

· 仪器设备研制与开发 ·

基于 IntB4TJ 工具箱的智能家居照度控制系统

徐志宇¹, 胡明忠¹, 丁晓炯², 杨 瑛³

(1. 同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804; 2. 施耐德电气(中国)有限公司 楼宇事业部, 上海 200062;
3. 华东建筑设计研究院 事业二部, 上海 200070)

摘要: 基于 IntB4TJ 楼宇控制工具箱, 开发一套手动/自动 2 种模式可选的智能家居照度控制系统, 用于“绿色照明”演示实验。系统设计: ①综合集成了 IntB4TJ 平台的可编程控制器、照度传感器及 IO 端口资源; ②在 Menta 图形化界面下编制控制程序; ③应用光耦(PC817)改造遥控器线路, 将 IntB4TJ 输出的 10 V/5 V/0 V 模拟信号, 转化为增亮/保持/减亮指令, 实现无线遥控调节 LED 灯带亮度; ④应用 H 桥驱动器(MC33886)实现直流减速电机正/反转, 拖动窗帘升/降; 应用 D 触发器(74HC74)实现电机在停车时刻的反向待命; 应用红外对管, 并配合调制(NE555)–解调(LM567)电路, 实现准确的窗帘限位检测。该系统融合 PLC 编程、数字电子、无线通信、电机拖动、传感器等多学科知识, 并形象演示于迷你住宅模型, 教学效果良好。

关键词: IntB4TJ 楼宇控制工具箱; 遥控 LED 调光; 窗帘升降控制; Menta 图形化编程; 外围电路设计
中图分类号: TP 273 文献标志码: A 文章编号: 1006-7167(2014)04-0087-05



Illuminance Control System for Smart Home by Using IntB4TJ Toolbox

XU Zhi-yu¹, HU Ming-zhong¹, DING Xiao-jiong², YANG Ying³

(1. School of Electronics & Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;
2. Buildings Business Unit, Schneider Electric (China) Co., Ltd, Shanghai 200062, China;
3. Business Division 2, East China Architectural Design & Research Institute, Shanghai 200070, China)

Abstract: Based on the IntB4TJ building control toolbox, this paper develops the illuminance manual/automatic control system for the demonstration of the “Green Lighting” application in smart home. In the system design, the programmable controller (PLC), light transmitter and IO ports of IntB4TJ platform are integrated; the control programs are developed in Menta graphical environment; the remote controller is modified by employing the optocoupler (PC817), the IntB4TJ output 10 V/5 V/0 V analog voltage signals are respectively transferred to lux increase/hold/decrease commands, so that the LED lighting is remotely controlled; H-bridge driver (MC33886) is applied for bidirectional rotation of the DC motor, i. e., ascending/descending of the curtain; D flip-flop (74HC74) is utilized to ensure the motor reversion once it stops; and the infrared coupler cooperated with the modulation (NE555) – demodulation (LM567) circuit is utilized to detect the lower limit position of the curtain. The proposed system comprehensively employs the knowledge of PLC programming, digital electronics, wireless communication, motor traction, sensor, etc. It could be demonstrated on the mini-house model and plays an active role in the class teaching.

key words: IntB4TJ building control toolbox; LED remote control; curtain motion control; Menta graphical programming; peripheral circuitry design

收稿日期: 2013-07-18

基金项目: 国家自然科学基金(91024023); 上海市科委项目
(10dz1141400); 同济大学实验教改项目(0800104150)

作者简介: 徐志宇(1982-)男, 山西太原人, 博士后, 讲师, 现主要从事智能自动化理论及应用研究。

Tel: 13764491271; E-mail: xuzhiyu@tongji.edu.cn

0 引言

智能家居是以住宅为平台,综合计算机、控制、网络、通信、综合布线等技术,通过优化设计,实现安全、便利、高效、节能的居住环境^[1-2]。照度是影响住宅舒适度的重要因素;照明是家庭用电的重要负荷^[3];照度控制是智能家居的重要标志^[4-5]。因此,设计智能控制策略,选用LED等高效光源^[6],充分利用自然光,合理调节人造光,实施“绿色照明”,节能意义重大,前景广阔^[7]。

IntB4TJ是同济大学-施耐德电气联合实验室开发的智能楼宇技术研发与演示平台,IntB4TJ基于LonWorks协议,集成了PLC(Xenta 302)、扩展IO(Xenta 451A)、网络通信(Xenta 511)、湿度/温度传感器(SHR100-T6)、照度传感器(SLR320)、智能电表(PM200)、触摸屏(XBTGT2220)等设备;用变阻器(X2)、电压表(X1)、拨动开关(X4)、指示灯(X1)分别模拟0~10V电压输入、0~10V电压输出、通/断2值输入、通/断2值输出;并提供通用输入(X4)、模拟输出(X2)、数字输出(X2)等端子,实现与外围扩展电路的信息交互。

本文基于IntB4TJ开发智能家居照度控制系统,通过控制窗帘升降^[8]和LED调光,实现照度需求满足下的照明节能^[9]。

1 系统概览

1.1 功能设置

本文旨在实现照度需求满足下的照明节能。设计原则为:①充分利用自然光;②自然光不足时,开启人造光源(LED);③根据舒适度需要,调节LED亮度^[10]。预设功能如下:开关X1为窗帘手动/自动模式;开关X2为手动模式下的窗帘升降控制;开关X3为LED手动/自动模式;变阻器VR1为手动模式下的LED调光控制(定义电机正/反转分别对应窗帘升/降)。

系统上电后的初始状态:

电机停车,且反转待命;LED熄灭。

X1=1 => 窗帘手动模式:

X2=0 => 电机起动的反转,窗帘降,

到达限位后触发中断,电机停车,窗帘停降;

X2=1 => 电机起动的正转,窗帘升,

计时完成后触发中断,电机停车,窗帘停升。

X1=0 => 窗帘自动模式:

室外照度>9 klx => 窗帘升,自然采光;

室外照度<8 klx => 窗帘降,人工照明。

X3=1 => LED手动模式:

VR1左旋 => LED亮度减弱;

VR1右旋 => LED亮度增强。

X3=0 => LED自动模式:

室内照度>200 lx => LED亮度减弱;

室内照度<100 lx => LED亮度增强。

1.2 总体架构

设计系统架构如图1所示,包括PC上位机、IntB4TJ工具箱、外围电路、电源。PC上位机运行Vista Server/Workstation软件,用Menta软件设计控制程序,并下载至IntB4TJ工具箱;IntB4TJ工具箱接收面板开关手动指令、照度检测信号,运行控制程序,通过IO端子向外围电路输出控制指令;外围电路接收IntB4TJ指令,完成窗帘升降、LED调光任务;电源为上述模块工作提供5、12V直流电压供电。

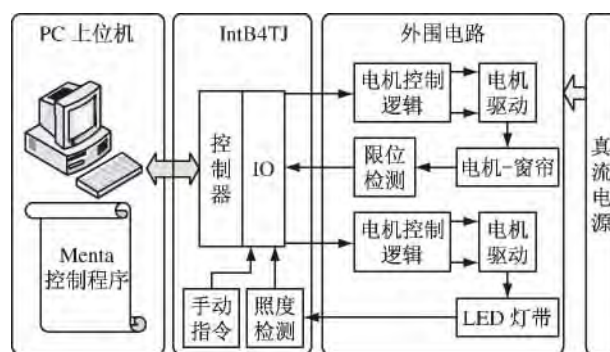


图1 系统总体结构框图

1.3 Menta常用单元

Menta软件采用图形化方式编制控制程序^[11],本文用到的功能单元见表1。

2 窗帘升降控制设计

2.1 硬件电路

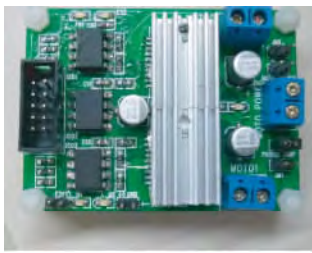
窗帘升降控制方案借鉴电梯升降控制方案^[12],外围硬件包括控制逻辑、H桥驱动、限位检测3个模块。如图2,控制逻辑模块接受IntB4TJ工具箱AO端子输出的起/停指令Mot,生成正/反向指令Dir;H桥驱动模块综合Mot、Dir指令,实现电机正转、反转、停车;限位检测模块利用红外光耦的通/断给出窗帘脱离/到达底端限位信号IR=0/1。

(1) H桥驱动模块。选用基于MC33886的电机驱动板^[13],见图2。

(2) 电机控制逻辑模块。根据H桥驱动板的真值表,为实现电机正转、反转、停车的准确切换,定义电机的4个状态:正转待命(Mot=0,Dir=1)、正转执行(Mot=1,Dir=1)、反转待命(Mot=0,Dir=0)、反转执行(Mot=1,Dir=0)。Dir在停车时刻完成状态翻转,这样可有效避免竞争冒险现象,确保电机再次启动时(Mot=1)正确的旋转方向,见图3。

表 1 Menta 软件中的常用功能单元

Menta 图标	功能说明
	0 ~ 10 V 电压输入(输出) 通过绑定设置,将图形界面下的模拟量(real) IO 与实际物理 IO 建立映射关联
	0/1 通断输出(输入) 通过绑定设置,将图形界面下的数字量(binary) IO 与实际物理 IO 建立映射关联
	条件判断语句 a ? b : c 表示 if a then b else c 语句中大、小写字母分别表示模拟、数字输入; 图标名后缀 R、B 分别表示模拟、数字输出
	边沿触发器 in 跳变触发 out 持续 1 s 的正脉冲 Mode = 1: 上升沿触发 Mode = 2: 下降沿触发 Mode = 3: 上升或下降沿触发
	RS 触发器 S = 1 R = 0 ,out 置位; S = 0 R = 1 ,out 复位; S = 0 R = 0 ,out 保持; S = 1 R = 1 ,out 反转
	定宽脉冲发生器 t 端的上升沿触发 out 端一个持续时间为 pl (单位: s) 的正脉冲
	纯延迟特性 out(t + 1) = in(t) ,图标名后缀 R 表示模拟输出



Mot	Dir	电机状态
1	1	正转
0	1	停止
1	0	反转
0	0	停止

(a) 外观 (b) 真值表
图 2 光耦隔离式双路输出 H 桥驱动板

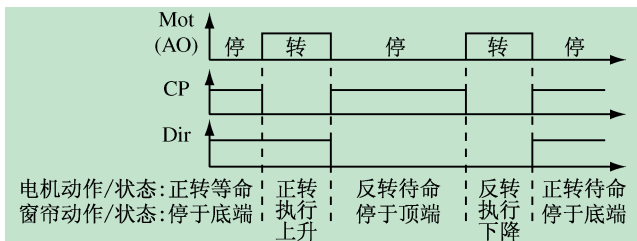


图 3 电机起停指令 Mot、方向指令 Dir 的设计时序图

设计如图 4 所示数字电路,实现图 4 所述时序要求: 74HC00 连成反相器,74HC74 连成 T 触发器。Mot (AO) 经 74HC00 反相后作为触发时钟 CP,其上升沿

(即 Mot 的下降沿) 将电机转向指令 Dir 取反,从而实现电机停车时刻的转向信号翻转。上电后初始输出 Dir = 0。

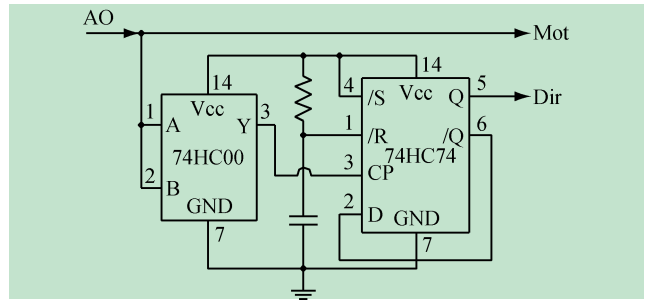


图 4 用反相器和 D 触发器构成的电机控制逻辑模块

(3) 限位检测模块。采用红外对管进行限位检测。红外对管安装于窗框底端,当窗帘未下降至底端时,接收管可正常接收发射管所发红外信号;一旦窗帘到达底端,红外发射信号被遮断,接收管截止,发出限位信号 IR = 1。为避免可见光干扰导致误触发,采用由 NE555-LM567 构成的调制-解调方案^[14]。

2.2 控制程序

如图 5 所示,mode (DI) 为手动/自动模式切换,绑定至 Xenta302-X1,接收面板拨动开关 X1 输入;

manual (DI) 绑定至 Xenta 302-X2,接收面板拨动开关 X2 输入;

IR (AI) 为限位中断信号,绑定至 Xenta 302-U1,接收限位检测电路输入;

illum (AI) 为照度检测信号,绑定至 Xenta 451A-U3,接收照度传感器 SLR320 输入;

Mot (AO) 为电机起停指令,绑定至 Xenta 302-Y2,输出给电机控制逻辑模块。

各触发器初始输出 = 0,Mot(AO) = 0 V; 外围电路结构决定 D 触发器初始输出 = 0。因此上电初始化后: Mot = 0,Dir = 0,电机停车并反转待命。

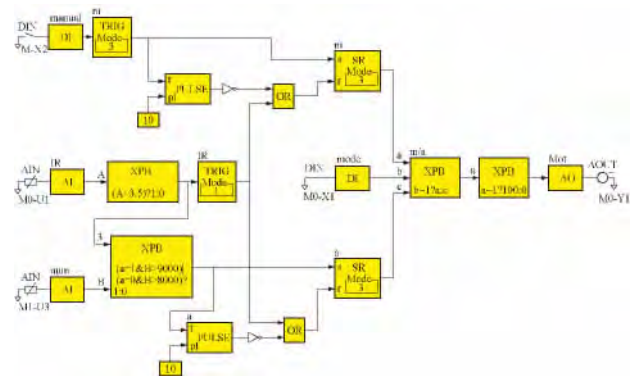


图 5 窗帘升降控制的 Menta 程序

当 mode(DI) = 1,m/a(XPR) 选通手动控制窗帘模式,图 6 中上半部分有效。

切换 manual(DI),触发 m(TRIG) 生成一个持续 1

s 的正脉冲,将 m(SR) 置位, Mot (AO) = 5 V,即 Mot = 1,Dir = 0,电机起动的反转动,窗帘下降。

窗帘降至底端,遮断红外光耦,限位检测模块给出 IR = 1,触发 IR(TRIG) 生成一个持续 1 s 的正脉冲,将 m(SR) 复位, Mot (AO) = 0 V,电机停车,窗帘停止下降。同时电机控制逻辑模块将 Dir 翻转,即 Mot = 0,Dir = 1,电机正转待命。

再次切换 manual (DI),触发 m(TRIG) 生成一个持续 1 s 的正脉冲,将 m(SR) 置位, Mot (AO) = 5 V,即 Mot = 1,Dir = 1,电机起动的正转动,窗帘上升,同时启动 m(PULSE) 计时。

m(PULSE) 计时满 10 s,将 m(SR) 复位, Mot (AO) = 0 V,电机停车,窗帘停止上升。同时电机控制逻辑模块将 Dir 翻转,即 Mot = 0,Dir = 0,电机反转待命。

当 mode(DI) = 0,m/a(XPR) 选通自动控制窗帘模式,图 5 中下半部分有效。

IR (AI) 检测窗帘位置,illum (AI) 检测照度,

若 IR = 1 且 illum > 9 klx,即当前窗帘在底端且室外照度够高,则 a(TRIG) 生成一个持续 1 s 的正脉冲,将 a(SR) 置位, Mot (AO) = 5 V,即 Mot = 1,Dir = 1,电机起动的正转动,窗帘上升。定时 10 s 后 a(PULSE) = 1 将 a(SR) 复位,电机停车,反转待命。

若 IR = 0 且 illum < 8 klx,即当前窗帘在高位且室外照度过低,则 a(TRIG) 生成一个持续 1 s 的正脉冲,将 a(SR) 置位, Mot (AO) = 5 V,即 Mot = 1,Dir = 0,电机起动的反转动,窗帘下降。到达限位后 IR = 1 将 a(SR) 复位,电机停车,正转待命。

3 LED 调光控制设计

3.1 硬件电路

LED 调光控制的外围电路包括照度控制逻辑、射频遥控式 LED 驱动 2 个模块。照度控制逻辑模块接受 IntB4TJ 工具箱 AO 端子输出的 Light 指令,生成增/减亮度指令 lx + /lx-,通过无线射频信号遥控 LED 驱动盒,使之输出 6 ~ 12 Vdc 可调电压,实现 LED 调光。

(1) 无线遥控式 LED 驱动模块^[15]。如图 6(a),为 LED 驱动盒,输入电压 12 ~ 24 Vdc,接收遥控信号,连续调节其输出电压,进而调节 LED 亮度。如图 7(b),为遥控器,由 12 Vdc 干电池供电,通过三个按键分别遥控 LED 驱动盒输出电压封锁、升高、降低。



(a) (b)
图 6 LED 驱动盒及遥控器

(2) 照度控制逻辑模块。为实现 IntB4TJ 工具箱对 LED 亮度的控制,应用 PC817 型光电耦合器改造遥控器线路,见图 7。2 块 PC817 的输入侧反并联后串联限流电阻,一极接 5 V 基准源,一极接 IntB4TJ 工具箱的 Light (AO) 端;输出侧分别并联于‘增亮’、‘减亮’按键两端。当 Light (AO) = 10 V 时,1#光耦导通,2#光耦截止,发射 lx + 指令;当 Light (AO) = 0 V 时,1#光耦截止,2#光耦导通,发射 lx - 指令;当 Light (AO) = 5 V 时,1#、2#光耦均截止,不发射调光指令,LED 灯带亮度保持不变。这样只用 IntB4TJ 工具箱的一路 AO 输出即可实现对 LED 亮度的增、减、保持三态控制,节约了 IO 点资源。

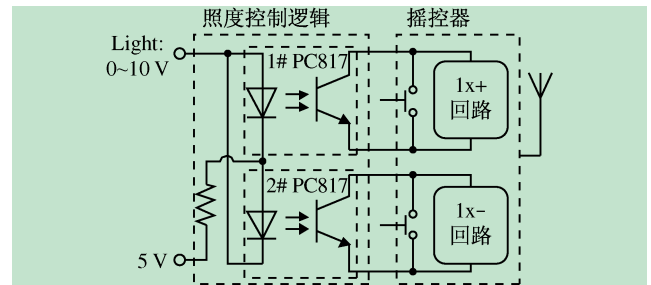


图 7 接受 IntB4TJ 工具箱 AO 端子指令的 LED 调光电路

3.2 控制程序

如图 8,mode (DI) 为手动/自动模式切换,绑定至 Xenta302-X3,接收面板拨动开关 X3 输入;

light (AO) 为调光指令,绑定至 Xenta302-Y2,输出给照度控制逻辑模块。

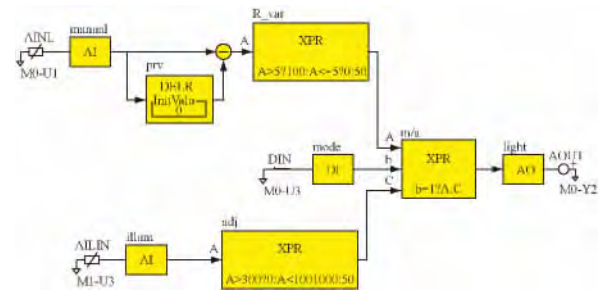


图 8 LED 调光控制的 Menta 程序

当 mode(DI) = 1,m/a(XPR) 选通手动调光模式,图 9 中上半部分有效。manual (AI) 绑定至 Xenta 302-U1,接收面板变阻器 VR1 输入; manual (AI) 输出为当前电阻值,prv (DEL R) 输出为 1 s 前的电阻值;两者求差后由 R_var (XPR) 判断电阻变化方向:若阻值增大,则 light (AO) = 10 V;若阻值减小,则 light (AO) = 0 V;若阻值近似不变,则 light (AO) = 5 V。

当 mode(DI) = 0,m/a(XPR) 选通自动调光模式,图 9 中下半部分有效。illum (AI) 绑定至 Xenta 451A-U3,接收照度传感器 SLR320 输入; illum_adj (XPR) 根据照度,选择输出 10、5 或 0 V;若照度 > 200 lx,则 light(AO) = 0 V,LED 调暗;若照度 < 100 lx,则

light(AO) = 10 V, LED 调亮; 其他照度情况下, 则 light(AO) = 5 V, LED 亮度保持。

4 试验与演示

如图 9, 改装迷你房屋模型作为智能家居照度控制系统的演示载体。电机固定于门框上方, 电枢引线接 H 桥驱动板输出。窗框上缘安装窗帘卷筒, 并与电机主轴软连接。窗框下缘安装红外对管, 发射管、接收管分别接调制、解调电路。LED 灯带沿顶角线布置, 电源引线接 LED 驱动盒输出。试验结果显示, 该系统通过预设的手动、自动控制的各项功能测试, 工作准确、可靠。



图 9 智能家居照度控制功能演示

5 结 语

本文综合运用可编程控制、数字电路、传感器、电机拖动等多学科知识, 利用 IntB4TJ 平台的 PLC、照度传感器、拨动开关、IO 端子, 利用光耦(PC817)、D 触发器(74HC74)、多谐振荡器(NE555)、检波器(LM567)等设计外围逻辑电路, 编制 Menta 控制程序, 实现了 LED 灯带的手动/自动遥控式调光, 窗帘的手动/自动控制升降。可用于智能家居照度控制的教学演示。

参考文献(References):

- [1] 申斌, 张桂青, 汪明. 基于物联网的智能家居设计与实现[J]. 自动化与仪表, 2013, 34(2): 6-10.
SHEN Bin, ZHANG Gui-qing, WANG Ming. Design and implementation of smart home based on internet of things[J]. Automation & Instrumentation, 2013, 34(2): 6-10.
- [2] 苏本跃, 王广军, 章健. 基于物联网环境下体感交互技术的智能家居系统[J]. 中南大学学报, 2013, 44(S1): 181-184.
SU Ben-yue, WANG Guang-jun, ZHANG Jian. Smart home system based on internet of things and kinect sensor[J]. Journal of Central South University, 2013, 44(S1): 181-184.
- [3] 课题组. 《“十二五”城市绿色照明规划纲要》的研究[J]. 电力需求侧管理, 2012, 14(1): 8-9.
The Research group. Research of city green lighting planning program during 12th five-year period[J]. Power DSM, 2012, 14(1): 8-9.
- [4] 陈曦, 张九根. 智能建筑实验平台的系统设计研究[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(10): 31-34.

- CHEN Xi, ZHANG Jiu-gen. The system design research of intelligent building experimental platform[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2008, 27(10): 31-34.
- [5] 解辉. 办公照明的现状与发展[J]. 照明工程学报, 2013, 24(2): 105-112.
XIE Hui. The current situation and development of office lighting[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2013, 24(2): 105-112.
- [6] 刘美荣. 高效能 LED 光源技术与散热设计[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(9): 219-222.
LIU Mei-rong. Light source technology and thermal design of high-performance LED[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2012, 31(9): 219-222.
- [7] 何叶, 赵丽, 杨昌瑞. 电气照明节能探讨[J]. 现代建筑电气, 2013, 4(3): 20-26.
HE Ye, ZHAO Li, YANG Chang-rui. Study on energy saving in illuminating[J]. Modern Architecture Electric, 2013, 4(3): 20-26.
- [8] 孙健. 智能家居电动窗帘的设计与实现[J]. 机械工程与自动化, 2012, 41(2): 133-135.
SUN Jian. Design and implementation of electric curtain in intelligent home[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2012, 41(2): 133-135.
- [9] 史海疆. 施耐德电气的智慧家居: 让梦想变成现实[J]. 电气应用, 2012, 32(2): 8-10.
SHI Hai-jiang. Smart home by Schneider Electric: make the dream into reality[J]. Electric Applications, 2012, 32(2): 8-10.
- [10] 刘沁, 张乘风, 刘启能. 绿色照明的理论模型及其定量设计[J]. 照明工程学报, 2010, 21(3): 13-16.
LIU Qin, ZHANG Cheng-feng, LIU Qi-neng. Green lighting theoretical model and quantitative design[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2010, 21(3): 13-16.
- [11] Schneider Electric. TAC menta graphical programming tool for TAC xenta controllers[EB/OL]. (2011-01-01). <http://www.schneider-electric.com/download/hk/en/details/1999467-TAC-Menta-Graphical-Programming-Tool-for-TAC-Xenta-Controllers/?reference=03-00030-07>.
- [12] 杨小林, 潘丽萍. 电梯模型在可编程控制器实践教学中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(2): 45-48.
YANG Xiao-lin, PAN Li-ping. The application of the elevator model in programmable logic controller practical teaching[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2013, 32(2): 45-48.
- [13] 林涛, 马腾炜, 陈亚勋. 基于 MCU 的自动寻迹智能车控制系统的设计[J]. 自动化与仪表, 2012, 32(11): 1-4.
LIN Tao, MA Teng-wei, CHEN Ya-xun. Control system of automatically tracking intelligent vehicle based on the MCU[J]. Automation & Instrumentation, 2012, 32(11): 1-4.
- [14] 陈世夏, 王翠珍, 吴凌燕. 频分制红外遥控开关电路的设计[J]. 现代电子技术, 2010, 34(20): 46-48.
CHEN Shi-xia, WANG Cui-zhen, WU Ling-yan. Design of infrared remote-control switch circuit with frequency dividing system[J]. Modern Electric Technology, 2010, 34(20): 46-48.
- [15] 孙建中. 智能可调光 LED 驱动器的设计[J]. 世界电子元器件, 2013, 19(5): 48-51.
SUN Jian-zhong. Design of LED intelligent lighting adjustment driver[J]. Global Electronics China, 2013, 19(5): 48-51.