

文章编号: 1001-411X(2002)02-0077-04

土槽台车定位系统的研制

赵祚喜, 罗锡文, 马瑞峻

(华南农业大学工程学院, 广东 广州 510642)

摘要: 介绍了用绝对值旋转编码器配合非易失性存储器制作的土槽台车定位系统, 用以测定农机具位置及 3 维方向上的位移, 新的程序设计流程可保证系统高速高效和可靠运行。

关键词: 土槽; 旋转编码器; 定位系统

中图分类号: S237

文献标识码: A

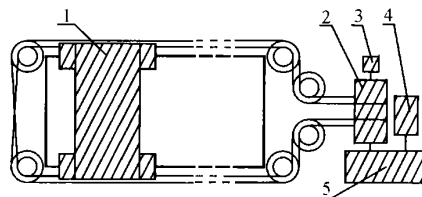
华南农业大学工程学院地面机器系统实验室建设了一条多功能土槽. 作为其操作系统, 要求能对土壤自动处理与恢复, 行程可自动控制, 包括农机具入土深度的自动控制以及农机具在土槽宽度方向上的自动移行操作, 为此, 必须有一套可靠的位置测控系统. 本文设计的台车定位系统, 包括台车沿土槽长度方向(记为 X 轴)定位, 农机具沿土槽宽度方向(记为 Y 轴)定位以及农机具入土深度方向(记为 Z 轴)定位. 依靠这套定位系统, 控制系统可以随时了解台车及被测农机具实际位置并能迅速自动地让台车或农机具到达要求位置, 还可以控制土壤处理与恢复系统按次序在指定区域内一次或多次对土壤进行处理与恢复, 实现整个台车测控系统的自动操作. 本文以台车沿土槽长度方向(X 方向)上定位系统为例介绍台车定位系统.

1 原理

对被测试农机具而言台车是牵引装置. 图 1 是台车牵引系统示意图. 45 kW 三相六极电机经大功率齿轮减速机减速增扭后驱动一个 $d=650$ mm 的铸铁滚筒, 滚筒左右两端加工有绕向相反的螺旋槽, 两段螺旋槽上均绕有牵引钢丝绳, 通过一套滑轮系统沿土槽轨轨方向与台车相连, 通过电机的正反转即可实现台车的前进与后退. 控制系统上位机为 PC 机, 完成指令输入及显示任务, 下位机为多个 MCS-51 系列单片机, 分别完成测试、控制等任务. 本文介绍的 X 轴方向定位系统采用的单片机即为下位机之一(以下简称单片机). 下位机均通过串行口与 PC 机相连. 测量单片机的任务就是测量台车沿 X 轴方向位移, 并将位移量通过串行口传送给上位 PC 机.

如图 1 所示, 滚筒一端装有一个绝对值旋转编

码器, 其轴与滚筒同步旋转, 编码器输出接到单片机. 由于编码器能直接测量的位移为滚筒螺旋槽周



1 土槽台车; 2 牵引滚筒; 3 旋转编码器; 4 三相电机; 5 减速器
1 soil bin carriage; 2 driving cylinder; 3 rotary encoder; 4 three-phase motor; 5 reduction gear

图 1 台车牵引系统示意图

Fig. 1 Sketch map of traction system for carriage

长, 单片机根据编码器读数只能得到台车 X 方向相对位移 X_0 (范围是 $0 \sim$ 螺旋槽周长, 即螺旋槽周长 \times 编码器输出对应的 BCD 码/1024). 由于台车走完土槽全程时滚筒要转动多圈, 而且中途可能既有前进又有后退, 因此必须知道滚筒转动实际圈数 n , 则台车 X 方向实际位置(记为 X)为:

$$X = n \times L_0 + X_0, \quad (1)$$

其中 L_0 为滚筒螺旋槽周长. 圈数 n 由单片机根据编码器输出求得, 每次停机掉电时均须将当时的圈数 n 值保存, 以后上电时先将 n 值读出, 再根据编码器当前读数, 由上式即可知道台车初始位置.

此外, 为了便于调整与监控, 单片机设有键盘及多位 LED 数码管显示, 允许对基准值(基准零位)进行调整, 即任意设置零位, 并监视位移值. 为了防止积累误差, 土槽全长上设有 3 个行程开关以对测试结果进行检查与校正. 测试结果经 RS-422 串行接口传送至上位 PC 机.

2 测控系统硬件结构

硬件系统如图 2 所示. 选用日本 KOYO 公司的 TRD-1024NW 型绝对值旋转编码器, 分辨率为 10 位, 它经 1 条 12 芯电缆与主板相连, 其中包括 1 条电源线, 1 条地线及 10 条数据输出线, 电源范围为 DC12 V ~ 24 V, 数据输出格式为格雷码形式^[1]. 整个系统采用 24 V、5 A 工控电源, 一路经由主板直接给编码器供电, 另一路经由 MC34063 芯片为中心组成的开关电源降压到约 8 V 再经 LM7805 二次稳压后给主板提供 +5 V 电源.

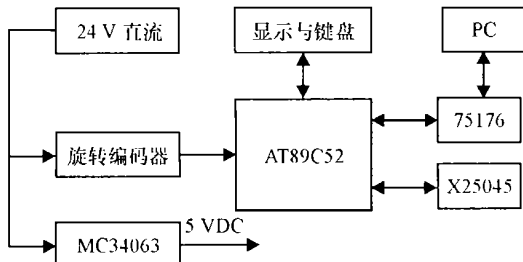


图 2 硬件组成框图

Fig. 2 Block diagram of hardware configuration

X25045 完成滚筒圈数及其他设置参数的存储, 与单片机口线串行连接. X25045 有 3 种功能, 即 E²PROM, 看门狗定时器, 电压监控, 在本设计中完成不掉电存储及提供单片机复位的功能^[2]. 每当滚筒圈数改变时, 单片机便及时将新的圈数写入 X25045, 保证存储的数据准确性.

为了显示台车的位移与速度, 须设置 2 组显示, 每组显示包括 4 位数码管. 采用动态扫描方式, 共用 4 片 74LS374 驱动 8 只数码管, 单片机 2 条口线经电流放大后完成位选.

通讯方面, 由于单片机距离 PC 机几十米远, 而且实际环境电气干扰大, 不宜采用 RS-232 形式通讯, 故采用 RS-422 标准进行. 单片机串行口与串行通讯线之间要完成 TTL 电平与 RS-422 标准差分电平之间转换, PC 机与串行通讯线之间则要完成 RS-422 电平与 RS-232 电平之间转换. 为了方便, 采用 2 片 75176 芯片与 1 片 MAX202 芯片及少量元件制成 1 个小型的多功能转换板, 通过不同连线能方便地实现 TTL、RS-232 与 RS-422 任意二者之间的转换, 使用起来非常方便. 见图 3 所示. 75176 有 1 个接收器及 1 个发送器, MAX202 则含有 2 个接收器及 2 个发送器, 上述配置可以保证实现全双工串行通讯.

由于旋转编码器分辨率为 10 位, 滚筒螺旋槽周长约 2 m (3.14 × 0.65), 故 X 方向位移分辨率约为 2/2¹⁰, 即大约 2 mm, 可见理论分辨率非常高. 实际上, 由于牵引钢丝绳变形打滑等原因, 如此高的分辨率实际意义不大. 实际应用中取 2 位小数, 即结果计至厘米 (cm), 由于台车行程上设置有多个基准 (如在

0、15、30 m 处), 因而可确保不产生积累误差. 经反复实际验证, 测量值与实际值之间差值较小, 一般不超过 5 cm (见后面实验结果部分). 完全可以满足实际需要.

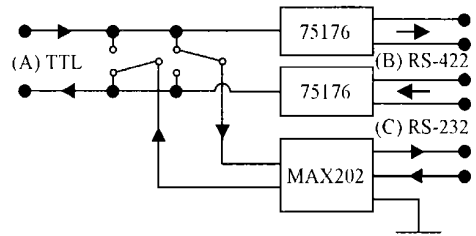


图 3 多功能通讯接口板

Fig. 3 Schematic diagram of communication adapter

3 软件流程

单片机主要完成显示、键盘扫描、读数旋转、编码器输出并相应变换处理以及与 PC 机通讯等功能. 图 4 是常见的程序流程框图, 由几个模块组成, 读数与计算模块完成读取编码器输出的格雷码, 进行转换, 并计算出位移与速度; 显示模块分 2 次显示 8 位数码数据, 先显示前 4 位, 经数毫秒延时之后再显示余下 4 位, 再经相应延时后结束; 扫描与处理模块中, 先判断有没有按键按下, 如无则结束, 如有则经多次调用显示模块后再次判断是否有按键按下, 实现延时消抖动的作用, 无则结束, 确实有则根据不同按键代码作相应处理. 处理完毕后还要检查按键是否松开, 松开则结束, 未松开则调显示模块 (或还加上读数模块) 后再检查, 直至松开按键为止; 通讯模块中, 单片机首先与 PC 机联络, 再发送数据并检查是否被正确接收, 接收有误还须多次进行发送, 这中间也多次调用显示模块以保证通讯过程显示尽量正常.

按上面的思路编写好每个模块, 再按图 4 所示框图组装起来构成的程序是一种比较常见的做法^[3]. 实践证明这样的程序存在一些缺点, 尤其是在要求有显示通讯等高速实时处理的情形下, 缺点更加明显. 实际上由于显示模块在扫描模块与通信模块中多次用作延时兼作显示, 即显示模块既出现在主流程中, 又可能出现在主流程的某些模块中, 这将导致结构混乱, 而且太过强求模块自成一体, 自我封闭, 导致程序效率下降. 以前面键盘扫描与处理模块为例, 其具体流程见图 5. 显然, 通过在其中调用显示模块达到消抖动及等待松开按键, 将出现下述后果: 1) 结构零乱. 2) 主程序调用该模块时, 由于有时有键按下有时无键按下, 即模块中有时调用了显示模块, 有时未调用, 且即使有调用但调用次数也在变化, 因而容易出现显示闪烁, 且难以克服. 3) 由于自成一体, 自我封闭, 程序效率下降. 图 5 中按键按下至松手之前, 显示不能再根据编码器输入改变, 将不能进行通讯. 如果为了克服上述问题而将读数处理模块

或通讯模块加入其中, 则程序将更加零乱, 甚至埋下许多隐患. 4) 显示模块中存在延时程序, 此时单片机处在空闲等待状态, 而需要高速处理的任务如通讯查询等又不能及时处理, 也直接降低了程序效率.

根据上述程序结构的种种弊端, 进行了改进. 改进后的程序流程框图见图 6. 初看起来图 6 与图 4 是一样的, 但实际上它们存在下面的区别: 1) 彻底“线性化”处理. 即改变原来自我封闭的格局, 具体地说是将原来扫描、通讯模块中调用的显示等模块取出或去除, 整个程序流程只有一处显示调用, 这样真正做到结构清晰, 清除了“局部循环”, 单片机一直是在高速执行图 6 所示的循环, 提高了程序效率, 消除了显示闪烁等现象. 2) 为了保证上述“线性化”处理的实现, 必须对各模块本身作一些修改. 图 6 框图中主循环中设有流程循环次数计数器, 各相应模块中也根据需要设计了许多标志. 这样可保证程序反复执行同一模块时具有连贯性与一致性, 而执行某一模块时不必自我封闭而能及时跳至下一模块运行. 同样以改进后的键盘扫描程序模块为例. 原来为了消抖动而调用显示模块, 形成自我封闭的“小循环”(图 5). 改进后的流程中, 程序执行该模块时首先判断有无键按下, 设相应标志(有键、无键)后即跳出该模块执行后面通讯模块. 而当流程循环次数计数器计至一定次数时如果判断仍有键按下, 则确认有按键按下, 达到了消抖动的效果. 3) 通过设置标志可以将各模块按需分成不同的分模块, 每次程序执行该模块时根据标志仅执行相应的“分模块”, 实现进程调度. 这样将模块拆小多次分时执行, 可以加快主程序循环速度, 提高程序效率. 4) 对显示模块进行修改, 取消原模块中的空延时子程序, 而通过主程序循环次数计数器来实现延时, 这样单片机任何时候均在快速执行主程序, 提高程序执行速度与效率. 这里通过设标志(指示显示前 4 位还是后 4 位)将原显示模块进行上述 3) 所指的拆分与调度.

根据图 6 流程图编制的程序, 可保证各任务能高速执行, 而且显示稳定, 按键响应及时, 收到了较好的效果.

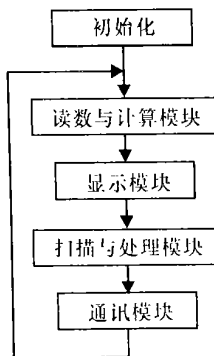


图 4 常见主程序流程框图

Fig. 4 Block diagram of typical main program

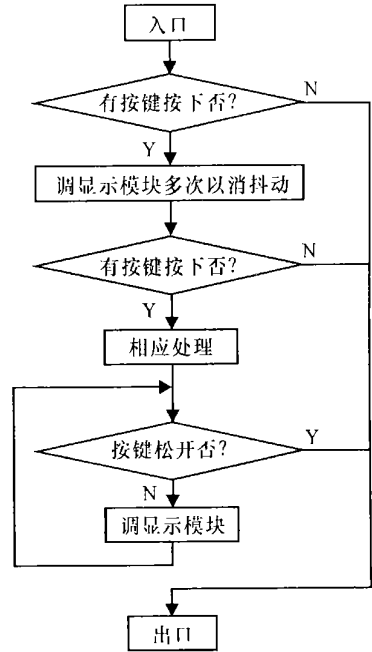


图 5 常见按键扫描模块流程图

Fig. 5 Block diagram of a typical keyboard scan module

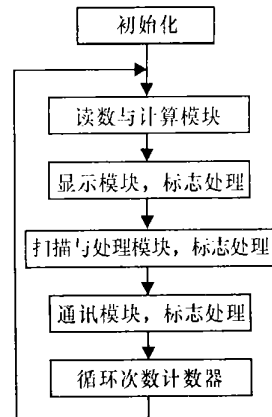


图 6 改进后主程序流程图

Fig. 6 Block diagram of modified main program

4 编程要点

以下是具体编程时一些要点的说明. 首先是数据处理方面, 为了保证主程序高速运行, 将二进制码与 BCD 码表示的相对位移值之间的转换全部按查表方法实现. 即单片机每次执行读数处理模块时, 先读取编码器输出的格雷码, 根据格雷码直接查表查到 2 个字节, 即得到对应以 BCD 码表示的相对位移 X_0 , 前一个字节表示整数部分, 后一字节是 2 位小数. 显然该表将占用 $2^{10} \times 2 = 2K$ 字节的程序空间, 笔者选用的 AT89C52 共有 8K 空间, 完全满足要求. 这样就省去了二进制转换成 X_0 所需用的多字节乘除法运算, 极大地加快了程序的运行. 此外, 根据式 (1), 同样可以用查表法根据不同的 n 直接查得 $n \times L_0$, 而省去多字节乘法运算, 该表长度不超过 50 字节. 整个流程中不涉及复杂的乘除法运算, 只有查表与简单

的加法运算,程序运行速度快。

实际滚筒圈数 n 的确定,实际上也就是判定滚筒转动方向以及判定何时转动了整数圈数以正确修正 n 。 n 的初值是程序上电时从非易失性 E²PROM X25045 中得到的。单片机得到的格雷码对应的二进制码(0~3 FFH),二进制值每次过零则表示圈数应加 1 或减 1。实际上我们通过相邻两次二进制码之差来判断转向及是否转过了整数圈数,即当前值减去上次二进制码值,为正则正转,反之反转,而如果差值很大(如大于 300 H 或小于 -300 H)则一定转过了整

数圈数, n 值应调整(差值大于 300 H 则表示反向转,小于 -300 H 则表示正向转, n 相应地应减去 1 或加 1),之后立即将新的 n 值写入 X25045。

5 试验结果

表 1 是该定位系统标定结果。试验时台车中等载荷,且是台车在多次前进后退情况下测定的。结果表明该系统具有较高的定位精度,完全可以满足实际需要。

表 1 试验结果

Tab. 1 Test result

测量位移/cm measure displacement	199.0	399.5	599.5	801.5	1 002.0	1 203.5	1 396.5	1 600.5	1 802.0	2 002.0	2 203.5	2 403.0
实际位移/cm real displacement	200	400	600	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
绝对误差/cm absolute error	-1.0	-0.5	-0.5	1.5	2.0	3.5	-3.5	0.5	2.0	2.0	3.5	3.0
相对误差/% relative error	0.50	0.13	0.08	0.19	0.20	0.29	0.25	0.03	0.11	0.10	0.16	0.13

6 结论

绝对值型旋转编码器配合非易失性存储器的使用,可以用于大位移的准确测定。利用这种编码器为传感器制作的土槽台车定位系统,可以随时测定台车与农机具 X 、 Y 与 Z 方向的位置,是整个台车测控系统实现自动化操作的基础。对旋转编码器本身而言,用它来测定位移必须将位移转化为旋转运动,即通过测角度间接测得位移。在这里 X 方向台车运动是由滚筒驱动的,带动旋转编码器轴旋转没有问题,而对于由液压油缸驱动产生的农机具在 Y 方向与 Z 方向上的位移,可通过在编码器轴上安装摩擦轮,将直线位移转换成了编码器轴的旋转,从而实现相应

位移的测定。

根据实际需要,对常见的模块化编程方法进行改进,打破模块自我封闭的格局,引入进程调度方法,将完整的模块分成多阶段完成,确保程序高速高效运行。

参考文献:

- [1] 朱伯申,张 炬. 数字式传感器[M]. 北京:北京理工大学出版社,1996. 7—24.
- [2] 胡汉才. 单片机原理及应用[M]. 北京:清华大学出版社,1997. 266—274.
- [3] 何立民. 单片机应用技术选编(8)[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999. 426—431.

A Positioning System for Soil Bin

ZHAO Zuo-xi, LUO Xi-wen, MA Rui-jun

(College of Engineering, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: A positioning system incorporating absolute rotary encoder was developed so as to realize the automatic measurement and control of farming tools in test as well as soil processing equipment in soil bin. Microprocessor and non-volatile memory were used for data processing and communication with a PC. In this paper, theoretical analysis of the system was introduced and its hardware design also included. Some innovations in software design were developed and some new ideas were proposed consequently to accelerate the operation of the program and promote its efficiency considerably. In practical application this system showed higher precision and reliability.

Key words: soil bin; positioning system; absolute rotary encoder

【责任编辑 李晓舟】