

基于 ARM 嵌入式的制袋机控制系统设计

陆荣鑑, 韩凌

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 阐述了一种以 ARM9 内核处理器作为控制芯片的新型制袋机控制系统的设计方案。基于 ARM9 内核处理器可靠性高、数据处理能力强的特点, 控制系统分解为 2 个独立的子系统: 定长定位控制系统由单片机 DSPIC、交流伺服驱动器及主电机组成; 张力控制、光电纠偏各组成独立的子控制系统。实际运行的结果表明, 该方案有效地提高了系统控制精度。相对于以 PLC 或工控机为控制核心的控制系统, 以 ARM9 为核心的制袋机控制系统使生产线获得了更高的运行速度和更好的稳定性。

关键词: 制袋机; 伺服控制; 变频控制; 定位定长

中图分类号: TB486⁺.3; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)17-0088-06

Design of Bag-making Machine Control System Based on ARM Embedded Technology

LU Rong-jian, HAN Ling

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: A design scheme of bag making machine control system by ARM core embedded processor was introduced. The control system was divided to two subsystems based on high reliability and powerful data processing ability of ARM core processor. Fixed length and position subsystem is composed with single chip microcomputer DSPIC, AC servo driver and main motor. Tension control and photoelectric rectification is another independent subsystem. The practical running results showed that the scheme effectively improve the precision of the control system; compared to those bag-making machine control system using PLC or industrial computer, the control system is faster, more precise and more stabile.

Key words: bag-making machine; servo drive; frequency control; localization length

制袋机是软包装生产线上利用柔性包装材料制作物料包装袋的加工设备。制袋机主要有折叠送料, 定长牵引、定位热封裁切两大基本动作。生产过程中要求实现对烫封、切割及送料运动的控制, 实现对薄膜张力和速度、烫封温度等工艺参数的控制^[1-2]。目前, 大多数制袋机控制系统的主电机伺服控制系统和定位定长控制子系统是一体的^[3-6]。笔者以 ARM9 内核处理器作为控制芯片, 开发了食品包装制袋机生产线的控制系统。该系统包括主电机伺服控制子系统、定位定长控制子系统、张力控制子系统、温度控制子系统、光电纠偏控制子系统和触摸屏控制子系统。基于 ARM9 内核处理器强大的数据处理能力

力^[7], 采用各个子系统相互独立的控制方式。运行结果表明, 由于该方案有利于各个子系统的精确度控制与调整, 从而有效提高了控制系统整体的精确度和可靠性。

1 制袋机工艺流程

制袋过程中, 薄膜材料连续展开, 并通过光电纠偏纵向剪切和进给装置源源不断地进入折叠成型机构中。薄膜经过连续折叠成型后, 经过定长牵引和定位装置进行牵引和定位后进入热封工序。制袋流程中的热封工序, 是利用电热板加热使复合薄膜热封部

收稿日期: 2012-07-26

基金项目: 南京科技支撑计划项目(200701069)

作者简介: 陆荣鑑(1964—), 男, 硕士, 南京林业大学讲师, 主要研究方向为自动化、机电一体化。

位的热封层融化成粘流状态,再借助于模板的压力,使上下 2 层热封材料彼此熔合在一起,冷却后能保持一定的强度,具有良好的密封性等。热封好的袋子可以根据需要进行打孔和切口等加工,最后由裁切装置完成裁切,制成成品袋^[6]。制袋流程见图 1。

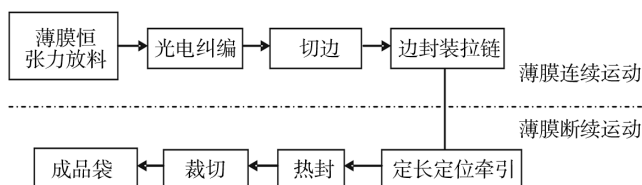


图 1 制袋机的工艺流程

Fig. 1 Technological process of the bag-making machine

制袋机有 3 个电机作为驱动装置,即主电机和前后伺服电机。其中,主电机为三相交流异步电机,由 ARM 通过 RS485 控制变频器进行调速,用于带动热切刀作上下往返运动,以对薄膜进行切割,在完成对薄膜切割的同时对切边封口;前后伺服电机主要用于薄膜的定长定位牵引,在热切刀上升到下落的过程中,伺服电机带动牵引辊完成对薄膜的定位定长牵引,牵引的长度就是最终包装袋的长度。这就是制袋机控制系统设计的核心,主电机转速与袋长和牵引速度的协调控制。

2 控制系统硬件设计

在设计控制系统的硬件电路中,选择 AT91SAM9263 作为制袋机控制系统的主控制器。ARM9 处理器 AT91SAM9263 将芯片引脚封装,只能采用总线的方式进行数据的传输和指令的控制。控制系统硬件电路主要包括:ARM 控制器以及 I/O 扩展电路、单片机 DSPIC33EP 控制伺服驱动器电路、差分驱动输入输出电路、485 串口通讯、开关量输入输出电路、人机接口电路(包括触摸屏和 USB 接口)以及外部电源电路。控制系统的总体硬件结构见图 2。

2.1 定位定长伺服控制系统

为了更好地实现定长的控制,系统采用双伺服牵引模式,对伺服控制控制相应的采用位置模式,即输出定量的脉冲实现对伺服的定长控制。在系统设计中采用 Microchip 公司的 DSPIC33EP256MU806 单片机作为控制器,此单片机是高性能 16 位数字信号

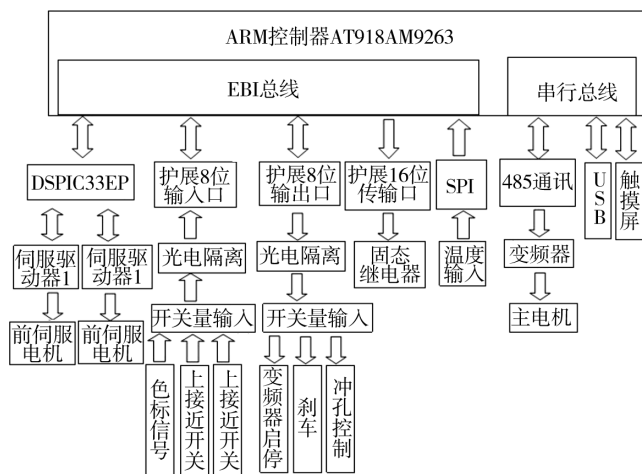


图 2 控制系统的总体硬件结构

Fig. 2 Hardware structure of the control system

控制器,时钟达 70 MHz,具有电机驱动、编码器接口、PMP 总线接口等功能。利用这款芯片开发出具有自主知识产权的双轴运动控制器,具有精度高、控制灵活、速度快等特点。为有效精确控制伺服电机的定长运动,伺服驱动器将编码器信号 EA 和 EB 脉冲信号以及 EZ 脉冲信号反馈给控制控制芯片,形成一个全闭环系统,实时监控控制输出脉冲与电机反馈脉冲是否相同,通过这种控制方式从而使两伺服电机同步运行。

制袋机的定位控制是通过色标传感器的跟踪追色来控制伺服电机的停机,达到定位的目的。定长切断的薄膜见图 3,系统的控制目标是要求切刀均在标

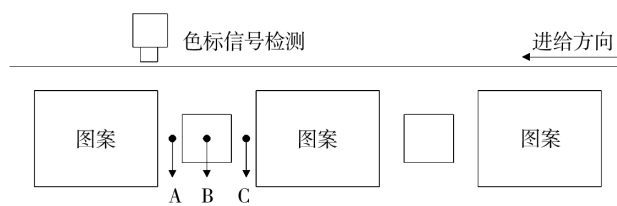


图 3 2 个袋子之间的色标

Fig. 3 Color code between two bags

志条的中间,定位精度优于 $\pm 0.5 \text{ mm}$ 。

当反射式开关量光电传感器检测薄膜色标信号的检测光电落在 B 点,输出低电平;当落在标志两侧, A, C 点时为高电平。色标信号的有效作用时段设定为在 A, C 之间,当色标信号检测到 B 点位置之后,伺服电机立刻停机,这样每次牵引的过程的结束都由色标信号决定,有效的避免了误差累计。

为了防止检测到假色标而引起错误停机,设定在运动控制芯片发送脉冲数在 $N - \Delta N$ (N 为控制定长应输出的脉冲数) 时色标信号有效。由于色标信号的输出是接入到外部中断的引脚,为了达到预先的目的,发送脉冲数在 $N - \Delta N \sim N + \Delta N$ 时,使能外部中断,其他时间关闭外部中断。

2.2 差分输入输出电路

由于伺服驱动器所需的脉冲指令(PULS)和方向(SIGN)信号都是差分信号,而单片机 dsPIC33EP256MU809 输出的脉冲指令(OUT)和脉冲方向(DIR)信号为单端信号,因此,采用 26ls31 芯片将运动控制芯片输出的脉冲信号分别差分处理,以满足伺服驱动器的差分输入要求,同时差分输入可以提高抗干扰能力。差分信号输出电路见图 4。

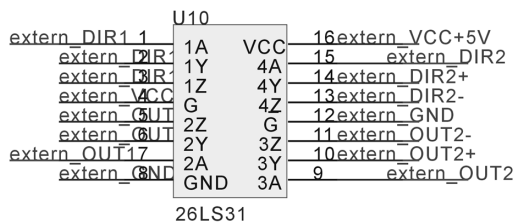


图 4 差分输出电路

Fig. 4 Differential output circuit

单片机 dsPIC33EP256MU806 电源电压为 +3.3 V,而控制电路中集成芯片电源电压大多为 5 V,两者的电压不匹配,为了防止信号的干扰,以及适应工业现场的恶劣环境,经过单片机的所有输入输出信号都必须进行光电隔离。同时指令脉冲频率可以高达 5 MHz,输出接口电路必须采用高速光电耦合器,因此,采用高速光耦 HCPL2630,能够很好地满足高速频率的要求,也可以实现远距离脉冲信号输出的可靠性和稳定性。在 DSPIC 控制伺服系统电路中脉冲的输出信号必须经过光电隔离后,再进入到 26ls31 对信号进行差分输出。

伺服驱动器反馈的编码器信号也是差分信号,编码器输出的方波脉冲在长距离、周围环境干扰或者直接用于电机主轴作为反馈元件的情况下,其输出的含有干扰毛刺,需要经过简单的滤波、整形处理。编码器反馈信号实际有两路信号,现只画一路信号表示电路原理。由于单片机控制器都为单端输入,经过整形滤波后的编码器信号需经过芯片 26ls32 的整合处理(见图 5)。合成后的单端脉冲信号再经过光电隔离

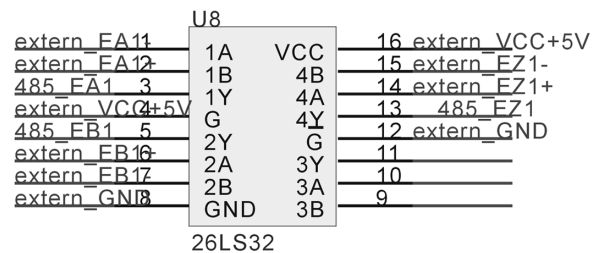


图 5 差分信号输入电路

Fig. 5 Differential input circuit

(见图 6)就可以进入到单片机 dsPIC33EP256MU906 的引脚中。

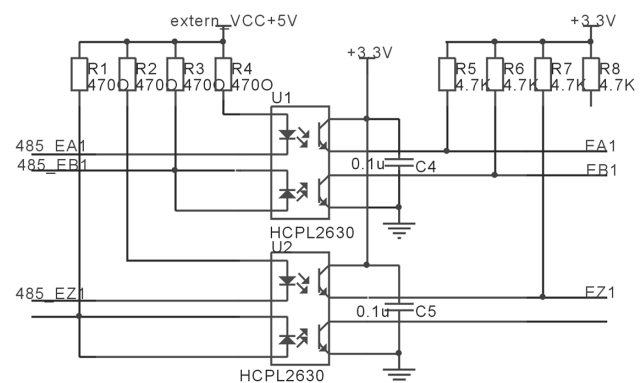


图 6 光电隔离输入电路

Fig. 6 The photoelectric isolation input circuit

2.3 开关量输入输出电路

整个控制系统中,ARM 处理器需要对多个输入输出开关量进行控制,包括色标信号、上下接近开关、双倍送控制电磁阀、冲口控制阀等。在控制的过程中,需要读取或控制开关量的状态,由于 ARM 处理器 AT91SAM9263 将芯片引脚封装,只能采用总线的方式对开关量进行控制。采用 74HC245 作为输入口扩展,使用芯片 74HC573 对输出口扩展,见图 7。

图中的片选 CS0, CS1, CS2, CS3 信号来自于三八译码器 74HC138 的电路,74HC245 的片选信号由 EBI_nCS2 和 CS0 进行与操作决定;74HC573 的片选信号由 EBI_nCS2 和 CS1 进行与操作,再取反;CS2 作为运动控制器单片机的总线片选。

ARM 处理器控制的开关量输入主要有热切刀位置检测的接近开关的信号输入、色标传感器的信号输入、制袋机的启动与停止信号输入。这些信号电平都是 24 V,因此在电路的设计过程中采用芯片 TLP281-4 进行光电隔离。PT1, PT2, ..., PT8 为开关量输

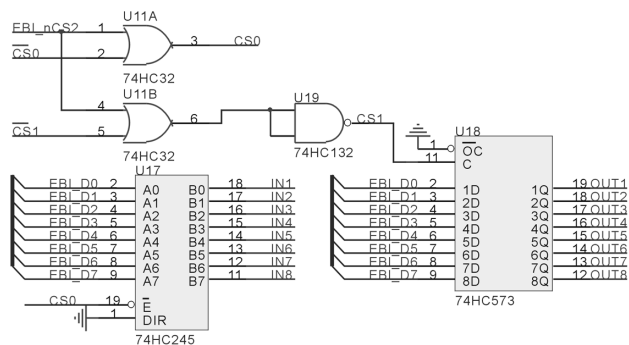


图 7 I/O 扩展电路

Fig. 7 The I/O expansion circuit

入信号,见图 8。

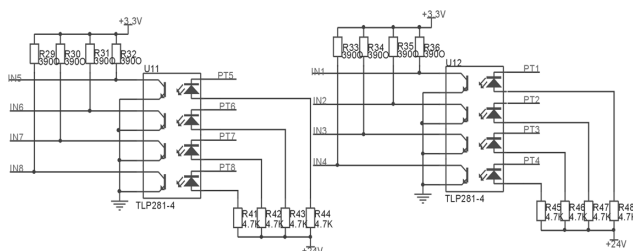


图 8 开关量输入控制电路

Fig. 8 Switch input control circuit

输出口直接相连的是中间继电器。在输出电路中,采用了 8 路达林顿管芯片 ULN2803LW 来满足控制大电流高电压要求的继电器,再由中间继电器控制冲孔、双倍送、电磁阀等,见图 9。

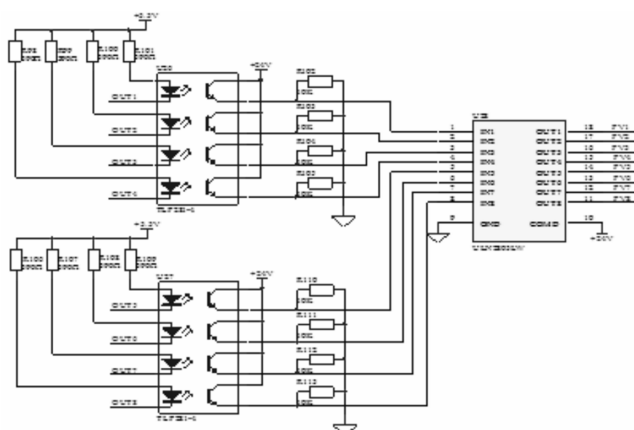


图 9 开关量输出电路

Fig. 9 Switch output control circuit

2.4 温度控制

2.4.1 温度检测

本系统可控制 16 路温度,由 Pt100 温度传感器

进行温度检测,采用三线制连接方法,恒流源供电,温度信号经放大后变成 0~5 V 的模拟量。16 路模拟量通过 16 选 1 模拟开关 AD7506 送到 A/D 转换芯片 MCP3201,A/D 精度为 12bit,采用 SPI 串行接口经光电隔离后与 ARM 系统 SPI 接口相连。温度检测电路见图 10。IN0 到 IN15 为 16 路模拟量信号,

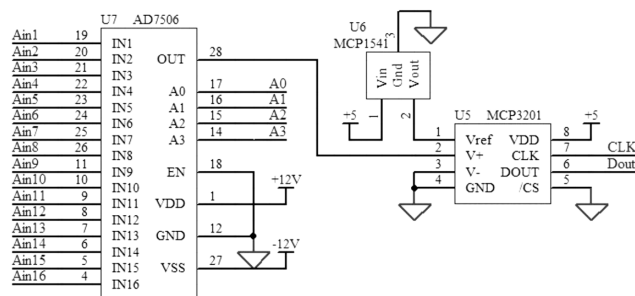


图 10 温度检测电路

Fig. 10 The temperature detection circuit

A0,A1,A2,A3 为模拟量选择输入,由 ARM 扩展输出口经过光电隔离选择输入的模拟量通道,经 A/D 转换得到某一路的实际温度值并由触摸屏实时显示。

2.4.2 温度控制

本系统是由 ARM 扩展的外部 16 位接口, 分别控制 16 路固态继电器, 由固态继电器控制加热板。由温度检测得到的某一路的实际温度值, 与这一路的设定值相比较, 如果实际温度值高于设定值就停止加热, 如果实际温度值低于设定温度值就启动加热, 这样温度始终稳定在设定值上下, 实际使用误差小于 2°C 。在控制程序中开辟了一个线程, 每隔 1 s 对 16 路温度进行采样和刷新一次。

3 控制系统软件设计

3.1 系统的编程环境介绍

采用 Windows CE 作为嵌入式的操作系统, Windows CE 具有 Windows 系统优秀的图形用户界面, 给用户带来十分易用的体验。作为一款常用的嵌入式操作系统, Windows CE 有自己独有的特点:

1) 精简的模块化操作系统。Windows CE 是高度模块化的嵌入式操作系统,用户可以根据特定的要求而对操作系统进行定制。由于其具有可裁剪性,使系统的体积非常小。

2) 多硬件平台支持。支持在多种不同的 CPU

硬件平台上运行,包括 ARM, x86, MIPS 等嵌入式领域主流的 CPU 结构。在本设计中,将 Windows CE 移植到 ARM 中进行应用。

3) 快速的实时性支持。Windows CE 是一个实时操作系统,有优良的线程响应能力,支持嵌套中断,允许更多的优先级别,并且保证更高优先级别首先得到响应,通过加强对硬件的监控能力帮助开发人员建立更好的嵌入式应用程序。

4) 众多强大开发工具的支持。Windows CE 为开发人员提供了优秀的开发工具支持,这些工具简化了程序员的开发流程并提高了开发效率。这些开发工具包括 Visual Studio 系列和 eMbedded Visual C++ 等。

Windows CE 6.0 作为业内领先的软件工具,比先前的 5.0 版本源代码开放比例高出 56% 之多,重新设计的内核具有 32 000 个处理器的并发处理能力,每个处理有 2 GB 虚拟内存寻址控制,同时还要保持系统的实时响应,系统还加入了新的单元核心数据和语音组件,该平台已经为多种设备构建实时操作系统。

Visual Studio 2005 是微软专为 WINCE6.0 嵌入式平台提供的集成开发环境,使得整个开发工程融为一体,提供了一个从设备到应用都容易使用的工具,为开发者缩短了开发周期。

3.2 主界面的设计

制袋机控制系统主界面实时显示制袋机的工作状态,控制参数主要包括速度预置、袋长预置、冲孔时间、计数预置、光电范围 5 个参数。速度预置、袋长预置、冲孔时间、光电范围 4 个参数是预先设定参数,计数预置是实时显示制袋个数。主界面设计见图 11。

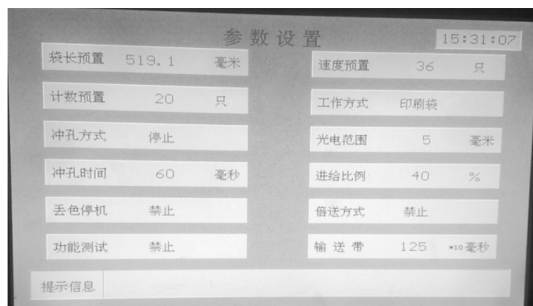


图 11 系统主界面

Fig. 11 Main interface of the system

1) 速度预置。可以设定每分钟制袋的速度。这与主电机的转速相关,因此,设定的制袋速度实际上

是设定主电机的转速,两者是线性比例的关系(比例系数 K 与制袋机机械部分有关),主电机转速越高,每分钟制袋个数越多。设定制袋速度参数时,应该要考虑主电机转速的限度。

2) 袋长预置。就是设定生产的袋子的规格。市场需求不同规格的袋子,要根据不同的袋长,预先规划好牵引伺服电机的运动轨迹,并可以确定运动控制芯片发送脉冲的数量,不同的袋长对应不同的脉冲数,比例系数为脉冲当量 δ ,从而设定好袋长之后,制袋机生产出标准的袋子。

3) 冲孔时间。可以设定打孔的时间。有的包装袋需要打孔,因此在制袋的过程中要预留打孔时间,协调伺服电机的运动。

4) 计数预置。实时显示生产包装袋的个数。在制袋的过程中,每加工 100 个包装袋需要操作工人进行捆绑的操作,以便计数。显示制袋个数显得至关重要,可以实时显示产量。

5) 光电范围。色标信号作用的有效范围。

3.3 控制流程图

控制系统的主流程见图 12。系统主程序首先要

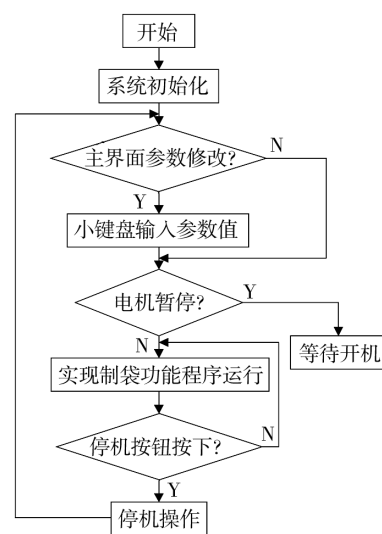


图 12 控制系统主流程

Fig. 12 Main flow chart of the control system

对系统的参数进行初始化,初始化完成后,决定是否需要主界面的参数进行修改,需要对制袋速度、袋长或其他的参数进行修改的话调用小键盘进行一一设定。参数修改完后程序需要对刀架位置进行检测与调整,以方便开机后的制袋。接下来就是开机进行制袋过程,制袋机处于运行状态时,主程序就要实现

制袋机定长控制以及各模块之间的协调控制,这个是软件设计的关键所在,是制袋机控制系统最重要的部分。该部分的程序流程见图 13。

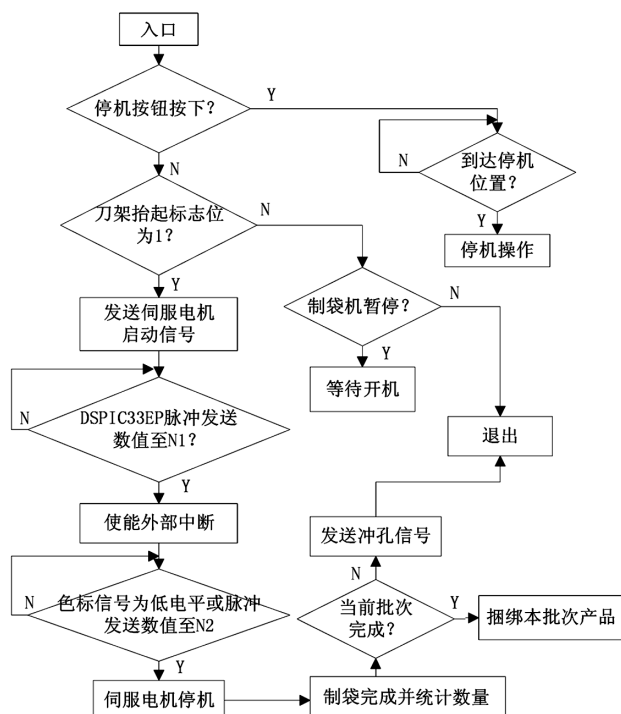


图 13 制袋过程流程

Fig. 13 Flow chart of the bag-making process

4 结论

开发的以 ARM 嵌入式为控制器的制袋机控制系统已投入使用,运行结果表明,本系统外围接口丰富,有利于系统拓展,系统的性能达到了设计要求,制袋机的生产速度达到一分钟 100 个左右。在使用 DSPIC33EP 实现制袋机定长定位的控制过程中,伺服电机的升降速曲线平滑,控制精确。制袋机的运行速度、热封和切袋的控制精度、系统实时性均优于原先的 PLC 控制系统,制造价格低于基于工控机的制

袋机控制系统。与使用工控机、PLC 的控制系统相比,现阶段本系统的综合性占据优势。

参考文献:

- [1] 韩凌,陆荣鑑. 制袋机的检测与控制技术发展概述[J]. 包装工程,2010,31(11):135-139.
HAN Ling, LU Rong-jian. Profile of Bag-making Machine Detection and Development of Control Technique [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(11): 135-139.
- [2] 唐建光. 复合薄膜质量分析和制袋工艺条件[J]. 现代塑料加工应用,2003,15(4):20-23.
TANG Jian-guang. Quality Analysis of Laminate Film and Technical Conditions in Making Bags [J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2003, 15(4): 20-23.
- [3] 江祖勇,刘澎,候和平,等. 制袋机控制系统研究[J]. 中国高新技术企业,2007(10):82.
- [4] 陈德传,卢玲. 制袋机定长定位协调伺服控制[J]. 基础自动化,1999,6(4):42-45.
CHEN De-chuan, LU Ling. Coordinate Servo Control of Dead Length and Fixed Position for Bag-making Machine [J]. Basic Automation, 1999, 6(4): 42-45.
- [5] 段龙. 热封切制袋机控制系统设计[D]. 厦门:厦门大学,2007.
DUAN Long. The Design of Control System for Machine Making Bags by Hot-sealing and Cutting [D]. Xiamen: Xiamen University, 2007.
- [6] 张一清. 新型高速制袋机的计算机控制系统[J]. 基础自动化,1999,6(3):46-48.
ZHANG Yi-qing. A New Computer Control System of High Speed Bag-making Machine [J]. Basic Automation, 1999, 6(3): 46-48.
- [7] 周立功. ARM 微控制器基础与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

(上接第 87 页)

- LIN Gui-juan, SONG De-chao, CHEN Ming, et al. Remote Intelligent Monitoring System Based on CC-Link Fieldbus [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2010(8):84-86.
- [10] 王晓红,李树章,周辰人. 基于机器视觉的文字印刷质量检测与评价[J]. 包装工程,2010,31(7):97-99.
WANG Xiao-hong, LI Shu-zhang, ZHOU Chen-ren. Detection and Evaluation of Chinese Character Printing

- Quality Based on Machine Vision [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 97-99.
- [11] 邓昌奇. 基于 PLC 的全自动计量混合袋装机控制系统的研制[J]. 包装工程,2012,33(5):22-24.
DENG Chang-qi. Development of Control System of Automatic Measuring Mixing Bagging Machine Based on PLC [J]. Packaging Engineering, 2012, 33(5): 22-24.