

# 一种全自动螺丝供料机控制系统的设计与分析\*

赵佳媿, 伞红军

(昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650550)

**摘要:** 为了实现生产线螺丝的高效供给和输送, 应用于自动化产品装配线, 设计了一种基于 STC12C5410 单片机的螺丝供料机控制系统。系统以 STC12C5410 为硬件核心控制器, 包括缺料报警、排列并输送螺丝等功能。系统主要通过光电开关和电磁阀实现供料, 有效提高了螺丝输送的效率和稳定性。另设计了调整电批扭力和控制电机制动的电路, 并进行仿真和实验, 为之后此功能集成到配套电批中使用提供技术准备。

**关键词:** STC12C5410; 螺丝供料机; 力矩控制; 电机制动控制

中图分类号: TN709

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200313

中文引用格式: 赵佳媿, 伞红军. 一种全自动螺丝供料机控制系统的设计与分析[J]. 电子技术应用, 2021, 47(3): 83-90, 96.

英文引用格式: Zhao Jiati, San Hongjun. Design and analysis of the control system of a fully automatic screw feeder[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(3): 83-90, 96.

## Design and analysis of the control system of a fully automatic screw feeder

Zhao Jiati, San Hongjun

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650550, China)

**Abstract:** In order to realize the efficient supply and delivery of screws in the production line, then apply to the automatic product assembly line, this paper designs a screw feeder control system based on STC12C5410 single chip microcomputer. STC12C5410 is the hardware core controller of the system, including the function of material shortage alarm, arranging and conveying screws and so on. The system mainly realizes feeding by the photoelectric switch and solenoid valves, which effectively improves the efficiency and stability of screw conveying. In addition, the circuit of adjusting the torque of the electric batch and controlling the brake of the motor is designed, and the simulation and experiment are carried out to provide the technical preparation for the later integration of this function into the matching electric batch.

**Key words:** STC12C5410; screw feeder; torque control; motor brake control

### 0 引言

在自动化生产线中, 常用产品装配中的拧紧螺丝环节, 采用自动化设备锁附螺丝已经成为了大势所趋。而螺丝供料机是自动锁附螺丝机的重要组成部分, 它将机、电、气融为一体, 是一种自动将螺钉排列并输送的机构, 为自动化生产线上的主要技术设备之一。螺丝供料机合理的结构和可靠的供料系统, 是螺丝供料机能够安全可靠工作的两个关键因素。

传统的螺丝供料机芯片采用 AT89C51 单片机作为核心, 占用空间大, 需要在配套电批上手动调节电批的扭力, 输送螺钉程序没有经过优化导致卡料率高<sup>[1]</sup>。因此本设计采用 STC12C5410 单片机为主控芯片, 此款单片机为 28 个引脚封装, 可以实现功能的同时节省空间, 不造成浪费。本文控制开发了螺丝供料机的控制系统,

经过实验验证, 能够使其稳定高效地工作。传统的螺丝供料机配套电批采用手动调节电批扭力, 以适应不同型号的螺丝。本文设计了一种可对电批的扭力进行调整, 达到一定扭力制动的电路, 以适用于不同工件的拧螺丝工序。经实验与仿真, 为今后对配套电机的功能改进提供了思路, 具有很好的应用前景。

### 1 供料机工作原理及控制方案

#### 1.1 供料机工作原理及结构

以自动化生产线上手动拧紧螺丝的工序为基础, 采用机电结合的供料方案解决手动打螺丝电批的自动供料问题。供料电机驱动料仓旋转, 料仓内的叶片不断搅动螺丝使其掉落入直振料道中, 再由扫把电机驱动扫把往复运动扫落未垂直落入直振料道中的螺丝。直振料道下方有振动盘送料器产生振动, 将排列好的螺钉向前移动, 完成螺钉输送, 最后由分料止动止动气缸运动将单颗螺丝分出输送到电批批头上<sup>[2]</sup>。

螺丝供料机的硬件结构由供料部分、分料部分、报

\* 基金项目: 国家自然科学基金(51965029); 国家重点研发计划(2017-YFC1702503)

警部分和空气过滤部分四个部分组成。其模型示意如图1所示。

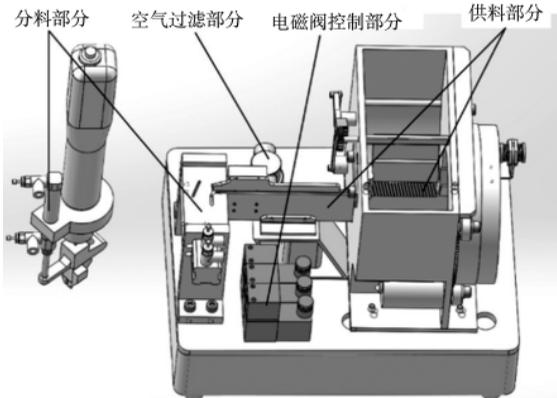


图1 螺丝供料机模型示意图

(1)供料部分由供料电机和扫把电机提供动力,供料电机使旋转圆盘不停地转动,搅动螺丝使其落入直振料道,扫把电机为传动机构提供动力,传动机构往复运动带动扫把将未垂直落入料道的螺丝筛出。

(2)分料部分由分料止动气缸和电批止动气缸组成,分料止动气缸外部有U型槽,直振料道中的螺丝只可单颗进入U型槽内,由U型槽分料片随着分料止动气缸动作进行分料动作,动作一次单颗螺丝落入分料台下的通孔中进入气管。

(3)电磁阀控制部分由电磁阀控制气源进气以控制分料止动气缸和电批止动气缸动作。空气过滤部分由空气过滤器组成,用于将气源净化过滤。报警部分由安装在料道上方的接近开关和蜂鸣器组成,由接近开关检测料道有无螺丝,若无螺丝信号传递给蜂鸣器报警。

(4)空气过滤部分由空气滤清器组成,检测气压过滤空气。

### 1.2 螺丝供料机的控制方案

系统由电源单元、电机控制单元、缺料报警单元、拧紧制动单元和电磁阀控制单元组成<sup>[3]</sup>。电源单元启动供电,通过光电开关检测是否缺料,缺料时开始供料和筛出未垂直落入料道的螺丝。一段时间后再次检测,若仍缺料,则蜂鸣器报警,由人工进行加料;之后若进行加

料,则蜂鸣器关闭。检测料送满后一段时间停止供料,停止供料后一段时间停止扫落螺丝<sup>[4]</sup>。供料工作的同时检测是否需要输送螺丝,接收到信号后迅速分料并将单颗螺丝输送到供料机配套电批的批头上。其系统结构如图2所示<sup>[5]</sup>。

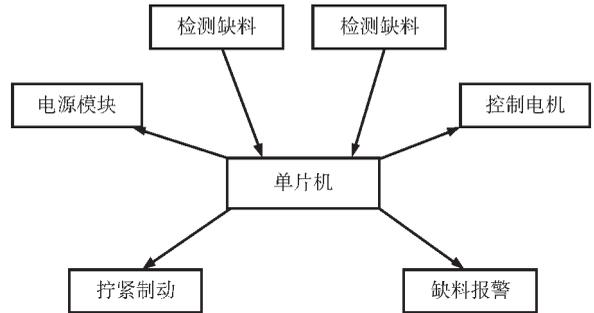


图2 系统结构图

## 2 主控电路部分设计与分析

### 2.1 电源部分电路设计

控制板上单片机供电电压为5V,但外部电路电源为24V供电,所以需要将24V电压转换为5V电压。此处采用L7805CV电压转换芯片,它是一个正向低压降稳压器,电路设计图如图3所示。

### 2.2 报警部分电路设计

报警部分控制电路采用料道上方的光电开关作为检测信号输入。光电开关是利用被检测物对光束的遮挡或反射,又同步回路选通电路,从而检测遮挡物体,所有能反射光线的物体均可被检测。通过检测螺钉是否通过料道来判断是否缺料。检测信号经过输入电路传送到单片机,单片机分析后发出指令使供料电机和扫把电机工作,若缺料则发出指令暂停工作使蜂鸣器缺料报警<sup>[6]</sup>。

电路由发光二极管、CT357C光电耦合、S9012PNP三极管、续流二极管、常开继电器、电容、电阻和蜂鸣器组成。电路中发光二极管的亮灭显示输入输出电路的导通和截止。CT357C光耦实现输入输出信号的隔离作用,能够有效地进行共模抑制。信号经过光耦之后由并联在其受光源两端的电容进行滤波,信号趋于稳定。三级管用

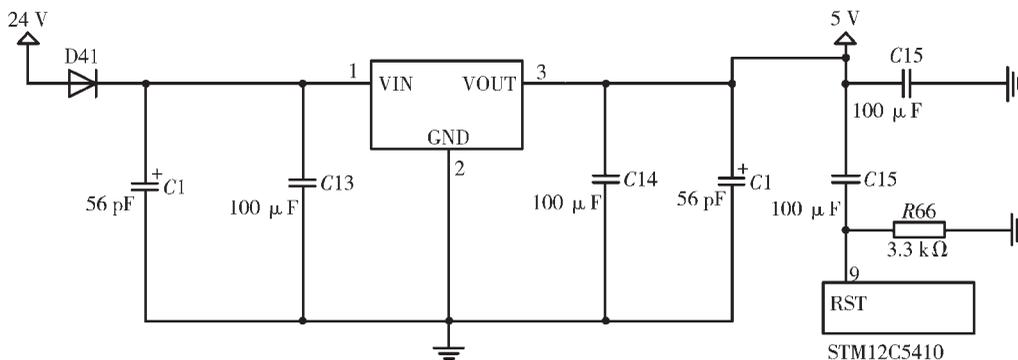


图3 电源部分电路图

电器线圈通电,常开触点吸合,电路断开时继电器线圈无电流常开触点断开。因继电器线圈会产生自感电动势,产生瞬时冲击电压,引起电感电流跳变产生反向瞬时大电流,所以将续流二极管并联在线圈两端可起到续流作用,并可吸收瞬时大电流。输出端接蜂鸣器实现报警。输入部分电路电压为 24 V,CT357C 允许通过正向电流为 50 A,所以设置串联电阻  $R_1$  阻值为 10 k $\Omega$ 。单片机电源电压为 5 V,所以设置串联电阻  $R_{41}$  阻值取 3.3 k $\Omega$ 。24 V 继电器导通电流一般为 40 A,S9012 三极管静态放大值为 180,所以基级驱动电流为  $40 \text{ A} \div 180 = 0.222 \text{ mA}$ ,低电平驱动基级电阻计算值为  $\frac{(5-0.7)\text{V}}{0.222 \text{ mA}} = 19.3 \text{ k}\Omega$ ,综合考虑取基级驱动电阻值  $R_{31}$  为 24 k $\Omega$ 。报警部分电路图如图 4 所示。图中 in1 和 out1 连接单片机 I/O 口。接近开关信号由 S1 输入。

### 2.3 分料部分电路设计

分料部分控制电路如图 5 所示。以拧紧螺丝后配套电批发出的刹车信号为信号输入,单片机接收到信号后发出指令控制供气、分料止动气缸、电批止动气缸和电批启动正转信号配合动作,实现输送螺丝的全过程。

### 2.4 力矩调节控制电路的设计分析

力矩调节控制电路如图 6 所示,主要运用 PWM 脉宽调制调速原理对电机进行进行调速,从而对电批扭力进行调整。

电机调速部分电路主要由 LM324 芯片、场效应管、L7824CV 稳压块组成。LM324 芯片内的 u1a 和 u1d 可以组成振荡器电路,提供一定频率的方波。由 U1c 产生的参考电压作为振荡器的虚拟地,设置为 6 V。U1b 接成比较器的形式,其反相输入端(6 脚)为比较器的参考电压,由单片机提供,实现闭环控制。参考电压与 u1d 的输出端(14 脚)的三角形波电压进行比较输出 PWM 波形。通过单片机输出电压信号改变 U1b 的 6 脚电位,使其与输入三角形波电压进行比较,就可改变方波宽度,实现脉

宽调制(PWM)。

图 6 中 Q1 为 N 沟道场效应管作为功率开关管,可以起到电流放大后驱动负载的作用。D1 用来防止电机的反电动势损坏 Q1,C<sub>3</sub> 两端接继电器和电批电机。

制动控制部分由 NE555、78L12、LM393 和继电器组成。按下启动按钮 SB2 后,继电器 KM1 开始工作。同时 U5 通电,U4 时基电路开始工作,延时 1 s 使继电器 KA3 通电可避开电机启动时的瞬时大电流。输送给调节 R6 可改变 2 脚的电位,2 脚电位可根据电机的额定电流进行设置。比较器 2、3 脚的电位比较,当 3 脚电位低于 2 脚电位时,1 脚输出低电平,此时电机继续正常运转;当电流增大使 3 脚电位高于 2 脚电位时,1 脚输出高电平三极管 T 饱和导通,继电器 KA1、KA2 线圈吸合,电机停止运转,之后按下复位开关 SB1 可以复位,由此实现打螺丝的制动过程。

以用于塑料的自攻螺钉为例,螺纹类型为 GB8280-85 螺钉规格为 ST2.6 切削型螺钉,拧紧力矩参考值查表 1,得值为 0.4 N·m。

表 1 用于塑料的自攻螺钉拧紧力矩参考值

螺纹类型	螺钉规格/mm	螺钉拧紧力矩参考值 $M/(N \cdot m)$	
		挤入型(AB)	切削型(BT)
GB8280-85	ST 2.2	0.2	0.25
	ST 2.6	0.25	0.4
	ST 2.9	0.3	0.5
	ST 3.5	0.5	0.6
	ST 3.9	0.6	0.7

注:表中的螺母材料是塑料 ABS

直流电机的功率计算公式为:

$$P=U \times I \times \eta \quad (1)$$

式中, $U$  为供电电压, $I$  为工作电流, $\eta$  为电机效率,一般取 0.8。供电电压为固定值,所以功率值的变化随着电流的大小变化而变化。打螺丝时,螺钉的拧紧力矩等于

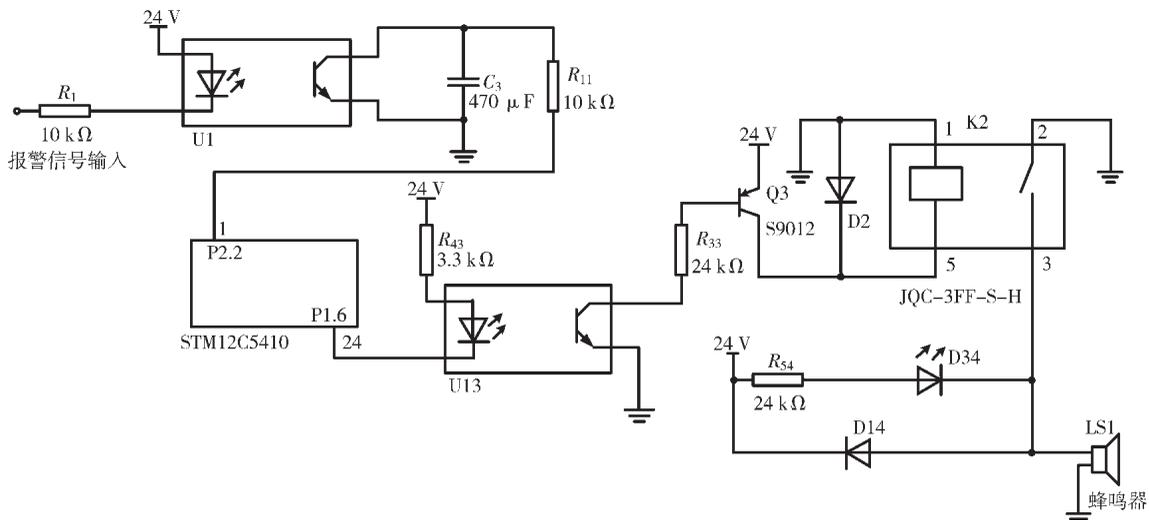


图 4 报警部分电路图

电批电机的扭矩,电批电机转矩的计算公式为:

$$T = \frac{9550 \times P}{n} \quad (2)$$

式中,  $n$  为直流电机的转速,  $P$  为电机功率(kW)。设电机的力矩稍大于螺钉的拧紧力矩为  $0.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ , 转速公式为:

$$n = \frac{U_d - I_d R_d}{C_e}$$

式中  $U_d$  为电机两端电压,  $I_d$  为电枢回路电流,  $R_d$  为电枢回路电阻,  $C_e$  为电磁时间常数。

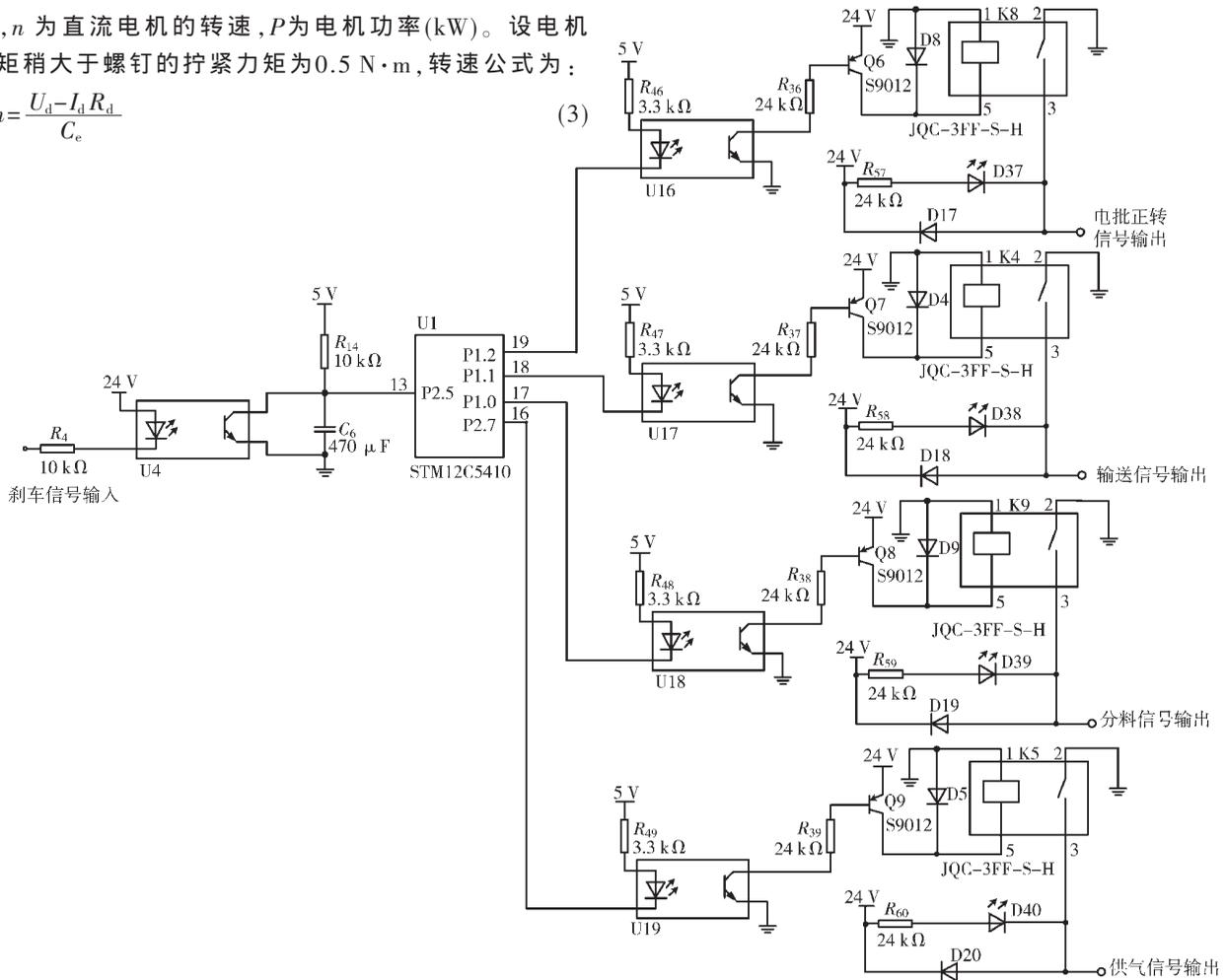


图 5 分料部分电路图

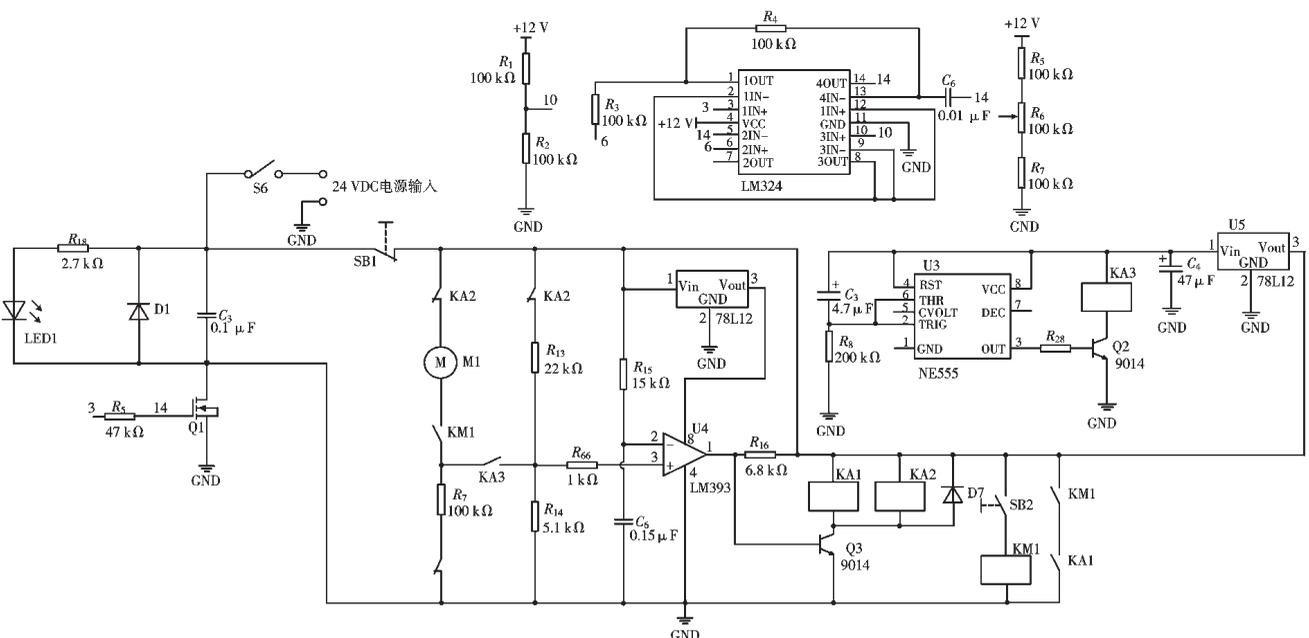


图 6 力矩调节控制电路图



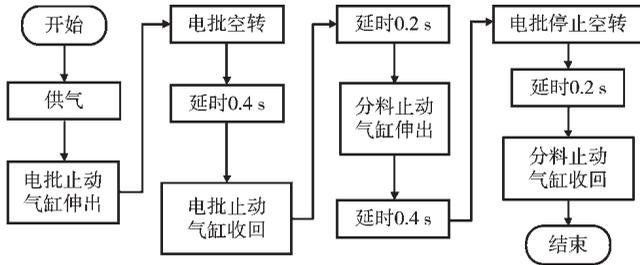


图 8 吐螺丝子程序流程图

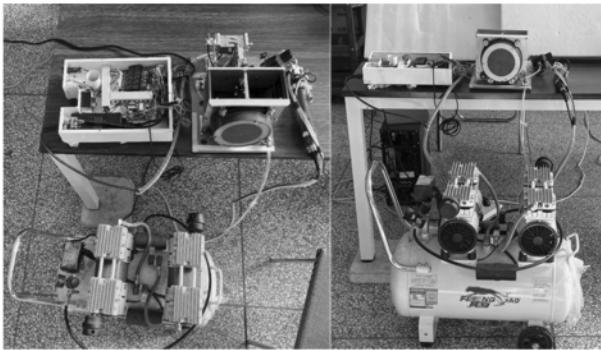


图 9 螺丝供料机实物图

证是否可调节电机的扭力与电机制动。用面包板将整个力矩调节控制电路搭出并进行实验。工作电压为 24 V，按照电路原理按下开关 SB1 使电机转动，并用人工干预的方式使电机停转达到设定的拧紧力矩值并进行制动。并进行实验，连接电路如图 10 所示。

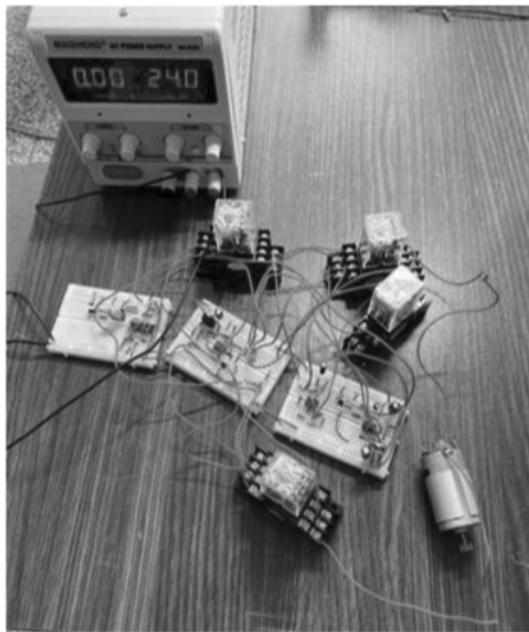


图 10 电机控制连接电路

首先将电机调速部分电路输出电压与示波器相连，通过调节电位器电压，改变占空比调节电机转速，可实现调节电批的拧紧力矩的作用。示波器显示电机不同转速下输出的占空比如图 11 所示。

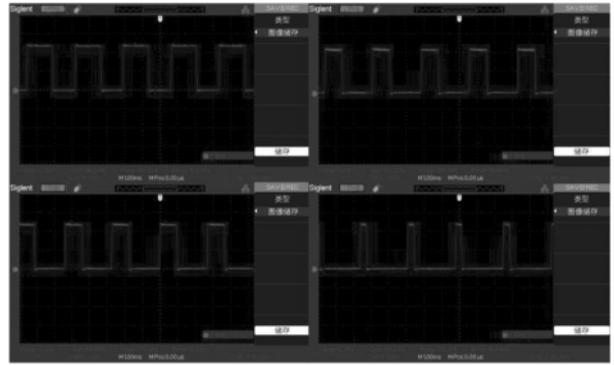


图 11 输出不同占空比电压图

通过读出示波器中 PWM 波占空比的变化可以看出电机转速的变化，从而可以控制配套电批的拧紧力矩的变化，途中方波连续平滑，且无明显突变，证明电机输出稳定。其次设置电机转速固定，运用 LabVIEW 软件和 NI 采集卡，在 LabVIEW 中设置两路电压输出分别接 LM393 的 2、3 引脚，控制正向输入端与反向输入端的电压。并接一路输出测继电器电流的导通电流和截止电流大小。当 LM393 正向输入端电压为 4.1 V，反向输入端电压为 4.7 V 时，电机正常运转，流经继电器的电流为 20 mA。将 3 引脚的电压改为正常电路提供，并用 NI 采集卡采集 3 脚电压，手动干预电机停转，3 脚当正向输入端电压为 6.5 V 大于反向输入端电压 4.7 V 时，流经继电器的电流为 40 mA。由于电增大到足以使继电器稳定动作电机停转，实现制动，如图 12 所示。实验表明，电动力矩控制电路可以提供电批电机在打不同规格的螺钉时有相应的扭力，并且可实现拧紧螺钉后的制动，显示了其合理性与实用性。

为了验证滤波有校与否，采用 MATLAB 编写低通滤波器进行仿真得滤波信号图如图 13 所示。图中低通时域图与原始时域图对比，明显起到了滤波作用。

#### 4.2 供料机供料部件验证

通过实验验证螺丝供料机工作的可靠性与稳定性，设计了螺丝供料机控制系统，供料机控制板连接图如图 14 所示。先让螺丝供料机料仓保持缺料状态，开机后观察供料电机与扫把电机是否开始工作，之后观察 10 s 延时后蜂鸣器是否报警，报警后将螺丝加入料仓中，观察蜂鸣器是否停止报警，是否正常供料。供料满后观察扫把电机和供料电机是否停止工作。在螺丝供料机能正常供料的情况下，双击电批观察是否能正常输送螺丝，使用电批正常打螺丝，达到指定扭矩后放开电批按钮观察是否能正常输送螺丝。结果表明螺丝供料机能够稳定控制正常工作，图 15 为输送螺丝和供料成功实例。

#### 5 结论

本文通过对螺丝供料机的功能和现有问题进行分析，设计了以 STC12C5410 为核心元件的控制系统，实现了螺丝供料机的系统功能。经过系统测试，本设计能够

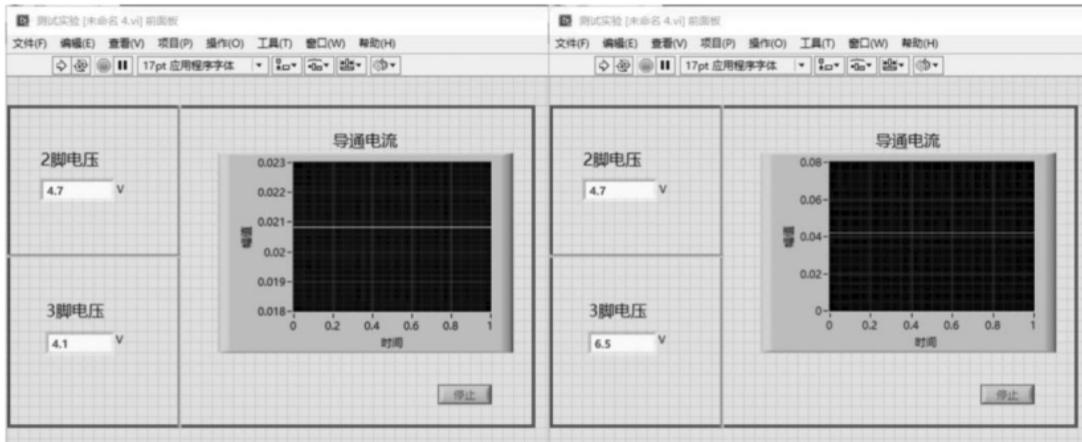


图 12 电机运转与制动情况图

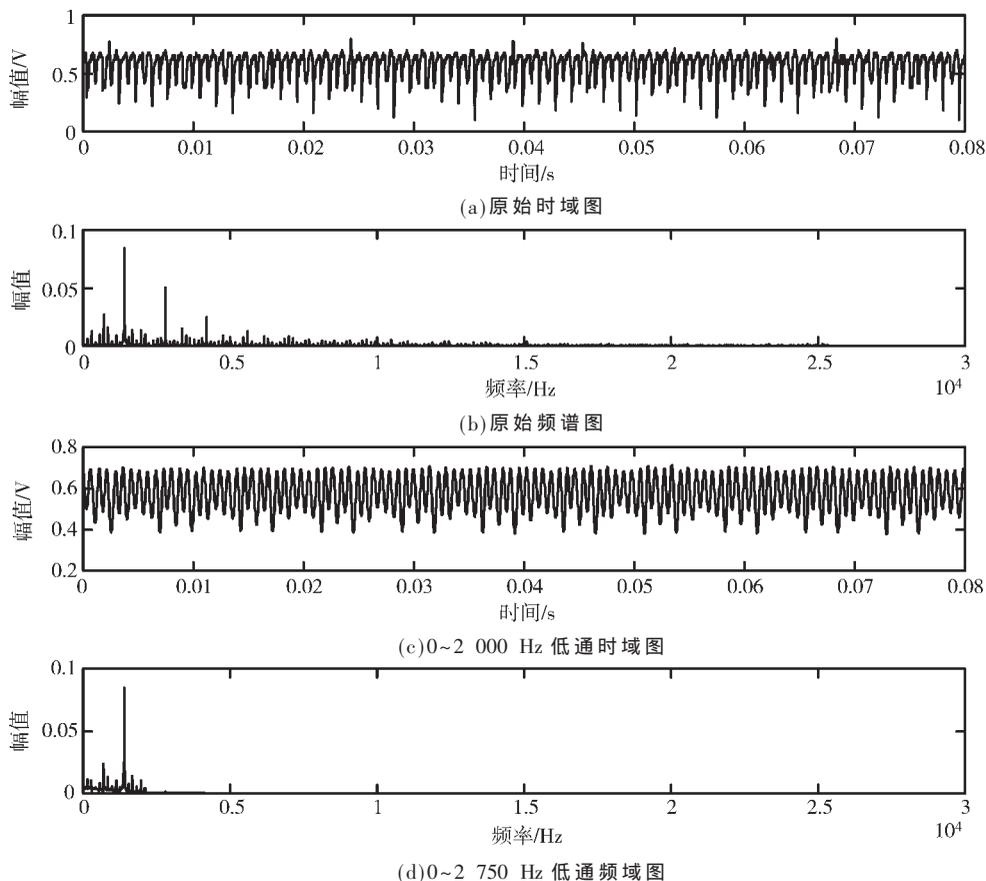


图 13 滤波信号仿真图

实现螺丝送料机的缺料报警、输送螺钉、调节电批扭力的功能,并且具有系统运行可靠、操作简单、响应速度快的特点。本文还在现有的条件下设计了调整电批扭力和控制电机制动的电路,并进行仿真和实验,为之后此功能集成到配套电批中使用提供了思路,在今后的工作中可以提高和扩展其功能。

#### 参考文献

- [1] 段开源,刘成国,张文涛.基于单片机的双轴太阳能跟踪系统设计[J].电子设计工程,2019,27(8):134-138.
- [2] 鲍安平,王钧铭,徐开军.自动螺钉输送机电气控制系统的设计[J].信息化研究,2013(5):22-24.
- [3] 郭丽萍,张艳荣,林思苗.基于AVR单片机的激光电源闭环控制系统设计[J].中国测试,2017,43(3):78-82.
- [4] 刘文学,徐洋洋,李杰.智能医用翻身床垫控制系统设计[J].电气传动,2019(9):73-76.
- [5] 葛广军,杨帆.基于单片机的智能小车控制系统设计[J].河南城建学院学报,2011(3):52-55.
- [6] 刘捷.基于STC单片机的轮胎气压自动控制与报警系统



图 14 供料机控制板连接图

设计[J].现代电子技术,2016(17):109-111.

- [7] 摆存曦,任勇,董安有,等.基于 MSP430 单片机的太阳光辐照测量系统设计[J].山东农业大学学报(自然科学版),2019(4):634-637.
- [8] 熊光洁,刘美莲,吴雪,等.基于单片机的 MPS 系统的供料单元控制系统设计[J].微计算机信息,2006,22(2Z):10-12.

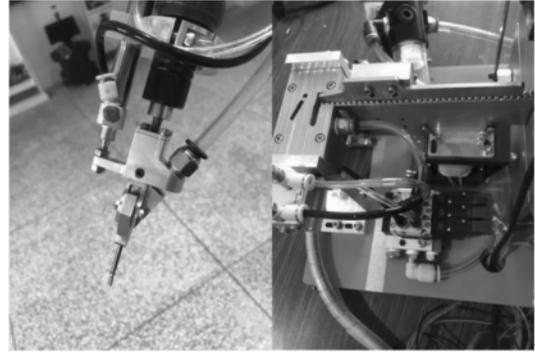


图 15 供料和输送螺丝成功实例

- [9] 许明昌.基于单片机和无线电遥控技术的网衣升降控制系统设计[J].南方水产科学,2012(1):75-82.
- [10] 柳明.基于单片机的智能物料搬运控制系统研究[D].大连:大连海事大学,2010.
- [11] 刘朋,张艳华,阎茹.基于单片机的有轨自动供料小车的定位控制[J].陕西科技大学学报,2009(4):85-87.
- [12] 黄海松.基于单片机的物料搬运机械手的控制系统研究[J].机电工程技术,2007(11):21-23.

(下转第 96 页)

(上接第 82 页)

的优化思路,指令集上的优化策略同样适用于所有基于 PowerPC 平台的应用开发。此外,基于 CORDIC 算法的设计的硬件电路在芯片开发领域有很强的使用价值,打破了将复杂数学函数计算的负担交给纯软件来实现的传统。本论文提出的所有优化策略对其他平台的算法开发和算法优化也有一定的借鉴价值。

参考文献

- [1] 邹小东,易堃,夏礼诺,等.CORDIC 算法在波束指向频率补偿中的应用[J].制导与引信,2017,38(2):11-14.
- [2] 胡国荣,孙允恭.CORDIC 算法及其应用[J].信号处理.1991,7(4):229-242.
- [3] 刘小宁,谢宜壮,陈禾,等.CORDIC 算法的优化及实现[J].北京理工大学学报,2015,35(11):1164-1170.
- [4] 王丽秀,张涛.DDS 电路的低功耗设计[J].电子与封装,2009,9(9):16-19.
- [5] 万书芹,陈宛峰,黄嵩人,等.基于改进 CORDIC 算法实现高速直接数字频率合成器[J].仪器仪表学报,2010,31(11):2586-2591.
- [6] 杨强,高博,龚敏.基于改进 Scaling-Free CORDIC 算法的 DDS[J].电子与封装,2018,18(2):24-28.
- [7] 姚亚峰,冯中秀,陈朝.超低时延免迭代 CORDIC 算法[J].西安电子科技大学学报(自然科学版),2017,44(4):162-166,173.
- [8] 张朝柱,韩吉南,燕慧智.高速高精度固定角度旋转 CORDIC

算法的设计与实现[J].电子学报,2016,44(2):485-490.

- [9] 王申卓,胡春林,胡广垠,等.基于 CORDIC 改进算法的 NCO 设计[J].电子技术应用,2017,43(3):43-47
- [10] 万书芹,陈宛峰,黄嵩人,等.基于改进 CORDIC 算法实现高速直接数字频率合成器[J].仪器仪表学报,2010,31(11):2586-2591.
- [11] 姚亚峰,冯中秀,陈朝.直接旋转 CORDIC 算法及其高效实现[J].华中科技大学学报(自然科学版),2016,44(10):113-118.
- [12] 周珺,郭红卫.三角函数逼近算法及其在光学条纹图像分析中的应用[J].光学仪器,2013,35(1):22-29.
- [13] 庞建国,刘力源,李冬梅.用于高精度 DAC 测试的数字正弦波发生器[J].微电子学,2009,39(4):470-473.
- [14] 尹自强.基于 DDS 的三角函数发生器的数字实现[J].微处理机,2016(2):11-13,16.
- [15] 李滔,韩月秋.基于流水线 CORDIC 算法的三角函数发生器[J].系统工程与电子技术,2000,22(4):85-87.

(收稿日期:2020-09-25)

作者简介:

雷淑岚(1987-),女,硕士研究生,工程师,主要研究方向:SoC 设计与实现。

吴会祥(1992-),通信作者,男,硕士研究生,工程师,主要研究方向:SoC 应用测试及电路设计,E-mail:shwuhx@163.com。

李文学(1986-),男,硕士研究生,工程师,主要研究方向:SoC 应用测试及电路设计。

3 结论

本文提出了一种具备宽输入输出电压范围工作能力的两级式功率拓扑。该拓扑前级为反向耦合两相交错并联 Boost 变换器,主要负责补偿输入母线电压及宽范围调节输出电压,同时反向耦合电感有效地降低了电感电流纹波;后级为工作于最优频率点的 LLC 拓扑,主要负责高变比隔离升压,同时 LLC 拓扑主功率开关管都能实现软开关,效率较高。实验结果表明该拓扑适用于有“多模式”工作需求的电推进电源系统。

参考文献

[1] 毛根旺,唐金兰.航天器电推进系统及其应用[M].西安:西北工业大学出版社,2009.

[2] 周志成,王敏,李烽,等.我国通信卫星电推进技术的工程应用[J].国际太空,2013(6):40-45.

[3] 施凯敏.移相控制高压输出 DC-DC 变换器研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2018.

[4] 李峰,康庆,邢杰,等.大功率电推进电源处理单元技术[J].北京航空航天大学学报,2016,42(8):1575-1582.

[5] OSUGA H, SUZUK K, OZAKI T, et al. Development status of power processing unit for 200mN-class hall thruster[C]. 29th International Electric Propulsion Conference, 2005.

[6] PIÑERO L R, PETERSON P Y, BOWERS G E. High performance power module for Hall effect thrusters[C]. 38th Joint Propulsion Conference and Exhibit, 2002.

[7] PIÑERO L R, BOND T, OKADA D, et al. Design of a modular 5-kW power processing unit for the next-generation 40-cm ion engine[C]. 27th International Electric Propulsion Conference, 2001.

[8] GOLLOR M, BOSS M, HERTY F, et al. Generic high voltage power supplies(HVPS) with optimum efficiency and multi-range[C]. 30th International Electric Propulsion Conference, 2007: 1-15.

[9] 孙鹏菊,周维维,杜雄.具有恒功率特性的输出宽范围可调的变结构 DC-DC 变换器[J].中国电机工程学报,2012,

32(6):81-89.

[10] HUBER L, JOVANOVIĆ M M. Design approach for server power supplies for networking applications[C]. IEEE APEC, 2000, 2: 1163-1169.

[11] LEE I O, MOON G W. Analysis and design of phase-shifted dual H-bridge converter with a wide ZVS range and reduced output filter[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2013, 60(10): 4415-4426.

[12] WIJERATNE D S, MOSCHOPOULOS G A. ZVS-PWM full-bridge converter with reduced conduction losses[J]. IEEE Transaction on Power Electronics, 2014, 29(7): 3501-351.

[13] Yang Fei, Ruan Xinbo, Yang Yang, et al. Interleaved critical current mode boost PFC converter with coupled inductor[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, 26(9): 2404-2413.

[14] Yang Fei, Ruan Xinbo, Wu Gang, et al. Discontinuous-current mode operation of a two-phase interleaved boost DC-DC converter with coupled inductor[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2018, 33(1): 188-198.

[15] HIROYUKI K, SEANA M, JORDAN B, et al. Coupled inductor characterization for a high performance interleaved boost converter[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2009, 45(10): 4812-4815.

(收稿日期:2020-09-04)

作者简介:

施凯敏(1986-),男,博士,主要研究方向:光伏发电系统、大功率高压输出电压及大功率电推进电源等。

张东来(1973-),男,博士,教授,主要研究方向:空间一次电源和二次电源、电力录波大比率数据压缩方法及宇航电推进电源等。

王子才(1932-),通信作者,男,博士,教授,主要研究方向:伺服系统、复合驱动控制系统及变阻尼及大摩擦系统的控制技术, E-mail: wzc@hit.edu.cn。

(上接第 90 页)

[13] 刘绍先.单片机控制的冲压机床自动送料装置设计[J].橡塑技术与装备,2016,42(12):38-39.

[14] 闫茹.中药滴丸包装车间悬挂式药料输送小车控制系统开发[D].西安:陕西科技大学,2009.

[15] 张旭.基于 AT89C52 单片机的温度控制系统的设计[J].电大理工,2015(1):16-17.

[16] 刘蒋.TS-320L 高速高精度贴片式供料控制系统设计和实现[D].镇江:江苏大学,2017.

[17] 王友志.基于单片机的自动加料机控制系统[J].城市建设理论研究(电子版),2016(6):980-980.

[18] 吴帆,刘伟强,牧淑清,等.基于 51 单片机智能温控睡

袋的设计[J].科学技术创新,2020(34):176-177.

[19] 张林,杨建华,赵贝雨,等.基于 STM32 单片机设计的智能垃圾桶[J].中国新通信,2020,22(2):118.

[20] 李华.高炉槽下送料控制系统的设计及实现[D].西安:西安建筑科技大学,2013.

(收稿日期:2020-04-17)

作者简介:

赵佳妮(1995-),女,硕士研究生,主要研究方向:机电产品设备与开发。

牟红军(1976-),男,博士,副教授,主要研究方向:机器人技术理论及应用研究、机电产品设计与开发、现代农业装备研发、机械零部件的参数化设计、智能制造技术等。

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所