

车载 CCD 随动系统

彭善琼

(吉首大学 物理科学与信息工程学院, 湖南 吉首 416000)

摘要: 通过硬件设计、控制程序的编写, 详细介绍一种基于单片机控制的 CCD 随动系统。该系统接收到驾驶员手中的方向盘旋转角度信号后, 驱动安装 CCD 的旋转平台旋转。为获得较好的随动性, 控制系统采用 AD 转换技术, 利用单片机对信号处理速度快、的特点, 使系统的实时性更好。

关键词: 步进电机; 旋转变压器; 单片机; CCD

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)03-0078-04

CCD Following System on the Car

Peng shanqiong

(School of Physics Science and Information Engineering, Jishou University, Jishou Hunan 416000, China)

Abstract: A CCD following system based on singlechip controlling is introduced according to hardware and control program designing. After receiving the signal of the circumrotating angle from the steering wheel, the diving CCD on the circumrotate platform can circumrotate. This system adopts AD conversion technology and makes use of the characteristics of singlechip speed treating with signal can get more real time character.

Key words: stepping motor; circumrotating transformer; singlechip controlling; CCD

0 引言

步进电机作为一种电气执行元件, 广泛用于控制领域。步进电机有专用的驱动器驱动, 而驱动器的输出由脉冲信号和方向电平控制。每一个脉冲使步进电机转动一个固定的角度, 这个角度称为步进角。脉冲个数决定旋转角度, 脉冲频率决定步进电机的旋转速度, 方向电平决定步进电机的旋转方向。

本文所介绍的方案是用单片机控制的 CCD 随动系统, 要求 CCD 的方位与驾驶员手中的方向盘保持随动, 而 CCD 安装在由步进电机带动的旋转台上, 方向盘上安装测角元件 (旋转变压器)。车辆驾驶过程中, 随着方向盘的旋转, 旋转变压器发送相应的角度信号传入单片机, 再由单片机发出步进脉冲及方向电平, 从而控制步进电机转动。为了提高步进电机的步进精度和稳定, 把步进电机的控制脉冲进行细分, 把每一步距分为 N 小步完成。由于此系统是一个随动系统,

要求实时性好、定位准确且稳定性好^[1], 所以要求步进电机启动频率比较大, 同时步进电机细分数 N 也比较大。

正余弦旋转变压器实质上是可随意改变一次绕组和二次绕组耦合程度的变压器, 其结构与绕线转子异步电动机相似。定子、转子铁心中各有互相垂直的分布绕组, 转子绕组利用滑环和电刷与外电路连接。当一次绕组励磁后, 二次绕组的输出信号与转子转角成正余弦函数关系, 在控制系统中作角度数据传输。正余弦旋转变压器的电气原理图如图 1。

在一次 (励磁) 绕组 D_1D_2 上施加交流励磁电压 U_{S1} , D_3D_4 绕组短路, 则二次 (输出) 绕组 Z_1Z_2 和 Z_3Z_4 的输出电压 U_{R2} 和 U_{R1} 分别为:

$$U_{R1} = K_U \times U_{S1} \cos \theta, \quad (1)$$

$$U_{R2} = K_U \times U_{S1} \sin \theta, \quad (2)$$

式中: K_U 为变比 (即空载最大输出电压与励磁电压之比);

收稿日期: 2008-03-23

作者简介: 彭善琼 (1973-), 女 (土家族), 湖南吉首人, 吉首大学副教授, 硕士, 主要从事微计算机应用的研究。

θ 为转子转角 (励磁绕组轴线与余弦输出绕组轴线间的夹角)。

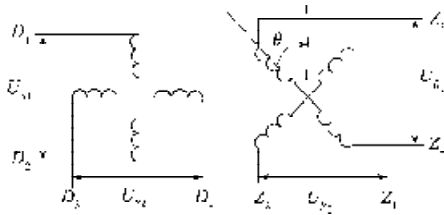


图1 正余弦旋转变压器电气原理图
Fig.1 The principle of the sine-cosine rotary transformer

该系统采用正余弦旋转变压器, D_3D_4 绕组短路, D_1D_2 上施加正弦交流励磁电压 $U_{s1}=U_{SS} \sin 400 t$ 。由式 (1)、(2) 可知, 当方向盘转动时, 转子转角 (θ) 发生变化, U_{R1} 和 U_{R2} 的幅度分别变化, 通过对它们变量的处理来确定转动的方向和角度。

1 硬件设计

1.1 硬件设计思路

控制系统硬件结构如图2, 其中单片机采用 P87LPC767。

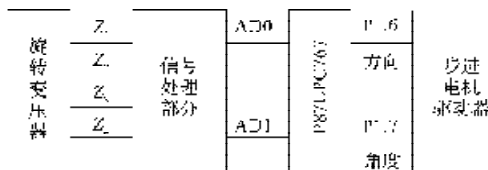


图2 控制系统的硬件结构框图

Fig.2 The hardware frame of control system

方向盘转动使旋转变压器的输出信号发生变化, 通过处理电路进行一定的处理, 再由 P87LPC767 的内部 AD 进行采样, 最后通过 P87LPC767 运算, 产生脉冲和方向电平, 以控制步进电机的驱动器, 从而达到控制步进电机的旋转角度、速度和方向^[2]。

1.2 信号处理部分电路

信号处理部分把旋转变压器的输出信号进行处理, 电路如图3。

旋转变压器 Z_1 、 Z_2 的输出信号 (该信号比较大) 通过运放进行缩小。由运放的基本原理可知, 其衰减因子为 $K=R_3/R_1$; 而电路中同相输入端通过 R_4 接地, R_4 为补偿电阻, 以保证运放输入级差分放大电路的对称性, 其值为 $R_2/R_4=R_1/R_3$ 。接着把缩减后的信号与一个直流电压进行求和, 从而 AD0 口的信号变为 $U_1=KU_{R2} (R_{11}/R_9) +5 (R_{11}/R_{10})$, 其目的是把信号变为 P87LPC767 内置 AD 的电压采样范围 (0~5 V), 而 R_{12} 的作用与 R_4 完全一样, 其值为 $R_9/R_{11}=R_{10}/R_{12}$; Z_3 、 Z_4 的输出信号与 Z_1 、 Z_2 的信号处理完全一样, 将不再叙述。

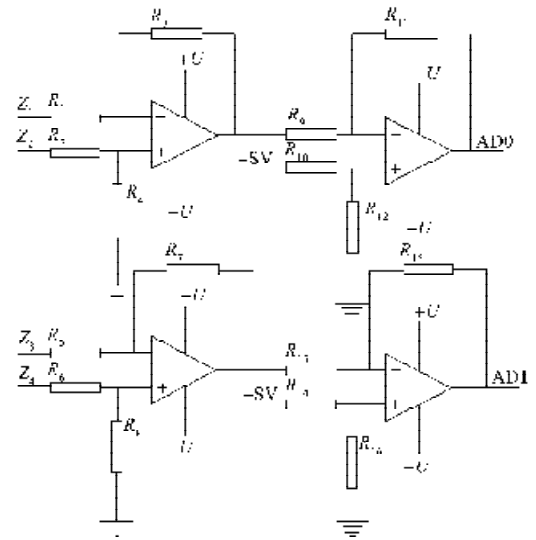


图3 信号处理部分电路图

Fig.3 The part circuit of signal process module

1.3 单片机与驱动器

P87LPC767 通过其内置 AD 转换器对信号 (从 AD0 和 AD1 输入的信号) 进行采样, 再由它对采集而来的数据进行处理、运算转换为角度脉冲和方向电平分别从 P1.6 口和 P1.7 口输出; 步进电机驱动器获得角度脉冲和方向电平, 从而驱动步进电机; 由此步进电机跟随方向盘转动。由图2和图3可知, 此系统的硬件比较简单, 但是通过合适软件设计, 它完全能够准确控制方向, 精确控制角度; 同时具有比较好的实时性, 能达到随动的要求。

2 软件设计

2.1 软件设计依据^[3]

本系统的软件主要是控制 AD 转换器对信号 (从旋转变压器输出, 再经过运放处理后的信号) 的采样, 以及对采样所得数据进行处理和运算, 从而控制方位。软件设计理论依据如下。

图4是转子转角为 θ_0 和 θ_1 时 (θ_0 、 θ_1 是任意连续2次对峰值和谷值的数据采集) AD0 口的输入信号。由于系统对数据处理时间较短, 故 $\Delta\theta (\theta_1 - \theta_0)$ 较小。

1) 方向盘旋转角度 ($\Delta\theta$) 的算法如下:

$$U_{s11} = U_{s10} - U_{s10} - 2KK_U U_{SS} \sin \theta_0,$$

$$U_{s11} = U_{s10} - U_{s10} = 2KK_U U_{SS} \sin \theta_1,$$

$$U_{s10-1} = |U_{s11}| - |U_{s10}| = 2KK_U U_{SS} |\sin \theta_1 - 2KK_U U_{SS} |\sin \theta_0| =$$

$$2KK_U U_{SS} (|\sin \theta_1| - |\sin \theta_0|),$$

当 θ_1 和 θ_0 为第一、二象限时:

$$U_{s10-1} = 2KK_U U_{SS} (\sin \theta_1 - \sin \theta_0) = 4KK_U U_{SS} \cos \theta_0 \sin (\Delta\theta/2);$$

(3)

当 θ_1 和 θ_0 为第三、四象限时:

$$U_{s0-1} = -2KK_U U_{SS} (\sin\theta_1 - \sin\theta_0) = 4KK_U U_{SS} \cos\theta_0 \sin(\Delta\theta/2) \quad (4)$$

由式(3)、(4)可知

$$|\Delta\theta| = \frac{U_{s0-1}}{2KK_U U_{SS} |\cos\theta_0|} \quad (5)$$

由式(5)可以确定从 θ_0 到 θ_1 方向盘旋转角度。P87LPC767按照上面的算法,算出转子转角从 θ_0 转到 θ_1 这段时间转的角度,再由脉冲与角度的关系,把角度转化为脉冲,控制步进电机的转动角度^[4]。

2) 方向盘旋转方向确定的算法如下:

$$U_{C0} = U_{C0a} - U_{C0b} = 2KK_U U_{SS} \cos\theta_0$$

当 U_{S0} 和 U_{C0} 的符号相同时,由于 $K_U > 0$ 、 $U_{SS} > 0$,所以 $\sin\theta_0$ 和 $\cos\theta_0$ 同号,故 θ_0 是第一、三象限的角;当 U_{S0} 和 U_{C0} 的符号相反时,同理可得 θ_0 是第二、四象限的角。判断完象限后,再根据 U_{S0-1} 的符号判断方向盘的旋转方向。

根据式(3)、(4)可知,当 U_{S0-1} 为正,且 θ_0 是第一、三象限的角时,转子转角在增加,方向盘按逆时针旋转;当 U_{S0-1} 为正,且 θ_0 是第二、四象限的角时,转子转角在减少,方向盘按顺时针旋转;当 U_{S0-1} 为负,且 θ_0 是第一、三象限的角时,则转子转角在减少,方向盘按顺时针旋转;当 U_{S0-1} 为负,且 θ_0 是第二、四象限的角时,则转子转角在增加,方向盘按逆时针旋转。单片机按上面的判断方法判断旋转方向,从而控制方向电平。

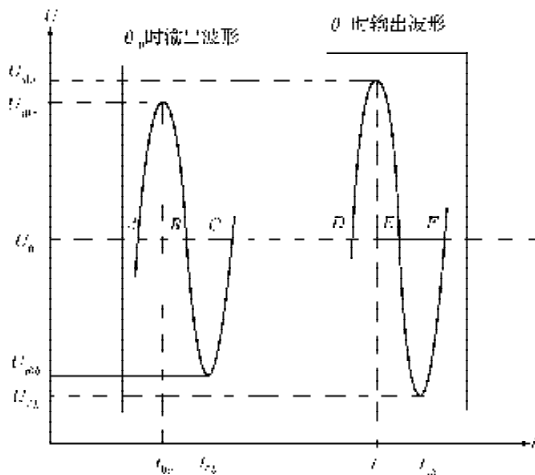


图4 AD0口输入信号
Fig.4 Input signal of port AD0

2.2 AD采样模块

AD采样的流图如图5所示。根据所使用的算法可知,所要采的是转角为 θ_0 和 θ_1 时AD0口输入信号的峰值和谷值,以及AD1口输入信号的峰值和谷值。由于 θ_0 和 θ_1 是2个不确定的角度,所以峰值和谷值是不确定的。由此采峰值和谷值比较困难,因而采它们的

零点(A、B、C..., 这些点的 U_0 值是不变的)。找到零点以后,延迟1/4周期就可采到峰值或谷值点,再延迟1/2周期就可采到谷值或峰值点。这样,将可以采到所需要的值。为了找准零点,使用求平均的方法,连续采4个值,对4个值求平均,如果均值等于零点值,那么,这4个点的中间时刻就是出现零点的时刻。

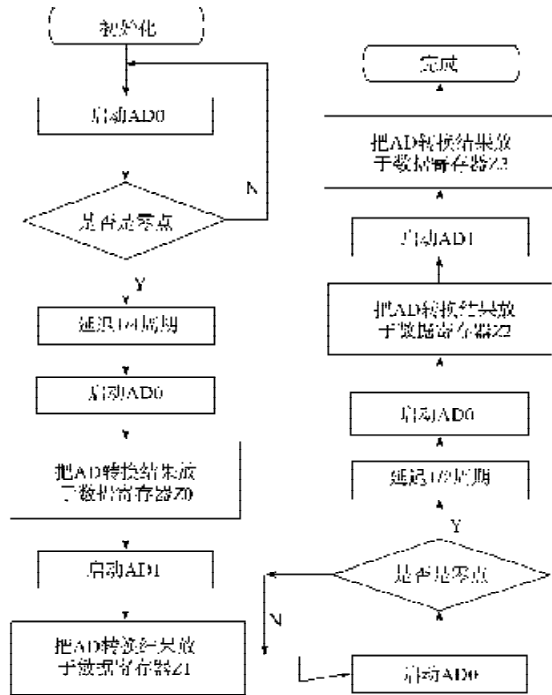


图5 AD采样流图
Fig.5 AD sampling flow chart

2.3 方向控制模块^[5]

方向控制模块流图如图6所示,此流图完全按照上面方向判断的算法,只要准确判断出 θ_0 和 θ_1 的象限,以及AD0输入信号在转子的转角 θ 从 θ_0 (t_0 时刻)到 θ_1 (t_1 时刻)时幅值的增减性,就可以判断出旋转方向。

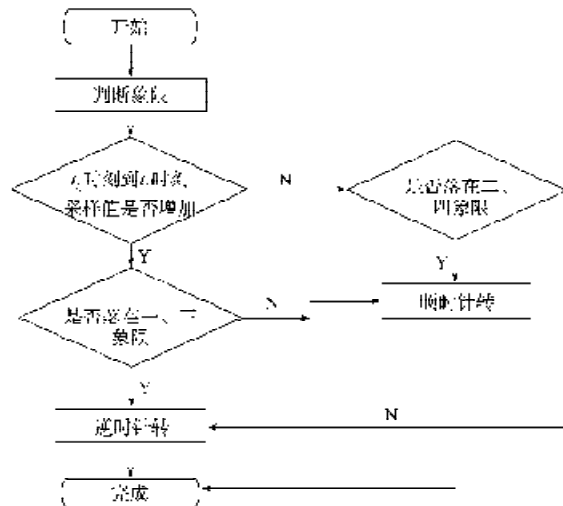


图6 旋转方向判断流图
Fig.6 The rotary angle flow chart

2.4 角度控制模块

由图7可知,步进电机的角度控制步骤如下:先把转角为 θ_0 (t_0 时刻)和 θ_1 (t_1 时刻)时的AD0口输入信号幅值差的绝对值乘以脉冲与旋转角度比值,再去除以转角为 θ_0 或 θ_1 时的AD1口输入信号幅值和传动比。这样先乘后除可以减少运算误差。由于单片机只能进行整数运算,如果先除而后乘,把它除时所带的余数丢失,再用商去乘,那么所丢失的数是余数乘以乘数,它带来较大的误差。不把余数丢失,而是把它进行处理,将使运算变得更加复杂,而运算精度和先乘后除不变^[6]。

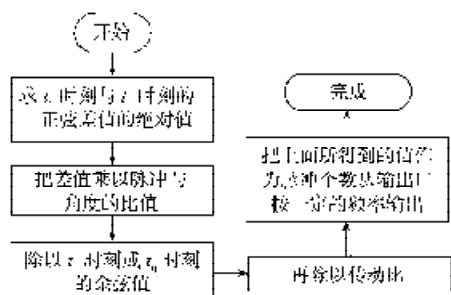


图7 角度控制流程图

Fig. 7 The chart of angle controller

随动性和实时性均可达到95%左右,证明此控制系统有较好的随动性和实时性,同时具有较高的控制精度,是一种可行的电气控制方案。

参考文献:

- [1] 黄先祥, 张志利, 刘春桐. 基于步进电机高精度细分的自动定位系统[J]. 测控技术, 1998, 18(3): 39-40.
- [2] 王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [3] Wang Ming-Shyan, Huang Chih-Kai, Chang Chia-Ming. Fuzzy control for a servo system with matching devices[J]. IEEE International Conference on Mechatronics, 2005(July): 727-732.
- [4] 王鸿钰. 步进电机控制技术入门[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- [5] 刘小山. 单片机在步进电机控制系统中的应用[J]. 机电工程技术, 2004(1): 69-71.
- [6] Li Bo, Sun Li, Kang Erliang, et al. High Performance and Full Digital AC Position Servo System[C]//Proceedings of the Eighth International Conference on Electrical Machines and Systems. [s.l.]: [s.n.], 2005: 1869-1872.

(责任编辑: 张亦静)

3 结语

用本方案做出的控制系统经过4个月的运行考核,

我校与中国南车集团签订全面合作协议

2008年5月14日,湖南工业大学校长王汉青与南车株洲电力机车研究所有限公司执行董事、总经理兼党委副书记廖斌就校企全面合作签约,株洲市委副书记夏文星等领导应邀参加签字仪式。

校企全面合作签字协议由湖南工业大学党委副书记、副校长彭小奇主持,双方就联合建设申报研究生学位授权学科、合作建设研究生培养创新基地、合作建设先进包装材料与技术重点实验室、毕业生就业、董事单位定向招生、成人学历教育等6个方面签订了全面合作协议。湖南工业大学校长王汉青,南车株洲电力机车研究所有限公司总经理廖斌在全面合作协议签字仪式上发表了简短讲话。双方表示,湖南工业大学与南车集团公司有着深厚的友谊,长期以来,南车集团公司在教学科研、贫困助学等方面为学校提供了很多帮助,学校也在人才培养、科学研究等方面为企业做出了不懈努力。此次全面合作协议的签订,必将有效保障双方的长期合作,构筑广阔的双赢平台。

市委副书记夏文星出席签字仪式并发表了热情洋溢的讲话,他说,中国南方机车车辆工业集团公司是从事铁路机车车辆和城市轨道交通车辆设计、制造与服务的大型企业集团,湖南工业大学在推进湖南新型工业化、中国包装现代化进程中为社会输送了大量优秀人才。校企均地处株洲,为地方经济建设发展做出了巨大贡献,校企开展全面合作,必将有力推动地域经济快速、协调、健康发展。

湖南工业大学和南车株洲电力机车研究所有限公司的有关领导参加了签字仪式。