

基于51系列单片机的 LED 显示屏 开发技术（第2版）

靳 桅 邬芝权 李 骐 刘 全 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

基于 51 系列单片机的 LED 显示屏开发技术(第 2 版)

靳 桅 邬芝权 李 骐 刘 全 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以当今广告媒体中较为流行的单色、双色、彩色和条形(门头)LED显示屏控制系统为背景,结合基于51系列单片机的硬件控制系统,对LED显示屏数据组织方式和灰度、亮度控制作深度剖析,详细讲解如何根据LED单元板驱动控制方式高效率地排列存储器中的数据。并且在相应章节中附有经过实际应用项目验证的完整开发实例,以供读者参考。在简要讲述普通51单片机和C51编程的基础上,本书还对具有40 MHz工作频率、单指令周期的增强型51单片机——VRS51L3074及其在LED显示屏控制系统中的应用做了详细介绍。该书也是国内第一本铁电单片机相关的中文书籍,为初学铁电单片机或是希望了解该单片机的读者提供了较为全面的中文资料和开发例程。另外还对通用LED显示屏上位机控制软件设计、LED显示屏控制系统常用时钟芯片DS1302、温度传感器DS18B20等模块控制程序和硬件电路进行分析和讲解。这些内容是作者近几年来部分开发工作的实践总结,有些是根据实际生产产品的提炼和推广。

本书内容丰富实用,图文并茂,适用于广大从事单片机开发和应用以及从事LED控制系统的研发人员和工程技术人员使用,也可以作为单片机爱好者、铁电单片机初学者,以及C51编程研究生、本科生、专科生毕业设计的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

基于51系列单片机的LED显示屏开发技术 / 靳桅等编著. --2版. --北京:北京航空航天大学出版社, 2011.4

ISBN 978-7-5124-0395-6

I. ①基… II. ①靳… III. ①单片微型计算机—LED显示器 IV. ①TP368.141

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第055207号

版权所有,侵权必究。

基于51系列单片机的LED显示屏开发技术(第2版)

靳 桅 鄢芝权 李 骐 刘 全 编著

责任编辑 董立娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:30.5 字数:781千字

2011年4月第2版 2011年4月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-5124-0395-6 定价:56.00元

第2版前言

第1版于2009年2月出版,由于近年来全彩和条形(门头)LED显示屏广泛使用,第1版中的部分内容已不能满足读者需求,故在第2版中增加对全彩LED单元板的分析和说明,新增第11章对市面上大量使用的LED条形显示屏俗称门头屏的单元板电路结构到控制系统进行详细说明,本章内容相对前面章节较为独立,读者可以选择性阅读。在附录中增加部分常用LED单元板原理图,以供读者分析、参考。

作者
2011年3月

有兴趣的读者可以发送邮件到:xdhyclcd5@sina.com,与本书策划编辑进一步沟通。

前言

我国开始使用单片机是在 1982 年,20 世纪 90 年代中期单片机技术和市场发展非常迅速。近年来,单片机已经成为科技领域的有力工具,人类社会生活的得力助手。它的广泛应用,不仅仅体现在工业控制、机电应用、智能仪表、实时控制、航空航天、尖端武器等行业和领域的智能化、高精度化,而且在人类日常生活中也随处可见它的身影。洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,不仅提高了智能化程度,增强了功能,也使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

20 世纪 90 年代后,嵌入式系统设计由以嵌入式微处理器为核心的“集成电路”级设计,逐渐转向“集成系统”级设计,在 MCU(Micro Controller Unit)提出了系统芯片 SoC(System on a Chip)的基本概念,例如,ARM 公司的 ARM、HP 公司的 PA-RISC 及 Sun 公司的 Sparc 等等,它们为高性能嵌入式系统开发提供了功能丰富的硬件平台,也为实时嵌入式操作系统的广泛应用奠定了基础。这些高性能微处理器的推广应用是否就意味着单片机即将退出嵌入式微处理器的舞台呢?目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,其趋势将进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展,其功能也将越来越丰富,速度也越来越快,甚至有些方面并不逊于 ARM 或 DSP。还有最为重要的是生产成本问题,普通 ARM 或 DSP 的价格是一般单片机的几倍甚至数 10 倍,因此在大批量工业生产时,这也成为了厂商选择的重要因素。据相关部门统计,我国的单片机年容量已达 1 亿~3 亿片,且每年以大约 16% 的速度增长,所以综合单片机技术和市场需求等多方面情况来看,它仍然有自己广阔的应用前景。例如,本书所讲的铁电单片机——VRS51L3074,它内部自带精确的 40 MHz 振荡器,拥有 ISP、IAP 功能的 JTAG 及 FPI 等众多外围接口,32 KB 外部数据总线访问接口等等,具有许多普通 51 单片机所无法比拟的功能。与 PIC 高端单片机 18 系列比较,它在定时/计数器、PWC、PWM 等方面都有较大优势,甚至和 ARM7 相比较很多技术指标也是不分伯仲,例如铁电的 32 位滚桶计数器、16 位乘除法和 32 位加法运算单元、铁电存储器等。而且铁电公司预计在 2008 年底还将推出 100 MHz 铁电单片机,所以就目前单片机技术来看,其发展步伐没有减缓,反而在大幅度推进,原因不仅仅在于电子制造工艺的提高和电子科技的发展,最重要的还是因为市场对于它的大量需求。

随着 LED 显示屏在广告传媒领域逐渐崭露头角,其控制系统也如雨后春笋,层出不穷。由于它的控制系统均是基于嵌入式微处理器开发,所以单片机在其中也占有一席之地。但是,由于 LED 显示屏控制较复杂,特别是对于显示特殊效果,如循环移动、覆盖、霓虹灯效果,要求处理器运算速度快、执行效率高,所以很多控制卡生产厂家采用高端嵌入式系统进行设计。这样做虽然能在一定程度上提高数据处理速度,但是并不能完全满足所有显示效果要求,而且开发和产品成本也会随之成倍增加,甚至由于其设计不当可能在显示时出现抖动、闪烁、重影等现象。归根结底,LED 显示屏控制卡的设计中硬件是一方面因素,同时还要考虑到显示数据



组织方式,通过软硬结合的方法才能设计出一款性价比较高的控制卡。本书就如何高效率组织 LED 显示屏数据做了深度剖析,从显示基本原理到实际应用实现,都有详尽分析,并且在此基础上提出基于普通 51 系列单片机实现 LED 显示屏控制的原理及方法。通过单片机在 LED 显示屏控制卡中的应用,同时也印证 MCU 和 SoC 是嵌入式系统当今发展的两大分支,它们之间相互渗透、交叉,在硬件系统设计选择时,应根据实际需要,综合考虑开发、生产成本和技术难度等多方面因素。

本书共 10 章,每章内容概括如下:

第 1 章:简要介绍 51 单片机结构体系和主要功能部件,以及指令系统和汇编语言设计的要点。

第 2 章:分析当前比较流行的 C51 编程要点、技巧,并列举常用实例辅助说明。

第 3 章:详细讲解铁电单片机——VRS51L3074,对其功能部件进行深度探讨和解析,弥补这一新器件中文资料不足的缺陷。

第 4 章:以市面上普遍使用的双基色单元板为平台,分析 LED 单元板驱动方式,并对 LED 显示屏亮度和灰度控制深入探讨、总结。

第 5 章:通过对 LED 显示屏数据组织方式的讨论,归纳总结出静态显示和动态显示的规律,以及对应显示效果和存储器大小之间的关系。

第 6 章:基于第 5 章中所提出的算法,以 51 系列单片机为例,通过具体应用实例说明该算法的可行性,并详细介绍如何利用单片机 SPI 接口驱动 LED 显示屏的方法。

第 7 章:采用实例讲解如何利用单片机扩展外部地址计数器驱动大型 LED 显示屏。

第 8 章:介绍 LED 显示屏的系统软件编程。

第 9 章:介绍 LED 显示屏单片机控制系统编程,包括常用串行口驱动、温度传感器(DS18B20)驱动、时钟芯片(DS1302)驱动等。

第 10 章:介绍 VRS51L3074 在 LED 显示屏控制系统中的应用。

此外,为方便读者查询资料,在附录中添加了常用指令表、芯片引脚图、功能表、简明 LED 维修表等实用资料。

本书的编写宗旨是:以增强型 51 单片机为平台,结合当前比较流行的 LED 控制卡设计,通过软件算法优化、程序设计优化和硬件配合的方式,通过实例设计,向读者展示单片机的优势和特点,也从另一个方面说明,硬件设计最重要的是一种思想和理念,即:器件的选择并不是唯一决定硬件设计思路的因素。

本书中所有源代码和电路图均通过实际应用验证,并已经有部分长期在科研项目中使用,如果读者在验证过程中有疑问,欢迎来电或通过电子邮件的方式联系。

本书由西南交通大学峨眉校区计算机与通信工程系的部分教师编写。靳桅编写第 5、6、7、10 章,邹芝权编写第 1、8、9 章,李骐编写第 2、4 章和附录,刘全编写第 3 章。还有赵煜、杨莉、肖波、杨德友、朱云芳、张占军、陈诗伟、王飞、白海峰、翟旭、江桦等承担了本书部分章节资料整理工作,全书由靳桅统稿、主编。

本书编写过程中,得到了北京航空航天大学出版社的大力支持和关心,西南交通大学各级领导的帮助,以及许多专家的指导,特别是铁电公司西南区销售经理李丹同志、北天星公司和南安市佳彩光电电子有限公司在资料收集、整理上的鼎力支持,在此一并表示感谢!

由于作者水平有限,时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

2008 年 12 月

目 录

第 1 章 51 系列单片机系统结构概述

1.1 51 单片机概述	1
1.1.1 单片机的分类	1
1.1.2 8051 单片机的应用	3
1.1.3 8051 单片机的开发	3
1.1.4 8051 单片机型号的选择	4
1.1.5 单片机学习的要点	4
1.2 51 单片机基本系统结构	4
1.2.1 51 单片机的结构框图及引脚	4
1.2.2 MCS-51 系列单片机主要功能部件	6
1.2.3 典型时钟电路和复位电路	7
1.2.4 8051 单片机 I/O 结构	7
1.3 51 单片机存储器结构	8
1.3.1 程序存储器	9
1.3.2 外部数据存储器	10
1.3.3 内部数据存储器空间	11
1.3.4 MCS-51 单片机特殊功能寄存器	13
1.3.5 常用特殊功能寄存器	14
1.4 51 单片机的指令系统及汇编语言设计要点	16
1.4.1 指令格式	16
1.4.2 伪指令	17
1.4.3 寻址方式	19
1.4.4 指令类型	21
1.5 汇编程序设计	34
1.5.1 三种基本的程序结构	34
1.5.2 汇编程序设计要点	35
1.6 51 单片机主要扩展功能部件	39
1.6.1 MCS-51 单片机定时/计数器	39
1.6.2 中断系统	47
1.6.3 串行口	54

第 2 章 C51 应用基础

2.1 Keil C51 简介	62
-----------------------	----



2.2 C51 程序设计基础知识	63
2.2.1 C 语言的特点	63
2.2.2 一个简单的 C51 例子	63
2.2.3 C51 的基础知识	64
2.2.4 存储空间定义	64
2.2.5 C51 数据类型	65
2.2.6 C51 存储空间的定义	67
2.2.7 C51 的常量	67
2.2.8 C51 常用运算符	68
2.2.9 C51 表达式	73
2.2.10 C51 的基本语句	74
2.3 C51 的函数与数组	80
2.3.1 函数的定义	81
2.3.2 数 组	83
2.3.3 结构(struct)	86
2.3.4 联合(union)	87
第 3 章 铁电单片机 VRS51L3074	
3.1 VRS51L3074 概述	91
3.1.1 功能说明	91
3.1.2 引脚说明	93
3.1.3 指令系统	96
3.2 VRS51L3074 的存储器结构	100
3.2.1 内部数据存储区	101
3.2.2 特殊功能寄存器区	101
3.2.3 外部数据存储组织	107
3.2.4 外部数据总线访问	110
3.2.5 FRAM 铁电存储器的使用	114
3.3 VRS51L3074 芯片配置	120
3.3.1 系统时钟配置	120
3.3.2 处理器工作模式控制	122
3.3.3 功能模块使能控制	123
3.3.4 功能模块 I/O 映射与优先级	124
3.4 通用 I/O 口	125
3.4.1 I/O 口结构	126
3.4.2 I/O 口方向配置	126
3.4.3 I/O 口输入使能控制	127
3.4.4 I/O 口锁存器	127
3.4.5 I/O 口驱动能力	128
3.4.6 I/O 口状态变化监控	128
3.5 定时/计数器	129

3.5.1	定时/计数器 T0、T1	130
3.5.2	定时/计数器 T2	134
3.5.3	定时器级联	137
3.5.4	定时器应用例程	138
3.6	脉冲宽度计数器(PWC)	138
3.6.1	PWC 模块配置寄存器	140
3.6.2	PWC 模块配置操作	142
3.6.3	PWC 模块例程	142
3.7	串行口	143
3.7.1	串行口 UART0	144
3.7.2	串行口 UART1	146
3.7.3	串行通信波特率计算	148
3.7.4	UART0 和 UART1 引脚映射	149
3.7.5	串行口例程	150
3.8	SPI 接口	153
3.8.1	SPI 运行控制	154
3.8.2	SPI 配置和状态监控	155
3.8.3	SPI 传输字长	158
3.8.4	SPI 数据寄存器	159
3.8.5	SPI 数据输入/输出	160
3.8.6	可变位数据传输	161
3.9	I ² C 接口	162
3.9.1	I ² C 运行控制	162
3.9.2	I ² C 从机在线状态检查	165
3.9.3	从机 ID 设置与 I ² C 高级配置	167
3.9.4	I ² C 例程	168
3.10	脉冲宽度调制器(PWM)	171
3.10.1	PWM 输出波形控制	172
3.10.2	PWM 模块时钟配置	175
3.10.3	PWM 模块例程	175
3.10.4	PWM 模块的定时器工作模式	178
3.11	增强型算术单元(AU)	181
3.11.1	算术单元控制寄存器	182
3.11.2	算术单元数据寄存器	185
3.11.3	桶式移位器	187
3.11.4	增强型算术单元整体结构	188
3.11.5	算术单元基本运算例程	188
3.12	看门狗定时器(WDT)	189
3.12.1	看门狗定时器的控制	190
3.12.2	采用外部时钟的情况下 WDT 的复位控制	191



3.12.3	WDT 基本配置例程	191
3.13	中断系统	192
3.13.1	中断系统概述	192
3.13.2	中断允许控制	194
3.13.3	中断源选择	195
3.13.4	中断优先级	196
3.13.5	引脚变化中断	196
3.14	VRS51L3074 JTAG 接口	198
3.14.1	激活 JTAG 接口对系统的影响	198
3.14.2	板级 JTAG 接口的实现	199
3.14.3	VRS51L3074 调试器	199
3.15	Flash 编程接口(FPI)	199
3.15.1	与 FPI 模块相关的特殊功能寄存器	199
3.15.2	Flash 存储器读操作	202
3.15.3	Flash 存储器擦除	204
3.15.4	Flash 存储器写操作	205
第 4 章 LED 显示屏工作原理		
4.1	LED 发光原理及其发展状况、趋势	211
4.1.1	LED 发光原理	211
4.1.2	LED 发展历史及趋势	212
4.1.3	LED 器件主要参数	213
4.1.4	光学和人眼视觉知识	214
4.2	LED 显示屏单元板介绍	215
4.2.1	LED 单元板类型介绍	215
4.2.2	LED 单元板基本组成模块简介	217
4.2.3	常用 LED 单元板驱动方式和驱动芯片介绍	220
4.3	双基色 LED 单元板介绍	223
4.3.1	室内双基色 LED 单元板结构介绍	223
4.3.2	室内双基色单元板电路分析	224
4.4	LED 单元板数据绕行方式介绍	228
4.5	LED 显示屏分类及亮度、灰度控制	229
4.6	LED 显示屏工程应用及维护概述	233
4.6.1	LED 显示屏的方案设计	233
4.6.2	LED 显示屏的安装	236
4.6.3	LED 显示屏的维修	236
第 5 章 LED 显示屏显示数据的组织		
5.1	LED 显示屏控制系统对单片机的基本要求	238
5.1.1	LED 显示屏对单片机控制系统的基本要求	238
5.1.2	LED 显示屏对单片机数据处理方式的基本要求	240
5.1.3	指令优化对字节处理时间的影响	241

5.2 LED 显示屏静态显示数据的组织	244
5.2.1 静态显示的 LED 显示屏数据组织	244
5.2.2 静态屏的滚动显示	248
5.3 LED 显示屏动态显示数据的组织	251
5.3.1 动态显示的 LED 显示屏数据组织	251
5.3.2 显示区域中 X、Y 坐标与存储单元字节地址 i 、位地址 j 之间的关系	254
5.4 显示效果与占用显示数据存储单元大小的关系	256
5.4.1 显示效果与占用显示数据存储单元大小的关系	256
5.4.2 采用双 RAM 并行输出降低显示数据存储单元的占用	260
5.4.3 多 RAM 并行输出时双 RAM 并行输出方式的扩展	263
第 6 章 基于 51 系列单片机的小型 LED 显示屏控制系统	
6.1 单片机直接驱动 LED 显示屏	265
6.1.1 显示数据存储在程序存储器中	265
6.1.2 显示数据存储在扩展的外部并行数据存储单元中	271
6.2 利用单片机外部读写信号驱动 LED 显示屏	272
6.2.1 单片机外部数据存储单元扩展	272
6.2.2 多个外部数据存储单元扩展	273
6.3 利用单片机 SPI 接口驱动 LED 显示屏	280
6.3.1 SPI 接口的特点	280
6.3.2 利用 SPI 接口驱动 LED 显示屏	281
6.4 单片机直接驱动 LED 显示屏应用实例	284
第 7 章 单片机扩展外部地址计数器驱动大型 LED 显示屏	
7.1 单片机访问外部数据存储单元时间上的限制	290
7.2 利用单片机多 RAM 技术驱动大型 LED 显示屏	294
7.2.1 并行 RAM 方式	294
7.2.2 串行存储器方式	300
7.3 利用 LED 显示屏单元板排列方式驱动超长 LED 显示屏	301
7.3.1 超长 LED 显示屏面临的问题	301
7.3.2 LED 显示屏的双向排列方式	301
7.3.3 超长 LED 显示屏的数据组织与硬件实现	302
7.4 利用多单片机系统驱动超大型 LED 显示屏	306
7.5 基于 DSP 与 FPGA 的 LED 显示屏控制系统的设计	308
7.5.1 DSP 的特点及在 LED 显示屏控制系统中的应用	308
7.5.2 基于 FPGA 的系统时序电路设计	309
7.5.3 显示存储器模块设计	310
7.5.4 LED 显示屏分区	310
7.5.5 显示存储器扫描时序控制电路	311
第 8 章 LED 显示屏的系统软件编程	
8.1 汉字字库的生成与使用	313
8.1.1 汉字编码简介	314



8.1.2	点阵汉字字库	314
8.1.3	在 Windows 环境下提取字模的工作原理	315
8.1.4	提取字模的程序设计	315
8.2	控制卡与 PC 的协议制定	317
8.2.1	控制命令字约定	318
8.2.2	配置文本编辑	319
8.2.3	直接数据格式定义	322
8.2.4	存储器地址位置	324
8.2.5	PC 端串行口通信模块	324
8.3	汉字字形的提取及图片的嵌入	326
8.3.1	汉字字形提取	327
8.3.2	图片的嵌入	332
8.4	PC 对下载数据的预处理	332
8.4.1	LED 屏显示信息编辑及提取	333
8.4.2	LED 显示数据生成	333
8.4.3	INTER 格式数据转换	335
第 9 章 LED 显示屏单片机控制系统编程		
9.1	基于 SPI 的 Flash 存储器读写	339
9.1.1	SST25 系列串行 Flash 存储器	339
9.1.2	基于 51 单片机 SPI 接口的串行 Flash 驱动程序	343
9.2	字符控制及处理程序设计	352
9.2.1	字符控制处理程序设计	353
9.2.2	字符点阵字模提取程序设计	360
9.3	显示程序	365
9.3.1	显示程序指令表	365
9.3.2	读显示程序指令表	371
9.3.3	执行显示程序指令表	374
9.3.4	单场显示程序设计	377
9.4	串行口通信模块设计	378
9.4.1	51 单片机端串行口收发模块	378
9.4.2	51 单片机端串行口扩展程序模块	381
9.5	基于 DS1302 时钟模块程序设计	384
9.5.1	DS1302 的结构及工作原理	384
9.5.2	DS1302 的控制字节说明	384
9.5.3	复位	385
9.5.4	数据输入/输出	385
9.5.5	DS1302 的寄存器	385
9.5.6	DS1302 在 LED 控制卡上的硬件电路及软件设计	386
9.6	基于 DS18B20 温度传感器的模块设计	388
9.6.1	DS18B20 的工作时序	389

9.6.2 DS18B20 的程序设计	390
第 10 章 VRS51L3074 在 LED 显示屏控制系统中的应用	
10.1 VRS51L3074 与标准 51 单片机的比较	394
10.1.1 VRS51L3074 运行速度	394
10.1.2 VRS51L3074 的高速增强型 SPI 接口	395
10.1.3 VRS51L3074 的定时/计数器	395
10.1.4 VRS51L3074 的增强型算术运算单元	395
10.1.5 VRS51L3074 的其他部件	396
10.2 VRS51L3074 的基本应用	396
10.3 VRS51L3074 的 RAM 扩展应用	400
10.4 VRS51L3074 扩展硬件地址计数器	402
10.5 VRS51L3074 的扩展“双端口”串行 FRAM	405
第 11 章 LED 条形显示屏(门头屏)	
11.1 门头屏单元板电路结构	409
11.1.1 单元电路	409
11.1.2 总体结构及电路工作原理	411
11.1.3 单元板电路的简化表示方法	412
11.1.4 几种常用的门头屏 LED 单元板电路	412
11.2 门头条形 LED 显示屏的数据组织	414
11.2.1 直通连接方式的数据组织	414
11.2.2 绕行连接方式的数据组织	417
11.3 门头条形 LED 显示屏的显示控制系统	425
11.3.1 门头屏的接口电路特点	425
11.3.2 单片机直接驱动门头条形 LED 显示屏	425
11.3.3 单片机外部扩展 SPI 接口 Flash 存储器	427
11.3.4 基于串行 Flash 存储器的超长门头屏控制系统	429
附录 A ASCII 码表	432
附录 B MCS-51 单片机常用资料	433
附录 C C51 中的关键字和常用函数	442
附录 D Keil μVision3 中高性能铁电单片机(VRS51L2xxx/3xxx)的相关配置简介	452
附录 E 常用芯片引脚图	457
附录 F 异步室内双基色 LED 显示屏故障排查简明手册	465
附录 G LED 双基色单元板原理图	467
附录 H P16-全彩 LED 屏单元板原理图	468
附录 I PH16-单色条屏(门头屏)单元板原理图	469
附录 J PH10 单色条屏(门头屏)单元板原理图	470
参考文献	471

第 1 章

51 系列单片机系统结构概述

1.1 51 单片机概述

21 世纪,以计算机为代表的 IT 产业迅速发展,各类计算机的应用在工业、农业、国防、科研及日常生活等领域发挥着越来越重要的作用,成为当今世界各国工业发展水平的重要标志之一。从世界上第一台电子计算机问世以来,计算机的发展日新月异,在短短的几十年间,已由电子管数字计算机发展到今天的超大规模集成电路计算机,运算速度由 5 000 次每秒提高到今天的上百亿次每秒。计算机的发展一方面向着高速、智能化的超级巨型机方向发展,另一方面向着微型机方向发展。作为微型机的一个分支单片机,由于其具有体积小、功耗低这两个特点,使单片机在工业控制、智能仪表、通信系统、家用电器、智能玩具以及 LED 显示屏控制等方面得到越来越广泛的应用。

51 系列单片机起源于 Intel 公司 20 世纪 80 年代初推出的 MCS-51 系列单片机,MCS-8051 是其中最基础的单片机型号。经过近三十年的发展,现在 NXP、Dallas、Siemens、Atmel、华邦、LG 和 RAMTRON 等公司都以 MCS-51 中的 8051 内核为基本结构,并推出了许多各具特色、用途不同的单片机。习惯上把这些以 8051 为内核推出的各种型号的兼容型单片机统称为 51 系列单片机。

1.1.1 单片机的分类

单片机可从以下几方面分类:

- (1) 按应用领域可分为:家电类、工控类、通信类和个人信息终端类等。
- (2) 按通用性可分为:通用型和专用型。

通用型单片机的主要特点是:内部资源比较丰富、性能全面、通用性强、可覆盖多种应用需求。所谓内部资源丰富是指将多种外设接口集成在芯片内部,使得芯片功能得以增强;性能全面、通用性强是指可以应用在非常广泛的领域。通用型单片机的用途很广泛,外加简单的接口电路及编制不同的应用程序就可实现不同的功能,因而小到家用电器、电子仪器仪表,大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动化控制。本书中 LED 单元板中的保护电路就是使用了一片 8 引脚的单片机,而 LED 显示屏的控制电路使用了一片 64 引脚的 51 单片机。

图 1-1 为常见的 51 系列单片机的基本框架。从图中可以看出,现在的 8051 单片机可集成的外设功能部件可谓是“万紫千红”。可以说是“不怕你想不到,就怕你没见到”,但也没有哪一个单片机将图中所有的外设功能部件都集成在一个芯片上。因为这不符合单片机体积小、

造价低的基本特点。

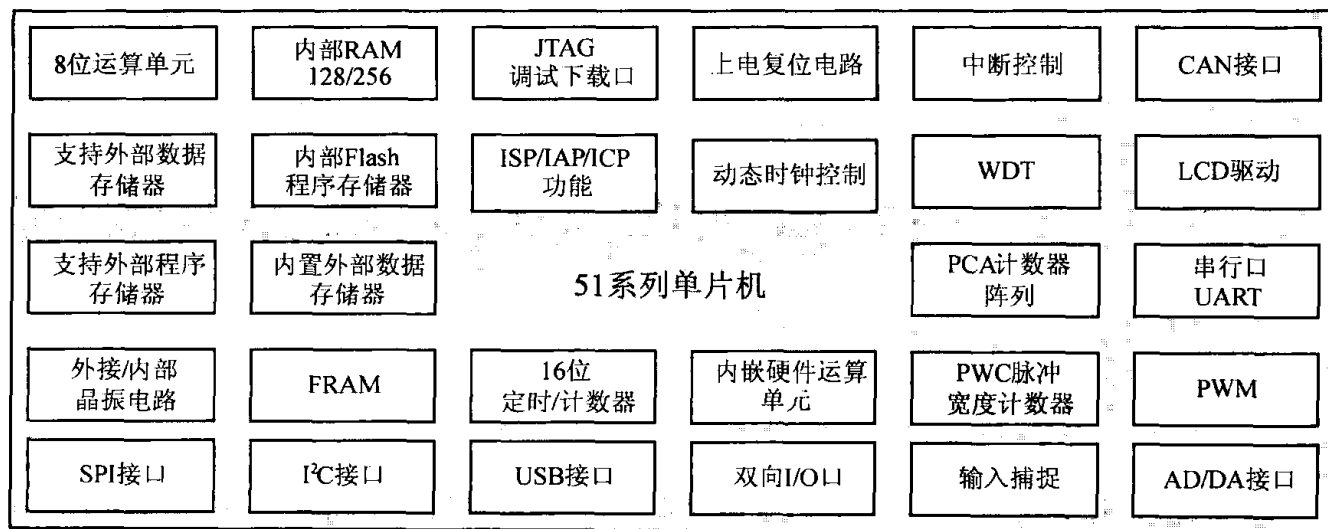


图 1-1 常见的 51 系列单片机的基本框架

专用型单片机的主要特点是：针对某一种产品或控制应用而专门设计的特定型号的单片机，设计时已使其结构最简、软硬件应用最优、可靠性及应用成本最佳。专用型单片机由于用途专一，出厂时程序已经一次性固化好，除预留升级接口外，程序一般不能修改。例如电子电度表里的单片机就是将模拟信号测量电路和 CPU 集成在一起，成为电度表专用单片机。在本书中除了介绍传统的 8051 系列单片机外，还为读者介绍了一款 VRS51L3074 高性能 51 单片机。

(3) 按总线结构可分为总线型和非总线型

标准的 8051 单片机允许扩展外部程序和数据存储器，它采用的是总线结构，将存储器、I/O 口、串行口等各种功能部件都挂接在内部总线上。而非总线型单片机为了减小体积、降低功耗在简化掉外部总线控制器的同时，封装也从双列直插向表贴形式发展，如 NXP 的 LPC900 系列单片机。

(4) 按指令运行的振荡周期可分为标准型和改进型

51 系列单片机的生产厂家众多，型号可以说是数不胜数。表 1-1 对 51 系列单片机按指令运行的振荡周期进行了分类简述。

表 1-1 单片机按指令运行振荡周期的分类

型 号	程序存 储器/KB	数据存 储器/字节	ROM 寻 址范围 /KB	RAM 寻 址范围 /KB	并行 I/O /条	串行 UART /个	中断 源/个	定时器 /计数器	最大工作 频率/MHz	指令振荡 周期/T	生产 厂家
AT89C52	8	256	64	64	32	1	6	3×16 位	0~24	12	ATMEL
SST89E516	72	768+256	64	64	32	1	10	3×16 位	0~40	6	SST
W77E516	64	1 024+256	64	64	32	2	12	3×16 位	0~40	4	Winbond
P89LPC913	1	128	0	0	12	1	10	2×16 位	0~18	2	NXP
VRS51L3074	64	4K+256	64	36	56	2	49	3×16 位	0~40	1	RAMTRON

标准的 8051 单片机每 12 个振荡周期为一个机器周期。而机器周期是执行一条指令最小的时间单位,任何指令的执行时间都是机器周期的整数倍。标准的 8051 单片机又通常称为 12T 单片机,表 1-1 中 5 个型号的单片机分别为 12T、6T、4T、2T 和 1T 单片机。在同样的工作频率下,T 数越小的单片机运行速度越快。对于 4T 以下的单片机,即使 T 数相同,由于厂家对 8051 内核改进情况不同,执行同一条汇编指令所需的振荡周期数也不同。例如 1T 的 STC5410 执行“INC DPTR”指令只需 1 个振荡周期,而 VRS51L3074 执行该指令却需 3 个振荡周期。这个比较是不是就说明 VRS51L3074 比 STC5410 慢呢?当 VRS51L3074 通过特有硬件执行 16 除法时仅需 5 个振荡周期,STC5410 通过软件编程至少要上百个振荡周期才能完成。同样各厂家在单片机中集成外设的工作频率和单片机工作频率之间的关系也是如此,SPI 作为一般单片机它的工作频率为 $f_{osc}/4$,而 VRS51L3074 可达 $f_{osc}/2$ 。因此对单片机的评估应该是综合的,而不是只看指令运行的振荡周期。

1.1.2 8051 单片机的应用

在如今的单片机领域中,单片机的种类层出不穷,16 位、32 位以及 64 位单片机的出现,使单片机的功能越来越强,速度也越来越快。与此同时,DSP、ARM 以及 FPGA、CPLD 技术的飞速发展,起源于 20 世纪 80 年代初期的 8051 单片机,似乎已不符合现代科技的发展需要。然而实际情况并非如此,在大多数控制系统中,一个运算速度可达上百万次每秒的 8 位 51 单片机已经可以满足绝大多数控制系统的要求。加之 51 单片机的价格优势和自身的发展,使 8 位的 51 单片机在今后很长的一段时间内还有巨大的生存空间,甚至可以说 8 位单片机仍然是单片机应用的一个主流趋势。特别是 8051 单片机在近三十年的开发中积累了丰富的资料、经验和教训,为新产品的快速开发提供了可靠的保证。

1.1.3 8051 单片机的开发

8051 单片机的开发主要分硬件开发和软件开发两方面。

单片机的硬件开发技术随着计算机技术的发展,已经逐渐从专用的仿真开发器向 IAP、ISP、ICP 及 JTAG 这样的可在应用系统中编程、下载和调试的方向发展。51 单片机产品的多样化,使越来越多的专用功能部件被集成在芯片内部。早期专用标准 8051 仿真开发器不可能适应众多单片机产品的需求,因此生产厂家在生产 51 单片机产品的同时,提供了向 IAP、ISP、ICP 及 JTAG 等的接口,以供不同需求的开发者使用。现在比较流行的开发方式为:软件仿真+在线下载+在线调试。单片机应用系统的开发者在设计控制系统时应考虑预留“在线下载”或“在线调试”的接口,以保证控制系统的调试及以后的软件系统升级。

单片机软件开发的最基本原则是模块化,即按功能分块编写软件模块,然后分模块调试,最后进行总体调试。如果在速度上有严格要求,则还须进行程序的优化。优化过程中可合并功能模块,以减少功能模块调用时所耗费的程序运行时间。对于使用高级语言编程的软件系统,可查看功能模块汇编后的汇编代码是否可以进一步按所用单片机的指令系统进行优化,这一点对于像 LED 显示屏这样对运行时间有极高要求的控制系统来说是起决定性作用的。合并功能模块所指的不仅仅是减少功能模块调用,有时甚至是取消循环语句而用简单的重复语句,这样做虽然程序并不“漂亮”,但执行速度快、效率高,能满足控制系统的要求。



1.1.4 8051 单片机型号的选择

在确定被开发控制系统的要求后,应以尽可能减少外部扩展硬件为原则,努力做到真正的“单片机”系统而不是“多片机”系统。因为器件数量越少则连线越少,系统整体的可靠性也就越高。当然,这样做的另一个重要原因是可以控制整个系统的成本。但“适当地有选择地扩展硬件”有时也能很好地满足控制成本的要求。例如本书介绍的 LED 显示屏控制系统就是采用多个小规模集成电路芯片构成计数器,取代用 CPLD 构成计数器从而很好地满足了控制成本的要求。

1.1.5 单片机学习的要点

单片机开发技术是一门实践性极强的技术,它对基础知识如数字电路、模拟电路和计算机软件编程都有所要求,但最重要的还是实践。作者从开始使用单片机至今已有 20 多年,对单片机的学习和应用有所体会,归纳为以下几个阶段:

(1) 了解阶段

首先看几本有关单片机的书籍,对单片机有一个初步的了解,这种了解仅限于单片机的基本结构和一些专用的名词。

(2) 模仿阶段

自制或购买一个单片机实验板,从书上找一个最简单的程序例子在单片机实验板上进行调试和验证。在验证通过的基础上对程序例子按自己希望的结果进行修改,但修改的幅度一定要小,而且最好不要脱离源程序例子的框架。

(3) 自主学习阶段

在验证书上几个例程后,再按自己的想法编程并在单片机实验板上实现。通过大量的有目的编程学习和调试,掌握单片机的基本使用方法。

(4) 开发学习阶段

首先为自己设定一个最简单的单片机控制系统作为开发目标。最简单的单片机控制系统可以简单到只控制一个发光二极管和一个按键,所实现的功能也可以简单到通过判断按键状态,控制发光二极管点亮或熄灭。在完成控制开发目标后,自己要对这个简单控制系统进行改进,达到更多硬件和软件上的目标。

(5) 应用阶段

需要开发和学习同步进行,不断收集和整理各种单片机应用系统开发的硬件模块和软件模块。例如与 PC 机通信的 RS232 接口电路模块和通信软件模块。这样做的目的是将单片机应用系统开发变成硬件模块、软件模块的选用和堆叠,不需要考虑模块的正确性,而只考虑模块间的硬/软件接口问题。同时在系统的设计上不仅仅基于器件的选择,更重要的是侧重于设计理念。例如串行和并行方式的选择、DMA 数据直传、多 CPU 数据共享等。

1.2 51 单片机基本系统结构

1.2.1 51 单片机的结构框图及引脚

MCS-51 是 Intel 公司最早推出的 51 系列单片机,其代表产品主要有 8051 和 8052 系