

MSP430 单片机通用系统研制和应用

上海交通大学电力学院 杨波 常越

摘要: 本文介绍了 MSP430 单片机 13x、14x 系列的功能特点, 并以其为核心研制的通用系统和应用举例。

关键词: 超低功耗, 复位电路, 光耦隔离, 变频调速, 液晶, 打印机。

前言

德州仪器公司的 MSP430 系列单片机是一种超低功耗微处理器。该微处理器通过 16 位 RISC 系统, 16 位 CPU 集成寄存器和常量发生器来获得最大代码效率。MSP430 的 16 位定时器是应用于工业控制如纹波计数器, 数字化电机控制, 电表和手持式仪表等的理想配置。它的硬件乘法器大大加强了其功能并提供了软硬件相兼容的范围, 提高了数据处理的能力。MSP430Fx1x 系列具有 FLASH 存储器, 不同型号单片机的存储器容量和外围模块各不相同, 使用者可以根据需要具体选择。适应工业级应用环境——MSP430 的运行环境温度范围为 $-40\text{---}+85^{\circ}\text{C}$, 所设计的产品适合运行于工业环境下。

1. MSP430 单片机具有如下特点:

①低供电电压范围: 1.8V—3.6V, 在 1MHz 时钟条件下工作时, 工作电流视不同模式为 0.1 μA —400 μA , 有 5 种低功耗(超低电流消耗)模式, 可使用电池供电, 片内数字控制振荡器(DCO)可以使单片机在 6 微秒的时间内从低功耗模式转变到活动模式。

②有丰富的片上外围模块: 最多 8 路 12 位 A/D 转换, 48 个 I/O 端口, 两个 UART, 看门狗, 两个内置 16 位定时器, 可在线仿真的 FLASH 内存, 7 路 PWM 输出, LCD 驱动等。我所用的主控芯片 MSP430F149 就包含了: 12 位 A/D, 精密模拟比较器, 硬件乘法器, 2 组频率可达 8MHz 的时钟模块, 2 个带有大量捕获/比较寄存器的 16 位定时器, 看门狗, 二个可实现异步, 同步及多址访问的串行通信接口, 数十个可实现方向设置及中断功能的并行输入, 输出断口等。

③多种时钟模块:

MSP430 单片机有三种时钟源可以选择提供给 ACLK, SMCLK, MCLK。其中 LFXT1 提供给外围设备 32768Hz 的时钟, LFXT2 可以提供高达 8MHz 的时钟供单片机运行使用, DCO 为单片机内部提供, 并具有锁相环, 为系统提供一个内部时钟源, 当 XTALT2 没有提供时, 系统依靠 DCO 运行, 整个时钟配置可以通过 DCOCTL, BCCTL1, BCCTL2 和 SR 等控制寄存器中相应的位来选择和控制, 以满足用户对系统的要求。

④强大的处理能力: MSP430 具有丰富的寻址方式(7 种源操作数, 4 种目的操作数), 但只需要简洁的 27 条指令; 片内寄存器数量多, 存储器可实现多种运算, 有高效的查表处理方法, 这些都保证了可以编出高效的程序。

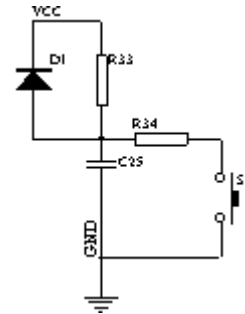
⑤方便高效的开发方式, 支持在线仿真和编程, 所配编译器功能强大; 具有 FLASH 存储器, 利用单片机本身具有的 JTAG 接口或片内 BOOT ROM, 可以在一台 PC 及一个结构小巧的 JTAG 控制器的帮助下实现程序的下载, 完成程序的在线调试, 实时修改片内寄存器和内存的内容, 对使用者来说将大大提高程序的调试效率。

⑥熔丝保密功能和 256 位保密字相结合, 几乎没有解密的可能, 可以充分保证用户程序的安全性;

⑦MSPF13X、14X 系列芯片的管脚功能封装的兼容性，同样的硬件电路板可以选用这两个系列中的任意芯片，配合用户的需求，在满足功能要求的前提下可以选用价格较低的芯片，提高系统的经济性能。

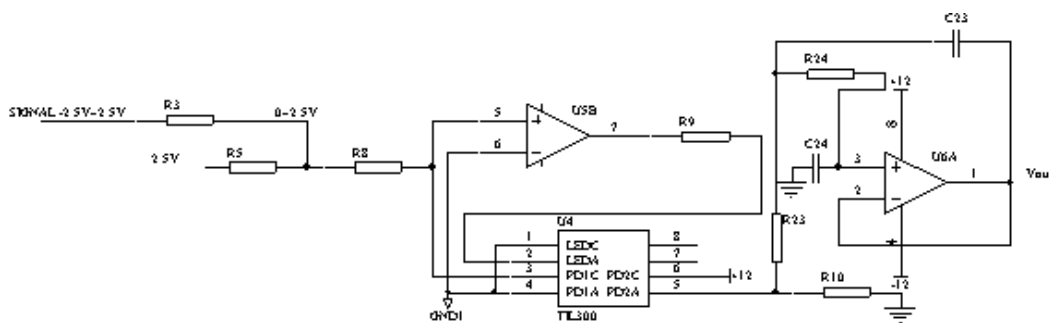
MSP430 单片机的典型应用包括采集模拟信号，转换成数字信号，传送到主机系统进行处理。我们设计了 MSP430 单片机的通用系统并应用于实际工程中，大大地缩短了开发周期，并以其替代了其它单片机系统。现将开发通用板的过程当中的一些经验总结出来，以便相互交流。

一：系统复位电路的设计：系统复位电路的设计一定要使系统能够充分复位，在各种复杂情况下稳定可靠地工作。复位性能不好会影响系统的正常运行。在 MSP430 单片机中有一/RST 复位管脚，它与不可屏蔽中断功能管脚复用，可由软件选择其功能，正常情况下为复位功能，只要有低电平输入，系统就将复位，我们的复位电路正是基于此原理设计并保证有充分的低电平时间。图中 R33=68K，R34=200 欧，C25=50 皮法；



在总结经验的基础上，我们设计了实际电路如图并运转良好。

二：采样隔离电路的设计：为了 MSP430 单片机系统运行的稳定性及更好地去除外界干扰信号的影响，我们对输入信号进行光耦隔离采样，并对交流输入信号进行提升，使其信号电平处于 0~VCC 之间变化，适合 MSP430x1xx 系列单片机的 A/D 采样范围。MSP430x1xx 系列单片机的 A/D 采样精度可达 12 位，最高采样速率可达 200KBPS，具有采样/保持功能的 ADC 内核，可控制的转换存储和参考电平发生器，采样时钟源及转换时序电路可选。我们可以利用其内部的参考电平进行 A/D 的测试，参考电平从 0—VCC 可选。我们利用 TIL300 的光耦设计了采样保护及隔离电路如下，以供参考。调理后的信号接至 A/D 输入端 P60—P67。若有更多的信号需要处理，则可外接扩展电路。



三：液晶和键盘接口电路的设计：

在目前的微小型系统中，液晶显示已作为一个必不可少的部分和发展趋势，我们可以直接利用 I/O 口模拟液晶的读写和控制时序，成功地驱动了 MGLS240X120 的点阵式液晶，控制字符、图形以及汉字的显示。液晶需要的电源由用户板提供。实验证明：MSP430 单片机的驱动能力很强，可以直接驱动 5V 接口的液晶。在实际工作中，我们的通用系统能够实现将信号由 A/D 端口采样

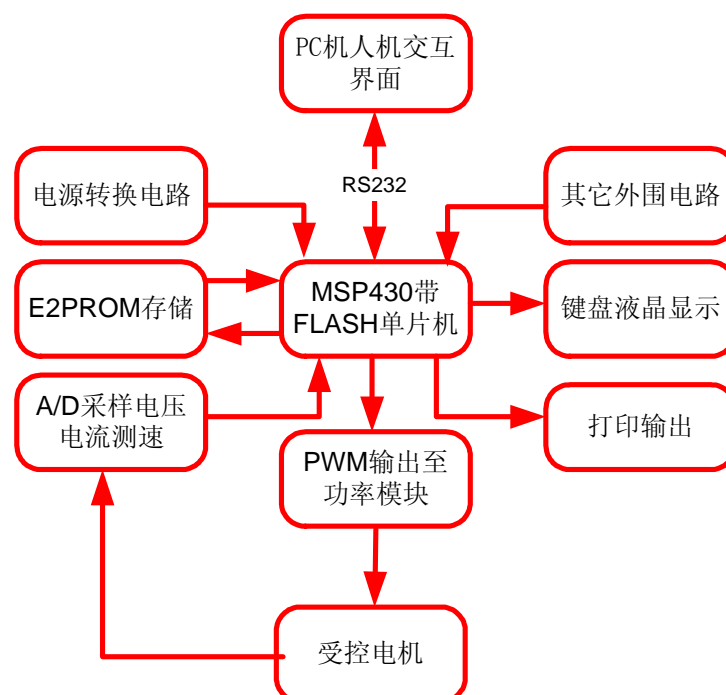
输入，经过数据处理后在液晶面板上实时显示出来并同步刷新。MSP430 单片机有些型号直接带 LCD 驱动接口，有现成的例程可以提供，对显示要求不是很高的地方可以采用，这样可以大大提高开发速度，减小开发难度。键盘接口电路可以直接用 I/O 口模拟，用查询或中断方式控制。

四：打印机驱动硬件接口电路的设计：

打印机输出是计算机系统最基本的输出形式，其电路组成为四个部分：控制电路、驱动电路、接口电路和电源电路。控制电路由 CPU 及相应外围电路构成，是整个打印机的控制中心；驱动电路受控制电路控制，直接与打印头相接，驱动打印头及相关电机的动作；电源电路提供给打印机各种规格的电压；接口电路是打印机与主控芯片通讯的通道，主控芯片发送的命令和数据均经接口电路送达打印机的控制中心。我们可以采用标准的 Centronic 并行接口，利用其中最关键的信号线/STB, D0~D7, BUSY, /ACK, /INIT, /PE,/ERROR 由 I/O 口模拟打印机的工作时序，在打印机与主机之间形成数据交换，完成打印任务。针对不同型号的打印机，我们使用相应的打印控制命令。试验结果表明：MSP430 能直接驱动各种类型的打印机，我们的驱动程序能适应几种不同型号的打印机，但对一些特定的打印机必须使用制定的指令集，使用相关的字符集。

五：将 MSP430F149 芯片用于变频调速系统：

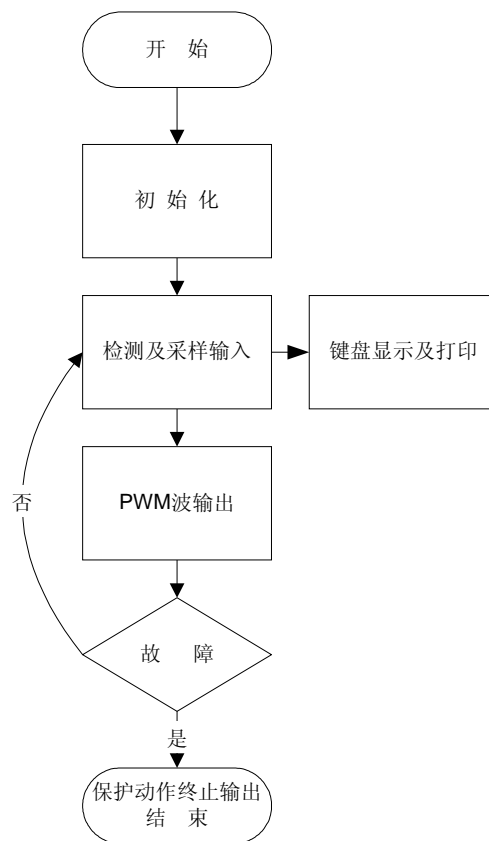
充分利用 MSP430 单片机丰富的功能，进行变频调速控制，驱动电机运行。我们首先利用前述隔离电路对电机电压和电流信号进行调理，再从 A/D 输入端测得相应的值，经计算后得出三相电压和电流，根据恒压频比调节原理计算输出六路相应的 PWM 波，这六路 PWM 波形经转换后控制相应 IGBT 的导通及关断，控制电机的输出转矩和频率。在相应的 MGLS240X120 点阵式液晶面板上显示电压，电流，频率，时间。我们还通过 RS232 通讯接口与上位机通讯，可以在上位机上直接控制和显示电压，电流和频率，还可以对起动过程实现软起动过程控制，也可以在现场用键盘直接控制，其控制框图如下：



在 MSP430F149 中 TIMER-B 可以输出 7 路独立的 PWM 波，还可以利用 CCR0、CCR1 形成死区，只要改变 PWM 波的占空比和周期，就可以控制 IGBT 的导通与关断，也就控制了输出到电机端的电压及频率，实现在线的变频调速。为了确保万无一失，在硬件电路中设计了相应的死区及保护电路。

六：编程语言的使用：

MSP430 系列单片机可以利用 IAR 公司的 WORKBENCH 和 C-SPY 编译，直接下载至片内 FLASH 内存，脱机运行。整个用户界面友好，调试过程中可以在上层软件中看到各寄存器的内容并在线修改，支持单步运行，在线观察定义的各个变量实时值。采用把所有相关文件放入一个项目中的组织方式，编译运行时软件会自动将文件按内在联系自动组合在一起，支持汇编和 C 语言的编程。追求效率的用户可自由选择只有 27 条精简指令的汇编语言，直接实现对寄存器的控制；一般的用户可以选择 C 编程，IAR 的 C 具有如下特点：①与 ANSI 的规格一致；②有可应用于嵌入式系统的标准函数库，具有可选用的源代码；③IEEE 兼容的浮点算法；④用户代码可与汇编子程序连接；⑤长识别符——多达 255 个有效字符，32000 个外部符号；⑥快速编译性能，代码的优化，灵活的变量分配和可移植性能，易于理解的出错和警告信息。这些都大大缩短开发周期，降低开发难度。可以说 MSP430 的软件使用是相当简洁、方便、高效的。我们设计的系统软件包括初始化子程序、A/D 采样程序、键盘及液晶子程序、数据处理子程序、PWM 波生成子程序、故障处理程序、通讯程序以及上位机界面程序等，软件流程图如下：



一年多来的使用经验来看,德州仪器公司推出的 MSP430 系列 FLASH 单片机功能全面、使用方便、可有效保护软件的知识产权,有很高的实用价值,必将越来越广泛地被应用到各个领域。

- 参考文献:
- 1: MSP430X1XX 用户手册;
 - 2: MSP430x13x、MSP430x14x 数字微处理器数据手册;
 - 3: MSP430 系列 C 编译器编程指南;
 - 4: MSP430 汇编、连接和库编程指南;
 - 5: MSP430 C-SPY 用户手册;
 - 6: MSP430 WINODWS WORKBENCH 接口指南;
 - 7: 德州仪器 MSP-FET430P140 仿真工具用户指南等。