

某型发动机的单片机控制系统

北京航空航天大学 王庆康^{**} 桑国安

【摘要】 某型发动机转速调节器是气动液压式的开闭式混合调节系统, 其结构复杂、重量大。为了研制新的控制系统, 采用16位单片机8098, 它是专门为具有16位微控制器的速度和具有8位外部总线而设计的。具有质量高、功能全且易于调整特点, 最适用于步进电机的控制。系统仿真和半物理模拟试验表明, 数字控制系统的时间响应, 在相同干扰情况下, 优于气动液压式控制系统。

关键词: 数字控制系统 系统仿真

1 数控系统及控制电路

整个系统包括: 起动、停车、发动机工作状态控制、程序自检、越限报警、状态监视、控制参数在线输入、数据处理、打印、参数实时显示等。

起动时, 当硬件电路通电后程序开始执行。先打开电源总开关, 接通主燃油回路电磁阀、起动机及点火电路。此时步进电机转到主燃油回路打开的位置, 开始给发动机供油。以后按加速曲线达到慢车状态, 然后断开点火电路, 起动油路停止供油, 关闭起动机。步进电机带动油门开关在此位置停留2分钟供油暖机, 再继续开大油门使转速继续上升, 完成整个起动过程。

在发动机正常工作时, 有不同的工作状态, 油门开关停留在相应的位置, 此时由键盘通过单片机给出相应指令, 控制发动机在一定转速运转。

当单片机内控制算法为PID控制规律时, 其计算结果输出值即为步进电机在采样周期内的步距值。系统把PID计算得出的结果经软件程序转换成步进电机的输入脉冲信号, 通过8098的HSO. 0和HSO. 1引脚输出到环形分配器把脉冲信号分成三相三拍驱动步进电机。步进电机的控制脉冲频率应满足起动要求不丢步。如要控制步进电机转速, 可控制两脉冲之间的时间间隔 T_2 , T_2 可用软件控制。当给定各工作状态时, 被控参数 T_2 取自ROM区, 步进电机按加速曲线运动, 在过渡工作方式时, 根据PID算出 T_2 值控制步进电机转到一定位置。

系统监视分两部分。一是系统自检, 如对CPU、ROM、RAM及接口芯片8279、8255以及对传感器和输入输出口的检查。二是对发动机工作状态的监视, 一旦参数越限则减油或停机。除此之外本系统还可以随时将发动机参数进行处理并加以显示或将数据转换成曲线打印输出。

整套系统由步进电机驱动电路和传感器接口电路以及控制电路组成。控制电路的组成如图1所示。当发动机起动以后, 进入稳速工作状态, 由发动机带动的测速发电机输出脉冲信号, 经整形, 光隔离后接到8098高速输入口HSI. 1, 经过PID计算通过高速输出口HSO. 0输出。HSO. 1作为正反转控制端。输出的脉冲信号到环形分配器分成A、B、C三相脉冲电流驱动步进电机。局部反馈信号接到A/D转换口ACH6, 发动机外界修正信号接到ACH4和ACH5。

串行口 TXD 和 RXD 连至电平转换芯片 MC1488 和 MC1489 通过 RS232 串行口和 PC 机相连。系统时钟信号为 12 MHz。

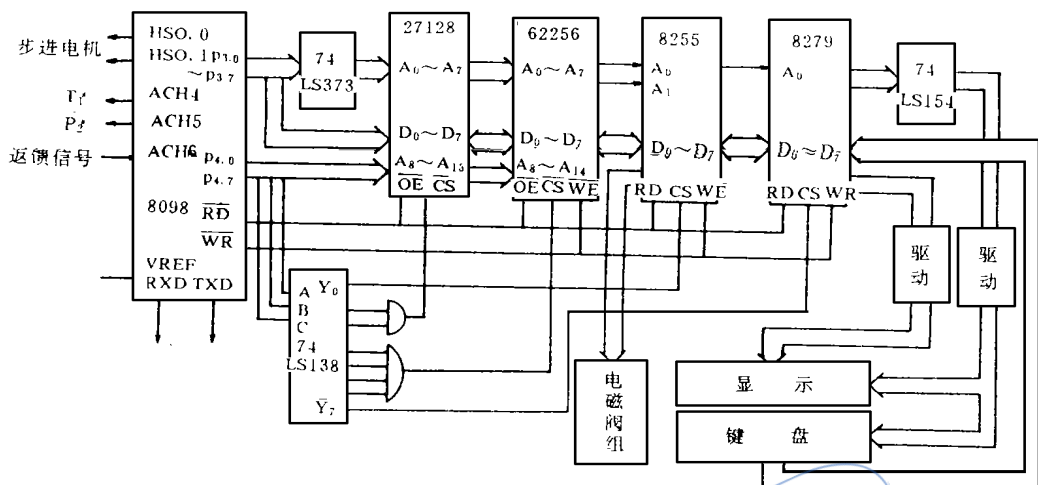


图 1 控制系统电路

系统中主要元件有: 可编程外设接口 8255; 接微型打印机及各操纵开关。可编程键盘/显示器接口 8279; 接数码显示管, 显示发动机现时运行状态和报警指示灯。由于 8279 一直处于工作状态, 令 CS 端接地, 其工作地址为 FFFFH。可编程只读存储器 27128, 存放发动机起动、加速曲线。曲线是按表格方式放入的, 占 10K 字节, 故选用 16K EPROM, 其工作地址为 2000H~5FFFH。静态 RAM 62256 存放发动机加速过程及稳速过程的中间结果以及需要打印的数据, 共占 30 个字节。62256 需 15 根地址线, 它的地址范围是 6000~DFFFH。

2 系统软件

发动机工作状态控制主要有起动过程控制和正常转速控制。起动时将油量曲线转换成油门开关转角和时间关系, 将这条曲线存入 EOROM 中, 起动时按对应关系调出。正常转速控制算法的输入量为给定量与反馈量之差, 其符号有正有负, 故在微机内所有变量都采用补码。运算时采用四字节 32 位的浮点运算, 其最高位为符号位, 共有 8 位阶码, 22 位尾数和 2 位尾符。高速输出 HSO 输出的脉冲基本不要 8098 的 CPU 干预, 在 8 个中断源中本系统用了 6 个中断, 利用 HSO 输出中断可使脉冲输出与 PID 计算、键盘检测与处理、显示及监控报警平行处理, 这样可使 A/D 采样周期大为缩短。

系统控制程序中有一个主程序, 6 个中断服务程序和 3 个模块。主程序主要完成初始化和打印。系统初始化包括寄存器初始化、PID 控制参数初始化。8098 初始化即是对一些寄存器的设置。考虑到由于外界干扰可能产生复位, 在干扰复位后应能立即回到原工作点, 而不能从头执行。当系统上电后, 赋予复位标志寄存器一定值, 若是监视定时器溢出后复位, 则可对这些标志进行判断, 若为此值, 即为干扰值复位, 否则是上电复位。

6 个中断服务程序包括外部、软件定时器、串行口程序、HSO 中断服务程序、HSI 中断服务程序以及产生时钟信号的定时器中断服务程序。另外还有一些应用子程序如: PID 计算、浮点运算以及加法、乘法、进位制转换子程序、监控报警子程序等。

3 仿真程序的制订与半物理模拟试验

调试发动机控制系统参数要有理论根据, 且现场调试易出危险, 经济性又差, 因此在台架试车前必须进行数字仿真、参数优化设计、半物理模拟试验等一系列步骤。本系统原机械液压式的油泵和油门开关已是成品, 发动机和数控调节器建模是否合理可由半物理模拟试验来鉴定, 而数字仿真又可指导半物理模拟试验。

发动机数字控制系统是一种典型的采样控制系统。它由连续部分(发动机和执行机构)和离散部分(数字控制器)两部分组成。连续部分虚拟采样器, 采样间隔为 5 毫秒, 离散部分采样间隔与数控采样周期一致取为 10 毫秒, 为保证调节精度, 寻优目标函数为 $J = \int e(t) | dt$, 经单纯形法寻优后, 得到数字控制优化参数 K_P 、 T_I 、 T_D 将其存贮在计算机内存中。

数字控制器的仿真程序的制订: 设控制器为 $D(z)$, 则

$$D(z) = \frac{E_2(z)}{E_1(z)} = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + \cdots + a_{u_1} z^{-u_1}}{1 + b_1 z^{-1} + \cdots + a_{k_1} z^{-k_1}}$$

则控制器差分方程为:

$$E_2(n) = -b_1 E_2(n-1) - b_2 E_2(n-2) \cdots - b_{k_1} E_2(n-k_1) + a_0 E_1(n) + a_1 E_1(n-1) + \cdots + a_{u_1} E_1(n-u_1)$$

为了得到 $D(z)$ 的输出 $E_2(n)$, 不但需要当前采样值 $E_1(n)$ 且需要 E_1 、 E_2 过去采样时刻数值, 因此在仿真时必须在内存中设一区域存放以前各采样时刻的 E_1 和 E_2 值。

在程序中设置一个数组 F 存放 $E_2(n)$ 、 $E_2(n-1) \cdots E_2(n-k)$, 其中 k_1 为 $D(z)$ 分母的阶次。

F 数组存放顺序为 1, $E_2(n-k_1)$; 2, $E_2(n-k_1+1)$; 3, $E_2(n-k_1+2)$; $\cdots$, k_1-1 , $E_2(n-2)$; k_1 , $E_2(n-1)$; k_1+1 , $E_2(n)$ 。计算时先从 F 数组第 1~ k_1 个单元取出 $E_2(n-k_1) \cdots$ 直到 $E_2(n)$ 参加计算。把计算结果 $E_2(n)$ 存放于 (k_1+1) 单元, 然后将整个数组左移一位, 以备下一采样时刻使用。

同样, 程序中设置数组 k 以存放 $E_1(n)$ 、 $E_1(n-1) \cdots E_1(n-u_1)$ 。 u_1 为 $D(z)$ 分子的阶次。

K 数组: 1, $E_1(n-u_1)$; 2, $E_1(n-u_1+1)$; $\cdots$, u_1-1 , $E_1(n-2)$; u_1 , $E_1(n-1)$; u_1+1 , $E_1(n)$ 。

每个采样时刻到来时, 先将当前采样值 $E_1(n)$ 存入 (u_1+1) 单元, 接着将整个数组的数值取出参加计算, 然后把整个数组左移一位, 以备下一采样时刻使用。

除了以上两个数组外, 还设置两个数组存放 $D(z)$ 分子和分母, M 数组存放分母系数 b_1 , $b_2 \cdots b_{k_1}$, J 数组存放分子系数 a_0 , $a_1 \cdots a_{u_1}$ 。

为了检验数字控制系统硬件连接及软件运行情况进行了半物理模拟实验。发动机数学模型排于模拟计算机上, 数字控制系统用实物, 按转速的偏差进行调节。实验结果表明, 单片机控制系统已达到了原液压系统的静态性能指标。过渡过程为单调的, 超调量小于 5%, 过渡时间小于 1.5 秒, 地面最大转速状态下的静差为 0.7%。在此基础上转速控制精度提高 2~3% 并实现了发动机全工作状态的自动无级调速。