

单片计算机用于液压控制系统的研究

周云山 秦维谦 陈秉聪 邓士衡

(吉林工业大学)

摘要： 本文介绍了把单片机用于一种新型的数字阀所组成的液压系统，它配以精度高的光栅尺作为检测元件，省去了一般数字式液压控制系统的A/D、D/A接口，因此它结构简单、造价低、便于推广。可快速、无振荡抵达控制目标，特别适用于机床等响应速度不高的工业控制。

一、引 言

到目前为止，所研究的液压控制系统一般是用微机实现的，它的造价高，又无定型的产品，要开发和应用这种数字式液压控制系统，常常要涉及多方面的专业知识，不便于推广使用。

把单片机用于液压控制系统，使数字式液压控制系统开发成定型的产品，就能简化液压系统，降低生产成本，并为系统的设计和使用带来极大的方便。对于用户，只需根据自己的要求选择配套，并编写相应的程序即可。

所研究的系统采用长春光机所生产的新型数字阀作为电液伺服元件，用光栅尺作为传感器，系统的结构原理如图1所示。它主要由单片机、驱动电路、数字阀、光栅尺、脉冲整形分频电路以及伺服油缸组成。

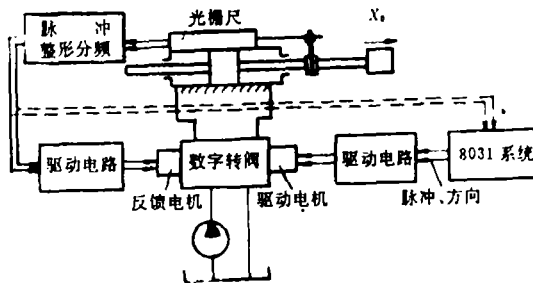


图1 系统的结构原理

二、液压系统的频率特性

图2为液压回路原理图，应用液压控制理论，可推导出输出 x 。对输入 x_1 的传递函数

为:

$$\frac{x_o}{x_i} = \frac{k_s}{S(\frac{S^2}{\omega_n^2} + \frac{2\delta_n}{\omega_n} S + 1) + k_s} \quad (1)$$

式中 $k_s = \frac{\pi R}{180} \cdot \frac{k_f \cdot \theta_s}{\delta_s N \alpha A}$, 系统的开环增益;

- α —— 转阀减速齿轮传动比; δ_s —— 光栅尺输出的脉冲当量;
- θ_s —— 步进电机步距角; N —— 光栅尺输出脉冲分频数;
- A —— 活塞面积; k_f —— 转阀流量增益系数;
- R —— 转阀阀芯直径; ω_n —— 液压系统固有频率;
- δ_n —— 阻尼比。

当系统稳定输出 ($\omega = 0$) 时, 其输出:

$$x_o = x_i = m\delta = mN\delta_s$$

式中 m 为输入脉冲数, δ 为每输入一个脉冲对应活塞的位移, 它与分频数 N 有关, 分频数 N 越大, 活塞运动的步距越大, 而相应的控制精度越低。由上式可见, 活塞的位移与输入的脉冲数成正比, 或者说, 活塞的稳态输出速度与输入的脉冲频率成正比。特别是当输入的脉冲频率一定时, 改变分频数 N 可以改变活塞的运动速度。因此这种控制系统特别适用于象机床需要慢进快退一类的控制场合。

把系统的已知参数代入 (1) 式, 算得输出对输入的传递函数为:

$$\frac{x_o}{x_i} = \frac{1}{0.1285S^3 + 14.35S^2 + 0.0178S + 1}$$

其频率特性见图 3, 可见系统的频宽为 $\omega_n = 62 \text{ rad/s}$ 。

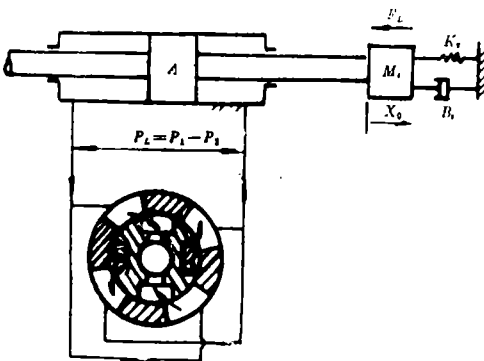


图 2 系统的液压回路

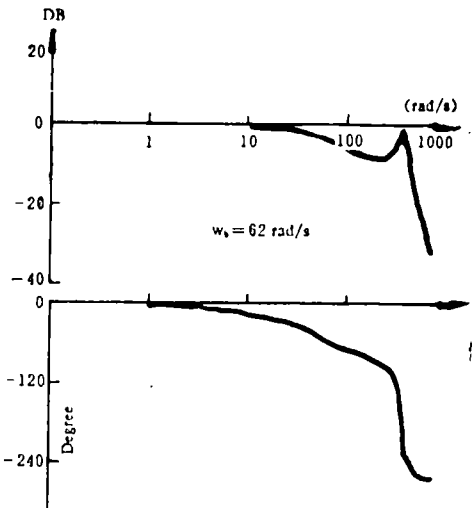


图 3 系统的频率特性

三、单片机系统及程序设计

单片机系统如图 4 所示。它选用抗干扰能力强的 MCS-51 系列计算机芯片, 配有 16 个键, 6 位数码管显示。P1 口的低两位用作输出, 控制步进马达的驱动电路。光栅尺的方向反

反馈信号接 P1.4, 反馈脉冲信号接外部中断 INT1, INT1 置为脉冲触发方式。光栅尺每发出一个脉冲, 单片机转中断服务程序。

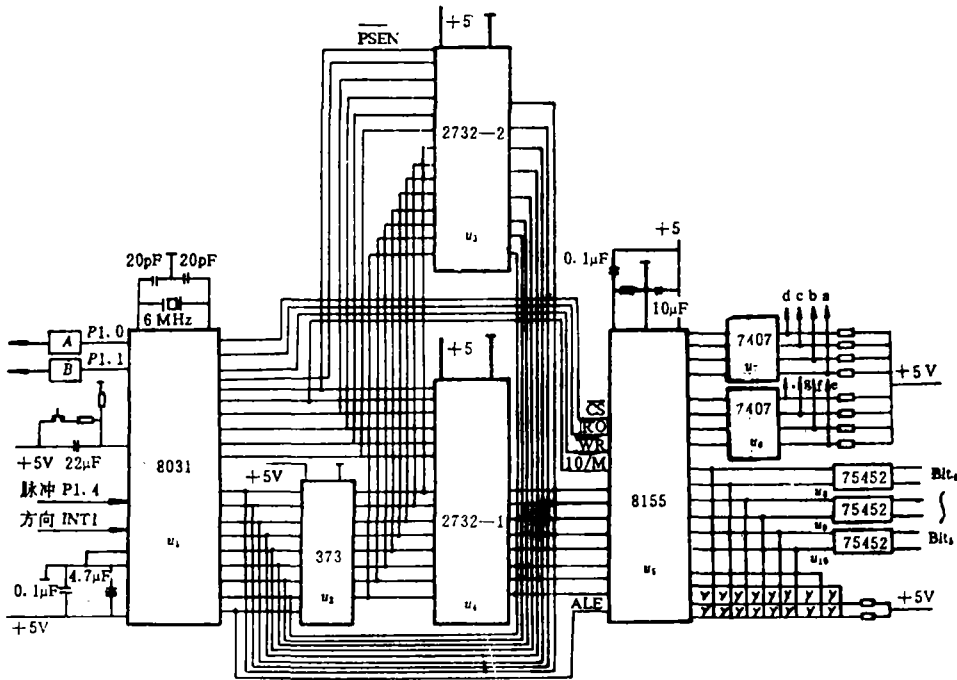


图 4 单片机系统

该系统程序设计简单, 只要按控制规律输出脉冲即可。但在编程时必须避免运算产生的积累误差。如使活塞按规律

$$y = f(t)$$

运动, 则每步的脉冲数可由下式计算

$$n_i = \text{INT}[f(t_{i+1})/\delta - \sum_{L=1}^{i-1} n_L + 0.5], \quad i > 1$$

$$n_1 = \text{INT}[f(t_2) - f(t_1) + 0.5]$$

式中 $f(t_i)$ —— 时间 t_i 时活塞的位移;

n_i —— 时间间隔 t_{i+1} 、 t_i 之间对应的脉冲数;

INT —— 取整函数。

按上式计算可有效防止积累误差。

计算机输出 m 个脉冲的程序框图如图 5 所示。要使活塞实现任意的运动规律, 只要按上式计算每个时间间隔的脉冲数即可。

四、动态性能测试

单片机以每秒 500 个脉冲的速率输出 50

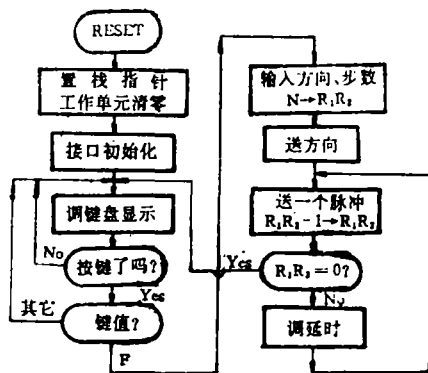


图 5 输出 m 个脉冲程序框图

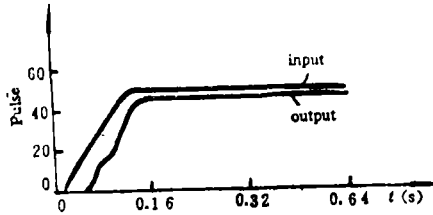


图 6 跟随速度信号的响应过程

的。另外还可以看出，活塞快速跟随输入信号，无超调、无振荡抵达控制目标的。

个脉冲的响应过程如图 6。该测试结果为位置响应，每个脉冲对应 0.08mm。可见，系统跟随速度信号有一定的位置误差。但当输入完毕，因阀口仍开着，活塞继续以原来的速度运动，最后基本上消除位置上的误差，实际上是系统的时间延迟产生的。达到稳态时，存在 3 个脉冲的误差，这是伺服阀有一定的负开口，减速齿轮有一定的间隙造成的。

五、结 论

由前面的分析和实验结果可得出如下几点结论：

(1) 把单片计算机用于液压控制系统，便于开发成系列产品，成本低，操作维护方便，可用于响应速度不高的工业控制。

(2) 对于给定的输入信号，活塞可快速、无超调、无振荡进入稳定状态。

(3) 系统设有分频电路，拨动分频选择开关，可方便改变活塞的输出速度，故这种控制系统特别适于机床的自动控制。

参 考 文 献

- [1] 王春行,《液压控制系统》,机械工业出版社,1981
- [2] 骆函秀,徐立,《液压工业》,1987,第二期
- [3] 季大哥,《液压工业》,1987年,第三期

A Study on Single-chip Computer in the Application of Hydraulic Control System

Zhou Yunshan Qin Weiqian Chen Bingcong Deng Shiheng

Abstract

The paper presents a digital hydraulic control system composed of single-chip computer with a new type of digital valve, it makes use of grating ruler as transducer without A/D, D/A converter, and therefore, it possesses many advantages, such as simple construction, low price, easy to develop product series and convenient to popularize. It can reach control object quickly without vibration, so is extremely suitable for industrial control such as machine tool of low frequency response.