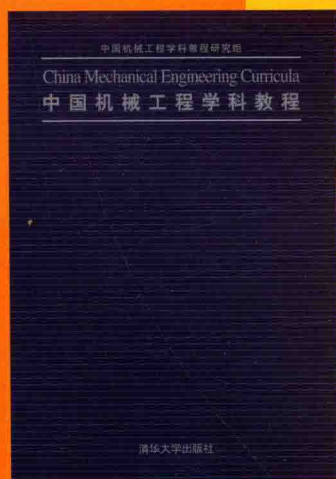




中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材

单片机原理及应用教程 (第2版)

张元良 吕艳 周志民 主编



清华大学出版社



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材

单片机原理及应用教程 (第2版)

张元良 吕艳 周志民 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的结构、指令系统、程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行口、系统扩展及实用 I/O 接口技术等基本原理及初步应用;还介绍了基于单片机的嵌入式系统开发流程;重点介绍了几种常用单片机开发应用软件(Keil、Altium Designer、Proteus),以利于读者边学习边实践;而且,对目前常用的几种单片机进行了简单介绍。

本书含有丰富的实例详解及习题,特别适合作为大中专院校单片机原理及应用课程的教材,还可作为单片机爱好者的自学用书,也可作为单片机应用开发技术人员、智能仪表开发技术人员及研究生的设计参考用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用教程/张元良,吕艳,周志民主编.—2版.—北京:清华大学出版社,2016
(中国机械工程学科教程配套系列教材.教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材)
ISBN 978-7-302-45477-9

I. ①单… II. ①张… ②吕… ③周… 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(2016)第 275318 号

责任编辑:许 龙

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21

字 数:509 千字

版 次:2011 年 2 月第 1 版 2016 年 12 月第 2 版

印 次:2016 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:46.00 元

产品编号:069490-01

中国机械工程学科教程配套系列教材

教育部高等学校机械类专业教学指导委员会规划教材

编 委 会

顾 问

李培根院士

主 任 委 员

陈关龙 吴昌林

副主任委员

许明恒 于晓红 李郝林 李 旦 郭钟宁

编 委(按姓氏首字母排列)

韩建海 李理光 李尚平 潘柏松 芮执元

许映秋 袁军堂 张 慧 张有忱 左健民

秘 书

庄红权

丛书序言

PREFACE

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即是适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从 20 世纪 90 年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到适合自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械类专业教学指导委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的,不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

前 言

FOREWORD

本书第1版出版以来,受到了广大读者的好评。通过第1版的教学实践,第2版做了如下修订:①配套有高质量的PPT课件、习题答案、应用实例的源程序,读者可通过扫描书上印的二维码从网上下载;②增加一节C51语言内容介绍,引导读者用C语言编程;③增加计算机中数的表示方法介绍;④增加一章常用单片机简介及应用举例,使读者了解单片机的最新发展,引导读者在实际应用中采用最适合的、性价比最高的单片机;⑤在单片机开发流程一章中,增加Keil C51软件应用简介;⑥在应用实例中加入由作者课题组最新承担的实际工程应用课题实例。

全书共15章。第1章概述了单片机的有关基础知识,介绍了计算机数的表示方法。第2章介绍了MCS-51系列单片机的内部结构、时序及单片机的最小系统。第3章介绍了MCS-51系列单片机的指令系统,每一类型指令系统介绍结束后都有实例解析,帮助学生加深对51系列单片机程序指令的理解;同时介绍了单片机C语言结构与编程方法。第4章通过实例介绍了单片机汇编语言程序设计的流程和方法。第5~7章分别介绍了单片机中断系统、定时器/计数器及串行口的结构与工作原理,在介绍中断系统、定时器/计数器以及串行口的章节后,都有非常简单、实用、完整的实例解析。详细解析电路原理图的设计、程序的编写以及仿真软件的应用。学生可以实际操作一遍,就相当于完成了一个完整的工程实际设计的仿真调试,从而了解单片机实际开发流程。第8章通过实例介绍了单片机系统扩展及实用接口技术。第9章系统地介绍了单片机开发流程,并简单明了地介绍了Keil、Proteus、Altium Designer等单片机系统常用设计和调试软件工具的使用和调试方法。第10章向读者推荐了几个常用单片机系列,并通过非常简单的实例解释其应用方法。第11~15章介绍了5个完整的工程实例。

本书前几章的实例是非常简单的LED或数码管驱动电路和程序,后几章的实例是为学有余力的学生准备的。学生们可以用仿真软件Keil检查自己的作业,也可以对书中介绍的实例进行仿真调试。Proteus软件可以对书中介绍的实例或学生自己的小设计进行软、硬件综合仿真。书中的实例多选用AT89C51或AT89S51,这两种单片机都是MCS-51系列兼容机,引脚和指令系统完全兼容,因内部有Flash存储器而得到广泛应用。

本书内容丰富,深入浅出,适合作为单片机原理及应用课程的教材,也可以帮助自学者解决在设计和应用单片机时所遇到的实际问题。

本书主要由张元良(大连理工大学)、吕艳(大连工业大学)、周志民(大连测控技术研究所)、李涛(大连理工大学)、刘淑杰(大连理工大学)、刘伟崑(大连理工大学)等编写,参加编写工作的还有刘全利、李乾坤、沈毅鸿、王若飞、勾万强、王金龙、张浩、郭俊飞、何希平、关泽明、张敏、赵清晨、姜辉、李瑞品等,在此表示感谢!

限于作者的水平和经验,书中难免存在错误和不足之处,欢迎广大读者给予指正。

作 者
2016 年 6 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 微型计算机基础知识	1
1.1 微型计算机的组成	1
1.2 计算机中数据的表示方法	4
1.2.1 进位计数制	4
1.2.2 数制间的相互转换	5
1.2.3 二进制数的运算	6
1.2.4 数值数据的表示	7
1.2.5 非数值数据的表示	9
1.3 单片机概述	10
1.3.1 单片机的基本结构	10
1.3.2 单片机的发展	11
1.3.3 单片机的特点及应用	13
习题	15
第 2 章 MCS-51 系列单片机的硬件结构	16
2.1 单片机的内部结构	16
2.1.1 内部结构框图	16
2.1.2 引脚与功能	18
2.2 单片机的存储器结构	19
2.2.1 程序存储器	20
2.2.2 数据存储器	20
2.2.3 特殊功能寄存器	22
2.3 单片机的并行 I/O 口	25
2.3.1 I/O 口的特点	26
2.3.2 I/O 口的内部结构	26
2.3.3 I/O 口的功能	27
2.3.4 I/O 口的负载能力	28
2.4 单片机的时钟与时序	28
2.4.1 时钟电路	28
2.4.2 CPU 时序	29

2.5	单片机的复位	30
2.6	单片机最小系统	31
	习题	32
第3章 MCS-51 系列单片机的指令系统		35
3.1	指令系统简介	35
3.1.1	指令格式	35
3.1.2	指令分类	36
3.2	单片机寻址方式及实例解析	37
3.2.1	直接寻址	37
3.2.2	立即寻址	37
3.2.3	寄存器寻址	38
3.2.4	寄存器间接寻址	38
3.2.5	变址寻址	39
3.2.6	相对寻址	39
3.2.7	位寻址	39
3.3	单片机指令系统及实例解析	40
3.3.1	数据传送指令	40
3.3.2	算术指令	46
3.3.3	逻辑指令	52
3.3.4	转移指令	56
3.3.5	位操作指令	65
3.3.6	伪指令	68
3.4	MCS-51 单片机 C51 语言	72
3.4.1	C51 语言概述	72
3.4.2	C51 语言的程序结构、数据与存储类型	74
3.4.3	C51 语言的头文件与库函数	83
3.4.4	C51 语言中绝对地址的访问	88
3.4.5	C51 语言编程方法	90
	习题	92
第4章 汇编语言程序设计		96
4.1	汇编语言源程序汇编	96
4.2	程序设计的基本步骤	97
4.3	顺序程序的设计	97
4.4	分支程序设计	98
4.4.1	单分支程序	98
4.4.2	多分支程序	100
4.5	循环程序设计	101

4.5.1 单循环	102
4.5.2 多重循环	103
4.5.3 按条件转移控制的循环	104
4.6 查表程序设计	104
4.7 子程序设计和调用	106
4.8 应用控制流程设计	109
习题	110
第5章 MCS-51 系列单片机的中断系统	112
5.1 中断的概念	112
5.2 中断源	113
5.3 中断控制寄存器	113
5.4 中断的优先级	116
5.5 中断的响应	116
5.6 由中断模块程序认知中断处理过程	118
5.6.1 外部中断模块代码	118
5.6.2 定时器中断模块代码	119
5.7 通过实例掌握外部中断	120
习题	121
第6章 MCS-51 系列单片机的定时器/计数器	123
6.1 定时器/计数器的结构	123
6.1.1 计数功能	124
6.1.2 定时功能	124
6.2 定时器/计数器的相关寄存器	124
6.2.1 定时器/计数器的方式寄存器 TMOD	125
6.2.2 定时器/计数器的控制寄存器 TCON	126
6.2.3 中断允许寄存器 IE	126
6.2.4 中断优先级寄存器 IP	127
6.3 定时器/计数器的工作方式	127
6.4 定时器/计数器的知识扩展	132
6.4.1 定时器的溢出同步问题	132
6.4.2 运行中读取定时器/计数器	133
6.4.3 由定时器/计数器模块程序认知定时器/计数器处理过程	133
6.5 通过实例掌握定时器(例程:定时器与 LED)	136
6.5.1 采用中断处理方式的程序	137
6.5.2 采用查询方式处理的程序	138
6.6 通过实例掌握计数器(例程:计数器与 LED)	139
习题	140

第7章 MCS-51 系列单片机的串行口	142
7.1 串行通信的概念	142
7.2 MCS-51 系列单片机串行口的结构	145
7.2.1 串行口的结构	145
7.2.2 串行口控制寄存器	146
7.2.3 串行口的工作方式	147
7.2.4 串行通信的波特率	151
7.3 串行口通信	152
7.3.1 双机通信	152
7.3.2 多机通信	152
7.4 通过实例掌握串行口通信(例程:PC 控制数码管)	153
7.4.1 硬件设计	153
7.4.2 软件设计	156
7.4.3 PC 与单片机串行通信的实现	158
习题	159
第8章 MCS-51 系列单片机系统扩展及实用 I/O 接口技术	160
8.1 常用缓冲/驱动接口芯片介绍	160
8.1.1 SN7407 缓冲/驱动芯片	160
8.1.2 达林顿晶体管阵列 ULN2003A	163
8.1.3 光电耦合器	165
8.1.4 串行通信接口 RS-485	167
8.2 开关量输入接口设计	169
8.2.1 键盘接口	169
8.2.2 4×4 矩阵键盘扫描实例	170
8.2.3 继电器输入接口	173
8.2.4 行程开关输入接口	174
8.2.5 光电编码器输入接口	174
8.3 开关量输出接口设计	175
8.3.1 蜂鸣器输出接口	175
8.3.2 继电器输出接口	176
8.3.3 固态继电器输出接口	176
8.4 液晶显示模块接口设计	176
8.4.1 LCD 的基本结构与驱动原理	176
8.4.2 段式 LCD	177
8.4.3 点阵 LCD	178
8.5 常用 A/D 转换接口设计	179
8.5.1 TLC2543 与单片机接口实例	179

8.5.2	ADC0832 与单片机接口实例	183
8.5.3	A/D 转换器(TLC2543)应用实例	186
8.6	常用 D/A 转换接口设计	191
8.6.1	TLC5618 与单片机接口实例	191
8.6.2	MAX518 与单片机接口实例	194
习题		196
第 9 章	MCS-51 系列单片机开发流程	198
9.1	总体方案设计	198
9.1.1	系统功能要求	198
9.1.2	硬件总体方案	198
9.1.3	软件总体方案	200
9.2	硬件和软件细分设计	200
9.2.1	硬件设计	200
9.2.2	软件设计及调试	201
9.3	系统的仿真与调试	203
9.3.1	Keil 软件简介	203
9.3.2	利用 Keil 进行程序调试	203
9.3.3	Proteus 软件使用简介	208
9.3.4	利用 Proteus 绘制电路原理图	212
9.3.5	在 Proteus 中调试程序	215
9.3.6	Altium Designer 简介	217
9.3.7	利用 Altium Designer 设计电路板	218
9.4	系统调试	225
9.4.1	单片机应用系统的一般调试方法	225
9.4.2	数码管显示系统调试	226
第 10 章	常用单片机简介及应用举例	228
10.1	STC15 系列单片机	228
10.1.1	STC15 系列单片机简介	228
10.1.2	STC15W4K32S4 应用举例	230
10.2	AVR 系列单片机	232
10.2.1	AVR 系列单片机简介	232
10.2.2	ATmega64 单片机应用举例	235
10.3	MSP430 系列单片机	238
10.3.1	MSP430 系列单片机简介	238
10.3.2	MSP430F149 单片机应用举例	241
10.4	Kinetis K60 系列单片机	244
10.4.1	Kinetis K60 系列单片机简介	244

10.4.2	MK60DN512ZVLQ10 单片机应用举例	247
10.5	STM32 系列单片机	250
10.5.1	STM32 系列单片机简介	250
10.5.2	STM32F103VET6 单片机应用举例	254
第 11 章	数字电子钟设计实例	257
11.1	设计要求	257
11.2	硬件设计	257
11.2.1	按键电路设计	257
11.2.2	时钟芯片 DS1302 的性能特点和工作原理	258
11.2.3	时钟芯片 DS1302 与单片机的连接	260
11.2.4	总体电路原理图	261
11.3	软件设计	262
11.3.1	显示子程序流程图	262
11.3.2	显示子程序的代码	262
11.3.3	主函数程序流程图	263
11.3.4	总的汇编语言源程序代码	264
第 12 章	LED 阵列动态显示设计实例	276
12.1	设计要求	276
12.2	硬件设计	276
12.2.1	74HC595 简介	276
12.2.2	点阵 LED 简介	279
12.2.3	总体电路原理图	279
12.3	软件设计	281
12.3.1	程序流程图	281
12.3.2	源程序代码	283
第 13 章	数字温度计设计实例	286
13.1	设计要求	286
13.2	硬件设计	286
13.2.1	温度芯片 DS18B20 简介	286
13.2.2	一线式总线的概念	288
13.2.3	总体电路原理图	288
13.3	软件设计	290
13.3.1	DS18B20 子程序流程图	290
13.3.2	DS18B20 子程序代码	291
13.3.3	数码管串行方式显示子程序流程图	293
13.3.4	数码管串行方式显示子程序代码	293

13.3.5	主程序流程图	294
13.3.6	整体源程序代码	295
第 14 章	小型直流电动机驱动设计实例	298
14.1	设计要求	298
14.2	硬件设计	298
14.2.1	L298N 双 H 桥电动机驱动芯片	299
14.2.2	L298N 与单片机接口设计	300
14.2.3	总体电路原理图	300
14.3	软件设计	302
14.3.1	单片机产生脉宽调制信号	302
14.3.2	源程序代码	303
第 15 章	步进电机驱动设计实例	306
15.1	设计要求	306
15.2	硬件设计	306
15.2.1	步进电机概述	306
15.2.2	TA8435 步进电机专用驱动芯片	308
15.2.3	TA8435 细分驱动原理	308
15.2.4	总体电路原理图	309
15.3	软件设计	311
15.3.1	程序流程图	311
15.3.2	源程序代码	312
附录 A	ASCII 码字符表(常规字符集)	314
附录 B	MCS-51 系列单片机汇编指令表	315
参考文献		319

微型计算机基础知识

本章主要介绍微型计算机,特别是单片机的概念和组成,同时也对计算机中数据的表示方式进行系统的介绍,为读者以后的学习奠定一定的基础。在本章中,读者主要了解微型计算机与单片机的概念和组成,熟悉进位计数制、数值信息与非数值信息的表示方法,掌握不同进制之间的转换规则。

1.1 微型计算机的组成

一个完整的微型计算机系统包括两大部分,即硬件系统和软件系统。硬件是指构成计算机的物理设备,即由机械、电子器件构成的具有输入、存储、计算、控制和输出功能的实体部件。软件指的是为了管理、维护计算机以及为完成用户的某种特定任务而编写的各种程序的总和。

1946 年美籍匈牙利科学家冯·诺依曼提出存储程序原理,把程序本身当作数据来对待,程序和数据用同样的方式存储,并确定了存储程序计算机的五大组成部分和基本工作方法。这一组成结构与工作方法对计算机的发展有着不可磨灭的影响,一直沿用至今。将指令和数据同时存放在存储器中,是冯·诺依曼体系结构的主要特点。该体系结构的计算机应由控制器、运算器、存储器、输入设备、输出设备 5 部分组成。

冯·诺依曼体系结构系统框图如图 1-1 所示。

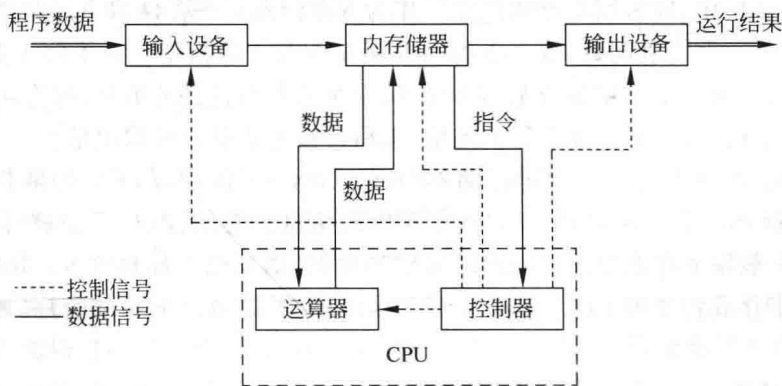


图 1-1 冯·诺依曼体系结构系统框图

1. 运算器

运算器又称算术逻辑单元(arithmetic logic unit, ALU),是计算机对数据进行加工处理的部件,它的主要功能是对二进制数码进行加、减、乘、除等算术运算和与、或、非等基本逻辑运算,实现逻辑判断。此外,它还能暂时存放运算的中间数据和结果。运算器在控制器的控制下实现其功能,运算结果由控制器指挥送到内存储器中。

2. 控制器

控制器主要由指令寄存器、译码器、程序计数器和操作控制器等组成。控制器是计算机中执行控制指令的部件,它的作用是使计算机各部件能够协调工作,并且保证整个处理过程有条不紊地进行。它的基本功能就是从内存中读取指令和执行指令,即控制器按程序计数器指出的指令地址从内存中取出该指令进行译码,然后根据该指令格式和功能向有关部件发出控制命令,并执行该指令。另外,控制器在工作过程中,还要接收各部件反馈回来的信息。

通常,计算机内部会把运算器与控制器集成在一块芯片上,称为中央处理器(central processing unit, CPU)。微型计算机的 CPU 称为微处理器(microprocessor)。表征微型计算机运算速度的指标是 CPU 的主频,即 CPU 的时钟频率。一般来说,主频越高,微型计算机运算速度越快。

3. 存储器

存储器具有记忆功能,用来保存信息,如数据、指令和运算结果等。存储器由内存储器(主存储器)、外存储器(辅助存储器)与高速缓冲存储器组成。

(1) 内存储器

内存储器简称主存或内存,它直接与 CPU 相连接,存储容量较小,但速度快,用来存放当前运行程序的指令、原始数据、中间数据与结果,并直接与 CPU 交换信息。计算机在执行程序时,CPU 会自动而连续地从内存储器中取出要执行的指令,并执行指令规定的操作。就是说,计算机每完成一条指令,至少有一次为了取指令而访问内存存储器的操作。

在微型计算机中,通常用半导体存储器作为内存储器。内存储器由许多存储单元组成,每个单元能存放一个二进制数,或一条由二进制编码表示的指令。为了便于对存储器进行访问,存储器的存储容量以字节为基本单位,每个字节都有自己的编号,称为地址,如要访问存储器中的某个信息,就必须知道它的地址,然后再按地址存入或取出信息。

内存按功能可分为两种:只读存储器(read only memory, ROM)和随机存取存储器(random access memory, RAM)。ROM 中存储的信息只能被读取,不能被写入,断电后信息不会丢失,一般用来存放专用或固定的程序和数据,如系统引导程序等。RAM 中的数据可读可写,用于存放将要被 CPU 执行的用户程序、数据以及部分系统程序,断电后存储的内容丢失。

(2) 外存储器

外存储器简称外存,又称辅助存储器,它是内存的扩充,通常是磁性介质或光盘,像硬盘、软盘、U 盘、磁带、CD 等,能长期存储信息,且不需要保持供电,读写速度与内存储器相比慢很多。