位 AVR 微控制器, 先进的 RISC 精简指令集结构; 片内集成了较大容量的非易失性程序和数据存储器, 以及工作存储器; 丰富强大的外部接口; 输出的 PWM 频率可以通过计算公式得到。<sup>[2]</sup>

## 2 高频逆变电焊机主件分析

### 2.1 高频逆变电焊机的工作原理

逆变电焊机按开关器件来分有晶闸管式、晶体管式、场效应管式和绝缘栅双极晶体管 (IGBT 即 Insulated Gate Bipolar Transistor) 4 种类型。本文阐述的是以 IGBT 为开关元件的高频逆变电焊机, 其逆变器工作原理见图 1。

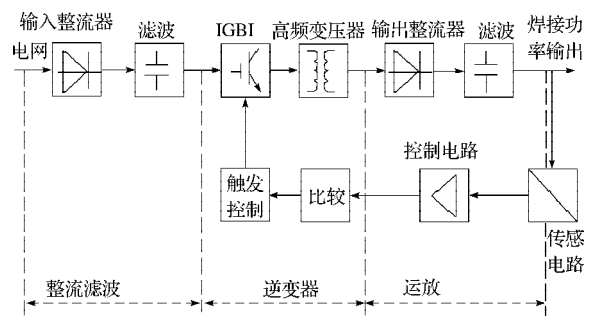


图 1 逆变器基本原理

Fig. 1 Basic principles of welding inverter

收稿日期: 2007-07-28

作者简介: 海 涛 (1963-), 男, 广西桂林人, 广西大学高级工程师, 硕士研究生导师, 主要研究方向为工业自动化及仪表检测。

电网 50/60 Hz 的交流网路电压经整流器整流 (AC-DC), 再经过滤波后, 借助大功率电子开关 (IGBT 管) 的交替开关作用, 又将直流变换成几千至几万 Hz 的高频交流电 (DC-AC), 再分别经高频变压器降压隔离、再整流滤波输出, 就得到所需的焊接电压和电流。

### 2.2 高频逆变电焊机主电路分析

高频逆变电焊机主电路工作原理如图 2。

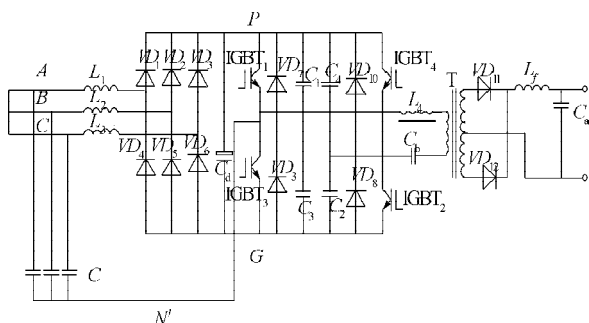


图 2 主电路结构图

Fig. 2 The main circuit structure

电路输入电源为三相三线制, 在此电路中, 桥式对边上的 2 只开关管 IGBT<sub>1</sub>、IGBT<sub>2</sub> 或 IGBT<sub>3</sub>、IGBT<sub>4</sub> 是同时导通和关断的。当驱动脉冲信号轮流驱动 IGBT<sub>1</sub>、IGBT<sub>2</sub> 或 IGBT<sub>3</sub>、IGBT<sub>4</sub> 时, 将输入整流滤波电路产生的直流电压转换为 50 kHz 的交流方波送至高频变压器 T, 经降压整流滤波后输出, 得到较平稳的直流电压 U, 完成逆变过程。

电路利用三相输入电容 C 虚拟一个中性点 N' 连接到逆变器超前臂桥臂 2 个开关管 IGBT<sub>1</sub>、IGBT<sub>3</sub> 的中点, 在开关管 IGBT<sub>1</sub> 或者 IGBT<sub>3</sub> 导通时为输入电感构成储能的回路。

### 2.3 逆变器工作过程

全桥逆变器采用移相控制方式, 各开关管导通时序如图 3 所示。<sup>[3]</sup>

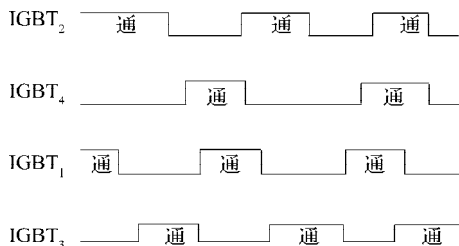


图 3 各开关管控制脉冲时序波形

Fig. 3 The switch control pulse waveform timing

开关管 IGBT<sub>1</sub>、IGBT<sub>2</sub> 共同导通期间, 可饱和电感 L<sub>4</sub> 饱和, 相当于短路, 电源向负载输出功率; 开关管 IGBT<sub>1</sub> 先关断 (由于开关管并联缓冲电容 C<sub>1</sub>, IGBT<sub>1</sub> 为零电压关断), 变压器一次侧电流对电容 C<sub>1</sub> 充电、C<sub>3</sub> 放电, 当电容 C<sub>3</sub> 放电到零, VD<sub>9</sub> 自然导通, 之后完成

IGBT<sub>3</sub> 的零电压开通; 一次侧电流经 IGBT<sub>2</sub>、VD<sub>9</sub> 续流, 并在谐振电容 C<sub>b</sub> 的作用下迅速下降, 当下降至可饱和电感 L<sub>4</sub> 的临界饱和电流时, 可饱和电感退出饱和, 阻止一次倒电流反向, 在此阶段关断 IGBT<sub>2</sub>, 即为零电流关断; 由于可饱和电感 L<sub>4</sub> 还没有退出饱和, 使得延迟一定时间 (滞后臂死区时间) 零电流开通 IGBT<sub>4</sub>; 开关管 IGBT<sub>3</sub>、IGBT<sub>4</sub> 共同导通, 可饱和电感饱和, 电源向负载输出功率, 之后, 进入下半周期, 运行模式与上面所述相似。

电焊机要能正常工作, 还必须对开关器件 IGBT 进行驱动, 由于是全桥逆变, 故 4 个 IGBT 管的开关可以通过对 Atmega8 单片机编程产生脉宽调制信号 (PWM) 来进行控制。

## 3 高频逆变电焊机控制系统设计

### 3.1 控制系统设计

本设计是利用 Atmega8 的控制系统和电流电压负反馈对 IGBT 功率系统进行闭环控制, 来获得不同的外特性曲线形状, 并通过电流传感器、电压传感器, 将焊机的电流、电压反馈到单片机, 而单片机通过接收到的电流、电压判断电焊机是否正常工作, 如果焊机电压、电流过大或者过小, 则 CPU 调整对 IGBT 触发的占空比, 对其进行脉宽调制。4 个 IGBT 开关管的占空比变化, 必然导致输出电压的改变, 其闭环控制系统方框图如图 4 所示。

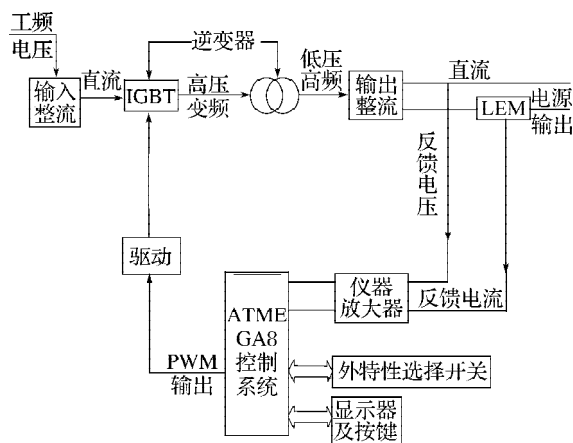


图 4 闭环控制系统结构图

Fig. 4 The closed-loop control system structure

弧焊逆变器的单片机控制主要实现如下功能:

#### 1) 外特性控制

通过不同的算法, 可获得恒流特性、恒压特性、斜率不同的其他外特性和恒定输出功率特性的任意控制, 以满足各种弧焊方法和场合的需要;

#### 2) 动特性控制

借助于运放 PI 调节器组成的电子电抗器, 对焊接

过程的短路电流上升率  $\frac{di_d}{dt}$  进行控制, 从而得到  $\frac{di_d}{dt}$  的优化范围, 使熔滴有节奏地过渡, 减小飞溅;

### 3) 预置主要参数

根据不同焊丝直径、保护气体成分进行预置焊接参数, 再现记忆, 监控各组焊接参数, 根据不同需要变换参数;

### 4) 实现键盘调节功能

根据输出电弧电压、电流和温度不同, 通过键盘模块实现对 IGBT 占空比的调节;

### 5) 对焊接电流波形的控制

通过软件设计, 可以获得各种适合焊接的脉冲电流波形、脉冲频率、脉冲电流、基值电流、脉冲宽度、占空比及脉冲前后沿斜率的任意控制, 以便对电弧功率实现精确控制;

### 6) 对焊接工艺程序和焊接故障的控制

如电流的递增和衰减, 在焊接过程中可能产生的粘丝、灭弧、过点流等的故障进行诊断和报警。

开关管的控制信号可由 PWM 技术产生。所谓 PWM 即脉冲宽度调制技术, 就是在周期不变的条件下, 将输入电压转变成一定脉宽的方波, 使 IGBT 的控制从原来的相位控制中摆脱出来, 技术性能和可靠性得到明显提高。整个微机系统的 PWM 波的程序框图如图 5 所示。

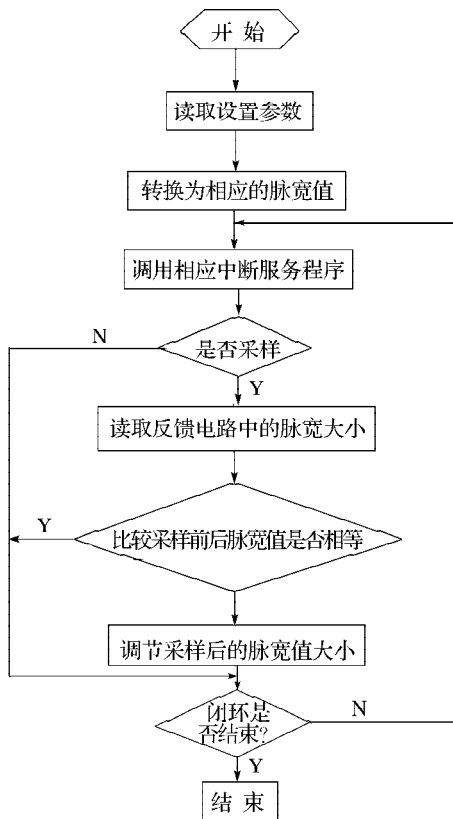


图 5 脉宽控制程序框图

Fig. 5 PWM control procedures diagram

## 3.2 软件设计

### 3.2.1 主程序

系统上电复位, 初始化之后首先延时, 等主电路上电冲击消失之后, IGBT 开关管导通脉宽由小逐渐增大, 缓慢建立空载电压, 这就是软启动, 然后系统处于空载状态。

引弧判断: 当负载电压小于 10 V, 同时负载电流大于 40 A 时, 系统处于短路引弧阶段。

焊接阶段: 恒流特性段, 采用电流负反馈控制, 调用 PI 控制子程序;

外拖特性段: 采用电流、电压负反馈控制, 调用 PI 控制子程序。当电弧电流  $I_h < 40$  A 时, 则表明要熄弧。

熄弧阶段: 减小 IGBT 导通脉宽, 直至电流为零, 然后再软启动焊机, 处于空载状态。主程序流程图如图 6 所示。

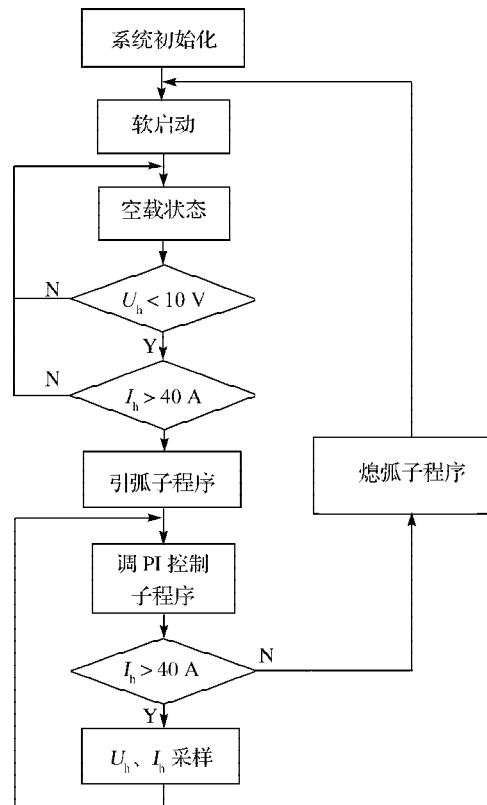


图 6 主程序流程图

Fig. 6 Flow chart of the main program

单片机复位后进入主程序, 其主要功能有:

1) 开始各个引脚的初始化, 设定输入和输出; 其次是对中断初始化, 设置软件定时器中断; 然后对计算和存储单元进行初始化。

2) 延时等待系统上电复位所需要的稳定时间。

3) 设置看门狗监视定时器及溢出标志、软件定时中断及定时值, 然后等待中断, 其中看门狗监视定时器的溢出标志用以在定时器溢出时不对计算和存储单

元重新初始化, 以保留原数据, 使控制连续化。控制系统软件由主程序、PWM 输出子程序、PID 调节子程序、数字滤波子程序、定时显示中断子程序、故障中断子程序以及其它中断服务子程序组成。

### 3.2.2 软件定时器中断服务子程序

软件定时器中断服务子程序流程图见图 7。通过它调用各个功能子程序, 实现对焊接参数的优化匹配和焊接过程的程序控制。CPU 响应中断后, 首先设置看门狗监视定时器和软件定时器中断, 再调用采样子程序和 A/D 转换子程序, 然后调用数显子程序。

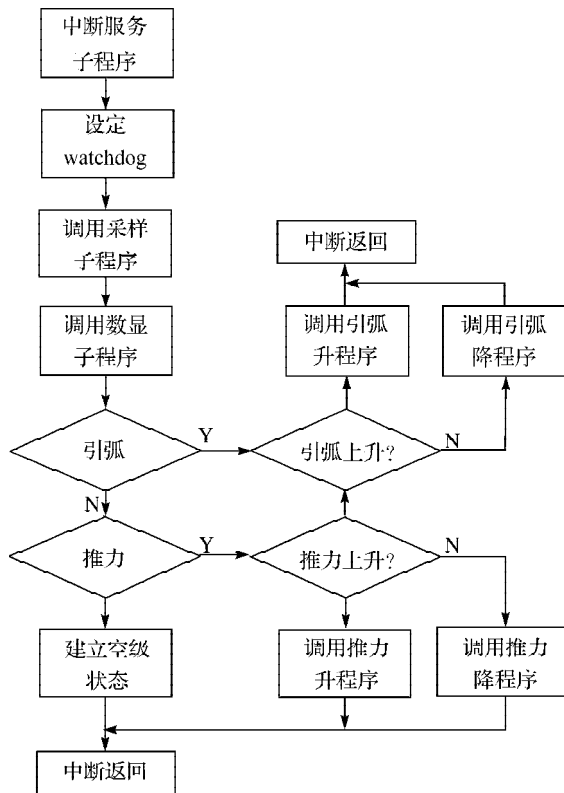


图 7 软件定时器中断服务子程序

Fig. 7 Software timer interrupt service subroutine

空载时, 电流显示的是焊接电流给定值, 电压显示的是空载电压值; 焊接时, 电压显示的是电弧电压值, 电流显示的是焊接电流实际值。通过对外部中断的响应, 可判断收弧的有无、引弧电流的大小, 调用相应的子程序<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

在对传统电焊机研究的基础上引入单片机控制, 对电焊机输出电流、电压进行测量并反馈到单片机, 通过单片机系统对开关器件 IGBT 进行控制, 调节其开关顺序和脉冲宽度, 合理设置 IGBT 脉宽死区, 保证其不被烧坏。通过单片机还可以检测其外特性, 加上键盘, 显示器, 可以组成可视化的人机界面。

### 参考文献:

- [1] 黄石生. 逆变理论与弧焊逆变器[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [2] 马 潮, 詹卫前, 耿 德. ATmega8 原理及应用手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [3] 张 滨, 王克争, 龙光华. 提高 IGBT 逆变焊机性能的研究[J]. 研究与设计, 2001 (7): 3-5.
- [4] 韦 鲲, 魏继昆, 李春旭. 80C552 单片机控制 IGBT 逆变焊机的研究[J]. 甘肃工业大学学报, 1993 (3): 11-14.
- [5] 马廷卫, 赖喜德, 马廷星, 等. 单片机控制的 IGBT 逆变焊机的研究[J]. 机械工程与自动化, 2005 (6): 9-11.
- [6] 李鹤岐, 吴 荣, 路 广. 单片机控制的 IGBT 逆变埋弧焊机设计[J]. 电焊机, 2004, 34 (10): 1-5.
- [7] 张 涛, 桂卫华, 王随平. 数字控制多功能 IGBT 逆变器焊机的研究[J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27 (7): 1397-1401.
- [8] 邓 文, 万金保. 逆变焊机中电容的选用经验[J]. 电焊机, 2004 (12): 12-13.