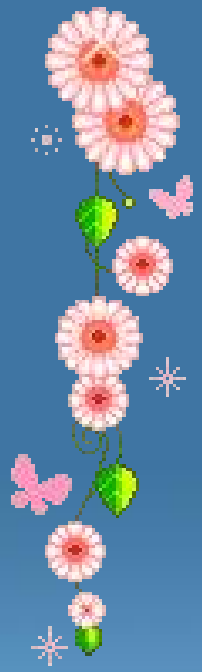
第10章　自动检测系统设计

第10章　自动检测系统设计



10.1　自动检测技术概述

10.2　自动检测系统设计

10.3　基于单片机的自动检测系统设计实例

10.4　自动检测系统的可靠性

10.1　自动检测技术概述

10.1.1　检测仪表的组成

10.1.2　检测仪表的分类

10.1.3　变送器

10.1　自动检测技术概述

10.1.1　检测仪表的组成

一般，检测仪表的基本组成大致可分为以下几部分：

(1)传感部分。

(2) 转换放大部分。

(3) 显示记录部分。

(4) 数据处理部分。

10.1.2　检测仪表的分类

工业生产中所用的检测仪表，其结构与形式是多种多样的，可以根据不同的原则进行相应的分类。常见的分类方法如下。

10.1.2.1　按被测参数分类

按被测参数的不同通常可分为：温度测量仪表、压力测量仪表、流量测量仪表、物位测量仪表、机械量测量仪表和工业分析仪表等。其中，机械量测量仪表和工业分析仪表还可根据被测的具体参数进一步划分，如转速表、加速度计、pH计和溶解氧测定仪等。按被测参数的不同进行分类是工业检测仪表中最常见的分类方法。

10.1.2.2　按检测原理或检测元件分类

按检测原理或检测元件的不同进行分类，如弹簧管压力表、活塞式压力计、靶式流量计、转子流量计、电磁流量计和超声波流量计等。

10.1.2.3　按仪表输出信号的特点与形式分类

按仪表输出信号的特点与形式大致可分为以下几类：

(1) 开关报警式。

(2) 模拟式。

(3) 数字式。

(4) 远传变送式。

10.1.3　变送器

变送器是从传感器发展而来的，凡能输出标准信号的单元组合式仪表都称为变送器。标准信号是物理量的形式和数值范围都符合国际标准的信号。

10.1.3.1　气动变送器

气动变送器以干燥、洁净的压缩空气作能源，它能将各种被测参数(如温度、压力、流量和液位等)变换成0.02～0.1MPa的气压信号，以便传送给调节和显示等单元组合式仪表，供指示、记录或调节。

10.1.3.2　电动变送器

电动变送器以电为能源，信号之间联系比较方便，适用于远距离传送，便于和电子计算机连接，近年来也可做到防爆以利安全使用，其缺点是投资一般较高，受温度、湿度、电磁场和放射线的干扰影响较大。

10.2　自动检测系统设计

10.2.1　传感器的选择

10.2.2　主计算机选型

10.2.3　输入、输出通道设计

10.2.4　软件设计

10.2.5　计算机检测系统设计的基本步骤

10.2　自动检测系统设计

10.2.1　传感器的选择

选择传感器时应从以下几方面的条件考虑：

（1）与测量条件有关的因素有输入信号的幅值、频带宽度、精度要求及测量所需要的时间。

(2) 与传感器有关的技术指标有精度、稳定度、响应特性、模拟量与数字量、输出幅值、对被测物体产生的负载效应、校正周期和超标准过大的输入信号保护等。

(3) 与使用环境条件有关的因素有安装现场条件及情况、环境条件(湿度、温度和振动等)、信号传输距离和所需现场提供的功率容量等。

(4) 与购买和维修有关的因素有价格、零配件的储备、服务与维修制度、保修时间和交货日期等。

10.2.2 主计算机选型

10.2.2.1 中央处理单元

中央处理单元CPU(Central Processing Unit)亦称微处理器单元MPU(Micro Processor Unit)。数据长度有4位、8位、16位和32位等。它用来完成数据运算、逻辑判断、数据读取、存储和传送等功能，是单片机的核心部分。

10.2.2.2 存储器

单片机内部一般都有一定数量的RAM，用作数据存储器、堆栈和特殊功能寄存器。某些型号的单片机具有片内ROM，如MCS-51系列的8051具有4KB的掩膜型ROM或4KB的OTP(One Time Programmable)型ROM，8751有4KB的EPROM，而AT89C51有4KB的EEPROM。

10.2.2.3 定时/计数器和通用输入输出I/O接口

定时/计数器用于实现应用系统的定时控制、记时和外部事件计数等。常用的通用I/O接口有并行和串行两种，检测系统中常需要对此功能灵活运用。带有波特率发生器的异步串行通信接口，还可用于实现与其他单片机或智能设备之间的串行通信。

10.2.3 输入、输出通道设计

输入通道数应根据需检测的参数数目来确定，输入通道的结构可综合考虑采样频率的要求及电路的成本按前述的几种基本结构来选择。输出通道的结构主要取决于对检测数据输出形式的要求，如是否需要打印、显示，是否有其他控制和报警功能要求等。

10.2.4 软件设计

计算机检测系统的软件应具有两项基本功能：其一是对输入、输出通道的控制管理功能；其二是对数据的分析、处理功能。对高级系统而言，还应具有对系统进行自检和故障自诊断的功能及软件开发和调试功能等。

10.2 自动检测系统设计

输入通道数据采集、传送的方式有程序控制方式和DMA方式。当不需要以高速进行数据传送时，应多采用程序控制方式，其中最常用的是查询方式和中断方式，对多路数据采集则常用轮流查询方式。

10.2 自动检测系统设计

检测系统的采样工作模式主要有两种：一种是先采样、后处理，即在一个工作周期内先对各采样点顺序快速采样，余下的时间作数据分析、处理或其他工作；另一种是边采样、边处理，即将一个工作周期按采样点数等分，在每个等分的时间内完成对一个采样点的采样及数据处理工作。若在测试中既有要求采样快的参数，也有要求采样慢的参数，则可以采用长、短采样周期相结合的混合工作模式。

10.2.5 计算机检测系统设计的基本步骤

计算机检测系统设计大致可分为总体设计与详细设计两个阶段。

10.2.5.1 系统总体设计

1. 确定所需的信息及需要测量的系统物理参数

在检测系统的设计中，应防止信息过多和信息不足两种情况的发生。第一种情况是由于不断提高系统的测量水平和不断扩大测量范围所致。第二种情况大多是由于对测量在整个系统中的功能和目的考虑不周所致，不能提供所需要的全部信息将会导致系统整体功能的显著下降。

- 2. 测试方法的选择

检测系统采用的测试方法取决于系统的性能指标，如非线性度、精度、分辨率、误差、零漂、温漂及可靠性等。

10.2.5.2 系统详细设计

总体设计完成之后，即可开始进行详细设计。详细设计宜采用模块化设计方法，需要考虑以下因素：

(1) 根据性能要求选择相应的测量方法。

(2) 选择适当的传感器和转换器。

(3) 考虑系统所处现场需要的处理功能。

(4) 与传感器、转换器相配合的硬件和机电装置的规格，以及专用器材的制造。

(5) 有关的应用软件的选择及软件的编制。

10.3　基于单片机的自动检测系统设计实例

10.3.1　电阻炉自动温度控制系统

10.3.2　转速的实时测量及数据处理

10.3.3　车载信息系统

10.3　基于单片机的自动检测系统设计实例

10.3.1　电阻炉自动温度控制系统

程序控制升温、保温与降温是生产中经常遇到的问题。为保证生产过程正常安全地进行，提高产品的数量与质量，减轻工人的劳动强度，节约能源，常要求加热对象的温度按某种指定规律变化。

10.3.1.1 系统要求的测控任务

电阻炉自动温度控制系统，就是一种能对加热炉的升、降温速度和恒温时间用单片机严格控制的装置，它将温度变送、显示和数字控制集于一体，该系统可完成以下测控任务：

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

（1）实现n段（$n \leqslant 28$）可编程温度调节，程序设定温度曲线如图10-1所示，操作者只需设定转折点的温度Ti和时间ti，即可进行恒速升温、保温和恒速降温，获取所需的程控曲线。

（2）具有热电偶冷端温度自动补偿，热电偶非线性校正和数字滤波功能，温度检测精度达1℃，测量最高温度为1 100℃。

（3）具有自动调节加热电源电压的功能。

（4）采用6位LED显示，其中2位显示运行状态的段号，4位显示数值，通常显示温度，可改变为显示时间，10s后自动返回显示温度。

（5）具有显示系统运行状态及超温、故障报警功能，并在故障时自动切断加热电源，达到保护的作用。

（6）输出通道与主机进行光电隔离，使系统具有较强的抗干扰能力。

（7）可在线设置或修改参数与状态。

（8）微机具有掉电保护功能。

10.3　基于单片机的自动检测系统设计实例

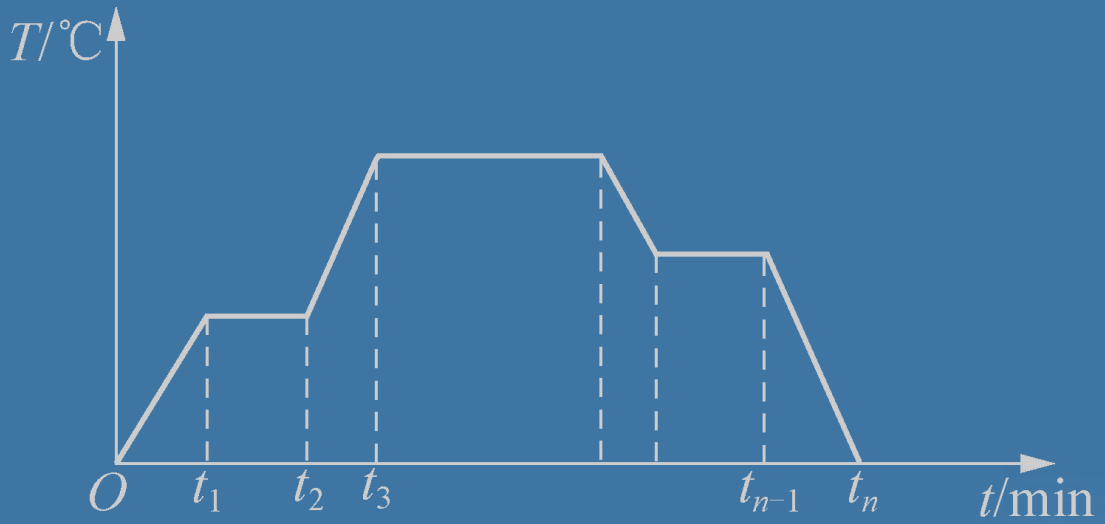


图10-1　程序设定温度曲线

10.3.1.2 系统硬件部分

电阻炉自动温度控制系统硬件原理框图如图10-2所示，该系统是对温度进行检测及控制的闭环系统，系统采用直接数字控制(DDC)方式，它由单片机部分，键盘及显示器，I/O接口及光电耦合，温度检测与放大电路，晶闸管加热系统等部分组成。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

（1）电阻炉加热系统。采用双向晶闸管控制加热电阻加热，单片机与晶闸管加热系统之间用光电耦合器进行隔离，为使单片机发出的触发信号与晶闸管所加电源同步，需把过零检测信号送到单片机中去。若超温、失控，则单片机发出指令，切断加热系统的电源。

(2) 温度检测与转换。温度检测采用镍铬-镍硅K型热电偶，把热电偶输出的毫伏电压信号经冷端温度补偿后进行放大(如图10-3所示)，进行A/D转换(MC14433)后送到单片机中去。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

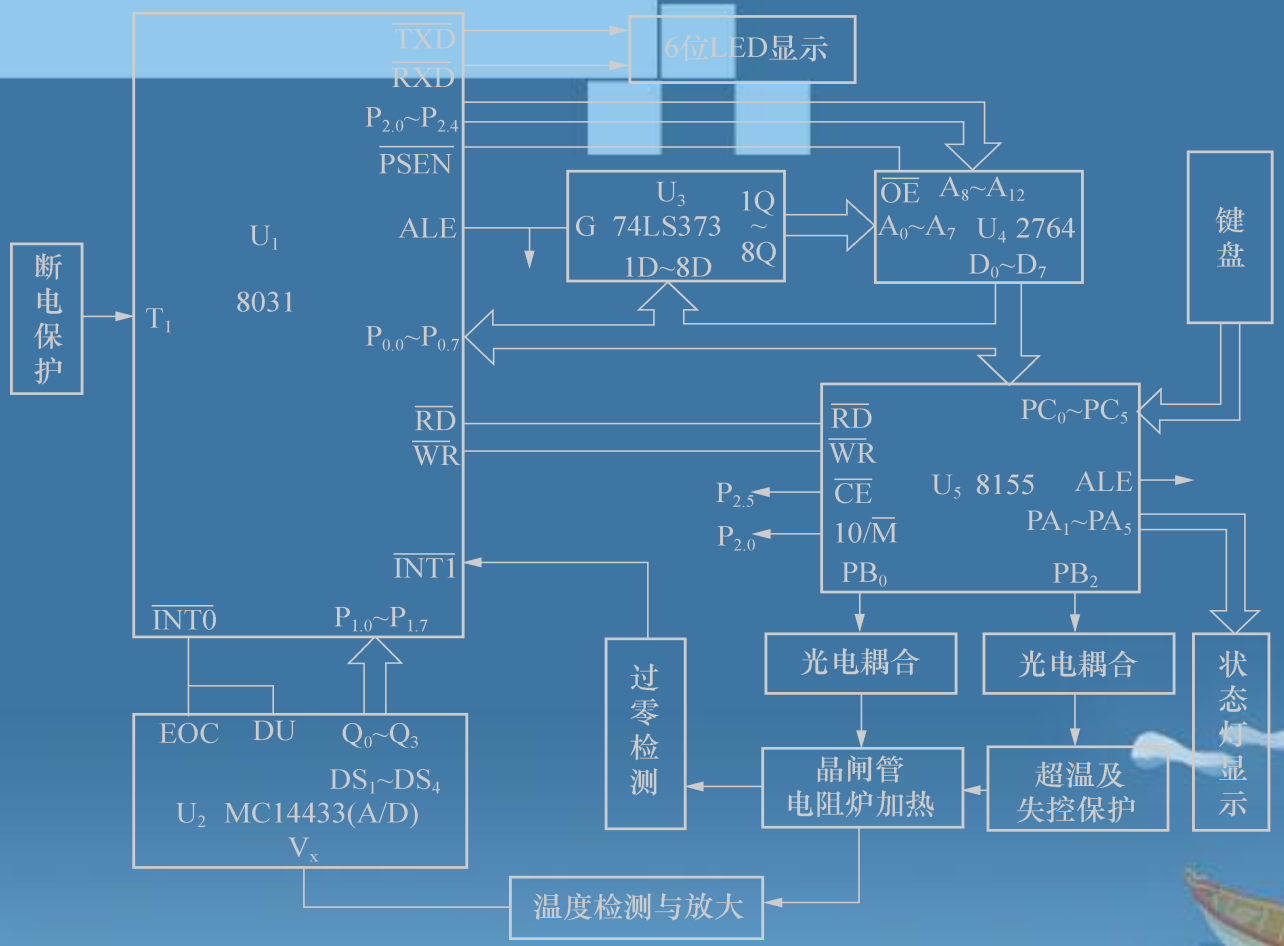


图10-2 电阻炉自动温度控制系统硬件原理框图

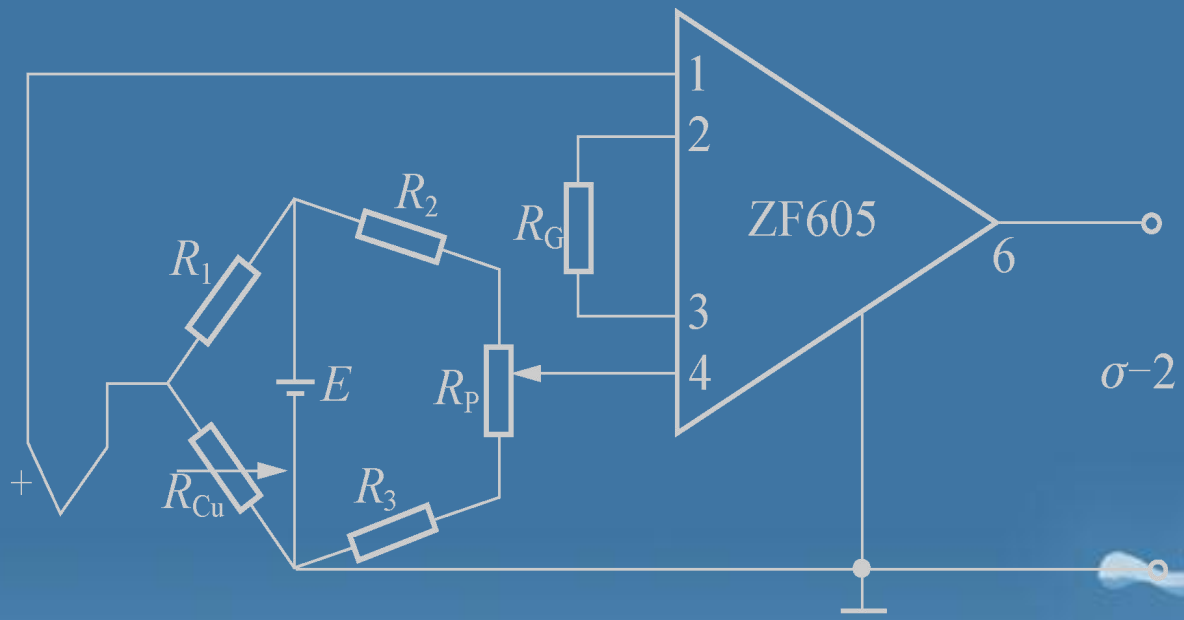


图10-3 热电偶温度补偿及放大电路

(3) 单片机硬件系统。单片机CPU选用8031芯片，外加EPROM2764芯片、8155芯片、74LS373地址锁存器组成单片机硬件系统。8031 P_1口用于接收温度信号；P_2口用于ROM扩展；P0口用于数据传送；T_1口用于断电保护；INT1中断用于接收过零检测信号；串行口输出进行6位LED显示；8155内部RAM用于控制参数的存储；PA口用于发光二极管状态显示；PB_0用于控制晶闸管加热及超温、失控保护；PC口用于键盘输入。

（4）键盘及显示。键盘根据需要只设置7个键，这7个键分别是控制参数输入准备键K_1，读控制实时时间键K_2，运行键K_3，控制参数写入及读数据键K_4(与位置显示开关K_5联动)，输入参数及读数据完成键R_E，置数键R_F和复位键R_S，其中前6个键通过8155 PC口传递键入信息。显示分两部分：6位LED显示器用于运行状态及温度、时间显示，通过K2键进行温度、时间显示转换；6个发光二极管分别用于升温、降温、恒温、运行、超温及故障显示。

10.3.1.3 系统软件部分

根据系统要求，软件考虑采用键盘管理程序作为主程序的模块化设计方案，主程序流程图如图10-4所示。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

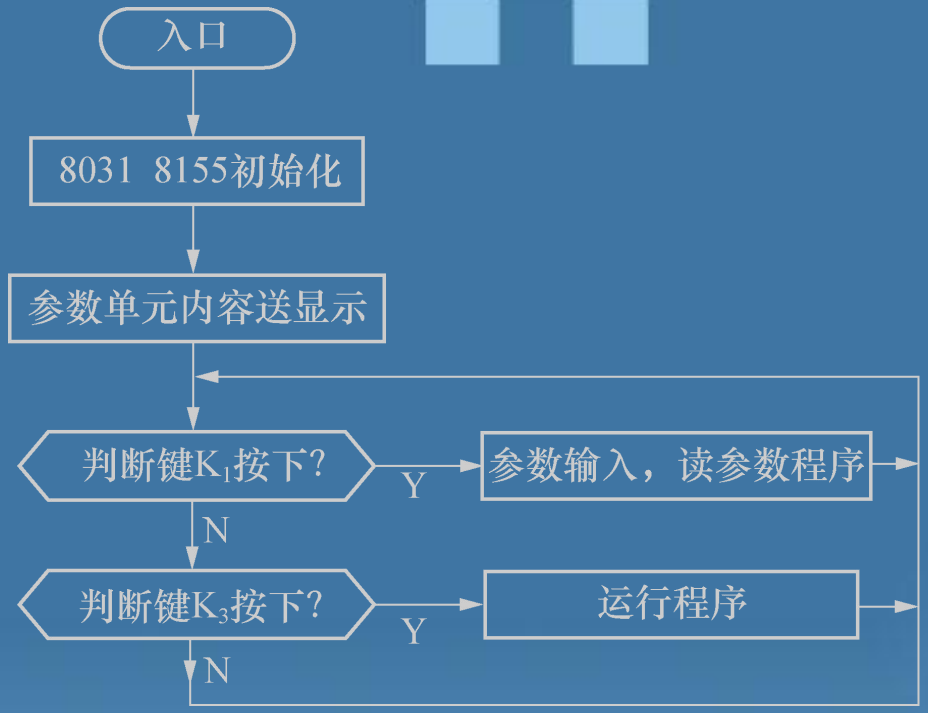


图10-4 主程序流程图

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

主程序入口后先进行8031芯片和8155芯片初始化，对应RAM中的单元内容送显示，判断控制参数输入准备键K_1和运行键K_3是否按下，若按下，则转参数输入及读参数程序或运行程序。运行程序如图10-5所示，其中状态单元内容是人为设置的，是输入的一种参数，设为A表示恒温控制，B表示升温控制，C表示降温控制，E表示整个加热工艺过程结束。

显示End，若不是以上4种符号，表示运行过程中有出错，则显示Err，切断加热电源，状态显示熄灭，最后判断S_E键是否按下，若按下，则返回主程序。运行程序中调用恒温控制、升温控制和降温控制3个子程序。每个子程序均由采样、数字滤波、线性化处理及数字控制计算(PID运算)等部分组成，都把最后结果送显示。这样，系统就可根据给定参数完成程序温度控制的任务了。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

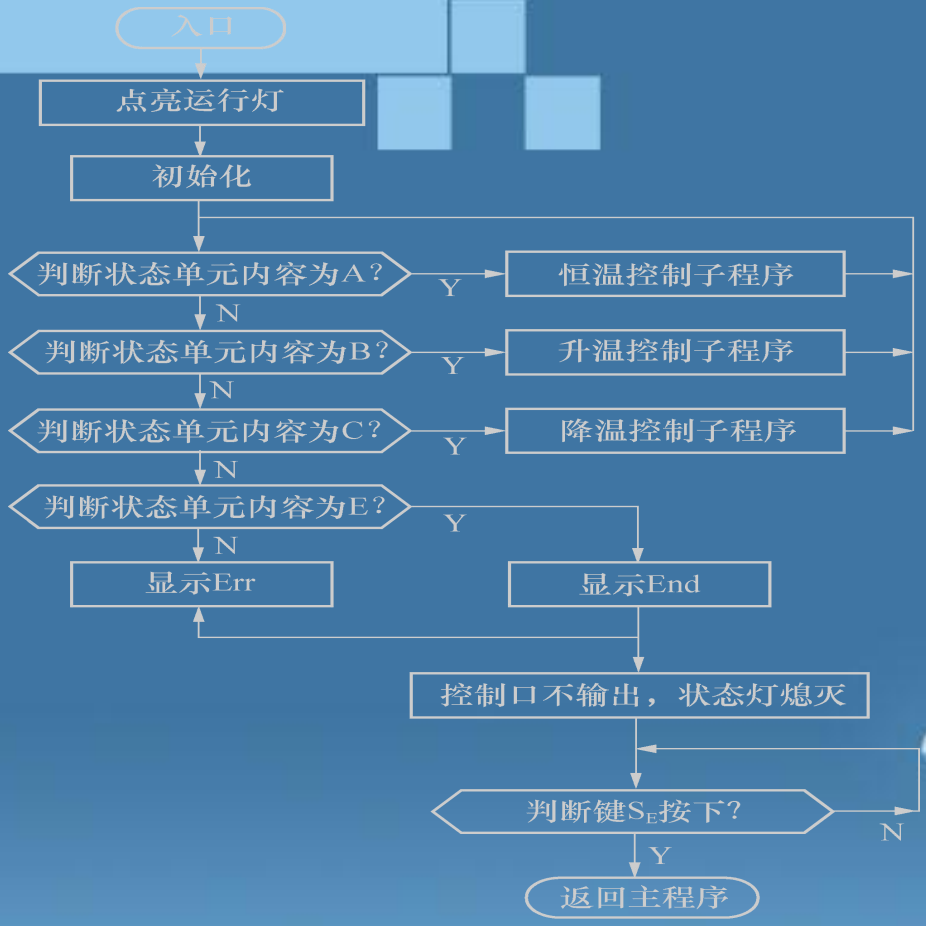


图10-5 运行程序流程图

10.3.2 转速的实时测量及数据处理

设计以8031单片机为核心的计算机检测系统，用于过程控制和工业设备中对转轴转速的实时测量及数据处理等，并可以作为智能仪表或集散型测控系统的子系统。

10.3.2.1 系统的主要性能

系统的测速范围为6～9 999r/min；系统自动根据转速范围调整测速方法，使相对误差始终小于0.1%；当转速超出设定范围时，系统将报警，且转速设定值可由小键盘输入；系统留有与上位机通信的软硬件接口，以便扩展使用功能。

10.3.2.2 测量方法分析

1. 转速测量原理

为了提高测速精度，系统采用了两种测速方法。高速时采用测频率法，低速时采用测周期法。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

测频率法是在一定的时间内，采集旋转角编码器发出的计数脉冲的个数，然后计算出转速。测周期法是利用单片机内部的定时器，在旋转角编码器发出的计数脉冲的一个或若干个周期内定时测出其周期，然后计算出转速。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

开机时，首先按低速测量，然后判别转速，低于360r/min时按测周期法进行测量，高于此值后，则切换到测频率法测量，这样就保证了各种转速下的测速精度。

转速测量可以采用接触式和非接触式方法，用于旋转体转速测量的传感器较多，如圆光栅、旋转角编码器、自整角电机以及光电式非接触式测量用的光敏元件等。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

本系统采用360p/r的旋转角编码器，转速在360～9 999r/min之间时采用测频率法。转速计算公式为

$$n = 60 \times \frac{N}{360 \times \Delta T} \tag{10-1}$$

式中 N——脉冲个数计算数值；

ΔT——定时周期，s。

其量化误差 $\Delta N=1$，因此相对误差为×100%。显然，N越大，相对误差越小。因此，为了提高测速精度，应该加大每次采集到的计数脉冲个数N，而加大N必须加大定时周期 ΔT，这将导致测速系统的动态特性降低。为解决这个矛盾，在不同的转速范围应采用不同的定时周期。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

当转速在360～1 800r/min之间时，相当于6～30r/s，则每秒发出2 160～10 800个计数脉冲，取ΔT为500ms，则每次可采集到1 080～5 400个脉冲，相对误差为$\frac{1}{1\,080}\times100\%$～$\frac{1}{5\,400}\times100\%$，即0.09%～0.018%；当转速在1 800～9 999r/min之间时，取ΔT为100ms，则每次可采集到1 080～6 000个脉冲，对应的相对误差为0.09%～0.017%。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

采用两种不同的定时时间，既保证了相对误差小于0.1%，又保证了在高速时系统的动态响应速度。工作时，用CPU内部定时器实现100ms的基本定时，再与软件计数器结合实现不同的采样周期。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

在低速时应采用测周期法。测周期法是在脉冲的上升沿到来时开始定时，脉冲的下降沿到来时停止定时。计算出定时时间再乘以2即为旋转一周的时间。MCS-51单片机具有门控工作方式，通过指令使定时器0工作在门控工作方式，并将旋转角编码器的计数脉冲引到8031的外部中断输入引脚INT0。

这样，当计数脉冲上升沿到来时，INT0为高电平，定时器0开始定时；当计数脉冲的下降沿到来时，INT0转为低电平，定时器立即停止计数。读出定时器内的计数值再乘以单片机的机器周期即可得到定时时间。转速计算公式为

$$n = \frac{1}{2 \times N \times T_1 \times 360} \tag{10-2}$$

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

式中 N——定时器计数值；

T_1——单片机的机器周期，s。

如8 031的主频率为6MHz，则T_1=2 μs。这里可知计算机的主频越高，测量精度越高。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

由式(10-2)确定的转速的相对误差仍为 $\frac{1}{N}\times 100\%$，所以定时器计数值N越大越好。因此，转速在6～30r/min之间时，采用单周期测量；转速在30～120r/min之间时，采用4周期测量；转速在120～360r/min之间时，采用8周期测量，以保证相对误差不大于0.1%的要求。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

例如，n=120r/min相当于2r/s，旋转角编码器每秒发出720个脉冲，脉冲周期为1 388.8μs，高电平时间为694.4μs，采用4周期测量，采样周期为694.4×4=2 777.6μs，由于T_1为2μs，所以计数值为2 777.6/2 339，其相对误差为 $\frac{1}{1\,339}\times 100\% = 0.07\%$ 。

2. 测量法的自动切换

测量法的切换由软硬件配合实现，这是保证本转速测量系统测量精度的关键。如图10-6所示为旋转角编码器计数脉冲切换的硬件控制电路原理图。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

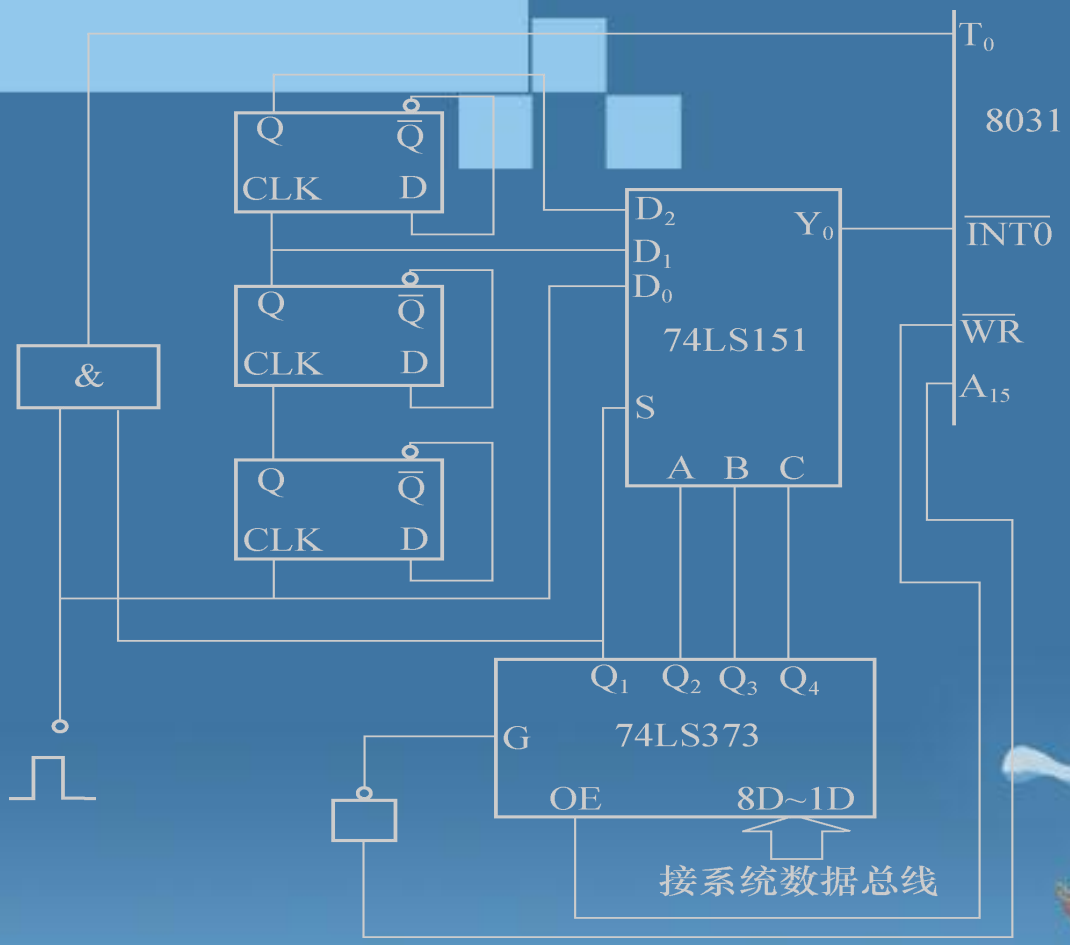


图10-6 旋转角编码器计数脉冲切换的硬件控制电路原理图

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

图10-6中，74LS373为8D锁存器，74LS151为8选1多路模拟开关。当74LS373的Q_1端输出为1时，与门将计数脉冲引到8031定时/计数器通道0的外部脉冲输入端T_0，系统采用测频率法测量。当74LS373 的Q_1 端输出为0时，系统选通数据选择开关74LS151的使能控制端S，使计数脉冲通过74LS151有选择地输入到8031的外部中断输入端INT0，系统采用测周期法测量。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

在用测周期法测量时，74LS373 Q_2、Q_3、Q_4端的输出控制74LS151的数据选择端A、B、C，切换Q_2、Q_3、Q_4端的数值(000、100、010)，可以选择将计数脉冲直接输入、4分频输入、8分频输入3种方式，即选择单周期、4周期、8周期测量。

10.3.2.3 系统组成

根据上述测量原理，可以设计如图10-7所示的系统的硬件电路。该电路由以下几部分组成：

(1) 单片机8031、地址锁存器74LS373与程序存储器2764组成单片机最小系统。

(2) 单片机8031、显示数据锁存器74LS273与数码管LED以共阴极方式构成静态显示模块。系统工作时，由8031先将显示数据进行软件译码，分4次将显示字型数据写入锁存器。

（3）并行接口8155、命令输入键盘、声光报警器构成控制与报警模块。

（4）旋转角编码器、计数脉冲输入通道选择电路、8031计数器T0口与外部中断INT0构成计数脉冲输入通道。

（5）由单片机串行口构成的与上位机的接口电路。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

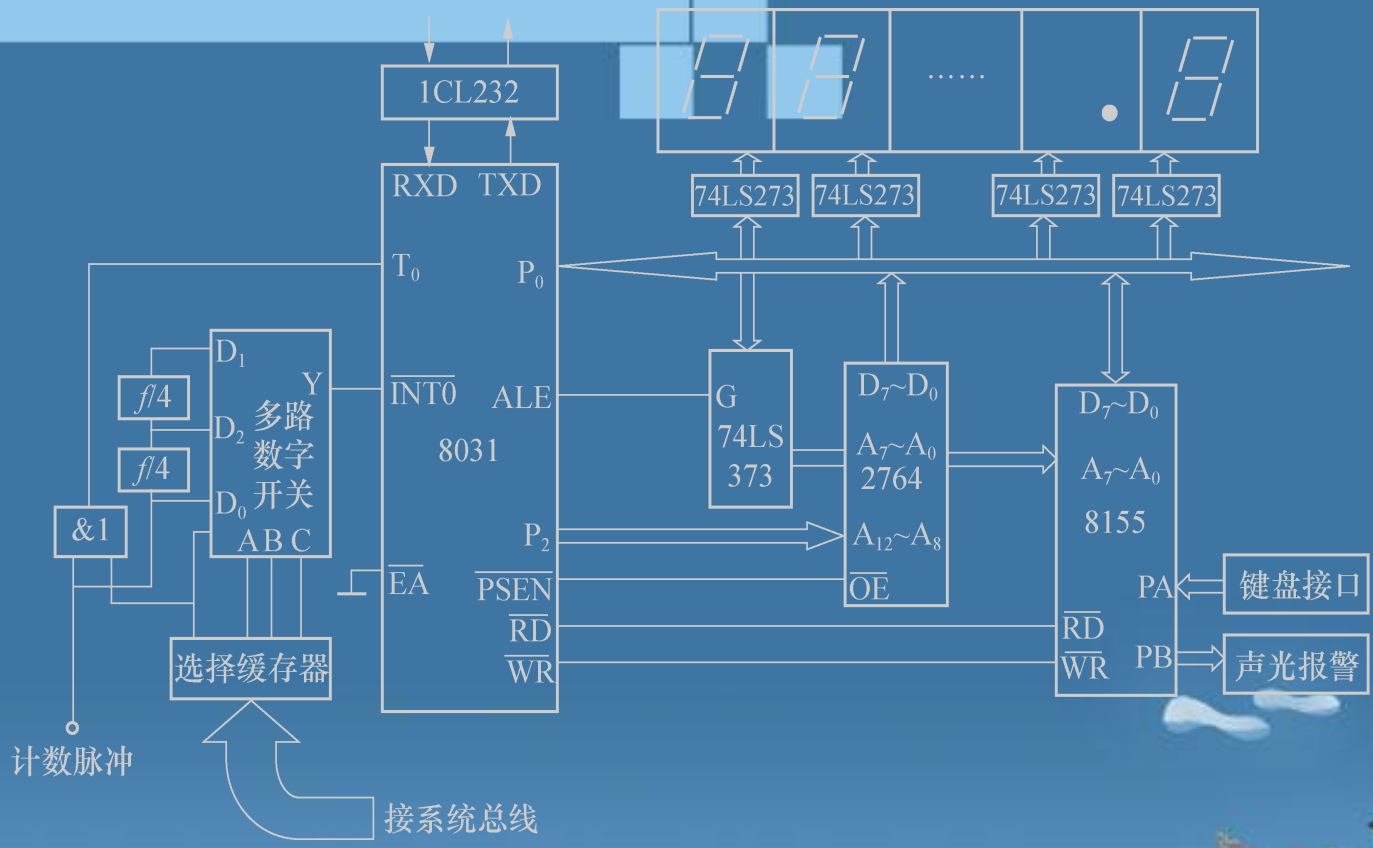


图10-7 单片机测速系统电路原理图

10.3.3 车载信息系统

车载信息系统是以计算机为核心，对汽车的各种状态，如燃油液位、电池电压、水温、机油压力及车速等参数进行采集、处理、显示和报警提示。驾驶员根据报警提示的结果进行相应处理，以使汽车安全正常行驶。

10.3.3.1 系统的构成和工作原理

车载信息系统的构成如图10-8所示。它由工控机、多种传感器、信息采集部件、计数器卡、声光显示和报警部件、GPS以及管理控制软件所组成。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

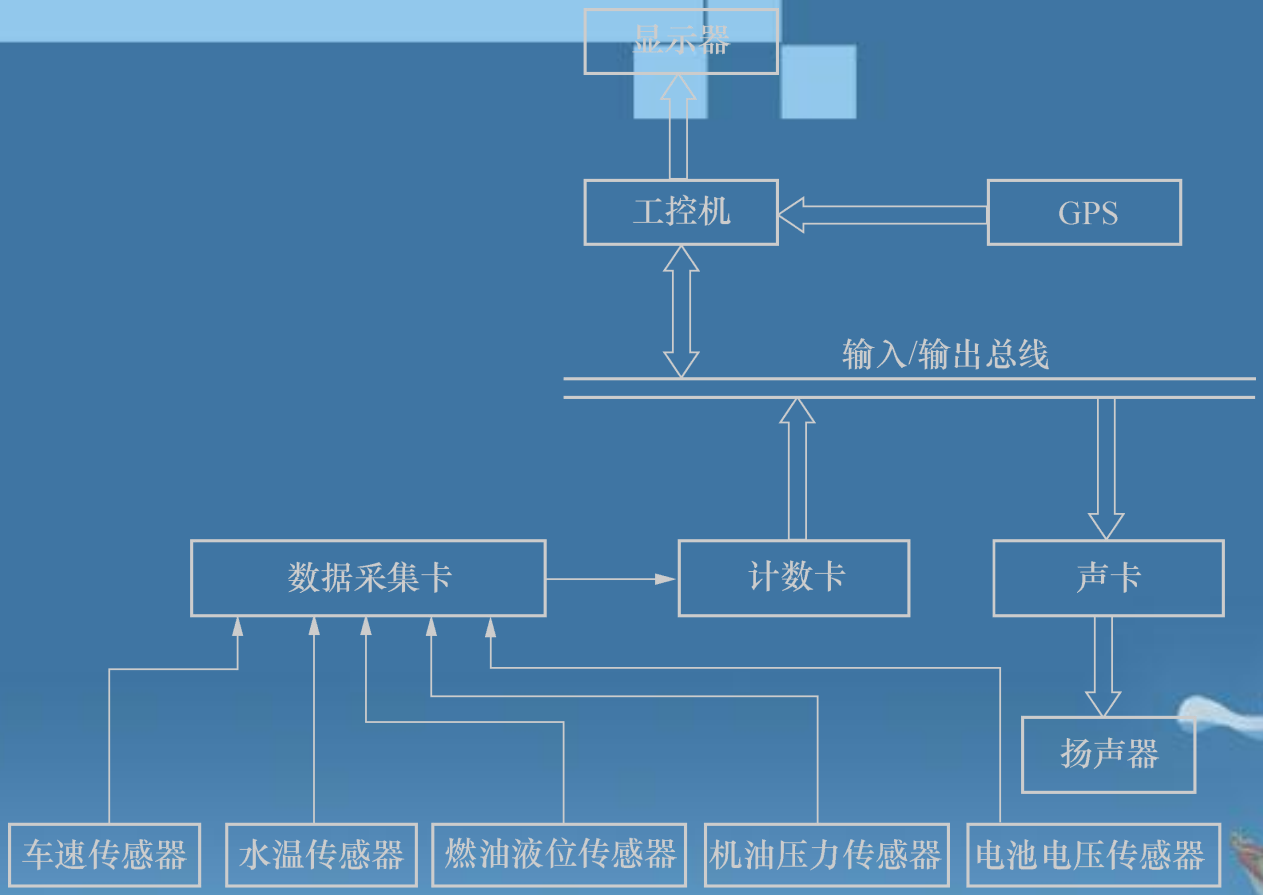


图10-8 系统工作原理框图

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

该系统的工作原理是：汽车燃油的液位、电池电压、水温、行进速度、机油压力各种信息参数都由相应的传感器进行检测。以上几种传感器，除去车速传感器和电池电压传感器之外，各种参数的变化都表现为电阻值的变化。这些电阻值的变化通过信息采集卡转变为相应数字信号的变化，而车速传感器是由磁钢和霍尔开关传感器所组成的，它直接把汽车轮的转数转化为数字信号，电池电压则直接通过压控振荡器转化为数字信号。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

计数卡由多路计数器组成。工控机在软件的控制下，巡回检测各路传感器所对应的脉冲对计数器的计数值，并通过数值标定，以单位时间内的计数值来确定所检测信息的物理量的大小。这些物理量以图示的方式显示在液晶显示屏上，以便驾驶员观察，当某一物理量超过安全范围值时，即发出声、光报警信号，警示驾驶员尽快采取措施，以保证汽车的正常运行。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

GPS全球卫星定位系统是车载信息系统的一个组成部分，它根据从3颗以上不同卫星发来的数据，随时计算和显示汽车自身所处的地理位置，即所处地理位置的经度和纬度。

10.3.3.2 系统的硬件配置

1. 工控机

工控机与普通微机相比具有较强的抗干扰能力，车载信息系统要在汽车行驶的条件下运行，环境比较差，除频繁强烈的颠簸之外，还容易对计算机系统产生各种各样的干扰，这就要求计算机不但能耐受强烈的震动，还要具有较强的抗干扰能力。

2. 信息数据采集部件

信息数据采集部件的功能是把要检测的如汽车燃油液位、电池电压、水温、机油压力和车速等物理量的状态，通过该部件转化成计算机能接收和识别的数字信号。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

本信息数据采集部件由检测几个被测参数的传感器，电压/频率转换电路所组成，其工作原理方框图如图10-9所示。它是将检测几个物理量状态传感器所呈现的模拟量的变化转换为脉冲信号振荡频率的变化。电阻值的变化表现为电压值的变化，这些变化的电压值控制各自的压控振荡器，产生频率变化的脉冲信号。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

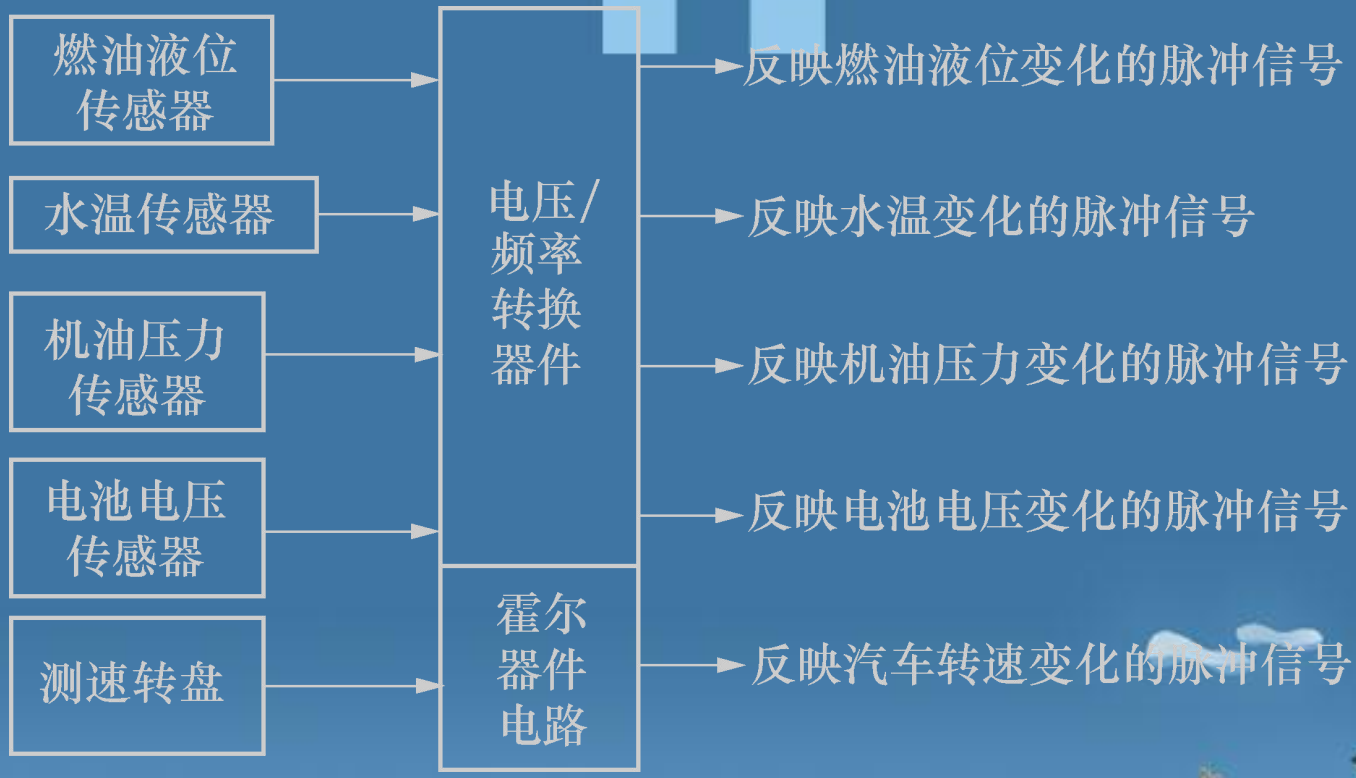


图10-9 信息数据采集部件工作原理方框图

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

电池电压的检测通过蓄电池输出电压的分压，将分压电阻所取得的电压直接控制压控振荡器产生脉冲信号。汽车蓄电池的额定电压值是12V，报警的下限值是11V，即当电压低于11V时，进行声光报警。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

压控振荡器是该部件的核心电路。本部件共设有4个压控振荡器电路单元，它们分别对应燃油液位、水温、电池电压和机油压力。由于汽车所产生的各种噪声对整个车载信息系统产生很强的干扰，故该电路所产生的脉冲信号与系统信息要用光电耦合器隔离。隔离之前的输入信号与汽车共地，隔离之后的输出信号与计算机共地。由于采取了这一措施，故有效地抑制了汽车对信号系统的噪声干扰。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

信息数据采集部件功能还包括对转速数据的采集。在表示汽车转数的软轴所拖带的转盘上，周圈固定一定数量的磁钢，霍尔磁感应器件位于该转盘的周圈之上。当转盘转动时，处于转动状态的磁钢转到霍尔器件正下方时，霍尔器件的输出状态发生一次变化，转盘每转一圈，霍尔器件就输出与磁钢数目相对应的脉冲信号。

3. 计数卡

数据采集部件将要检测的物理量转换成不同频率的脉冲信号。计数卡的作用是接受脉冲信号，将不同频率的脉冲信号记忆在不同通道的计数器里，计算机随时读取被记忆的脉冲信号，并将各个脉冲信号所对应的物理量在屏幕上显示。

4. 声光显示和报警部件

声光显示和报警部件主要由工控机的外部设备彩色液晶显示屏、声卡和扬声器组成。在软件的控制下，被检测的各个物理量以不同的图符显示在显示屏上，当检测到的参数在安全范围内用蓝色表示时，相应的图标用暗色显示，当处于危险区时则用红色表示，相应的图标也变为红色。当参数从安全区进入到危险区时提供语音报警，警示驾驶员尽快采取措施，以保证汽车的正常运行。

5. GPS全球卫星定位系统

GPS全球卫星定位系统是车载信息系统的一个组成部分，它由抗遮挡并行8通道 GPS接收机和配套的有源高增益微带GPS天线所组成。它接收分布在6个不同地球轨道上共24颗卫星每秒钟发来的定位数据，并根据从3颗以上不同卫星发来的数据计算出自身所处地理位置的坐标，即所处地理位置的经度和纬度。

10.3.3.3 系统的软件设计

本系统的软件结构如图10-10 所示，它由主控程序模块CCarComputerDlg与6个子程序模块CCounter、CSerialPort、CManageGPSData、CCreateLED、CDrawCarInfo和CDrawSpeedPan组成。该软件按其功能可以分为数据获取、数据处理和状态显示几部分，这几个功能分别由相应的子程序模块所对应。

10.3 基于单片机的自动检测系统设计实例

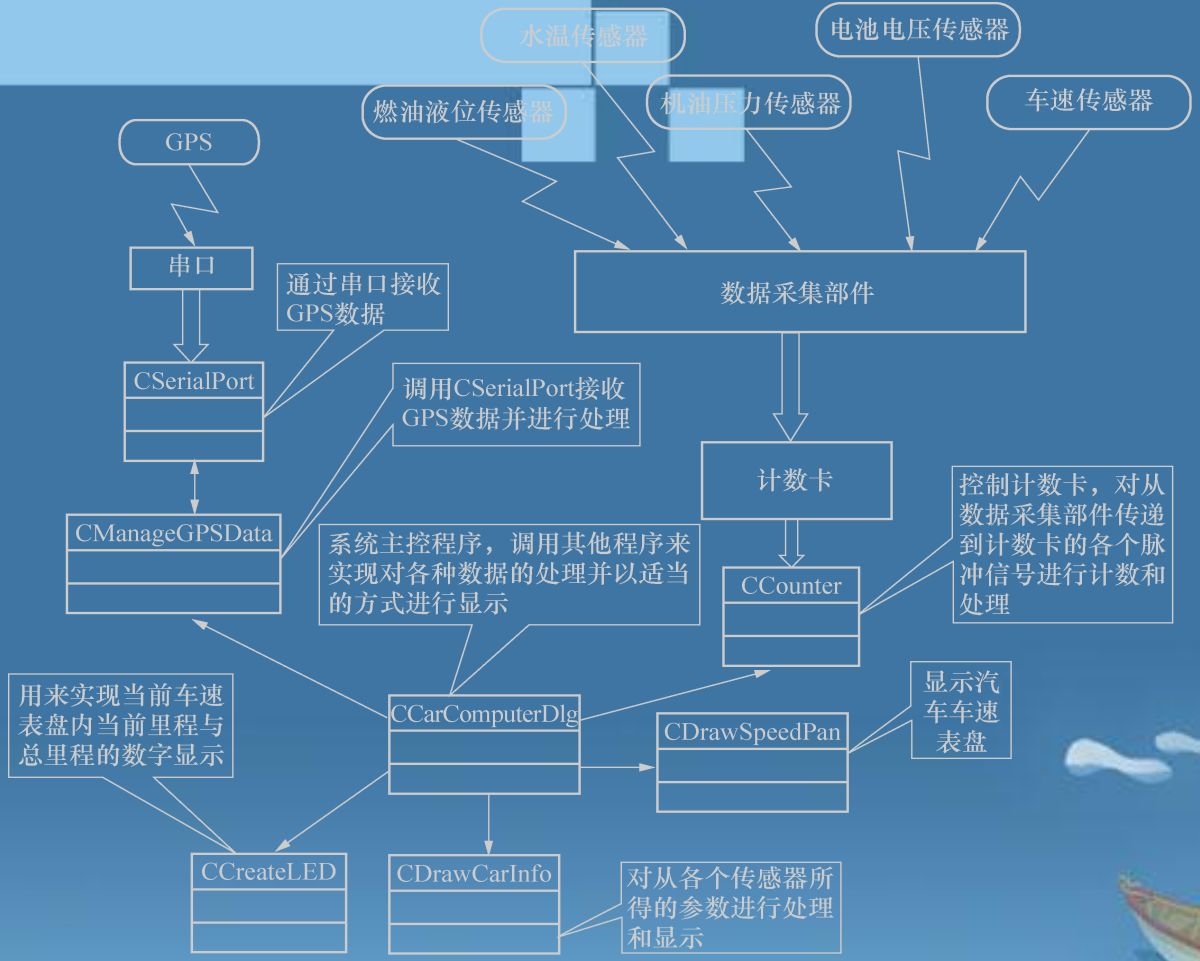


图10-10 系统软件结构示意图

10.4　自动检测系统的可靠性

10.4.1　可靠性的基本概念

10.4.2　提高可靠性的措施

10.4　自动检测系统的可靠性

10.4.1　可靠性的基本概念

10.4.1.1　可靠性问题的提出

从20世纪50年代起，国外就兴起了可靠性技术的研究。在第二次世界大战期间，美国的通信设备、航空设备、水声设备都有相当数量发生失效而不能使用。因此，美国便开始研究电子元件和系统的可靠性问题。

10.4.1.2 可靠性的基本概念

1. 可靠性的定义

自动检测系统或机电产品的可靠性，是指在规定的时间内，在规定的条件下，完成规定功能的能力。

可见，它是从3个不同的角度定义了产品的可靠性。

(1) “规定的时间”是指对保持产品的质量和性能有一定的时间要求，即产品的可靠性随时间而变化。这一“规定的时间”是产品可靠性的一个重要技术指标和考核要求。对不同的产品，这一时间要求不同。

(2) “规定的条件”是指产品的使用条件，如温度、湿度、载荷、振动和介质等。显然，这些也是产品可靠性的技术指标和考核要求。对不同的产品，给定或适用的条件不同。

(3) “规定的功能”是指自动检测系统或机电产品的技术性能指标，如精度、效率、强度和稳定性等。对不同的产品，应明确规定达到什么指标才合格；反之，就要明确规定产品处于什么情况或状态下而失效。

2. 可靠度

在可靠性研究中，为了定量描述产品的可靠性问题，提出了可靠度的概念，即产品在规定的时间内，在规定的条件下，完成规定功能的概率，称为产品的可靠度。显然，可靠度是对产品可靠性的概率度量。

3. 失效率

自动检测系统或机电产品总有产生失效(故障)的时候，对同一产品进行大量试验可得出产品的失效规律。产品的失效率是指产品工作到某一时间后的单位时间内产生失效的概率，即产品工作到一定时刻t后，在单位时间内产生失效的产品数与时间t时仍在正常工作的产品数之比。

10.4.2 提高可靠性的措施

10.4.2.1 利用失效的规律来提高可靠性

如图10-11所示为自动检测系统和机电设备的一般失效曲线，由于曲线的形状酷似浴盆，故谓之“浴盆曲线”。曲线纵坐标是设备的失效率，横坐标是使用时间。平行于横坐标的一条虚线为设备规定的失效率，该虚线与浴盆曲线的两个交点把曲线划分为3种失效类型，可利用此规律提高可靠性。

10.4 自动检测系统的可靠性

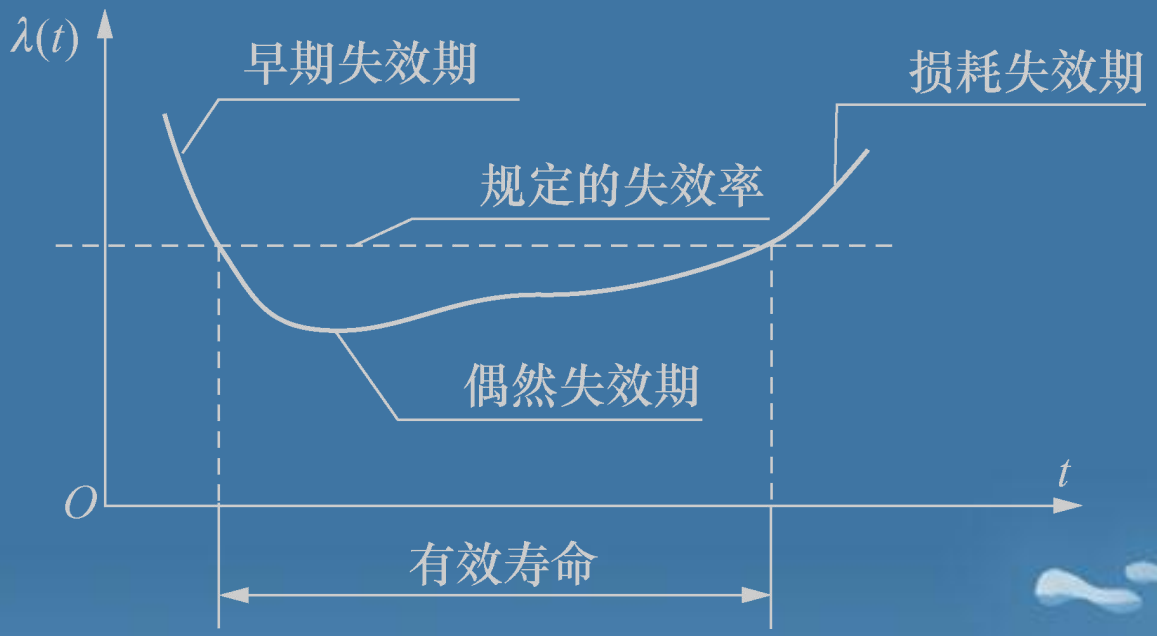


图10-11 一般失效曲线(浴盆曲线)

10.4 自动检测系统的可靠性

（1）早期失效期。设备在启用初期，失效率很高，但经调试或维修后很快减小。这种失效主要是由设计、制造和加工装配等缺陷造成的。通过对这一时期产品失效的分析，可以改进设计、制造和加工装配等薄弱环节，提高产品的可靠性，另外还需对元器件采用人工老化筛选，以保证在自动检测系统中元器件处于稳定工作期。

10.4 自动检测系统的可靠性

产品的早期失效期，一般应在生产厂内经由调试、试运转和检验等手段，考核通过后出厂。早期失效期的失效率 $\lambda(t)$ 随时间而下降，这种失效类型称为早期失效型。

（2）偶然失效期。经过早期失效期后，设备对规定的使用条件已经适应，即可服役使用。设备在此期间内，一般只是出于偶然的因素，如突然过载和碰撞等事故性原因而导致失效。在这一阶段，设备的失效率最低，并且稳定，其失效率可视为常数。这种失效类型称为偶然失效型。设备的这段服役期表征了设备的有效寿命。

（3）损耗失效期。经过一定时间的使用，设备上的某些零部件出现老化、磨损，因而失效率随时间而上升。这种失效类型称为损耗失效型，它是机电设备正常的失效形式。该阶段的失效率一般按正态分布。因此，要避免系统中的元器件在此阶段中工作，应对自动检测系统进行定期检修和更换元器件。

10.4.2.2 采用重复备用系统来提高可靠性

在采用上述措施后仍不能满足要求时，可以采用重复备用系统来提高系统的可靠性。并联重复备用系统的总可靠度为

$$P_S = 1 - (1 - \prod_{i=1}^{i=m} P_i)^n \tag{10-3}$$

10.4 自动检测系统的可靠性

式中 P_s——系统的总可靠度；

P_i——系统中相串联的各单元的可靠度；

m ——系统中相串联的单元数目；

n ——相同备用单元的数目。

在同样元件数的情况下，并串联重复备用系统具有较高的可靠度。