

• 嵌入式系统工程 •

基于MSP430单片机的轴向变量柱塞泵驱动系统的开发

吴怀超¹, 周勇², 张秀华¹

(1. 贵州大学机械工程学院, 贵州 贵阳 550003; 2. 杭州智源科技有限公司, 浙江 杭州 310030)

摘要: 为了开发出轴向变量柱塞泵的驱动系统, 提出了采用MSP430F149单片机作为该驱动系统MCU的设计方法。根据轴向变量柱塞泵驱动系统的特点, 设计了该驱动系统的MSP430F149单片机控制电路和L297和L298N组成的驱动电路, 并通过光耦隔离的措施实现了控制电路和驱动电路的连接。在此基础上, 根据MSP430F149单片机定时器产生脉冲宽度调制波的特点, 开发了该驱动系统的软件。通过硬软件的联合调试验证了轴向变量柱塞泵驱动系统开发的有效性。

关键词: MSP430单片机; 轴向变量柱塞泵; 步进电机; 驱动系统; 脉冲宽度调制

中图分类号: TP273.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024 (2010) 19-4194-03

Development of driving system of axial variable plunger pump based on MSP430 single chip microcomputer

WU Huai-chao¹, ZHOU Yong², ZHANG Xiu-hua¹

(1. School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China;

2. Hangzhou Zhiyuan Technology Limited Company, Hangzhou 310030, China)

Abstract: To develop the driving system of axial variable plunger pump, a design method of using MSP430F149 single chip microcomputer (SCM) as micro controller unit (MCU) for this driving system is presented. According to the characteristic of the driving system of axial variable plunger pump, the control circuit based on MSP430F149 SCM and the driving circuit composed of L297 and L298N for this driving system are designed. The link between the control circuit and the driving circuit is implemented by means of optical isolation. Based on these, according to the characteristics of the pulse width modulation (PWM) wave produced by the timer of MSP430F149 SCM, software of the driving system is developed. Finally, the validity of the development is validated by combined debugging of hardware and software.

Key words: MSP430 SCM; axial variable plunger pump; stepper motor; driving system; pulse width modulation

0 引言

传统的轴向变量柱塞泵一般都带有斜盘变量机构, 通过控制斜盘倾角的变化来实现泵排量的改变^[1,2]。随着液压技术的不断发展, 不带斜盘变量机构的轴向变量柱塞泵日益得到应用。为了实现不带斜盘变量机构的轴向变量柱塞泵流量的改变, 需要开发其步进电机的驱动系统。目前, 步进电机的驱动系统常采用MCS-51系列单片机作为MCU^[3,4], 但采用MCS-51系列单片机来控制步进电机往往没有采用MSP430系列单片机来得直接和方便, 这是因为MSP430系列单片机的Time_A和Time_B定时器都带有多个具有8种输出模式的可配置输出单元, 通过对定时器输出单元的简单设置便可得到脉冲宽度调制PWM波, 因而, 利用MSP430系列单片机的输出单元便可较为方便地实现对步进电机的驱动。鉴于此, 本文拟采用MSP430系列单片机中的MSP430F149单片机来开

发不带斜盘变量机构的轴向变量柱塞泵的驱动系统。

1 MSP430F149单片机简介

美国德州仪器(TI)公司推出的MSP430F149单片机在MSP430系列单片机中非常具有代表性, 目前, 该款单片机被广泛应用于开发各种嵌入式控制系统^[5-7], 这是因为, 此款单片机具有如下的主要功能和特点^[7-9]:

- (1) 具有多达60KB FLASH ROM和2KB RAM;
- (2) 具有6组I/O端口, 每组有8个I/O口, 且每个I/O口分别有输入、输出、功能选择、中断等多个寄存器对之进行控制;
- (3) 具有3个捕获/比较寄存器的16位定时器Time_A和Time_B;
- (4) 具有5种节电模式, 且从等待中唤醒只需要6 μ s的时间;
- (5) 具有两通道串行通信接口用于异步或同步通信, 且可通过软件方式选择UART/SPI模式;

收稿日期: 2009-11-23; 修订日期: 2010-01-25。

基金项目: 贵州省优秀科技教育人才省长基金项目(黔省专合字(2009)97号); 贵州大学引进人才科研基金项目(贵大人基合字(2008)037号)。

作者简介: 吴怀超(1975-), 男, 湖北红安人, 博士, 副教授, 研究方向为嵌入式控制系统开发和电液控制技术; 周勇(1980-), 男, 硕士, 研究方向为嵌入式控制系统的开发; 张秀华(1976-), 男, 讲师, 研究方向为机电控制工程。E-mail: magoubs@sina.com

(6) 具有一个硬件乘法器和 12 位 200kbps 的 A/D 转换器, 且自带采样保持。

由上可知, 该款单片机除了具有 MSP430 系列单片机摒弃了传统的数据线地址线访问外设的设计思路, 将各种外围资源集成在片上, 实现了片上系统的共性以外^[10], 更为重要的是, 该款单片机资源相对丰富, 性价比高, 能满足用户方便高效的开发需求, 而且它突出体现了 MSP430 系列单片机先进的低功耗设计理念。本文采用 MSP430 系列单片机来开发轴向变量柱塞泵的驱动系统主要利用了其上述(1)-(4)的特点。

2 硬件电路设计

轴向变量柱塞泵实现其吸和排的功能以及流量的变化都是由一个两相双极性步进电机控制的, 因而, 硬件电路的设计主要是 MSP430F149 单片机实现步进电机驱动的电路设计, 图 1 是该电路的原理图。

如图 1 所示, 驱动电路主要由 L297 和 L298N 实现的斩波恒流驱动, 控制电路由 MSP430F149 提供时钟信号 (CLK)、方向信号 (CW) 以及使能信号 (EN)。驱动电路和控制电路间采用了光耦隔离, 以避免驱动电路的冲击电压和电流干扰控制电路的正常工作^[3,11]。

在图 1 所示的控制电路中, 时钟信号 (CLK) 为步进电机驱动所需的步进脉冲, 方向信号 (CW) 为步进电机正/反转所需的换向信号, 使能信号 (EN) 为控制驱动电路工作的开关信号。在图 1 所示的控制电路中, 还给出了能量供给电路以及晶振电路的电路图。在图 1 所示的驱动电路中, L297 是步进电机控制器, 用来产生两相双极性驱动信号与电机电流设定; L298N 是用来驱动步进电机的电力输出, 内含两个 H 桥的高

电压大电流双全桥式驱动器, 接受标准 TTL 逻辑电平信号, 其最高工作电压可达 46V^[12]。

如图 1 所示, 通过控制 L297 的 19 脚可使轴向变量柱塞泵工作于半步和整步两种运行模式。当拨动开关使 L297 的 19 脚接 +5V 时, 为半步工作模式, 此时步进电机每接受一个脉冲, 只转过半个步距角; 当接地时, 为整步工作模式, 此时步进电机每接受一个脉冲, 转过一个步距角^[13]。由此可见, 在同样的脉冲信号下, 整步运行时轴向变量柱塞泵的流量大于半步运行时的流量。如图 1 所示, 在 L298N 的 1 和 15 脚和地之间串联一个 0.5Ω 的电流采样电阻, 将电流信号转换为电压信号通过 L297 的 13 和 14 脚, 通过其内部比较器比较电流采样电阻上的电压和 Vref 脚上的限流电平参考电压来实现斩波恒流驱动, 因而, 可以通过调节 L297 的 Vref 脚 (该脚通过一个 20K 滑变电阻进行调压) 的输入电压来精确控制步进电机的相电流。如图 1 所示, 通过一个开关可使 L297 的 11 脚接 +5V 或地, 当接 +5V 时, 斩波信号作用于 A、B、C、D, 当接地时, 斩波信号作用于抑制线 INH1 和 INH2。

3 基于汇编语言的软件开发

如前所述, 轴向变量柱塞泵驱动系统的核心是步进电机的驱动, 因而, 驱动系统软件的开发主要是步进电机驱动软件的开发。由图 1 可以看出, 在硬件上, 当驱动电路供电后, 步进电机的驱动只要求 MSP430F149 单片机向 L297 提供方向和时钟信号, 在软件上, 此两信号的提供需要利用 MSP430F149 单片机内部的 16 位定时器 Timer_A 和 Timer_B。其中, 运用 Timer_B 的中断功能来控制泵的正/反转, 运用 Timer_A 的捕获/比较寄存器的比较模式, 并运用其输出模式 3 来产生轴向

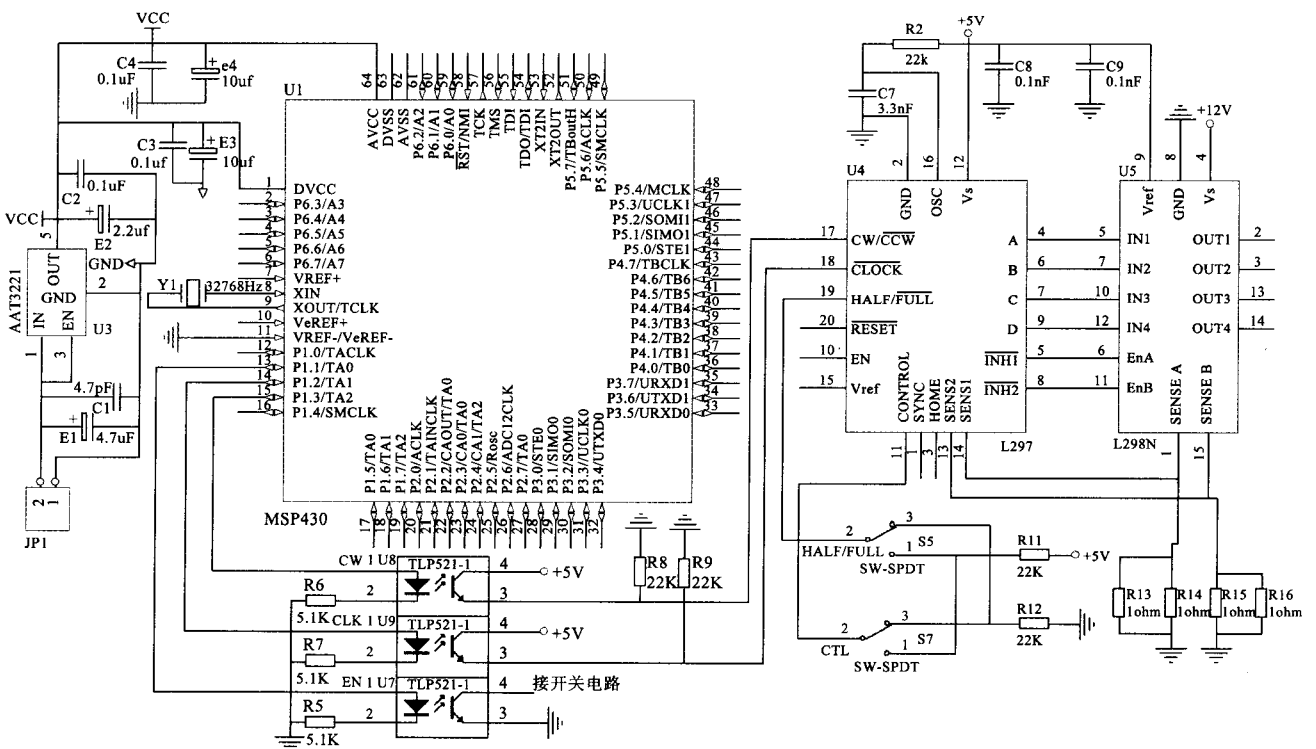


图 1 硬件电路

变量柱塞泵所需的 PWM。Timer_A 的输出模式 3 为 PWM 置位/复位模式,处于此模式时,输出在 TAR 的值等于 CCR1 时置位,当 TAR 的值等于 CCR0 时复位。在增计数模式时,Timer_A 输出模式 3 的输出波形如图 2 所示^[8]。

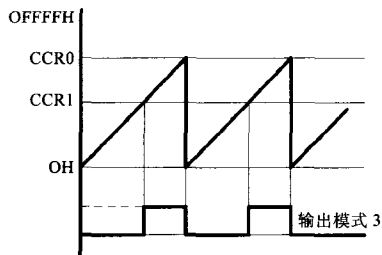


图 2 增计数模式时输出模式 3 的输出波形

如图 2 所示,CCR0 和 CCR1 的值在图形上表现为两根横线,斜线表示 TAR 的值。由此图可以看出,输出在 TAR 的值等于 CCR1 时为高电平,直到 TAR 增加到 CCR0 时才复位。因此,通过改变 CCR0 和 CCR1 的值便可改变输出波形的周期和占空比,从而可得到脉冲宽度调制 PWM 波。实现上述功能的核心程序代码及注释如下:

```
mov #TASSEL0+TACLK, &TACTL
; 选择辅助时钟 ACLK, 频率为 32768Hz, 且不分频, 计数器内容清零。
mov #PWMPERIOD, &TACCR0
; 向 Timer_A 的捕获/比较寄存器 CCR0 中输入数值, 以确定 PWM 的周期。
mov #DUTYRATIO, &TACCR1
; 向 Timer_A 的捕获/比较寄存器 CCR1 中输入数值, 以确定 PWM 的占空比。
mov #OUTMOD_3, &TACCTL1
; 输出模式选择为 PWM 置位/复位模式, 且 Timer_A 工作于比较模式。
bis #MC0, &TACTL
; 设置 Timer_A 为增计数模式, 在此模式下, 计数器计数到 CCR0 时, 将清零重新计数。
mov #TBSSEL0+ID1+ID0+TBCLR, &TBCTL
; 选择辅助时钟 ACLK, 并进行 8 分频, 频率为 4096Hz, 且定时器和输入分频器复位。
mov #CCIE, &TBCCTL0
; 设置 Timer_B 的捕获/比较模块 0 为中断允许。
mov #10240, &TBCCR0
; 向 Timer_B 的捕获/比较寄存器 TBCCR0 中输入数值, 以确定换向时间, 换向时间为 2.5 s。
bis #MC0, &TBCTL
; 设置 Timer_B 为增计数模式。
```

上述程序中, PWMPERIOD 变量的值决定 PWM 的周期, DUTYRATIO 变量决定 PWM 的高电平时间(占空比)。通过改变此两变量的值可以实现对步进电机转速的控制, 从而实现对轴向变量柱塞泵输出流量的控制。此两变量可以在此程序中直接赋值, 也可以通过在图 1 的硬件图中加入串行通讯模

块, 通过上位机赋值。如, 若要求提供的波形为 200Hz 占空比为 40% 的 PWM, 则 TACCR0 应赋值 $(32768/200)-1 \approx 163$, 而 TACCR1 则应赋值 $(32768/200) \times (1-40\%) \approx 98$ 。这是因为, 由图 2 可知, 在 CCR0 的值一定的情况下, 为了确定 PWM 的占空比, TACCR1 应赋值一个周期内低电平占用时间所需的数值。

轴向变量柱塞泵的满冲程为 500 步, 最大启动频率为 200 Hz, 如若要实现轴向变量柱塞泵的满冲程运行, 则每 2.5s 需要换一次向。此换向时间需利用 Timer_B 的中断功能来实现, 在上述程序代码中, 选用的是辅助时钟 ACLK, 其频率为 32768Hz, 且进行了 8 分频, 因而, TBCCR0 应赋值 $(32768/8) \times 2.5 \approx 10240$ 。在 Timer_B 的中断服务程序中, 只需对 P1.3 脚取反即可, 以控制步进电机的正/反转, 从而达到轴向变量柱塞泵正向吸和反向排的功能。

4 硬软件的联合调试

在上述汇编程序中, 对 TACCR0 和 TACCR1 分别直接赋值 163 和 98, 在此基础上, 对轴向变量柱塞泵的驱动系统进行硬软件的联合调试。在调试的过程中, 通过示波器测得 MSP430F149 输出的 CLK 和 CW 信号的波形, 如图 3 所示。

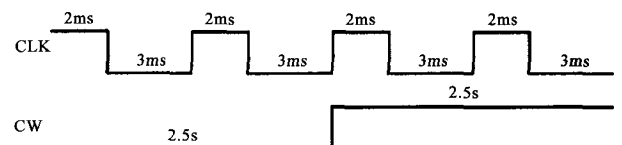


图 3 CLK 和 CW 信号的波形

由图 3 可以看出, 一个周期内, CLK 信号的高电平时间为 2ms, 低电平为 3ms, 则, 其周期为 5ms, 频率为 200 Hz, 且占空比为 40%, 因而, MSP430F149 输出的 CLK 信号达到了预期的设计要求。由图 3 还可以看出, CW 信号每 2.5s 换一次向, 达到了 CW 信号的设计要求。在图 3 所示的 CLK 和 CW 信号的作用下, 轴向变量柱塞泵的步进电机严格按照预定的程序工作, 从而, 轴向变量柱塞泵便有条不紊地进行吸水 and 排水。通过进一步的调试可知, 改变 TACCR0 和 TACCR1 的值, 便可实现对步进电机转速的控制, 从而达到对轴向变量柱塞泵输出流量的控制。

5 结束语

利用 MSP430F149 单片机定时器的输出单元易获得脉冲宽度调制 PWM 波的特点, 本文采用此单片机作为 MCU 来开发轴向变量柱塞泵的驱动系统。在硬件电路方面, 对基于 MSP430F149 单片机的控制电路和基于 L297 和 L298N 组成的驱动电路进行了设计与分析; 在软件方向, 强调了采用汇编语言对 MSP430F149 的 Timer_A 和 Timer_B 两个定时器的灵活运用。从整个开发过程来看, 采用 MSP430F149 单片机开发轴向变量柱塞泵的驱动系统, 具有结构简单、成本低、开发方便以及可靠性高等特点。

参考文献:

- [1] 姜洪洲, 曾祥荣. 数字式多功能泵的实现策略研究[J]. 中国机械工程, 2001, 12(5): 554-557. (下转第 4200 页)

后,系统从本地缓存获取数据。因此,用户感觉到的数据获取时间不包括数据预取时间,也就是说数据预取时间为所节约的时间。

4.3 实验结果及分析

本文采用服务器负载测试软件 Monitor Daemon 对中心服务器负载进行测试。针对整合医疗机构数目不同分别发送 1000 次请求,记录相应的中心服务器负载率。负载率随被整合医院数目变化的统计图如图 4 所示。

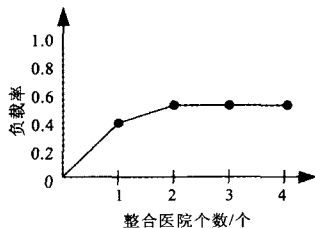


图 4 负载率随整合医院个数变化图(纵轴没有单位)

图 4 表明,随着被整合医院的增加,中心服务器负载增幅微小。证明了在新的平台下,负载并不会随着被整合医院数目的增加而增长很快。

通过湘雅附一的一位医生用户身份登录系统,抽取一位在湘雅附二和中医附一医院都曾就诊过的病人,查询其用药信息和化验结果。在程序中设置相应的时间日志记录,对用户请求数据的时间统计如表 1 所示。

表 1 病人数据请求时间

	湘雅附二数据 预取时间	中医附一数据 预取时间	用户请求数据 响应时间
用药信息	6.22s	5.81s	0.843s
化验结果	10.85s	9.13s	1.320s

表 1 数据表明,用户发出请求后,数据预取的时间较长,而用户请求数据的响应时间却很短。这种短时间的数据响应,

带给用户的体验是消除了数据获取缓慢的问题。

5 结束语

随着医疗信息化技术的飞速发展,可实现病人记录医院间共享的医疗信息整合平台将显得越来越重要。本文基于国外的成功案例,总结案例系统中存在的中心服务器负载过重及用户数据获取缓慢的问题,结合多 Agent 技术,改进原系统的单一结构,建立起更加灵活的新模型架构,并结合医院的挂号系统对数据进行预取,就原系统问题的解决进行了有益的探索,并将方案运用于国内项目进行初步尝试。由于医疗信息整合的研究尚属于新的领域,本研究仍存在许多可以改进的问题,比如可依照 Agent 的智能性设计具有预测功能的 Agent,对用户可能感兴趣的病人信息进行预测,并只对预测到的病人信息进行预取,从而更进一步提升系统的性能。

参考文献:

- [1] 郑西川,秦环龙.跨医院患者临床信息数据访问方案的实现[J].医疗卫生装备,2007,28(7):41-43.
- [2] 张俊平,李琦.美国路易斯安那州区域卫生信息组织的建设与成功经验[J].中国数字医学,2008,4(1):37-39.
- [3] 余腊生,彭杜威.基于 Agent 的智能化学习平台的研究[J].计算机应用与软件,2008,25(2):99-102.
- [4] 张峰庆,查杰民.Agent 在系统集成中的应用[J].计算机工程与设计,2005,26(1):191-193.
- [5] 郑山红,杜海波.基于 Agent 技术的医疗信息整合研究[J].东北师大学报(自然科学版),2009,41(2):58-62.
- [6] 李晓瑜.多 Agent 系统的合作机制研究[J].太原科技,2009(6):74-76.
- [7] 王宏生.人工智能及其应用[M].北京:国防工业出版社,2008:258-259.
- [8] 郑山红,邹宽城.医院信息系统智能应用平台的研究[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2008,24(3):366-373.

(上接第 4196 页)

- [2] BAHK KHALIL M K, SVOBODA J, BHAT R B. Modeling of swash plate axial piston pumps with conical cylinder blocks[J]. Journal of Mechanical Design, 2004, 126(1):196-200.
- [3] 钟伟弘,关保国,张善青.步进电机的驱动及微机控制[J].天津理工大学学报,2000,16(2):66-68.
- [4] 周忠辉.步进电机驱动的实现方法[J].仪表技术与传感器,2004, 11:61-62.
- [5] 卿树友,高潮,胡学东,等.基于 MSP430F149 单片机的便携式数据采集仪[J].重庆大学学报(自然科学版),2005,28(7):31-33.
- [6] 郭玉辉,王彦瑜,李小强,等.基于 MSP430F149 单片机的真空远程控制系统[J].仪表技术与传感器,2004(8):24-25.
- [7] 朱海君,李桂花,敬岚,等.基于 MSP430F149 单片机的 SDRAM 控制程序设计[J].微计算机信息,2005,21(2):109-110.
- [8] 魏小龙.MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002:1-190.
- [9] 胡大可.MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M].北京:北京航空航天大学出版社,2001:1-8.
- [10] 孙敏,常越.基于 MSP430 步进电机驱动位移检测系统的研制[J].电气传动,2003(5):31-33.
- [11] 张朋涛,肖世德,黄灿泉.基于 MSP430 单片机的步进电机控制系统设计[J].机电工程技术,2005,34(11):36-37.
- [12] 孟英红,齐婉玉,段学锋.用 L297, L298 组成步进电机驱动电路[J].仪器仪表学报,2003,24(4):573-574.
- [13] 向海健.基于 L297/298 的步进电机工作模式的单片机接口[J].微计算机信息,2007,26:302-303.