

飞机发动机转速实时在线检测系统二次开发

马洪斌, 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: 介绍一种以 AT89C52 单片机为系统控制核心, 用二相步进电机精确地驱动仪表指针, 对飞机发动机转速实时在线检测系统进行研究与开发, 实现机电一体化功能的智能仪表技术。

关键词: AT89C52 单片机; 二相步进电机; 驱动器

中图分类号: TH709; TP216; V241.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6673 (2004) 03-061-03

0 引言

航空部门对仪表系统的要求一向是操作简便、测量精度高、功能齐备、自动化程度高。对于发动机转速实时在线检测来说, 飞行员需要直接根据表盘精确指示, 随时判断飞机目前运行状况, 从而专心驾驶, 有效保障安全飞行。随着仪表智能化的飞速发展, 人机对话和远距离通信功能要求日益强烈^[1]。原有系统仅采用测速发电机电压信号直接带动指示仪表, 存在显示不够稳定、误差大、不适应通讯要求等不足, 对其进行二次开发刻不容缓。

就发动机转速检测系统而言, 涉及机上很多大型零部件, 对整个系统全面改造显然是不恰当的。最终根据用户要求, 使用原有传感系统, 仅在仪表表盘所在的有限空间(直径仅 71mm)进行改造操做。包括保留表盘空间, 指示精度提高到 0.45°/转, PCB 板叠合小于 90mm, 双检测系统。由此可见, 从任何环节尽可能减少空间占用尤其关键, 成为研发的难点之一。

拟采用当前的先进控制技术, 检测和单片机技术与仪表驱动机电一体, 用 AT89C52 单片机作为该系统控制部分的核心, 实现智能仪表的功能^[2-3]; 使用二相步进电机驱动指针, 提高转速指示器精度, 增强系统抗干扰能力, 缩小设计和缩短生产周期。

1 系统组成及工作原理

该系统主要由转速传感器(系统原有)、单片机系统、步进电机及其驱动系统等组成。系统总组成各部分如图 1 所示。

1.1 步进电机选用

步进电机能将离散的电脉冲信号转化成角位移, 输出角位移与输入脉冲数成正比, 即 $\theta = ck$ (其中 θ 为步进电

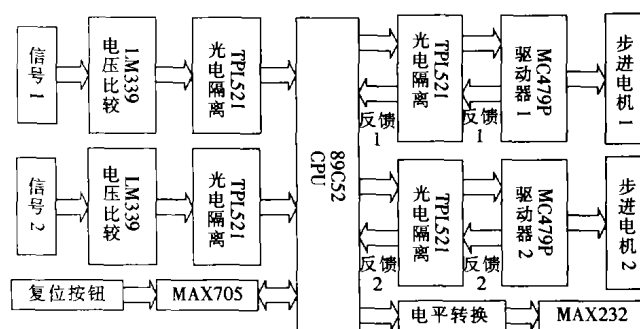


图 1 系统总组成框图

Fig.1 The whole frame of the system

机的角位移量, k 为脉冲数, c 为常数); 它有自锁能力, 可靠停在设定位置; 有很好的小角度运行特性。另外, 采用单片集成技术设计步进电机的接口, 电路简单, 使用元件少, 集成度高, 调试和维护方便, 控制精确, 有很好的通用性和灵活性, 有利于实现对生产过程或设备的数字控制。因此, 选用步进电机驱动仪表指针, 表盘直接指示微小角度, 测量精度高, 反映灵敏。

然而, 现有空间对体积要求严格, 只能牺牲多相步进电机的小步进角优势, 采用外形相对较小的二相步进电机, 配以适当的减速机构细化角度。最终采用进口 AM2224 型步进电机, 减速机构一体化设计。

1.2 控制系统设计

转速传感器具有交流测速发电机的工作原理, 将转速信号转换为电压信号输出。该电压信号进入 LM339 电压比较器, 带有复杂波形的信号变换为矩形波信号。再经光电隔离和施密特反向整形后, 进入 89C52 单片机外部中断进行脉冲采集。CPU 根据此外部信号来控制向外发送脉冲个数, 送到驱动器中, 控制步进电机做相应转动, 用转动角度反映速度变化。

(1) 单片机选择。选用 AT89C52 新一代增强型单片机芯片。40 引脚, 内置 8K 字节电擦除可编程 EPROM 和 256 字节 RAM, 提供 32 条 I/O 引脚, 2 个 16 位定时计数器, 6

收稿日期: 2004-03-05

作者简介: 马洪斌 (1975-), 男, 四川大学硕士研究生。主要从事机电一体化产品的研究与开发。

个中断源,1个可编程标准串口,三个定时器,指令系统与MCS-51单片机完全兼容,内部还集成了许多新功能,如片内A/D转换器、片内看门狗电路(Watch Dog Timer)、片内脉宽调制器电路(PWM)、芯片间串行总线等。其片内程序存储器完全满足系统存储需要,充分利用89C52单片机的片内定时器资源的中断软同步技术,实现对转速的精确测量,电路结构简捷,设计精巧,系统小型化,而且性价比高。

(2)比较放大电路。这部分是整个系统的核心,由集成运放组成的迟滞电压比较器是主要元件。信号进入电压比较器,带有复杂波形的电压信号变换为矩形波电压信号($V=0\sim 5V$),供系统采集。

系统输入电压 V_i 由运放的反相端输入,给定参考电压 V_r 由同相端输入。由叠加原理:

当 $V_i < V_p$ 时, $V_o = V^+$,则 $V_p = V_i R_2 / (R_1 + R_2) + V^+ R_1 / (R_1 + R_2)$

当 $V_i > V_p$ 时, $V_o = V^-$,则 $V_p = V_i R_2 / (R_1 + R_2) + V^- R_1 / (R_1 + R_2)$

其中 V_p 为上门限电压, V_p' 为下门限电压,回差 $\Delta V_p = V_p - V_p' = 2V^+ R_1 / (R_1 + R_2)$,通过调节 R_2 来改变回差。在输入电压 V_i 低于上门限电压 V_p 的情况下,不管 V_i 为何值,IC

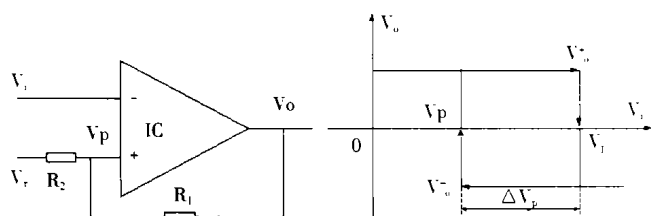


图2 迟滞电压比较器工作原理与输入输出特性

Fig.2 The character and principle of comparator

输出端始终保持 V^+ 值,只有当 V_i 达到并超过 V_p 时,输出端才翻转到 V^- 值;反之,当 V_i 高于下门限电压 V_p' 时,IC输出端始终保持 V^- 值,而当 V_i 低于 V_p' 时,输出端翻转输出为 V^+ 值,IC工作于“开关状态”,迟滞电压比较器的工作原理与输入输出特性如图2所示。由此可见,即使控制信号在控制点附近有小范围的波动(ΔV_p 范围之内),也不会引起输出信号的跳变,从而保证了系统的稳定性。

1.3 驱动器设计

控制系统输入驱动器的信号为TTL电平,驱动器将单片机送来的微弱控制信号进行功率放大,以此控制步进电机的转动,从而带动指针指示。

由于现有的步进电机驱动器外形都大大超过系统要求体积,成倍减少它的体积,并可靠适用,关乎系统整体设计成败。针对使用简单、可适应性强的特点,选用MC3479P芯片。它是一种驱动双极性两相步进电机的专用集成电路,接线简单,外接元件少,是非常实用的步进电机驱动器件,完全满足本系统的特殊要求。

MC3479P内部主要由输入部分(包括时钟脉冲输入、输出阻抗高/低控制输入、全/半步控制输入、正/反转控制输入以及偏置/置位输入)、逻辑电路部分(用于实现脉

冲的分配和功能控制)、全桥功率驱动电路三部分组成。除此之外还有外接二极管保护端和A相输出指示。它有16引脚和20引脚两种封装类型,部分数字信号和真值表

表1 数字信号和真值表

Tab.1 Figure signal and its real action

引脚序号	引脚名称	输入低电平	输入高电平
10	CW/CCW	正转运行	反转运行
7	CLK	上升沿触发	
6	Bias/Set	低电平置位	
11	Phase A	低电平指示输出为A相状态	

如表1所示。

该二相步进电机半步工作模式的通电时序: $A-\bar{A}-B-\bar{B}-A-\bar{A}-B-\bar{B}$,磁场旋转一周,需要换相8次,即单双八拍,转子才转动一个步距角;整步工作时,磁场旋转一周,换相4次,即双四拍,通电时序: $AB-\bar{A}\bar{B}-A\bar{B}-\bar{A}B$ 。我们采用整步运行,即双四拍工作模式,CPU输出均以低电平有效。

图3是MC3479P(DIP封装)驱动两相步进电机的应用电路。由于输出A相状态指示端(引脚11)是集电极开路输出,所以在电源和该引脚之间串联 $2k\Omega$ 电阻。偏置/置位端(引脚6)的电流 I_{BS} 与驱动器输出电流(即电机绕组电流) I_{OO} 之间的近似关系为: $I_{BS}=0.86 I_{OO}\times 10^{-3}$,偏置/置位端(引脚6)对地电阻值: $R_B=(V_m-0.7)/I_{BS}$,由于电机绕组电流 I_{OO} 已知,因此可以计算得到 R_B 的值。

1.4 关于通讯系统设计

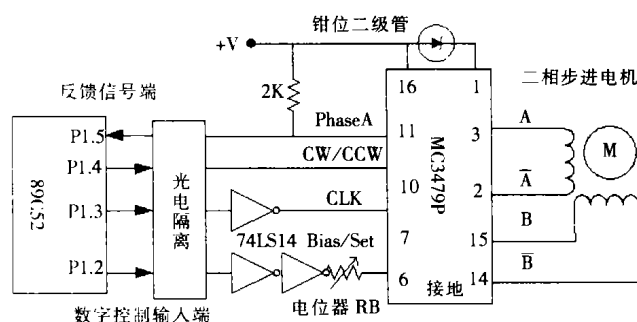


图3 MC3479P应用电路简图

Fig.3 The simple application of MC3479P

现代飞机发动机配有发动机参数采集器,它是计算机化的全自动设备,实时采集飞机发动机的工作状态,并将数据传送给其他机载设备使用。RS-232作为与计算机连接通常采用的通讯接口设备,是当前计算机串行通信标准端口配置,因此,本系统采用了RS-232接口电路。数据传输速率最大可到20Kbps,最大距离15m。一般主机和单片机的串口通讯大多都在9600 bps,可以满足通讯需要。

2 软件设计

软件采用模块化编程思想,分功能编写模块化子程

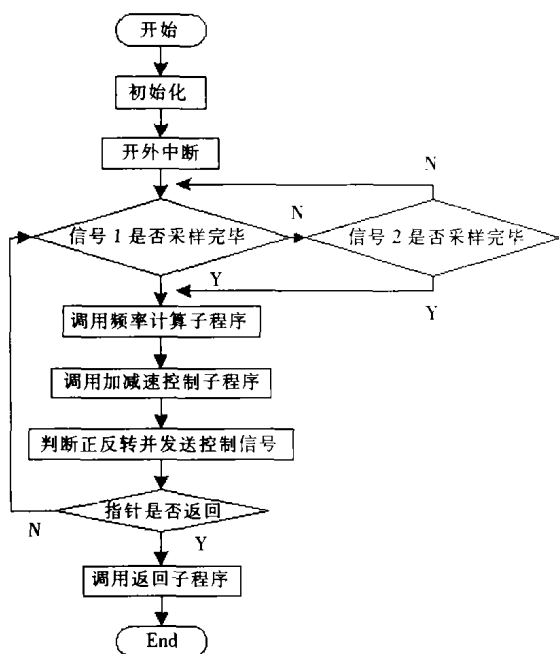


图 4 主程序控制流程图

Fig.4 The flow chart of the main program

序,主要有:采集信号子程序(T0、T1 中断子程序和外部中断 INT0、外部中断 INT1 子程序),频率计算子程序,除乘法子程序,脉冲发送子程序,正反转判断子程序,加减速控制子程序,指针返回子程序。主程序控制流程如图 4 所示。

3 可靠性与抗干扰设计

为满足有限空间的要求,就必然走集成化的道路,同时充分考虑作业环境的恶劣程度,提高可靠性与抗干扰能力。我们主要从以下方面考虑:

3.1 系统采用可靠的电源模块

电源模块化,符合集成设计思想,一方面为给定电路提供稳定的设定电压,另一方面也为控制电路、驱动执行电路提供可靠的工作电源。

3.2 电容输入式滤波电路

在负载电阻两端并联电容器 C,用于滤去输出电压中的纹波,使负载电压比较平滑,起到储能平波的作用。

3.3 带看门狗的复位电路

MAX705 微处理器是一集成监控芯片,它可以减少微处理器系统中监控电源及电池功能的复杂程度和所需元

件个数。当单片机死机后,它将单片机从死循环或走飞状态中拉出并进入正常程序,能够及时地保护系统的工作性能。比起分离的集成电路和分立元件,该器件在系统可靠性和精确度上有了明显的改进。

3.4 其他硬件抗干扰设计

为了给微机系统创造一个基本上是“干净”的工作环境,我们主要针对串模干扰和共模干扰采取系列措施。

抗串模干扰主要措施有:①在输入和输出通道上采用光电耦合器件进行光电隔离;②用 RC 低通滤波器接在低频信号传送电路中进行硬件滤波;③由适宜的限流电阻和稳压管组成过压保护电路;④数字信号采用负逻辑传输等。

在抑制共模干扰上,特别注意采取对称输入,采用好的接地系统,充分考虑接地点的正确连接方式,以及采用屏蔽等措施。

3.5 软件抗干扰措施

硬件抗干扰措施还不能起到百分之百的效果,所以还特别采取了数字信号输入输出的软件编制处理、低通数字滤波算法和 CPU 抗干扰技术(如复位、掉电保护、程序运行监视系统)等相应的软件抗干扰措施。

4 结论

本系统开发搭建在可靠系统基础之上,并在实践中得到了成功验证。同时,沿着时代需求的急进,使传统的机械技术与新兴微电子技术相结合渗透,减小了测量误差,提高了仪器仪表的精确度,缩短生产周期,降低成本,使军械装备更具机电一体化优势。该系统不仅填补了航空仪表在这一领域的空白,同时,对航空工业自动化起到积极的推动作用,对整个航空工业建设也将产生巨大而深远的影响。

参考文献:

- [1] 何立民.单片机应用系统设计系统配置与接口技术[M]:北京航空航天大学出版社,2001,2.
- [2] Huston B. Data communication Techniques for Single-chip Microcomputers, Proceedings Computer Networks, 25th IEEE Computer Society Antinational Conference. 1998,188~197.
- [3] 王 奇,潘茂庆,惠克翔.飞机发动机参数采集器智能检测设备的设计[J].电光与控制,2003,Vol.10(2):45~46.

Research of Real-Time On-line Measurement in the Speed of Airplane Engine

MA Hong-Bin, WANG Yong-Gui, REN De-Jun

(The school of Manufacture Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610065,China)

Abstract: An automatic control system, which uses single-chip computer AT89C52 as its core, is introduced. To achieve high data precision, a two-phase stepper motor is applied to drive its instrument hand in measuring the speed of airplane engine. Based on mechatronic integration, the intelligent on-line test system is realized.

Keywords: single-chip computer AT89C52; two-phase stepper motor; Driver