

基于 dsPIC30F 的脉冲氙灯驱动系统的设计

作者：肖站、国海峰

单位：哈尔滨工业大学

引言

随着计算机、机械、电子技术的发展，道路检测车使得大规模、快速、准确地获取道路使用信息成为可能。检测车上的摄像系统按摄像速度分为普通摄像机、高速摄像机和数码摄像机，其中高速摄像机主要用于对路面的裂缝、坑槽等破坏状况进行图像采集。然而在使用高速摄像机时，大多数检测车采用的是持续照射的光源。由于光源的强度较低，在实际使用时往往需要增加曝光时间来达到高质量的图像数据。因此，提高照射的光源强度可以提高图像数据的质量。而脉冲氙灯就能解决光亮度与伴随热量的矛盾。它放电时发出强烈的光，但闪光持续时间很短，所以热量影响较小。由于瞬时光能量大，图像的层次还原较好[1]。

为了延长脉冲氙灯的寿命，提高光电转换效率，必须研制出适合脉冲氙灯的驱动系统。本文设计了满足脉冲氙灯工作时的起辉、预燃和高压放电三个阶段的驱动系统。脉冲氙灯驱动系统采用 Microchip dsPIC30F 为主控芯片。该芯片是一款将单片机与 DSP 技术相结合的高性能 16 位数字信号控制器，综合了单片机（MCU）的控制功能和集成了多种外设的优点，以及数字信号处理器（DSP）的计算能力和数据处理吞吐能力[2]。此外，它在异常事件处理、软件开发环境等方面也表现出强大的性能[3]。由于 dsPIC30F 芯片的内部资源丰富，基于 dsPIC30F 平台开发的脉冲氙灯驱动系统需要的外设很少，不但系统的抗干扰性和可靠性能够满足脉冲氙灯在各种环境下运行的要求，而且可以提高系统的灵活性，缩短开发时间，降低开发成本。

驱动系统的硬件设计

驱动系统在脉冲氙灯起辉时能够提供足够的输入电压(约 5kV)使其发生辉光放电，在预燃及高压放电时能够提供稳定的预燃电流(约 100mA)及高压放电电压(1~3kV)。本系统驱动四组并联的脉冲氙灯，以 dsPIC30F4011 芯片为核心，硬件结构图如图 1 所示，主要由 dsPIC30F 控制电路、高压充放电电路、预燃电路、高压起辉电路，面板输出显示及计算机通信接口构成。

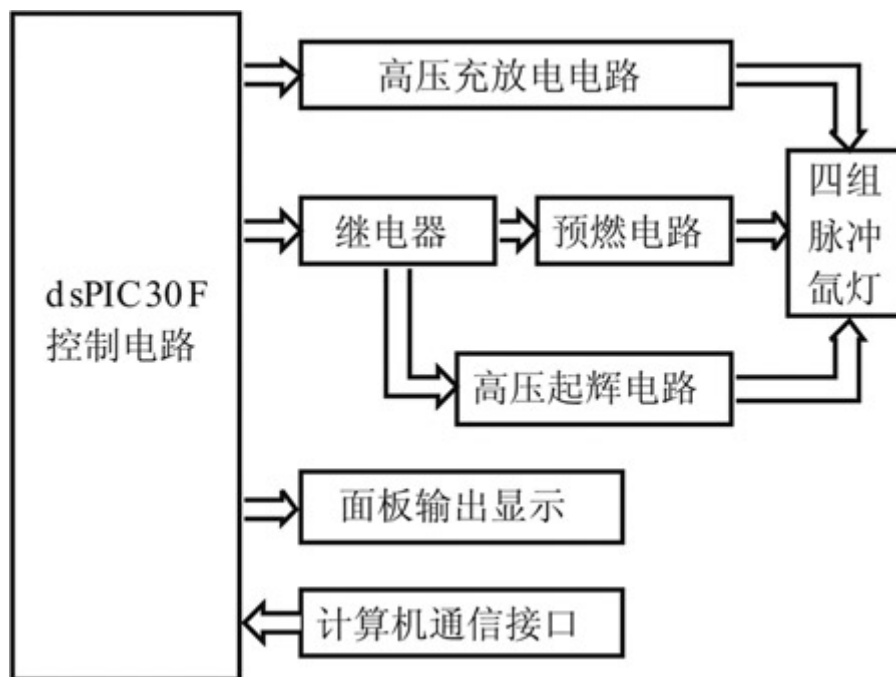


图 1 脉冲氙灯驱动系统硬件结构图

dsPIC30F 控制电路

dsPIC30F 控制电路以 dsPIC30F4011 为主控芯片，主要实现脉冲氙灯工作时起辉、预燃和高压放电三个阶段时对相应电路的工作进行调节，以及对检测和保护信号进行处理和面板显示。控制电路上电进行主电控制，将 220V/AC 输入电压接入到驱动系统的主回路，包括高压充放电电路、预燃电路和高压起辉电路。然后通过功率变换，即可输出脉冲氙灯工作时三个阶段所需要的电压。

起辉时，控制电路使常闭触点继电器断开，高压起辉电路工作，发生辉光放电；起辉后，继电器闭合，高压起辉电路停止工作，预燃电路开始工作，输出脉冲氙灯预燃工作时的维持电流；此后，脉冲氙灯的等效电阻逐渐达到稳态并保持恒定，由辉光放电过渡到弧光放电。

脉冲氙灯被预燃成功后，高压充放电电路开始工作，控制电路下降沿同步触发信号控制高压充放电电路中的功率开关器件 IGBT 对充放电电容进行充电。电容充电完成后，控制电路触发可控硅导通使充放电电容放电，脉冲氙灯产生弧光频闪现象。触发信号分为内触发和外触发，内触发信号主要用于脉冲氙灯正常工作前的调试，一般频率较低，由 dsPIC30F4011 内部的定时器 1 输出 10Hz 且负脉冲为 0.2ms 的内触发信号；外触发信号来自于正常工作时的高速摄像机的同

步信号，频率到达 30kHz，由 dsPIC30F4011 的输入捕捉功能产生同步信号来控制高压充放电电路。高压充放电电路的输出高压则通过高压大小给定输入调节，由 dsPIC30F4011 内部的 10 位 A/D 转换模块采集高压大小给定输入的模拟量，然后根据采集的数据输出高压大小给定值，从而可调节高压充放电电路输出 1~3kV 的高电压。同时，dsPIC30F4011 根据检测到的信号在面板上显示各种状态及处理各种故障，从而使系统工作稳定可靠。

本系统可以通过计算机通信接口进行远程控制，由 dsPIC30F4011 的串口通信接口实现启动停止，内外触发、高压放充电调节及各种信号指示，从而可完全脱离对装置的手动操作。

起辉预燃电路

起辉预燃电路的原理如图 2 所示，主电路由高频推挽变换器、高频变压器、高压启辉电路、UC3825 控制电路、dsPIC30F 控制电路、预燃检测电路以及、输入输出整流滤波电路构成。交流 220V 输入电压通过变压器隔离，整流滤波后作为推挽变换器的输入，推挽变换器将输入电压变换成高频交流脉冲电压，通过高频变压器完成电压匹配和高频隔离功能[4]；经过输出整流滤波环节后，dsPIC30F4011 根据预燃检测电路检测到的电流信号控制继电器输出预燃电压和高压起辉电压。UC3825 控制电路由高速 PWM 控制器 UC3825 及外围电路组成，根据推挽变换主电路反馈的电流信号，为开关器件提供 PWM 驱动。

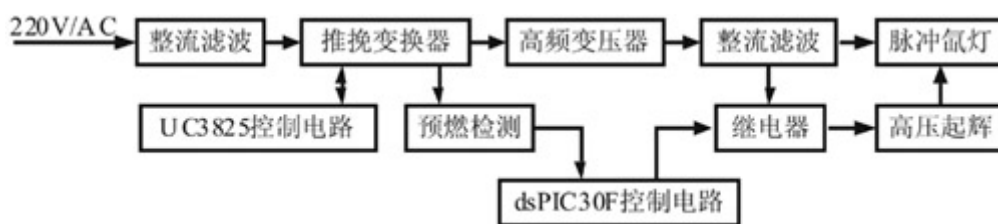


图 2 起辉预燃电路原理框图

高压充放电电路

高压充放电电路的原理如图 3 所示，主电路由 IGBT 组成的全桥变换器、电容充放电电路、UCC3895 控制电路、dsPIC30F 控制电路、过流保护、放电检测及输入输出整流滤波电路构成。交流电 220V 输入经过二极管全桥整流后由电容高压滤波，全桥变换器将输入电压变换成高频交流脉冲电压，通过高频变压器

完成电压匹配和高频隔离功能，然后经过输出整流给充放电电容充电。电容充电完成后，dsPIC30F4011 触发可控硅 VT1 控制电容通过脉冲氙灯放电，产生弧光频闪。同时 dsPIC30F 控制电路根据过流保护及放电检测的信号封锁 IGBT 及处理故障。

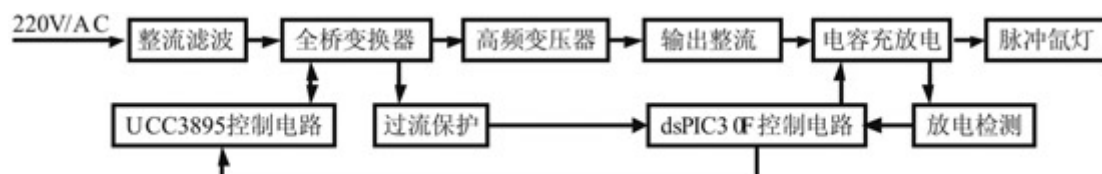


图 3 高压充放电电路原理框图

驱动系统的软件设计

驱动系统的软件主要由主程序和子程序模块组成。主程序流程图如图 4 所示，主程序主要完成远程通信控制和手动控制的人机接口服务、面板显示及故障处理。远程通信控制和手动控制时的程序流程基本一样，如图 5 所示，只是远程通信控制时是由单片机的串行通信完成计算机对单片机的指令传输的。子程序模块包括输入捕捉中断、Timer1 定时中断、A/D 转换和处理子程序、高压给定输出子程序和串口通信子程序。

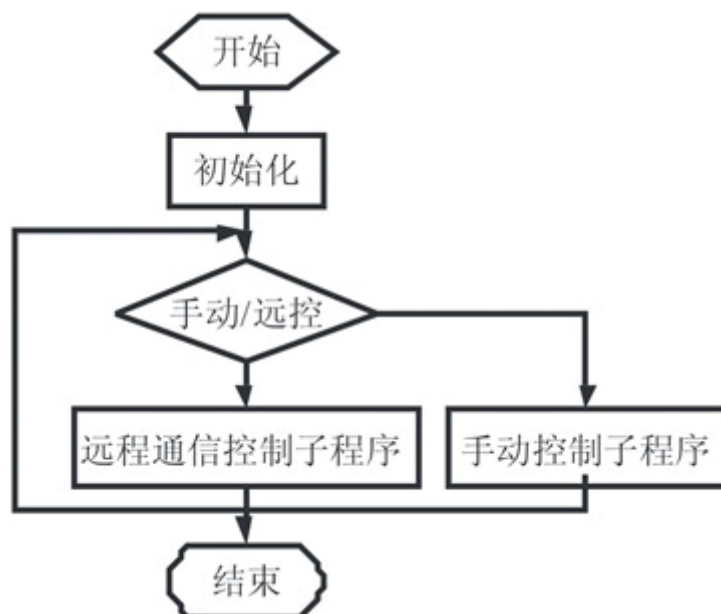


图 4 主程序流程图

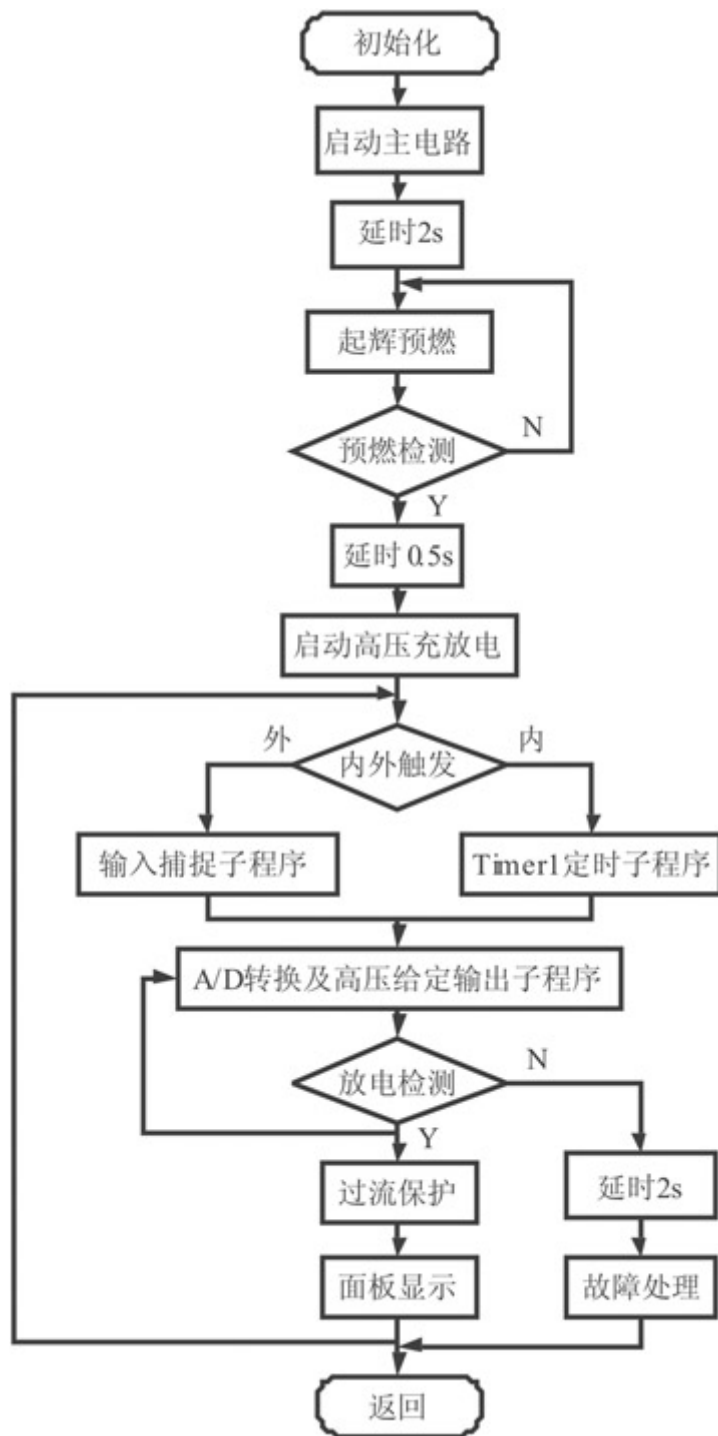


图 5 手动/远程通信控制程序流程图

dsPIC30F4011 具备许多允许器件与外界交换信息的外设，其中包括定时器、输入捕捉模块、10 位 A/D 转换器及串口通信的 UART 模块，并由 6 路占空比随时更新的 PWM 输出[5]。

输入捕捉中断子程序主要是检测输入捕捉引脚上的输入电平的每个下降沿并产生中断，输出同步触发信号及 IGBT 封锁信号，同时中断标志位被硬件置 1，每次进入输入捕捉中断后需对中断标志位软件清零。另外，一次中断完成后需对输入捕捉控制寄存器清零复位，然后再重新配置参数，初始化输入捕捉功能。

Timer1 定时中断子程序主要是通过设定 Timer1 定时器每延时 0.1s 产生一次中断，同时中断标志位被硬件置 1，由此产生 10Hz 且负脉宽为 0.2ms 的同步触发信号及 IGBT 封锁信号。每次进入 Timer1 定时中断后需对中断标志位软件清零。

A/D 转换采用 Timer3 定时器定时，每 10ms 自动转换的模式，即 $ADCON1 = 0x0044$ ；采用扫描输入的方式，每 16 个采样点后发生中断，即 $ADCON2 = 0x043C$ 。本系统使用了 2 路通道扫描输入，一次转换后，每路通道的信号都采集了 8 个采样点，然后通过求平均值处理，减少了外界对数据的干扰，增强了数据的可靠性。

高压给定输出子程序主要是利用 dsPIC30F4011 内部的 PWM 发生器根据给定输入的模拟量装载相应的占空比，从而输出对应不同高压的给定值。配置 PWM 信号为独立输出模式 $PWMCON1 = 0x0101$ ，运行在自由模式 $PTCON = 0x8040$ ，并设定时间基值周期 $PTPER = 0x7FFF$ 。

串口中断设定为最高中断优先级，使能接收中断，禁止发送中断。波特率发生器的值由公式 $U2BRG = FCY / (16 \times \text{波特率}) - 1$ 计算得到，其中 FCY 为指令周期时钟频率，波特率选择 9600bps，通过接收器和发送器进行数据传输。

结语

本文提出的基于 dsPIC30F4011 高性能数字信号控制器的脉冲氙灯驱动系统充分利用了 dsPIC30F4011 高性能数字信号控制器的内部资源，提高了驱动系统的运行速度，而且简化了电路设计，缩短了开发时间，降低了开发成本，提高了驱动的可靠性和抗干扰性。按照此方案研制的高速摄影闪光灯已经成功调试并安装运行于道路检测车。实际的调试和运行表明，此驱动系统运行可靠稳定、抗干扰能力强、体积小，成本低，能驱动多种型号的脉冲氙灯。

参考文献

-
- [1] 胡力群、沙爱民、袁文豪. 多功能道路检测车在道路养护管理中的应用[J], 筑路机械与施工机械化, 2000, 11(2): 5~8
- [2] 李鑫、陈梅、储昭碧. 基于 dsPIC30F 的电力设备诊断平台的研究[J], 微计算机信息, 2005, 21(2): 79~81
- [3] 唐妙然、苗世洪、刘沛. 基于 dsPIC30F 处理器的一种新型保护装置平台的研究[J], 继电器, 2006, 34(4): 10~13
- [4] 陈道炼编著. DC-AC 逆变技术及其应用[M], 北京: 机械工业出版社, 2003
- [5] dsPIC30F Family Reference Manual[Z], Microchip Technology Inc, 2004