

基于多传感器的无叶风扇控制系统设计*

袁战军¹ 王 瑾²

(1. 陕西国际商贸学院电子工程系 咸阳 712046; 2. 陕西工业职业技术学院信息工程学院 咸阳 712000)

摘要:针对目前无叶风扇自动控制水平低的问题,提出了一种基于多传感器的无叶风扇控制系统设计方案。系统采用热释电传感器 HC-SR501、红外传感器 GP2Y0A02YK0F 分别进行了人体位置及人与风扇之间距离的检测,并运用 PWM 技术控制了无叶风扇的风速。实验测试表明,此系统可跟随人体位置变化自动调整无叶风扇的吹风角度,能根据人与无叶风扇之间的距离控制风扇的出风速度,并在一定范围内为用户提供恒定的吹风速度和良好的吹风感受,较好地实现了无叶风扇的智能控制。

关键词:无叶风扇;多传感器;风速调节;GP2Y0A02YK0F

中图分类号: TN219 TP273 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

Design of the bladeless fan control system based on multi-sensors

Yuan Zhanjun¹ Wang Jin²

(1. Department of Electronic Engineering, Shaanxi Institute of International Trade & Commerce, Xianyang 712046, China;

2. School of Information Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

Abstract: Aiming at the problem of low automatic control level for the existing bladeless fan, a design scheme of the bladeless fan control system based on multi-sensors is presented. The system uses the pyroelectric sensor HC-SR501 and the infrared sensor GP2Y0A02YK0F to detect the body position and the distance between human body and bladeless fan respectively, and applies PWM technology to control the wind speed of the bladeless fan. Experiments show that this system can automatically adjust the blowing angle of bladeless fan in accordance with the body position changes, and can control the wind velocity of bladeless fan according to the distance between human body and bladeless fan. Further, the system can provide constant blowing speed and good blowing feeling for the user within a certain range, and can better realize the intelligent control.

Keywords: bladeless fan; multi-sensor; wind speed adjustment; GP2Y0A02YK0F

0 引言

无叶风扇作为一种新型风扇,可从一个圆环状切口里吹出持续的自然凉风,由于其无叶片并具有节能、环保、安全等优点,因而被广泛应用于有老人和儿童的家庭中^[1]。然而,目前市场上已有的无叶风扇在使用时普遍存在以下几点问题:1)系统无法根据环境温度来控制是否开启风扇送风功能;2)风扇风速大小的调节采用手动档位设定法,无法根据人与风扇之间的距离实时调节风速;3)无叶风扇的送风重复机械性的左右摆动,无法根据人体位置变化及时调整送风角度^[2]。

针对以上存在的问题,提出了一种以多传感器为核心

的无叶风扇控制系统设计方案;采用热释电传感器完成人体位置检测,并通过风扇转角控制电路改变无叶风扇的旋转角度,使风扇对准人体吹风;使用红外测距传感器进行距离检测,进而实现风扇风速的智能调节。同时,还详细介绍了系统的硬件电路、软件程序的设计方法和实验测试结果。

1 系统结构及工作原理

基于多传感器的无叶风扇控制系统的结构如图 1 所示。该系统主要由电源电路、温度设定电路、温度采集电路、位置检测电路、距离检测电路、风扇转角控制电路、风扇风速调节电路及液晶显示电路等部分组成。

收稿日期:2017-08

* 基金项目:咸阳市科学技术研究计划项目(2016k02-06)、陕西省科学技术研究发展计划项目(2013K07-44)资助

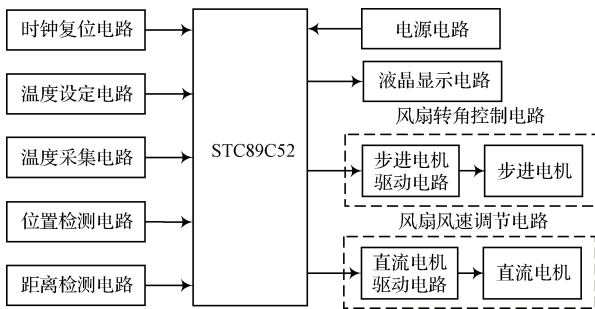


图1 无叶风扇控制系统的结构

其工作原理如下:首先,系统由温度采集电路检测环境温度,当环境温度小于设定温度时,继续进行温度采集;直到环境温度大于设定温度时,系统才利用位置检测电路和距离检测电路检测在设定的吹风范围之内是否有人。如果检测到无人,系统将通过风扇转角控制电路改变风扇转角,并继续进行检测,直到有人在吹风范围之内为止;若检测到有人,系统将根据所测得的人与风扇之间的距离,通过风扇风速调节电路控制直流电机的转速,从而改变无叶风扇圆环状切口的出风速度,实现对风扇吹风速度的调节;同时,系统可利用液晶显示电路实时显示采集到的环境温度、设定温度及人机距离,还可通过温度设定电路改变系统设定温度^[3]。

2 系统硬件设计

2.1 位置检测电路

位置检测电路主要用于检测当前环境范围内是否有人。由于热释电传感器 HC-SR501 可测出人体辐射的红外线信号,并能根据检测情况输出相应的电信号^[4-5];同时,该传感器的感应距离在 0~7 m 内可连续调节,感应角度为小于 100° 的锥角;其检测范围大于距离检测电路的检测范围,并可满足系统设计的要求;因此,本电路采用 HC-SR501 来进行人体位置检测。位置检测电路如图 2 所示。

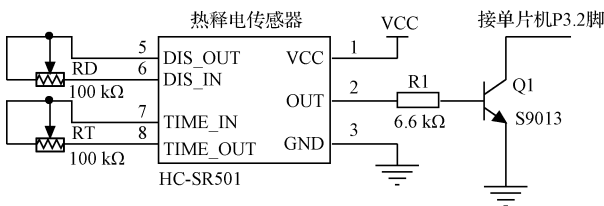


图2 位置检测电路

图 2 中,热释电传感器 HC-SR501 采用直流 5 V 电源供电,其输出端 OUT 经限流电阻 R1 接至 NPN 型三极管 S9013 的基极,S9013 的集电极接至 STC89C52 单片机的 P3.2 引脚;RD、RT 分别为距离调节电位器和延时调节电位器,用于调节热释电传感器的最大感应距离和感应延时时间;本电路最大感应距离设置为 3 m,延时时间设置为 0.5 s。

当检测到环境范围内有人时,HC-SR501 的 OUT 端输出高电平(3.3 V),使三极管 S9013 的基极为高电平,则 S9013 导通,单片机 P3.2 引脚被拉至低电平;反之,当环境范围内无人时,HC-SR501 的 OUT 端输出低电平,三极管 S9013 不导通,单片机 P3.2 引脚输入高电平。

2.2 距离检测电路

距离检测电路用于检测人与无叶风扇间的距离,由于 Sharp 公司的红外测距传感器 GP2Y0A02YK0F 具有测量精度高、数据处理方便和抗干扰能力强等优点,而被应用于本电路设计中^[6-7]。该传感器的输出特性曲线如图 3 所示。

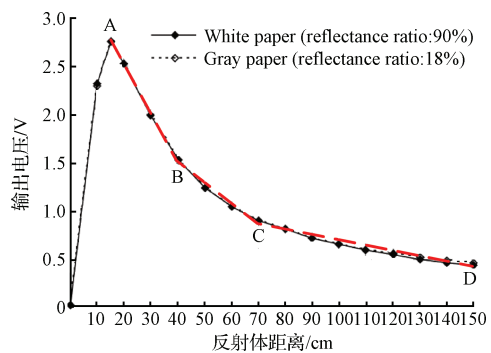


图3 传感器 GP2Y0A02YK0F 的输出特性曲线

由图可知,其输出电压与被测反射体距离成反比非线性关系,当传感器的测量距离为 15~150 cm 时,对应其输出电压为 2.8~0.4 V;当测量距离小于 15 cm 时,输出电压由 2.8 V 急剧下降至 0 V,由于此段测量曲线波动较大,无法准确测出实际距离,所以在实际设计时需要避开此段输出特性,具体做法是将该传感器的安装位置后移,使其到无叶风扇前端外边沿的距离恰好为 15 cm^[8]。同时,为明确输出电压与测量距离之间的关系,采用了直线拟合法^[9-10],并用图中虚线所示的 3 条线段 AB、BC 和 CD 拟合原输出特性曲线,得出如下输入输出函数关系:

$$Dist = \begin{cases} -19.2 \times Volt + 68.8, & 1.5 \leq Volt \leq 2.8 \\ -50 \times Volt + 115, & 0.9 \leq Volt < 1.5 \\ -160 \times Volt + 214, & 0.4 \leq Volt < 0.9 \end{cases} \quad (1)$$

式中:Volt 为红外测距传感器的输出电压,单位为 V;Dist 为传感器与被测反射体之间的距离,单位为 cm。

距离检测电路如图 4 所示。工作时,系统先用传感器 GP2Y0A02YK0F 检测人与传感器之间的距离,并由 OUT 端输出与所测距离相对应的模拟电压;然后,将该模拟电压从 VIN 端送入 8 位 A/D 转换器 ADC0804LCN 中进行模/数转换,并将转换后的数字量从 DB0-DB7 端输出至单片机 P1 口;最后,经数据处理后获得人与风扇间的检测距离。同时,该电路启动 A/D 转换、读取数据均由单片机 P3.6、P3.7 脚通过给 ADC0804LCN 的 \overline{WR} 、 \overline{RD} 端输入不同控制信号来实现^[11]。

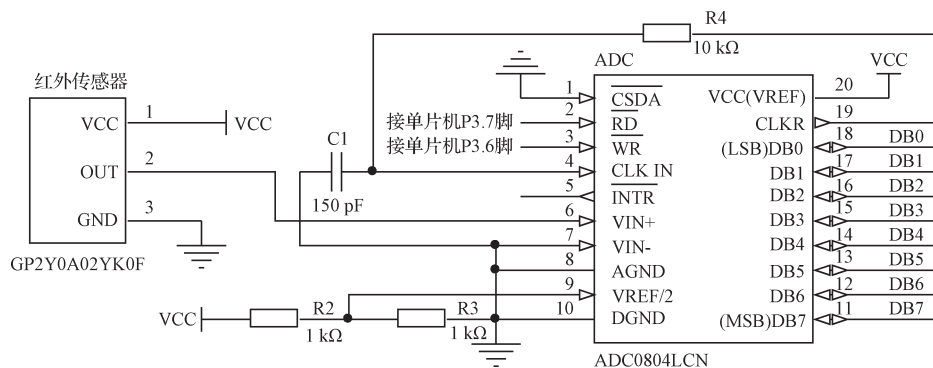


图4 距离检测电路

2.3 风扇风速调节电路

无叶风扇吹风速度的调节是通过风扇风速调节电路控制直流电机转速，进而改变无叶风扇圆环状切口的出风速度来实现的。无叶风扇风速控制遵循“近小远大”的原则，即当人靠近风扇时使风扇出风速度减小；反之，远离风扇时使风扇出风速度增加，让人感受到恒定的风力。

电路设计时，选用了WS-63ZYT108-R型直流电机，其额定电压24V，额定电流3.2A，额定功率50W，额定转速4500r/min，额定力矩2520g·cm。

风扇风速调节电路如图5所示，该电路采用脉宽调制法来控制直流电机转速，即通过单片机P2.5脚输出不同占空比的PWM波来控制直流电机电枢平均电压而实现转速调节^[12-13]。图中，为增大直流电机的驱动电流，将两个增强型NMOS管IRF520并联后共同控制直流电机的工作状态。电路工作过程如下：当P2.5引脚输出高电平时，三极管S9013导通，使NMOS管IRF520的栅极电压变成高电平，于是两个IRF520导通，直流电机得电工作；反之，当P2.5引脚输出低电平时，S9013关断，两个IRF520截止，直流电机不工作。

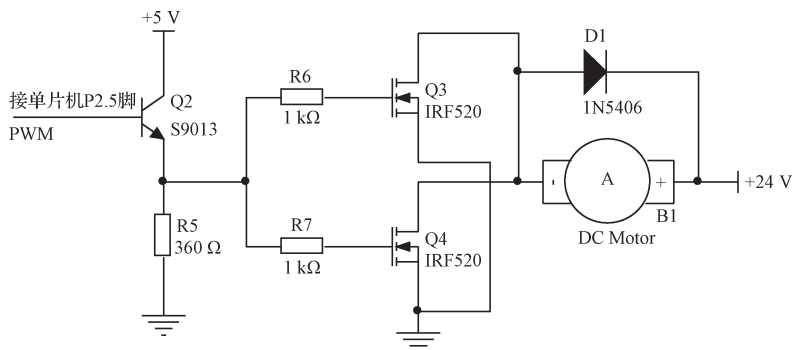


图5 风扇风速调节电路

3 系统软件设计

系统软件主要包括主程序、温度采集子程序、距离检测子程序、风扇风速调节子程序、位置检测子程序、风扇转角控制子程序等几部分。

3.1 距离检测子程序

距离检测子程序主要用于控制距离检测电路完成人与无叶风扇之间的距离检测、A/D转换及数据处理。距离检测子程序的流程如图6所示。图中，所用变量情况如下： $Dist$ 为人与红外测距传感器之间的距离变量，单位cm； $Dist1$ 为人与无叶风扇前端外边沿距离的变量，单位cm； $Chao_ju$ 为超距标志位，当 $Dist > 150$ cm时，给该标志位位置1，否则清0。

程序流程如下：首先，将 \overline{WR} 引脚电平置低，启动A/D

转换；其次，将 \overline{WR} 电平拉高，并延时300 μ s，确保A/D转换结束，注意ADC0804LCN的A/D转换时间为100 μ s；然后，将 \overline{RD} 引脚电平置低，触发单片机从P1口读取A/D转换结果并送给变量 $Volt$ ，可获得红外测距传感器的输出电压数字量；接着，对 $Volt$ 值的大小进行判断，并根据前述式(1)分别计算出当 $Volt$ 在不同区间中的 $Dist$ 值，进而获得人与无叶风扇前端外边沿的距离 $Dist1$ ($Dist1 = Dist - 15$)，同时设置超距标志位 $Chao_ju$ ；最后，根据 $Dist1$ 值和 $Chao_ju$ 标志位的情况调用风扇风速调节子程序。

3.2 风扇风速调节子程序

风扇风速调节子程序可根据所检测到的人与无叶风扇之间的距离，输出相应占空比的PWM波来控制直流电机转速，实现无叶风扇出风速度的调节，其流程如图7所示。

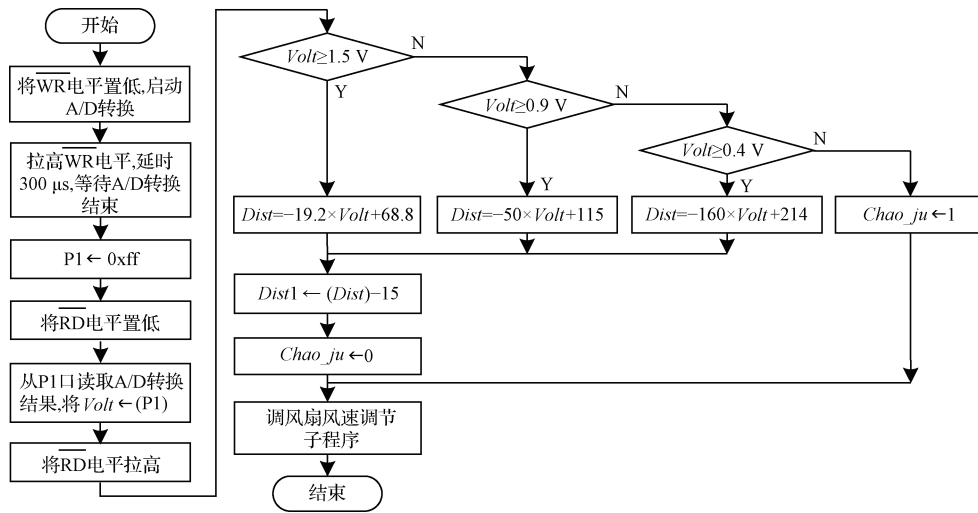


图6 距离检测子程序流程

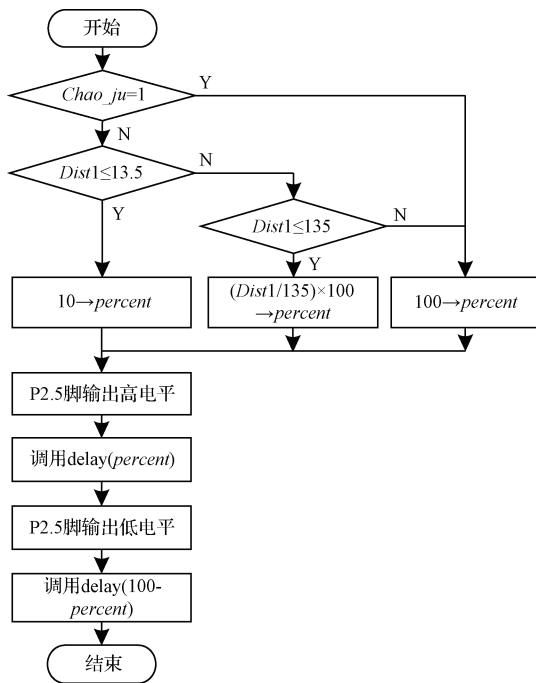


图7 风扇风速调节子程序流程

程序设计时,PWM波输出占空比调节采用定频调宽法,即保持PWM波输出周期恒定,而改变其输出高、低电平的时间,来控制PWM波占空比大小^[14]。编程时,本系统设定PWM波输出周期为10ms,当要输出一个占空比为 $percent\%$ 的PWM波,实现方法如下:首先,编写一段0.1ms的延时子程序 $delay(uchar\ n)$;接着,控制PWM波输出高电平,并调用 $percent$ 次 $delay(uchar\ n)$;然后,控制PWM波输出低电平,并调用 $(100-percent)$ 次 $delay(uchar\ n)$ 即可^[15]。

该程序流程如下:首先,判断超距标志位 $Chao_ju$ 是否为1,如果是1(表示 $Dist > 150\text{ cm}$),此时将100赋给占

空比变量 $percent$;反之,当 $Chao_ju = 0$ 时,继续判断 $Dist1$ 值大小。当 $Dist1 \leq 13.5\text{ cm}$ 时,将10赋给 $percent$;当 $13.5\text{ cm} < Dist1 \leq 135\text{ cm}$,将 $(Dist1/135) \times 100$ 赋给 $percent$;当 $Dist1 > 135\text{ cm}$,将100赋给 $percent$ 。然后,从单片机P2.5引脚输出高电平,控制直流电机得电工作,并调用延时子程序 $delay(percent)$ 。最后,从P2.5引脚输出低电平,使直流电机断电,并调用延时子程序 $delay(100-percent)$ 。

4 系统测试

为了验证所设计无叶风扇控制系统的性能,对该系统进行了吹风角度自动调节和风扇风速智能控制等方面的测试。

4.1 吹风角度自动调节测试

针对系统设置的最大感应距离(3m)范围内是否有人,分别进行了无叶风扇吹风角度自动跟踪测试。测试发现,当有人在距离无叶风扇3m以内,并围绕风扇移动时,系统均能控制风扇转角控制电路跟随人体位置变化自动调整风扇吹风角度,并在对准人体后开始吹风;若无人在该距离范围内时,系统控制无叶风扇在 360° 范围内左右匀速转动并检测人体位置,同时禁止无叶风扇吹风,起到节能作用。

4.2 风扇风速智能控制测试

让无叶风扇对准人体吹风,检测当人在 $0 \sim 250\text{ cm}$ 范围内移动时,在各位置上吹风速度的变化情况;具体测试时,采用一台DT-619型数字式风速测量仪(其测量范围为 $0.40 \sim 30.00\text{ m/s}$,测量精度为 $\pm 0.01\text{ m/s}$),每隔10cm对人所处位置上的吹风速度进行一次测量,数据曲线如图8所示。图中横轴为人与无叶风扇之间的距离(cm),纵轴为各位置上的吹风速度(m/s)。

由图8可知,当人在距离无叶风扇 $0 \sim 200\text{ cm}$ 范围内移动时,所测吹风速度在 $6.59 \sim 6.68\text{ m/s}$ 变化,风速波动

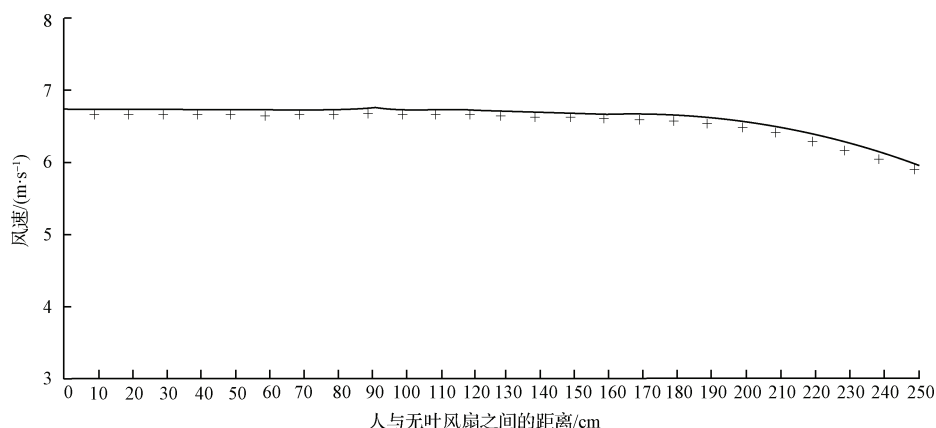


图8 各位置上的吹风速度测量数据曲线

仅为 0.09 m/s, 吹风速度和风力基本保持恒定; 当人与无叶风扇的距离超过 200 cm 后, 所测吹风速度才略微出现下降, 即使距离达到 250 cm 时, 吹风速度仍为 6.01 m/s。

测试结果表明: 本系统具有吹风角度自动调节功能, 可根据人体位置的变化实时调整无叶风扇的吹风角度; 同时, 系统还可根据人与风扇的距离智能控制无叶风扇的出风速度, 并在一定范围内提供恒定的吹风速度和风力, 使人获得良好的吹风感受。由此可见, 该系统具有较高的自动化控制水平, 较好地解决了原有无叶风扇在使用中存在的问题。

5 结论

本文提出了一种基于多传感器的无叶风扇控制系统设计方案。重点介绍了采用热释电传感器 HC-SR501、红外传感器 GP2Y0A02YK0F 进行人体位置和人与风扇之间距离的检测, 并通过控制 PWM 波输出占空比实现了无叶风扇出风速度的调节。实验表明: 本系统具有较好的吹风角度自动调节功能, 并能根据人与风扇之间的距离智能控制无叶风扇的出风速度, 使人获得了良好的吹风感受, 提高了无叶风扇控制系统的智能化程度。目前该系统已被应用到实际生活中, 并取得了较好的使用效果。

参考文献

- [1] 王成群, 闫丽, 曹卫锋, 等. BM6201FS 在无叶风扇控制系统中的应用设计[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(10): 3152-3154, 3157.
- [2] 孔庆芳. 基于 FPGA 的无叶风扇的设计与实现[D]. 天津: 天津大学, 2014.
- [3] 高凯, 殷兴辉. 多路太阳能电池板温度监测系统的设计[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(4): 87-90.
- [4] 王东, 莫先. 基于 STM32 和 HC-SR501 智能家居的智能照明系统设计[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2016, 30(6): 135-142.
- [5] 邓舜耕, 李宏民, 杨宣兵, 等. 基于 DSP 的高速感应无线位置检测系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(6): 880-886.
- [6] 张旭, 张浩鹏. 基于红外传感器的测距报警系统研究与设计[J]. 煤炭技术, 2015, 34(11): 287-290.
- [7] 黄剑平, 李昭代. 基于 ATmega8 单片机的红外导盲系统设计[J]. 现代电子技术, 2013, 36(13): 128-130.
- [8] 刘亮阳. 基于红外测距传感器的移动机器人路径规划系统设计[D]. 沈阳: 东北大学, 2012.
- [9] 高风听. 基于模糊控制器的曲线焊缝视觉跟踪系统[J]. 控制工程, 2016, 23(1): 149-152.
- [10] 韦青燕, 张天宏, 陈海卫, 等. 恒温型热线风速测量系统稳定性研究[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(8): 1801-1809.
- [11] 李正芬, 郭红梅, 雒宏礼, 等. 一种应用于 AD 转换模块的恒温电路设计[J]. 电气自动化, 2015, 37(2): 97-99.
- [12] 郭丹蕊, 林晓焕, 单星, 等. 基于 DSP 的无刷直流电机控制系统研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(2): 98-101.
- [13] 杜红彬, 杨克浊, 康小明. 基于双极性 PWM 波的无感无刷电机驱动方案[J]. 微电机, 2016, 49(6): 42-45, 51.
- [14] 莫慧芳. 直流电机双闭环数字调速系统设计与实现[J]. 制造业自动化, 2015, 37(4): 153-156.
- [15] 袁战军. 基于 Proteus 的直流电机 PWM 调速系统研究[J]. 电子设计工程, 2013, 21(15): 113-116.

作者简介

袁战军, 1972 年出生, 副教授, 硕士, 主要研究方向为电力系统及其自动化、电气控制等。
E-mail: yzj721016@163.com