

基于 ATmega16 的无刷直流电机调速系统

莫易敏,姚琳,汤春球

(武汉理工大学 机电工程学院,湖北 武汉 430070)

摘要:自动离合器取消了离合踏板,采用电控驱动装置实现自动离合。针对自动离合器接合过程中要实现平稳接合与快速分离的问题,采用无刷直流电机来驱动离合器执行机构。介绍了用于驱动离合器执行机构的无刷直流电机调速系统,系统以 ATmega16 为核心实现快速控制,以脉冲宽度调制(PWM)调速技术实现了稳定调速,用 ZLG7290 芯片实现了各数据的显示。研究结果表明,与常规调速系统相比,该调速系统具有调速范围宽、动态响应性能良好和系统稳定等优点,能够满足自动离合器自动控制的要求。

关键词:自动离合器;直流电机;ATmega16;脉冲宽度调制

中图分类号:TP21;TM3

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)06-0058-04

A brushless DC motor speed control system based on ATmega16

MO Yi-min, YAO Lin, TANG Chun-qiu

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Automatic clutch's clutch pedal is unfixed and electronic control device is put to use in automatic clutch. Aiming at the problem of stable engaging and fast release in the process of Automatic clutch's engaging, a brushless DC motor was picked to drive the clutch's actuator. A brushless DC motor speed control system which used to drive the automatic clutch's actuator was introduced, using ATmega16 for the purpose of fast control, the pulse width modulation(PWM) was used to realize stable speed regulation and ZLG7290 was used to show some kinds of data. The results indicate that, compared with other speed control systems, this system owns its advantages, such as wide speed range, nice dynamic response property, good stability and so on. Furthermore, it can satisfy the request of automatic clutch.

Key words: automatic clutch system(ACS); DC motor; ATmega16; pulse width modulation(PWM)

0 引言

在行车过程中,驾驶员需要不断地换挡来实现驾驶要求,可以说驾驶员的工作十分繁重,很容易产生驾驶疲劳,这就对汽车离合器的操纵舒适度提出了进一步的要求^[1]。电控自动离合器(ACS)是将离合器通过机械、电子、液压来实现自动控制,配备 ACS 的车又称半自动档车,它取消了离合踏板,加装电控离合器驱动装置以实现自动离合,同时又保留了手动换挡,因此它兼具了手动档车与自动档车的优势^[2]。此外,ACS 由于控制系统任务单一,对原车的改动较小,价格便宜,非常适合于低成本的微车车型。

汽车离合器的接合过程比较复杂,为保证操纵机

构在承受一定踏板力的情况下,使离合器实现快速分离和平稳接合,研究 ACS 中驱动离合器操纵机构的电机的各项性能,需要设计一套电机的调速系统。本研究主要介绍此调速系统的设计方案。

1 系统功能概述

ACS 由电动机、离合器操纵机构、电控单元、电机驱动器、传感器、线束、显示单元等部件组成。由电机驱动的 ACS 操纵机构简图^[3]如图 1 所示。

该机构由电机带动螺杆旋转,螺母将旋转运动变成直线运动,推动拉索的移动,由拉索带动分离杠杆、分离拨叉的运动,从而实现离合器的接合与分离。因此,为了满足离合器自动操作的要求,该电机应该符合以下要求:

收稿日期:2010-01-14

作者简介:莫易敏(1960-),男,湖南桃源人,教授,博士生导师,主要从事表面工程、摩擦学、机电一体化等方面的研究。E-mail: moyimin@mail.

whut.edu.cn

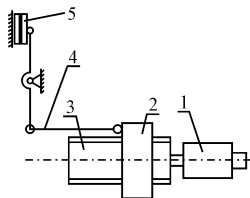


图1 离合器操纵机构简图

1—电机;2—螺母;3—丝杆;4—分离杠杆;5—离合器

(1) 能够正/反转,保证离合器的平稳接合与快速分离。在带载的情况下,能够快速地进行正反转,以实现离合器的平稳接合。

(2) 有一定的转速范围,根据离合器的接合规律,有快速分离、快速接合、慢接合等几个过程,因此电机应能够在一定转速范围内进行加/减速^[4]。

(3) 响应速度、控制精度要符合离合器平稳接合的要求,分离时间应控制在0.5 s内。离合器的工作非常复杂,在起步换挡过程中,受到负载变化、爬坡、驾驶员意图等因素的影响,故它对自动控制系统有着高而复杂的要求,因此,驱动电机的响应性成为控制过程中的重点^[5]。

由于无刷直流电机具有结构简单、响应迅速、调速方便等优点,为实现控制要求,本研究选择无刷直流电机为操纵机构的驱动电机。此外,采用高速的 ATmega16 单片机为核心 CPU 和动态响应性能好的 PWM 技术进行调速,以保证电机驱动能满足操纵机构的控制要求。该系统的主要功能有:

(1) 启动/停止功能,测试电机启动/停止时的响应性能,观察其是否能快速响应。

(2) 正/反转功能,测试电机是否能够快速实现正/反转。

(3) 加/减速功能,测试该系统的调速范围,电机在低速、高速时带负载的能力及调速时的响应性能。

(4) 显示功能,传送和显示各种数据。在调速过程中,用于显示占空比,根据占空比可以推算出此时电机的转速。

2 PWM 调速原理

目前,最常用的电枢控制方法是脉宽调制(PWM)调速技术,它以控制简单、动态响应良好、调速范围宽等优点而成为电力电子技术中应用较为广泛的控制方式。PWM 调速方法的原理就是控制电枢电压 U_c 的大小来改变转速 n 的大小。其基本原理如图2所示。

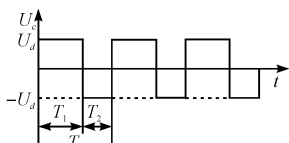


图2 PWM 波形图

无刷直流电机的机械特性公式与他励直流电机机械特性公式相同^[6],即:

$$n = \frac{U_c}{K_e \Phi} - \frac{R}{K_e K_t \Phi^2} T \quad (1)$$

式中 n —转速; U_c —电枢电压; R —电枢回路电阻; φ —每极磁通; K_e 、 K_t —电动机结构常数。

从这个公式可以看出,当其他变量恒定时,转速 n 与电枢电压 U_c 成正比关系。

图2中, U_c 为电枢电压, U_d 为加在电枢两端电压的幅值。则它们的关系为^[7]:

$$U_c = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2} \right) U_d \quad (2)$$

在 PWM 调速原理中,高电平与整个周期的时间的比值称为占空比,在图中,占空比为 T_1/T 。则上式又可以改写为:

$$U_c = \left(2 \frac{T_1}{T} - 1 \right) U_d \quad (3)$$

PWM 调速通过改变占空比的大小来改变电枢电压的大小,最后达到调速的目的。

3 系统的硬件设计

3.1 ATmega16 单片机简介

ATmega16 单片机是具有 16 KB 系统内可编程 Flash 的 8 位微控制器,它有 2 个 8 位定时/计数器 T/C0 和 T/C2,1 个 16 位定时/计数器 T/C1。T/C1 的相位修正模式和相频修正模式都是基于双斜坡工作的,能获得高精度的 PWM 波形。与单斜坡方式相比,双斜坡操作可获得的最大频率低一倍,但由于波形的对称性,它们十分适合于电机控制应用^[8]。在本系统中,用 16 位的定时器 T1 工作于相位修正模式来产生 PWM 波形,可获得较宽频率的脉冲波。

3.2 硬件系统设计

系统的工作原理如图3所示。系统主要以 ATmega16 为核心 CPU,由电源电路、复位电路、按键电路、显示电路等外围电路所组成。

该系统的工作原理:通过按键电路改变相应的 I/O 口的状态,经单片机处理后,通过 I/O 口将启动信号、正/反转信号和 PWM 信号(加速、减速)传给直流电机控制器,由控制器控制电机的运转。PWM 波的占空比由 TWI 接口通过 ZLG7290 传送给数码管进行显示。同时,电源电路提供 5 V 电源,复位电路用于初始化单片机,晶振电路提供了 16 MHz 的外部晶振,JTAG 电路用于仿真调试。

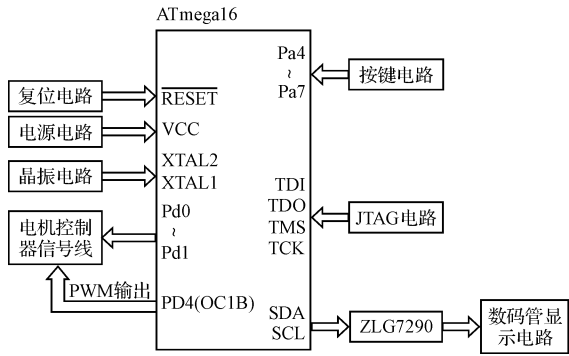


图 3 系统工作原理图

3.3 显示电路

ZLG7290 是具有 I²C 接口的键盘及 LED 驱动器,它可以驱动 8 位共阴数码管或 64 个独立 LED 和 64 个按键。ZLG7290 有 24 个引脚,其中 SDA 和 SCL 为 I²C 总线接口,Dig7 ~ Dig0 为 LED 显示位驱动及键盘扫描线,SegH ~ SegA 为 LED 显示段驱动及键盘扫描线。以 ZLG7290 芯片为核心的显示电路如图 4 所示。以 7290 来驱动数码管的显示,可以减少单片机上引脚的使用,同时该显示电路还可用于系统中其他参数的传送与显示。

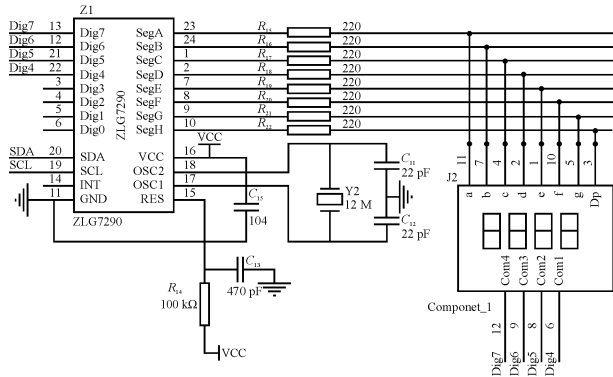


图 4 显示电路

ATmega16 的 TWI 接口是对 I²C 总线接口的继承与发展,是基于半双工工作模式的简单而灵活的通讯接口。它具有两根双向传输线:数据线 SDA 和地址线 SCL,通过这两根传输线,ATmega16 可以与不同的设备之间进行通信^[9]。此显示电路就是通过这两个接口将单片机的数据传送给 ZLG7290,由 Dig7 ~ Dig4 进行位选,SegH ~ SegA 段选而驱动 4 位数码管显示。

4 软件设计

系统的主程序流程图如图 5 所示。程序是在 AVR 的专用程序编译平台 GCC 上完成的,在仿真平台 AVR Studio 上进行仿真。主程序首先进行 I/O 端口、计时器、TWI 等的初始化,然后进入单片机所要求的

while(1)死循环,在循环中不断判断各个按键的状态,若按键按下了就执行相应的程序,最后进入显示程序。

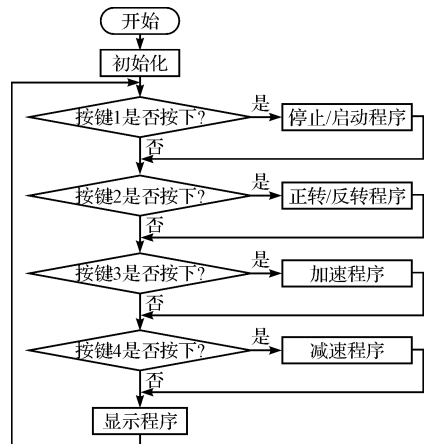


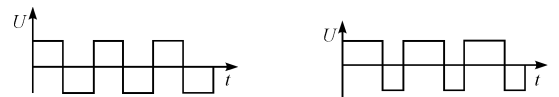
图 5 主程序流程图

在此系统中,ATmega16 的晶振频率为内部晶振 1 MHz,试验中 PWM 波的频率为 2 kHz 时,调速效果最好。其中,调速程序(加速、减速)如下:

```
void PWM(int B_data) //PWM 调速
{
    DDRD |= 0x30;
    TCCR1A |= 0x63; //A 脚占空比 50%,B 脚比较匹配时清零
    TCCR1B |= 0x11; //相位修正 PWM,11 模式,无预分频
    OCR1A = 250; //频率 2 000 Hz
    OCR1B = data; //匹配数据
}
```

调速程序由定时/计数器 1 输出 PWM 波来控制^[10],OCR1A 寄存器的值影响 PWM 波频率的大小。OCR1B 与 OCR1A 的比值即为此工作模式下的占空比,运行时,通过按下按键调用相应的程序来改变 OCR1B 寄存器的值,即通过改变占空比来改变速度。

研究表明,当 OCR1A 寄存器为 250 即 PWM 波的频率为 2 kHz 时,电机运行最为良好。此时,按下按键改变 OCR1B 寄存器的值,就可以调节电机的速度。不同占空比时的波形如图 6 所示,在带有一定负载的情况下,操纵机构拉索收紧时间可控制在 0.5 s 内,满足离合器快速分离的要求。在任何情况下,电机可以实现快速启动/停止和正/反转。



(a) OCR1B寄存器为125(即占空比为50%)时PWM的波形 (b) OCR1B寄存器为187时PWM的波形

图 6 不同占空比时的波形

5 结束语

本研究首先对自动离合器的操纵需求作了介绍, (下转第 99 页)

在实际情况下,采用多路径路由算法改善的结构与应用程序的特点有关,也与应用程序任务的映射关系有关。

5 结束语

本研究提出了一种结合共享缓存和多路径路由算法的新方法,该方法能充分利用整个片上网络架构的通信资源。多路径路由算法能从所有可利用的路径中通信,这样可以平均地把通信任务分布到各个路径中,因此可以更好地利用带宽,减少阻塞情况的出现。利用该方法,能显著地减少总的任务运行时间。

参考文献(References):

- [1] MURALI S, MICHELI G D. Bandwidth-constrained mapping of cores onto Noc architecture[C]//In Proc. DATE, 2004;16-20.
- [2] MARCON C. Exploring Noc mapping strategies: An Energy and Timing Aware Technique[C]//In the Proc. of DATE, 2005;502-507.
- [3] LEUNG L, TSUI C. Optimal link scheduling on improving best-effort and guaranteed services performance in Network-

on-Chip systems[C]//In DAC06: Proceedings of the 43rd annual Conference on Design Automation,2006;833-838.

- [4] HU J, MARCULESCU R. Application-Specific Buffer Space allocation for Networks-on-Chip Router Design[C]//In the Proc. of ICCAD,2004;354-361.
- [5] MURALI S, ATIENZA D, BENINI L, et al. A multi-path routing strategy with guaranteed in-order packet delivery and fault-tolerance for networks on chip[C]//In Proceedings of the 43rd ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC'06), San Francisco, Calif, USA,2006;845-848.
- [6] DUATO J, YALAMANCHILI S, NI L. Interconnection Networks, an Engineering Approach[M]. IEEE Computer Society Press,1997.
- [7] HANSSON A. A unified approach to constrained mapping and routing on network-on-chip architectures [C]//Proc. ISSS,2005;75-80.
- [8] STERGIU S. XpipesLite: a Synthesis Oriented Design Library for Networks on Chips[C]//Proc. DATE,2005;1183-1193.
- [9] DICK R P, RHODES D L, WOLF W. TGFF: task graphs for free [C]. Proc. Int. Workshop on Hardware/Software Co-design,1998.

[编辑:张翔]

(上接第 60 页)

然后介绍了一种用来控制 ACS 操纵机构的调速系统,选取了快速有效的调速方法,建立了系统的硬件、软件模型,并对调试结果作了分析。目前,该系统已在项目中得到有效的运用,从调试结果来看,整个系统具有调速范围宽、响应迅速和运转平稳等优点。由于该系统具备无刷电机的好特性及 AVR 单片机高速低成本等优点,有望在扩展系统的功能后使其应用于低成本的 ACS 控制系统中,完全实现离合器的自动离合控制。

参考文献(References):

- [1] 于共增,吴铃海,周建军. 汽车离合器操纵舒适度的模糊综合评价研究[J]. 机电工程,2009,26(3):69-72.
- [2] 席军强,陈慧岩,丁华荣. 电机驱动式自动离合器可行性研究[J]. 车辆与动力技术,2001(2):1-5.
- [3] 叶明,泰大同,刘振军. 直流伺服电机驱动的自动离合器控制[J]. 机械设计与研究,2003,19(2):35-37.

- [4] 谢先平,王旭东,吴晓刚,等. 自动离合器位置跟踪神经元自适应 PID 控制[J]. 电机与控制学报,2008,12(5):555-560.
- [5] 何忠波,张培林,李国章,等. 载重汽车自动离合器坡道起步控制策略与试验研究[J]. 军械工程学院学报,2004,16(2):32-36.
- [6] 邓星钟. 机电传动控制[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2000.
- [7] 马书雷,张立勋,杨双华. 用 AVR 单片机实现直流电机 PWM 调速[J]. 应用科技,2000,27(10):13-15.
- [8] 张军,宋涛. AVR 单片机 C 语言程序设计实例精粹[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [9] 汪海波,王卓然,耿德根. 深入浅出 AVR 单片机[M]. 北京:中国电力出版社,2008.
- [10] 陈宇,乌日图. 无刷直流电动机双闭环调速系统[J]. 轻工机械,2009(1):76-79.

[编辑:张翔]