

模块 3

避障传感器的应用

引入项目

概述

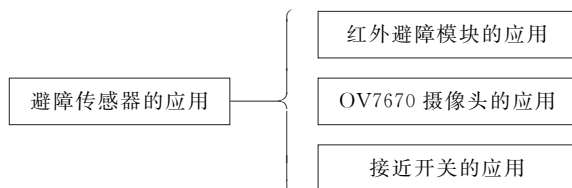
避障传感器是机器人常用的传感器之一,避障传感器中包含有光电传感器、金属传感器等。本模块从这几个方面入手,介绍机器人的避障传感器,并了解不同形式的避障传感器的相关应用。

光电传感器是采用光电元件作为检测元件的传感器。它首先把被测量的变化转换成光信号的变化,然后借助光电元件进一步将光信号转换成电信号。光电传感器一般由光源、光学通路和光电元件三部分组成。

其基本原理是以光电效应为基础,把被测量的变化转换成光信号的变化,然后借助光电元件进一步将非电信号转换成电信号。光电效应是指用光照射某一物体,可以看作一连串带有一定能量的光子轰击在这个物体上,此时光子能量就传递给电子,并且是一个光子的全部能量一次性地被一个电子所吸收,电子得到光子传递的能量后其状态就会发生变化,从而使受光照射的物体产生相应的电效应。

金属传感器只介绍接近开关在金属探测器中的应用。

模块结构



项目 3.1 红外避障模块在机器人避障过程中的应用

3.1.1 项目目标

通过红外避障传感器电路的制作和调试,掌握红外避障传感器的特性、电路原理和调试技能。

以红外避障传感器作为检测元件,制作一智能避障系统。

3.1.2 项目方案

设计基于红外避障传感器检测系统,以 AT89C52 单片机为核心控制单元,通过对障碍物信息采集与处理,获取当前信息,并能够控制智能小车避障。智能避障系统框图如图 3.1 所示。

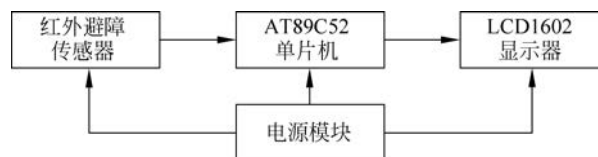


图 3.1 智能避障系统框图

3.1.3 项目实施

1. 电路原理图

此智能寻迹系统电路采用 AT89C52 单片机作为主控制器,采用红外避障传感器。通过单片机的 IO 引脚进行障碍物的采集,并控制智能小车的行走路线。

单片机与红外避障传感器的电源电压均为 5V,通过编写 C 语言程序,控制智能小车的行走路线。智能避障系统原理图如图 3.2 所示。

此项目主要使用以下器件:红外避障传感器、AT89C52 单片机最小系统、直流电机、直流稳压电源、实验板、电阻等。

2. 实施步骤

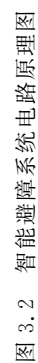
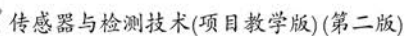
- (1) 准备好单片机最小系统实验板、红外避障传感器。
- (2) 将传感器正确安装在单片机最小系统实验板上。
- (3) 将编写好的寻迹程序下载到实验板中。此部分查看附录。

红外避障模块应用部分程序如下:

```

while(1)
{
    if(Left_2_led == 1 && Right_2_led == 1)
        run();
    if(Left_2_led == 1 && Right_2_led == 0)

```



```

{
    leftrun();
}
if(Right_2_led == 1 && Left_2_led == 0)
{
    rightrun();
}
}

```

(4) 下载完成后,单片机实验板上电,小车即按照预定的路线行走;当遇到障碍物时,智能避障。做好记录和分析。

3.1.4 知识链接

红外避障模块对环境光线适应能力强,结构如图 3.3 所示,其具有一对红外线发射与接收管,发射管发射出一定频率的红外线,当检测方向遇到障碍物(反射面)时,红外线反射回来被接收管接收。经过比较器电路处理后,绿色指示灯亮起,同时信号输出接口输出数字信号(一个低电平信号),可通过电位器旋钮调节检测距离,有效距离范围为 2~30cm,工作电压为 3.3~5V。该传感器的探测距离可以通过电位器调节,具有干扰小、便于装配、使用方便等特点,可以广泛应用于机器人避障、避障小车、流水线计数及黑白线循迹等众多场合。

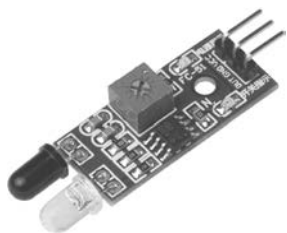


图 3.3 红外避障模块实物

红外避障模块仅有 3 个引脚,电路连接简单,其中各引脚定义如下。

- (1) V_{CC} : 外接 3.3~5V 电压(可以直接与 5V 单片机和 3.3V 单片机相连)。
- (2) GND: 外接地。
- (3) OUT: 小板数字量输出接口(0 和 1)。

1. 红外避障传感器的特性

(1) 红外避障传感器的优点。

- ① 环境适应性好,在夜间和恶劣气象条件下的工作能力优于可见光。
- ② 被动式工作,隐蔽性好,不易被干扰。
- ③ 靠目标和背景之间各部分的温度和发射率形成的红外辐射差进行探测,因而识别伪装目标的能力优于可见光。
- ④ 红外系统的体积小、质量轻、功耗低。
- ⑤ 不受电磁波的干扰、非噪声源、可实现非接触性测量。

(2) 红外避障传感器的不足。

由于传感器测量光的差异,其受环境的影响非常大,物体的颜色、方向、周围的光线都能导致较大的测量误差。

该传感器模块对环境光线适应能力强,其具有一对红外线发射管与接收管,发射管发射出一定频率的红外线,当检测方向遇到障碍物(反射面)时,红外线反射回来被接收管接收,经过比较器电路处理后,绿色指示灯会亮起,同时信号输出接口输出数字信号(一个低电平



信号),可通过电位器旋钮调节检测距离,有效距离范围为 2~30cm,工作电压为 3.3~5V。

2. 红外避障传感器的工作原理

红外避障传感器具有一对红外信号发射与接收二极管,发射管发射一定频率的红外信号,接收管接收这种频率的红外信号,当传感器的检测方向遇到障碍物(反射面)时,红外信号反射回来被接收管接收,经过处理之后,通过数字传感器接口返回到机器人主机,机器人即可利用红外波的返回信号来识别周围环境的变化。

红外二极管发射红外光线,如果机器人前面有障碍物,红外线从物体反射回来,相当于机器人眼睛的红外检测(接收)器,检测到反射回的红外光线,并发出信号表明检测到从物体反射回红外线。红外线接收器有内置的光滤波器,除了需要检测的 940nm 波长的红外线外,几乎不允许其他光通过。红外检测器还有一个电子滤波器,它只允许大约 38.0kHz 的电信号通过。

信号由红外接收器接收,经过运算放大器的反相放大,信号输出由默认的高电平变为低电平。发光二极管有了电压差,所以信号指示灯亮,证明前方有障碍,同时信号输出给单片机,由单片机电平的变化去控制电动机的工作实现避障。

阅读资料:红外避障传感器的分类

红外探测器按其工作模式可大致分为主动式与被动式。主动式红外探测器自带红外光源,通过对光源的遮挡、反射、折射等光学手段可以完成对被探测物体位置的判别。被动式红外探测器本身没有光源,通过接受被探测物体的特征光谱辐射来测量被探测物的位置、温度或进行红外成像。

主动式红外传感器又可分为分立元件型、透射遮挡型和反射型。分立元件型发光管与接收管相互独立,用户在使用时可以根据需要灵活地设定发光管与接收管的位置,并可利用棱镜、透镜等完成特殊的目的,缺点是装置复杂。透射遮挡型和反射型通过塑料模具将发光管与接收管封装在一起,非常方便用户使用。在设计中,通常选用反射型红外发射接收器比较适合做避障功能。

3. 红外避障传感器的操作流程

模块的工作电压可接直流 3.3V 或直流 5.5V,检测结果的输出信号为电压开关量,检测到物体输出“正逻辑 0”,未检测到物体输出“正逻辑 1”。

模块的最大有效检测距离主要由反射式红外光电传感器特性决定,同时受被测物体的红外反射特性影响很大,也能通过检测灵敏度调节电位器进行调节。对一般物体的检测应用,有效检测距离常常能达到 0.1~20cm。

通常,具有光滑表面并且反光特性良好的物体易于检测,有效检测距离相对较大;透明的物体、具有粗糙表面或反光特性差的物体,检测难度加大,有效检测距离相对较小。

因此主控制器对红外避障传感器操作程序如下:

```
if(Left_2_led == 1 && Right_2_led == 1)
    run();
```

```

if(Left_2_led == 1 && Right_2_led == 0)
{
    leftrun();
}
if(Right_2_led == 1 && Left_2_led == 0)
{
    rightrun();
}

```

当智能小车上左侧的寻迹传感器与右侧的寻迹传感器均检测到信号时,认为是黑色线路,则调用 run()子程序;当右侧或者左侧的寻迹传感器中的一个检测到,另一个检测不到,则调用 leftrun()子程序或者 rightrun()子程序。

4. 红外避障传感器的应用

该传感器的探测距离可以通过电位器调节,具有干扰小、便于装配、使用方便等特点,可以广泛应用于机器人避障、避障小车、流水线计数及黑白线循迹等众多场合。

3.1.5 项目总结

通过本项目的学习,应掌握以下重点知识:①理解红外避障传感器的特性;②理解避障电路的原理。

通过本项目的学习,应掌握以下实践技能:①能正确使用红外避障传感器;②掌握避障电路的调试方法;③掌握红外避障传感器的使用方法。

项目 3.2 图像传感器 OV7670 在图像采集系统中的应用

3.2.1 项目目标

通过 OV7670 图像传感器进行图像采集电路的制作和调试,掌握 OV7670 图像传感器的特性、电路原理和调试技能。

以 OV7670 为传感器,制作一个图像采集电路,并进行图像显示。

3.2.2 项目方案

OV7670 是一款采用 24 脚封装的芯片,30 万像素 CMOS VGA 图像处理传感器。该模块具有体积小、工作电压低等特点,可以实现对单片 VGA 摄像头和影像处理器的所有功能;通过 SCCB 控制总线控制,可以实现输出整帧、子采样、取窗口等方式的各种分辨率的 8 位影像数据;同时最高的数据帧可达 30F/s,这样用户可以完全控制图像质量、数据格式和传输方式,所有的图像处理功能伽马曲线、白平衡、饱和度、色度等都可以通过对 I²C 总线的控制以 SCCB 方式进行配置,另外感光阵列是 640×480 的,可以很好地输出 4:2:2 格式的数据。

OV7670 模块带 AL422 FIFO,超宽工作电压,带 24MHz 有源晶振,带 380KB 大容量的 FIFO AL422B,非常适合慢速 MCU 直接通过 I/O 采集图像数据,带 OV7670 必需的稳压 LDO,超宽单工作电源 3.3~5V,I/O 直接连接无须电平转换,工作温度为 0~50℃,镜头



为全玻璃镜片,镜头焦距 3.6mm、650nm 波段。

OV7670 图像传感器的引脚排列和功能如图 3.4 和表 3.1 所示。

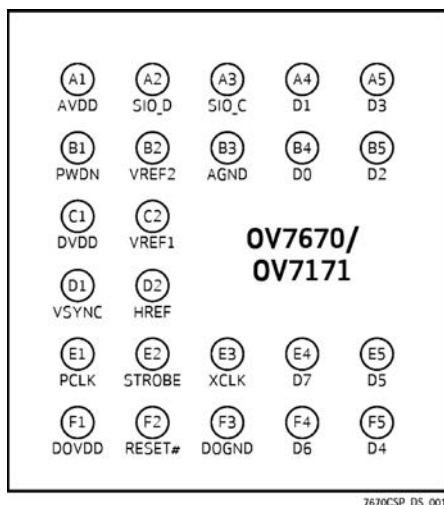


图 3.4 OV7670 图像传感器引脚图

表 3.1 引脚功能

引脚	名称	类型	功能/说明
A1	AVDD	电源	模拟电源
A2	SIO_D	输出/输入	SCCB 数据口
A3	SIO_C	输入	SCCB 时钟口
A4	D1	输出	数据位 1
A5	D3	输出	数据位 3
B1	PWDN	输入(0) ^b	POWER DOWN 模式选择 0: 工作 1: POWER DOWN
B2	VREF2	参考	参考电压—并 0.1 μ F 电容
B3	AGND	电源	模拟地
B4	D0	输出	数据位 0
B5	D2	输出	数据位 2
C1	DVDD	电源	核电压+1.8VDC
C2	VREF1	参考	参考电压—并 0.1 μ F 电容
D1	VSYNC	输出	帧同步
D2	HREF	输出	行同步
E1	PCLK	输出	像素时钟
E2	STROBE	输出	闪光灯控制输出
E3	XCLK	输入	系统时钟输入
E4	D7	输出	数据位 7
E5	D5	输出	数据位 5
F1	DOVDD	电源	I/O 电源,电压 1.7~3.0V
F2	RESET [#]	输入	初始化所有寄存器到默认值 0: RESET 模式 1: 一般模式
F3	DOGND	电源	数字地
F4	D6	输出	数据位 6
F5	D4	输出	数据位 4

3.2.3 项目实施

1. 电路原理

此图像采集系统采用 ARM 系列 STM32 单片机作为主控制器,OV7670 作为图像传感器。通过单片机的 IO 引脚进行图像数据的采集,并进行图像显示。

单片机与图像传感器的电源电压均为 3.3V 电压,通过编写 C 语言程序,即可采集图像信息,并且进行图像信息的显示。基于 OV7670 图像传感器的图像采集系统原理图如图 3.5 所示。

2. 所需材料及设备

图像传感器 OV7670、STM32 单片机最小系统、12864 显示器、直流稳压电源、实验板等。

3. 电路制作

按图 3.5 所示将电路焊接在实验板上,认真检查电路,正确无误后接好 OV7670 图像传感器和电源。

4. 调试

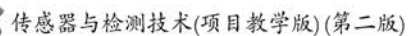
(1) 制作好图像采集系统实验板,需要通过下载线将实验板连接到计算机串口。

(2) 将编写好的图像采集程序下载到实验板中。

图像传感器采集程序部分程序如下:

```
int main(void)
{
    u8 key;
    u8 lightmode = 0, saturation = 2, brightness = 2, contrast = 2;
    u8 effect = 0;
    u8 i = 0;
    u8 msgbuf[15]; //消息缓存区
    u8 tm = 0;

    delay_init(); //延时函数初始化
    NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_2); //设置中断优先级分组为组 2: 2 位抢占优先级, 2 位响应优先级
    uart_init(115200); //串口初始化为 115200
    usmart_dev.init(72); //初始化 USMART
    LED_Init(); //初始化与 LED 连接的硬件接口
    KEY_Init(); //初始化按键
    LCD_Init(); //初始化 LCD
    TPAD_Init(6); //触摸按键初始化
    POINT_COLOR = RED; //设置字体为红色
    LCD_ShowString(30, 50, 200, 16, 16, "WarShip STM32");
    LCD_ShowString(30, 70, 200, 16, 16, "OV7670 TEST");
```



```

LCD_ShowString(30,90,200,16,16,"ATOM@ALIENTEK");
LCD_ShowString(30,110,200,16,16,"2015/1/18");
LCD_ShowString(30,130,200,16,16,"KEY0:Light Mode");
LCD_ShowString(30,150,200,16,16,"KEY1:Saturation");
LCD_ShowString(30,170,200,16,16,"KEY2:Brightness");
LCD_ShowString(30,190,200,16,16,"KEY_UP:Contrast");
LCD_ShowString(30,210,200,16,16,"TPAD:Effects");
LCD_ShowString(30,230,200,16,16,"OV7670 Init...");
while(OV7670_Init())//初始化 OV7670
{
    LCD_ShowString(30,230,200,16,16,"OV7670 Error!!");
    delay_ms(200);
    LCD_Fill(30,230,239,246,WHITE);
    delay_ms(200);
}
LCD_ShowString(30,230,200,16,16,"OV7670 Init OK");
delay_ms(1500);
OV7670_Light_Mode(lightmode);
OV7670_Color_Saturation(saturation);
OV7670_Brightness(brightness);
OV7670_Contrast(contrast);
OV7670_Special_Effects(effect);
TIM6_Int_Init(10000,7199);                //10kHz 计数频率,1s 中断
EXTI8_Init();                             //使能定时器捕获
OV7670_Window_Set(12,176,240,320);        //设置窗口
OV7670_CS = 0;
LCD_Clear(BLACK);
while(1)
{
    key = KEY_Scan(0);                     //不支持连按
    if(key)
    {
        tm = 20;
        switch(key)
        {
            case KEY0_PRES:                 //灯光模式 Light Mode
                lightmode++;
                if(lightmode > 4)lightmode = 0;
                OV7670_Light_Mode(lightmode);
                sprintf((char * )msgbuf, "% s", LMODE_TBL[lightmode]);
                break;
            case KEY1_PRES:                 //饱和度 Saturation
                saturation++;
                if(saturation > 4)saturation = 0;
                OV7670_Color_Saturation(saturation);
                sprintf((char * )msgbuf, "Saturation: % d", (signed char)saturation - 2);
                break;
            case KEY2_PRES:                 //亮度 Brightness
                brightness++;
                if(brightness > 4)brightness = 0;
                OV7670_Brightness(brightness);

```



```
        sprintf((char *)msgbuf, "Brightness: %d", (signed char)brightness - 2);
        break;
    case WKUP_PRES:                                //对比度 Contrast
        contrast++;
        if(contrast > 4)contrast = 0;
        OV7670_Contrast(contrast);
        sprintf((char *)msgbuf, "Contrast: %d", (signed char)contrast - 2);
        break;
    }
}
// if(TPAD_Scan(0))                                //检测到触摸按键
// {
//     effect++;
//     if(effect > 6)
//     effect = 0;
//     OV7670_Special_Effects(effect);                //设置特效
//     sprintf((char *)msgbuf, " %s", EFFECTS_TBL[effect]);
//     tm = 20;
// }
camera_refresh();                                //更新显示
if(tm)
{
    LCD_ShowString((lcddev.width - 240)/2 + 30, (lcddev.height - 320)/2 + 60, 200, 16,
16, msgbuf);
    tm -- ;
}
i++;
if(i == 15)                                    //DS0 闪烁
{
    i = 0;
    LED0 = !LED0;
}
}
```

(3) 下载完成后,实验板上电即可显示相应的图像信息,并将采集的图像显示在显示器上。

3.2.4 知识链接

图像传感器,或称感光元件,是组成数字摄像头的重要组成部分,是一种将光学图像转换成电子信号的设备,它被广泛应用在数码相机和其他电子光学设备中。早期的图像传感器采用模拟信号,如摄像管(Video Camera Tube)。随着数码技术、半导体制造技术及网络的迅速发展,市场和业界都面临着跨越各平台的视讯、影音、通信大整合时代的到来,勾划着未来人类日常生活的美景。以其在日常生活中的应用,无疑要属数码相机产品,其发展速度可以用日新月异来形容。短短几年,数码相机就由几十万像素,发展到400万、500万像素甚至更高。不仅在发达的欧美国家,数码相机已经占有很大的市场,就是在发展中的中国,数码相机的市场也在以惊人的速度增长,因此,其关键零部件——图像传感器产品就成为当

前以及未来业界关注的对象,吸引着众多厂商投入。以产品类别区分,图像传感器产品主要分为 CCD、CMOS 及 CIS 传感器 3 种。本书主要介绍 CCD 摄像头以及 CMOS 摄像头两大类。图像传感器实物如图 3.6 所示。

1. CCD 摄像头介绍

CCD(Charge Coupled Device, 电荷耦合器件)是一种半导体成像器件,因而具有灵敏度高、抗强光、畸变小、体积小、寿命长、抗震动等优点。它能够将光线变为电荷并可将电荷储存及转移,也可将存储的电荷取出使电压发生变化,因此是理想的摄像元件,是代替摄像管传感器的新型器件。

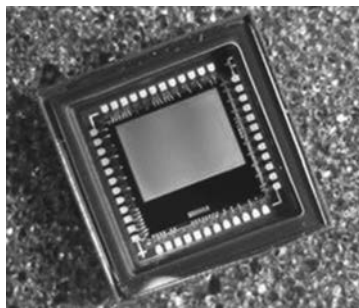


图 3.6 图像传感器实物

摄像头的工作原理:被摄物体反射光线,传播到镜头,经镜头聚焦到 CCD 芯片上,CCD 根据光的强弱积聚相应的电荷,经周期性放电,产生表示一幅画面的电信号,经过预中放电路放大、AGC 自动增益控制,由于图像处理芯片处理的是数字信号,所以经模数转换到图像数字信号处理芯片(DSP)。同步信号发生器主要产生同步时钟信号(由晶体振荡电路来完成),即产生垂直和水平的扫描驱动信号,到图像处理芯片。然后,经数模转换电路通过输出端子输出一个标准的复合视频信号。这个标准的视频信号同家用的录像机、VCD 机、家用摄像机的视频输出是一样的,所以也可以录像或接到电视机上观看。

CCD 可分为线阵 CCD、三线 CCD、面阵 CCD 和交织传输 CCD。摄像头采用是面阵 CCD 图像传感器。CCD 芯片就像人的视网膜,是摄像头的核心。CCD 彩色摄像头的主要技术指标如下。

(1) CCD 尺寸,即摄像机靶面。原多为 1/2 英寸,现在 1/3 英寸的已普及化,1/4 英寸和 1/5 英寸也已商品化。

(2) CCD 像素,是 CCD 的主要性能指标,它决定了显示图像的清晰程度,分辨率越高,图像细节的表现越好。CCD 是由面阵感光元素组成,每一个元素称为像素,像素越多,图像越清晰。现在市场上大多以 25 万和 38 万像素为划界,38 万像素以上者为高清晰度摄像机。

(3) 水平分辨率。彩色摄像机的典型分辨率是在 320~500 线,主要有 330 线、380 线、420 线、460 线、500 线等不同档次。分辨率是用电视线(简称线 TV LINES)来表示的,彩色摄像头的分辨率在 330~500 线。分辨率与 CCD 和镜头有关,还与摄像头电路通道的频带宽度直接相关,通常规律是 1MHz 的频带宽度相当于清晰度为 80 线。频带越宽,图像越清晰,线数值相对越大。

(4) 最小照度,也称为灵敏度。是 CCD 对环境光线的敏感程度,或者说是 CCD 正常成像时所需要的最暗光线。照度的单位是勒克斯(lux),数值越小,表示需要的光线越少,摄像头也越灵敏。月光级和星光级等高增感度摄像机可工作在很暗条件,2~3lux 属一般照度,现在也有低于 1lux 的普通摄像机问世。

(5) 扫描制式。有 PAL 制和 NTSC 制之分。

(6) 信噪比。典型值为 46dB,若为 50dB,则图像有少量噪声,但图像质量良好;若为 60dB,则图像质量优良,不出现噪声。



(7) 视频输出。多为 $1V_{p-p}$ 、 75Ω 。

(8) 镜头安装方式。有 C 和 CS 方式,二者间不同之处在于感光距离不同。

(9) 摄像头的像素。SXGA(1280×1024)又称 130 万像素,XGA(1024×768)又称 80 万像素,SVGA(800×600)又称 50 万像素,VGA(640×480)又称 30 万像素(35 万像素是指 648×488),CIF(352×288)又称 10 万像素,SIF/QVGA(320×240)。

2. CMOS 摄像头介绍

CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor,金属氧化物半导体元件)传感器采用一般半导体电路最常用的 CMOS 工艺,具有集成度高、功耗小、速度快、成本低等特点,最近几年在宽动态、低照度方面发展迅速。CMOS 即互补性金属氧化物半导体,主要是利用硅和锗两种元素制成的半导体,通过 CMOS 上带负电和带正电的晶体管来实现基本的功能。这两个互补效应所产生的电流即可被处理芯片记录和解读成影像。CMOS 摄像头的工作原理如图 3.7 所示。

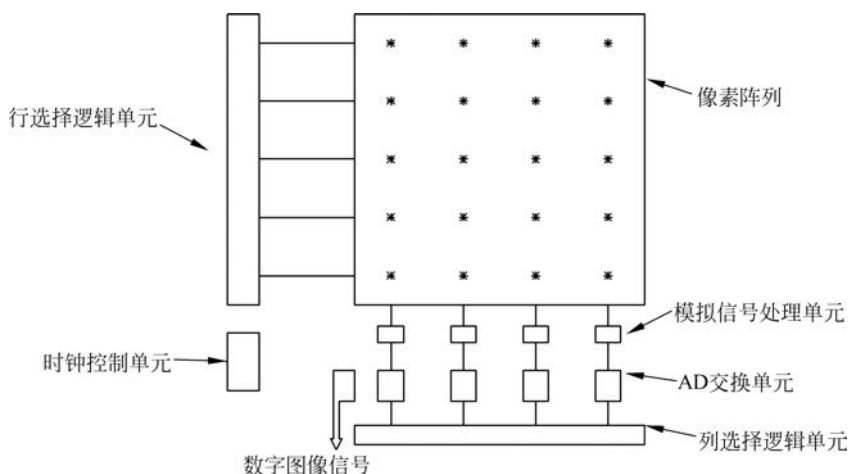


图 3.7 CMOS 图像传感器工作原理

CMOS 摄像头的工作原理:当外界光照射像素阵列,发生光电效应,在像素单元内产生相应的电荷。行选择逻辑单元根据需要,选通相应的行像素单元。行像素单元内的图像信号通过各自所在列的信号总线传输到对应的模拟信号处理单元以及 A/D 转换器,转换成数字图像信号输出。其中的行选择逻辑单元可以对像素阵列逐行扫描,也可隔行扫描。行选择逻辑单元与列选择逻辑单元配合使用可以实现图像的窗口提取功能。模拟信号处理单元的主要功能是对信号进行放大处理,并且提高信噪比。

另外,为了获得质量合格的实用摄像头,芯片中必须包含各种控制电路,如曝光时间控制、自动增益控制等。为了使芯片中各部分电路按规定的节拍动作,必须使用多个时序控制信号。为了便于摄像头的应用,还要求该芯片能输出一些时序信号,如同步信号、行起始信号、场起始信号等。

CMOS 图像传感器的特性如下。

(1) 光照特性。

CMOS 图像传感器的主要应用也是图像的采集,也要求能够适应更宽的光照范围。因

此也必须采用非线性的处理方法和自动调整曝光时间与自动增益等处理方法。结果与 CCD 相机一样损失了光电转换的线性,正因为此原因,它也受限于灰度的测量。

(2) 输出特性。

CMOS 图像传感器的突出优点在于输出特性,它可以部分输出任意区域范围内的图像。(不是所有 CMOS 传感器都具有这个功能)这个特性在跟踪、寻的、搜索及室外拍照等的应用前景非常好,也是 CCD 传感器所无法办到的。

(3) 光谱响应。

光谱响应受半导体材料限制,同种硅材料的光谱响应基本一致,与 CCD 的光谱响应基本一致。

(4) 光敏单元的不均匀性。

光敏单元的不均匀性是 CMOS 图像传感器的弱项,因为它的光敏单元不像 CCD 那样严格地在同一硅片上用同样的制造工艺制造,因此远不如 CCD 的光敏单元的一致性好;但是它内部集成单元多、处理能力强,能够弥补这个缺陷。

3. CCD 与 CMOS 图像传感器的对比

在选择摄像头时,镜头是很重要的。按感光器件类别来分,现在市场上摄像头使用的镜头大多为 CCD 和 CMOS 两种,其中 CCD 因为价格较高而更多应用在摄像、图像扫描方面的高端技术组件;CMOS 则大多应用在一些低端视频产品中。感光器件是摄像头主要的技术核心,对于 CCD 和 CMOS 两种镜头而言,二者各有优点。

CCD 的优点是灵敏度高、噪声小、信噪比大。但是生产工艺复杂、成本高、功耗高。

CMOS 的优点是集成度高、功耗低(不到 CCD 的 1/3)、成本低。但是噪声比较大、灵敏度较低、对光源要求高。

在相同像素下 CCD 的成像往往通透性、明锐度都很好,色彩还原、曝光可以保证基本准确。而 CMOS 的产品往往通透性一般,对实物的色彩还原能力偏弱,曝光也都不太好。

目前,市场销售的数码摄像头中,基本是采用 CMOS 的摄像头。在采用 CMOS 为感光元器件的产品中,通过采用影像光源自动增益补强技术,自动亮度、白平衡控制技术,色饱和度、对比度、边缘增强以及 γ 矫正等先进的影像控制技术,完全可以达到与 CCD 摄像头相媲美的效果。受市场情况及市场发展等情况的限制,摄像头采用 CCD 图像传感器的厂商为数不多,主要原因是采用 CCD 图像传感器成本高。

在模拟摄像机以及标清网络摄像机中,CCD 的使用最为广泛,长期以来都在市场上占有主导地位。CCD 的特点是灵敏度高,但响应速度较低,不适用于高清监控摄像机采用的高分辨率逐行扫描方式,因此进入高清监控时代以后,CMOS 逐渐被人们所认识,高清监控摄像机普遍采用 CMOS 感光器件。

CMOS 针对 CCD 最主要的优势就是非常省电。不像由二级管组成的 CCD,CMOS 电路几乎没有静态电量消耗,这就使得 CMOS 的耗电量只有普通 CCD 的 1/3 左右,CMOS 重要问题是在处理快速变换的影像时,由于电流变换过于频繁而过热,暗电流抑制得好就问题不大,如果抑制得不好就十分容易出现噪点。

已经研发出 720P 与 1080P 专用的背照式 CMOS 器件,其灵敏度性能已经与 CCD 接近。与表面照射型 CMOS 传感器相比,背照式 CMOS 在灵敏度(S/N)上具有很大优势,显



著提高低光照条件下的拍摄效果,因此在低照度环境下拍摄,能够大幅降低噪点。

虽然以 CMOS 技术为基础的百万像素摄像机产品在低照度环境和信噪处理方面存在不足,但这并不会根本上影响它的应用前景。而且相关国际大企业正在加大力度解决这两个问题,相信在不久的将来,CMOS 的效果会越来越接近 CCD 的效果,并且 CMOS 设备的价格会低于 CCD 设备。

安防行业使用 CMOS 多于 CCD 已经成为不争的事实,尽管相同尺寸的 CCD 传感器分辨率优于 CMOS 传感器,如果不考虑尺寸限制,CMOS 在量率上的优势可以有效克服大尺寸感光元件制造的困难,这样 CMOS 在更高分辨率下将更有优势。另外,CMOS 响应速度比 CCD 快,因此更适合高清监控的大数据量特点。

4. OV7670 的相关知识

(1) OV7670 图像传感器的特点

OV7670 图像传感器具有以下几个特点:高灵敏度,适合低照度应用;低电压,适合嵌入式应用;标准的 SCCB 接口,兼容 I²C 接口;RawRGB、RGB(GRB4:2:2, RGB565/555/444)、YUV(4:2:2)和 YCbCr(4:2:2)输出格式;支持 VGA、CIF 以及从 CIF 到 40×30 的各种尺寸;VarioPixel 子采样方式;自动影响控制功能,包括自动曝光控制、自动增益控制、自动白平衡、自动消除灯光条纹、自动黑电平校准;图像质量控制,包括色饱和度、色相、 γ 校正、锐度和 ANTI_BLOOM;ISP 具有消除噪声和坏点补偿功能;支持闪光灯,包括 LED 灯和氙灯;支持图像缩放;镜头失光补偿;50/60Hz 自动检测;饱和度自动调节(UV 调整);边缘增强自动调节;降噪自动调节。

(2) OV7670 的功能模块介绍

OV7670 图像传感器的功能模块如图 3.8 所示。其功能模块包括以下几个部分。

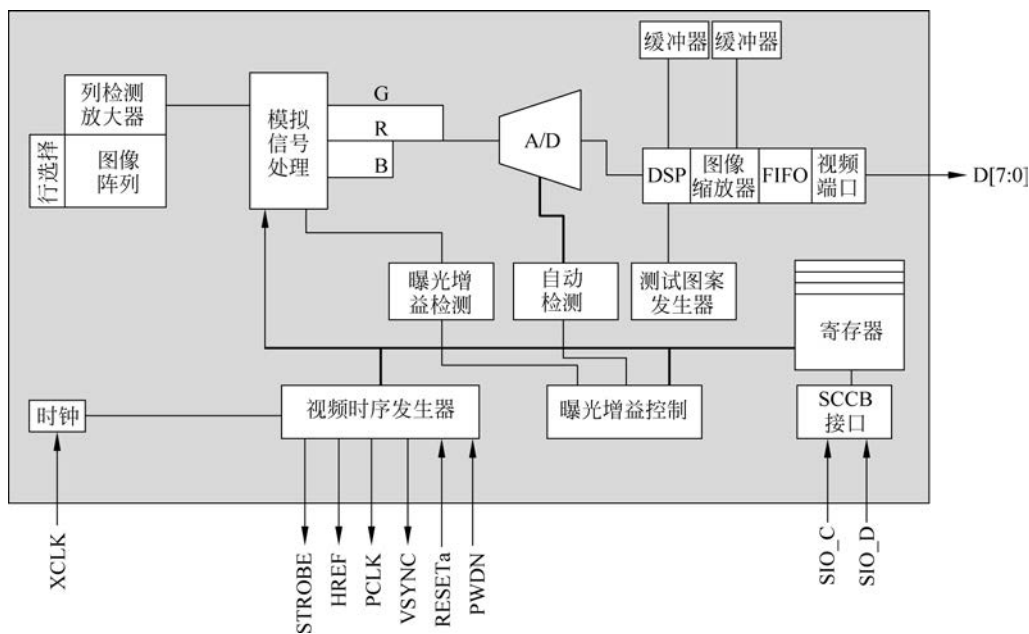


图 3.8 OV7670 功能模块

- ① 感光阵列(共有 656×488 个像素,其中在 YUV 的模式中,有效像素为 640×480 个)。
- ② 模拟信号处理:这个模块执行所有模拟功能,包括自动增益和自动白平衡。
- ③ A/D 转换:原始的信号经过模拟处理器模块之后,分 g 和 BR 两路进入一个 10 位的 A/D 转换器,A/D 转换器工作在 12MHz,与像素频率完全同步(转换频率和帧率有关)。除 A/D 转换器外,该模块还有以下 3 个功能,即黑电平校正(BLC)、U/V 通道延迟、A/D 范围控制。A/D 范围乘积和 A/D 的范围控制共同设置 A/D 的范围和最大值,允许用户根据应用调整图片的亮度。
- ④ 测试图案发生器:测试图案发生器有以下功能:八色彩色条图案;渐变至黑白彩色条图案;输出脚移位“1”。
- ⑤ 数字信号处理器:这个模块控制由原始信号插值到 RGB 信号的过程,并控制一些图像质量:边缘锐化(二维高通滤波器);颜色空间转换(原始信号到 RGB 或者 YUV/YCbYCr);RGB 色彩矩阵以消除串扰;色相和饱和度的控制;黑/白点补偿;降噪;镜头补偿;可编程的 γ 矫正;10 位到 8 位数据转换。
- ⑥ 图像缩放:这个模块按照预先设置的要求输出数据格式,能将 YUV/RGB 信号从 VGA 缩小到 CIF 以下的任何尺寸。
- ⑦ 时序发生器:通常时序发生器有以下功能:阵列控制和帧率发生;内部信号发生器和分布;帧率的时序;自动曝光控制;输出外部时序(VSYNC、HREF/HSYNC 和 PCLK)。
- ⑧ 数字视频端口:寄存器 COM2[1:0]调节 I_{OL}/I_{OH} 的驱动电流,以适应用户的负载。
- ⑨ SCCB 接口:SCCB 接口控制图像传感器芯片的运行。
- ⑩ LED 和闪光灯输出控制。OV7670 有闪光灯模式,控制外接闪光灯或闪光 LED 的工作。

(3) OV7670 的图像数据输出格式

VGA,即分辨率为 640×480 的输出模式。

QVGA,即分辨率为 320×240 的输出格式。

QQVGA,即分辨率为 160×120 的输出格式。

PCLK,即像素时钟,一个 PCLK 时钟输出一个像素(或半个像素)。

VSYNC 即帧同步信号。

HREF/HSYNC,即行同步信号。

OV7670 的图像数据输出就是在 PCLK PCLKPCLK、VSYNC 和 HREF/HSYNC 的控制下进行的。首先看输出时序,如图 3.9 所示。

从图 3.9 可以看出,像数据在 HREF 为高电平时输出,当 HREF 变为高电平后,每个 PCLK 时钟输出一个字节数据。比如采用 VGA 时序,RGB565 格式输出,每 2 字节组成一个像素的颜色(高字节在前,低后),这样每行输出总共有 640×2 个 PCLK 周期,输出 640×2 字节。

再来看帧时序(VGA 模式),如图 3.10 所示。

图 3.10 清楚地表示了 OV7670 在 VGA 模式下的数据输出。注意,图中的 HSYNC 和 HREF 其实是同一个引脚产生的信号,只是在不同场合下,使用不同的信号方式。

(4) 存储读取图像数据的过程

- ① 存储图像数据。ALIENTEK OV7670 摄像头模块存储图数据的过程为:等待

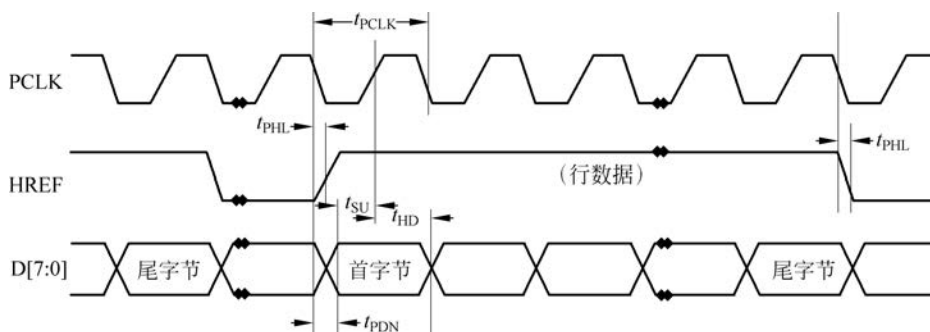


图 3.9 OV7670 行输出时序

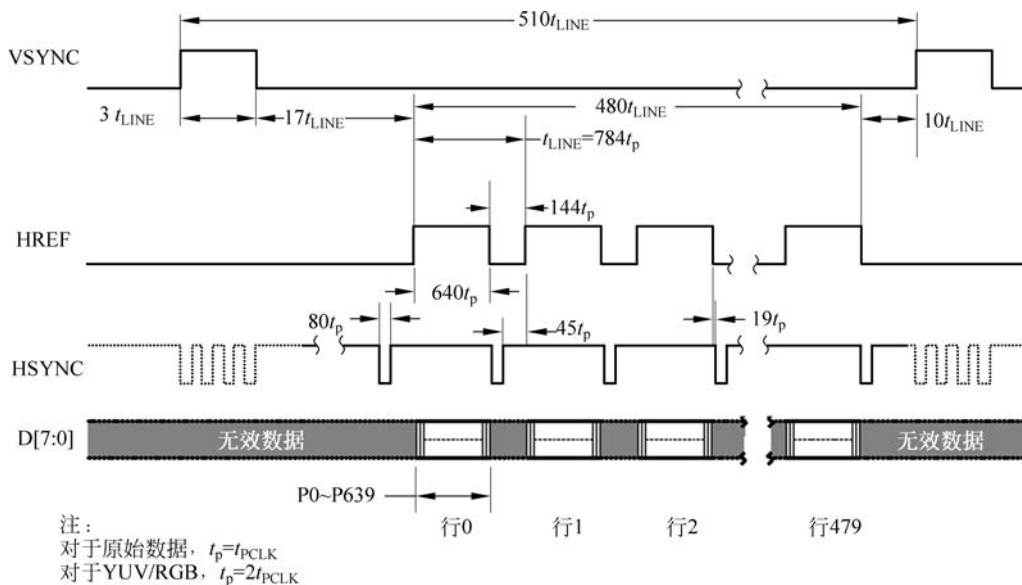


图 3.10 OV7670 帧时序

OV7670 同步信号→FIFO 写指针复位→FIFO 写使能→等待第二个 OV7670 同步信号→FIFO 写禁止。通过以上 5 个步骤,就完成了 1 帧图像数据的存储。

② 读取图像数据。在存储完一帧图像以后,就可开始读取数据了。过程为: FIFO 读指针复位→给 FIFO 读时钟(FIFO_RCL)→读取第一个像素高字节→给 FIFO 读时钟→读取第一个像素低字节→给 FIFO 读时钟→读取第二个像素高字节→循环读取剩余像素→结束。

5. 图像传感器的应用

(1) 微型摄像机。

在很多应用场合,隐蔽摄像机必须大大缩小摄像机的体积,采用 CMOS 图像传感器可方便地做到这一点。目前国内市场上销售的 DV-5016 型微型黑白摄像机(16mm×16mm×12mm),其功耗只有 50mW,配以高效可充电电池,即使全天候工作,也不会电路过热和图像质量变差。近来推出中分辨率的 CMOS 黑白微型摄像机,其灵敏度可达 0.1 lx,图像清

晰度可等同于 CCD 摄像机。目前可视门铃或可视电话都是 CCD 非隐蔽式的。随着治安要求不断提高,为确保门外或室内外的摄像系统不被识破而遭到破坏,在室内外安装隐蔽式摄像系统将成为家用消费系统的一种趋势。对于 CMOS 微型摄像机,只要配有管状镜头,就能达到隐蔽而难被破坏的目的。

微型 CMOS 摄像机的各种配置已在汽车尾视、内视-Tax 司机的监视系统、塔吊起重、汽车防盗、电梯监控、超市防盗、银行监控、焦点采访、监狱、辑私等许多领域中得到应用。由于其安装简便、使用方便、能自动启动、可自动录像、费用低而使其应用也越来越广泛。

(2) 数码相机。

人们使用胶卷照相机已经上百 years 了,20 世纪 80 年代以来,人们利用高新技术,发展了不用胶卷的 CCD 数码相机,使传统的胶卷照相机产生了根本的变化。电可写可控的廉价快闪(Flash)ROM 的出现,以及低功耗、低价位的 CMOS 摄像头的问世,为数码相机打开了新的局面。数码相机的内部装置已经和传统照相机完全不同了,彩色 CMOS 摄像头在电子快门的控制下,摄取一幅照片存在 DRAM 中,然后再转至快闪 ROM 中存放起来。根据快闪 ROM 的容量和图像数据的压缩水平,可以决定能照相片的张数。如果将 ROM 换成 PCMCIA 卡,就可以通过换卡扩大数码相机的容量,就像更换胶卷一样,将数码相机的数字图像信息转存至 PC 的硬盘中存储,就可大大方便照片的存储、检索、处理、编辑和传送。

(3) 手表式摄像机。

英国布里斯托尔惠普研究实验室的一个研究小组研制出新型手表式摄像机。这种摄像机利用单个芯片来实现摄像机所需的大部分功能,能置于手表中处理和显示所拍摄的静止或运动图像。

这种芯片同时获取和处理图像,还可与手表或移动电话等共享电源。利用特殊的端口,新型摄像机还可与现有摄像机或电视相连。据英国布里斯托尔惠普研究室的研究人员介绍,将来通过增加红外线或无线电通信端口,手表式摄像机还有可能直接从 PC 或电视机中下载图像。

(4) 相机电话。

CMOS 传感器被认为是相机电话的理想解决方案,不过 CCD 传感器在 Sanyo 的大力推广下,采用帧传输的方式来降低其功耗,反而成为目前日本相机电话的主流选择。展望 2003 年,随着 Sanyo 推出 VGA 低功耗 CCD 传感器,相机电话仍会以 CCD 传感器为大宗,CMOS 传感器则以外挂式的相机模块作为其主要应用。不过,2004 年以后,当相机电话用 CMOS 传感器迈入 130 万像素时代时,CCD 传感器能否迎头赶上还是未知数;Sanyo 的数据显示,目前该公司也没有把握将百万像素以上的 CCD 传感器的功耗降至手机可接受的 80~100mW,因此,相机电话未来是否仍有 CCD 的发展空间,目前仍难以下定论。目前看来,许多 CMOS 传感器商家计划在 2003 年 2 季度之前推出百万像素级、1/4 英寸的相机电话用传感器,届时 CIF 等级的产品更可望缩小至 1/14 英寸,从而大幅降低成本。在越来越多的手机商家将相机模块导入低端手机后,CMOS 传感器将有望超越 CCD 传感器成为市场上的主流产品。

(5) 其他应用和市场。

CMOS 图像传感器是一种多功能传感器,由于它兼具 CCD 图像传感器的性能,因此可进入 CCD 的应用领域,但它又有自己独特的优点,所以为自己开拓了许多新的应用领域。



目前主要应用是保安监控系统和 PC 摄像机。除了上述主要应用外,CMOS 图像传感器还可应用于数字静态摄像机和医用小型摄像机等。例如,心脏外科医生可以在患者胸部安装一个小“硅眼”,以便在手术后监视手术效果,CCD 就很难实现这种应用。

在 CMOS 图像传感器中,由于集成了多种功能,使得以往许多无法运用图像技术的地方,能够广泛地应用图像技术,如带照相机的移动电话、指纹识别系统、嵌入在显示器和膝上型电脑显示器中的摄像机、一次性照相机等。

3.2.5 项目总结

通过本项目的学习,应掌握以下知识重点:①理解 OV7670 图像传感器的特性;②掌握 OV7670 图像传感器的图像采集方法;③掌握图像采集系统电路的原理。

通过本项目的学习,应掌握以下实践技能:①能正确使用 OV7670 图像传感器;②掌握图像采集系统电路的调试方法。

项目 3.3 接近开关传感器在金属探测器系统的应用

3.3.1 项目目标

通过接近开关传感器金属探测器电路的制作和调试,掌握接近开关传感器的特性、电路原理和调试技能。

以接近开关传感器作为检测元件制作金属探测器,能够显示检测金属的数量。

3.3.2 项目方案

设计基于接近开关传感器金属探测器系统,以 AT89C52 单片机为核心控制单元,通过对金属信息采集与处理,获取当前金属的数量,并且通过 LCD1602 显示当前检测金属的数量。金属探测器系统框图如图 3.11 所示。

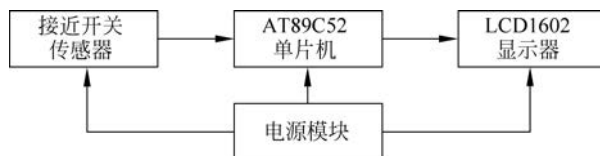


图 3.11 金属探测器系统框图

3.3.3 项目实施

1. 电路原理图

此金属探测器电路采用 AT89C52 单片机作为主控制器,接近开关作为传感器。通过单片机的 IO 引脚进行金属数据的采集,并进行金属数量的显示。

单片机与接近开关传感器的电源电压均为 5V,通过编写 C 语言程序,采集金属的数量信息,并且进行数量信息的显示。接近开关金属探测器电路原理如图 3.12 所示。

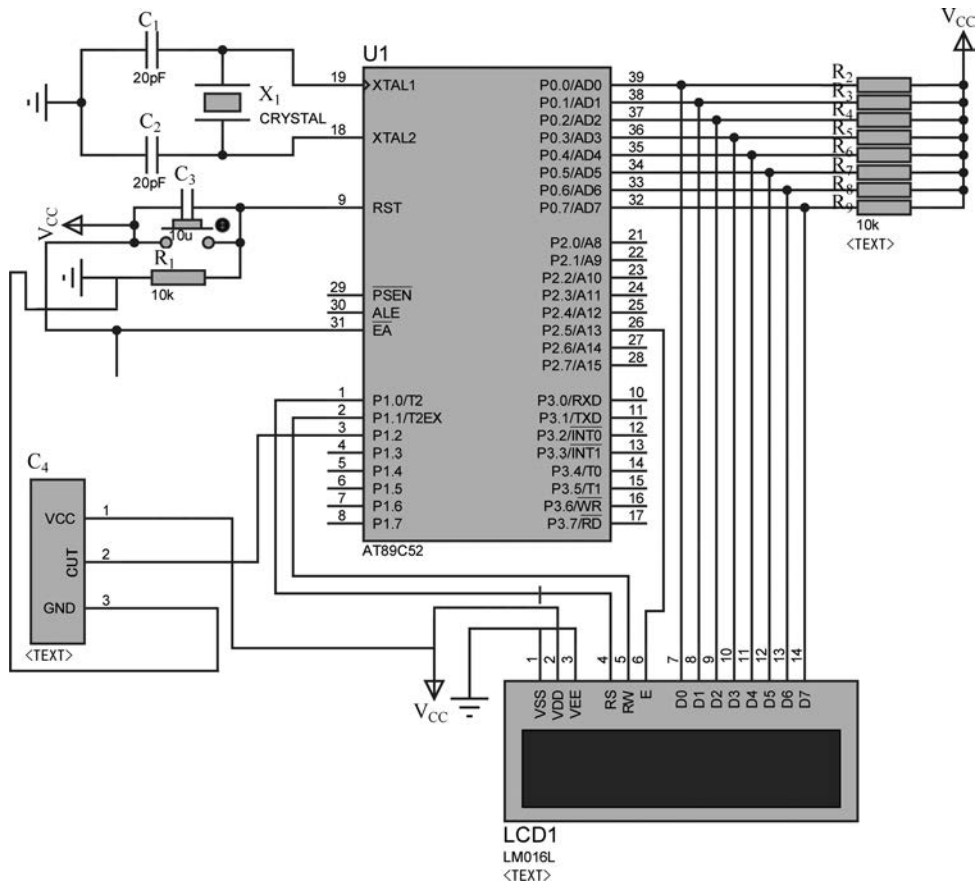


图 3.12 接近开关金属探测器电路原理

此项目主要使用以下器件：电感式接近开关传感器 LJ12A3-4-Z/BY、AT89C52 单片机最小光强度系统、杜邦线、模拟金属障碍物等。

2. 实施步骤

- (1) 准备好单片机最小系统实验板、接近开关 LJ12A3-4-Z/BY。
 - (2) 将传感器正确安装在单片机最小系统实验板上。
 - (3) 将编写好的金属探测器的程序下载到实验板中。此部分查看附录。
- 基于接近开关的金属探测器部分程序如下：

```
void main()
{
    uchar num, ge, shi;
    P0 = 0x00;
    // led = 1;
    // beep = 1;
    LCD_Init();
    while(1)
    {
```



```
        if(out == 0)
        {
            num++;
            if(num == 160)
                num = 0;
            while(!out);
        }
        else
        {
        }
        shi = num/10;
        ge = num % 10;
        LCD_WriteCom(0x80)
        LCD_WriteData('0' + num/10);
        LCD_WriteData('0' + num % 10) ;
    }
}
```

(4) 下载完成后,单片机实验板上电,液晶显示器即可显示检测的金属数量。

(5) 当接近开关传感器接近金属时,观察液晶显示器上数值的变化,并做好记录和分析。

3.3.4 知识链接

金属探测器因其功能和市场应用领域不同,分为通道式金属探测器(又称金属探测门,简称安检门)、手持式金属探测器、便携式金属探测器、台式金属探测器、工业用金属探测器和水下金属探测器。

现如今各行各业都加强了保安工作的部署,正是受此影响,金属探测器的应用领域也成功地渗透到其他行业,如高考进入考场前的检查、娱乐场所。公共娱乐场所的治安问题历来是社会各界关注的焦点,也是治安管理工作难点。据统计,每年娱乐场所恶性打架斗殴事件和刑事案件发案率占60%以上,其作案凶器均是消费者随身带入娱乐场所。然而,此时简单的通道式金属探测门已不能完全满足安检的要求,安保人员需要的是一种能准确判定金属物品藏匿位置的安检产品。于是多区位金属探测技术应运而生,它的诞生是金属探测器发展史上的又一次变革,原来单一的磁场分布变成了现在相互叠和而又相对独立的多个磁场,再根据人体工程学原理把门体分为多个区段,使之与人体相对应,相应的区段在金属探测门上形成相对的区域,这样金属探测门便拥有了报警定位功能。

金属探测器在国防、公安、地址等部门有着广泛的应用。常见的金属探测器大都是利用金属物体对电磁信号产生涡流效应的原理。探测方法一般有3种。

① 频移识别:利用金属物体使电路电信号频率改变来识别金属物体的存在。

② 场强识别:利用金属物体对信号产生谐波的场强变化使振幅随之变化来识别金属物体。

③ 相移识别:利用金属对信号产生谐波的相位变化来识别金属物体。本探测器利用第②种识别方法进行设计。利用探头线圈产生交变电磁场在被测金属物体中感应出涡流,涡流产生作用,作用于探头,使探头线圈阻抗发生变化,从而使探测器的振荡器振幅也发生变化。该振幅变化量作为探测信号,经放大、变换后转换成音频信号,驱动音响电路发声,音

频信号随被测金属物的大小及距离的变化而变化。接近开关实物如图 3.13 所示。

1. 接近开关的特性

(1) 非接触检测,避免了对传感器自身和目标物的损坏。

(2) 无触点输出,操作寿命长。

(3) 即使在水或油喷溅的苛刻环境中也能稳定检测。

(4) 反应速度快。

(5) 小型感测头,安装灵活。



图 3.13 接近开关实物

阅读资料:

金属探测器是采用线圈的电磁感应原理来探测金属的。根据电磁感应原理,当有金属物靠近通电线圈平面附近时,将发生线圈介质条件的变化和涡流效应两个现象。当有金属靠近通电线圈平面附近时,将使通电线圈周围的磁场发生变化。

根据电磁理论,当金属物体被置于变化的磁场中时,金属导体内就会产生自行闭合的感应电流,这就是金属的涡流效应。涡流要产生附加的磁场,与外磁场方向相反,削弱外磁场的变化。据此,将一交流正弦信号接入绕在骨架上的空心线圈上,流过线圈的电流会在周围产生交变磁场,当将金属靠近线圈时,金属产生的涡流磁场的去磁作用会削弱线圈磁场的变化。金属的电导率 σ 越大,交变电流的频率越大,则涡流强度越大,对原磁场的抑制作用越强。

通过以上分析可知,当有金属物靠近通电线圈平面附近时,无论是介质磁导率的变化,还是金属的涡流效应均能引起磁感应强度 B 的变化。对于非铁磁性的金属,包括抗磁体(如金、银、铜、铅、锌等)和顺磁体(如锰、铬、钦等), $\mu_r \approx 1$, σ 较大,可以认为是导电不导磁的物质,主要产生涡流效应,磁效应可忽略不计;对于铁磁性金属(如铁、钴、镍), μ_r 很大, σ 也较大,可认为是既可导电又可导磁的物质,主要产生磁效应,同时又有涡流效应。

2. 接近开关的工作原理

接近开关的工作原理示意图如图 3.14 所示。振荡电路中的线圈 L 产生一个高频磁场。当目标物接近磁场时,由于电磁感应在目标物中产生一个感应电流(涡电流),随着目标物接近传感器,感应电流增强,引起振荡电路中的负载加大。然后,振荡减弱直至停止。传感器利用振幅检测电路检测到振荡状态的变化,并输出检测信号。

接近开关是一种无须与运动部件进行机械直接接触而可以操作的位置开关,当物体接近开关的感应面到至可触发动作的距离时,不需要机械接触及施加任何压力即可使开关动作,从而驱动直流电器或给计算机(PLC)装置提供控制指令。接近开关是一种开关型传感器(即无触点开关),它既有行程开关、微动开关的特性,同时又具有传感性能,且动作可靠、性能稳定、频率响应快、应用寿命长、抗干扰能力强等,并具有防水、防震、耐腐蚀等特点。

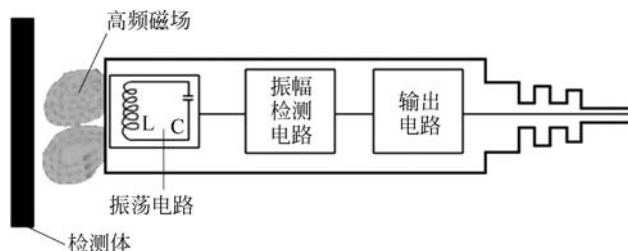


图 3.14 接近开关工作原理示意图

阅读资料：接近开关分类

接近开关的作用是当某物体与接近开关接近并达到一定距离时,能发出信号。它不需要外力施加,是一种无触点式的主令电器。它的用途已远远超出行程开关所具备的行程控制及限位保护。接近开关可用于高速计数、检测金属体的存在、测速、液位控制、检测零件尺寸以及用作无触点式按钮等。

就目前应用较为广泛的接近开关,按工作原理可以分为以下几种类型:高频振荡型(电感型),用以检测各种金属体;电容型,用以检测各种导电或不导电的液体或固体;光电型,用以检测所有不透光物质;超声波型,用以检测不透过超声波的物质;电磁感应型,用以检测导磁或不导磁金属。

按其外形可分为圆柱形、方形、沟型、穿孔(贯通)型和分离型。圆柱形比方形安装方便,但其检测特性相同,沟型的检测部位是在槽内侧,用于检测通过槽内的物体,贯通型在我国很少生产,而日本则应用较为普遍,可用于小螺钉或滚珠之类的小零件和浮标组装成水位检测装置等。

(1) 无源接近开关。

这种开关不需要电源,通过磁力感应控制开关的闭合状态。当磁质或者铁质触发器靠近开关磁场时,由开关内部磁力作用控制闭合。特点是不需要电源、非接触式、免维护、环保。

(2) 涡流式接近开关。

这种开关也叫电感式接近开关,它是利用导电物体在接近这个能产生电磁场的接近开关时,使物体内部产生涡流。这个涡流反作用到接近开关,使开关内部电路参数发生变化,由此识别出有无导电物体移近,进而控制开关的通断。

(3) 电容式接近开关。

这种开关的测量头构成电容器的一个极板,而另一个极板是开关的外壳。这个外壳在测量过程中通常接地或与设备的机壳相连接。当有物体移向接近开关时,不论它是否为导体,由于它的接近,总要使电容的介电常数发生变化,从而使电容量发生变化,使得和测量头相连的电路状态也随之发生变化,由此便可控制开关的接通或断开。这种接近开关检测的对象,不限于导体,也可以是绝缘的液体或粉状物等。

(4) 霍尔接近开关。

利用磁敏元件——霍尔元件做成的开关,叫作霍尔开关。当磁性物件移近霍尔开关时,开关检测面上的霍尔元件因产生霍尔效应而使开关内部电路状态发生变化,由此识别附近有无磁性物体存在,进而控制开关的通断。这种接近开关的检测对象必须是磁性物体。

(5) 光电式接近开关。

利用光电效应做成的开关叫光电开关。将发光器件与光电器件按一定方向装在一个检测头内。当有被检测物体的反光面接近时,光电器件接收到反射光后便在信号端输出,由此便可“感知”有物体接近。

(6) 热释电式接近开关。

用能感知温度变化的元件做成的开关叫热释电式接近开关。这种开关是将热释电器件安装在开关的检测面上,当有与环境温度不同的物体接近时,热释电器件的输出发生变化,由此即可检测出有物体接近。

(7) 其他形式的接近开关。

当观察者或系统对波源的距离发生改变时,接近到的波的频率会发生偏移,这种现象称为多普勒效应。声呐和雷达就是利用这个效应的原理制成的。利用多普勒效应可制成超声波接近开关、微波接近开关等。当有物体移近时,接近开关接收到的反射信号会产生多普勒频移,由此可以识别出有无物体接近。

3. 接近开关的操作流程

接近开关的输出信号为数字信号,因此可以直接输入到单片机的 IO 口,当检测到有金属时,OUT 的信号为低电平状态,也就是当单片机检测到低电平时,即可认为检测到金属。具体的程序语句为:

```
if(out == 0)
{
    num++;
    if(num == 160)
        num = 0;
    while(!out);
}
```

4. 接近开关的应用

(1) 检验距离。

检测电梯、升降设备的停止、起动、通过位置;检测车辆的位置,防止两物体相撞检测;检测工作机械的设定位置,移动机器或部件的极限位置;检测回转体的停止位置,阀门的开关位置;检测汽缸或液压缸内的活塞移动位置。

(2) 尺寸控制。

金属板冲剪的尺寸控制装置;自动选择、鉴别金属件长度;检测自动装卸时堆物高度;检测物品的长、宽、高和体积。

(3) 检测物体存在。

检测生产包装线上有无产品包装箱;检测有无产品零件。

(4) 转速与速度控制。

控制传送带的速度;控制旋转机械的转速;与各种脉冲发生器一起控制转速和转数。



(5) 计数及控制。

检测生产线上流过的产品数；高速旋转轴或盘的转数计量；零部件计数。

(6) 检测异常。

检测瓶盖有无；产品合格与不合格判断；检测包装盒内的金属制品缺乏与否；区分金属与非金属零件；产品有无标牌检测；起重机危险区报警；安全扶梯自动启停。

(7) 计量控制。

产品或零件的自动计量；检测计量器、仪表的指针范围而控制数或流量；检测浮标控制侧面高度、流量；检测不锈钢桶中的铁浮标；仪表量程上限或下限的控制；流量控制，水平面控制。

(8) 识别对象。

根据载体上的条形码或二维码等识别是与非。

(9) 信息传送。

ASI(总线)连接设备各个位置上的传感器在生产线(50~100m)中的数据往返传送等。

阅读资料：电感式接近开关

电感式接近开关又称为电涡流接近开关,属于一种开关量输出的位置传感器。它由LC高频振荡器和放大处理电路组成,利用金属物体在接近这个能产生交变电磁场的振荡感辨头时,使物体内部产生涡流。这个涡流反作用于接近开关,使接近开关振荡能力衰减,内部电路的参数发生变化,由此识别出有无金属物体接近,进而控制开关的通或断。这种接近开关所能检测的物体必须是导电性能良好的金属物体。

电感式接近开关由三大部分组成,包括振荡器、开关电路及放大输出电路。振荡器产生一个交变磁场,并达到感应距离时,在金属目标内产生涡流,从而导致振荡衰减,以至停振。振荡器振荡及停振的变化被后级放大电路处理并转换成开关信号,触发驱动控制器件,从而达到非接触式的检测目的。

目标离传感器越近,线圈内的阻尼就越大,阻尼越大,传感器振荡器的电流就越小。

电感式接近开关的工作原理框图如图 3.15 所示。

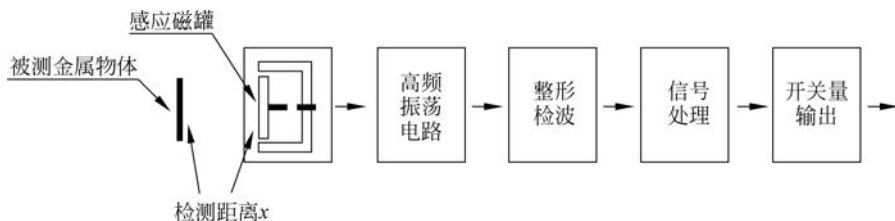


图 3.15 电感式接近开关工作原理框图

电感式接近开关的特性。

(1) 动作(检测)距离。动作距离是指检测体按一定方式移动时,从基准位置(接近开关的感应表面)到开关动作时测得的基准位置到检测面的空间距离。额定动作距离是指接近开关动作距离的标称值。

(2) 设定距离。它指接近开关在实际工作中的整定距离,一般为额定动作距离的 0.8 倍。被测物与接近开关之间的安装距离一般等于额定动作距离,以保证工作可靠。安装后还须通过调试,然后紧固。

(3) 复位距离。接近开关动作后,又再次复位时与被测物的距离,它略大于动作距离。

(4) 回差值。动作距离与复位距离之间的绝对值。回差值越大,对外界的干扰以及被测物的抖动等的抗干扰能力就越强。接近开关的检测距离与回差示意图如图 3.16 所示。

电涡流线圈的阻抗变化与金属导体的电导率、磁导率等有关。对于非磁性材料,被测体的电导率越高,则灵敏度越高;被测体是磁性材料时,其磁导率将影响电涡流线圈的感抗,其磁滞损耗还将影响电涡流线圈的 Q 值。磁滞损耗大时,其灵敏度通常较高。不同材料的金属检测物对电涡流接近开关动作距离的影响见表 3.2。

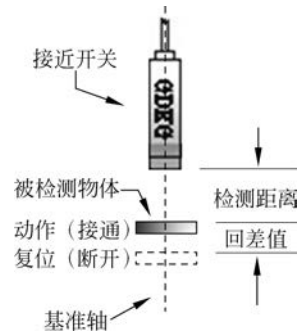


图 3.16 接近开关的检测距离与回差示意图

表 3.2 不同材料的金属检测物对电涡流接近开关动作距离的影响(以 Fe 为参考金属)

材料	铁	镍铬合金	不锈钢	黄铜	铝	铜
动作距离	100%	90%	85%	30%~45%	20%~35%	15%~30%

(5) 标准检测体。可与现场被检测金属作比较的标准金属检测体。标准检测体通常为正方形的 A3 钢,厚度为 1mm,所采用的边长是接近开关检测面直径的 2.5 倍。

(6) 接近开关的安装方式。分为齐平式和非齐平式。齐平式(又称埋入型)的接近开关表面可与被安装的金属物件形成同一表面,不易被碰坏,但灵敏度较低;非齐平式(非埋入安装型)的接近开关则需要把感应头露出一定高度,否则将降低灵敏度,如图 3.17 所示。

(7) 响应频率 f 。按规定,在 1s 的时间间隔内,接近开关动作循环的最大次数,重复频率大于该值时,接近开关无反应。

(8) 响应时间 t 。接近开关检测到物体时刻到接近开关出现电平状态翻转的时间之差。可用公式换算: $t=1/f$ 。响应频率及响应时间示意图如图 3.18 所示。

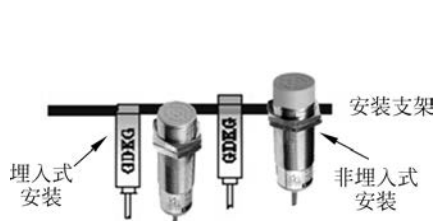


图 3.17 接近开关的安装方式

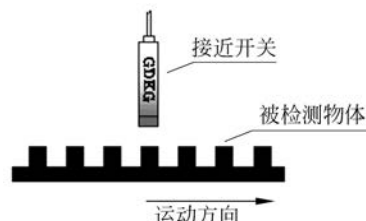


图 3.18 响应频率及响应时间示意图



(9) 输出状态。常开或常闭型接近开关。

① 当无检测物体时,对常开型接近开关而言,由于接近开关内部的输出三极管截止,所接的负载不工作(失电);当检测到物体时,内部的输出级三极管导通,负载得电工作。

② 对常闭型接近开关而言,当未检测到物体时,三极管反而处于导通状态,负载得电工作;反之则负载失电。

(10) 导通压降。接近开关在导通状态时,开关内部的输出三极管集电极与发射极之间的电压降。一般情况下,导通压降约为 0.3V。导通压降示意图如图 3.19 所示。

以NPN型输出的接近开关为例

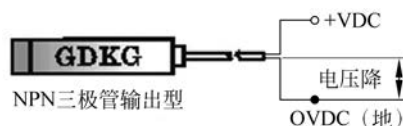


图 3.19 导通压降示意图

常用的输出形式有 NPN 二线、NPN 三线、NPN 四线、PNP 二线、PNP 三线、PNP 四线、DC 二线、AC 二线、AC 五线(带继电器)等几种。输出示意图如图 3.20 所示。

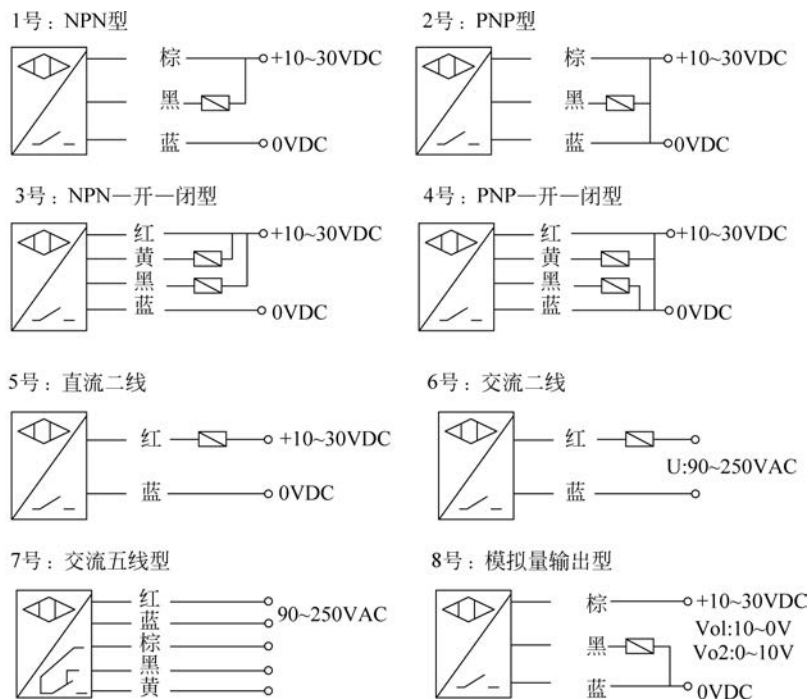


图 3.20 输出形式示意图

电感式接近开关应用领域有计数、感应物体有无、测量转数、限位控制、距离控制、尺寸控制、检测异常等。

3.3.5 项目总结

通过本项目的学习,应掌握以下重点知识:①理解接近开关传感器的特性;②理解金属检测电路的原理。

通过本项目的学习,应掌握以下实践技能:①能正确使用接近开关传感器;②掌握金属检测电路的调试方法;③掌握接近开关传感器的金属检测方法。

阅读材料 3 避障技术的最新发展

避障是指移动机器人在行走过程中,通过传感器感知到在其规划路线上存在静态或动态障碍物时,按照一定的算法实时更新路径,绕过障碍物,最后达到目标点。

不管是要进行导航规划还是避障,感知周边环境信息是第一步。就避障来说,移动机器人需要通过传感器实时获取自身周围障碍物信息,包括尺寸、形状和位置等信息。避障使用的传感器多种多样,各有不同的原理和特点,目前常见的主要有视觉传感器、激光传感器、红外传感器、超声波传感器等。接下来简单介绍几种避障传感器的基本工作原理。

1. 超声波传感器

超声波传感器的基本原理是测量超声波的飞行时间,通过 $d = vt/2$ 测量距离,其中 d 是距离, v 是声速, t 是飞行时间。由于超声波在空气中的速度与温湿度有关,在比较精确的测量中,需把温湿度的变化和其他因素考虑进去。

通过压电或静电变送器产生一个频率在几十千赫的超声波脉冲组成波包,系统检测高于某阈值的反向声波,检测到后使用测量到的飞行时间计算距离。超声波传感器一般作用距离较短,普通的有效探测距离都在几米,但是会有一个几十毫米左右的最小探测盲区。由于超声波传感器的成本低、实现方法简单、技术成熟,因此是移动机器人中常用的传感器。

超声波的测量周期较长,比如 3m 左右的物体,声波传输这么远的距离需要约 20ms 的时间。再者,不同材料对声波的反射或者吸引是不相同的,另外多个超声波传感器之间有可能会互相干扰,这都是实际应用过程中需要考虑的。

2. 红外传感器

一般的红外测距都是采用三角测距的原理。红外发射器按照一定角度发射红外光束,遇到物体之后,光会反射回来,检测到反射光之后,通过结构上的几何三角关系,就可以计算出物体距离,如图 3.21 所示。

当 D 的距离足够近时,图 3.21 中 L 值会相当大,如果超过 CCD 的探测范围,这时,虽然物体很近,但是传感器反而看不到了。当物体距离 D 很大时, L 值就会很小,测量精度会变差。因此,常见的红外传感器其测量距离都比较近,小于超声波,同时远距离测量也有最小距离的限制。另外,对于透明的或者近似黑体的物体,红外传感器是无法检测距离的。但相对于超声波来说,红外传感器具有更高的带宽。

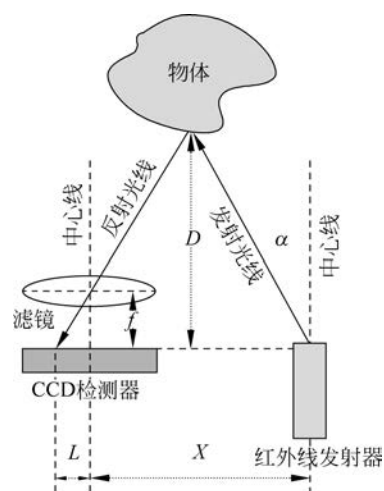


图 3.21 几何三角关系



3. 常见的激光雷达是基于飞行时间的(Time of Flight, ToF),通过测量激光的飞行时间来进行测距 $d=ct/2$,类似于前面提到的超声测距公式,其中 d 是距离, c 是光速, t 是从发射到接收的时间间隔。激光雷达包括发射器和接收器,发射器用激光照射目标,接收器接收反射回来的光波。机械式的激光雷达包括一个带有镜子的机械机构,镜子的旋转使得光束可以覆盖一个平面,这样就可以测量到一个平面上的距离信息。

对飞行时间的测量也有不同的方法,如使用脉冲激光,然后类似前面讲的超声方案,直接测量占用的时间,但因为光速远高于声速,需要非常高精度的时间测量元件,所以非常昂贵;另一种发射调频后的连续激光波,通过测量接收到的反射波之间的差频来测量时间。

比较简单的方案是测量反射光的相移,传感器以已知的频率发射一定幅度的调制光,并测量发射和反向信号之间的相移。调制信号的波长为 $\lambda=c/f$,其中 c 是光速, f 是调制频率,测量到发射和反射光束之间的相移差 δ 之后,距离可由 $\lambda * \delta/4\pi$ 计算得到。

激光雷达的测量距离可以达到几十米甚至上百米,角度分辨率高,通常可以达到零点几度,测距的精度也高。但测量距离的置信度会反比于接收信号幅度的平方,因此,黑体或者远距离的物体距离测量不会像光亮的、近距离的物体那么好估计。并且,对于透明材料,如玻璃,激光雷达就无能为力了。还有,由于结构的复杂、器件成本高,激光雷达的成本也很高。

一些低端的激光雷达会采用三角测距的方案进行测距。但这时它们的量程会受到限制,一般在几米以内,并且精度相对低些,但用于室内低速环境的 SLAM 或者在室外环境只用于避障的话,效果还是不错的。

4. 视觉传感器

常用的计算机视觉方案也有很多种,如双目视觉、基于 ToF 的深度相机、基于结构光的深度相机等。深度相机可以同时获得 RGB 图和深度图,不管是基于 ToF 还是结构光,在室外强光环境下效果都不会太理想,因为它们都是需要主动发光的。像基于结构光的深度相机,发射出的光会生成相对随机但又固定的斑点图样,这些光斑打在物体上后,因为与摄像头距离不同,被摄像头捕捉到的位置也不相同,之后先计算拍到的图的斑点与标定的标准图案在不同位置的偏移,利用摄像头位置、传感器大小等参数就可以计算出物体与摄像头的距离。

双目视觉的测距本质上也是三角测距法,由于两个摄像头的位置不同,就像人的两只眼睛一样,看到的物体不一样。两个摄像头看到的同一个点 P,在成像时会有不同的像素位置,此时通过三角测距就可以测出这个点的距离。结构光计算的点是主动发出的、已知确定的;而双目算法计算的点一般是利用算法抓取到的图像特征,如 SIFT 或 SURF 特征等,这样通过特征计算出来的是稀疏图。

要做良好的避障,稀疏图还是不太够的,需要获得的是稠密的点云图,整个场景的深度信息。稠密匹配的算法大致可以分为两类,即局部算法和全局算法。局部算法使用像素局部的信息来计算其深度,而全局算法采用图像中的所有信息进行计算。一般来说,局部算法的速度更快,但全局算法的精度更高。

这两类各有很多种不同方式的具体算法实现。通过它们的输出可以估算出整个场景中的深度信息,这个深度信息可以帮助我们寻找地图场景中的可行走区域及障碍物。整个的输出类似于激光雷达输出的 3D 点云图,但是相对来讲得到的信息会更丰富,视觉同激光相比优点是价格低很多,缺点也比较明显,测量精度要差些,对计算能力的要求也高很多。当然,这个精度差是相对的,在实用中是完全足够的。

阅读材料 4 避障技术的应用

无人机要想被冠以人工智能机器的称号,当然不能仅仅满足于“飞起来”而已。关于未来的“人工智能无人机”的构想,无人机通常被想象为一架飞行中的机器人。这架飞行机器人不但能够和人交流,还能独立完成任务或解决问题。

无人机避障技术,顾名思义就是无人机自主躲避障碍物的智能技术。很多玩过无人机的小伙伴们都知道,有避障功能的无人机和没有避障功能的无人机,可以说体验是大不相同的。无人机自动避障系统能够及时地避开飞行路径中的障碍物,极大地减少因为操作失误而带来的各项损失。在减少炸机事故次数的同时,还能给无人机新手极大的帮助。

1. 无人机避障技术发展阶段和趋势

根据目前无人机避障技术的发展及其未来的研究态势,有资料分析认为无人机避障技术可分为 3 个阶段,一是感知障碍物阶段;二是绕过障碍物阶段;三是场景建模和路径搜索阶段。这 3 个阶段其实是无人机避障技术的作用过程。从无人机发现障碍物,到可以自动绕开障碍物,再达到自我规划路径的过程。

可能有人会问,无人机达到第一个“发现障碍物”的阶段不就很容易避开障碍物了吗?这第二个阶段是不是有些多余?

其实不然,无人机避障的 3 个阶段的划分都是有技术作为依据的。其每个阶段具体的技术分析如下。

第一阶段,无人机只能是简单地感知障碍物。当无人机遇到障碍物时,能快速地识别,并且悬停下来,等待无人机驾驶者的下一步指令。

第二阶段,无人机能够获取障碍物的深度图像,并由此精确感知障碍物的具体轮廓,然后自主绕开障碍物。这个阶段是摆脱飞手操作,实现无人机自动驾驶的阶段。

第三阶段,无人机能够对飞行区域建立地图模型,然后规划合理线路。这个地图不能仅仅是机械平面模型,而应该是一个能够实时更新的三维立体地图。这也是目前无人机避障技术的最高阶段。

2. 目前能够实现无人机避障功能的几大主要技术

抛开无人机避障技术发展阶段不谈,目前无人机避障技术的发展呈现的是多元发展的模式。老技术在淘汰,新技术在改良,但整体来说都是不断地调整前进的方向。从整体来说,无人机避障技术目前大致有 6 种。



1) 超声波避障

超声波用一个比较形象的比喻就是蝙蝠。蝙蝠通过口腔中喉部的特殊构造来发出超声波,当超声波遇到猎物或者障碍的时候就会反射回来,蝙蝠可以用特殊的听觉系统来接收反射回来的信号,从而探测目标的距离,确定飞行路线。

这是一项非常常见且非常成熟的技术。由于超声波指向性强,而且能量消耗缓慢,在介质中传播的距离较远,因而超声波经常用于距离的测量。而且利用超声波检测往往比较迅速、方便、计算简单、易于做到实时控制,并且在测量精度方面能达到工业实用的要求,所以用来避障非常合适。

目前来说,市面上有很多家用汽车的雷达都是采用的这项技术。而在无人机的具体应用,基石 Keyshare 无人机就采用了超声波避障技术。

但是超声波测距并非是一项完美的技术。虽然超声波避障系统不会受到光线、粉尘、烟雾影响,但在部分场景下也会受到声波的干扰。其次,如果物体表面反射超声波的能力不足,避障系统的有效距离就会降低,安全隐患会显著提高。一般来说,超声波的有效距离是 5m,对应的反射物体材质是水泥地板,如果材质不是平面光滑的固体物,如地毯,那么超声波的反射和接收就会出问题。距离短,对障碍物感知能力有限,所以超声波避障处境仍旧尴尬。这也就是市面上采用超声波避障的无人机其有效避障距离非常短的原因。

2) 红外线或激光测距避障

红外线或激光测距避障技术的英文名称为“Time of Flight”,常常被缩写成“ToF”,因此红外线或激光测距避障技术又称为飞行时间测距法。

ToF 的工作原理和超声波测距避障原理很相似,最大的不同就是把超声波换成了红外线或者激光。该技术检测方法有两种:一种是光的时间;另一种是光的相位。但不管是哪种方法,都是把光发射出去,然后检测反射回来的光,进而判断无人机的周围是否有障碍物,从而知道障碍物距离多远。

零度 Xplorer 2 无人机采用的就是 ToF 避障系统。在零度 Xplorer 2 无人机悬停状态下,ToF 系统会保持每秒钟旋转 2~5 圈的快速旋转状态。这样就可以使 ToF 在旋转的过程中完成对周围有效半径内的 360°范围进行快速扫描,从而用较快的速度发现障碍,然后对飞控系统发出调整位置的指令,避免对周围的人或财物造成伤害;而当无人机在飞行的过程中,ToF 系统则会停止旋转,只把光发射到无人机前进的方向上。固定方向的时候,在室外的有效距离可以增加 8~10m。对于一般无人机来说,每秒的飞行距离也就是 10m 左右,检测到障碍物之后 1s 的反应时间,无人机可以用一个较大的加速度来停止前进,这就足够了。

但是和超声波同样,光波也会受到干扰。目前城市环境下楼宇间的光污染,给 ToF 避障系统带来了难题,系统发出的光必须避开太阳光的主要能量波段,从而避免太阳光的直射、反射等对避障系统造成干扰。这就进一步需要非常精准的时间测量,乃至需要专用处理芯片,而目前来说,芯片价格则较为高昂。

3) 视觉图像复合型技术

视觉图像复合型技术通过高清摄像机拍摄帧速足够高、清晰、分辨率高的图像,借助

一颗足够小而性能强大的处理器,分析每一帧图像中是否存在障碍物。视觉图像复合型技术随着移动芯片运算能力的飞跃而越来越成为无人机避障的首选。

智能避障系统 Guidance 就是典型的视觉图像复合型技术。Guidance 系统的前、后、左、右、下 5 个方向都有专门进行障碍识别的摄像头,识别机制也有超声波和图像视觉两种。也就是说,除了常规的超声波模块以外,5 个方向上还专门放置了摄像头用于获取视觉图像,然后直接传输到机载处理器进行计算处理。

进入消费级无人机市场时间较早的 Parrot,也在跟英伟达(Nvidia)进行避障方面的合作,同样采用了包含机器视觉的复合型避障系统。麻省理工学院计算机科学和人工智能实验室也通过此技术探索避障技术,不过他们是通过两块手机芯片进行实时图像处理,寻找出可以飞行的自由空间,而不是识别障碍物后再进行躲避。可以说是非常主动的一种方法。但是,这款无人机只能处理几秒钟内的视频数据,而不会生成一幅完整的区域地图,毕竟现有手机芯片的处理能力还很有限。

4) Real Sense 技术

微软和英特尔联合开发的 RealSense 3D 摄像头,利用自身的红外发射器向目标物“主动打光”,通过捕捉和定位光的扭曲变化自动计算并构建出覆盖区域内的三维模型,并借助自身的处理器完成基础数据的整合,借助搭载设备的处理器进行更复杂的操作,从而自动调整自身以避开障碍物。

RealSense 本质上也是类似于 XBOX360 外接的 3D 体感摄像机的红外结构光投影方案。所不同的是,RealSense 所投影的是一系列动态变化的图案,而非 Kinect 那样的固定图案。因此,也造成了虽然 RealSense 的分辨率高,也更稳定,但帧频却不如 Kinect 的情况,实际效果也没有体现出所期待的优势。

5) 雷达

雷达,应用最多的还是军事领域,在民用领域还是很少使用;而用在消费级无人机上更是没有先例。

但前不久,在美国纽约州雪城举办的无人机交通管制峰会(Unmanned Traffic Management Convention,UTM 2016)上,举行了一场无人机避障飞行比赛。无人机方案提供企业 Aerotenna 获得了此次峰会比赛的冠军。

除了精彩的比赛外,还有无人机的避障技术也称为当时的热点。与通常无人机采用的超声波或双目等方案避障不同的是,Aerotenna 的避障方案采用以雷达技术为基础的 μ Sharp 360°微波雷达,同时搭载了雷达高度计 μ Landing 作为室内定高,在障碍规避上效果相对传统方案占了明显优势,但是雷达的成本相比于其他的避障技术还是比较高的。

目前把雷达方案做到无人机上,成本相比双目、超声要稍微贵些,但并非贵得离谱。举一个价位的参考例子,“超声波”好一点的 100~200 元(人民币),双目摄像头稍微好一点大约 600~1 000 元,微波雷达目前在千元左右(根据解决方案的不同其价位也不尽相同),但是这个价格也受生产量的影响,将来产量高了也会相应便宜些。

但是由于雷达的可靠性、受环境影响较小的优势,在将来的无人机避障技术上肯定会大放异彩。



6) 电子地图

当飞行目标区域被模型化为一张精确的三维立体地图,借助 GPS 等导航系统,就可以能够实现避开障碍物自主飞行。

在无人机上预先载入目标区域的三维立体地图,就能知道障碍物的具体位置,从而在飞行时就提前避开它。而且在飞行时,无人机还可以从多条路径中选择出最优路径,这样可以大大加快执行任务的效率。

而且目前的三维立体地图发展也很迅猛,数据虽然尚不能做到非常准确,但是较之前还是有非常大的提升。随着精确度的提升,无人机运用三维立体地图实现避障,还是非常有前景的。

复习与训练

- 3.1 避障传感器的类型有哪些?
- 3.2 避障传感器的作用是什么?
- 3.3 简述红外避障传感器的工作原理。
- 3.4 红外避障传感器的优点是什么?
- 3.5 红外探测的分类是什么?
- 3.6 简述 OV7670 的工作原理。
- 3.7 图像传感器的分类是什么?
- 3.8 简述 CCD 摄像头的工作原理。
- 3.9 CCD 摄像头的性能指标有哪些?
- 3.10 简述 CCD 与 CMOS 图像传感器的不同之处。
- 3.11 简述接近开关传感器的工作原理。
- 3.12 简述接近开关分类及结构。
- 3.13 通过网络了解避障传感器的发展及其应用。