

文章编号: 1671-4598(2005)01-0049-03

中图分类号: TP273; V23

文献标识码: B

飞机发动机转速智能检测控制系统的设计

胡清阳, 王庸贵, 任德均

(四川大学 制造科学与工程学院, 四川 成都 610065)

摘要: 文章介绍了以 AT89C52 单片机为核心的飞机发动机智能检测控制系统, 通过对转速信号的采集、运算、分析及对步进电机的驱动控制, 带动仪表指针转动相应的刻度来检测速度变化, 从而实现了速度在线智能检测; 给出了系统电路和系统软件的设计方案及采样信号频率的算法。系统具有硬件体积小、成本低、检测精度高、操作方便、智能化较高等特点, 应用前景十分广阔。

关键词: 单片机; 飞机发动机; 转速; 步进电机

Design of Intelligent Detecting and Control System on Aeromotor's Rev

Hu Qingyang, Wang Yonggui, Ren Dejun

(College of Manufacture, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The intelligent detecting system of aeromotor with AT89C52 single-chip computer as core control is introduced. Rotating the hand of meter through conversion, collection and operation of aeromotor speed signal and the control of step-motor to test the variety of speed is realized the online intelligent detecting of aeromotor speed. Design scheme of circuit and software and the frequency arithmetic of sampling signal are provided. The system has many features including small volume of hardware, low cost, high detecting precision, convenient operating, high intelligent and so on, leading to broad and bright future.

Key words: single-chip computer; aeromotor; rev.; step-motor

0 引言

随着飞机性能的不断发展和飞机发动机愈来愈复杂, 需监控参数由几个增加到几十。因此, 以前靠分离仪表已不能适应现代飞机发动机性能监控的要求, 现代飞机发动机装备有发动机参数采集器, 而发动机参数采集器是计算机化的全自动设备, 它实时采集飞机发动机的工作状态, 并适时将数据传送给其他机载设备使用, 其性能的地面维护和检测比较困难, 为提高校测设备的自动化水平和检测精度, 设计了飞机发动机实时在线检测控制系统, 该系统采用先进的计算机数据采集与控制技术。解决了在地面模拟飞机发动机工作状态与数据实时采集与传送的矛盾, 大大提高了检测精度, 缩短了检测时间, 为提高发动机参数采集器的维修效率具有十分重要的意义。

1 系统工作原理

系统实现对飞机发动机转速的在线检测控制, 其工作原理是通过硬件设计对外部转速信号转换、采集, 并经过 AT89C52 单片机芯片进行运算处理分析, 然后对步进电机进行控制, 带动仪表指针转动到相应的刻度来反映速度变化, 并通过串行通讯接口 RS232 将数据传输到上位机的软件接口, 来显示速度变化, 从而达到速度在线检测控制, 主要包括 3 个过程: 信号转换、采集过程; 信号运算处理、分析过程; 步进电机驱动控制过程。

(1) 信号转换、采集过程: 主要是将飞机发动机转速信号转换成单片机可以处理的信号, 首先将飞机发动机转速信号通过转速传感器转换成正弦电压信号, 转速与正弦电压信号成一定比例转换, 即正弦电压信号变化反映速度的变化, 正弦电压信号经过放大整流、电压比较, 转换成的方波脉冲信号送入单片机的外部中断口 (INT0), 对信号进行采集。

(2) 信号运算处理过程: 主要是经过转换的信号进入单片机系统, 通过软件和算法进行运算处理和分析。

(3) 步进电机控制过程: 主要是单片机向驱动器发送一定的控制信号, 来驱动步进电机转动相应的角度, 从而带动仪表指针转动到相应的刻度, 这样实现对飞机发动机转速的在线检测。其原理图如图 1 所示。

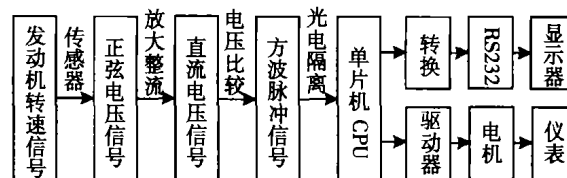


图 1 系统原理框图

2 单片机系统硬件设计

根据其工作原理设计出硬件电路, 如图 2 所示, 主要包括信号检测部分、信号通讯部分、信号抗干扰部分。

2.1 信号检测部分

(1) 单片机: 本系统选用 ATMEL 公司生产的 MCS-51 系列 AT89C52 单片机, 内置 8K 字节电擦除可编程 EEPROM 片

收稿日期: 2004-05-21; 修回日期: 2004-06-04。

作者简介: 胡清阳(1978-), 男, 江西省樟树市人, 硕士生, 主要从事微机在工业控制中应用的研究。

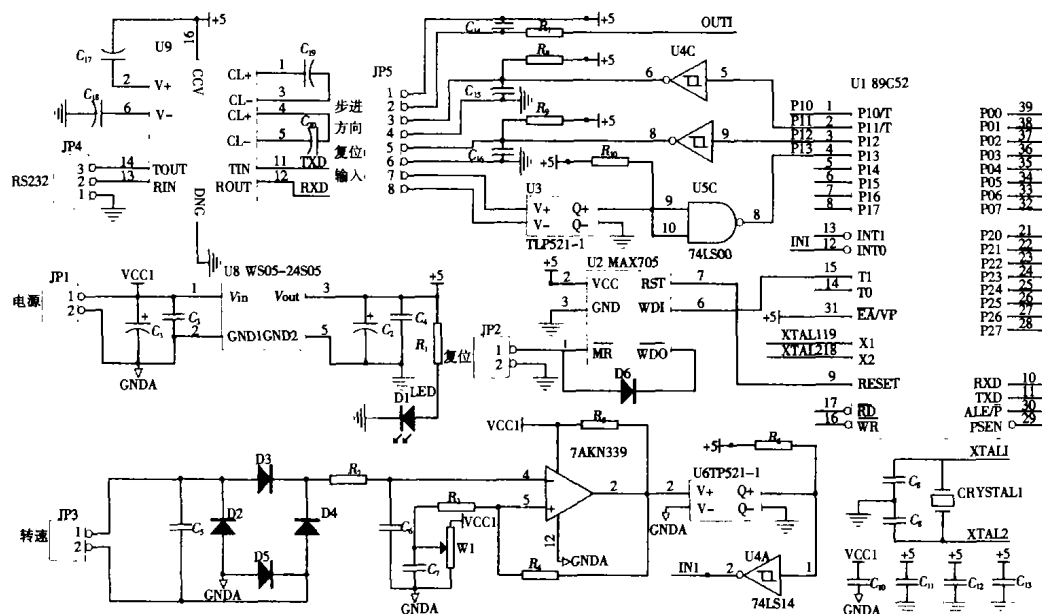


图 2 硬件设计电路图

内程序存储器和 256 字节 RAM，片内程序存储器空间能满足本系统程序存储之需要，可省去片外 EPROM 程序存储器和地址锁存器，使电路结构简捷，误差可达 $1/100000$ 。AT89C52 单片机而且还具有性能价格比高，控制方式可靠，保密性强，功耗低，应用灵活、方便等特点。

(2) 整流电路：整流电路主要是将交流正弦电压变换成直流电压，它是靠二极管的单相导通作用。系统所采用的是单向桥式整流电路。正弦波电压信号经过整流处理后得到直流电压信号。桥式整流电路的优点是输出电压高，纹波电压小，管子所承受的最大反向电压较低，同时因电源变压器在正、半周内都有电流供给负载，电源变压器得到了充分的利用，效率较高。

(3) 电压比较放大电路（迟滞电压比较器）：电压比较放大电路主要功能是将整流后的直流电压信号进入 LM339 电压比较器，将波形的电压信号变换为矩形方波电压信号。系统输入电压由运放的反相端 4 输入，给定电压由同相端 5 输入。当输入电压高于给定电压时，运放输出为反向饱和电压。当输入电压低于设定电压时，运放迅速翻转，输出为正向饱和电压。且迟滞电压比较器具有较强的抗干扰能力。

2.2 信号通讯部分

系统设计为了精确显示反映速度变化，设计一个通过串行通讯接口 RS232 传输数据信号，选用了 MAX232 芯片，将信号传输到上位机，通过软件接口显示速度变化，从而准确实现速度在线检测。

2.3 信号抗干扰部分

(1) 光电隔离：光电隔离电路主要功能是为了防止外部信号与单片机 CPU 产生干扰，将外部矩形方波电压信号再经过一个 TLP521-1 光电隔离器进行隔离，然后再一次经过 74LS14 施密特反向器整形后进入单片机 CPU 系统，且 CPU 加隔离后进入驱动系统。

(2) 硬件滤波：常用 RC 低通滤波器接在一些低频信号传送电路中（如热电偶输入线路）。它可以大大削弱各类高频干扰信号（各类“毛刺”形干扰相对于慢变有效信号均属高频干扰）。但硬件滤波电路的主要缺点是体积大，要增加成

本，如果截止频率定得很低（如 0.1Hz），硬件滤波很难胜任的，必需配合软件滤波（数字滤波）来实现。

(3) 看门狗：为了系统设计可靠性，采用了 MAX705 复位/看门狗电路，主要功能是防止程序运行时失控和提供外部复位功能。当系统受到干扰，程序发生“飞逸”或“死机”时，看门狗可以使程序复位。如图 2 所示 WDI 是看门狗输入端，WDO 是看门狗输出端，MR 是人工复位输入端，RST 是复位输出端。

(4) 抗干扰稳压电源：主要为控制器其它各部分电路提供可靠的工作电源。电源电压首先经 DC~DC 变压器降压，再经整流、滤波及不同的稳压电路之后，一方面为给定电路提供稳定的设定电压，另一方面也为比较放大电路、驱动执行电路提供可靠的工作电源。外部信号提供的工作电源电压为 DC28V，而设计的硬件控制接口工作电压为 DC5V，因此设计一个电源模块 DC28V 转换为 DC5V，即 DC~DC 转换电源模块。

3 驱动控制系统设计

步进电机不能直接连接到交直流上工作，而必须使用专用设

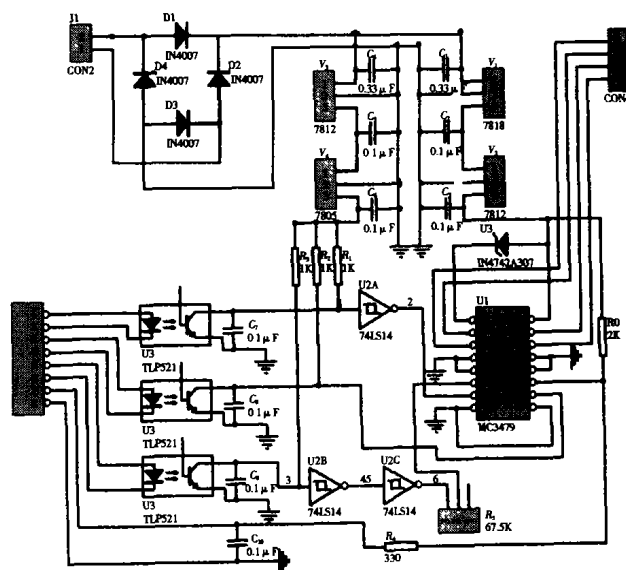


图 3 驱动控制系统原理图

备——步进电机驱动器。因此,步进电机及其驱动系统是一个有机整体,其运行性能是两者配合的综合表现。系统的驱动集成电路选用的是以美国 MOTOROLA 公司生产的产品 MC3479 为核心的驱动集成电路芯片。MC3479 是一种用于驱动双极方式的两相步进电动机的单片集成电路。MC3479 是一种非常实用的步进电动机驱动芯片,可用于磁盘驱动器、步进电机驱动及机器人驱动装置等。MC3479 外接元件少,结构简单,使用方便,具有质量轻、体积小等特点,有效地提高了系统的可适用性。驱动控制系统原理如图 3 所示。

4 系统软件设计

软件设计思想采用模块化编程思想,子程序包括:采样信号子程序(TO 中断和外部中断 INT0 子程序),频率计算子程序,除法、乘法子程序,发送脉冲数和发送某频率方波子程序,正反转判断子程序,加减速控制子程序,指针返回初始位置子程序。

4.1 主程序模块

主程序主要完成初始化、设置 TO 中断方式及初值、TO 和 INT0 中断的开启、进行标志位判断并调用各个子程序功能。主程序流程图如图 4 所示。

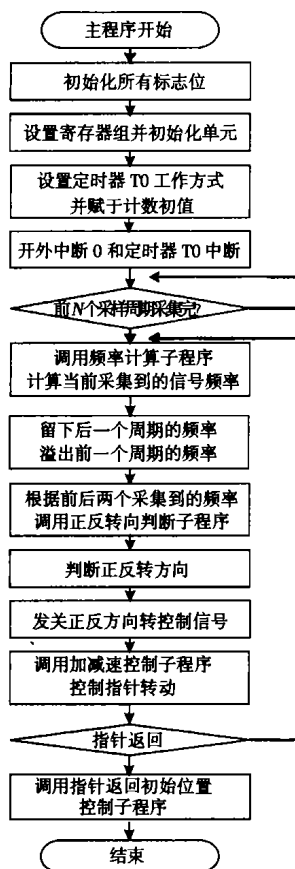


图 4 主程序流程图

4.2 单片机采集信号的频率算法

(1) 测周法: 测出产生 N 个脉冲内所需要的时间 t , 则信号的周期为 $f=N/t$, 测量频率误差 $\Delta f \approx N \Delta t/t^2$, 相对误差 $\Delta f/f \approx \Delta t/t$, 误差主要来自采样到的时间误差, 低频脉冲情况下误差较小, 测量精度高。

(2) 测频法: 在设定 t 时间内, 测量产生 N 个脉冲, 则信号的周期为 $f=N/t$, 测量频率误差 $\Delta f \approx \Delta N/t$, 相对误差 $\Delta f/f \approx \Delta N/N$, 误差主要来自脉冲个数 ± 1 计数误差, 高频脉冲情况下误差较小, 测量精度高。

4.3 单片机采集信号子程序和频率计算子程序

系统由于信号的频率较高故采用了测频法, 当外部信号经过整形比较得到的方波脉冲信号输入单片机 INT0, 产生 INT0 中断响应, 设置外部中断标志位, 并设计一个基准定时 (0.1ms), 即定时器 TO 产生定时中断, 根据外部中断设置的标志位, 进行基准定时计数 n , 从而可以确定外部信号每个采样周期内 (N 个脉冲内) 的信号周期 $T=0.1n/N$ (ms), 根据采集到外部信号的各周期, 再调用频率计算子程序求出相应的频率变化, 从而知道外部信号频率变化。

4.4 正反转判断子程序和发送脉冲数子程序

根据前后频率变化, 也即是速度变化大小, 设计表指针正反方向判断以及发送脉冲个数子程序。从而控制表指针的转向和相应的角度, 即根据外部信号频率的变化也是速度的变化, 来控制表指针转向和相应的角度, 这样表指针的转动就可以反映外部速度的变化。

4.5 加减速控制子程序

为了实现表指针平稳转动, 设计表指针有一个加减速过程, 先经过加速阶梯过程, 达到最高的速度, 然后再经过减速阶梯过程, 也即是发送低频率脉冲, 然后向高频率过渡, 达到一定高频率后再发送低频率脉冲, 发送高低频率脉冲是根据步进电机的启动频率和正常工作频率而定, 也是根据表指针响应速度而定。

5 结束语

此系统提出了以 AT89C52 单片机为核心控制, 通过对硬件软件的设计, 实现对飞机发动机转速智能在线检测控制系统, 利用了单片机的优越的编程和控制性能, 充分发挥单片机的核心地位, 集机电一体化技术、计算机应用与智能仪器仪表技术于一体, 以达到使系统高度集成化。系统经过实际运行调试后, 运行情况良好, 测速的误差很小, 达到控制误差要求。系统硬件电路设计在微小的电路板上, 从而实现体积大大缩减, 且系统硬件结构简单合理, 便于应用飞机上, 而且具有检测精度高、可靠性高、成本低、实用性强、操作方便、智能化较高等特点, 完全可以满足机械、电子、运输等各行业转速检测需要, 具有十分广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 余永权. AT89C52 系列单片机应用技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [2] 程开明, 唐治德. 模拟电子技术 (第二版) [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1993.
- [3] 邹继明, 吴红星, 刘占先, 等. 电机控制、集成电路的选用步进电动机驱动集成电路 MC3479 的应用 [J]. 微电机, 2000, 33 (6): 38-39.
- [4] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1990.