

微处理器流体控制器

冯 炜

摘 要

随着微电子工业和计算机技术的发展,以微处理器为基础的控制正在越来越多地使用在工业生产过程的控制中。本文介绍一种以微处理器为基础的流体控制器的软硬件结构,同时给出了一个它的实验结果。

引 言

从六十年代开始,由于电子技术和计算机技术的突飞猛进,使得自动控制进入了新的时代。计算机已在现代控制工程中被广泛地采用。但由于造价和可靠性等原因,使得计算机在工业生产过程控制中的应用受到一定的限制。第一块微处理器芯片在一九七一年问世,由于微处理器集成度高,用它来组成的微型计算机或控制器结构简单,可靠性好,使用灵活,造价低,这就为计算机在自动控制中的广泛应用创造了条件。本文介绍一种以微处理器为基础的流体控制器的硬件结构和软件安排,同时给出了它对一个实验室流体装置进行控制的实验结果。

硬 件 结 构

微处理器流体控制器是微处理器用于流体系统流速控制的实验性控制器。为了便于在实验室中灵活使用,本设计采用了单板微型计算机的部分通用性功能,操作人员可以通过面板键盘在显示器的配合下检查控制器的工作状态;还具有单板机所没有的专用功能,操作人员可以通过面板键盘操作来设定控制器的工作方式和修改系统的流速。本控制器已具有A/D, D/A转换能力及必要的电压电流(V/I)转换、放大、驱动电路。在实际使用时只要接上相应的转换器(Transducer)和执行部件就能使系统工作。实际上它是一种与单板微型计算机所不同的专用微型计算机。它有两个模拟量输入通道(可扩展到8个),可以与任何输出为0—1V直流电压信号的转换器相联接;一个模拟量输出通道可与任何输入量为4—20mA直流电流的执行部件相联接。液晶显示器可以用来显示十六进制的四位地址码和相应的二位数据,也可以用来检查控制器的工作状态和显示十进制表示的被控系统的实际流速。图1是该控制器的逻辑框图。

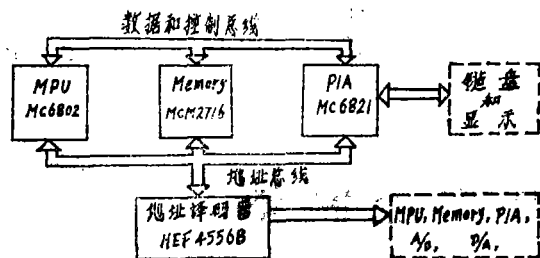


图 1 微处理器流体控制器框图

为了使控制器结构尽量简单以节省可以节省的费用，本设计采用 MOTOROLA 公司生产的芯片 MC6802, MC6821 和 MCM2716 作为控制器的核心，加上键盘、显示、A/D 和 D/A 转换等部件组成整个控制器。

MC6802 在这里用作中央处理器，它具有 MC6800 的所有功能，同时是包含时钟振荡器和 128 个字节的读写存贮器的 8 位单片处理器。这些读写存贮单元用作控制

器的堆栈和存放变量。这样除了用可编只读存贮器外不再另加 RAM，使控制器达到最简。

MCM2716 是可编只读存贮器用来存放控制器的监控和所有其他的控制程序。

MC6821 是 MOTOROLA 微型计算机用的通用输入输出接口，简称 PIA。它具有可编程的两个输入输出 A 和 B。在存贮器空间中占有四个地址单元，\$8004, \$8005, \$8006, \$8007 (十六进制表示的地址码)。它通过八根数据线和和其他控制线与中央处理器 MC6802 相连。口 A 与控制器的面板键盘电路相接作为键盘输入用，而口 B 与液晶显示电路相连作为输出显示用。它们的结构功能在监控程序初始化时被设定。

本控制器采用存贮器对应的输入输出方式，数据的输入输出可以看作是存贮器的读写。图中 HEF4556B 是双 2—4 译码器，用来译出片选信号和输入输出的选中信号，其分配如下：

0000——MC6802 上 128 个读写存贮单元的选中信号。

4000——模数转换器 A/D 的选中信号。

6000——数模转换器 D/A 的选中信号。

8000——通用输入输出接口 MC6821 片选信号。

E000——可编只读存贮器 MCM2716 片选信号。

2000, A000, C000, 等均无利用。

输入键盘和显示

有 24 个键组成的输入键盘，其中 16 个为十六进制数字键，它们是 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F。4 个是用作流速控制的特殊功能键，每个对应于特定的流速——120GL/秒，230GL/秒，340GL/秒，450GL/秒。它们主要用来教学演示，便于和开环控制状态进行比较。另外 4 个功能键用来检查控制器的工作状态和在数字键的配合下用来修改被控流体系统装置的流速。它们是：

M——显示存贮器单元内容。

E——离开 M, G, R 等键的控制功能。

R——显示寄存器内容 (PC)

G——显示下一个存贮器单元或寄存器内容，继续执行暂停执行的程序或从新的启动地址执行程序。

MC6821 的口 A 被接成键盘输入工作方式，占有二个地址单元 \$8004, \$8005，它与二块键盘编码器 RS74C922 相连接，一块用作功能键编码，另一块用作数字键编码。CA1, CA2

分别与编码器的DATA AVAILABLE 端相接,工作于请求中断(即可屏蔽中断,IRQ)方式。当键盘上任一键按动时,RS 74C922 的DATA AVAILABLE 端输出一个负脉冲,通过 MC6821,向 MC6802 请求中断,在程序的配合下,MPU(MC6802)响应中断,从键盘中读取数据。

6只七段液晶显示器(LCD)与二块液晶显示译码驱动器RS7211联在一起。MC6821的口B与显示译码器RS7211和显示数位译码器HEF4028相连,占有二个地址单元 \$8006, \$8007,用来显示寄存器内容,存贮单元内容和其他数据。RS7211是单片的数字译码驱动器,它把由通用输入输出接口口B送来的四位二进制表示的十六进制数译成可被 LCD 显示的对应的数的编码,在数位译码器HEF4028的配合下把所要显示的数字显示在所需要的位置(图2)。

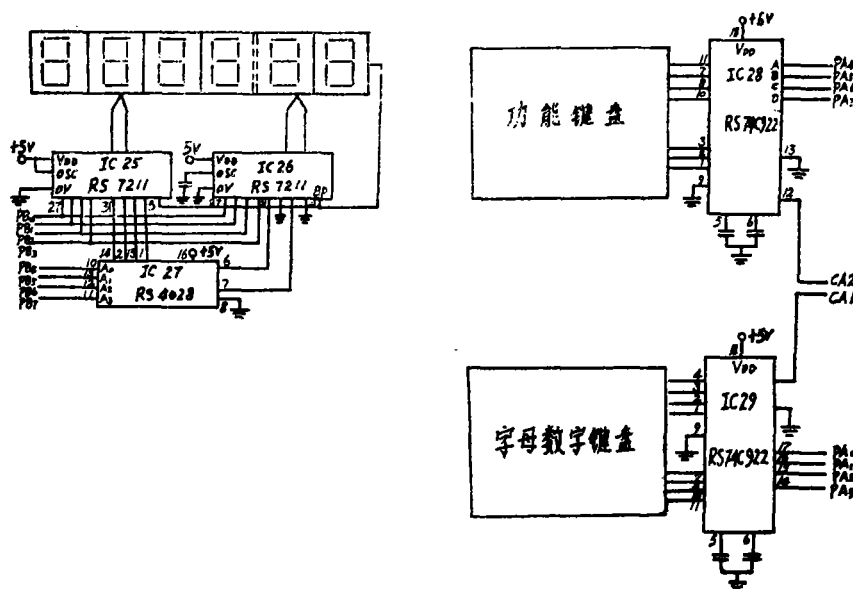


图 2 输入键盘和显示

模 拟 量 输 入 通 道

模拟量输入通道由低通滤波器,通道选择电路和A/D转换器组成(图3)。低通滤波器是由 $\mu A741$ 运算放大器所组成的有源低通滤波器,它被放在输入信号的入口处,滤波器的截止频率为1HZ,使高于1HZ的干扰信号被有效的衰减。图中的IC16为锁存器,IC17是模拟量多通道选择开关,它们组成通道选择电路。两个输入通道由输入通道选中信号4000控制,占有两个地址单元 \$4000, \$4001,具体由地址总线中的 A_0A_1 所规定。RS8703是8位单片CMOS模数转换器芯片,它工作在受控工作方式。在写周期时,信号R/W与4000经负与门IC15和非门IC14产生的正脉冲加到A/D转换器芯片RS 8703的INITIAL CONVERSION输入端去启动A/D转换器工作。当读周期时,信号R/W和4000经IC14的另一只非门和IC15的另一只或门所产生的负脉冲加到A/D转换器芯片的OUTPUT ENABLE端去读被转换好的8位数字信号。因此,当控制器要对某一通道进行采样时,只要对该通道先发一条写数指令以启动A/D转换器工作,约经过1mS后A/D转换完成,然后再用一条读数指令来读取该

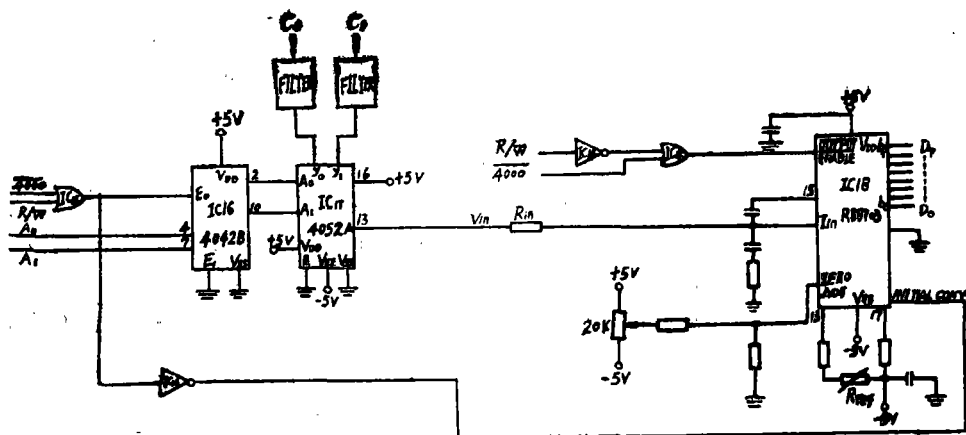


图3 模拟量输入通道

通道的采样数据。本设计规定模拟量输入范围为 0-1V 直流电压信号。20K Ω 电位器用来对 A/D 转换器进行调零, R_{in} 和 R_{ref} 用来给给定输入模拟量范围进行输出满量程调正。

模拟量输出通道

本通道由锁存器, 数模转换电路(D/A), 电压放大调正和电压电流(V/I)转换电路组成(图4)。本通道占有的地址单元为 \$6000, 它受译码输出信号6000所控制。当输出通道被选中

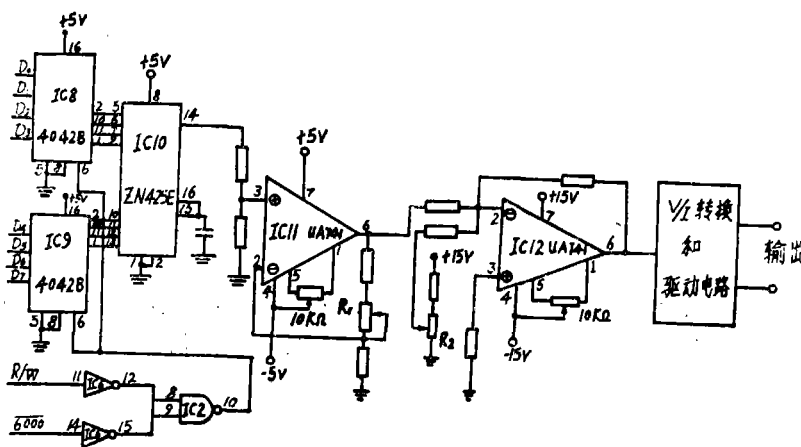


图4 模拟量输出通道

后, 在写周期内, 数据总线上的输出数据被锁存在二块 4042B 所组成的锁存器中, 再由数模转换器 ZN425E 把它转换成模拟量——电压, 在 IC11, IC12 运算放大器进行放大调正 (R_1, R_2), 再经电压电流转换和驱动电路把从数据线上输出来的 00—FF 的 8 位二进制输出信号转换成 4—20mA 的直流电流去控制执行机构。把 00—FF 范围的数字信号转换成 4—20mA 的直流电流是通过反复调正 R_1, R_2 来实现的。如果执行机构是气动阀门, 这个电流范围相对应于被控气

动阀门的开度范围。利用输出的4—20mA的直流电流去控制气动阀门的开度，从而控制了流速。

软 件 安 排

微处理器流体控制器是一个实验性的用作流速控制的控制器。为了便于在实验室中用作教学演示，在控制器软件的设计中采用开环和闭环控制并存，监控程序和控制程序合一的方式。为了充分利用处理器芯片上的128个存贮单元，\$0000—\$001F地址单元被用作存放变量，\$0020—\$007F为堆栈区。监控和控制程序占用的内存空间是\$E000—\$E7FF。所有程序都事先在开发系统中调试好后被固化在2K字节的只读存贮器中(MCM2716)

复位(RESET)被用来初始化处理和开环控制。当MPU接到RESET复位脉冲后，控制器进入程序初始化处理，然后执行开环控制程序。

不可屏蔽中断(NONMASK)被用来初始化通用输入输出接口PIA，然后转入等待键盘中断(IRQ)。当MPU接到由按钮开关来的不可屏蔽中断信号NONMASK后，清除一切状态标志，初始

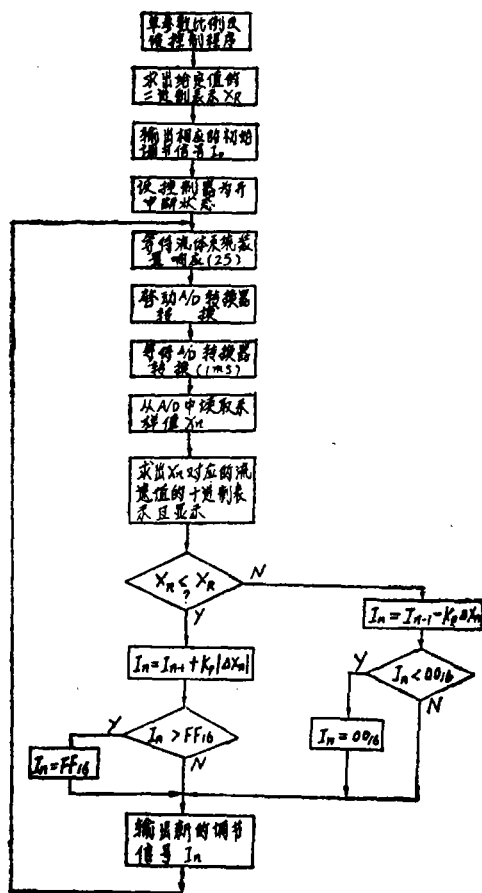


图 6 单参数比例反馈控制流程图

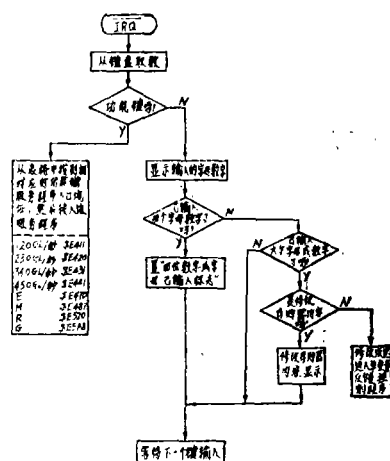


图 5 键盘中断流程图

化PIA，显示“680200”，表示控制器已为键盘输入作好了准备。

请求中断也称可屏蔽中断(IRQ)，它被用来键盘输入。操作人员可通过面板上的24个键进行人机联系，检查控制器的工作状态，变换控制方式，修改被控流体系统装置的流速。键盘中断流程如图5。

MPU 接到中断请求信号(IRQ)后，继续完成正在执行的指令，然后响应中断，从键盘上读取数据，分析数据。如果是功能键，MPU就从预先存放在只读存贮器中的表格中找到该功能键所对应的服务程序入口地址，然后转入执行该服务程序。如果输入的是数字键，但输入的数字小于4，MPU进入等待下一个键输入状态。如果已经输入了4个数字键，MPU把“4个数字键已输入

标志”置为 1, 为显示存贮单元内容作好准备, 然后再等待下一个键的继续输入, 如果输入的是第六个数字键, 在这种情况下就要看一下是否是修改存贮单元内容, 还是设定或修改流体系统装置的流速。前者, MPU 进入存贮单元内容修改子程序, 后者则转入执行单参数反馈控制程序。

实 验 和 数 据

用这个控制器在实验室中对一个流体系统装置(图7)的流速进行控制。图中采用SE21/V

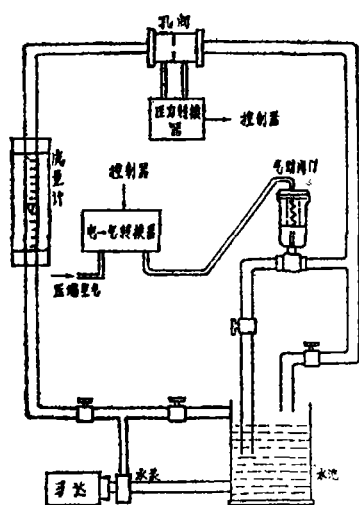


图 7 流体系统装置

型压力转换器和 TEIP 型电一气转换器。该装置经用 SM 2001 型频率响应分析仪进行频率响应测试和阶跃响应分析, 系统的传递函数可近似的表示为:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{2.81}{S^2 + 17.84S + 157.9}$$

系统的阻尼系数 $\zeta = 0.71$

时间常数 $\tau = 0.112 \text{ sec.}$

上升时间 $t_r = 0.243 \text{ sec.}$

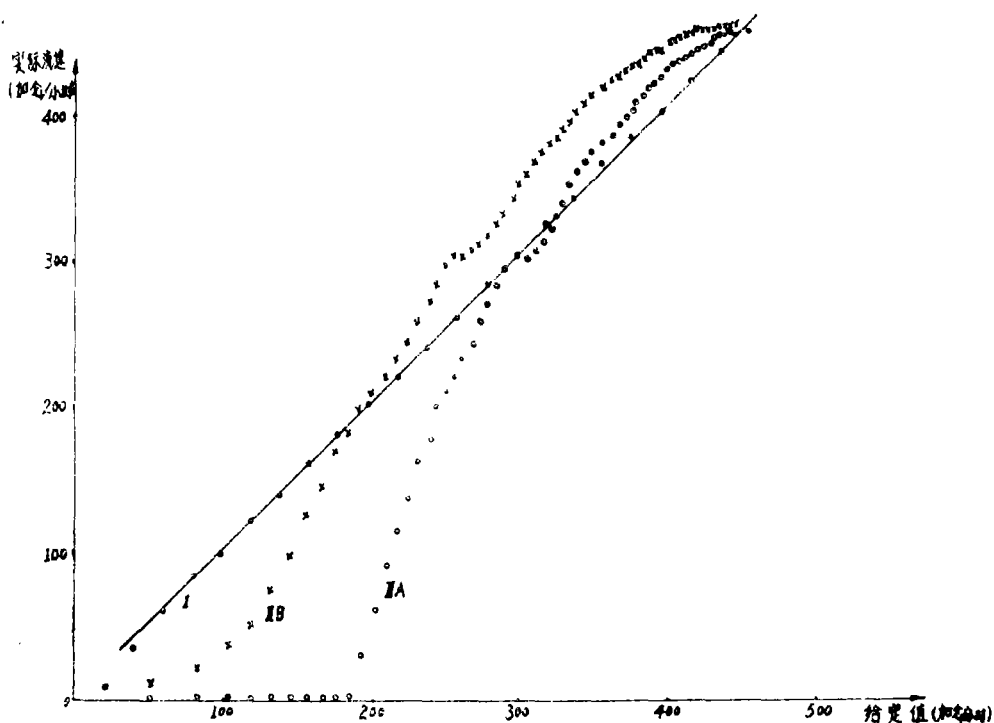
调整时间 $t_s = 0.448 \text{ sec.}$

(详细测试、分析、计算从略)

控制器在执行单参数比例反馈控制程序(图 6)的第一步是把从键盘输入来的十进制表示的流速给定值转换成二进制表示, 然后从存贮器的表格中查出相应的初始输出调节信号值 I_0 。这值由输出通道输出出去打开或控制气动阀门。在输出调节信号后, 控制器等待二秒钟(因此采样周期近似地为 2 秒)。

而且在 MPU 从 A/D 转换器读取数据之前必须先给 A/D 转换器发一个启动脉冲去启动 A/D 开始转换, 约 1 毫秒以后就可以从中读取数据, 因为该转换器的转换时间为 1 毫秒。被读取的数据 x_n 必须与给定值 x_R 进行比较, 以求得被调节参数的采样值和给定值之差 Δx_n 和决定输出调节信号 I_n 的求法。如果 $x_n > x_R$, $I_n = I_{n-1} - K_p \Delta x_n$, 否则 $I_n = I_{n-1} + K_p |\Delta x_n|$ 。表一表二给出了在开环和反环控制下的一组实验数据。图 8 画出了一组相应的给定值和实际流速之间的关系曲线。由曲线可知, 在开环控制下给定值与实际流速的关系与往返路程有关。采用反环控制后得到的系统的实际流速与给定值基本符合。

微处理器流体控制器是一个实验性的用于流速控制的仪器, 它的设计目的是探索微处理器在流体系统控制中的应用。是微处理器用于过程控制的一个实例, 它可以用于一般流体系统装置的流速控制。随着微电子工业的发展, 微处理器芯片的价格将会大幅度下降, 微处理器为基础的控制器的结构简单, 使用灵活, 成本低, 可靠性好等优点将会进一步显示出来。随着技术的进步, 微处理器在工业过程控制中的应用将会扩大。



I 反环控制 II 开环控制

A. 给定值从0增加到460(加仑/小时)

B. 给定值从460降到0(加仑/小时)

图 8 给定值与系统实际流速值

表一

开 环 控 制 的 实 验 数 据

给 定 值	实 际 值		给 定 值	实 际 值	
	0→455	455→0		0→455	455→0
000	000	000	252	210	296
050	000	010	258	220	302
082	000	020	264	232	300
104	000	035	270	242	305
120	000	050	275	257	310
133	000	074	280	270	317
145	000	096	286	283	324
156	000	124	291	295	330
167	000	145	297	300	340
176	000	166	303	300	350
185	000	180	308	300	357
194	030	195	313	305	365
202	060	209	318	310	371
210	090	220	324	320	377
218	115	231	329	329	382
225	138	244	334	336	389
232	162	258	338	350	394
239	177	271	343	357	400
245	200	284	348	365	405

续表一

给 定 值	实 际 值		给 定 值	实 际 值	
	0→455	455→0		0→455	455→0
352	372	412	404	429	446
357	375	414	408	431	447
362	378	417	412	433	449
367	382	420	420	438	450
371	390	423	424	440	452
375	396	427	429	442	455
380	400	430	432	445	455
384	405	432	434	449	455
388	410	435	439	450	455
388	414	438	443	451	455
392	418	441	447	452	455
396	424	443	450	454	455
400	429	446	455	455	455

表二

单参数比例反馈控制实验数据

要 求 的 流 速 (加仑/小时)	系统的实际流速 (加仑/小时)	要 求 的 流 速 (加仑/小时)	系统的实际流速 (加仑/小时)
000	000	240	240
020	010	260	260
040	035	280	283
060	060	300	302
080	082	320	324
100	100	340	340
120	120	360	365
140	140	380	380
160	160	400	400
180	181	420	420
200	202	440	442
220	219	460	455

参 考 文 献

- [1] LANCE A. LEVENTHAL, 6800 Assembly Language programming, 1978.
- [2] B.A. ARTWICK, Microcomputer Interfacing, 1980.
- [3] MOTOROLA INC, M6800 D₂ Evaluation Kit, 1976.
- [4] R.H. CREASEY, Design of Flow Rig. 1979.
- [5] J.G. TROXAL, Automatic Feedback Control System Synthesis, 1955.

Microprocessor-Based Flow Controller

Feng Wei

Abstract

With the rapid advances in the micro-electronic industry and the development of the computer technology, more and more microprocessor-based controllers are being used in industry process control. This paper describes the hardware and software structure of a microprocessor-based flow controller, and supplies the results of its experiment.