

自动生产线给料过程的单片机控制系统

林 章 省

(电子工程系)

摘要 本文介绍自动生产线采用单片微型计算机控制系统的装置技术,如何根据工艺流程的要求选择主控制器的结构形式,以及应用逻辑功能图法设计的系统软件的特点及其功能。本装置的硬件设计简单,可靠,操作、维护方便,且性能价格比高。同时阐述了在各种控制、仪器仪表等领域中,大力推广应用单片机技术的经济意义。

关键词 自动生产线,单片机,主控制器,系统硬件,逻辑功能图,系统软件

1 工艺流程及控制要求

在某化纤产品的纺织过程中,首先要对原料切片进行干燥处理,使其水分降至规定值再进行后续加工。切片的给料、连续送风与烘干过程按工艺要求可分为如下六个工步:(1)当料斗中的料位低于下限位置(开关 x_1 动作)时,启动送风机 D_1 和定时器 T_1 。(2)经延时20s(t_1 时间)后,启动回转阀 D_2 和定时器 T_2 。(3)又经延时60s(t_2 时间)后启动给料器 D_3 。至此,三台电动机均已投入运行,进行正常的烘干与送切片的动作。(4)运行过程中若料斗的料位高于上限位置(x_2 动作),或送风机出口温度高于上限值(x_3 动作),或送风机进口压力低于下限值(x_4 动作)等三种异常情况中任何一种情况出现时应立即停止给料(D_3 失电),同时启动定时器 T_3 。(5)经延时20s(t_3 时间)后停止回转阀 D_2 并启动定时器 T_4 。(6)又经延时60s(t_4 时间)后关掉送风机(D_1 失电)。

此外,进入第1工步的条件除 $x_1 = 1$ 外,还要求用一个“手动-自动”转换开关控制以实现是否自动循环。系统工作在第3步,如检测到料斗中掺有金属微粒(继电器 J 动作)也应立即停止给料器,同时启动报警喇叭 LB ,待处理好以后再重新启动给料器 D_3 。

当系统从第4步运行到第6步结束时,给料器、回转阀和送风机三台拖动电机全部停止运转,但又需处于等待状态即等料位下限检测开关 x_1 再次动作就又继续重复上述控制顺序。当“手动-自动”选择开关处于“手动”位置时,这种重新启动是由人工按下按钮 AN 来实现的,而当此开关处于“自动”位置时,则只要 $x_1 = 1$ 系统便能自动再启动。系统工作一个循环,送风机 D_1 、回转阀 D_2 和给料器 D_3 三台设备的工作波形可以用图1来进一步描述,以便使问题更加清楚。

本文1990-01-15收到。

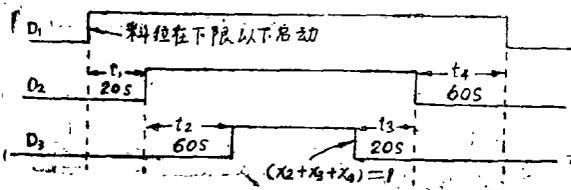


图1 给料烘干过程三台设备的工作时间

图1只画了在一般情况下系统工作的过程波形，而没有画出当切片中含有金属微粒时 D_3 必须立即掉电这种异常情况。然而读者完全可以想象到，若发生此情况， D_3 在中间高电平阶段将会出现一段时间变低，它用来处理事故，而此时 D_1 、 D_2 的波形并无改变，待处理完毕 D_3 将重新启动（回到高电平）。

2 系统硬件结构

对上述工艺流程的分析可知该系统的输入及检测信号和输出控制信号都是些开关量，而且是个较小规模的专用逻辑控制系统。归纳综合的结果，主控制器应包括8个系统输入和六个系统输出信号，现列于表1。

表1 系统I/O信号表

J/O特性	符号	名称	状态及功用
	K	自动或手动选择开关	“1”态为自动；“0”态为手动
	AN	启动按钮	当 $K=1, X_1=1$ 时，按下 AN 为‘1’态即启动 D_1
系 统 输 入	X_1	下限料位检测开关	‘1’态为允许重新启动系统
	X_2	上限料位检测开关	X_2 为‘1’态即料位超限
	X_3	出口风温度检测开关	‘1’态为出口输超温
	X_4	进风压力检测信号	‘1’态为风压太低
	J	金属微粒检测信号	‘1’态为料中有金属微粒
	t_1-t_4	定时器输出信号	$t=1$ 为在定时
系 统 输 出	D_1	送风机驱动信号	‘1’为启动，‘0’为停止
	D_2	回转阀驱动信号	‘1’为启动，‘0’为停止
	D_3	给料器驱动信号	‘1’为启动，‘0’为停止
	T_1-T_4	定时器启动信号	
	LB	报警控制信号	‘1’态为喇叭启动

2.1 主控制器的选择

由于该自动线的控制属于开关逻辑系统，所以控制器有四种可能选择：（1）传统的继电器

器逻辑控制器。(2)各种中小规模集成电路专用无触点开关系统。(3)可编程逻辑控制器(PLC)。(4)各类微电脑控制器:其中应用较多的有:(i)一位机(即工业控制单元)控制系统;(ii)Z-80, M6800或8080/8085等八位机控制系统;(iii)以各种CPU或单片机为核心的通用型程控器;(iv)STD总线结构的组合式微电脑控制系统;(v)单片机及接口电路组成的专用逻辑控制器。

继电器系统虽然原理简单,维护容易,但由于众所周知的缺点它正在被淘汰;专用无触点系统灵活性差也不宜采用;而较早出售的PLC多用中小规模集成电路,因此价格昂贵,体积及功耗都很大,可靠性也差;至于各种八位单板机,由于它一般都设计成教育训练和通用型的开发工具,作为实际应用其功能有很大浪费,同时还需进行系统扩充,这样便使其性能价格比大为降低,而且体积也显得大;通用型单片机程控器也有这种缺点,用于此场合是不经济的。一位机是专为开关系统而设计的,简单易懂而且较便宜可靠。但由于目前集成度不高,研制起来仍感不便。比起具有极高集成度的单片机来,它的系统体积要大得多,可靠性要低,故我们采用8039单片机,加上少数几个接口电路来构成专用系统。这样就能充分发挥单片机的特点,收到体积小,耗电微,成本低,可靠性高的效果,使本系统具有较高的性能价格比。

2.2 电路结构及其特点

综上所述,采用8039单片机的控制系统硬件结构图如图2所示。

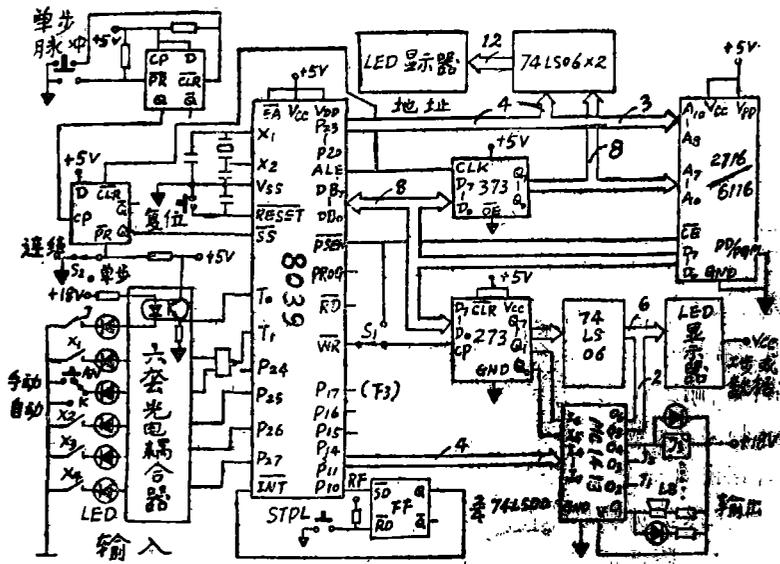


图2 自动线电脑控制系统硬件

电路的主要器件是8039,处理器是8048系列的CPU,其功能用来控制本系统是绰绰有余的。(1)它有128个字节的内部RAM,可以直接用作系统的数据缓冲区而无需再从外部扩展。因为本系统主要是处理开关信号,很少需要数据缓存。(2)有两个8位的输入/输出

口,虽然因要从外部取控制程序占用了P23-P20四根I/O线,但余下12根I/O线和三根信号检测线稍加廉价的扩展即能满足本应用场合。(3)有一个8位长的二进制定时/计数器,用内部时钟(6MHZ)的时基为 $80\mu\text{s}$ 。本应用要求最长定时是1min,最短为20s,采用内部定时的精度是非常高的,虽然它的计时长度尚不够,但可配合软件使用二个RAM单元来解决。(4)指令系统包含丰富的位测试、条件转移和对I/O口的逻辑操作指令,且有内部和外部二级中断。在96条指令系统中70%以上(68条)是单字节指令,有50%以上(53条)为单周期指令,其余的也只是二字节或二周期指令。因此程序占用的存贮空间少,执行速度快。这对于象本自动线那样的实时控制系统来说是极有效的。

图2的系统结构有如下五个方面的考虑和特点。

(1)从经济角度着想,单片机选用8039而不用8748或8749较合适。通过对市场出售单片机价格的比较可知,一片8039为25元人民币而一片8748/8749单价在100~120元以上。虽然用8039尚需外加地址锁存器和程序存贮器,但用一片373和一片2716来构成即能达到目的,而这两个芯片的总价钱也只在25元左右。这就可使这一部分的成本降低一倍多,所以是划算的。当然体积会增大一些,但这代价是很小的。从技术上说,这样的结构也较易于实现。首先373和2716在外部比较容易调试与检查和发现错误。其次是2716的编程,擦除和重写可以在许多现有的设备上进行,人们对2716的编程也较富有经验,这样在使用上更觉方便。此外,如果在使用过程中不慎损坏2716,经济损失也较小。同时2716的插脚可与 $2\text{K}\times 8$ 的静态RAM6116相容,很容易利用单板机例如TP801或小教授来控制,再执行一个简单的Z-80引导程序就能把单片机的程序从单板机输入到插在2716插座上的6116中去。这将给系统的调试带来更大的方便而无需另外添置昂贵的单片机开发系统。

(2)考虑到系统输入是些开关信号,CPU需要按位检测、判断和处理各信号的状态,这时如果都用8位并行接口反而会给编程带来麻烦。为此把K, X₁, J等几个仅需单独检查其状态的系统输入接到单片机的三个测试输入端INT, T₀, T₁,而把需要进行逻辑‘或’运算的另三个系统输入X₂, X₃, X₄接到并行口P₂₇-P₂₅。充分利用了8048CPU的条件分支、I/O口的并行处理和逻辑操作能力,使硬件和软件都得了简化。

(3)系统的输出信号主要用来控制强电执行机构——电动机的启停,要求较大驱动能力。为此,选用一片MC1413(国产5G1413)作为系统输出接口电路,该芯片含七路集电极开路的达林顿结构,耐压40V,集电极最大电流可达300mA,每一路都可直接驱动小型直流继电器(DC6—24V, 0.6W)和LED发光二极管的并联负载,或驱动报警喇叭和晶灯的并联负载。MC1413各路还有一个二极管接到正电源,使得接入感性负载(如继电器线圈)后无需另加放电二极管来保护负载晶体管。而一片1413只费5元左右,这样也就在缩小装置的体积、提高强驱动能力、降低成本和提高可靠性等方面都获得成效。

(4)注重于系统的抗干扰能力,对长线输入信号采用光电隔离,并将光耦的输入回路电源电压提高到18V(可与系统驱动的继电器电源共用)。这样既可有效地抑制干扰信号通过长传输线侵入主控制器来破坏系统的正常工作,又可防止检测开关接点因环境污染而加大接触电阻,可能导致输入信号逻辑电平变劣而不能反映现场的实际情况。当然这同时也会增加控制器的成本和体积,不过每只光电耦合器也只有4元左右,故成本的增加比例不会太

大，而它又十分可靠。系统输出采用继电器驱动并隔离了强电部分。继电器选用 JRX-13F，其线圈功耗为直流 0.6W，电压是 12-48V，我们选用 18V、700Ω 工作电流 33mA 的，体积为 26 × 26 × 35mm³，接点负载能力为交流 220V，0.3A，能直接控制一般交流接触器，其价格也便宜（每只 2 元左右）。所以无论从技术上还是从经济上看，这一部分采用继电器驱动是较合适的。由于继电器线圈和接点把强电与弱电隔开了，也就有效地防止了马达启停时的强电干扰，同时又解决了驱动功率的问题。所以这一部分没有必要再加光电隔离，以免无谓地增加成本。

(5) 为便于调试和排除故障本控制器设有单步和连续运行两种工作方式，同时对指令的地址和指令的内容，各输入/输出点的实时电平以及控制过程各工步的工作状态都加了 LED 显示器，操作者随时可观察这些显示状况来了解系统各部分是否正常工作；利用单步可以跟踪程序，检查它的正确性，判断哪一部分是否有故障。

3 系统控制程序

3.1 控制过程的表述和程序设计

按工艺要求，为表述控制任务可以使用许多方法。这里用的是逻辑功能图法，如图 3 所示。它由若干小方块按一定顺序排列，并用一根中轴线将它们连接起来，从而构成首尾相连

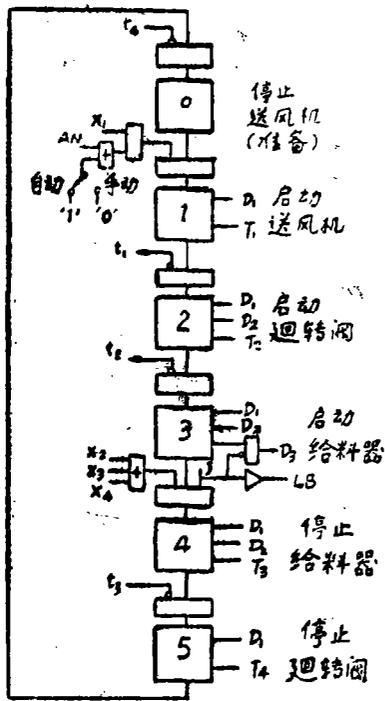


图 3 给料、送风及干燥过程的逻辑功能图
设备的功能绘制详细的控制程序流程图。

的环状图。每个小方框各标以不同的数字来表示控制步骤（也称工步），中轴线的左边用信号和逻辑符号表示从某一工步进入下一工步的条件，而其右边则用输出信号及其它有关的信号经过一定的逻辑运算来表示在某特定步骤各输出控制信号得电与否的状况（也称工况）。这种方法比较直观，而且简单易懂，并有可能直接用它来编写控制程序，指导整机调试和故障检查，所以在工业控制中应用得较普遍。

本逻辑功能图包含六个小方块，分别标以 0-5，表示完成整个工艺流程控制的六个工步。0 工步是个准备阶段，控制器启动后便自动进本工步；在停止过程完成后控制又回到本工步。因此 0 工步也是工艺要求的第 6 步，其它 1--5 工步则是同工艺流程第 1 至第 5 相对应的。

逻辑功能图能对系统的控制过程和任务做一般的然而又是直观明确的描述，它适用于各种类型的控制器。对于具体的电脑控制器来说，为使程序编制更加容易而且准确，还应在它的基础上根据具体

本系统是个逻辑判断顺序控制系统，为实现这种控制的程序一般有两种结构方式：多个IF-THEN判别块串联而成的链式结构程序和由各工步标志区分的执行各自任务的若干程序段并列的WHILE结构程序。它们在控制特性上分别属于循环控制方式和返回测试方式。本程序设计系采用前者。这样编制的程序较短，并可少用一些工步标志。虽然它扫描一次程序花的时间较长，但因本控制并不甚复杂，一次扫描的时间很短，所以仍不会影响实时控制。

把工艺流程和系统硬件结合起来并根据逻辑功能图所设计的程序流程图如图4。

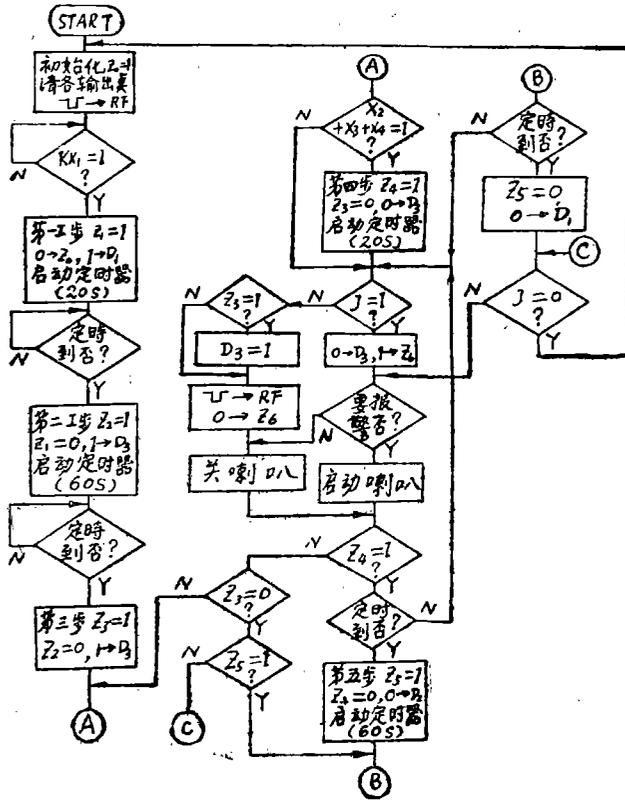


图4 自动线电脑控制程序流程图

3.2 控制程序简介

本控制程序有以下五个方面的功能和特点。

- (1) 能按工艺要求实现自动线过程控制六种工步的自动切换和异常情况时报警。
- (2) 根据“自动”或“手动”选择开关的位置决定连续循环控制或一次循环后返回“准备”阶段(即0工步)，等待操作工人启动下一次循环。
- (3) 当切片料斗中有金属微粒而报警时，被工人获悉后可按下停止报警按钮(STOPL)，通过标志触发器FF(图2)的复位报知微型机，当程序查到此信号时即停止报警。待料中金属微粒清除后，检测信号J恢复正常0态，程序检测到此种情况时，控制器将通过PH(P10)输出一个负脉冲使FF重新置位，之后若又发现切片中有金属微粒将再次启动报警。报警响声的频率和间隙时间均由程序控制。

(4) 本设计用硬、软件相结合构成一个能定时 60s 和 20s 的通用计时器作为系统所需的 t_1-t_4 的定时, 其特点是: (i) 使用 8039 在片 8 位定时, 用 6MHZ 晶振其时基为 $80\mu\text{s}$, 定时器本身计最长可达 20ms。 (ii) 用两个工作寄存器 R_6, R_7 作为两高字节构成一个 24 位长的计时器, 由程序查询在片定时器溢出标志 TF 作为向 R_6 的进位, 并在 R_6 加 1 后检查它是否为 0 来决定向 R_7 进位与否。 (iii) 以用户标志 F_0 作为延时 20s 或 60s 的判别条件, 并由用户标志 F_1 作为定时器启动及定时结束与否的状态标志。延时程序在初始化时将延时长度时间常数的补码按由高到低的顺序装入 R_7, R_6 和 T , 在启动定时器后按加 1 计数; 定时器未启动时 F_1 为 0 态, 定时器启动后 F_1 由 0 变 1; 当计到 R_7, R_6 和 T 均为全 0 时即关掉定时器, 同时 F_1 复为 0 态, 表示定时结束。 (iv) 此硬软结合的定时器以子程序形式编写, 可在主程序任何需要延时的地方调用它。调用前如令 $F_0 = 0$ 则为延时 20s, 否则为延时 60s。第一次调用即启动定时器, 以后则是检查 TF 标志作高位计数, 返回主程序后可检查 F_1 来判断定时到否; 若时间未到则在作相应的处理后继续回到调用点, 并不影响计时的正常进行和实时操作。

(5) 程序控制能通过一字节的外部 RAM (图 2 中的 273) 输出工步状态字, 并由 74LS 06 驱动 LED 显示器以指示系统的工作状态。

4 结束语

单片机集成度极高, 功能强, 体积小, 耗电微, 所需少数的外围器件已经标准化系列化, 因此设计周期短, 上马快而见效大, 特别适合于规模不大的自动生产线和单机、群控系统或仪器仪表及简单的过程控制。因为这样一些系统规模不太大也不甚复杂, 使用少量的芯片, 其功能得到充分的发挥而结构十分紧凑, 制作也非常简单。所带来的好处是造价低, 可靠性高并易于实现, 因而具有相当高的性能价格比。

实践证明本系统所选用的以廉价的 8039 为主体而设计的控制器是很合适的有效的。它的简单、可靠、低成本让使用者满意。所以作者认为应当在我国一切需要改造旧设备、开发新产品的行业, 特别是控制和仪器仪表领域里大力推广应用单片机, 以加速四化建设。

参 考 文 献

- [1] MCS-48TM MICROCOMPUTER USER'S MANUAL, Intel Corporation, (1978).
- [2] 徐君毅等编, 单片微型计算机原理与应用, 上海科学技术出版社, (1988).

A Single Chip Microcomputer Control System for Controlling Specific Processes in an Automated Production Line

Lin Zhongsheng

(*Department of Electronic Engineering*)

Abstract This paper presents a single chip microcomputer system for controlling specific processes such as feeding, ventilating and drying. The paper begins with the selection of structural type of the main controller based on the demand of process flow, and the adoption of a single chip microcomputer as the result of a trade off study over various schemes. It goes on to the design of a simple, reliable and maintainable system hardware, and the peculiarity and function of the system software designed by means of a logic function chart. The paper ends with a suggestion of energetically spread the technique of single chip microcomputer in such fields as control and instrument. This is a suggestion based on the reliable operation of the system and the author's practical experience.

Key words automated production line, single chip microcomputer, main controller, system hardware, logi function chart, system software