

19

104-108

# 预处理循环控制流的模型化研究

Study on Modeling for Pretreatment and Cyclic Control Stream

彭东林  
Peng Donglin

戴政远<sup>✓</sup>  
Dai Zhengyuan

郑连清  
Zheng Lianqing

TP273

(重庆大学机械传动国家重点实验室, 重庆, 630044, 第一作者 44 岁, 男, 研究员, 博士)

**A 摘要** 分析了预处理循环控制流系统的特点, 硬件电路的循环嵌套形式, 预处理程序的设计思想。初步建立起系统的框图模型。

**关键词** 预处理; 循环; 模型化

循环控制流, 计算机控制

**中国图书资料分类法分类号** TH115; TP274.2

**ABSTRACT** The characteristics of pretreatment and cyclic control stream are analysed; the form of cyclic embedded hardware circuit, the idea for designing the pretreatment program. The chart model of the system is established preliminarily.

**KEYWORDS** pretreatment; cycle; model

## 0 引言

在文献[1]中, 笔者为解决计算机测量与控制系统中的实时性问题, 提出了一种所谓“预处理循环控制流”(pretreatment and cycle control stream 简称 PCCS 或控制流)的思想: 空间域电路按多重嵌套循环布局, 时间域程序按时段时刻区分作预处理安排, 用电路图和程序框图统一而成的“控制流系统图”进行思维设计, 而控制流的循环轨迹反应了设计者希望某一个时候某一段程序要在某一段电路中执行的意图; 要求预处理工作(采样、处理、轮换设置等)在时段内完成, 而在控制时刻则总有电路等待一触即发, 故系统响应速度接近硬件电路速度而远优于常规计算机控制系统响应速度。该文中所举一计算机采样系统实例如图 1 所示。设计要求在脉冲信号  $P_2$  到来时, 采集另一路脉冲  $P_1$  的累加数(频率  $f_1 > f_2$ ) 和每一个  $P_1$  及  $P_2$  到来的准确时间。为了避免时间滞后带来误差, 采用了 CTC 三个通道轮换工作, 保证在信号到来时总有一个处于外触发定时器状态的通道被实时启动定时, 另一个通道再滞后处理无碍。

本文将结合此例, 对控制流的思想, 再作探索性的建模研究。

## 1 PCCS 系统特点

首先, 控制流的思想是针对机械传动中大量存在着周期性运动(如旋转、往返、往复等)

• 收文日期 1996-04-08  
国家自然科学基金资助项目

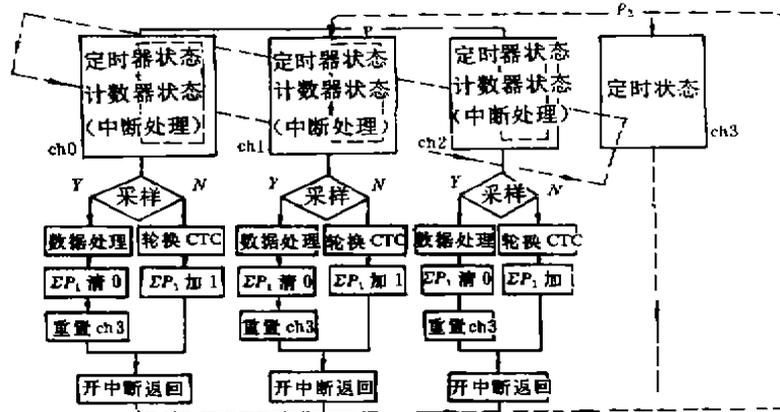


图 1 某计算机采样系统实例

的这一类受控对象而提出来的，例如机床。因此循环是控制对象也是 PCCS 系统最大的特点。对于各种循环变化和周期严格说都是不确定的，但都有一个相对固定的范围可供掌握，于是预处理程序可以提前对程控电路轮换预设置，输入信号一到，电路网络同时轮换改变，实时完成相应控制作用。

第二，由于控制作用在时间上与输入信号同步，在处理上又不依赖当前的输出量，因此 PCCS 系统具有开环系统的特征。但因输入信号取自于受控对象，当前的输出量可能对下一次输入量产生影响，因此它又具有闭环系统的特征。由于循环嵌套的电路网络和程序都是根据受控对象的周期特点预先设计固定好的，控制过程是按预定的模式循环运动，可以说系统既不是开环，也不是闭环，但同时兼有二者的特征，即微观效果是开环，宏观作用是闭环，运行方式则是循环。

第三，系统显然具有前馈控制的特征。前馈控制又称扰动控制或前馈补偿，如果扰动量可测，可以根据经验预先确定一种运算规律来补偿干扰量对被调参数的影响，属于一种开环控制<sup>[2]</sup>。但是前馈控制要求被控系统自身稳定性好，系统设计又比较困难，且干扰的影响并不能完全被校正，因此一般只用作反馈控制的辅助手段。而 PCCS 系统不仅能根据测得的扰动量而将控制作用加在系统输入端，以补偿扰动对输出的不良影响，还能够根据受控对象运动规律，通过精确设计循环电路网络和程序即控制流，使校正工作在干扰过程产生之前或同时进行。

第四，与通常计算机控制系统一样，PCCS 系统的输入输出信号为离散型脉冲信号或数字信号序列，同步信号可以为时钟，也可以为外加脉冲信号，图 1 例中则是以输入信号为同步信号，这种特殊情况可抽象为图 2(d)所示（参见文献[3]）。

最后，上述特点的最终体现，在于 PCCS 系统具有与硬件触发电路同样的实时性效果，即控制器的启动可以和输入信号的到来同时产生，时间滞后限制在硬件电路的纳秒级水平。

## 2 硬件电路嵌套

控制流的循环运行轨迹由软件程序的循环执行和硬件电路的轮换设置所规定。仿照软件程序在时间上进行多重嵌套循环的思想，对硬件电路在空间进行多重嵌套“循环”布局，以此形成 PCCS 系统的硬件支撑，是本方法的技术关键之一。

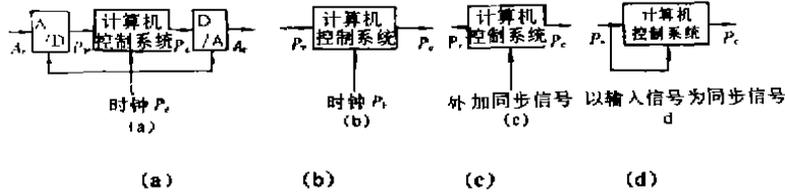


图2 计算机控制系统及同步信号

(a) 模拟量输入; (b) 数字量输入; (c) 数字量输入; (d) 数字量输入

循环单元的主体是各种程控芯片,每只芯片有若干通道,一个通道就是一个循环支路。每个通道又有若干种工作方式,一种方式就可以实现一种控制功能,这就是最基本的循环因子(文献[1]中称为“循环细胞”)。

以 8253 为例,说明一个循环单元包含的内容如图 3 所示。整个 8253 芯片为一个循环单元, ch0~ch1 为 3 个循环支路,短直箭头为循环指针,表示当前电路网络所处的状态,圆箭头表示轮换的顺序方向。圆圈 c<sub>i</sub> 为循环因子,

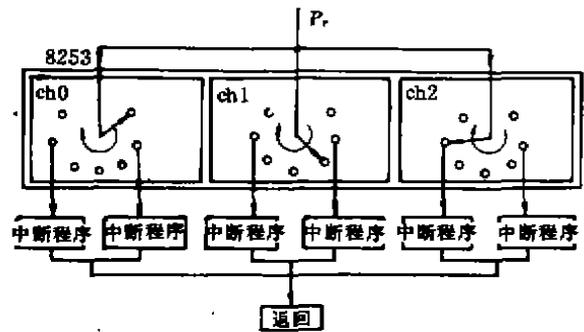


图3 Intel 8253 用作循环单元

表示不同的候选工作方式或控制作用(包括轮空、任意状态和正在执行中断),也可以只用其中的一部分。各循环支路的功能,包括控制作用和中断程序内容可以设计成一样,即只解决单一控制作用的实时性问题,如图 1 所示,也可以不一样。

附表列出了常见的几种程控芯片的功能特点,其中 8257, 8259 自带循环功能,而 8253 可提供的循环因子组合方式最多,功能最强,最适用于本方法。显然一种 PCCS 系统不容易包含所有各种芯片,相反,为了一件很简单的事而大量重复使用同一种芯片却正是本方法“以空间换时间”的特点。

附表 常用程控芯片

| 循环单元 | Intel 8251 | Intel 8253 | Intel 8255 | Intel 8257 | Intel 8259 | Z80CTC | Z80PIO    |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|-----------|
| 循环支路 | 3 个控制器     | 3 个通道      | 3 个 I/O 口  | 4 个通道      | 8 个中断优先权   | 4 个通道  | 2 个 I/O 口 |
| 循环因子 | 2+1        | 6+1        | 3+1        | 2+1        | 2+1        | 2+1    | 3+1       |
| 说明   | 同步/异步      | 方式 0~5     | 方式 0~2     | 主/从        | 选通/未选通     | 定时/计数  | 输入/双向/位控  |

注: 附表由文献[4]整理而成,“+1”表示处于任意工作状态

程控芯片的嵌套除了硬件线路连线外,还必须借助于相关的控制程序。以 CPU 为中心,通过查询、中断和 DMA3 种方式与各循环单元联系在一起,才构成一个完整的 PCCS 系统。

“一触多发”是 PCCS 系统电路网络的另一特点。各循环支路的入口端往往接在一起,信号到来时,遇上哪个支路被预置为某种外触发启动方式,哪个支路的控制作用即被选通。哪个支路事前处于等待申请中断状态(如计数值为 1 的计数器),哪个支路中的中断程序即被执行。可以有多个控制作用同时被触发,但只能有一段中断程序被执行。实验表明,对于 TTL 电路,一路输出信号可以同时驱动七八个输入端子。在设计中为稳妥起见,对于比较多的并行输入端,如几片循环单元并在一起,可以考虑增设驱动器。

### 3 程序预处理

对于周期性的脉冲信号,把信号到来的瞬时称为时刻,信号间隔期间称为时段。控制在时刻一触即发,处理则在时段内限期完成。

中断是 I/O 口与 CPU 交往的常用方式,预处理往往设计在一段中断子程序中完成。在这种预处理程序中,除了常规的根据演算结果安排各种调度以外,还要通过对各程控芯片通道作轮换设置,改变其工作方式(状态),进而改变下一个信号到来时的电路网络结构,即改变控制流下一节拍的走向。

循环的形式有 3 种:①每个循环支路和循环因子各一次,依次不变地轮换;②大循环套小循环,秩序交叉,循环次数有多有少,但总的规律不变;③根据处理的结果随机改变一些小周期的变化规律,但大周期规律不变。图 1 例即形式①,后述图 4 例即形式②,至于形式③,如果不结合一个具体的实例,就很难想象和描述了。

“预处理”意味着所有处理工作必须赶在下一个同步信号到来以前完成,故中断程序执行时间必须小于相关的循环周期。尽管这些周期可以掌握,相关的处理也不复杂,仍要求设计者采用各种办法压缩处理程序,将时间开销降低到最低限度。

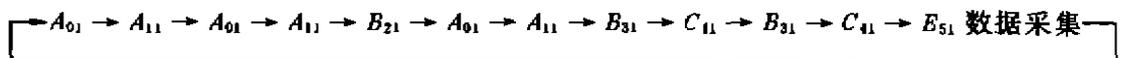
### 4 PCCS 系统框图和控制流图

一片以上程控芯片,两个以上通道,两种以上工作方式,一段以上中断程序……这些就是一套完整 PCCS 系统的基本要素。

与一般控制系统框图比较,PCCS 系统框图的特点是:

- 1) 图中既反映硬件电路结构,又反映程序框图结构,二者混为一体,均为实线连接。
- 2) 图中程序框图用条件语句分支决定程序循环走向,同时用循环指针的改变,决定电路网络的轮换改变。
- 3) 用虚线表示控制流的循环走向,以此反映设计者要求此循环过程在空间域和时间域的最终轨迹,并据此设计嵌套电路网络和预处理程序。

图 4 是一套 PCCS 系统框图实例。受控对象是某种具有循环运动特征的设备(如机床)。系统工作的同步信号通过传感器取自于对象的运动环节 D,利用系统内的两个循环单元,可以向受控对象的 3 个环节轮流施加 5 种不同控制作用,并进行数据采集工作。要求控制作用的顺序为:



其中  $A_{0i}$  表示控制器 01 对 A 环节的作用,其余类推。

从图 4 可以看出 PCCS 系统的特点:循环作用,层层嵌套;电路入口在空间上并行,一触多发;微观的每个节拍控制作用与中断程序执行在时间上并行,宏观的整个工作过程则在时间上串行……。

此例只是用于后面进一步抽象出模型化的控制流图,实际上很多控制作用都需要两个以上的循环支路配合轮换干同一件事,才能达到实时效果。

如果是比较复杂的循环控制过程,用图 4 的系统框图方式表达就比较困难。这时可以采用文献[1]中提出的“控制流图”再进行描绘如图 5 所示。横坐标是时间, $T$  是一个完整的大

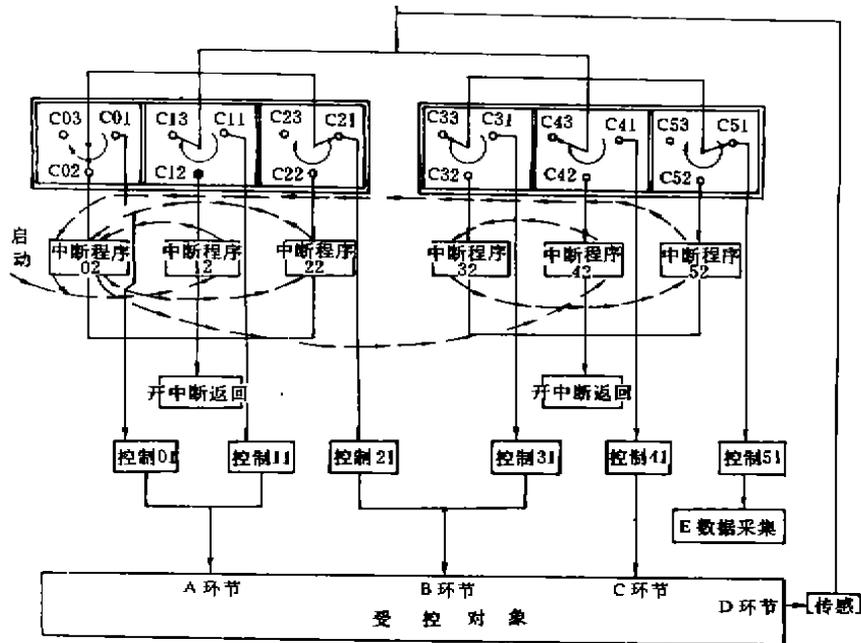


图 4 PCCS 系统框图

循环周期;纵坐标是空间,各控制作用通过控制器反应在纵轴上。(a)(b)两图是等效的,都表示图 4 例的控制过程轨迹,这说明我们可以通过改变循环因子在纵轴上的位置,改变控制流图的形状,以使其规律性更强。

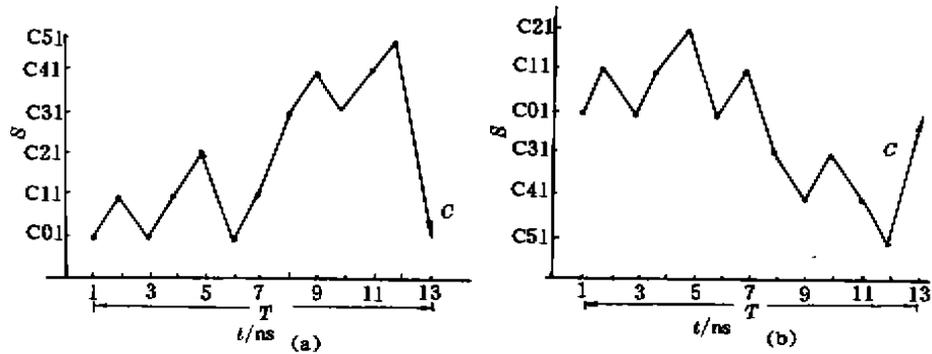


图 5 控制流图

此例为一单循环的控制系统,若是多路循环并行交叉的控制流图,画出来就是文献[1]图 1(b)的那种形式了。

参 考 文 献

- 1 彭东林. CAT 和 CNC 的预处理循环控制流研究. 重庆大学学报, 1996, 19(2), 95~98
- 2 钱升. 计算机控制系统的理论和设计. 长沙: 湖南大学出版社, 1989. 40~120
- 3 张善德. 微型计算机系统的设计方法和接口技术. 北京: 人民邮电出版社, 1985. 193~218
- 4 孙增圻. 计算机控制理论及应用. 北京: 清华大学出版社, 1989. 4~8