

# 基于单片机秸秆粉碎控制系统设计

张力文<sup>1</sup> 李佳胜<sup>2</sup> 冷晓栋<sup>3</sup> 周应才<sup>1</sup>

1. 攀枝花学院, 攀枝花 617000;
2. 攀枝花市地震监测中心, 攀枝花 617000

**摘要:** 秸秆粉碎控制系统对秸秆粉碎效率起着重要作用。秸秆粉碎系统由单片机控制, 自动检测刀速, 控制送料机构以不同速度执行不同动作, 秸秆切碎控制系统可以有效保护电机免于长时间负载运行, 防止刀具过度磨损。本文介绍了一种基于单片机的秸秆粉碎控制系统的总体设计、硬件原理设计、软件开发和仿真调试。该秸秆切碎设备控制系统主要由声音报警模块、按钮模块和进料电机驱动组成, 包含光通讯输入电路模块、指示灯显示模块和速度信号采集模块, 可以协调不同的模块自动检测粉碎工具的速度, 控制进给电机进行前进和停止运动。

**关键词:** 单片机 STC89C51; 霍尔式转速传感器; 秸秆粉碎系统控制; 转速检测

## Design of Straw Crushing Control System Based on Microcontroller

Liwen Zhang<sup>1</sup> Jiasheng Li<sup>2</sup> Xiaodong Leng<sup>3</sup> Yingcai Zhou<sup>1</sup>

1. Panzhihua University, Panzhihua 617000, China
2. Panzhihua Earthquake Monitoring Center, Panzhihua 617000, China

**Abstract:** In the straw crushing process, the straw crushing control system plays an important role in the efficiency of straw crushing. Nowadays, the trend of machine automation and intelligent technology is obvious. The straw crushing system is controlled by a microcontroller, which automatically detects the knife speed and controls the feeding mechanism to execute different actions at different speeds. Based on this advantageous feature, the straw crushing control system can effectively protect the motor from long time load operation and prevent excessive tool wear. This paper presents the general design, hardware principle design, software development and simulation debugging of a microcontroller-based straw crushing control system. This straw crushing equipment control system mainly consists of an audible alarm module, a button module and a feed motor drive. In addition, the system also contains optical communication input circuit module, indicator display module and speed signal acquisition module, and the core of its control system is STC89C51 microcontroller. In this paper, peripheral circuits such as Hall-type speed sensors and signal conditioning circuits are developed. The whole control system automatically detects the speed of the crushing tool by coordinating different modules to control the feed motor for forward and stop motion.

**Keywords:** STC89C51; Hall-type speed sensor; straw crushing control system; rotational speed detection

## 0 引言

据统计,我国每年大约有 3.7 亿吨农作物根茎被燃烧<sup>[1]</sup>,造成环境破坏。在夏秋季节后期,秸秆焚烧成为政府关注的焦点,因为它增加了空气污染的可能性,尤其是区域性烟雾<sup>[2]</sup>。因此,农作物根茎的粉碎加工已成为农业中的重要内容。本设计基于单片机监控电机,有效减少劳动力短缺,降低劳动强度,提高工作舒适度和生产力,充分利用资源,符合环保和可持续发展的要求,进行低碳排放<sup>[3]</sup>;同时有效利用切碎的秸秆,大大降低了秸秆的燃烧,对保护环境非常重要。本文开发的秸秆切碎系统将霍尔式速度传感器与单片机相结合,感应切割速度,控制送料电机,防止切割电机长时间过载运行,保护刀具。其中,霍尔速度传感器接收到的速度信号经过预处理电路处理得到稳定的方波,单片机对方波进行计数,计算出速度。按钮电路进行模式选择、送料电机停机和授权总控。显示电路显示进给电机的状态和当前模式。光

电隔离电路实时监测割炬电机和鼓风机开关信号。

## 1 总体方案设计

控制系统由传感器电路、旋转信号处理电路、隔离光耦输入电路、直流电机、按钮电路、喇叭电路和直流电机状态显示电路组成。传感器部分使用霍尔传感器,将工具电机速度转换为脉冲信号<sup>[4]</sup>。速度信号处理电路包括对信号进行放大、波形和被测波形转换的电路,实现对被测信号的放大,降低对被测信号幅值的要求,进行信号测量<sup>[5]</sup>。信号交换和信号调理电路将交替的正负信号波转换成微机可以接收的 TTL/CMOS 兼容信号<sup>[6]</sup>。处理器采用 STC89C51 单片机。光耦隔离输入电路可以将外部开关的输入信号送到单片机,避免外界干扰。直流电机是一种实现单片机控制操作的执行器。按钮电路允许将外部信号命令直接输入单片机。蜂鸣器电路实现断电报警功能。直流电机状态显示电路由三个 LED 组成,可以显示直流电机的停止、正转和反转状态。

该系统采用孔式速度传感器，持续感应刀具的速度，从而监控进给电机的运行状态，最终避免刀具电机受力，保护刀具。总体方案设计如图 1 所示。

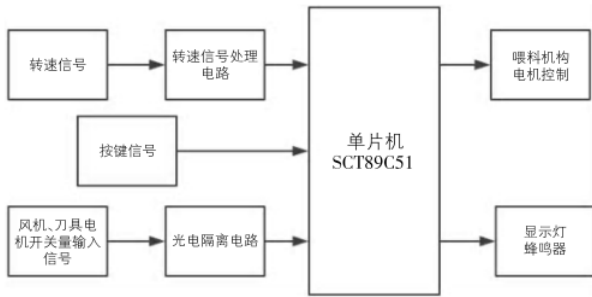


图 1 控制系统总体方案设计

运行过程中，启动刀具电机和风扇开关，待刀具电机高速稳定后，根据切碎的秸秆类型选择合适的切刀方式，按下按钮启动电机，开启进给机制，开始递进进料。此时，秸秆在进料机构的作用下被压入切碎机，在一定程度上被粉碎，然后被风机吹走。在运行过程中，如果电量较大，电机负载会增加，喂料机构会因主控系统的动作而主动停止供电。一旦电机上的负载降低且滚筒速度恢复，喂料机构就会被触发，将自动开始向前旋转<sup>[7]</sup>。在这个过程中，如果喂料机构一段时间不工作，系统会自动检测到喂料机构被锁定。这时，蜂鸣器响起提醒操作人员，同时进料机构反转，将物料吐出。该系统配有急停按钮，用于在紧急情况下停止送料电机。

## 2 控制系统电路原理设计

秸秆切碎控制系统由晶振电路、复位电路、进给电机控制电路、光电隔离电路、按钮电路、音响报警电路和显示电路等模块组成。其原理图如图 2 所示。

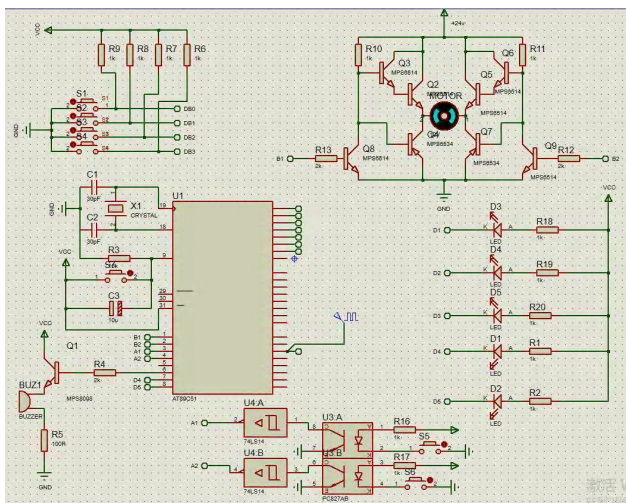


图 2 控制系统硬件电路原理图

### 2.1 晶振电路

电路包含晶体振荡器，用于产生基准频率。因为其具

有出色的频率稳定性和抗外部干扰，该电路中的频率精度由基准频率控制。同时，它可以产生振荡电流并向微控制器发送时钟信号<sup>[8]</sup>。

图 3 为单片机的晶体振荡器电路示意图。片内和片外器件构成时钟发生电路，所有处理器操作都与时钟同步进行。C1 和 C2 为反馈电容，可选 20pF 至 100pF，默认值为 30pF。本电路采用 30pF 电容，12MHz 晶振频率，振荡周期 = 1/2 兹 s。一旦晶体开始振荡，就需要在 XTAL2 线上施加大约 3V 的正弦波，使 STC89C51 芯片的 OSC 电路与晶体振荡器具有相同的频率。OSC 输出时钟频率通常在 0.5MHz 和 16MHz 之间，标准为 12MHz 或 11.0592MHz<sup>[9]</sup>。电容器 C1 和 C2 有助于改善振动频率（通常为 30pF）。通过调整它们，可以实现对 fosc 的微调。

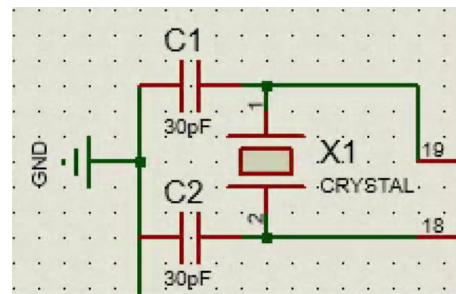


图 3 晶振电路

### 2.2 复位电路

复位是单片机的一种初始化操作，其中 CPU 和其他系统部件处于一定的初始状态并从该状态启动。除了启动正常的系统初始化外，如果 SoC 在启动或操作错误时出现故障，您也可以按 reset 键重新启动<sup>[10]</sup>。复位后，PC 的内容将被初始化为 0000H。这意味着微控制器从块 0000H 开始程序。复位微控制器后，内部 RAM 的状态不会改变。SoC 复位信号的输入端是 RESET 引脚，工作在高电平。其有效期大于 24 个滴答声。RESET 端子的外部复位电路有上电自动复位和按键手动复位两种工作方式。自动上电复位是通过累积一个电容器来实现的，如图 4 所示。上电时，RC 电路被充电，并在 RESET 端产生一个正脉冲。充电电流的降低，会导致 RESET 电位逐渐降低。在水平模式下按下手动复位按钮。按钮电平复位相当于通过电阻连接到高电平的复位。

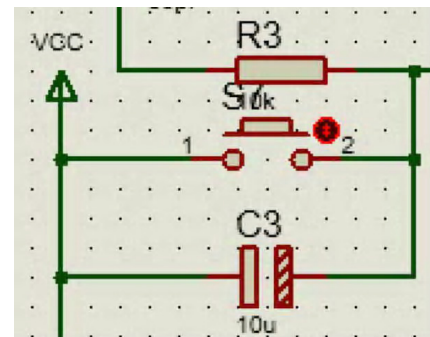


图 4 复位电路

### 2.3 喂料电机驱动电路

可用达林顿控制直流电机的转动，也可用 H 桥实现上述功能。本文采用 H 桥驱动电路，图 5 所示为使用 H 桥驱动直流电机的应用电路。Q1-Q4 是功率 MOSFET（晶体管），Q1 和 Q2 构成桥臂，Q3 和 Q4 构成独立的桥臂。MOSFET 的每个管（晶体管）旁边是一个旁路二极管。当 Q1 和 Q4 导通时，电机控制电流从 A 流向 B，电机正转。当 Q2 和 Q4 导通时，电机电流从 B 流向 A，电机改变方向。因此，可以通过控制 Q1-Q4 来控制电机控制<sup>[11]</sup>。

### 2.4 光电隔离电路

此设计具有开关输入，以实时监控每个开关信号的状态。两个按钮模拟切割电机开关和吹风机开关。为避免外界干扰，输入采用光电隔离电路。光电隔离器是 51 系列单片机中最常用的防止外界干扰的器件<sup>[12]</sup>。其原理是将电信号转换为光信号。光信号传输到接收器后，转换为电信号。原理图如图 6 所示。其中 R 为输入限流电阻，将光耦 LED 的电流限制在 10-20mA。输入端通过光信号连接完全分开。同时，LED 的正向电阻较低，外部噪声源的内阻通常较高。由于采用分压原理，干扰源产生的干扰可以在很少或没有干扰的情况下提供给输入端，不会产生对地干扰等串扰，从而提高了对电路干扰的预防。

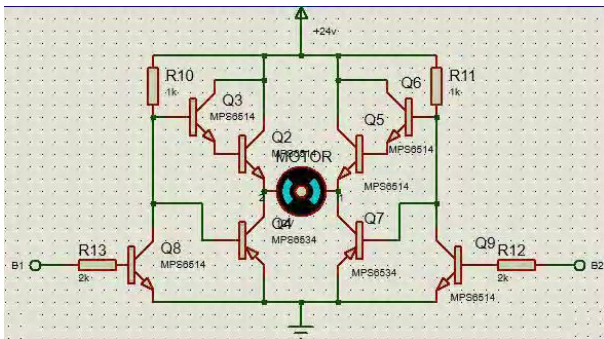


图 5 H 桥驱动直流电动机

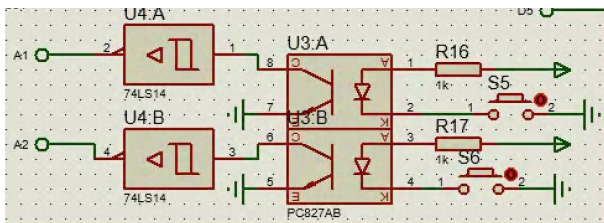


图 6 光电隔离输入电路

### 2.5 按键电路

键盘可用于向单片机输入数据并向单片机应用系统发送指令，是单片机人工干预的主要手段<sup>[13]</sup>。本设计的键盘具有独立的键盘类型。S1 按钮是启动送料电机的按钮。S2 按钮是停止送料电机的按钮。其中 S3 和 S4 为模式选择键，S3 键为普通吸管准备的普通模式。S4 键处于扩展模式，可用于质地较硬的秸秆。电路如图 7 所示。

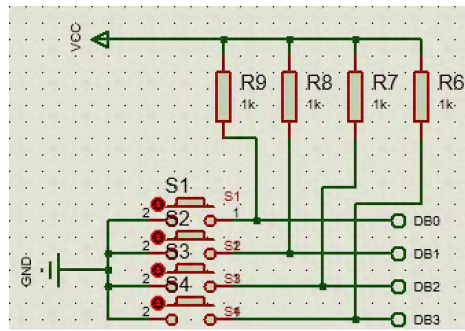


图 7 按键电路

### 2.6 蜂鸣器报警电路

本设计中蜂鸣器报警电路由 NPN 型 S8098 三极管驱动，当单片机的 P1^6 口输出低电平时，三极管的  $VE > VB > VC > 0$ <sup>[14]</sup>。三极管的发射极正向偏置，集电极结反向偏置，此时蜂鸣器发出声报警；当单片机的 P1^6 口输出高电平时，三极管截止，报警声停止。具体电路图如图 8 所示。

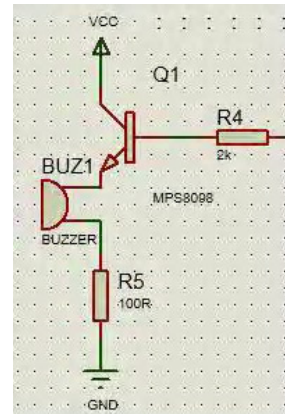


图 8 蜂鸣器电路

### 2.7 指示灯电路

喂料电动机工作指示灯与模式显示灯选用的是五个发光二极管，用亮灭来显示电动机的运行状态。其中添加 5 个上拉电阻以增加电位，当单片机 I/O 接口位于低电位有效时，显示灯被激活。具体电路图如图 9 所示。

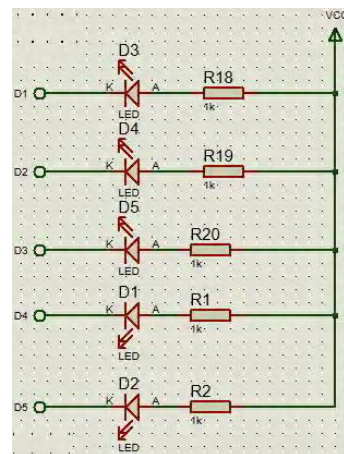


图 9 指示灯电路

### 3 控制系统程序设计

#### 3.1 主程序设计

本控制系统主程序流程如图 10 所示。当系统通电时，初始化完成，系统仍在等待按下有效的启动按钮。当按下启动键时，主电路程序进入主程序循环<sup>[15]</sup>。主程序不断扫描控制面板的操作模式，设置开关的状态，使送料电机正转，送料电机反转吐出，或送料停止。

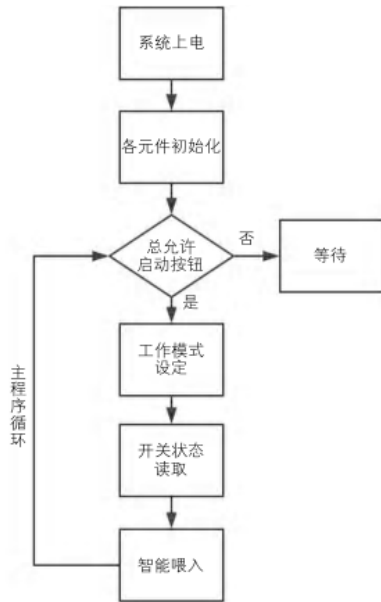


图 10 主流程图

#### 3.2 智能喂入

图 11 显示了主程序的智能喂入系统框图。在智能进给过程中，主程序每 0.1s 读取一次当前刀具转轴转速。使用预测速度而不是当前速度并将其与设定速度进行比较，预测速度为当前速度值与当前速度减去前次速度值的差值之和，也即预判转速<sup>[16]</sup>。

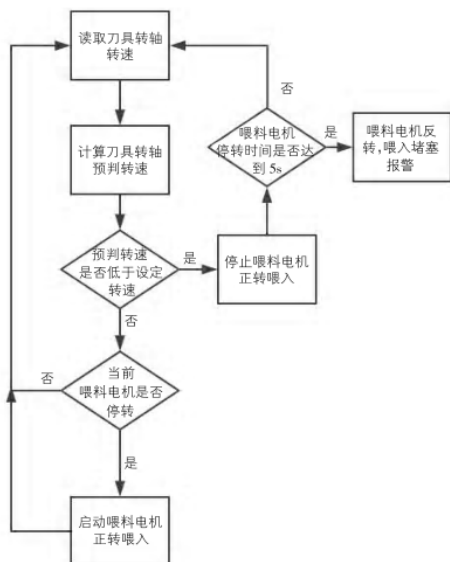


图 11 智能喂入流程图

$$S=S1+ ( S1-S2)$$

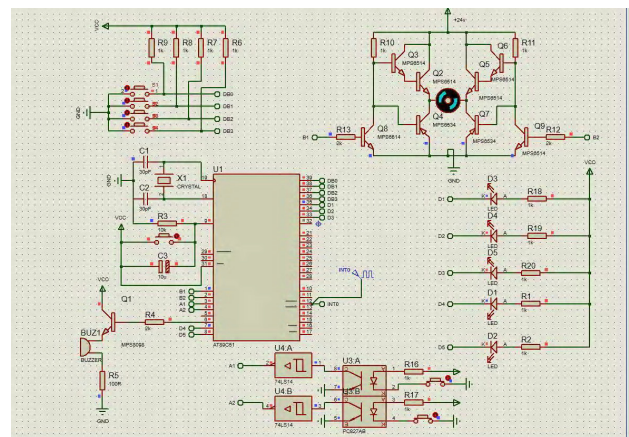
该运算式中 S—预判转速 (r/min) ; S1—刀具转轴当前转速 (r/min) ; S2—刀具转轴前次转速 (r/min) 。

使用预测速度而不是实际速度作为配置速度比较的基础的好处是尽可能保证实时转轴速度不低于设定速度。磨削过程更高效稳定，避免刀具短时过载，严重损坏发动机。由于预测刀具转轴速度低于指定速度，进给停止，刀具转轴等待恢复，然后继续向前运动。在此期间，电源机构必须等待 1 秒才能重新启动电源。这有助于切削轴以更高的速度拾取切屑并提供更高的进给速度，以减少对刀具的冲击和延长刀具的寿命<sup>[17]</sup>。

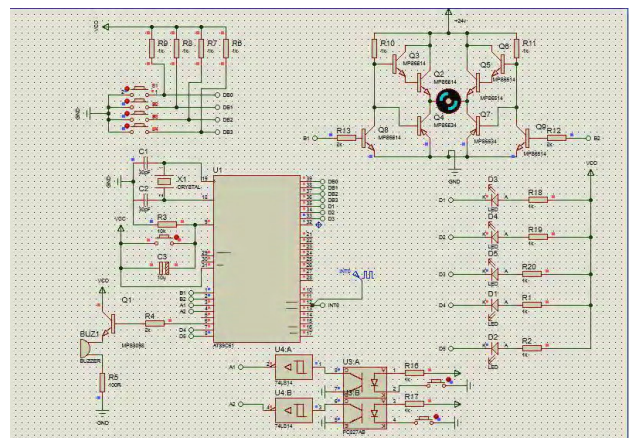
### 4 控制系统仿真调试

#### 4.1 普通模式与加强模式选择

仿真软件选用 Proteus，扩展模式和普通设计模式选择 S3 和 S4 键。系统启动后，按下按钮可进入模式选择。只有选择了模式才能进入喂料程序。在图 12 中，LEDD1 和 D2 上的指示灯分别代表扩展模式和正常模式。选择模式后，程序切换到送料程序，避免人为操作不当造成不必要的损坏。为避免同时按下两个按键，在程序中加入互锁程序，避免不小心同时按下两个按键而造成无法识别单片机。



(a) 加强模式



(b) 普通模式

图 12

### 4.2 智能喂入仿真

智能进给是根据刀具电机转速实时执行相应动作。仿真如图 13 所示。霍尔效应速度传感器用于读取工具的速度。当霍尔效应速度传感器发送速度脉冲时，电路对其进行放大、整形和滤波，以产生平滑稳定的方波脉冲。然后使用 10 毫秒计时器的中断次数计算当前刀具速度和先前刀具速度，并使用公式计算下一个 10 毫秒的预测速度。将预测速度与模式中设置的速度进行比较。如果目标速度高于设定速度，则送料电机正转。如果预测速度低于设定速度，送料电机将停止。如果停止超过 5 秒，则认为电源输入被阻塞。此时会发出报警声，送料电机自动反转并顶出物料 5 秒。之后，评估先前估计的速度和设定的速度，当超过设定的速度时，设置快进模式。如果在停止电机后 5 秒内检测到预测速度超过设定速度，则送料电机再次正转并再次倒计时。

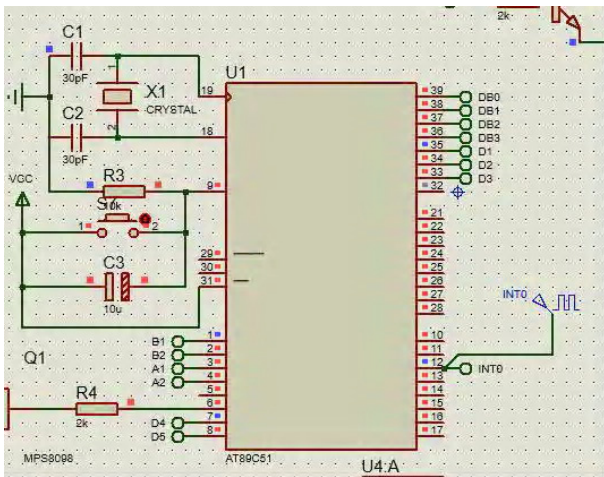


图 13 仿真信号

当预测速度大于设定速度时，喂料电机正转。如图 14 所示，左侧接口 B1 为蓝灯，右侧接口 B2 为红灯说明电机正在正转。

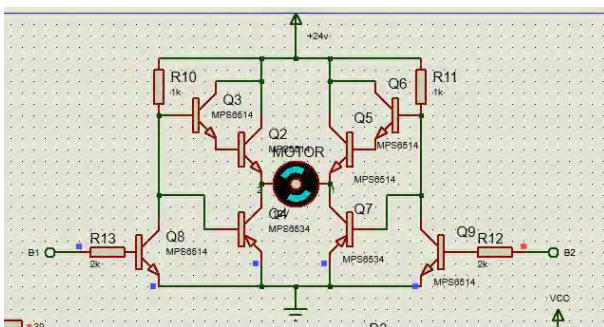


图 14 喂料电机正转

当预测速度小于设定速度时，喂料电机停止。如图 15 所示，左侧接口 B1 为蓝灯，右侧接口 B2 为蓝灯说明电机停止。

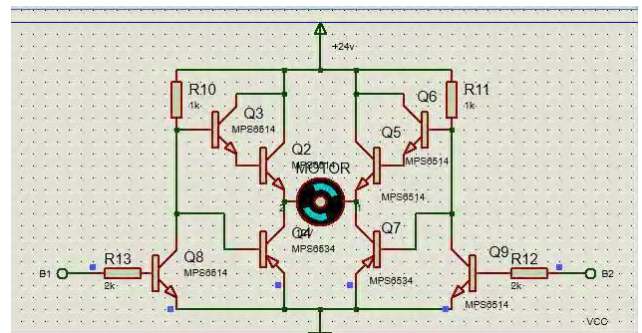
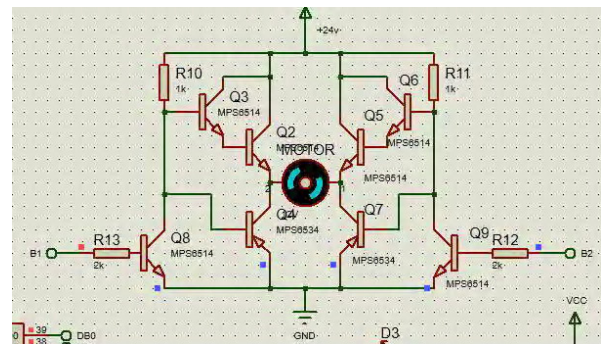
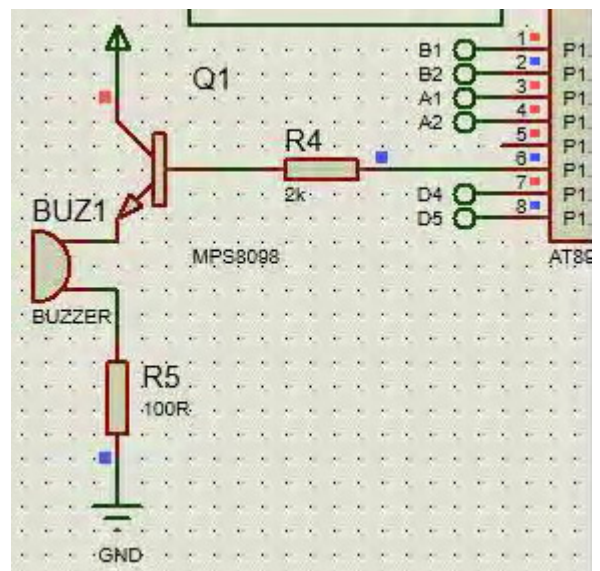


图 15 喂料电机停止

当停止 5s 后，喂料电机反转，同时蜂鸣器报发出报警声。如图 16 (a) 所示，左侧接口 B1 为红灯，右侧接口 B2 为蓝灯说明电机正在反转。电阻 R4 的信号灯为蓝色，说明蜂鸣器正在工作，如图 16 (b) 所示。



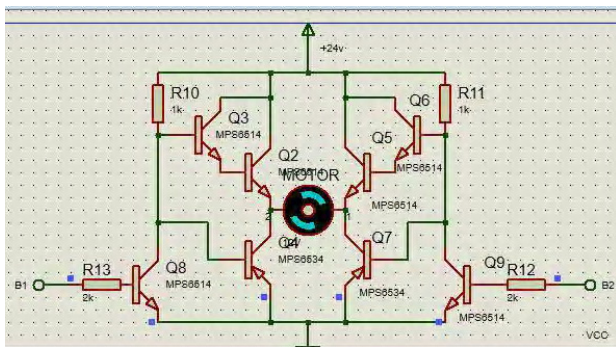
(a) 喂料电机反转



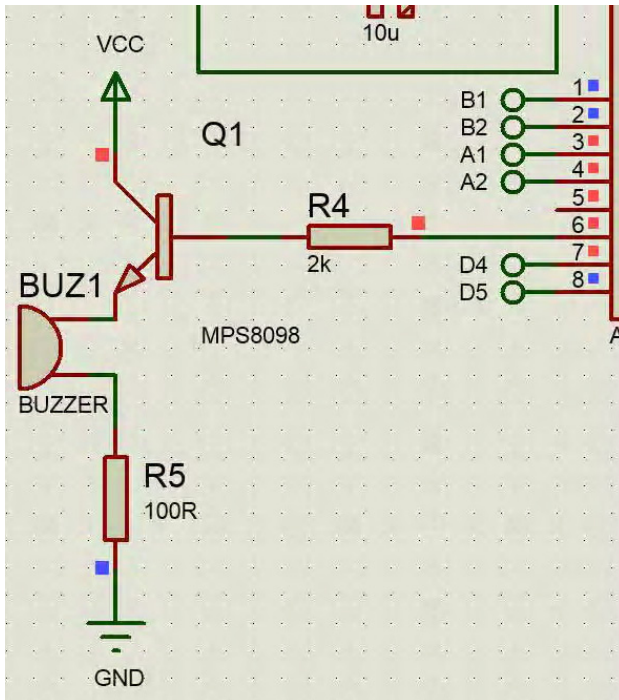
(b) 蜂鸣器响起

图 16

当 5s 后喂料电动机停止，蜂鸣器也停止。如图 17 所示，左边接口为绿灯，左边接口为绿灯说明电机停止。R4 前的正方形灯为红色，说明蜂鸣器已经停止。



a) 喂料电机停止



(b) 蜂鸣器停止

图 17

## 5 总结

本文选用 AT89C51 单片机作为控制器和霍尔式转速传感器来完成系统设计，完成了总体控制系统电路设计、控制系统硬件电路设计和控制程序的编写。通过控制程序和硬件电路相结合进行调试和仿真，实现了秸秆切碎和进料电机控制的功能。

### 参考文献：

[1] 赵健,廖平.基于H桥电路的电磁超声高压脉冲驱动电源设计[J].

制造业自动化,2020,42(11):119-124.

[2] 叶羽铭.一种压控温补晶体振荡器(VCTCXO)的设计和实现[D].电子科技大学,2020.

[3] 张玲玲.基于AT89S51的防盗报警器设计[J].电脑编程技巧与维护,2020(05):18-19,55.

[4] 万星宇.油菜联合收获机旋风分离清选系统设计及其工作机理[D].华中农业大学,2019.

[5] 徐钊宁.哈尔滨市秋冬季节雾霾治理问题研究[D].哈尔滨工业大学,2019.

[6] 徐枝蕃.硅微谐振式压力传感器闭环频率跟踪电路的研究与设计[D].合肥工业大学,2019.

[7] 海涛,李啸骢,韦善革,等.传感器与检测技术[M].重庆大学出版社:自动化专业本科系列教材,201605.319.

[8] 毛向德,王庆贤,董唯光,等.基于DSP28335的有源滤波器数字控制系统的控制设计[J].电气传动,2014,44(11):15-20.

[9] 林怀蔚,李云海,胡秀霞.基于单片机的储粮害虫检测报警系统设计[J].农机化研究,2014,36(07):149-152.

[10] 赵俊,李树君,景全荣,等.基于单片机的树枝粉碎机控制系统设计[J].农机化研究,2013,35(10):64-67.

[11] 周树辉,李树君,景全荣,等.9QZ500型切枝机设计与试验[J].农业工程,2013,3(05):105-109.

[12] 卢婧.中国低碳城市建设的经济学探索[D].吉林大学,2013.

[13] 张露,李晓光.关于单片机控制恒温系统的设计与应用[J].南方职业教育学刊,2012,2(04):9-15.

[14] 望超,黄翠翠,刘美中.基于MSP430F149单片机的最小系统设计及其应用[J].现代物业(上旬刊),2012,11(01):28-30.

[15] 自动化技术、计算机技术[J].中国无线电电子学文摘,2011,27(05):167-246.

[16] 王旭.温度监控系统的设计[J].电脑知识与技术,2011,7(15):3651-3653.

[17] 毕于运.秸秆资源评价与利用研究[D].中国农业科学院,2010.

课题项目：攀枝花市市级项目（2021ZD-G-14）；攀枝花学院校级项目（035001413）；攀枝花学院教研教改项目（JJ1771-2017）；大学生创新创业项目（201811360064，S202111360055）。

作者简介：张力文（1989-），女，甘肃武都人，讲师，硕士，研究方向为单片机技术、嵌入式技术。