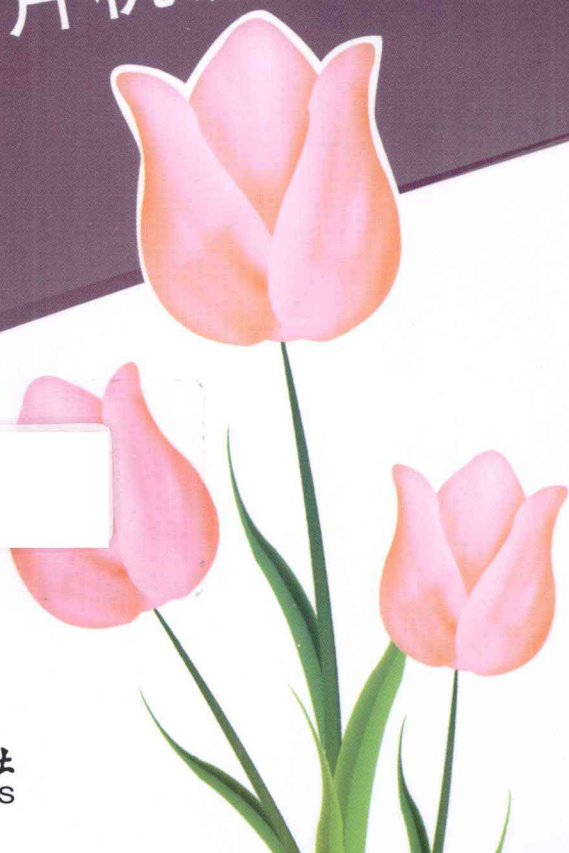


深圳信盈达电子有限公司 编著

轻松成为 设计高手

——51单片机设计实战



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

轻松成为设计高手

——51 单片机设计实战

深圳信盈达电子有限公司 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书从实际开发与应用入手,以实验过程和工程项目为主导,循序渐进地介绍了 51 单片机的最小系统、外中断、定时/计数控制、串行通信、LED 静态/动态显示、独立键盘检测、行列式键盘检测、LCD 显示字符/汉字、A/D、D/A 及 I²C 总线通信、温度检测 18B20、步进电机、红外解码等各种实例的 C 语言编程方法。本书的特点是深入浅出,阐述透彻、清晰,可读性好,实用性强,收集并整理了大量 C51 单片机实战开发的程序;这些程序既可以让读者开拓思路,又可直接应用于相同的开发系统上。

本书适合从事单片机项目开发与应用的工程技术人员阅读,可作为大专院校有关专业本科生的教学参考书以及各类培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

轻松成为设计高手: 51 单片机设计实战 / 深圳信盈达电子有限公司编著. — 北京:北京航空航天大学出版社,2013.1

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0998 - 9

I. ①轻… II. ①深… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 253904 号

版权所有,侵权必究。

轻松成为设计高手

——51 单片机设计实战

深圳信盈达电子有限公司 编著

责任编辑 陈 旭

*

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:710×1 000 1/16 印张:12.75 字数:272 千字

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0998 - 9 定价:29.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:010-82317024

前言

在嵌入式领域里,51 系列单片机虽然走过了 30 多年的历史,但它那独特的系统结构、不断增加的片内设备以及强大的指令系统,使其不仅没有被历史所淘汰,而且越发成为单片机中的主流。51 系列单片机体系结构简单,应用复杂度适中,入门容易,而且随着技术的发展和应用的需求,其片内设备越来越丰富,应用也越来越多。所以,51 系列单片机仍然是单片机教学以及工程应用的主要对象。

如何学习 51 单片机

作者认为:作为单片机初学者,首先要了解单片机的最小系统、内部结构以及内部资源。其次,要掌握单片机 C 语言,能够熟练运用 9 条语句、数组、指针编写流水灯程序。因此,初次学习单片机应该把精力放在最基本、最常用的内容上,开始时不必在每一个细节上死背死抠,有一定基础后再深入到一些常见的细节中,而且有一些细节是需要通过长期的实践才能熟练掌握的。

与一般单片机书相比,本书的特点

本书从实际工程应用入手,各章节以实验过程和实验现象为主导,由简到繁、循序渐进地讲述了 51 单片机的硬件结构以及如何使用 C 语言进行 51 单片机编程和对各种扩展功能应用。

不同于传统的讲述单片机的书籍,本书中的所有例程均以实际硬件实验板为实验依据,用 C 语言程序来分析单片机工作原理,使读者不仅能知其然,而且能知其所以然,进而帮助读者从实际应用中彻底理解和掌握单片机。另外,本书以提高读者的动手能力为宗旨。书中大部分内容来自作者多年的项目实践及教学工作的经验总结,其中许多 C 语言源代码能够直接应用到工程项目中去,并且贯穿了一些学习方法和建议使读者养成良好的代码风格。全书共分为 23 课,主要包括三大部分:单片机 C 语言、单片机实训阶段、单片机项目实战阶段。

本书主要内容

全书介绍了 51 单片机的最小系统、外中断、定时/计数控制、串行通信、LED 静态/动态显示、独立键盘检测、行列式键盘检测、LCD 显示字符/汉字、A/D、D/A 及 12C 总线通信、温度检测 18B20、步进电机、红外解码等各种实例的 C 语言编程方法,

并且贯穿一些学习方法的建议。许多 C 语言代码能够直接应用到工程项目中去,且代码风格良好。

本书的读者对象

本书适用于从事单片机项目开发与应用的工程技术人员阅读,也可作为高等院校相关专业学生的教学参考书以及各类培训班的教材。

本书配套资料

本书有配套资料,主要内容包括所有涉及的实验例程以及开发板相关内容,读者可以从北京航空航天大学出版社网站“下载专区”免费下载。

本书另有配套的学习实验板,如有需要可拨打全国统一订购电话:0755-26457584。读者也可以用其它的实验板,不过要对书中程序做相应的修改。

全书由深圳信盈达电子有限公司技术总监牛乐乐主编,高级工程师周忠孝任主编。第 1、2、5、8、13、14、16、22、23 课由牛乐乐编写;第 3、6、9、10、11、12、15 课由周忠孝编写;第 18、19 课由陈志发编写;第 4、7、17 课由黄文涛编写;第 20 课由何宙兴编写;第 21 课由秦培良编写。全书由牛乐乐进行统稿和审核,由周中孝对各课内容进行校准和修改。在本书的编写过程中得到了深圳信盈达电子有限公司全体人员的大力支持,在此表示衷心地感谢。同时,本书的出版得到北京航空航天大学出版社的大力支持和鼓励,在此深表谢意。

由于作者水平有限,书中不当之处在所难免,敬请读者批评指正。读者可以发送电子邮件到:niusdw@163.com 与作者进一步交流,也可以发送电子邮件到:xdhydc5@sina.com 与本书策划编辑进行交流。

编 者
2012 年 11 月



第 1 课 单片机概述及内外部结构分析	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 何谓单片机	1
1.1.2 单片机引脚、价格及应用	1
1.1.3 MCS51 单片机与其他单片机的关系	2
1.1.4 未来单片机的发展趋势	2
1.2 单片机的内部、外部结构	3
1.2.1 单片机引脚	3
1.2.2 单片机的应用电路	4
1.2.3 单片机最小系统	4
1.3 单片机内部结构分析	5
1.3.1 存储器	5
1.3.2 8051 单片机存储结构	5
1.3.3 单片机内部 RAM 分析	6
1.3.4 特殊功能寄存器	6
1.4 总 结	8
第 2 课 常用基本电路定理、公式及元器件	9
2.1 常用基本电路定理	9
2.1.1 欧姆定理	9
2.1.2 节点电流定理	9
2.1.3 回路电压定理	9
2.2 常用电子线路公式	9
2.3 常用元器件介绍	10
2.4 常用进制的转换	10
2.5 第一个小程序:跑马灯程序	11
2.6 位和字节	12
2.7 总 结	12
第 3 课 C51 语言简介	13
3.1 单片机 C 语言的发展历史	13
3.2 C 语言的主要特点	13

3.3 单片机的汇编语言与 C51 语言比较	14
3.4 单片机 C 语言与标准 C 语言异同	15
3.5 总 结	16
第 4 课 单片机 C 程序的基本结构	17
4.1 单片机 C 语言入门实例	17
4.2 源程序	18
4.3 单片机 C 程序的基本结构	20
4.3.1 头文件	20
4.3.2 主函数	20
4.3.3 函 数	20
4.4 C51 基本数据类型	21
4.4.1 基本数据类型	21
4.4.2 常量与变量	22
4.5 8051 片内资源及位变量	24
4.5.1 特殊功能寄存器的 C51 定义	24
4.5.2 自定义变量类型 typedef	26
4.6 运算符与表达式	26
4.6.1 赋值运算	26
4.6.2 算术运算	26
4.6.3 关系运算	28
4.6.4 逻辑运算	28
4.6.5 位运算	29
4.6.6 自增减运算及复合运算	30
4.6.7 条件运算符	30
4.6.8 逗号运算符	31
4.7 总 结	31
第 5 课 C51 基本结构程序设计	32
5.1 顺序结构	32
5.2 选择结构	32
5.2.1 if 语句	32
5.2.2 switch - case 语句	35
5.3 break 语句	36
5.4 循环结构	37
5.4.1 while 语句	38
5.4.2 do - while 语句	38

5.4.3 for 语句	38
5.4.4 循环嵌套	40
5.5 其他语句	41
5.5.1 循环语句中的 break 语句	41
5.5.2 continue 语句	41
5.5.3 goto 语句	42
5.5.4 return 语句	42
5.6 总 结	42
第 6 课 函 数	43
6.1 函数的声明与定义、调用	43
6.1.1 函数的声明	43
6.1.2 函数定义	44
6.1.3 函数的调用	44
6.2 函数作用范围与变量作用域	48
6.3 总 结	49
第 7 课 数组和指针	50
7.1 一维数组	50
7.1.1 一维数组的定义	50
7.1.2 一维数组元素的引用	51
7.1.3 一维数组的初始化	51
7.2 二维数组	51
7.2.1 二维数组的定义	51
7.2.2 二维数组元素的引用	51
7.2.3 二维数组的初始化	52
7.3 字符数组	52
7.4 C51 中数组进行初始化的规则	53
7.5 数组总结	53
7.6 指 针	53
7.6.1 指针变量的定义	54
7.6.2 指针变量的引用	54
7.6.3 地址运算	56
7.6.4 指针和数组	56
7.6.5 字符指针	57
7.6.6 指针数组	58
7.7 总 结	58

第 8 课 8051 内部资源编程——I/O 端口的应用	59
8.1 I/O 端口	59
8.1.1 P0 口的结构	59
8.1.2 P1 口的结构	60
8.1.3 P2 口的结构	60
8.1.4 P3 口的结构	60
8.2 I/O 口应用总结	61
第 9 课 8051 内部资源编程——定时器	63
9.1 计数的概念	63
9.1.1 计数器的容量	63
9.1.2 定时的概念	63
9.1.3 任意计数及溢出	64
9.2 定时/计数器的工作原理及控制	65
9.2.1 控制计数/定时器常用的寄存器	65
9.2.2 定时/计数器的 4 种工作方式	67
9.2.3 定时/计数器的定时/计数范围	68
9.3 定时/计数器的使用	68
9.3.1 计数初值的计算	68
9.3.2 程序初始化步骤	68
9.3.3 应用实例——用定时的方式实现闪灯程序	69
9.4 总 结	69
第 10 课 8051 内部资源编程——中断	70
10.1 有关中断的概念	70
10.1.1 中断的嵌套与优先级处理	70
10.1.2 中断的响应过程	71
10.2 8051 的中断系统	71
10.2.1 8051 的中断源	71
10.2.2 控制中断的几个寄存器	73
10.2.3 中断源序号及中断入口地址	74
10.3 C51 中断程序设计	75
10.3.1 C51 编译器支持在 C 源程序中直接嵌入中断服务程序	75
10.3.2 C51 中断服务程序的注意事项	76
10.3.3 中断程序步骤	76
10.3.4 中断程序范例	76
10.4 总 结	77

第 11 课 8051 内部资源编程——通信	78
11.1 串行通信的基本概念	78
11.1.1 异步传送	78
11.1.2 同步传送	79
11.1.3 串行通信的数据传送方向	79
11.2 8051 单片机的串口结构	80
11.2.1 串行通行模块的设置	81
11.2.2 波特率计算	82
11.3 串口程序设计	82
11.3.1 串口设置步骤	82
11.3.2 软件设计	83
11.4 总 结	84
第 12 课 人机界面接口技术——数码管和矩阵键盘	85
12.1 数码管	85
12.1.1 动态扫描显示接口	86
12.1.2 程序范例	87
12.2 键盘接口	88
12.2.1 按键开关的抖动问题	88
12.2.2 程序范例	89
12.3 总 结	92
第 13 课 人机界面接口技术——字符型液晶屏	93
13.1 LCD 显示器基本原理	93
13.2 电子产品设计或电子模块驱动设计步骤	94
13.3 总 结	98
第 14 课 人机界面接口技术——点阵型液晶屏	99
14.1 点阵型液晶屏 LCD12864	99
14.2 点阵型液晶屏硬件连接	99
14.3 软件设计	100
14.4 总 结	104
第 15 课 数据采集编程——A/D	105
15.1 模数转换 ADC	105
15.1.1 ADC0804	105
15.1.2 硬件连接	106
15.1.3 ADC0804 应用实例	106
15.1.4 A/D 接口设计要点	108

15.2 数模转换 DAC	109
15.2.1 DAC 性能指标	109
15.2.2 DAC0832 引脚功能	110
15.2.3 DAC0832 的应用	110
15.2.4 DAC0832 的时序图	110
15.2.5 程序范例	112
15.3 总 结	114
第 16 课 I²C 总线及 AT24C02 的应用	115
16.1 I ² C 总线	115
16.2 AT24C02 芯片	115
16.3 I ² C 协议编程步骤	116
16.3.1 对 AT24C02 进行读操作	116
16.3.2 对 AT24C02 进行写操作	116
16.4 AT24C02 应用实例	117
16.5 总 结	126
第 17 课 步进电机的应用	127
17.1 步进电机	127
17.2 应用范例	128
17.3 总 结	134
第 18 课 红外遥控	135
18.1 红外编码	135
18.1.1 红外与蓝牙的差别	135
18.1.2 编码原理	136
18.2 案例程序	137
18.3 总 结	143
第 19 课 单总线协议——DS18B20 温度传感器	144
19.1 DS18B20 概述	144
19.2 特 点	144
19.3 内部结构	145
19.4 指令码	147
19.5 时 序	148
19.6 操作流程	150
19.7 与单片机的典型接口设计	150
19.8 精确延时问题	151
19.9 案例程序	151

19.10 总 结	156
第 20 课 ModBus 中 CRC16 循环冗余校验	157
20.1 CRC 概念	157
20.2 工业总线 ModBus	158
20.2.1 ModBus 串行通信数据格式	158
20.2.2 ModBus 串行通信功能码	159
20.2.3 ModBus 串行通信 CRC16 校验	160
第 21 课 通信的 SPI 概念	168
21.1 SPI	168
21.2 接口的硬件连接	169
21.3 性能特点	170
21.4 SPI 协议	170
21.5 举 例	170
21.6 SPI 工作原理及工作方式	172
21.7 总 结	173
第 22 课 Keil C51 编译、链接、仿真调试方法	174
22.1 安装软件	174
22.2 Keil C51 使用方法	174
22.3 Keil C51 仿真调试方法	177
第 23 课 C51 程序编写规范	179
23.1 C51 的编程规范——编程总原则	179
23.2 规范范例	181
23.3 命 名	183
23.4 编辑风格	184
23.5 项目管理知识	185
23.6 电子产品开发流程	186
附录 ZC600 开发板原理图	188
参考文献	191

第 1 课

单片机概述及内外部结构分析

1.1 单片机概述

1.1.1 何谓单片机

什么是单片机呢？其实单片机就是一台机器，但是这个机器很特别，怎么特别呢？它有思考计算的能力，并控制其他的电子设备或器件为它工作。为什么会这样呢？下面马上来解开谜底！

单片机是典型的嵌入式微控制器(Microcontroller Unit)，常用英文字母的缩写 MCU 表示，外部结构如图 1.1 所示。实际上，单片机是一种集成电路芯片，是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和中断系统、定时/计数器等功能(可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路 PWM、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路)集成到一块硅片上构成的一个小而完善的计算机系统，如图 1.2 所示。

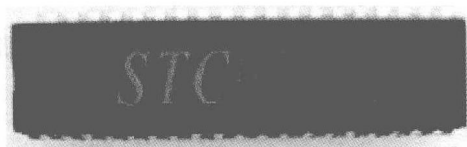


图 1.1 单片机外部结构(DIP40)

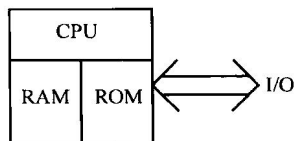


图 1.2 单片机内部组成

1.1.2 单片机引脚、价格及应用

单片机的典型引脚为 40 脚封装，当然功能多一些的单片机也有引脚比较多的，如有 44、64、100 引脚等，功能少的只有 10 多个或 20 多个引脚，有的甚至只有 8 个引脚。

单片机价格并不高,根据单片机功能不同,价格一般从几元人民币到几十元人民币不等。

单片机应用在智能仪器仪表、工业测控、计算机网络和通信技术、办公自动化及小家电等各个领域。

1.1.3 MCS51 单片机与其他单片机的关系

我们平常总是讲 8051,那它与 8031、89C51 之间究竟是什么关系呢? MCS51 是由美国 INTEL 公司生产的一系列单片机的总称,这一系列单片机包括许多品种,如 8031、8051、8751、8752 等,其中 8051 是最早最典型的产品。该系列其他单片机都是在 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 MCS51 系列单片机,而 8031 是前些年在我国最流行的单片机,所以很多场合会看到 8031 的名称。INTEL 公司将 MCS51 的核心技术授权给了很多公司,像 ATMEL、宏晶等,其中 STC89C51 就是这几年在我国非常流行的单片机。本书将用 STC89C51 完成一系列的实验,C51 系列单片机部分芯片选型如表 1.1 所列。

表 1.1 C51 系列单片机部分芯片选型一览表

序 号	公 司	型 号	RAM/B	ROM/ KB	时钟频率/ MHZ	ISP	工作电压/V	备注
1	ATMEL	AT89C51	128	4	0~24	NO	4.8~5.3	2004 年已停产
2	ATMEL	AT89S51	128	4	0~33	OK	4.0~5.5	
3	宏晶	STC89C51RC	512	4	0~80	OK	3.3~5.5	国产
4	宏晶	STC89C52RC	512	8	0~80	OK	3.3~5.5	国产
5	宏晶	STC89C516RD+	1 280	64	0~80	OK	3.3~5.5	国产
6	华邦	W78E365	1 K+256	64	0~40	OK	4.7~5.3	中国台湾

1.1.4 未来单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高速度、高性能和多品种方向发展。

1. CPU 功能增强、内部资源增多、引脚的多功能化

如 W78E365 芯片内部集成 64 KB 的程序存储器和 1 KB+256 B 的数据存储器,以及宏晶 STC89C516RD+ 也是集成了 64 KB 的 ROM 和 1 280 B 的 RAM。

2. 速度快

有的单片机晶体的谐振频率范围为 0~40 MHz,有的甚至高达 80 MHz,如华邦的单片机晶体的谐振频率范围为 0~40 MHz,而宏晶的单片机晶体的谐振频率范围为 0~80 MHz。

3. 低电压和低功耗

如新华龙公司的 C8051F9××单片机系列的工作电压仅为 0.9 V。

1.2 单片机的内部、外部结构

1.2.1 单片机引脚

图 1.3 和图 1.4 为 STC89C51 单片机的引脚封装, 其中, 图 1.3 为双列直插式 (DIP) 封装, 图 1.4 为四方扁平式 (QFP) 封装。

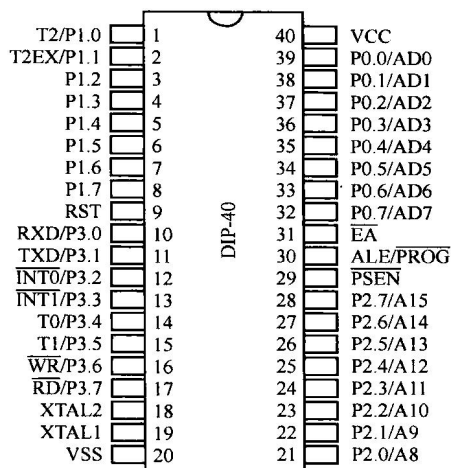


图 1.3 双列直插式 (DIP) 封装

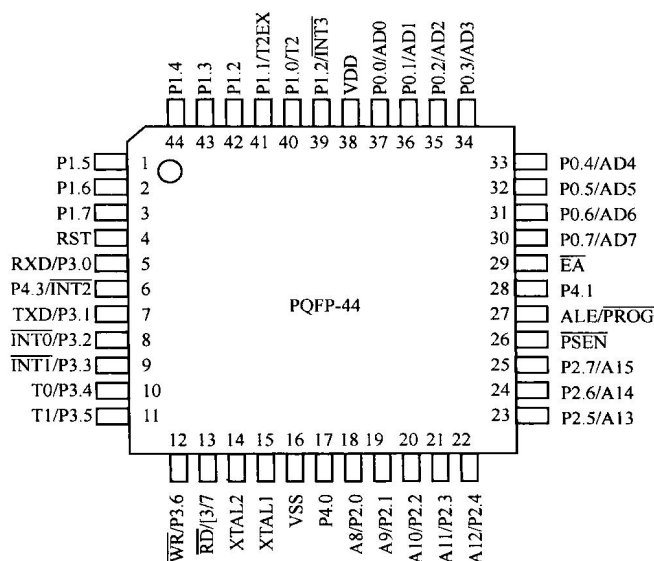


图 1.4 四方扁平式 (QFP) 封装

1.2.2 单片机的应用电路

图 1.5 是 STC89C51 单片机的典型电路连接方式。

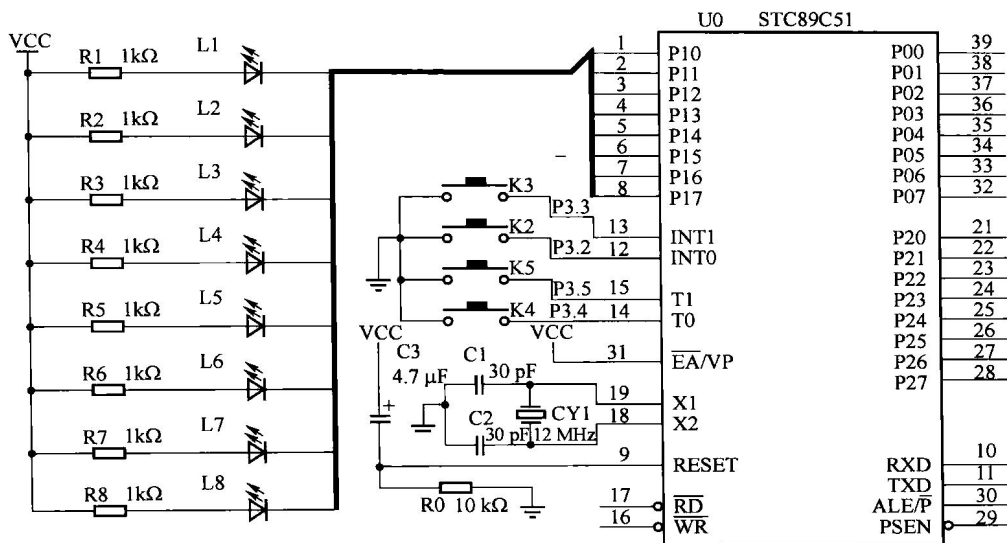


图 1.5 单片机最小系统

1.2.3 单片机最小系统

单片机最小系统即单片机能够正常工作的最基本条件或者说是必需的条件。

1. 电源

这当然是必不可少的。单片机使用的是 5 V 电源,其中正极接 40 引脚,负极(地)接 20 引脚。

2. 振荡电路

单片机是一种时序电路,必须提供脉冲信号才能正常工作,在单片机内部已集成了振荡器,使用晶体振荡器时须接 18、19 脚。只要买来晶振(最常用 11.0592 MHz 晶振),电容(15~30 pF),按图 1.5 接上即可。

备注:

(1) 晶振振荡周期($T_{\text{晶}}$)= $1/f$ (f 为晶振频率,晶振振荡周期为晶振频率的倒数)。

(2) 单片机的机器周期($T_{\text{单}}$)= $12(T_{\text{晶}})$ 即 12 倍的晶振振荡周期。

(3) 单片机的指令周期($T_{\text{指}}$)=(1~4 倍)($T_{\text{单}}$)即等于 1~4 倍的机器周期。

不同的指令,执行时间所需的机器周期是不一样的,但一定是单片机指令的整数倍。

3. 复位电路

任何单片机在工作之前都要有个复位的过程,复位是什么意思呢?它就像是我們上课之前打的预备铃。预备铃一响,大家就自动地从操场、其他地方进入教室了,在这一段时间里,是没有老师干预的。

对单片机来说,是程序还没有开始执行,在做准备工作。显然,准备工作不需要太长的时间,复位只需要 5 ms 的时间就可以了。如何进行复位呢?只要在单片机的 RST 引脚加上高电平即可,按上面所说,时间不少于 5 ms。为了达到这个要求,可以用很多种方法实现,这里提供一种以供参考,如图 1.5 所示。

注意:单片机复位条件是在 RST 引脚接高电平,且持续时间超过 5 ms! (每种单片机复位时间不一样,详见具体单片机芯片的技术资料。)

复位有 3 种方式:上电复位(详见图 1.5,复位时间计算公式: $T=2 \times 3.14RC$)、按键复位、看门狗复位。

4. EA 引脚

EA 引脚接到正电源端。

至此,一个单片机就接好了,通上电,下载相应程序后,就可以工作了。

1.3 单片机内部结构分析

1.3.1 存储器

按功能可以分为只读和随机存取存储器两大类。只读存储器的英文缩写为 ROM(Read Only Memory),其特性如字面意思一样。随机存取存储器,英文缩写为 RAM(Random Access Memory),即随时可以改写,也可以读出里面的数据,类似于黑板,可以随时写东西上去,也可以用黑板擦擦掉重写。

常用存储器类型:

- ① RAM:可读可写,掉电数据丢失,相当于内存。
- ② ROM:只读存储器,只能读,不能写,掉电数据还存在,相当于光盘。
- ③ EEROM,FLASH:可读,可写,掉电数据还存在(如 AT24C02 属于 EEPROM)。

1.3.2 8051 单片机存储结构

如图 1.6 所示,8051 单片机的存储器分为两部分,一部分是程序存储区,一部分是数据存储区。数据存储区又分为内部数据区和外部数据区。

① CODE 区是程序存储区,是一个只读存储器 ROM,用于存放程序代码,一旦程序开始运行就不能修改了,要让单片机实现不同功能就只能重新烧写新的程序。

② SFR 为特殊功能寄存器(Special Function Register)区,是系统使用的专用区域。

③ DATA 是用户存储区,用户可以自由分配使用,其访问速度最快。