

· 电路与控制 ·

数控变速调焦控制电路的设计

杨金宝, 杨桦, 王楠, 朱敏, 张挺

(北京环境特性研究所, 北京 100854)

摘要: 设计并实现了数控变速调焦控制电路, 该电路基于双极性三极管(PNP型和NPN型), 使之工作在射极输出器状态, 对电机进行驱动。FPGA接收上位机的控制信息, 对电机转动进行高精度控制; DA数模转换器产生可调模拟电压, 调节电机的转速; 模拟减法器产生PNP型和NPN型三极管的基极控制电压, 保证电机正反转转速一致。仿真和实验表明, 该电路工作稳定, 结构简单, 无需继电器, 减小了体积, 提高了稳定性, 有利于产品的小型化, 可广泛用于电动镜头内电机手动调焦和自动聚焦等场合, 提高了调焦精度。

关键词: 变速调焦; 控制电路; 三极管; 减法器

中图分类号: TN710.2; TN79*2

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-01-0068-03

Design of Numerical Control Focusing Circuit with Variable Speed

YANG Jin-bao, YANG Hua, WANG Nan, ZHU Min, ZHANG Ting

(Beijing Institute of Environment Features, Beijing 100854, China)

Abstract: A numerical control focusing circuit with variable speed is designed and implemented. Based on bipolar transistors such as PNP and NPN, the circuit is in the operation state of an emitter follower to drive the motor. The control information from upper computer is received by FPGA to control the motor accurately. The rotating speed of the motor can be adjusted through adjusting analog voltage generated by DA converter. The rotating speed of the motor is kept consistent by the base control voltage of PNP and NPN generated by an analog subtracter. Simulation and experimental results show that the circuit is in stable operation state, has simple structure without a relay, low volume and good stability, which can be used in focusing motors of lens widely.

Key words: focusing with variable speed; control circuit; transistor; subtracter

视频监控等光电成像领域, 变焦和聚焦等调焦装置不可或缺, 它能够有效的使目标图像清晰地聚焦在光电探测器的焦平面上, 如果调焦不当, 包括过调或欠调, 焦平面将不能对目标进行清晰成像^[1]。当前镜头调焦电机大致分为两种, 一种为直流式电机^[2-4], 一种为步进式电机^[5-7]。直流电机的驱动方式一般通过直接加载驱动电压, 电机转动, 驱动电压一般为6~12 V, 这种电机是目前电动调焦镜头的主要伺服电机结构; 步进电机采用脉冲工作方式, 通过脉冲频率调节电机转速, 但这种电机体积较大、易出现丢

步或过冲、控制复杂, 在电动调焦镜头中应用较少。

在传统直流驱动电机的控制基础上, 创新性设计了基于直流电机的数控变速调焦电路, 避免了传统直流电机调焦电路转速固定的缺点(通过加载固定电压使电机转动), 具有广泛的应用前景。

1 调焦电路设计

数控变速调焦控制电路可对电机的转速、转向和转动时间进行有效调节, 其主要由四部分组成, 分

收稿日期: 2013-10-14

基金项目: 航天自主创新基金(K3010199S142)

作者简介: 杨金宝(1987-), 男, 安徽安庆人, 硕士, 研究方向为光电探测技术。

别为FPGA控制模块、电压变换模块、电机驱动模块和电源模块,其组成如图1所示。

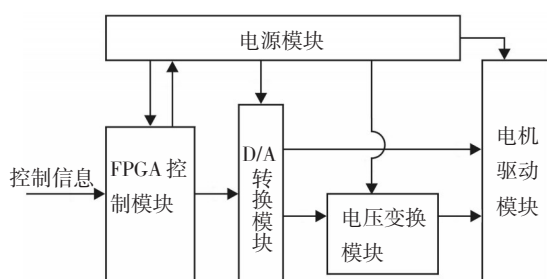


图1 调焦电路原理图

1.1 FPGA控制模块

FPGA控制模块接收上位机的控制信息,对上位机的信息进行接收并译码。包括电机的转向信息、转速信息和转动时间信息等。另外,FPGA依据上位机的控制信息,完成对D/A数模转换器的时序驱动,产生电机速度调节电压。采用XILINX公司FPGA芯片,RS232串行通讯方式,采用Verilog语言自主编写串口通讯驱动和D/A转换器时序驱动等。

RS232串行接口与上位机通过三根信号线连接,分别为发送信号线TxD、接收信号线RxD和公共地线GND^[8]。本次通讯数据格式为1个起始位,8个数据位和1个停止位,通过FPGA产生计数器模块和移位寄存器,在统一波特率时钟驱动下,逐步完成对信号的接收与发送。为保证通讯的正确性,采用8倍波特率时钟,即对每个数据的接收/发送采用8倍波特率时钟周期。

D/A数模转换器采用LINEAR公司LTC1821,该芯片是16位D/A转换器,控制精度较高,D/A转换器的时序驱动主要包括读写控制(WR)、数据装载使能(LD)、数据清零(CLR)和16位数字信号(DATA),其时序关系如图2所示。通过FPGA计数器技术产生图2所示时序,完成对DA的驱动。

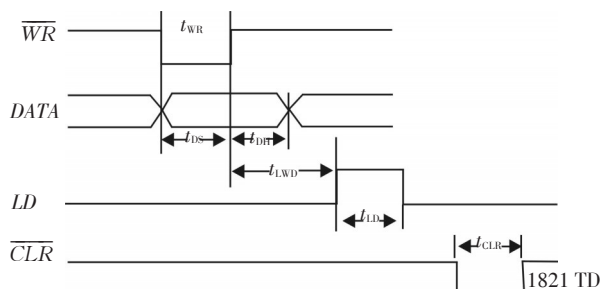


图2 LTC1821时序原理图

1.2 电源模块

电源模块是电路的系统供电部分,对各分模块进行控制。电路采用12V电源供电,通过DC-DC转换器或LDO电源转换芯片产生FPGA、D/A转换器、电压变换模块和电机驱动模块的供电电压。电源模块的另一个重要功能是实现电机的正反向供电控制。电路采用的是直流电机驱动方式,通过FPGA的方向使能信号,采用L298全桥驱动芯片,可有效改变电机驱动模块的供电方向,从而实现对电机的正反向控制。

电源模块的输入电压为12V,通过DC-DC芯片LM1085产生5V电压,通过LDO芯片LM317分别产生FPGA所需的3.3V、2.5V、1.2V等电压,通过AD586产生D/A转换器的参考电压。另外,模拟减法器需要提供±12V的供电电压,为免多电源输入,文中通过正负电压转化芯片MAX775产生-12V供电电源,从而完成电路的总体供电。

1.3 电机驱动模块

电机驱动模块采用晶体三极管作为开关器件,电路如图3所示。三极管(PNP型和NPN型)工作在射极输出器状态,以提供调焦电机的驱动电流和驱动电压。三极管分为NPN型和PNP型,分别驱动电机的正反转。当电机工作在正向时,通过电源模块的L298芯片,电压1为12V,电压2为0V,此时NPN工作PNP截止。经过D/A转换器产生的正向调速电压,可使NPN处于射极输出器状态,从而驱动电机的正转。

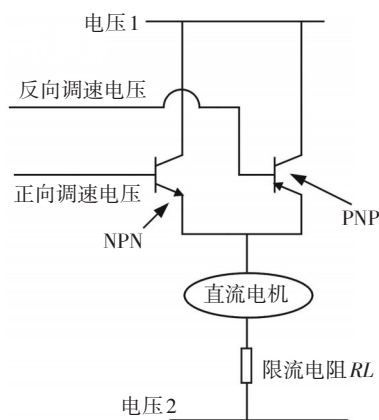


图3 电机驱动电路图

经DA转换器产生的三极管基极控制电压为 V_b (NPN), V_{be} 为晶体管发射结压降,则加载在调焦电机

和限流电阻的驱动电压为

$$V_d(\text{NPN})=V_b(\text{NPN})-V_{be} \quad (1)$$

设电机内阻为 R , 则电机的驱动电流为

$$I_d(\text{NPN})=[V_b(\text{NPN})-V_{be}]/(R+R_L) \quad (2)$$

因此通过调节基极驱动电压可以调节电机的驱动电流, 进而调节电机转速。PNP 三极管工作原理类似, 但为保证正反向转动时电机的转速一致, 当 PNP 工作时, 直流电机与限流电阻的电压应与 NPN 工作时相等, 因此, 由分压原理可知, 加载在 PNP 基极的电压为

$$V_b(\text{PNP})=12-V_d(\text{NPN})-V_{be} \quad (3)$$

$$\text{即 } V_b(\text{PNP})=12-V_b(\text{NPN}) \quad (4)$$

由式(4)可以得到, PNP 的基极电压需经过减法器产生, 即 12 V 减去 NPN 的基极电压。当电机反向工作时, 工作原理与之类似, 这里不再赘述。

1.4 电压变换模块

电压变换模块产生 NPN 和 PNP 的基极控制电压, 二者通过模拟减法器产生。设计的减法器通过通用型模拟运放构成^[9], 如图4所示。

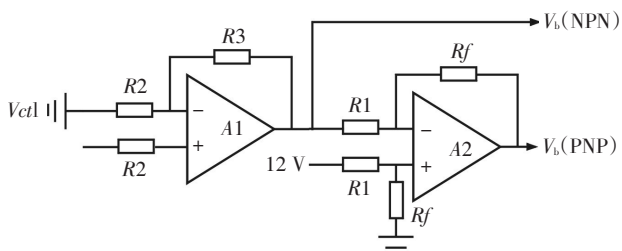


图4 模拟减法器电路图

经过 D/A 输出的模拟电压 V_{ctl} 由于压差较小, 一般小于 5 V, 经过同相运算放大器 A1 完成对 V_{ctl} 的电压调节, 运算放大器构成闭环增益, 通过虚短和虚断原理可知, NPN 的基极电压为

$$V_b(\text{NPN})=(1+R_3/R_2)V_{ctl} \quad (5)$$

为达到 0~12 V 的满量程调节, 当 $R_3/R_2=12/V_{ctl}(\text{max})-1$, 可以得到 $V_b(\text{NPN})$ 的动态范围为 0~12 V。

分析运放减法器, 通过虚短和虚断原理, 可得到以下关系式

$$\frac{R_f}{R_1+R_f}12=\frac{V_b(\text{PNP})-V_b(\text{NPN})}{R_1+R_f}R_1+V_b(\text{NPN}) \quad (6)$$

$$\text{即 } V_b(\text{PNP})=\frac{R_f}{R_1}(12-V_b(\text{NPN})) \quad (7)$$

$$\text{当 } R_f=R_1 \text{ 时, } V_b(\text{PNP})=12-V_b(\text{NPN}) \quad (8)$$

调焦原理电路如图5所示。

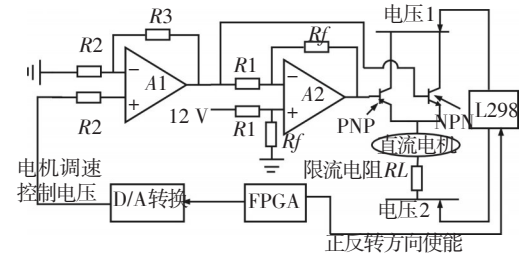


图5 调焦原理电路图

2 调焦电路性能分析与仿真

为进一步分析调焦电路的性能, 构建调焦电路如图6所示。其中电机通过内阻为 39Ω 的电阻模拟, 当为正转时, NPN 晶体管 2N2222A 工作, 电压信号发生器 V1 模拟经过 D/A 转换的模拟电压, 动态范围为 0~5 V, 通过 Multisim 软件仿真得到, 电机两端的最大工作电压为 10.037 V。通过 DC 扫描分析可知, 当 D/A 转换电压在 0~5 V 间变化时, 加载在电机两端的电压如图7所示。当为反转时, PNP 晶体管 2N5401 工作原理与之类似。

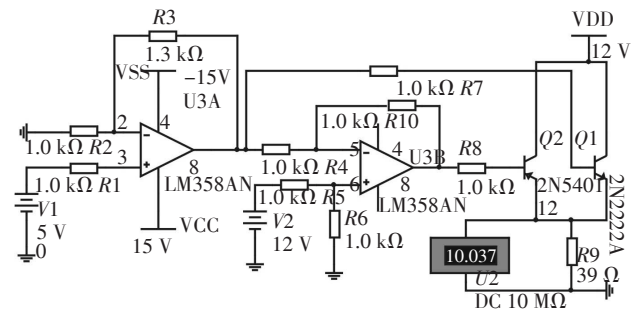


图6 调焦仿真电路图

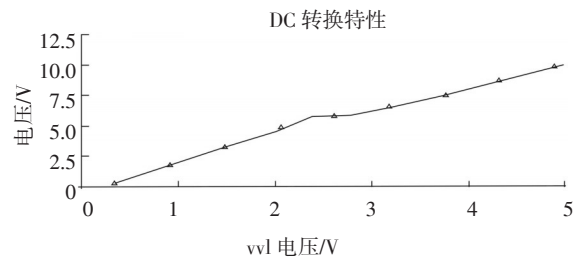


图7 DC扫描分析结果

从图7中可以看出, 当 V_1 的电压在 2.5 V 左右时, 即基极电压为 6 V, 且保持不变, 这主要是由于图6中节点 12 由于 NPN 和 PNP 晶体管的钳位作用, 电压基本保持不变。当电机处于反转状态时, 分析与之类似, 这里不再赘述。通过电路仿真可知, 变速调焦电路设计正确, 性能可靠。 (下转第79页)

将12位AD换成16位甚至24位AD转换器,可以进一步提高测量分辨率。该目标脱靶量测量系统可以广泛应用于微位小移测量的相关领域。

参考文献

- [1] 王孝坤.利用激光跟踪仪测量超长导轨直线度的方法[J].应用光学,2013,34(4):686-689.
- [2] 李广云.LTD500激光跟踪测量系统原理及应用[J].测绘工程,2001,10(4):3-8.
- [3] 余峰,何焯,李松,等.四象限光电检测系统的定位算法研究及改进[J].应用光学,2008,29(4):493-497.
- [4] 夏江涛.太阳能板自动对准装置的设计[J].光电技术应用,

2010,25(1):45-48.

- [5] 顾黎明.合肥光源同步光位置测量中关键技术的研究[D].合肥:中国科学技术大学,2012.
- [6] 司栋森,李增智,王晓旭.采用四象限探测器的智能跟踪定位算法[J].西安交通大学学报,2012,46(4):13-17.
- [7] 张雷,张国玉,刘云清.影响四象限探测器探测精度的因素[J].中国激光,2012,39(6):1-5.
- [8] 郭绍忠,许瑾晨,陈建勋.一种改进的超越函数通用算法[J].计算机工程,2012,38(15):31-34.
- [9] 朱晓临.数值分析[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2010.
- [10] 陈梦苇.基于象限探测器的光斑中心定位算法研究[D].武汉:武汉理工大学,2012.

(上接第70页)

3 电路实际设计与实验

为进一步验证变速调焦电路设计的正确性,对电路进行实际设计与实验。实际电路设计中,选用Xilinx公司XC3S400 FPGA作为可编程控制器件,选用LINEAR公司16位D/A转换器,通过LM358运算放大器、全桥驱动芯片L298和匹配晶体管NPN 2N5551和PNP 2N5401搭建模拟变速调焦电路,实际电路如图8所示。电路通过晶体管作为开关器件,无需继电器,工作稳定可靠。

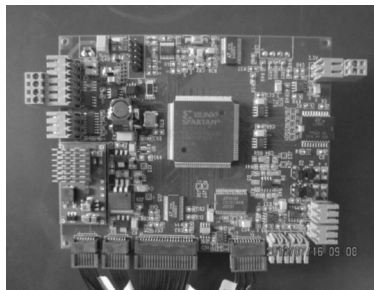


图8 调焦电路实物图

为检测电路的实际工作效果,将电动调焦镜头与变速调焦电路联合调试,镜头选用高清富士能电动变焦镜头HD17X7.5A-YN1。通过实验表明,电路具有良好的变速调节功能,电机的最大工作电压为10.5 V,实际效果达到预定技术指标。

4 结论

通过理论与实验结果表明,变速调焦电路设计

正确,功能可靠,能够有效应用于红外成像、可见光成像等焦距调节应用领域。由于电路具有变速调焦功能,可有效防止在聚焦环节由于过调或欠调引起的图像虚焦问题,另外变速调焦电路还可应用在自动聚焦系统中,特别是分段聚焦算法下,通过变速调焦,在最佳聚焦点搜索阶段采用快速模式,在最佳聚焦点附近采用慢速模式,从而节省聚焦时间,提高聚焦精度。该电路体积小、结构紧凑,无需继电器等机械开关,在视频监控应用领域前景广阔。

参考文献

- [1] 李朝辉,王智,乔克,等.三线阵立体测绘相机高精度调焦技术及实现[J].光电工程,2009,36(10):41-46.
- [2] 贾学志,王栋,张雷,等.轻型空间相机调焦机构的优化设计与精度试验[J].光学精密工程,2011,19(8):1824-1831.
- [3] 黄和平,夏寅辉,安成斌,等.大口径、长焦距红外系统调焦机构设计[J].激光与红外,2005,35(10):745-747.
- [4] 孙利军.用于短弧氙灯的光学调焦机构[J].光电技术应用,2009,27(6):26-28.
- [5] 余孟凤,杨鸣,杨翠翠.基于CPLD的高分辨率视频展台快速自动聚焦方法及实现[J].光学仪器,2010,32(6):24-29.
- [6] 陈笠,俞信,吴旭斌,等.大型光电跟踪系统的调焦控制[J].红外与激光工程,1998,27(4):47-53.
- [7] 丁亚林.空间遥感相机调焦机构设计[J].光学精密工程,2001,9(1):35-38.
- [8] 杨金宝,杨桦,张挺,等.红外热像仪硬件通讯电路的设计与实现[J].光电技术应用,2013,28(2):62-66.
- [9] 康华光,陈大钦,张林,等.电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2006:34-36.