

基于Proteus 和汇编语言的

单片机原理、应用与仿真

赵林惠 李一男 赵双华 编著



科学出版社

基于 Proteus 和汇编语言的 单片机原理、应用与仿真

赵林惠 李一男 赵双华 编著

科学出版社

北 京

014030210

内 容 简 介

本书着重介绍单片机的内部结构、工作原理、程序设计,以及各种常用的接口技术,包括中断系统、定时器/计数器、8255 I/O 扩展、显示器和键盘接口、数模和模数转换技术、串行通信及总线技术。另外,以 Proteus 和 Keil 开发软件为基础,结合具体实例,讲解利用 Proteus ISIS 和 Keil uVision 开发环境进行应用系统虚拟仿真设计的方法。书中给出了所有实例的 ISIS 仿真电路图及汇编语言程序清单,且实例均在 ISIS 7.7 SP3 和 uVision 3 软件平台上调试通过,可直接运行。

围绕使学生掌握如何运用单片机解决具体问题这一目的,在设计实例时采取循序渐进的方式,按照章节内容的安排改变或添加功能,最终实现较复杂的任务,旨在培养和锻炼学生的基本应用技能。以图解的方式说明问题是本书的另一大特色。

本书适合作为采用教、学、做相结合的项目式教学模式的单片机课程教材,也适合作为单片机技术初学者的入门教材。

图书在版编目(CIP)数据

基于 Proteus 和汇编语言的单片机原理、应用与仿真 / 赵林惠, 李一男, 赵双华 编著. —北京: 科学出版社, 2014.5

ISBN 978-7-03-040074-1

I. 基… II. ①赵… ②李… ③赵… III. ①单片微型计算机 - 系统仿真 - 应用软件 ②单片微型计算机 - 汇编语言 - 程序设计 IV. ① TP368.1 ② TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 045388 号

责任编辑: 孙力维 杨 凯 / 责任制作: 魏 谨

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 于启宝

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 5 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2014 年 5 月第一次印刷 印张: 23 1/4

印数: 1—3 000

字数: 505 000

定价: 59.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



前言

随着嵌入式应用的发展，单片机所具有的体积小、使用方便灵活、成本低等特点使其广泛用于电子、家用电器、玩具、航空航天、汽车、仪器仪表等领域，因此对单片机的应用能力成为当代工科大学生不可或缺的一种技能。

单片机技术是一门应用性很强的专业课，可以广泛用于机械、自动化、检测、电子工程及信息技术等各类专业。但在多年的教学中发现，学生在学习单片机课程时总是感觉很困难，对其中的很多知识点觉得难以理解，更谈不上掌握。同学们往往在努力一个学期后收获甚微，有的甚至连基本概念都没有建立起来。为此，我院近几年一直在尝试新的教学和考试方法，强调培养学生运用单片机解决具体问题的能力和动手操作能力，而淡化枯燥的理论知识。只有先将学生的兴趣培养起来，才能激发他们进一步学习的热情，而且，只有先掌握了最基本的技能，才能唤起他们对单片机深层次知识学习的渴望。这个思想促成我们编写了本书。

本书围绕着“什么是单片机？”、“单片机由什么组成？”、“单片机能够做什么以及怎么做？”这几个问题展开，力求通俗易懂、深入浅出、循序渐进。书中利用大量插图帮助读者直观地理解相关内容。本书以学习单片机基础知识为出发点，不详述学术理论方面的细节，而以实用为主，几乎每章都配有学生可以实际动手完成任务，因此，适合作为采用教、学、做相结合的项目式教学模式的单片机课程教材，也适合作为单片机技术初学者的入门教材。

本书的最大特点是基于Proteus仿真软件和Keil开发环境详细讲解51单片机汇编语言应用程序的设计、仿真与调试方法。

本书第1至7章由赵林惠编写，第8至10章由李一男、赵双华编写，第11章中的课程设计项目由李一男、张保钦完成，全书的校对工作由李一男和刘晓彤负责。编写过程中，得到了许多同行的帮助和支持，感谢他们提出的宝贵意见和建议。另外，对于家人在编写过程中的支持与奉献，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中存在错误在所难免，敬请读者批评指正。

科 学 出 版 社

科龙图书读者意见反馈表

书 名 _____

个人资料

姓 名: _____ 年 龄: _____ 联系电话: _____

专 业: _____ 学 历: _____ 所从事行业: _____

通信地址: _____ 邮 编: _____

E-mail: _____

宝贵意见

◆ 您能接受的此类图书的定价

20 元以内 ☐ 30 元以内 ☐ 50 元以内 ☐ 100 元以内 ☐ 均可接受 ☐

◆ 您购本书的主要原因有(可多选)

学习参考 ☐ 教材 ☐ 业务需要 ☐ 其他 _____

◆ 您认为本书需要改进的地方(或者您未来的需要)

◆ 您读过的好书(或者对您有帮助的图书)

◆ 您希望看到哪些方面的新图书

◆ 您对我社的其他建议

感谢您关注本书! 您的建议和意见将成为我们进一步提高工作的重要参考。我社承诺对读者信息予以保密, 仅用于图书质量改进和向读者快递新书信息工作。对于已经购买我社图书并回执本“科龙图书读者意见反馈表”的读者, 我们将为您建立服务档案, 并定期给您发送我社的出版资讯或目录; 同时将定期抽取幸运读者, 赠送我社出版的新书。如果您发现本书的内容有个别错误或纰漏, 烦请另附勘误表。

回执地址: 北京市朝阳区华严北里 11 号楼 3 层

科学出版社东方科龙图文有限公司电工电子编辑部(收)

邮编: 100029



目 录

第 1 章 单片机概述

1.1 单片机与嵌入式系统	2
1.2 单片机与C51系列单片机	4
1.3 单片机的应用及其工作内容	4
1.3.1 应用领域	4
1.3.2 单片机的工作内容	4
1.4 学习单片机的数学基础	8
1.4.1 二进制	8
1.4.2 十六进制	13
1.4.3 BCD码	14
1.4.4 ASCII码	16
1.5 单片机应用程序的开发语言	17
1.6 单片机开发工具	18

第 2 章 Proteus ISIS的使用

2.1 在ISIS中输入电路原理图	22
2.1.1 Proteus ISIS工具简介	22
2.1.2 原理图设计实例	25
2.2 在ISIS中进行软件设计	29
2.2.1 创建源代码文件	29
2.2.2 编辑源代码	30
2.2.3 将源代码生成目标代码	31
2.3 在ISIS中进行系统仿真	32
2.3.1 将目标代码添加到电路	32
2.3.2 系统仿真及调试	32

2.4 Proteus与 Keil联机仿真调试	36
2.4.1 Proteus与 Keil联调的设置方法	37
2.4.2 联机调试仿真实例	39

第3章 单片机的结构和原理

3.1 单片机的内部组成	44
3.1.1 总线结构	44
3.1.2 单片机的内部结构	45
3.1.3 引脚定义及功能	47
3.2 单片机的工作原理	48
3.3 单片机的存储器	53
3.3.1 半导体存储器	53
3.3.2 存储器的主要指标	54
3.3.3 8051单片机的存储器	55
3.4 输入/输出 (I/O) 接口	62
3.4.1 并行I/O接口的结构和特点	63
3.4.2 并行I/O接口的应用实例	66
3.5 CPU时序及时钟电路	78
3.5.1 CPU时序	78
3.5.2 时钟电路	79
3.6 单片机的工作方式	80
3.6.1 复位方式	80
3.6.2 程序执行方式	81

第4章 单片机的指令系统

4.1 指令系统概述	86
4.1.1 汇编语言指令格式	86
4.1.2 指令系统标识符	87
4.1.3 寻址方式	87
4.1.4 伪指令	87
4.2 数据传送类指令	90
4.2.1 内部RAM数据传送指令 (16条)	91
4.2.2 外部RAM数据传送指令 (4条)	94

4.2.3 查表指令 (2条)	96
4.2.4 数据交换指令 (5条)	99
4.2.5 堆栈操作指令 (2条)	100
4.3 算术运算类指令	102
4.3.1 加法指令 (14条)	102
4.3.2 减法指令 (8条)	107
4.3.3 乘法和除法指令 (2条)	108
4.4 逻辑操作类指令	110
4.5 控制转移类指令	115
4.5.1 无条件转移指令 (4条)	115
4.5.2 条件转移指令 (8条)	118
4.5.3 子程序调用与返回指令 (4条)	123
4.5.4 空操作指令 (1条)	125
4.6 位操作类指令	125
4.6.1 位数据传送指令 (2条)	126
4.6.2 位逻辑操作指令 (6条)	126
4.6.3 位状态 (置位、清0) 控制指令 (4条)	127
4.6.4 位条件 (控制) 转移指令 (5条)	128

第5章 汇编语言程序设计

5.1 汇编语言程序设计步骤	134
5.2 汇编语言程序的结构形式及其设计	135
5.2.1 顺序程序设计	135
5.2.2 分支程序设计	135
5.2.3 循环程序设计	138
5.2.4 子程序设计	145
5.3 综合程序设计	149
5.3.1 查表程序	149
5.3.2 散转程序	154
5.3.3 数制转换程序	155
5.3.4 算术运算程序	157
5.4 汇编语言程序的调试方法	158
5.5 汇编语言程序开发实例	159

第6章 中断系统

6.1 中断概述	172
6.1.1 数据传送方式	172
6.1.2 中断技术基础	172
6.2 8051单片机中断系统	175
6.2.1 中断源	175
6.2.2 中断控制	176
6.2.3 中断响应	182
6.2.4 中断请求信号的撤除	184
6.3 中断程序的设计与应用	185
6.3.1 中断程序设计	185
6.3.2 中断程序设计实例	188
6.3.3 中断程序的调试方法	197

第7章 定时器/计数器

7.1 定时/计数器概述	202
7.1.1 定时/计数器的结构	202
7.1.2 定时/计数器的工作原理	203
7.2 定时/计数器的控制	205
7.2.1 控制寄存器TCON	205
7.2.2 工作方式寄存器TMOD	206
7.3 定时/计数器的工作方式	208
7.3.1 方式0	208
7.3.2 方式1	209
7.3.3 方式2	210
7.3.4 方式3	211
7.4 定时/计数程序的设计与应用	212
7.4.1 定时/计数程序设计	212
7.4.2 定时/计数程序设计实例	214

第8章 常用接口技术

8.1 单片机系统扩展概述	236
8.1.1 单片机扩展系统结构	236

8.1.2 扩展系统编址技术	237
8.2 并行I/O接口扩展技术	241
8.2.1 并行I/O接口扩展概述	241
8.2.2 简单并行I/O接口扩展	242
8.2.3 可编程并行I/O接口扩展	243
8.3 输入输出通道接口技术	250
8.3.1 D/A转换接口技术	251
8.3.2 A/D转换接口技术	259
8.4 键盘及显示器接口技术	264
8.4.1 键盘接口技术	264
8.4.2 显示器接口技术	270
8.5 接口技术应用实例	278

第9章 串行总线及串行接口技术

9.1 串行通信概述	292
9.1.1 数据通信方式	292
9.1.2 串行通信方式	292
9.1.3 串行通信的传输速率	293
9.1.4 串行通信的差错检验	294
9.2 51单片机的串行接口	295
9.2.1 串行接口结构	295
9.2.2 串行接口控制寄存器	296
9.2.3 串行接口的工作方式	298
9.2.4 MCS-51串行通信接口的应用	299
9.3 嵌入式计算机和单片机之间的通信	309
9.3.1 RS-232C接口	310
9.3.2 RS-485接口	319

第10章 单片机应用系统的设计与开发

10.1 单片机应用系统的结构	322
10.2 单片机应用系统的设计过程	322
10.3 单片机应用系统设计实例	323
10.3.1 室内环境控制系统	324

10.3.2 水位控制系统 326

第 11 章 课程设计项目

11.1 电子秒表的设计 332

11.2 电子时钟的设计 332

11.3 步进电机的控制 333

11.4 直流电机的控制 333

11.5 数字温度计的设计 334

11.6 交通灯控制系统的设计 335

11.7 波形发生器1的设计..... 335

11.8 波形发生器2的设计..... 336

11.9 项目设计报告参考格式 337

附 录

附录A Proteus ISIS功能概述 342

附录B Proteus元件分类说明 348

附录C 8051指令速查表 356

第1章

单片机概述

本章首先介绍有关单片机的基本知识，包括单片机的概念、嵌入式系统的概念、位和字长的概念等，通过具体实例说明单片机的功能和应用领域；然后介绍学习单片机所应具备的数学基础知识，包括数制、编码和基本运算；最后介绍单片机系统开发所使用的语言、开发工具。

1.1 单片机与嵌入式系统

问题 什么是单片机？它与大家熟知的个人计算机（微机）有什么不同？

解释 如图1.1所示，常用的计算机实际上是一个微型计算机系统，包括硬件部分和软件部分。其中的硬件核心部分是微型计算机，由CPU（Central Processing Unit，中央处理单元）、内存存储器 [由RAM（Random Access Memory，随机存储器）和ROM（Read Only Memory，只读存储器）构成]、输入/输出接口（串行口、并行口等）组成。在个人计算机上，微型计算机被分成若干块芯片或者插卡，安装一个称为主板的印刷线路板上。而在单片机中，这些部分全部被集成在一块电路芯片中，因此称之为单片微型计算机（Single Chip Microcomputer，SCM），简称单片机。图1.2即为两种不同封装类型的单片机。

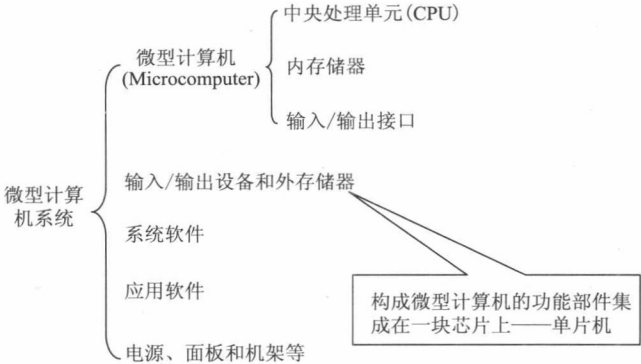


图1.1 微型计算机系统、微型计算机与单片机组成图

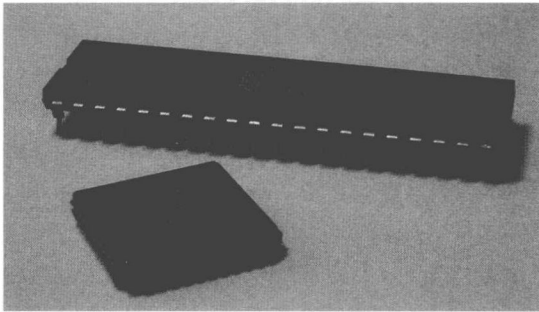


图1.2 单片机实物图

※ **重要概念** 单片机系统是硬件和软件结合的产物

由图1.1可看出，日常使用的实际上是一个微型计算机系统，购买计算机后都要安装操作系统（Windows，UNIX，Linux）以及各种应用软件（Words，Excel，IE，Realplay等）才能写文档、上网、发邮件、看电影等。与此相同，今后要学习

的各种单片机的应用也均是一个个单片机系统，也就是说，不但需要学习它的硬件组成，还要学习如何用单片机的语言（汇编语言）编写程序。硬件与软件，二者缺一不可。

问题 什么是嵌入式系统？它与单片机有什么关系？

解释 嵌入式系统（Embedded System）是指嵌入到工程对象中能够完成某些相对简单或者某些特定功能的计算机系统。这个概念是相对于通用计算机系统而来的，二者的主要区别如表1.1所示，个人计算机就属于通用计算机系统。

表1.1 嵌入式计算机系统与通用计算机系统的比较

计算机系统	定义	特点
通用计算机系统	满足海量高速数据处理的计算机系统的统称	对运行速度要求高
嵌入式计算机系统	面对工控领域的测控对象，嵌入到应用系统中的计算机系统的统称	对控制功能要求高

单片机最早就是以嵌入式微控制器的面貌出现的，因其体积小、现场运行可靠，可以很好地满足嵌入式应用的要求。在嵌入式系统中，它是最重要的也是应用最多的智能核心器件。单片机嵌入到对象系统中，并在对象环境下运行，与对象领域相关的操作主要是对外界物理参数进行采集、处理，实现控制，并与操作者进行人机交互等。

单片机的发展从嵌入式应用的角度可分为SCM、MCU和SoC三大阶段。

SCM阶段，主要是寻求最佳的单片形态、嵌入式系统的最佳体系结构。

MCU即为控制器（Micro Control Unit）阶段，主要是不断扩展满足嵌入式应用和设计系统要求的各种外围电路与接口电路，以突显其智能控制能力。

SoC即片上系统（System on Chip）阶段，主要是寻求应用系统在芯片上的最大化解决。随着微电子技术、IC设计、EDA工具的发展，基于SoC的单片机应用系统设计会有较大的发展。

问题 什么是位、字节、字长？

解释 计算机使用二进制数，即只有“0”和“1”两个数码。

- 位（bit）：表示一个二进制数的最基本也是最小的单位。如100为3位二进制数，10011011是8位二进制数。

- 字节（Byte）：一字节等于8位二进制数。

- 字长：指CPU一次能够处理二进制信息的位数，通常也指CPU与输入/输出设备或内存存储器之间一次传送二进制数据的位数。计算机的字长与处理能力和计算精度有关，字长越长，计算精度越高，处理能力越强，但使计算机的结构变得更复杂。

CPU的字长有1位、4位、8位、16位、32位和64位，对应的计算机就是1位机、4位机、8位机、16位机、32位机和64位机。目前单片机大多是8位或16位的，本书所介绍的51系列单片机就是8位机，这意味着如果要处理16位数据的话就应该分两次处理。

1.2 单片机与C51系列单片机

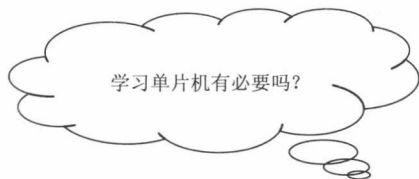
一提到单片机，你就会经常听到这样一些名词：MCS-51、8051、C51等，它们之间究竟是什么关系呢？

MCS-51是指由美国英特尔公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括了许多品种，如8031、8051、8751等，其中8051是最典型的产品，该系列单片机都是在8051的基础上进行功能的增减改变而来的，所以人们习惯于用8051来称呼MCS-51系列单片机。

英特尔公司将MCS-51的核心技术授权给了很多其他公司，所以有很多公司在做以8051为核心的单片机，当然，功能或多或少有些改变，以满足不同的需求。其中较典型的一款单片机是由美国Atmel公司以8051为内核开发生产的AT89C51（简称C51）。本教材就以此单片机为基础，各种任务与实例均用此种单片机实现。

1.3 单片机的应用及其工作内容

1.3.1 应用领域



目前，个人计算机、笔记本电脑的使用非常普遍，连小学生都懂得如何上网、发邮件、打游戏，那么还学习单片机干什么？而且与计算机相比，单片机的功能少得多，那学它究竟有什么用呢？实际上，随着自动化程度的提高，工业和现实生活中的

许多需要计算机控制的场合并不要求计算机有很高的性能，因为这些应用场合对数据量和处理速度要求不高，如果使用计算机将增加成本。单片机凭借体积小、质量轻、价格便宜等优势，成为计算机的替代品。例如，空调温度的控制、冰箱温度的控制等都不需要很复杂高级的计算机。应用的关键在于是否满足需求，是否有很好的性能价格比。

单片机已经渗透到各行各业以及生活的各个领域：导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、工业自动化过程的实时控制和数据处理、广泛使用的各种智能IC卡、民用豪华轿车的安全保障系统、录像机、摄像机、全自动洗衣机、程控玩具、电子宠物、机器人、智能仪表、医疗器械等。

1.3.2 单片机的工作内容

下面用两个例子来解释一下单片机在控制中所起的作用，希望读者能够明白单片机究竟能够做些什么事情，以便对单片机的工作内容有一个大概的了解。

实例1.1 智能空调控制系统^[1]

智能空调中的温度、湿度、种种运行模式的控制都是依靠单片机实现的。其中，单片机作为控制器，其作用是根据各种不同的输入信号及空调的当前状态，通过预定的指令打

开或关闭继电器所实现的开、关控制，如图1.3所示。

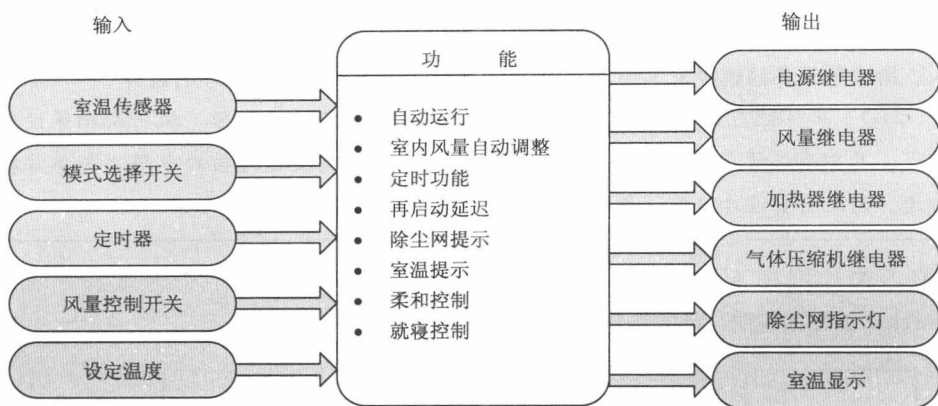


图1.3 室内空调控制系统框图

单片机的基本工作首先是将室温传感器测得的温度值与设定的室内温度值相比较，根据比较的结果决定是接通还是断开空调中空气压缩机（或加热器）的电源。除此之外，通过单片机控制还可以实现其他功能。例如，当空调的模式选择开关选至“就寝模式”时，单片机就会在空调定时器运行1小时之后，自动将室温控制在比设定值高3℃（暖风时降低5℃）的舒适温度上，这样人睡着后不会感觉冷（或热）。另外，当模式选择开关选至“柔和模式”时空调所实现的风量自动调节及再启动时的3分钟延时（为延长气体压缩机的使用寿命，再启动时要延时一段时间后才接通电源开关），都是通过单片机控制实现的。再有，用发光二极管（LED: Light Emitting Diode）一直显示室内温度，当换气扇累计运行100小时后，自动点亮提示清扫除尘网的指示灯等，这些功能也都是由单片机控制完成的。

综上所述，当室内空调中嵌入了单片机后，就使该空调具有了以往机械式空调无论是从结构还是从价格上都不可能实现的“极其细致”的功能，使空调从舒适、节能、操作简便等方面都得到了很大的提高。

在这个例子中，嵌入实用机器中的单片机芯片是从相当于人“五官”的输入设备中接收信号，并对它们进行仔细的“处理”后，再将相应的输出信号送至相当于人“手和脚”的输出设备，由它们来执行相应的控制，以此提高机器的性能。在这里，相当于人脑的单片机，要按预先给定的程序，根据当时的各种输入信号对机器的运行状态进行判断，即按照一定的控制算法，计算出实施最佳控制所需要的各种控制信号，并将这些信号送给输出设备。这里程序的好坏决定了这个单片机在机器中的应用价值。换句话说，即使采用同一型号的单片机，如果编写不同的程序，就可以使被控机器或设备具有不同的功能。在此，重申一遍前面提到的一个重要概念：单片机系统是硬件和软件结合的产物，二者缺一不可。另外，可看出这个单片机应用系统的硬件除了作为控制器的单片机以外，还由输入设备（用于设定温度）、输出设备（用于显示温度）、传感器（用于测量温度）、继电器（用于开或关电源、加热器等设备）等设备组成，构成了一个典型的单片机应用系统。

※ 重要结论

(1) 单片机系统的设计包含两方面, 即硬件设计和软件设计。硬件设计指输入、输出等设备的选择及其与单片机的连接方法; 软件设计指程序的设计。

(2) 单片机应用系统的硬件系统由输入/输出设备、传感器、执行机构等设备构成, 其中有的设备可与单片机直接相连, 有的设备需要通过接口电路再与单片机相连, 因此需要设计这些设备的接口电路或者选择合适的接口芯片。

关于单片机在工作时具体是怎样进行的, 在下一个例子中通过程序流程图(Flowchart)详细说明。流程图中使用的符号说明见图1.4。



图1.4 程序流程图主要符号

实例2 汽车发动机燃料喷射控制^[1]

自从Bosch首次开发出发动机电喷装置以来, EFI(电子控制燃料喷射)在日本已广为人知。近来的ECCS、TCCS装置, 不仅仅对燃料的喷射进行控制, 而且还能够对发动机的点火时刻、发动机低速运转时的转速等方面进行控制。图1.5给出了TCCS(丰田车用控制系统)基本功能之一的燃料喷射控制流程图。

在TCCS的EFI中, 单片机是根据预先存放在单片机中的各种基准数据和从传感器得到的信号, 计算出控制燃料喷嘴的开启时间(长度)。如果发动机是6缸的, 就需要计算出6个这样的控制信号来控制相应的喷嘴工作。喷嘴的基本喷射时间, 可以根据此刻发电机中吸入空气量的大小和此时发动机的转数计算得出。在这个运算中, 包含有乘法运算和除法运算。在基本喷射时间确定的基础上, 再根据当时的各种条件, 相应地加上或减去一个适当的量(增量), 就可以得到最佳的喷嘴开启时间。

例如, 对于刚刚启动后的发动机, 其基本喷射的时间等于启动后喷射时间。在此基础上, 可以从预先存放在单片机中对应冷却水温的增量表得知此时的相应增量(这一增量需要随时间的增长而逐渐衰减), 将这一增量与基本时间相加就可以得到最佳喷射时间。还有, 当发动机高负荷运转时, 应在基本喷射时间的基础上加入此时发动机转数所对应的增量, 当汽车加速度运行时也要加进增量, 开暖风时还要加进增量。这些加增量的处理都是为了使单片机实际输出的最佳喷嘴开启时间与实际要求相符。另外, 在初次启动汽车时, 其基本喷射时间的计算方法与上述的方法不同, 它只取决于当时测量的冷却水温和修正电压值。特别是在低温启动时, 为了保证发动机能可靠运行, 还要进行启动可靠喷嘴工作来保证点火成功。修正电压是指由于汽车电瓶的电压下降时, 引起喷嘴的响应变差, 产生了动作延迟, 从而使燃料喷量发生变化。为了防止这种因电压下降所产生的燃料喷射量的变化, 可以采取相应延长喷嘴的喷射时间来进行弥补。