

单片机

应用设计及开发项目教程

■ 陈新锐 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育电子与计算机专业项目特色系列教材

单片机应用设计及开发项目教程

主 编 陈新锐

副主编 何经伟 张志杰

内 容 简 介

本书结合单片机课程教学注重实践操作、强调与时俱进的特点,采用“项目引领、任务驱动”理实一体化的教学模式进行编写,与职业岗位基本技能融合在一起,每个项目任务在阐述其硬件和软件实现上的工作原理及设计开发思路的基础上,采用单片机 C 语言编程并利用 Proteus 软件仿真来代替实物制作,将学生从复杂的硬件结构中解放出来,在计算机上完成单片机电路设计、软件设计及调试与仿真,便于学生理解和掌握单片机应用系统从概念到产品的完整设计实现过程。

本书把单片机应用设计及开发技术知识融入于精心编排的 18 个项目中,分为入门篇和提高篇,入门篇为专题项目任务,提高篇为综合项目任务。

本书内容翔实,项目丰富,有较强的实际应用指导价值,既可以作为高职高专院校和应用型本科院校相关专业单片机技术课程学习和实训教学的教材,也可以作为广大电子制作爱好者的自学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用设计及开发项目教程/陈新锐主编. —北京:北京理工大学出版社, 2019.2 (2019.3 重印)

ISBN 978 - 7 - 5682 - 5854 - 8

I. ①单… II. ①陈… III. ①单片微型计算机 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 149630 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 376 千字

版 次 / 2019 年 2 月第 1 版 2019 年 3 月第 2 次印刷

定 价 / 40.00 元

责任编辑 / 高 芳

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 黄拾三

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

近年来,随着电子信息技术与计算机技术的发展,单片机技术作为电子技术应用领域的亮点不断呈现。由于单片机具有良好的控制性能,体积小,性价比高,配置形式丰富,广泛应用于智能化家用电器、通信、办公自动化、商业营销设备、机电一体化、仪器仪表、工业控制与检测、武器装备等领域。

本书通过项目任务的形式引导教学,体现“学-教-做一体化”的教学思路,知识由浅入深,将单片机的基本知识点和基本技能融入精心组织的18个项目任务中。项目任务兼具传统性和创新性,既相互独立,又含内在联系,适合零基础学生的学习和训练。每个项目都包括教学目的、知识储备、项目任务描述、项目任务实施、项目任务小结等部分,使学生在项目任务的学习和实践中掌握理论知识并提高实践能力。全书分为入门篇和提高篇,采用单片机C语言进行编程。入门篇包含10个项目,分别为点亮一个发光二极管、开关控制LED闪烁方式、双边拉幕灯的设计、LED点阵屏显示字符控制、独立式按键控制数码管、 2×2 矩阵键盘指示灯控制、简易水情报警器的设计、10 s秒表的设计、数字电压表的设计、单片机与PC通信;提高篇包含8个项目,分别为汽车信号灯控制系统的设计、直流电动机转速和转向控制系统的设计、汽车车窗玻璃升降及雨刷控制系统的设计、数码管显示的电子钟设计、按键调节的液晶万年历设计、音乐演奏电路的设计、多路温度采集显示系统的设计和简易计算器的设计。

本书的主要特色如下。

(1) 以Proteus软件的仿真代替实物制作,不仅可以在原理图设计阶段对所设计的电路进行验证和调试,避免传统电子电路设计中方案更换带来的多次重复购买元器件及制板的麻烦,节省时间和经费,提高设计的效率和质量,还可以使学生的学习突破时间和空间的限制,方便随时进行学习和开发。

(2) 在内容组织方面,以单片机应用开发项目任务为主线,以设计工作过程为导向,通过设计不同的项目任务载体,将单片机技术所涉及的主要知识和技能融入于各个项目任务的教学组织结构之中。内容选择上以“必需”与“够用”为原则,对知识点进行有机整合,由浅入深,循序渐进,强调实用性、可操作性和可选择性。

(3) 按照学生的认知规律,遵循由单一到综合、由简单到复杂的原则,合理编排教材内容,尽量降低学习难度,提高学生学习兴趣。



本书是编者多年教学实践及科研开发的经验积累，同时也得到了北海职业学院汪卫星、广西通力电子科技有限公司企业专家的技术指导。书中所有项目任务的程序都通过编译、调试，运行结果正确。为了使本书的内容更加完整和丰富，书中引用了一些资料，在此一并向这些作者表示感谢。

本书由陈新锐任主编，何经伟、张志杰任副主编。陈新锐对本书的编写思路与大纲进行了总体规划，制定大纲指导全书的编写，并对全书进行了统稿。具体编写分工如下：项目任务一至项目任务十三及附录、参考文献由陈新锐编写，项目任务十四至项目任务十六由何经伟编写，项目任务十七至项目任务十八由张志杰编写。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中的疏漏和不足之处在所难免，恳请各位读者提出宝贵意见。

编 者

2017 年 10 月

入门篇

项目任务一 点亮1个LED	(3)
一、教学目的	(3)
二、知识储备	(3)
三、项目任务描述	(12)
四、项目任务实施	(12)
五、项目任务小结	(21)
习题	(21)
项目任务二 开关控制LED闪烁方式	(22)
一、教学目的	(22)
二、知识储备	(22)
三、项目任务描述	(26)
四、项目任务实施	(26)
五、项目任务小结	(31)
习题	(32)
项目任务三 双边拉幕灯的设计	(33)
一、教学目的	(33)
二、知识储备	(33)
三、项目任务描述	(37)
四、项目任务实施	(37)
五、项目任务小结	(43)
习题	(43)
项目任务四 LED点阵屏显示字符控制	(44)
一、教学目的	(44)
二、知识储备	(44)
三、项目任务描述	(46)
四、项目任务实施	(46)
五、项目任务小结	(51)



习题	(51)
项目任务五 独立式按键控制数码管	(52)
一、教学目的	(52)
二、知识储备	(52)
三、项目任务描述	(55)
四、项目任务实施	(55)
五、项目任务小结	(59)
习题	(60)
项目任务六 2×2 矩阵键盘指示灯控制	(61)
一、教学目的	(61)
二、知识储备	(61)
三、项目任务描述	(62)
四、项目任务实施	(62)
五、项目任务小结	(68)
习题	(68)
项目任务七 简易水情报警器的设计	(70)
一、教学目的	(70)
二、知识储备	(70)
三、项目任务描述	(73)
四、项目任务实施	(74)
五、项目任务小结	(79)
习题	(80)
项目任务八 10 s 秒表的设计	(81)
一、教学目的	(81)
二、知识储备	(81)
三、项目任务描述	(86)
四、项目任务实施	(86)
五、项目任务小结	(91)
习题	(92)
项目任务九 数字电压表的设计	(93)
一、教学目的	(93)
二、知识储备	(93)
三、项目任务描述	(95)
四、项目任务实施	(95)
五、项目任务小结	(100)
习题	(101)
项目任务十 单片机与 PC 通信	(102)
一、教学目的	(102)
二、知识储备	(102)



三、项目任务描述	(107)
四、项目任务实施	(107)
五、项目任务小结	(111)
习题	(111)

提 高 篇

项目任务十一 汽车信号灯控制系统的设计	(115)
一、教学目的	(115)
二、知识储备	(115)
三、项目任务描述	(115)
四、项目任务实施	(115)
五、项目任务小结	(120)
习题	(120)
项目任务十二 直流电动机转速和转向控制系统的设计	(121)
一、教学目的	(121)
二、知识储备	(121)
三、项目任务描述	(123)
四、项目任务实施	(124)
五、项目任务小结	(130)
习题	(130)
项目任务十三 汽车车窗玻璃升降及雨刷控制系统的设计	(131)
一、教学目的	(131)
二、知识储备	(131)
三、项目任务实施	(131)
四、项目任务小结	(138)
习题	(139)
项目任务十四 数码管显示的电子钟设计	(140)
一、教学目的	(140)
二、知识储备	(140)
三、项目任务描述	(140)
四、项目任务实施	(141)
五、项目任务小结	(149)
习题	(149)
项目任务十五 按键调节的液晶万年历设计	(150)
一、教学目的	(150)
二、知识储备	(150)
三、项目任务描述	(157)
四、项目任务实施	(157)
五、项目任务小结	(172)



习题	(172)
项目任务十六 音乐演奏电路的设计	(173)
一、教学目的	(173)
二、知识储备	(173)
三、项目任务描述	(175)
四、项目任务实施	(175)
五、项目任务小结	(184)
习题	(184)
项目任务十七 多路温度采集显示系统的设计	(186)
一、教学目的	(186)
二、知识储备	(186)
三、项目任务描述	(193)
四、项目任务实施	(193)
五、项目任务小结	(202)
习题	(202)
项目任务十八 简易计算器的设计	(203)
一、教学目的	(203)
二、知识储备	(203)
三、项目任务描述	(208)
四、项目任务实施	(208)
五、项目任务小结	(218)
习题	(218)
附录 A Proteus 软件和 Keil 软件的安装	(220)
附录 B 数制与码制	(234)
附录 C Proteus 中常用元器件符号表	(240)
参考文献	(245)

人 门 篇

项目任务一

点亮 1 个 LED

一、教学目的

- (1) 了解单片机的概念、特点及引脚功能；
- (2) 了解 Keil μ Vision 与 Proteus 软件的功能；
- (3) 掌握仿真电路图的绘制方法；
- (4) 掌握 Keil 软件的使用；
- (5) 理解单片机最小系统的功能。

二、知识储备

(一) 单片机概述

1. 单片机简介

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 接口和中断系统、定时/计数器等（可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路）集成到一块芯片上构成的微型计算机系统。几种常见的单片机如图 1-1 所示。

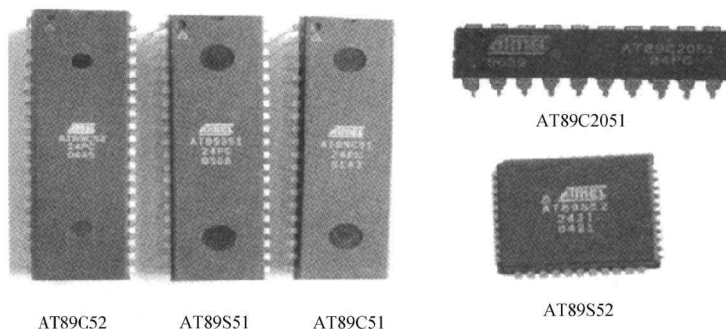


图 1-1 几种常见的单片机



自 20 世纪 70 年代单片机诞生以来，世界各大半导体公司推出了几十个系列的数百种单片机产品，单片机经历了 4 位、8 位、16 位和 32 位 4 个阶段，其中，4 位单片机仅用在功能较单一的系统中，8 位、16 位和 32 位是市场主流。随着科学技术的发展，单片机功能越来越强，集成度越来越高，应用越来越广，经过 40 多年的迅速发展，其产品已经形成了多公司、多系列、多型号的局面。在国际上影响较大的 8 位单片机生产厂家和主要产品见表 1-1。

MCS-51 系列产品以其优良的性价比，成为我国广大科技人员的首选，本书主要介绍此系列单片机及与其兼容的单片机。

表 1-1 8 位单片机的部分生产厂家及型号

公司	典型产品系列
Intel（美国英特尔）公司	MCS-51 及其增强型系列
Atmel（美国爱特梅尔）公司	与 MCS 系列兼容的 51 系列
Motorola（摩托罗拉）公司	6801 系列和 6805 系列
Philips（荷兰飞利浦）公司	8XC552 及 89X 系列
Microchip（美国微心）公司	PIC165X 系列
Zilog（美国齐洛格）公司	Z8 系列及 SUPER8 系列
Fairchild（美国仙童）公司	F8 系列和 3870 系列
Rockwell（美国洛克威尔）公司	6500/I 系列
TI（美国得克萨斯仪器仪表）公司	TMS7000 系列
NS（美国国家半导体）公司	NS8070 系列
RCA（美国无线电）公司	GDP1800 系列
STC（宏晶）公司	STC89C、STC90C 系列

2. 单片机的特点

单片机是集成电路与微型计算机技术发展的产物，它具有体积小、价格低、使用方便、稳定可靠的特点。单片机的发展与普及为工业自动化等领域带来了重大的技术革命进步。单片机很容易嵌入系统中，只要适当增加一些必要的外围电路，就可以灵活地构成各种应用系统，如工业自动控制系统、自动检测监视系统、数据采集系统、智能仪器仪表等。

单片机的广泛应用主要得利于单片机系统具有以下优点。

（1）简单方便，容易上手，便于掌握和普及。单片机应用系统设计、组装、调试容易，广大工程人员通过学习可快速掌握其应用设计与调试技术。

（2）功能齐全，应用可靠，抗干扰能力强。

（3）发展迅速，前景广阔。单片机在短短几十年里经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等发展阶段，形式多样、集成度高、功能日臻完善的单片机不断问世，使得它在工业控制及自动化领域获得了长足发展。近些年来，单片机内部结构和配套的片内外围功能部件越来越完善，一个芯片就是一个应用系统，为应用系统向更高层次和更大规模的发展奠定了坚实的基础。

（4）方便嵌入，用途广泛。单片机体积小、性价比高、灵活性强等特点在嵌入式微控

制系统中具有十分重要的地位。在单片机问世以前，制作一套测控系统，往往需要大量的模拟电路、数字电路和分立元器件，系统体积庞大，且线路复杂，连接点多，极易出现故障。单片机问世后，电路组成和控制方式发生了巨大变化。在单片机应用系统中，测控功能的实现大都由单片机的程序来完成，其他电子线路则由片内的外围功能部件来替代。

由于单片机具有良好的控制性能，体积小，性价比高，配置形式丰富，被广泛应用于智能化家用电器、通信、办公自动化、商业营销设备、机电一体化、仪器仪表、工业控制与检测、武器装备等领域。

3. 80C51 系列单片机

80C51 单片机属于 Intel 公司 MCS - 51 系列单片机。MCS - 51 系列单片机最初采用 HMOS 制造工艺，其芯片根据片内 ROM 结构分为 8031（片内无 ROM）、8051（片内有 4KB 掩模 ROM）和 8751（片内有 4 KB EPROM），统称为 51 子系列单片机，其后又有增强型 52 子系列单片机，包括 8032、8052 和 8752 等。

HMOS 工艺的缺点是功率较大。随着 CMOS 工艺的发展，Intel 公司生产了 CHMOS 工艺的 80C51 芯片，大大降低了功耗，并引入低功耗管理模式，使低功耗具有可控性。CHMOS 工艺的 80C51 芯片根据片内 ROM 结构有 80C31、80C51、87C51 三种类型，其引脚与 51 系列兼容，指令相同。

随后，Intel 公司将 80C51 内核使用权以专利互换或出售的形式转让给世界许多著名的 IC 制造厂商，如 Philips、Atmel、AMD、Dallas、Siemens、Fujitsu、OKI、华邦、LG 等，在保持与 80C51 单片机兼容的基础上，这些公司结合自身优势，扩展了针对不同测控对象的外围电路，如满足模拟量输入的 A/D、满足伺服驱动的 PWM、满足高速输入/输出的 HSI/HSO、满足串行扩展要求的串行扩展总线 I²C、保证程序可靠运行的 WDT，以及引入使用方便且价廉的 Flash ROM 等，开发出上百种功能各异的新品种。80C51 系列单片机成为拥有众多芯片制造厂商支持的大家庭。

4. 单片机的引脚功能

MCS - 51 系列单片机是美国 Intel 公司生产的 8 位字长单片机，在我国应用非常广泛。MCS - 51 系列单片机常采用 40 个引脚双列直插封装，Atmel 公司生产的 AT89C51 引脚排列和功能如图 1 - 2 所示，其中部分引脚具有复用功能。

1) 电源引脚 VCC 和 VSS

(1) VCC（40 脚）：电源端，正常工作时为 +5 V。

(2) VSS（20 脚）：接地端。

2) 时钟电路引脚 XTAL1 和 XTAL2

XTAL1（19 脚）和 XTAL2（18 脚）分别为内部振荡电路反相放大器的输入端和输出端，这两个引脚外接石英晶体和微调电容，可为内部时钟

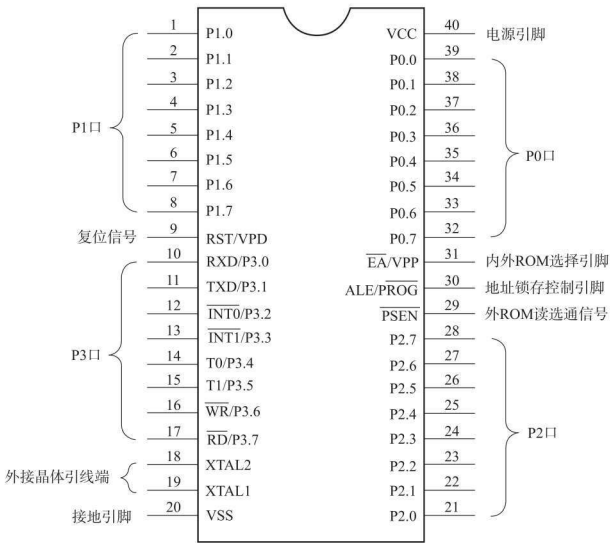


图 1 - 2 AT89C51 单片机的引脚排列和功能



电路提供振荡脉冲信号，以产生单片机有序工作所需要的时钟节拍。

3) 控制信号引脚 RST/VPD、ALE/PSEN、和EA和 VPP

(1) RST/VPD (9 脚)：复位信号/备用电源输入引脚。

当此引脚保持 2 个机器周期 (24 个时钟周期) 的高电平后，可使单片机完成复位操作。复位方式既可以采用自动复位，也可以采用手动复位。

RST 引脚的第二功能是 VPD，即备用电源输入端。当主电源 VCC 发生断电或电压降到一定值时，备用电源通过 VPD 为内部 RAM 供电，以保证数据不丢失。

(2) ALE/PROG (30 脚)：地址锁存允许信号输出/编程脉冲输入引脚。

当 CPU 访问片外存储器时，ALE 输出信号控制锁存 P0 口输出低 8 位地址，从而实现 P0 口数据与低位地址的分时复用。

当访问内部程序存储器时，ALE 端将输出 1/6 时钟频率的正脉冲信号，既用于识别单片机是否工作，也可当作一个时钟向外输出，每次有效对应一次读指令操作。

此引脚第二功能PROG是当片内带有可编程 ROM 的单片机编程写入时，作为编程脉冲的输入端。

(3) PSEN (29 脚)：片外 ROM 读选通信号端。当访问外部程序存储器时，此引脚输出负脉冲选通信号，16 位地址数据将出现在 P0 和 P2 口上，外部程序存储器则把指令数据放到 P0 口上，由 CPU 读入并执行。

(4) EA/VPP (31 脚)：EA 为外部程序存储器访问允许信号端。当该引脚接高电平时，CPU 先访问片内 ROM 并执行片内 ROM 指令，一旦地址超出片内 ROM 的范围，就访问片外 ROM。当EA引脚接低电平时，CPU 只访问外部 ROM 并执行外部 ROM 指令。该引脚第二功能 VPP 在 8751 片内 EPROM 固化编程时，作为施加较高编程电压输入端。

4) I/O 端口 P0、P1、P2 和 P3 口

(1) P0.0 ~ P0.7 (39 ~ 32 脚)：P0 口的 8 位双向 I/O 口线。

P0 口接上拉电阻可作为通用双向 I/O 口，在外接数据、程序存储器时，可作为低 8 位地址/数据总线复用引脚。

(2) P1.0 ~ P1.7 (1 ~ 8 脚)：P1 口的 8 位准双向 I/O 口线。

P1 口作为通用的 I/O 口使用。

(3) P2.0 ~ P2.7 (21 ~ 28 脚)：P2 口的 8 位准双向 I/O 口线。

P2 口既可作为通用的 I/O 口使用，也可作为片外存储器的高 8 位地址总线，与 P0 口配合，组成 16 位片外存储器单元地址。

(4) P3.0 ~ P3.7 (10 ~ 17 脚)：P3 口的 8 位准双向 I/O 口线。

P3 口除了作为通用的 I/O 口使用之外，每个引脚还具有第二功能，见表 1-2。

表 1-2 P3 口各引脚的第二功能

口线	引脚	功能
P3.0	10	RXD (串行输入口)
P3.1	11	TXD (串行输出口)
P3.2	12	$\overline{\text{INT0}}$ (外部中断 0)
P3.3	13	$\overline{\text{INT1}}$ (外部中断 1)

续表

口线	引脚	功能
P3.4	14	T0（定时/计数器0 外部输入）
P3.5	15	T1（定时/计数器1 外部输入）
P3.6	16	$\overline{\text{WR}}$ （外部数据存储器写脉冲）
P3.7	17	$\overline{\text{RD}}$ （外部数据存储器读脉冲）

（二）单片机最小系统

单片机最小系统又称单片机最小应用系统，是指用最少的元器件组成的可以工作的单片机系统。对 51 系列单片机而言，单片机最小系统包括单片机及电源模块、时钟电路和复位电路。

1. 单片机及电源模块

为了保证单片机在各种环境下正常工作，51 系列单片机电源的供电范围比较宽，一般为 $5 \times (1 \pm 20\%) \text{ V}$ ，单片机通常外接 +5 V 直流电源，其最高供电电压应不超过 6.6 V，根据应用环境的不同，其电源选择不同，如电池供电、USB 供电、220 V 电压经过变压器直流稳压后供电等。连接方式为 VCC（第 40 脚）接 +5 V，VSS 接电源地，如图 1-3 所示。

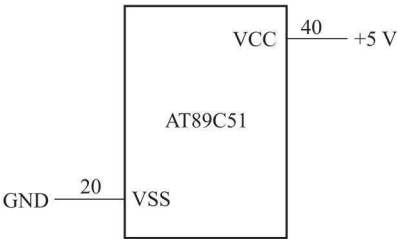


图 1-3 单片机供电原理图

2. 时钟电路

时钟电路用于产生单片机工作所需要的时钟信号，为了使单片机内部各硬件单元能协调运行，内部电路应在唯一的时钟信号控制下严格地按照时序进行工作。

MCS-51 系列单片机时钟信号的提供有内部振荡和外部时钟引入两种方式。

1) 内部振荡

在 XTAL1（19 脚）引脚和 XTAL2（18 脚）引脚之间外接石英振荡器和起振微调电容器，使内部时钟信号频率与晶振振荡频率一致，如图 1~4（a）所示。XTAL1 是单片机内部反相放大器的输入端，它构成了片内振荡器，输出端为引脚 XTAL2，在芯片的外部通过这两个引脚接晶体振荡器和微调电容器，形成反馈电路，构成稳定的自激振荡器。电容器一般选用陶瓷电容器，容量取 18~47 pF，典型值可取 30 pF；晶振振荡器频率的选择范围为 1.2~12 MHz，一般选用 6 MHz、11.0592 MHz 和 12 MHz。

2) 外部时钟引入

将外部已有时钟信号引入单片机。对于 HMOS 芯片，XTAL1 接地，XTAL2 接外部时钟信号，如图 1-4（b）所示；对于 CHMOS 芯片，XTAL1 接外部时钟信号，而 XTAL2 悬空，如图 1-4（c）所示。

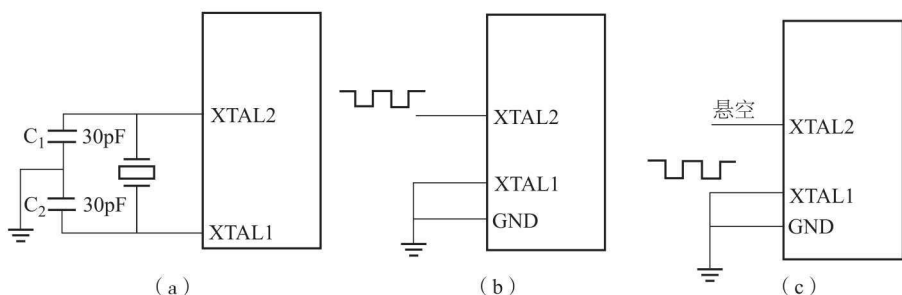


图 1-4 MCS-51 系列单片机时钟电路

(a) 内部方式；(b) 外部方式 1；(c) 外部方式 2

晶体振荡器的频率越高，振荡频率就越高。振荡电路产生的振荡脉冲是系统时钟信号二分频后的信号，如图 1-5 所示，在二分频的基础上再三分频产生 ALE 信号（ALE 是以晶振 1/6 的固有频率输出的正脉冲），在二分频的基础上再六分频得到机器周期信号。

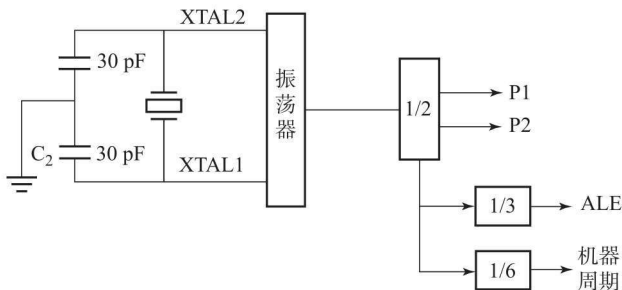


图 1-5 单片机时钟电路框图

3. 几个概念

1) 时钟周期

时钟周期也称为振荡周期，定义为时钟脉冲频率的倒数，它是 MCS-51 单片机中最基本的时间单位。时钟周期是单片机外接晶振频率的倒数，例如，12 MHz 晶振时钟周期是 $1/12 \mu\text{s}$ 。

2) 状态周期

状态周期又称 S 周期，是将时钟脉冲二分频后的脉冲信号，它是时钟周期的 2 倍，在 S 周期内有两个时钟周期，即分为两拍，分别称为 P1 和 P2。

3) 机器周期

机器周期是 MCS-51 单片机工作的基本定时单位，简称机周。机器周期是时钟周期的 12 倍。当时钟频率为 12 MHz 时，机器周期为 $1 \mu\text{s}$ ；当时钟频率为 6 MHz 时，机器周期为 $2 \mu\text{s}$ 。12 MHz 和 6 MHz 时钟频率是 51 单片机常用的两个频率，因此，机器周期 $1 \mu\text{s}$ 与 $2 \mu\text{s}$ 是一个重要的数据。

4) 指令周期

指令周期是指执行 1 条指令所需要的时间，一般由若干个机器周期组成。不同的指令需要不同的机器周期数，分为单周期指令、双周期指令和四周期指令。常用的加法、减法指令属于单周期指令。