



卓越工程师培养计划

■ 单片机 ■

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



周润景 刘晓霞 编著



单片机

实用系统设计 与仿真经典实例



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

014025658

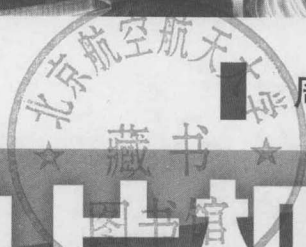
TP368.1
811



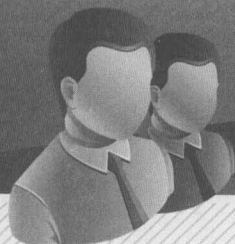
卓越工程师培养计划

■ 单片机 ■

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



周润景 刘晓霞 编著



单片机

实用系统设计与仿真经典实例

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry



北航

C1711145

TP368.1
811

内 容 简 介

本书主要以 Atmel 公司生产的 AT89C51 单片机为平台,围绕单片机应用中的一些具体实例进行讲解,包括电路的设计原理、系统仿真、PCB 的制作等。本书精选了 14 个典型的实例,包括数字电压表设计、直流电动机控制模块设计、步进电动机控制模块设计、电子密码锁设计、数字钟设计、基于 DS18B20 的温度测量模块设计、信号发生器设计、太阳能手机充电器设计、基于模糊控制的温度控制系统设计、催眠电路设计、电疗仪设计、室内煤气/天然气泄漏报警器设计、心电信号检测显示仪设计和脉搏信号检测与分析系统设计。本书突出实用性,淡化理论知识的讲解,所介绍的范例均是作者实际科研工作经验的总结,专业性很强。

本书适合从事单片机系统开发的工程技术人员阅读使用,也可以作为高等学校相关专业的单片机系统教学实验、课程设计、毕业设计及电子设计竞赛等的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机实用系统设计与仿真经典实例/周润景,刘晓霞编著. —北京:电子工业出版社,2014.1
(卓越工程师培养计划)

ISBN 978 - 7 - 121 - 22396 - 9

I. ①单… II. ①周… ②刘… III. ①单片微型计算机-系统设计-高等学校-教材 ②单片微型计算机-系统仿真-高等学校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 013408 号

责任编辑:张 剑(zhang@phei.com.cn)

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:416 千字

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:39.90 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

目前,单片机已广泛应用于家用电器、办公自动化、智能产品、测控系统、智能接口、工业自动化、汽车电子和航空航天电子系统等领域。因此,掌握单片机系统的设计技术已成为电子技术工程师必备的技能之一。本书以单片机系统的设计、分析、制作为主线,围绕单片机应用中的一些具体实例进行讲解。

本书中的实例都是作者实际科研工作经验的总结,实例的选择经过了多方面的考虑,涵盖 51 单片机应用的各个方面。本书的实例都配有汇编语言和 C 语言的源代码,不仅编程规范,且代码具有良好的移植性,对单片机系统开发人员有非常大的参考价值,也可以为高等院校相关专业的师生在单片机系统教学实验、课程设计、毕业设计及电子设计竞赛等方面提供帮助。

本书结合 EDA 开发工具 PROTEUS 软件及 KEIL 软件进行单片机电路的软、硬件联调,在不需要制作 PCB 的情况下对电路进行设计与分析,并且可以通过改变元器件的参数使整个电路的性能达到最优化,这样不仅节省了宝贵的开发时间和经费,也提高了设计的效率和质量。

“天下大事,必作于细”。本书是作者对多年实践经验的整理与总结,读者通过对本书的学习,可以借鉴作者的研发思路与实践经验,这无疑就是找到了学习的捷径,可以尽快取得最佳的学习效果,减少了不必要的盲目摸索的时间。无论是从单片机入门与提高的角度来看,还是从实践性与技术性的角度来看,本书均有可圈可点之处。

本书兼顾传统与新潮,详细介绍了 14 个项目,包括数字电压表设计、直流电动机控制模块设计、步进电动机控制模块设计、电子密码锁设计、数字钟设计、基于 DS18B20 的温度测量模块设计、信号发生器设计、太阳能手机充电器设计、基于模糊控制的温度控制系统设计、催眠电路设计、电疗仪设计、室内煤气/天然气泄漏报警器设计、心电信号检测显示仪设计和脉搏信号检测与分析系统设计。其中项目 1 由刘晓霞编写,项目 5 和项目 6 由李伟峰编写,其余内容由周润景编写,全书由周润景教授统稿。参加本书编写的还有张丽娜、张红敏、张丽敏、宋志清、陈雪梅、刘怡芳、陈艳梅、贾雯、张龙龙、姜攀、托亚和魏晓敏。为便于读者阅读、学习,特提供本书范例的下载资源,请访问 <http://yydz.phei.com.cn> 网站,到“资源下载”栏目下载。

由于作者水平有限,书中难免存在一些错误、疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

项目 1 数字电压表设计	1
设计目的	1
设计任务	1
设计原理	1
程序设计	6
程序代码	6
系统仿真	10
数字电压表的整体电路图	12
心得体会	12
项目 2 直流电动机控制模块设计	13
设计目的	13
设计任务	13
设计原理	13
程序设计	16
程序代码	17
系统仿真	21
直流电动机控制模块的整体电路图及其实物图	23
心得体会	24
项目 3 步进电动机控制模块设计	25
设计目的	25
设计任务	25
设计原理	25
程序设计	29
程序代码	29
系统仿真	32
步进电动机控制模块的整体电路图及其实物图	33
心得体会	34
项目 4 电子密码锁设计	35
设计目的	35
设计任务	35
设计原理	35
程序设计	38
程序代码	39
系统仿真	46
电子密码锁的整体电路图	48

心得体会	48
项目 5 数字钟设计	49
设计目的	49
设计任务	49
设计原理	49
程序设计	51
程序代码	52
系统仿真	59
数字钟的整体电路图及其实物图	59
心得体会	60
项目 6 基于 DS18B20 的温度测量模块设计	61
设计目的	61
设计任务	61
设计原理	61
程序设计	67
程序代码	69
系统仿真	79
温度测量模块的整体电路图及其实物图	79
心得体会	80
项目 7 信号发生器设计	81
设计目的	81
设计任务	81
设计原理	81
程序设计	85
程序代码	87
系统仿真	94
信号发生器的整体电路图及其实物图	95
心得体会	96
项目 8 太阳能手机充电器设计	97
设计目的	97
设计任务	97
设计原理	97
程序设计	102
程序代码	104
系统仿真	106
太阳能手机充电器的整体电路图及其实物图	107
心得体会	108
项目 9 基于模糊控制的温度控制系统设计	109
设计目的	109
设计任务	109

设计原理	109
模糊控制算法	115
程序设计	118
程序代码	119
系统仿真	127
基于模糊控制的温度控制系统整体电路图	131
心得体会	132
项目 10 催眠电路设计	133
设计目的	133
设计任务	133
设计原理	133
程序设计	139
程序代码	140
系统仿真	145
催眠电路的整体电路图及其实物图	146
心得体会	147
项目 11 电疗仪设计	148
设计目的	148
设计任务	148
设计原理	148
程序设计	153
程序代码	153
系统仿真	154
电疗仪的整体电路图及其实物图	155
心得体会	156
项目 12 室内煤气/天然气泄漏报警器设计	157
设计目的	157
设计任务	158
设计原理	158
系统原理图	161
程序设计	171
程序代码	172
系统仿真	182
煤气/天然气泄漏报警器的整体电路图及其实物图	183
心得体会	184
项目 13 心电信号检测显示仪设计	185
设计目的	185
设计任务	185
设计原理	185
系统结构图	185

心电图信号采集	186
补偿电路的设计	186
前置放大电路设计	187
滤波电路的设计	190
主放大电路及加法器的设计	198
显示仪电路的设计	205
显示程序的设计	207
程序设计	209
程序代码	210
系统仿真	230
心得体会	230
项目 14 脉搏信号检测与分析系统设计	231
设计目的	231
设计任务	231
设计原理	231
信号调理电路设计	233
单片机及其外围电路设计	237
电源模块设计	243
程序设计	245
程序代码	245
系统仿真	249
脉搏信号检测与分析系统的整体电路图及其实物图	250
心得体会	251
参考文献	252

项目1 数字电压表设计



设计目的

- ☺ 掌握 AT89C52 单片机的接口及工作原理;
- ☺ 熟悉 A/D 转换器 ADC0808 的原理及其外围电路的设计方法;
- ☺ 熟悉多位数码动态显示的方法。



设计任务

利用单片机 AT89C52 与 A/D 转换器 ADC0808 设计一个数字电压表,使其能够测量 0 ~ 5V 直流电压,4 位数码显示,要求使用的元器件数目尽可能少。

【初级要求】利用 AT89C52 单片机和 ADC0808,将得到的模拟量转换为数字量,转换的结果为 0 ~ 255,并通过数码管显示数值。

【中级要求】能够在初级要求的基础上进行数据处理,使显示结果为 0 ~ 5 之间的数,并保留两位小数。要求使用软件从 AT89C52 的 P2.4 端口输出 CLK 信号供 ADC0808 使用。



设计原理



数字电压表简介

数字电压表 (Digital Voltmeter, DVM),是采用数字化测量技术,把连续的模拟量 (直流输入电压) 转换成不连续、离散的数字形式并加以显示的仪表。数字电压表的特点如下所述。

- ☺ 显示清晰直观,读数准确:传统的模拟式仪表必须借助于指针和刻度盘进行读数,在读数过程中不可避免地会引入人为的测量误差。数字电压表则采用先进的数字显示技术,使测量结果一目了然,只要仪表不发生跳读现象,测量结果就是唯一的。
- ☺ 准确度高:准确度是测量结果中系统误差与随机误差的综合。
- ☺ 分辨率高:数字电压表在最低电压量程上末位 1 个字所代表的电压值,称为仪表的分辨力,它反映仪表灵敏度的高低。分辨力随显示位数的增加而提高。分辨力是指所能显示的最小数字 (零除外) 与最大数字的比值。例如, $3\frac{1}{2}$ 位 DVM 的分辨率为 $1/1999 \approx 0.05\%$ 。需要指出的是,分辨力与准确度属于两个不同的观念。从测量角度看,分辨力是“虚”指标 (与测量误差无关),准确度才是“实”指标 (代表测量误差的大小)。

- ☺ 测量范围宽：多量程 DVM 一般可测量 0 ~ 1000V 直流电压，配上高压探头还可测量上万伏的高电压。
- ☺ 扩展能力强：在数字电压表的基础上，还可扩展成各种通用及专用数字仪表、数字多用表（DMM）和智能仪表，以满足不同的需要。
- ☺ 抗干扰能力强：5 $\frac{1}{2}$ 位以下的 DVM 大多采用积分式 A/D 转换器，其串模抑制比、共模抑制比可达 100dB、80 ~ 120dB。高档 DVM 还采用数字滤波、浮地保护等先进技术，进一步提高了抗干扰能力，共模抑制比可达 180dB。

目前，数字电压表作为数字化仪表的基础与核心，已被广泛用于电子和电工测量、工业自动化仪表、自动测试系统等领域，显示出强大的生命力。与此同时，由电压表扩展而成的各种通用及专用仪表（含数字万用表），也将电量及非电量测量技术提高到崭新水平。

数字电压表的系统结构框图如图 1-1 所示。



图 1-1 数字电压表的系统结构框图

数字电压表的 LED 显示电路如图 1-2 所示。

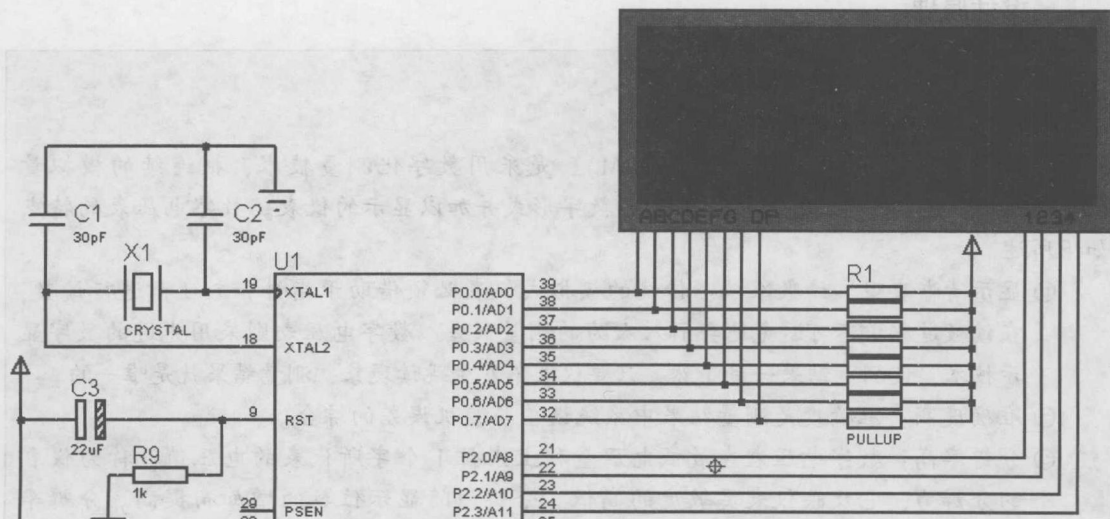


图 1-2 数字电压表的 LED 显示电路

数字电压表的 A/D 转换电路如图 1-3 所示。

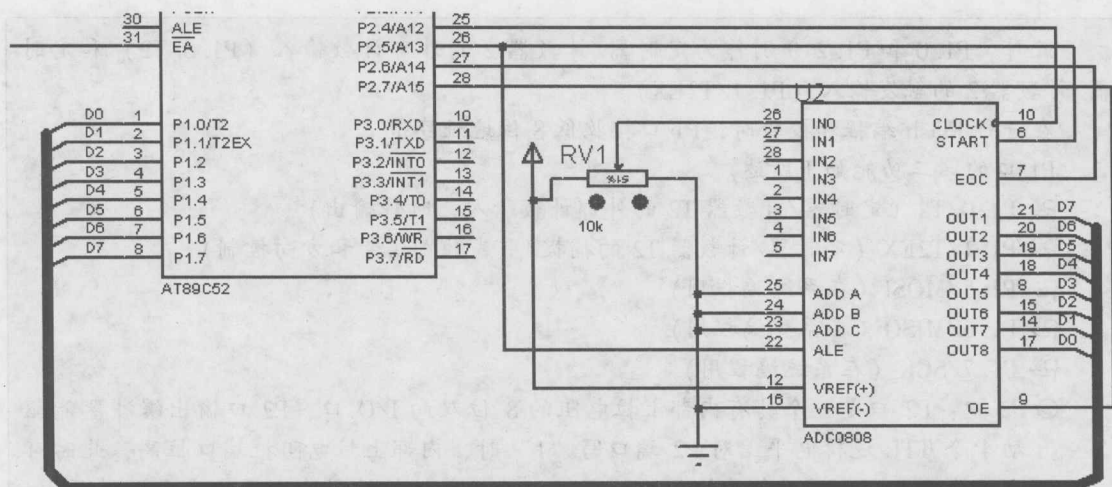


图 1-3 数字电压表的 A/D 转换电路



AT89C52 简介

【主要性能】与 MCS-51 单片机产品兼容、8KB 在系统可编程 Flash 存储器、1000 次擦写周期、全静态操作：0~33Hz、3 级加密程序存储器、32 个可编程 I/O 口线、3 个 16 位定时器/计数器、8 个中断源、全双工 ART 串行通道、低功耗空闲和掉电模式、掉电后中断可唤醒、看门狗定时器、双数据指针、掉电标志符。

【功能特性】AT89C52 是一种低功耗、高性能 CMOS 8 位微控制器，具有 8KB 在系统可编程 Flash 存储器。使用 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术制造，与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程，也适于常规编程器。在单芯片上，拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统可编程 Flash，使得 AT89C52 为众多嵌入式控制系统提供高灵活、高效的解决方案。AT89C52 具有以下标准功能：8KB Flash，256B RAM，32 位 I/O 口线，看门狗定时器，2 个数据指针，3 个 16 位定时器/计数器，一个 6 向量 2 级中断结构，全双工串行口，片内晶振及时钟电路。另外，AT89C52 可降至 0Hz 静态逻辑操作，支持两种软件可选择节电模式。空闲模式下，CPU 停止工作，允许 RAM、定时器/计数器、串口、中断继续工作。掉电保护方式下，RAM 内容被保存，振荡器被冻结，单片机一切工作停止，直到下一个中断或硬件复位为止。

☺ **P0 口：**P0 口是一个 8 位漏极开路的双向 I/O 口。作为输出口，每位能驱动 8 个 TTL 逻辑电平。对 P0 端口写“1”时，引脚用做高阻抗输入。

当访问外部程序和数据存储器时，P0 口也被作为低 8 位地址/数据复用。在这种模式下，P0 口具有内部上拉电阻。在进行 Flash 编程时，P0 口也用于接收指令字节；在进行程序校验时，输出指令字节。程序校验时，需要外部上拉电阻。

☺ **P1 口：**P1 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P1 口输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。对 P1 端口写“1”时，内部上拉电阻把端口拉高，此时可以作为输入口使用。作为输入口使用时，被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因，将输出电流（IIL）。

此外, P1.0 和 P1.2 分别作为定时器/计数器 2 的外部计数输入 (P1.0/T2) 和定时器/计数器 2 的触发输入 (P1.1/T2EX)。

在进行 Flash 编程和校验时, P1 口接收低 8 位地址字节。

P1 口的第二功能如下所述。

▮ P1.0/T2 (定时器/计数器 T2 的外部计数输入, 时钟输出)

▮ P1.1/T2EX (定时器/计数器 T2 的捕捉/重载触发信号和方向控制)

▮ P1.5/MOSI (在系统编程用)

▮ P1.6/MISO (在系统编程用)

▮ P1.7/SCK (在系统编程用)

☺ P2 口: P2 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P2 口输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。对 P2 端口写“1”时, 内部上拉电阻把端口拉高, 此时可以作为输入口使用。作为输入口使用时, 被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因, 将输出电流 (IIL)。在访问外部程序存储器或用 16 位地址读取外部数据存储器 (如执行 MOVX @ DPTR) 时, P2 口送出高 8 位地址。在这种应用中, P2 口使用很强的内部上拉发送“1”。在使用 8 位地址 (如 MOVX @ RI) 访问外部数据存储器时, P2 口输出 P2 锁存器的内容。在进行 Flash 编程和校验时, P2 口也接收高 8 位地址字节和一些控制信号。

☺ P3 口: P3 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P2 口输出缓冲器能驱动 4 个 TTL 逻辑电平。对 P3 口写“1”时, 内部上拉电阻把端口拉高, 此时可以作为输入口使用。作为输入口使用时, 被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因, 将输出电流 (IIL)。

P3 口也可作为 AT89S52 特殊功能 (第二功能) 使用。在进行 Flash 编程和校验时, P3 口也接收一些控制信号。



ADC0808 简介

ADC0808 是采样分辨率为 8 位的、以逐次逼近原理进行 A/D 转换的器件。其内部有一个 8 通道多路开关, 可以根据地址码锁存译码后的信号, 只选通 8 路模拟输入信号中的一路进行 A/D 转换。

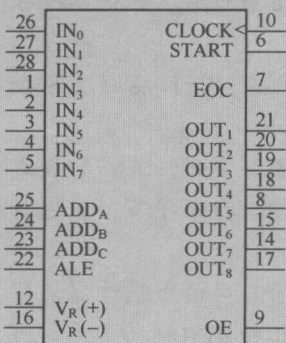


图 1-4 ADC0808 引脚图

ADC0808 芯片有 28 个引脚, 采用双列直插式封装, 如图 1-4 所示, ADC0808 的内部结构图如图 1-5 所示。各引脚功能如下所述。

☺ IN₀ ~ IN₇: 8 路模拟输入, 通过 3 根地址译码线 ADD_A、ADD_B、ADD_C来选通一路。

☺ OUT₇ ~ OUT₀: A/D 转换后的数据输出端, 为三态可控输出, 故可直接和微处理器数据线连接。其排列顺序是 OUT₇为最高位, OUT₀为最低位。

☺ ADD_A、ADD_B、ADD_C: 模拟通道选择地址信号, ADD_A为低位, ADD_C为高位。地址信号与选中通道对应关系见表 1-1。

- ⊙ $V_R(+)$ 、 $V_R(-)$ ：正、负参考电压输入端，用于提供片内 DC 电阻网络的基准电压。单极性输入时， $V_R(+)=5V$ ， $V_R(-)=0V$ ；双极性输入时， $V_R(+)$ 、 $V_R(-)$ 分别接正、负极性的参考电压。
- ⊙ ALE：地址锁存允许信号，高电平有效。当此信号有效时， ADD_A 、 ADD_B 、 ADD_C 三位地址信号被锁存，译码选通对应模拟通道。在使用时，该引脚常和 START 引脚连在一起，以便同时锁存通道地址和启动 A/D 转换。
- ⊙ START：A/D 转换启动信号，正脉冲有效。加于该端的脉冲的上升沿使逐次逼近寄存器清零，下降沿启动 A/D 转换。如果正在进行转换时又接到新的启动脉冲，则原来的转换进程被终止，重新开始转换。
- ⊙ EOC：转换结束信号，高电平有效。该信号在 A/D 转换过程中为低电平，其余时间为高电平。该信号可作为被 CPU 查询的状态信号，也可作为对 CPU 的中断请求信号。在需要对某个模拟量不断采样、转换的情况下，EOC 也可作为启动信号反馈接到 START 引脚，但在刚加电时需由外电路进行第一次启动。
- ⊙ OE：输出允许信号，高电平有效。当微处理器送出该信号时，ADC0808 的输出三态门被打开，使转换结果通过数据总线被读取。在中断工作方式下，该信号往往是 CPU 发出的中断请求响应信号。

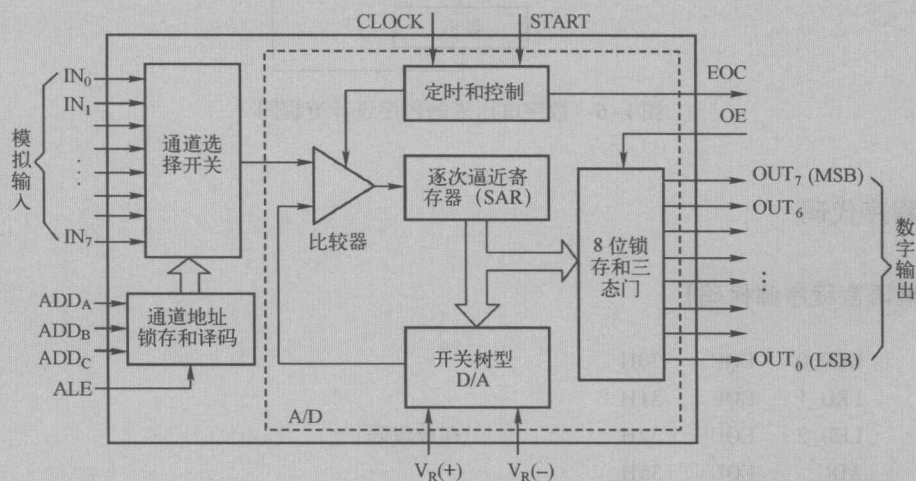


图 1-5 ADC0808 内部结构框图

表 1-1 地址信号与选中通道对应关系

地 址			选中通道
ADD_C	ADD_B	ADD_A	
0	0	0	IN_0
0	0	1	IN_1
0	1	0	IN_2
0	1	1	IN_3
1	0	0	IN_4
1	0	1	IN_5
1	1	0	IN_6
1	1	1	IN_7



程序设计

数字电压表的程序设计流程图如图 1-6 所示。

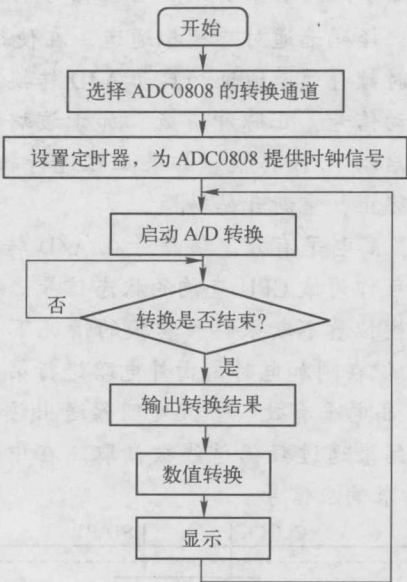


图 1-6 数字电压表的程序设计流程图



程序代码

【汇编语言程序源代码】

	LED_0	EQU	30H	
	LED_1	EQU	31H	
	LED_2	EQU	32H	;存放段码
	ADC	EQU	35H	
	CLOCK	BIT	P2.4	;定义 ADC0808 时钟位
	ST	BIT	P2.5	
	EOC	BIT	P2.6	
	OE	BIT	P2.7	
		ORG	00H	
		SJMP	START	
		ORG	0BH	
		LJMP	INT_T0	
START:	MOV	LED_0,	#00H	
	MOV	LED_1,	#00H	
	MOV	LED_2,	#00H	
	MOV	DPTR,	#TABLE	;段码表首地址
	MOV	TMOD,	#02H	

```

MOV     TH0, #245
MOV     TL0, #00H
MOV     IE, #82H
SETB    TR0
WAIT:   CLR     ST
        SETB    ST
        CLR     ST      ;启动 A/D 转换
        JNB     EOC, $   ;等待转换结束
        SETB    OE
        MOV     ADC, P1   ;读取 A/D 转换结果
        CLR     OE
        MOV     A, ADC
        MOV     B, #100
        DIV     AB
        MOV     LED_2, A
        MOV     A, B
        MOV     B, #10
        DIV     AB
        MOV     LED_1, A
        MOV     LED_0, B

        LCALL   DISP
        SJMP    WAIT
INT_T0: CPL     CLOCK     ;提供 ADC0808 时钟信号
        RETI
DISP:   MOV     A, LED_0   ;显示子程序
        MOV     A, @A + DPTR
        CLR     P2.3
        MOV     P0, A
        LCALL   DELAY
        SETB    P2.3
        MOV     A, LED_1
        MOV     A, @A + DPTR
        CLR     P2.2
        MOV     P0, A
        LCALL   DELAY
        SETB    P2.2
        MOV     A, LED_2
        MOV     A, @A + DPTR
        CLR     P2.1
        MOV     P0, A
        LCALL   DELAY
        SETB    P2.1
        RET

```

```

DELAY:    MOV     R6, #10           ;延时 5ms
D1:       MOV     R7, #250
          DJNZ    R7, $
          DJNZ    R6, D1
          RET
TABLE:    DB      3FH, 06H, 5BH, 4FH, 66H
          DB      6DH, 7DH, 07H, 7FH, 6FH, 80H
          END

```

【C 语言程序源代码】

```

#include <reg52.h>
#include <intrins.h>

sbit EOC = P2^6;
sbit START = P2^5;
sbit OE = P2^7;
sbit CLK = P2^4;
long int a;
int b, c, d, e, f, g;
//定义长度为 7 的字符串
unsigned char code table[] = {0x3f, 0x06, 0x5b, 0x4f, 0x66, 0x6d, 0x7d, 0x07, 0x7f, 0x6f, 0x80};
void delay_display(unsigned int z) //延时子程序
{
    unsigned int x, y;
    for(x = z; x > 0; x--)
        for(y = 110; y > 0; y--);
}
void ADC0808()
{
    if(!EOC) //如果 EOC 为低电平, 则产生一个脉冲, 这个脉冲的下降沿用于启动 A/D 转换
    {
        START = 0;
        START = 1;
        START = 0;
    }
    while(!EOC); //等待 A/D 转换结束
    START = 1; //转换结束后, 再产生一个脉冲, 这个脉冲的下降沿用于将 EOC 设置为低
               //电平, 为下一次转换作准备
    START = 0;
    while(EOC);
}
void bianma()
{
    START = 0;
    ADC0808();
}

```

```

a = P1 * 100;
a = a/51;
}

void yima()
{
    //定义整型局域变量
    //取出千位
    //取出百位、十位、个位
    //取出百位
    //取出十位、个位
    //取出十位
    //取出个位

    b = a/1000;
    c = a - b * 1000;
    d = c/100;
    e = c - d * 100;
    f = e/10;
    g = e - f * 10;

}

void display()
//显示子程序

P2 = 0xfe;
P0 = table[b];
delay_display(1);

P2 = 0xfd;
P0 = table[d];
delay_display(1);

P2 = 0xfd;
P0 = table[10];
delay_display(1);

P2 = 0xfb;
P0 = table[f];
delay_display(1);

P2 = 0xf7;
P0 = table[g];
delay_display(1);

void main()
{
    EA = 1;
    TMOD = 0x02;
    TH0 = 216;
    TL0 = 216;
    TR0 = 1;
    ETO = 1;

```