

# 基于 MSP430F449 的电容器投切电路设计

李 淼<sup>1</sup>, 陈怀奎<sup>2\*</sup>

(1. 安徽电气工程职业技术学院, 安徽 合肥 230022;

2. 合肥供电公司, 安徽 合肥 230022)

**[摘 要]** 以高速低功耗 16 位单片机 MSP430F449 为控制核心的无功补偿控制器, 除了完成对三相电压、电流采样处理外, 还可以充分利用 MSP430F449I/O 资源, 采用 TRICA 和接触器结合的复合投切, 构成低耗、低成本电容投切电路。

**[关键词]** 无功补偿; 电容器投切; 固态继电器; 单片机; 可控硅

**[中图分类号]** TM53      **[文献标识码]** A      **[文章编号]** 1672-9706(2005)03-0005-05

## Circuit Designing of Switching of Capacitors Based on MSP430F449

LI Miao<sup>1</sup>, CHEN Huai - kui<sup>2</sup>

(1. Anhui Electrical Engineering Professional Technique College, Hefei 230022, China;

2. Hefei Power Supply Company, Hefei 230022, China)

**[Abstract]** Reactive power compensation controller based on high-speed low-power 16 bit MSP430F449, besides sampling and handling of three phase voltage and current, takes advantage of the resources of I/O, combining TRICAs with contactors, composes lower power - lost and lower - cost circuit of switching of capacitors.

**[Key words]** reactive power compensation; switching of capacitors; solid - state relay; MCU; TRICA

### 1 前言

目前, 交流无功自动补偿技术逐渐得到推广应用, 依然有不尽人意之处, 如缺乏经济而又完美的电容投切电路。现在常见的无功补偿器自动电容投切电路有三种: 1、切合电容接触器; 2、固态继电器; 3、复合开关。

### 2 常见的投切电路的优缺点

#### 2.1 切合电容交流接触器

**优点:** 传统的交流接触器可靠吸合后, 动静触点间接触电阻很小, 接触压降可忽略不计, 不会引起电压额外失真、谐波和压降损耗。**缺点:** ①传统的交流接触器吸合均依靠电磁铁来完成, 运行中电磁线圈中必须有一定的维持电流, 所以功耗、温升、交流噪声成为传统交流接触器的先天不足。在吸合、释放过程中, 受电压波动、固有动作时间等因素影响, 极易产生较大弧区; 尤其是电网电压漂移或大功率设备启动时产生的电压跌落, 使维持电流产生很大变化, 电磁铁的吸合力也发生相应变化, 触点剧烈颤动, 发出“滴答滴答”的噪声。轻则损坏触点, 缩短交流接触器的使用寿命, 重则产生频繁的“释放-吸合”动作, 连续产生电弧, 触点烧结, 导致事故发生。②交流接触器驱动线圈的有较大有功损耗。

• 收稿日期: 2005-07-05

作者简介: 李淼(1967-), 男, 安徽电气工程职业技术学院讲师。

陈怀奎(1973-), 合肥供电公司计量管理部副经理, 工程师。

## 2.2 固态继电器

固态继电器 SSR(solid state relays)是一种全部由固体元件组成的无触点开关器件,无火花地接通和断开被控电路,是一种没有机械运动,不含运动零件的继电器,但它具有与机电继电器本质上相同的功能,具有工作可靠、寿命长、对外界干扰小、能与逻辑电路兼容、抗干扰能力强、开关速度快和使用方便等一系列优点,广泛应用于计算机外围接口装置。

固态继电器的优点很多,切合电容主要利用其零电压处导通,零电流处关断的优点,减少了电流波形的突然中断,从而减少了开关瞬态效应。

固态继电器也有一些缺点:(1)导通后的管压降大,可控硅或双相控硅的正向降压可达 1~2 V,大功率晶体管的饱和压降在 1~2 V 之间,一般功率场效应管的导通电阻也较机械触点的接触电阻大。(2)半导体器件关断后仍可有数微安至数毫安的漏电流,因此不能实现理想的电隔离。(3)由于管压降大,电压波形失真,对电网带来谐波污染;导通后的导通损耗很大,发热量也大,大功率固态继电器的体积远远大于同容量的电磁继电器,成本也较高,散热措施的间接成本也很大。

## 2.3 复合开关

复合开关是把交流接触器和固态继电器封装成一个整体,且集成小型单片机电路,发扬两者的优点,克服两者的缺点,是较理想的切合电容的器件,但存在:(1)成本高昂:每只复合开关均包括一个单片机的最小系统;(2)需多种电源支持:直流 5 V 或 12 V,交流 220 V 或 380 V;(3)维修费用高:发生故障时,即使是损坏一个电阻、光耦,也需整体更换。

## 3 改进的思路

MSP430F449 微控器具有 48 路双向端口 + 44 路单向输出端口。利用两路 I/O 端口控制一路或一组电容器投切,实现和交流接触器控制,因此仅仅利用 44 路单向输出端口,就可以控制 22 路或 22 组电容器投切,足以满足跟踪无功补偿的要求,并且使用新型的永磁式交流接触器代替传统的交流接触器,以减少有功消耗。

永磁式交流接触器采用特殊性能的永久磁铁,与微电子模块组成控制装置,置换了传统接触器中电磁机构,与传统接触器有本质上区别。永磁式交流接触器运行中,只需微弱的信号电流(0.8~1.5mA),支持静铁心的磁转换,实现交流接触器的吸合。

## 4 硬件设计

### 4.1 器件选型

#### (1)单片机选型

本设计使用的 MSP430F449 单片机属于德州仪器公司 MSP430FXX FLASH 系列,具有 16 位 RISC 结构,16 位寄存器和常数寄存器,主要特点如下:<sup>[1]</sup>

- 低工作电压:1.8~3.6V
- 超低功耗:正常模式和四种节电模式
- 从待机模式到活动模式的唤醒时间小于 6 $\mu$ s
- 12 位 A/D 转换器(ADC)、片内 12 位温度传感器
- 16 位精简指令结构,150nS 指令周期
- 灵活的 2X8/16 基本定时器、带有 3 个捕获/比较寄存器 16 位定时器 A 和定时器 B
- 双串口
- 片内 16 为看门狗定时器
- 可编程的保险熔丝代码保护
- \* 60KB FLASH 存储器,2048B 数据存储器
- \* 可在线串行编程

\* 大量的 I/O 端口: 48 个双向端口 + 44 个单向输出口

(2) 接触器和 SSR 或 TRICA 型号

根据电流电压选择合适的永磁式交流接触器和 SSR 型号或 TRICA 型号。

4.2 电路

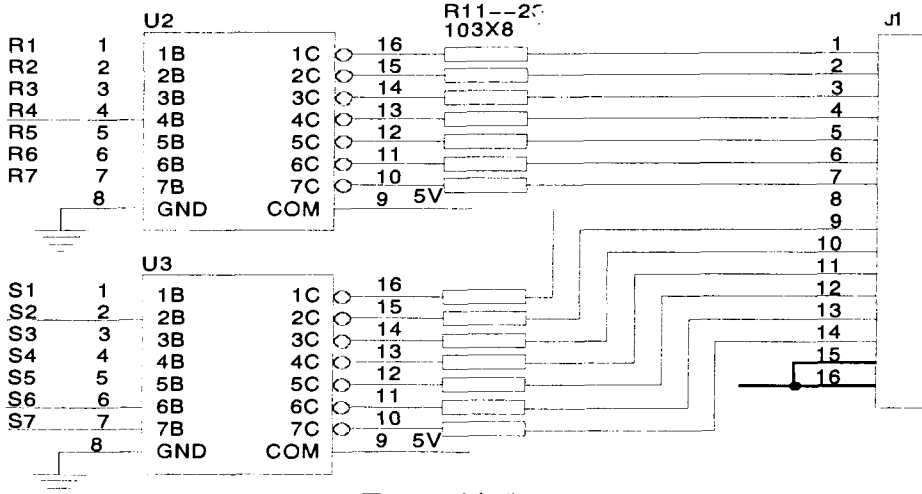


图1 驱动部分

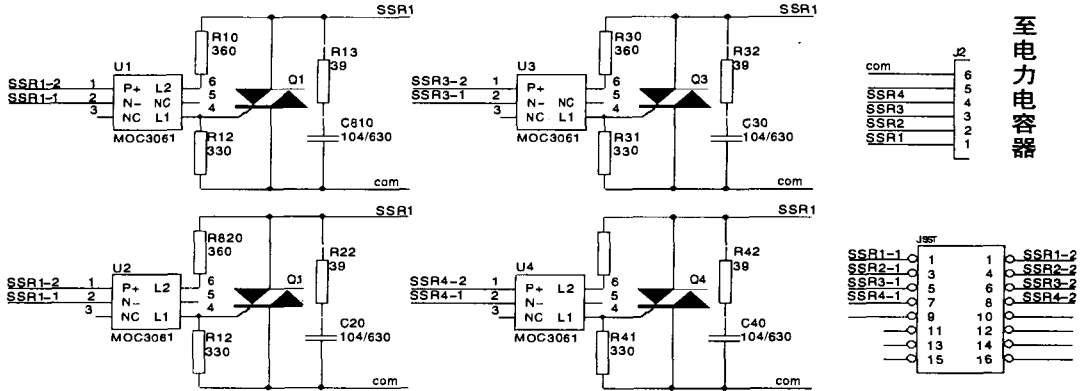


图2 可控硅部分

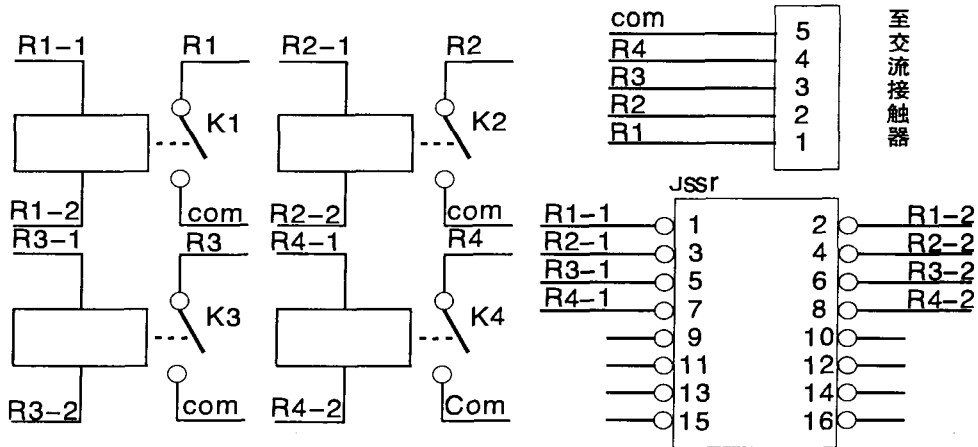


图3 接触器部分

5 软件设计

电容投切按循环方式进行: (1) 先投先切; (2) 投运电容时, 先触发可控硅投运, 延时 200 毫秒再闭合永磁式交流接触器, 再延时 200 毫秒后断开 SSR; (3) 切除电容时, 先触发可控硅, 延时 500 毫秒再断开

永磁式交流接触器,再延时 200 毫秒后关断 SSR。

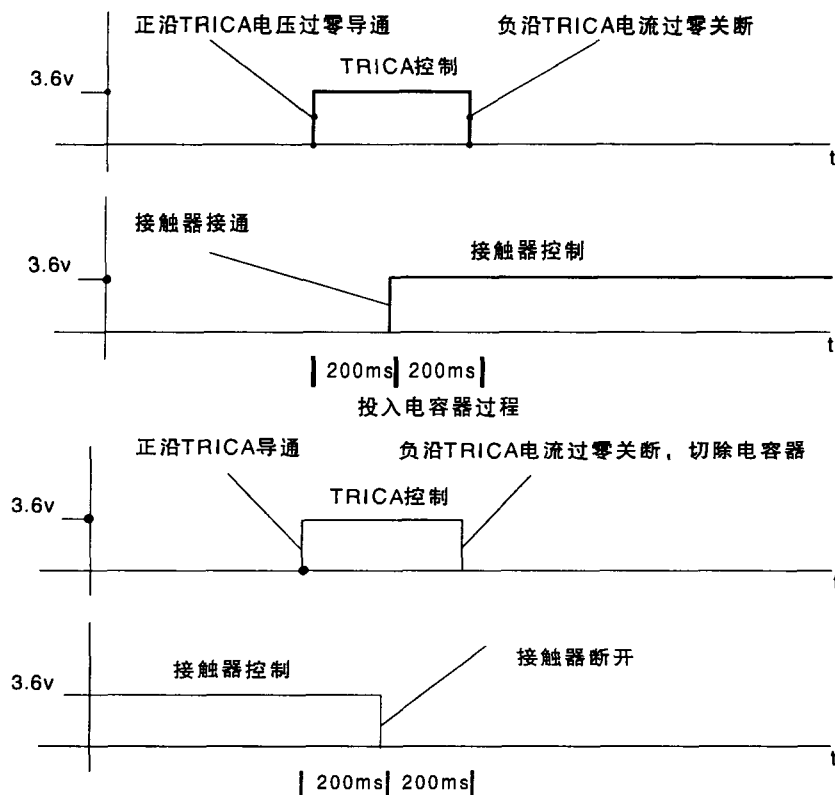


图5 切除电容器过程

下面给出了 C 语言形式的 SSR 投切部分的主要程序。<sup>[2]</sup>

```
#include <msp430x44x.h>
#include "include2.h"
unsigned char next;
unsigned char capacity-in(unsigned char online) //投
{ next = online | in-flag;
if (in-flag == BIT3)
{ in-flag = 1; }
else
{ in-flag = in-flag << 1; } //调整投入位置
return next; }
unsigned char capacity-out(unsigned char online) //切
{ switch(out-flag) //out-flag 应切除位置
{ case 0x01:
if((online & BIT0) == 0x01)
{ next = online & (0x01); out-flag = 0x02; break; }
else if((online & BIT1) == 0x02)
{ next = online & (0x02); out-flag = 0x04; break; }
```

```

else if((online&BIT2) == 0x04)
{next = online&(0x04);out-flag = 0x08;break;}
else if((online&BIT3) == 0x08)
{next = online&(0x08);out-flag = 0x01;break;}
case 0x02:
    if((online&BIT1) == 0x02)
{next = online&(0x02);out-flag = 0x04;break;}
else if((online&BIT2) == 0x04)
{next = online&(0x04);out-flag = 0x08;break;}
else if((online&BIT3) == 0x08)
{next = online&(0x08);out-flag = 0x01;break;}
else if((online&BIT0) == 0x01)
{next = online&(0x01);out-flag = 0x02;break;}
case 0x04:
    if((online&BIT2) == 0x04)
{next = online&(0x04);out-flag = 0x08;break;}
else if((online&BIT3) == 0x08)
{next = online&(0x08);out-flag = 0x01;break;}
else if((online&BIT1) == 0x01)
{next = online&(0x01);out-flag = 0x02;break;}
else if((online&BIT0) == 0x02)
{next = online&(0x02);out-flag = 0x04;break;}
case 0x08:
    if((online&BIT3) == 0x08)
{next = online&(0x08);out-flag = 0x01;break;}
else if((online&BIT0) == 0x01)
{next = online&(0x01);out-flag = 0x02;break;}
else if((online&BIT1) == 0x02)
{next = online&(0x02);out-flag = 0x04;break;}
else if((online&BIT2) == 0x04)
{next = online&(0x04);out-flag = 0x08;break;}
default:
    break;
return next;}

```

#### 参考文献:

- [1] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2002. 13-15, 135-139.
- [2] 马忠梅. 单片机的 C 语言应用程序设计[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 1999. 73.