

国家示范院校工学结合系列教材

GUOJIA SHIFAN YUANXIAO GONGXUE JIEHE XILIE JIAOCAI

# 机器人应用基础

JIQIREN YINGYONG JICHU

威海永 编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家示范院校工学结合系列教材

# 机器人应用基础

戚海永 编著

中国矿业大学出版社



## 内 容 提 要

本书详细介绍了机器人常用控制器的结构、伺服电机的控制、C 语言的机构和机器人控制的编程方法等内容。本书可作为高职高专院校工程类专业学生学习 C 语言及 C 语言应用的主导教材和辅助教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

机器人应用基础 / 威海永编著. — 徐州 : 中国矿业大学出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1953 - 4

I. ①机… II. ①威… III. ①机器人—高等教育—教材 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 165659 号

书 名 机器人应用基础  
编 著 威海永  
责任编辑 何 戈 章 毅  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 12 字数 298 千字  
版次印次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷  
定 价 22.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



# 前 言

本书以教育机器人和典型实例作为工程对象,能够使学生把 C 语言与单片机技术结合在一起,较系统地介绍了机器人技术的基础知识。

本书分为轮式机器人的制作与应用和工业机械手应用两个项目。项目一有七个项目单元:单元 1 介绍机器人系统的构建与调试,包括机器人的控制器结构、轮式机器人的组装和伺服电机调试等基础知识;单元 2 介绍机器人的基本运动控制;单元 3 介绍机器人触觉系统制作与调试;单元 4 介绍机器人红外导航;单元 5 介绍机器人串行通讯系统的制作;单元 6 介绍机器人 LCD 应用;单元 7 介绍轮式机器人应用综合。项目二简要介绍了工业机器人基座和腰关节的装配、大小臂的装配、手爪装配的电气连线和编程控制等内容。

本书在编写过程中非常注意的一点就是寓教于乐、兴趣为先,通过典型的工程对象,使整个教学和学习过程充满挑战和乐趣,大大提高学生的学习兴趣 and 效率。同时在学习和实践过程中,还可以培养学生系统的世界观和方法论。

深圳德普施科技有限公司给本书提供大量的资料。另外,江苏建筑职业技术学院的梁纯、范学慧、王振士对本书的最后完成付出了巨大的努力,在此表示感谢。

作者  
2013 年 3 月

# 目 录

## 项目 1 轮式机器人的制作与应用

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 单元 1 机器人系统的构建与调试 .....          | 3   |
| 任务 1 构建机器人工作环境、认识机器人的“大脑” ..... | 3   |
| 任务 2 机器人“大脑”主控电路的构建与调试 .....    | 8   |
| 任务 3 机器人系统硬件拆装 .....            | 13  |
| 任务 4 你的第一个设计——电机调试 .....        | 18  |
| 任务 5 学生实践 .....                 | 22  |
| 单元 2 机器人的基本运动控制 .....           | 24  |
| 任务 1 机器人指示灯亮、灭控制 .....          | 24  |
| 任务 2 机器人指示灯闪烁控制 .....           | 29  |
| 任务 3 机器人伺服电机控制信号 .....          | 31  |
| 任务 4 用你的计算机来控制机器人的运动 .....      | 38  |
| 任务 5 机器人基本巡航动作 .....            | 41  |
| 任务 6 用函数调用简化运动程序 .....          | 51  |
| 任务 7 高级主题——用数组建立复杂运动 .....      | 59  |
| 单元 3 机器人触觉系统的制作与调试 .....        | 69  |
| 任务 1 机器人胡须安装与测试 .....           | 69  |
| 任务 2 查询法胡须触觉避障 .....            | 74  |
| 任务 3 机器人进入死区后的人工智能决策 .....      | 79  |
| 任务 4 学生实践 .....                 | 84  |
| 单元 4 机器人红外导航 .....              | 85  |
| 任务 1 搭建并测试 IR 发射和探测器 .....      | 86  |
| 任务 2 探测和避开障碍物 .....             | 90  |
| 任务 3 高性能的 IR 导航 .....           | 94  |
| 任务 4 俯视的探测器 .....               | 97  |
| 任务 5 定时/计数器的运用 .....            | 102 |
| 任务 6 测试扫描频率 .....               | 106 |
| 单元 5 机器人串行通讯系统的制作 .....         | 111 |
| 任务 编写串口通信程序 .....               | 113 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 单元 6 机器人 LCD 应用 .....      | 119 |
| 任务 1 认识 LCD 显示器 .....      | 119 |
| 任务 2 用 LCD 显示机器人运动状态 ..... | 127 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 单元 7 轮式机器人应用综合实践 ..... | 135 |
|------------------------|-----|

## 项目 2 工业机械手应用

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 单元 1 工业机器人基座和腰关节的装配 ..... | 139 |
|---------------------------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 单元 2 工业机器人大小臂的装配 ..... | 144 |
|------------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 单元 3 工业机器人手爪的装配 ..... | 148 |
|-----------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 单元 4 机械手整体装配 ..... | 151 |
|--------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 单元 5 机械手电气连线 ..... | 153 |
|--------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 单元 6 工业机器人的编程控制 ..... | 155 |
|-----------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 单元 7 各类工业机器人的认识 ..... | 164 |
|-----------------------|-----|

## 附 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 附录 A C 语言概要归纳 ..... | 169 |
|---------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 附录 B 微控制器原理归纳 ..... | 179 |
|---------------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 附录 C 无焊锡面包板 ..... | 182 |
|-------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 附录 D LCD 模块电路 ..... | 184 |
|---------------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 参考文献 ..... | 185 |
|------------|-----|





# **项目 1**

## **轮式机器人的制作与应用**



## 单元 1 机器人系统的构建与调试

**【单元目标】** 寻找并安装开发编程软件;连接机器人到电池或者供电的电源;连接单片机教学板 ISP 接口到计算机,以便编程;连接单片机教学板串行接口到计算机,以便调试和交互;运用 C 语言初次编写少量的程序,运用编译器编译生成可执行文件,然后下载到单片机上,通过串口观察机器人上的单片机教学板的执行结果。

### 任务 1 构建机器人工作环境、认识机器人的“大脑”



#### 任务描述

(1) 本任务主要介绍以单片机为“大脑”的机器人系统的硬件和软件工作环境的构建。  
(2) 本任务所需的元器件:PC 机(1 台)、机器人车体及系统板(1 套)、串口电缆(1 根)、ISP 下载线(1 根)。

(3) 计算机系统需求[需要 1 台计算机或者笔记本电脑来运行 Keil uVision2(V2.38a)编辑器软件]:

- ① Windows 1998 及以上操作系统;
- ② 一个并行口(用来下载程序);
- ③ 一个串行口或 USB 转串口连接线(用来与用户交互)。



#### 任务操作

##### 步骤 1 获得机器人硬件系统

单片机控制的宝贝车机器人,能够组成一个完整的、硬件系统与软件系统相互结合的智能控制系统,通过并口 ISP 下载线相互连接、通信。

图 1-1-1 所示为宝贝车机器人硬件系统,它的微控制器(MCU)是由 Atmel 公司生产的、可与 51 系列单片机兼容的 8 位 AT89S52 单片机。

##### 步骤 2 获得软件

在本课程的学习中,将反复用到三款软件:Keil uVision2 IDE 集成开发环境、SL ISP 程序下载软件、串口调试软件等。

##### 1. Keil uVision2 IDE 集成开发环境

该软件是德国 KEIL 公司出品的 51 系列单片机集成开发系统。我们可以在 KEIL 公司的网站 [www.keil.com](http://www.keil.com) 上获得该软件的安装包(本教材使用 2.38a 版)。

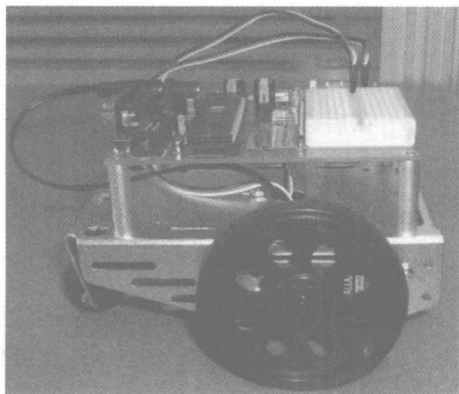


图 1-1-1 宝贝车机器人硬件系统

## 2. SL ISP 程序下载软件

该软件是广州天河双龙电子有限公司推出的一款 ISP 下载软件,使用该软件可以将可执行文件下载到机器人单片机上。该软件的使用需要计算机有并行口,可以在广州天河双龙电子有限公司的网站 [www.sl.com.cn](http://www.sl.com.cn) 中获得该软件。

## 3. 串口调试软件

此软件是用来显示单片机与计算机的交互信息的。在硬件上,使用的计算机至少要有串口或 USB 接口来与单片机教学板的串口连接。

### 步骤 3 安装软件

到目前为止,我们已获得软件安装包。软件的安装很简单,与安装其他软件的过程一样。

#### 1. 安装 Keil uVision2

(1) 执行 Keil uVision2 安装程序,如 D:\keil\setup\setup.exe 安装程序,选择 Eval Version 版进行安装,出现安装向导窗口,选择 Next 按钮,如图 1-1-2 所示。

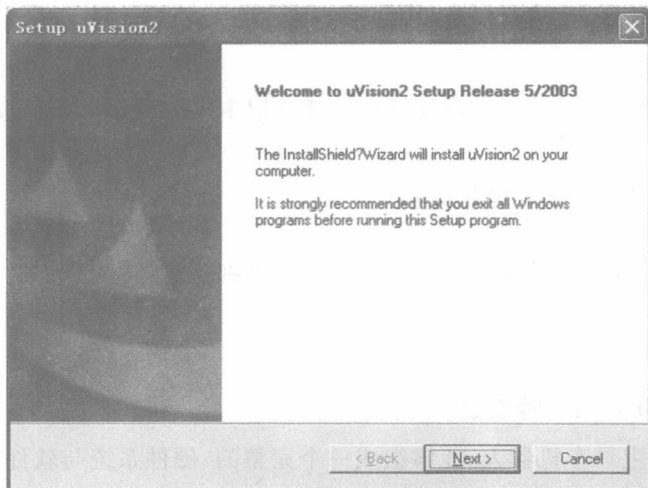


图 1-1-2 安装向导窗口

(2) 在许可协议窗口选择 Yes,如图 1-1-3 所示。

(3) 在后续出现的窗口中全部选择 Next 按钮,将程序默认安装在 C:\Keil 文件目录下。Keil uVision IDE 软件安装到电脑上的同时,会在计算机桌面建立一个快捷方式。

#### 2. 安装 ISP 下载软件(与上类似)

### 步骤 4 硬件连接

教学板需要连接电源,同时也需要连接到 PC 机(或笔记本电脑)以便编程和软、硬件间交互。下面介绍如何完成上述硬件连接任务。

#### 1. 串口的连接

教学板通过串口电缆连接到 PC 机(或笔记本电脑)上以便与用户交互。如果你的计算机有串行接口,可以直接使用串口连接电缆。如果没有,此时需要使用 USB 转串口适配器,

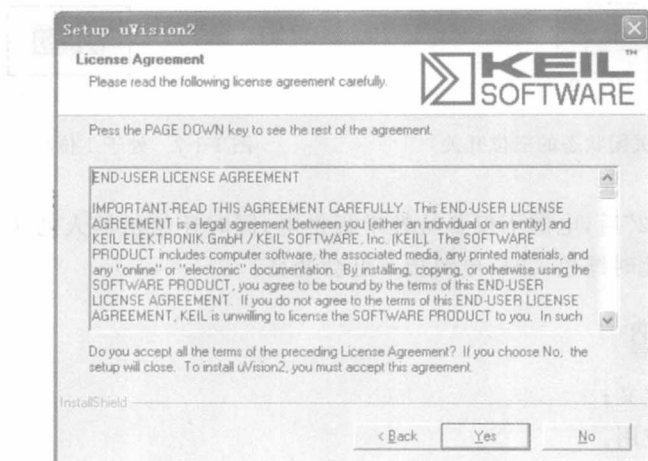


图 1-1-3 许可协议窗口

如图 1-1-4 所示。你只需将该串口线一端的串口连接到你的机器人教学板,而另一端连接到计算机的 USB 口上。

## 2. ISP 下载线的连接

机器人程序通过连接到 PC 机或者笔记本电脑的并口上的 ISP 下载线来下载到教学板上的单片机内。图 1-1-5 所示为 ISP 下载线。下载线一端连接到 PC 机或者笔记本的并行接口上,而另一端(小端)连接到教学板上的程序下载口上。



图 1-1-4 USB 转串口适配器

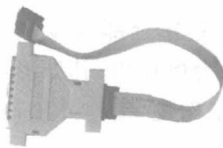


图 1-1-5 ISP 下载线

## 3. 电池的安装

本教材使用的机器人采用五号碱性电池给机器人电机和教学板供电,在继续下面的任务前,请先检查机器人底部电池盒内是否已经装好电池,并是否有正常的电压输出。如果没有,请更换新的电池。更换过程中,确保每颗电池都按照塑料盒子里面标记的电池极性(“+”和“-”)方向装入。

## 4. 通电检查

教学底板上有一个三位开关(见图 1-1-6),当开关拨到“0”位断开教学底板电源。无论你是否将电池组或者其他电源连接到教学底板上,只要三位开关位于“0”位,那么设备就处于关闭状态。

现在将三位开关由“0”位拨至“1”位,打开教学板电源,如图 1-1-7 所示。检查教学板上绿色 LED 电源指示灯是否变亮。如果没亮,检查电池盒里的电池和电池盒的接头是否已经插到教学板的电源插座上。

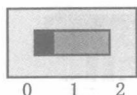


图 1-1-6 处于关闭状态的三位开关

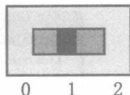


图 1-1-7 处于 1 位状态的三位开关

当将开关拨至“2”后,电源不仅要给教学板供电,同时还给机器人的执行机构——伺服电机供电,同样的,此时绿色 LED 电源指示灯会变亮。



### 知识点归纳

- (1) 单片机的定义;
- (2) 单片机的应用。



### 知识点讲解

#### 一、单片机的定义

宝贝车机器人的智能动作实际是由单片机系统控制的。单片机就是机器人的大脑,它可以定义为一台计算机。一台能够工作的计算机的组成部分如图 1-1-8 所示。

在个人计算机上这些部分被分成若干块芯片或者插卡,安装在一个称之为主板的印刷电路板上。而在单片机中,这些部分全部高度集成到一块集成电路芯片中,所以就称为单片机,其外形如图 1-1-9 所示。单片机不能孤立地工作,必须与外围设备以及编程软件组成一个完整的应用系统,如图 1-1-10 和图 1-1-11 所示。

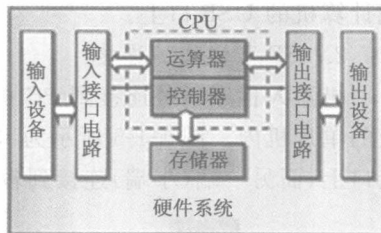


图 1-1-8 计算机的组成

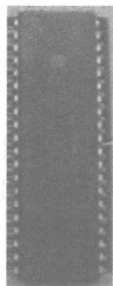


图 1-1-9 单片机实物图

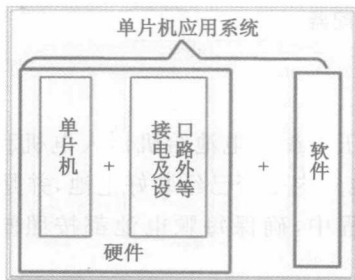


图 1-1-10 单片机应用系统图



图 1-1-11 机器人应用系统图

#### 二、C51 系列单片机

一提到单片机,就会经常听到这样一些名词:MCS51、8051、C51 等,它们之间究竟是什么关系呢?

MCS51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括了不

少品种,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、减和改变而来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS51 系列单片机。

Intel 公司将 MCS51 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 为核心的单片机时,功能有所改变,以满足不同的需求。其中较典型的一款单片机 AT89C51 是由美国 ATMEL 公司以 8051 为内核开发生产的。本教材使用的 AT89S52 单片机是在此基础上改进而来的。

AT89S52 是一种 8 位单片机,内含 8 KB 字节 ISP(In-system Programmable,系统在线编程),是可反复擦写 1 000 次的 Flash 只读程序存储器,器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术制造,兼容标准 MCS51 指令系统及其引脚结构。在实际工程应用中,功能强大的 AT89S52 已成为许多高性价比嵌入式控制应用系统的解决方案。

#### 工程规范提示:单片机的位数

现在市场上闹得沸沸扬扬的微软新推出的系统 VISTA 是 64 位操作系统;大家常用的系统,例如 Windows XP、Windows 2003 等,是 32 位操作系统;这里你将用到的单片机 AT89S52 是 8 位的,而有些厂家生产的单片机则是 16 位的。那么,这些位数:64、32、16、8 代表什么意义呢?

简单地说,这些位数指的是 CPU 能一次处理的数据的最大长度。当然,这里的位是指二进制的位,而非十进制的位。AT89S52 是 8 位的单片机,意味着它如果要处理 16 位数据的话就应该分两次处理。

早期的单片机应用程序开发通常需要仿真机、编程机等配套工具,要配置这些工具需要一笔不小的投资。本教材采用的 AT89S52,不需要仿真机和编程机,只需运用 ISP 电缆就可以对单片机的 Flash 反复擦写(寿命约 1 000 次以上),因此使用起来特别方便简单,尤其适合初学者使用,而且配置十分灵活,可扩展性特别强。

### 三、单片机的应用

与个人计算机、笔记本电脑相比,单片机的功能是很小的,但在实际生活中并不是任何需要计算机的场合都要求计算机有很高的性能。比如,空调温度的控制、冰箱温度的控制等都不需要使用很复杂高级的计算机。应用的关键是看是否够用,是否有很好的性价比。

#### 工程规范提示:性价比

从工程设计方面来讲,生产厂家更关注产品在性能良好前提下的成本。产品性能非常好,但成本太高,对销售来说很有难度。所以厂家认为产品的性能—价格比例越高越好。

单片机凭借体积小、质量轻、价格便宜等优势,已经渗透到我们生活的各个领域: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、电子宠物等,更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了。单片机应用领域示意图如图 1-1-12 所示。

因此,单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用、嵌入式系统设计与智能化控制的科学家、工程师,同时,学习使用单片机也是了解通用计算机原理与结构的最佳选择。

本教材将引导你运用 AT89S52 作为机器人的“大脑”制作一款教育机器人,并采用汇编语言对 AT89S52 进行编程,使机器人实现基本任务(如 LED 闪烁、电机运动等)。

#### 工程规范提示:In-system Programmable(ISP,系统在线编程)

In-system Programmable 是指用户可把已编译好的程序代码通过一条“下载线”直接写入到器件的编程(烧录)方法,已经编程的器件也可以用 ISP 方式擦除或再编程,相对于传统的“编程器”成本已经大大下降了。通常 Flash 型芯片会具备 ISP 下载能力。



图 1-1-12 单片机应用领域示意图

为了方便单片机微控制器与电源、ISP 下载电缆、串口线以及各种传感器和电机的连接,需要制作一个电路板,并将单片机插在电路板上,如图 1-1-13 所示。本教材将此电路板叫做教学板。

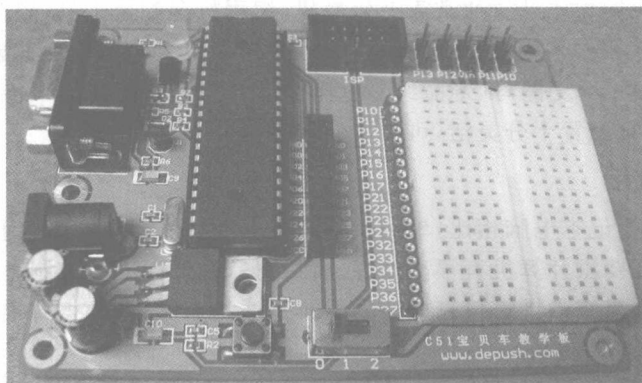


图 1-1-13 51 单片机教学板



### 拓展训练

请自行安装 ISP 下载软件。

## 任务 2 机器人“大脑”主控电路的构建与调试



### 任务描述

- (1) 本任务主要介绍机器人的主控电路——单片机最小系统的搭建与测试。
- (2) 本任务所需的元器件:万用表一台;示波器一台;+5 V 电源;单片机 AT89S52 一片;12 MHz 晶振一片;30 pF 电容两个;22  $\mu$ F 电容一个;200  $\Omega$ 、10 k $\Omega$  电阻各一个;触点开关一个。





## 任务操作

### 步骤 1 +5 V 电源供给(为机器人提供能量)

将单片机 40 脚接+5 V 电源正极;20 脚接地,以给单片机提供工作电压。

### 步骤 2 时钟电路搭建(为机器人安装“心脏”)

将单片机 18 脚、19 脚按图 1-1-14 连接 12 MHz 晶振时钟电路,以给单片机提供时序。

$C_1$ 、 $C_2$  为 30 pF 电容。

### 步骤 3 程序存储器访问权限控制( $\overline{EA}$ 引脚)

单片机未扩展外部程序存储器,则将单片机 31 脚接地,单片机只访问片内程序存储器。

### 步骤 4 复位电路搭建(让机器人“死而复生”)

单片机若在工作时死机,可以通过复位电路使其恢复正常,并从头开始执行程序。复位电路如图 1-1-15 所示。

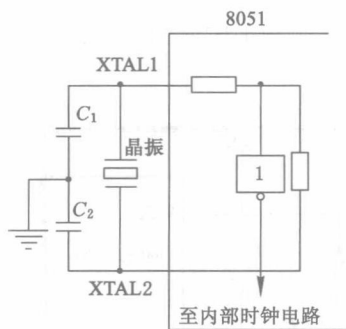


图 1-1-14 时钟电路

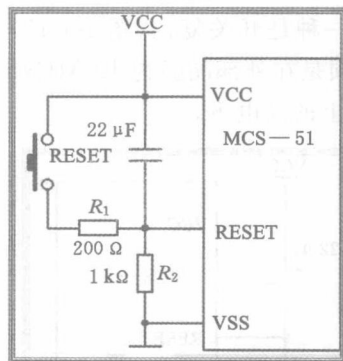


图 1-1-15 复位电路

### 步骤 5 单片机小系统检测

(1) 打开电源,用万用表测试单片机 40 脚、20 脚电压是否正常。

(2) 用示波器检测单片机 18 脚、19 脚的输出波形,察看其波形频率,检查晶振是否起振。

(3) 用万用表检测 31 脚是否为低电平。

(4) 用万用表检测 9 脚复位引脚在开关断开时,是否为低电平;开关闭合时是否为高电平。



## 知识点归纳

- (1) 单片机引脚;
- (2) 复位电路;
- (3) 时钟电路;
- (4) 存储器。