

DSP 色选机分选系统数字信号处理算法

黄东海 郑力新 黄传明

(华侨大学信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要 色选机中的分选系统是一个典型多通道随机信号测控系统, 文中研究其过程控制规律, 提出系统的信号识别、输出脉冲的延时和宽度定时, 以及通道输出状态控制的软件算法, 并在 MAX125 A/D 芯片和数字信号处理器 TMSC320F206 DSP 为核心组成的硬件板上验证算法。实验结果表明, 基于该算法的单块 DSP 板就能处理 10 通道的信号检测识别、延时, 以及宽度时间的定时输出, 时间的控制精度优于 0.1 ms。该算法应用于实际的 80 通道大米色选机分选系统中, 能较好满足大米筛选精度及效果的要求。

关键词 信号识别, 信号控制, 算法, 多通道, 随机信号, 分选系统, 色选机

中图分类号 TP 274; TS 212.4+4

文献标识码 A

色选机^[1,2]是对如大米等颗粒进行检测和筛选的粮食精加工设备, 采用高性能 DSP 实现色选机分选系统中的信号检测和定时的全软件控制是目前的发展方向^[3]。软件的算法是其关键。色选机分选系统需要剔除的颗粒信号是非平稳的随机信号, 两个需要处理的颗粒信号的时间间隔随机变化, 故系统是一个典型的多通道随机信号系统。用软件实现随机信号检测及其对应的定时输出控制, 具有一定的复杂性。本文提出了一种能处理分选系统中多通道随机信号检测及记录、输出脉冲的延时和宽度定时及输出状态的控制算法, 实现了全软件控制方式, 并达到了较好的效果。

1 软件算法

1.1 信号识别及记数

色选机中各个通道信号需要处理的有用信号是完全无关, 而且是随机性的, 各个通道可能同时存在需要处理的多个有用信号。因此, 软件算法要实现对各个通道的各个有用信号进行识别和记数。对随机信号系统各通道模拟输入 A/D 采样, 将采样数据和各通道设置的阈值比较来识别有用信号。假定每个有用信号为近似的高斯形单脉冲信号, 图 1 即为同一通道中两个有用信号输入、输出的时间关系图。当采样数据大于设置的有用信号开始阈值 V_1 时, 表示一个有用信号的开始, 也是输出脉冲延时记时的开始; 而当采样数据小于设置的有用信号结束阈值 V_2 时, 表示一个有用信号的结束。图 1 中的 T_g , T_d 和 T_w 分别表示两个有用信号之间的时间间隔、设定的输出脉冲的延时和宽度时间。为各通道引入有用信号标志位变量 Record_k 及记录当前有用信号的数目变量 Num_k 。当有用信号开始时, 置标志为“1”, 在其后时间内, 即使采样数据大于设置的阈值, 也不被看成一个新的有用信号, 直到有用信号结束并将标志复位“0”。通过判断有用信号标志位的

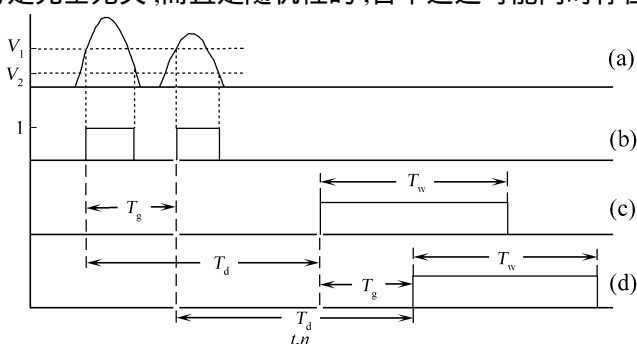


图 1 同一通道有用信号输入输出的时间关系图

收稿日期 2005-12-09

作者简介 黄东海(1966-), 男, 副教授, 主要从事现代检测与电力电子技术的研究。E-mail: dhhuang@hqu.edu.cn

基金项目 福建省科技计划重点基金资助项目(2004H016)

值,还可方便、有效地实现有用信号的记数.完成大米信号识别和记数的算法可分别表示为

$$\text{Record}_k = \begin{cases} 1, & D_k(n) \leq V_1, \\ 0, & K_k(n) \leq V_2, \end{cases} \quad S_k(n) = \begin{cases} 1, & D_k(n) \leq V_1, \\ 0, & K_k(n) \leq V_2, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Num}_k = \begin{cases} \text{Num}_k + 1, & S_k(n) = "1" \quad \text{Record}_k = 0, \\ \text{Num}_k, & (S_k(n) = "1" \quad \text{Record}_k = 0) \quad S_k(n) = "0", \\ \text{Num}_k - 1, & (S_k(n) = "0" \quad \text{Record}_k = 1) \end{cases} \quad (2)$$

在上两式中, n 为采样序列数 ($n=1, 2, 3, \dots$), $D_k(n)$ 为信号经 A/D 采样后的离散值, k 为要处理的通道序数, $S_k(n)$ 为进行阈值比较后的离散电平值. 符号“ \wedge ”表示同时满足前后两个条件, 符号“ \vee ”表示满足前后两个条件的任何一个. 此规定也适合后面的内容.

1.2 输出定时

分选系统中每个通道输出信号时间的控制, 包括延时时间及脉冲宽度时间两个内容. 给各通道引入延时时间变量 Delay_time_k , 根据各通道当前有用信号记录数目来记录各有用信号的延时时间. 从各有用信号开始时刻开始其延时记时, 在延时到达给定值时, 停止延时记时, 并取消该信号的记录. 据此, 式(2)的信号记数的算法应修正为

$$\text{Num}_k = \begin{cases} \text{Num}_k + 1, & S_k(n) = "1" \quad \text{Record}_k = 0, \\ \text{Num}_k, & (S_k(n) = "1" \quad \text{Record}_k = 0) \quad (S_k(n) = "0") \\ & (\text{Delay_time}_k)_i(n) < T_{d-k}, \\ \text{Num}_k - 1, & (\text{Delay_time}_k)_i(n) \geq T_{d-k}, \end{cases} \quad (3)$$

在式(3)中, n 为采样序列数, $\text{Num}_k + 1$ 表示记数加“1”; $\text{Num}_k - 1$ 表示记数减“1”, k 为通道序号, i 为对应的通道的有用信号的记录序号 ($i=1, 2, 3, \dots, \text{Num}_k$), T_{d-k} 为第 k 个通道设定的延时值. 延时时间的记时算法由式(3)及下式组成, 即

$$(\text{Delay_time}_k)_i(n) = \begin{cases} 1 + (\text{Delay_time}_k)_i(n-1), & (\text{Delay_time}_k)_i(n-1) < T_{d-k}, \\ (\text{Delay_time}_k)_i(n-1), & (\text{Delay_time}_k)_i(n-1) \geq T_{d-k}, \end{cases} \quad (4)$$

在式(4)中, n 为采样序列数或者为定时器定时中断的序列数, 取决于程序设计方法. 同理, 给各通道引入记录当前需要宽度处理的信号数目变量 Width_no_k 及对应的宽度时间变量 Width_time_k , 根据当前变量 Width_no_k 的值来记录各有用信号的宽度时间. 在延时记时达到给定值后开始其宽度的时间记时, 在宽度记时达到其给定值后, 结束该信号的宽度记时. 完成输出脉冲宽度时间记时的算法为

$$\text{Width_no}_k = \begin{cases} 1 + \text{Width_no}_k, & (\text{Delay_time}_k)_i(n-1) < T_{d-k}, \quad i=1, 2, \dots, \text{Num}_k \\ \text{Width_no}_k, & ((\text{Delay_time}_k)_i(n-1) \geq T_{d-k}, \quad i=1, 2, \dots, \text{Num}_k) \\ & ((\text{Width_time}_k)_i(n) < T_{w-k}, \quad i=1, 2, 3, \dots, \text{Width_no}_k), \\ \text{Width_no}_k - 1, & ((\text{Width_time}_k)_i(n) \geq T_{w-k}, \quad i=1, 2, 3, \dots, \text{Width_no}_k) \end{cases} \quad (5)$$

$$(\text{Width_time}_k)_i(n) = \begin{cases} (\text{Width_time}_k)_i(n-1) + 1, & (\text{Width_time}_k)_i(n-1) < T_{w-k}, \\ (\text{Width_time}_k)_i(n-1), & (\text{Width_time}_k)_i(n-1) \geq T_{w-k}. \end{cases} \quad (6)$$

式(5)为各通道需要处理宽度的信号记数算法, 式(6)为宽度时间记时算法 ($i=1, 2, \dots, \text{Width_no}_k$). T_{w-k} 为第 k 个通道的输出脉冲宽度设定值, n 取决于程序设计方法.

1.3 通道输出状态控制

当设定的宽度时间大于有用信号出现的时间间隔时, 每个通道输出状态和所有信号的延时及宽度确定的状态有关, 如图 1(c), (d) 所示. 引入延时状态临时变量 Delay_State_k , 记录各有用信号由延时

及宽度确定的临时状态值. 当延时达到设定值时, 将其置“1”; 当该信号的宽度时间达到设定值时, 则置为“0”. 确定各通道状态的状态变量 $State_k$ 的值由当前所有的临时变量 $Delay_State_k$ 值逻辑求和得到, 其控制算法可表达为

$$(Delay_State_k)_i(n) = \begin{cases} "1", & ((Delay_time_k)_i(n) \geq T_d - k, \\ & i = 1, 2, \dots, Num_k) \quad ((Width_time_k)_i(n) < \\ & T_w - k, i = 1, 2, 3, \dots, Width_no_k), \\ "0", & ((Width_time_k)_i(n) \geq T_w - k, \\ & i = 1, 2, 3, \dots, Width_no_k) \\ & ((Delay_time_k)_i(n) < T_d - k, i = 1, 2, \dots, Num_k), \end{cases} \quad (7)$$

$$(State_k)(n) = \bigvee_{i=1}^{Num_k} (Delay_State_k)_i(n). \quad (8)$$

在式(7), (8)中, n 为采样序列数或定时器定时中断的序列数, 取决于程序设计方法. 综上所述, 式(1)及式(3)~(8)构成选机多通道随机信号系统过程控制的信号识别, 以及定时控制的软件算法. 它们可完成选机分选系统中存在较多的嵌套处理和连续事件过程处理.

2 程序设计及流程

程序设计是由 4 片 A/D 芯片 MAX125, 16 位定点 DSP 芯片 TMS320F206^[4] 为核心组成的数据采集及处理件^[5,6]来进行的. 程序主要包括 A/D 采样子程序、信号识别及记录子程序和定时中断子程序. 根据式(1), (3), 可以实现多通道随机信号中需要处理信号的识别和记录, 多通道的处理采用各个通道循环法来完成. 设 $Record_k$ 和 Num_k 的初值设为“0”, 信号识别及记录的子程序的流程, 如图 2 所示. 定时中断子程序完成输出脉冲的延时和宽度定时及各通道输出状态控制, 可由式(4)~(8)决定.

假定所有的变量 $Record_k, Num_k, Width_no_k, Delay_time_k, Delay_time_k, Width_time_k$ 的初值设为“0”, 实现算法的定时中断子程序的流程图, 如图 3 所示.

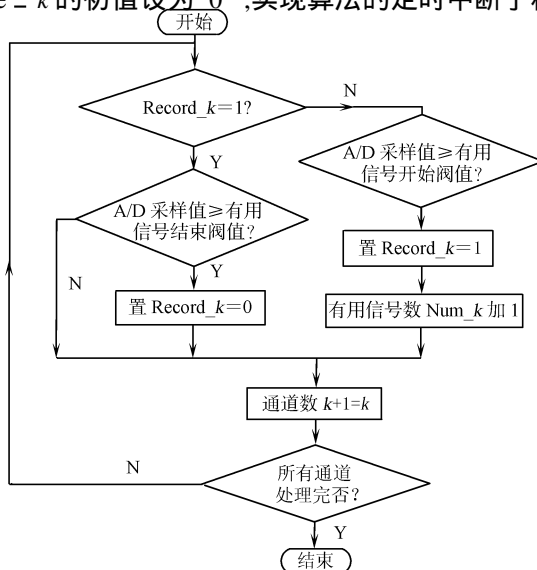


图 2 信号识别及记录子程序流程图

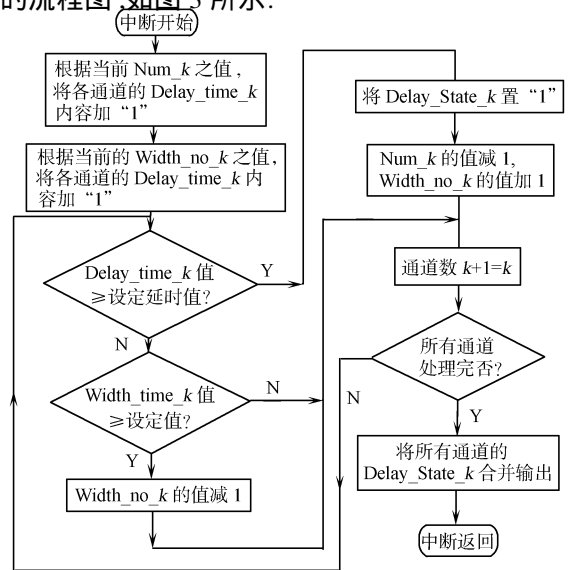


图 3 定时控制中断子程序流程图

3 实验结果及分析

验证算法的程序采用 TI 公司 2XX 系列 DSP 汇编语言^[7]编写, 并用 XDSP 仿真器在 CC' 2000 开发软件环境下调试通过. 图 4 为有用信号发生器产生的近似正弦波模拟信号, 同时加入 10 个通道的输入时(CH1), 某一通道对应的数字 I/O 口输出的脉冲波形(CH2). 程序参数设定阈值 $V_1 = 1.5\text{ V}$, $V_2 = V_1/4$, 延时 12 ms, 脉冲宽度 1 ms. 实际应用中, 这种苛刻的情况很少, 主要是为了验证算法及程序运行时间. 图 4(a), (b) 分别对应两种不同输入信号频率正弦波. 由于每个有用信号幅值固定, 延时及筛选阈

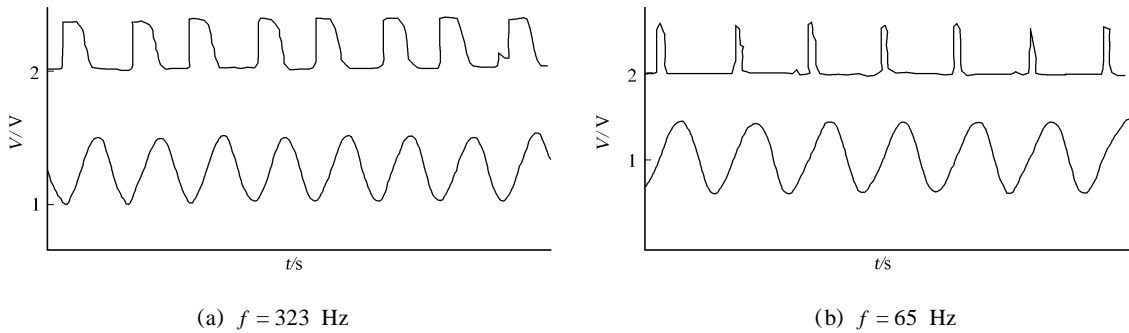


图4 正弦波算法验证实验结果

值的设置值一样,图4中显示每个正弦波脉冲模拟信号输入对应有一个数字输出脉冲,表明每个输入脉冲被正确检测,其对应的输出脉冲没有丢失。实验还改变各通道的延时及宽度设置,每个通道的脉冲输出完全正确。当DSP的工作主频为40 MHz时,用示波器实测定时中断程序的运行时间约80 μ s。因此,理论上输出脉冲的时间控制精度也为80 μ s。

4 结束语

根据色选机中输入信号高度随机性的特点,通过设置各种标志位和变量,得到了实现大米等颗粒信号识别,以及其输出脉冲的定时控制和通道输出状态的软件算法。该算法能简化和实现色选机分选系统中复杂的定时及其嵌套的过程控制,可在单块DSP板上完成多达10通道随机信号的识别和定时控制,时间的控制精度优于0.1 ms。算法已用于实际的80通道大米色选机分选系统中,经试验证明能较好满足实际大米筛选精度及效果的要求。

参 考 文 献

- 1 Farsaie A, McClure W F, Monroe R J. Design and development of an automatic electro-optical sorter for removing BGY fluorescent fistachio nuts[J]. Trans ASAE,1981,24(5):1 372~1 375
- 2 Pasikatan M C, Dowell F E. Evaluation of a high-speed color sorter for segregation of red and white wheat source[J]. Applied Engineering in Agriculture,2003,19(1):71~76
- 3 黄东海,郑力新,方瑞明. 多通道随机信号系统数字信号处理的组合算法[J]. 仪器仪表学报,2005,26(12):1 278~1 281
- 4 李刚,林凌,叶文字. TMS320F206DSP结构、原理及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.1~237
- 5 黄东海,方瑞明,郑力新. DSP在多通道色选机分选系统中的应用[J]. 电气自动化,2004,26(2):19~21
- 6 郑力新,周凯汀,方瑞明,等. DSP多路同步数据采集板设计[J]. 华侨大学学报(自然科学版),2004,25(2):145~159
- 7 张芳兰. TMS320C2XX用户指南[M]. 北京:电子工业出版社,1998.1~315

The Algorithm for Identifying and Processing of the Multi-Channel Random Signals in Color Sorter

Huang Donghai Zheng Lixin Huang Chuanming

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China)

Abstract The selection system of color sorter is a typical multi-channel random signal system. Based on the study through the course of selection system, the algorithms for the signal identifying, the output pulse delaying and its duration timing, and the output state controlling are proposed and tested. The test results indicate that the algorithms can carry out the detection and controlling of the grain signal input to 10 channels when utilizing single TMS320F206 DSP CPU chip, and the time controlling precision is better than that of 0.1 ms. The algorithms are applied in the practical color sorter equipment with 80 channels for rice section, and proved to fully meet the requirement of selection.

Keywords signal identifying, signal controlling, algorithm, multi-channel, random signal, selecting system, color sorter