

基于单片机 MSP430 的相位控制及设计

陈古波

(重庆工学院电工电子技术实验中心, 重庆 400050)

摘要: 结合电力系统对相位测试的需要, 介绍用 MSP430 单片机产生多路可控制相位的正弦信号来模拟测试继电保护的实际行动, 具有可控性好, 操作性强。该设计已经应用于实际的测试系统, 反应良好, 具有较好的应用前景。

关键词: 相位; 正弦波; MSP430F1612; 在线编程; 局限; 继电保护

工业社会的持续发展, 离不开稳定可靠的电力供应, 因而, 对设备的检测调试就显得极为重要。以往检测电力设备, 多数采用模拟装置产生正弦信号去调试, 极为不便, 可控性不强, 操作比较繁琐, 无法实现自动化测试, 精度也不能满足要求。基于单片机 MSP430 的相位控制及设计, 采用数字式的方式产生多相正弦信号, 保证了输出的可控性, 操作简单, 完全实现了自动化测试功能。

1 相位的描述

我们知道正弦函数的表达式为 $y = A \sin(\omega t + \theta)$, 由该函数表达式可以得知正弦函数与初始相位有关。对单相信号而言, 由于不存在相位差, 初始相位显得并不重要, 所以相位控制主要是针对多相信号而言, 根据相与相之间的初始相位的不同, 确定其相位差。如 $A = 310 \sin(100\pi t + 60^\circ)$, $B = 310 \sin(100\pi t + 30^\circ)$, 则 A 信号与 B 信号之间的相位差为 $\theta_{AB} = \theta_A - \theta_B = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$ 。

2 单片机选型及 MSP430F1612 的特点

单片机选型应从以下几个方面入手: 是否容易采购, 系列产品完整性是否利于后续产品的升级, 其引脚能否兼容, RAM 的空间容量、程序空间的大小, 端口及中断的多少, 是否支持高级语言编程, 编程方式是否容易, 有无硬件乘法器等。本项目中采用 TI 公司的 MSP430 单片机, 具有端口丰富、指

令少的特点, 采用 C 语言编程 (C430), 并带有在线编程的功能, 可大大缩短开发周期, 降低开发成本。相对于系统机而言, 基于单片机的设备由于携带方便, 性能可靠, 且具有价格优势, 更适合于基层的检测调试。MSP430F1612 的典型参数为:

低电源电压范围: 1.8~3.6V

从等待到唤醒时间: 6 μ s

基本时钟模块配置: 高速晶体 (最高 10MHz)、低速晶体 (32768Hz)、DCO

具有 3/7 个捕获/比较寄存器的 16 位定时器 Timer_A3/Timer_B7

两通道串行通信接口可用于异步与同步 (软件选择 USART/SPI 模式)

具有一个硬件乘法器、12 位 A/D 转换器 ADC12

2 个具有中断功能的 8 位并行端口: P1、P2

多达 55KB FLASH ROM 和 5KB RAM

串行在线编程, 安全熔丝的程序代码保护

3 具体设计及实现

3.1 硬件部分

由单片机 MSP430 的 P1、P4 口输出正弦函数



图 1 硬件电路框图

收稿日期: 2006-04-29

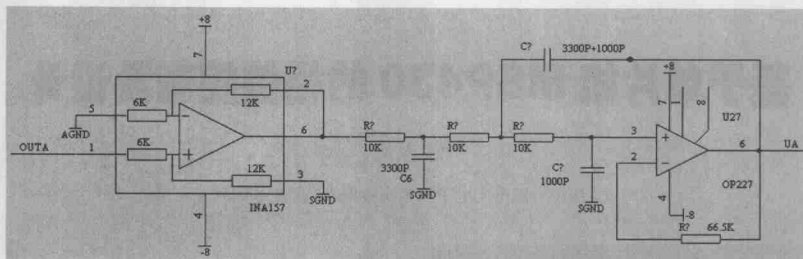


图2 滤波电路图

数值,经过 D/A 转换,输出正弦波形。D/A 选用 16 位、有 4 路输出的 7644。图 1 为该项目硬件框图:

由于滤波电路对相位影响较大,为了提高相位精度,在设计滤波电路时需要考虑元件参数对电路的影响。滤波电路图如图 2 所示。

3.2 软件部分

由于单片机处理的是数字信号,而输出的具有可控相位的正弦波是一个连续变化的模拟量,所以就必须对一个周期内的正弦波形进行描点(斩波处理)。当然,我们希望获得的是接近理想的真实模拟波形,就需要在一个周期内描出尽可能多的点,但另一方面,由于单片机处理的速度有限,点数如果描取过多,单片机就只能一直处在中断送数的过程中,无法处理其它的采集程序,进而导致死机。该项目中,我们在一个周期内(一个周期)选择 100 点,即每隔 3.6° 计算一个正弦函数值,由单片机中断送出。

由于单片机处理正弦函数的计算会耗去很长时间,如果单片机在中断送数的过程中,还要计算下一个点的正弦函数值,在速度响应上就会存在问题,即可能下一点数据还没计算出结果,单片机又开始中断送数,这样只能送出错误的数。因此该项目采用先计算好一个周期 100 点的正弦函数值,存放在 RAM 中,在中断送数的过程中只负责取出数据即可。

根据正弦函数的特点有:

$$\text{当 } 90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \quad \sin \theta = \sin(180^\circ - \theta)$$

$$\text{当 } 180^\circ < \theta \leq 270^\circ \quad \sin \theta = -\sin(\theta - 180^\circ)$$

$$\text{当 } 270^\circ < \theta \leq 360^\circ \quad \sin \theta = -\sin(360^\circ - \theta)$$

因此,只要求出 $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 的函数值,通过上

面的公式转化,周期内其它函数值也就相应确定,在此用 $\sin[]$ 数组存储以 0.1° 为步长、 $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 的正弦函数值,其目的是为了节约单片机的程序空间。如果以 0.1° (分辨率)存储一个点(2 个字节), 90° 需要占用 1.8K 字节, 360° 就需要占用 7.2K 字节,这对单片机的有限空间将造成极大浪费。

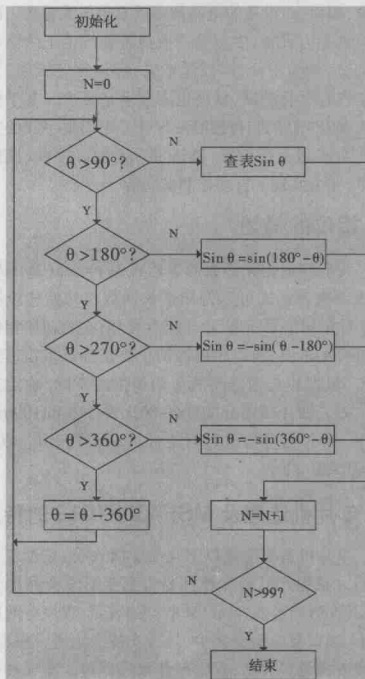


图3 查表计算流程图

由于 $\text{sinn}[]$ 数组只存储了 $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 的函数值,所以在求整个周期内的函数值时,需要判断该点所处的象限,再进行查表计算。图3为程序流程图。

下面为在RAM中存放周期内100个点的正弦函数值的实现程序:

```
void zxcxw(long fz,float g, int zero)//正弦函数初始相位判断及计算
{ int n,n0,t;float gf;
qq1: if(gf>90) goto qq2;//计算初始相位 0~90 度的正弦函数数组
      n0=gf*10;//初始点
      for(n=0;n<100;n++) //总点数为 100,正弦波两个点之间相差 3.6 度,
        { t=n0+36*n; //而 sinn[]存储的两个点间隔 0.1 度
          if(t>900) goto q12; //第 1 象限
          an[n]=0x7fff+zero+(fz*sinn[t]>>15); return;
q12: if(t>1800) goto q13; //第 2 象限
      t=1800-t;an[n]=0x7fff+zero+(fz*sinn[t]>>15); return;
q13: if(t>2700) goto q14; //第 3 象限
      t=t-1800;an[n]=0x7fff+zero-(fz*sinn[t]>>15); return;
q14: if(t>3600) goto q11; //第 4 象限
      t=3600-t;an[n]=0x7fff+zero-(fz*sinn[t]>>15); return;
q11: t=t-3600;an[n]=0x7fff+zero+(fz*sinn[t]>>15); return;
//第 1 象限
      }
qq2: if(gf>180) goto qq3; //计算初始相位 90~180 度的正弦函数数组
      gf=gf-90;
      n0=gf*10;
```

```
for(n=0;n<100;n++)
{ t=n0+36*n;
  if(t>900) goto q23; //第 2 象限
  t=900-t;an[n]=0x7fff+zero+(fz*sinn[t]>>15); return;
q23: if(t>1800) goto q24; //第 3 象限
  t=t-900;an[n]=0x7fff+zero-(fz*sinn[t]>>15); return;
q24: if(t>2700) goto q21; //第 4 象限
  t=2700-t;an[n]=0x7fff+zero-(fz*sinn[t]>>15); return;
q21: if(t>3600) goto q22; //第 1 象限
  t=t-2700;an[n]=0x7fff+zero+(fz*sinn[t]>>15); return;
q22: t=4500-t;an[n]=0x7fff+zero+(fz*sinn[t]>>15); return;//
第 2 象限
}
qq3: .....//计算初始相位 180~270 度的正弦函数数组,略过
}
```

4 结语

通过单片机实现多相正弦波的输出,外接电压、电流功率放大模块,就可方便的实现电流之间、电压之间、电流与电压相位的随意控制,可广泛应用于电力系统中的继电保护的测试,如灵敏角、整组等项目的测试。

参考文献

- [1] 胡大可, MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机, 北京航空航天大学出版社, 2001
- [2] 胡大可, MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发, 北京航空航天大学出版社, 2003
- [3] 魏小龙, MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例, 北京航空航天大学出版社, 2002