



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

单片机原理及接口技术

□ 主编 李全利

▼
……
第2版
……
▲

Second Edition



高等教育出版社



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

单片机原理及接口技术

□ 主编 李全利

▼·····第2版·····▲

Second Edition



高等教育出版社

内容提要

本书为“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。书中系统地介绍了80C51系列单片机的原理及接口技术,较好地体现了应用型人才的培养要求,其特点为:

着力片上资源、强化编程训练。尽管新型单片机芯片不断推出,但片上基本资源仍保持稳定。掌握单片机技术就是用程序调度单片机资源工作。因此本书仍以汇编语言为主要编程工具讲述程序的设计方法与技巧,并将 μ Vision软件的学习与运用贯穿于课程的始终。

适合教师讲授、易于学生阅读。本书选材规范,通俗易懂,每章都配有小结、思考题及习题和实验内容。对教师提供配套课件及全部习题答案(含上机验证的源程序)。另外,本书注意反映当代单片机技术的发展,适当介绍了串行接口芯片及C51语言的基本知识。有助于学生进一步的学习和提高。

本书可以作为本科自动化、计算机、电子信息工程、通信工程、测控技术与仪器、机电一体化等专业的教材,还可供其他技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及接口技术/李全利主编. —2版. —北京:
高等教育出版社, 2009. 1

ISBN 978 - 7 - 04 - 025546 - 1

I. 单… II. 李… III. ①单片微型计算机 - 基础理论 - 高等学校 - 教材 ②单片微型计算机 - 接口 - 高等学校 - 教材 IV. TP368. 1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第188778号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrao.com
印 刷	北京宏伟双华印刷有限公司		http://www.landrao.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2004年1月 第1版
印 张	21.25		2009年1月 第2版
字 数	470 000	印 次	2009年1月 第1次印刷
		定 价	29.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25546 - 00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010) 58581118

策划编辑	韩 颖
责任编辑	孙 薇
封面设计	张申申
责任绘图	尹 莉
版式设计	王 莹
责任校对	姜国萍
责任印制	毛斯璐

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要，满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转变阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求，探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系，全国高等学校教学研究中心（以下简称“教研中心”）在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上，组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校，进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索，在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果，并在高等教育出版社的支持和配合下，推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材，冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月，教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项，为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台，整体设计立项研究计划，明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式，分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现，组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组（亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组）。会后，教研中心组织了首批课题立项申报，有63所高校申报了近450项课题。2003年1月，在黑龙江工程学院进行了项目评审，经过课题领导小组严格的把关，确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月，各子课题相继召开了工作会议，交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题，确定了项目分工，并全面开始研究工作。计划先集中力量，用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是，“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上，紧密结合经济全球化时代高校应用型人才工作的实际需要，努力实践，大胆创新，采取边研究、边探索、边实践的方式，推进高校应用型本科人才培养工作，突出重点目标，并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础，作为体现教学内容和教学方法的知识载体，在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此，在课题研究过程中，各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果，并和教学实

II 附件

际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

第 2 版前言

Intel 公司于 1980 年推出的 MCS-51 单片机，具有业界公认的经典结构，由于众多知名半导体厂商的积极参与和不断创新，它已经发展成为拥有广泛产品型号的 80C51 单片机家族。

单片机应用技术的教学在不断完善，已形成了以应用为导向的教学体系。本书在保持第 1 版风格的基础上进行了修订，并在以下几个方面进一步提高实用性：

1. 着力片上基本资源

近年来各半导体厂商不断地推出单片机新型芯片，但片上基本资源仍保持稳定。所以，着力单片机片上基本资源的讲述，仍是本书的基本出发点。

2. 强化编程技能训练

单片机的应用，本质上讲就是由对其片上资源的熟知，进而完成对这些资源的灵活支配。因此，汇编语言的学习是掌握单片机技术的必由之路。所以本书仍以汇编语言为工具讲述程序设计的方法，并将 μ Vision 软件作为技能训练的基本工具。

3. 体现当代技术发展

串行接口芯片的使用是单片机系统设计的趋势。本书在讲述基本接口芯片的同时，增加了典型串行接口芯片的知识；C51 虽已流行，但初学者重点仍是汇编语言，本书单辟一章介绍 C51 基本知识，为有余力的同学提供帮助的同时又便于教师教学取舍。

4. 适合教师课堂讲授

本书编写的目标是单片机基础教材。讲述内容都是初学者必须掌握的基本知识。教师使用本教材时不会出现较多内容略而不讲使学生茫然的情况。每章都配有小结、思考题及习题和实验内容。并向教师提供配套课件及全部习题答案（含验证的源程序）。

5. 易于学生阅读理解

本书力求易于学生阅读理解。在编写上注意层次分明，语言简练。对于需要提醒的知识点，本书有明显的提示信息。对于难于理解的内容，本书均利用图示进行了详细的讲解。

本书由李全利任主编。张智贤编写了第 3 章、第 4 章和第 5 章，慕香永编写了第 6 章和第 7 章，雷冬飞编写了第 8 章和第 9 章，其余内容由李全利编写并统稿。天津大学李刚教授认真地审阅了全部书稿并提出了宝贵的意见，在此表示由衷的感谢。

依照内容典型、注重应用的目标，编者进行了许多思考和努力。由于水平的限制，本书一定存在着许多不尽人意之处。敬请读者提出宝贵意见和建议。

选用本书的教师可向高等教育出版社免费索取电子教案及习题答案等教学资源。

对本书的疑问和建议，可与编者联系。编者 E-mail: liquanli@163.com。

编 者
2008 年 6 月

第 1 版前言

本书为“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果。书中系统地介绍了 80C51 系列单片机的原理及接口技术，精选了单片机原理及接口技术的基本知识，并注意反映当代单片机技术发展的趋势，较好地体现了培养应用型人才的要求。其特点是：

1. 体系清晰 由计算机的经典结构、微型计算机的应用形态引出单片机的基本概念。明确了单片机在当代计算机嵌入式应用领域中的地位，进而引出了当代单片机的特点、应用领域和主流产品系列。

2. 内容典型 近年来单片机产品市场百花齐放，功能各异的单片机系列产品不断推出。但是，许多单片机新品仍以 8051 为内核，采用 CHMOS 工艺，形成了所谓的 80C51 主流系列。所以，本书以 80C51 系列单片机为例讲授单片机的原理和接口技术。在此基础上，学习和应用其他各具特性的单片机也就比较容易了。

3. 注重应用 单片机原理及接口技术是一门应用性比较强的课程，本教材以单片机的应用特性为主线，原理的讲授以应用为落脚点，注重实用性和实施性，并在第 10 章给出了典型的应用实例。

4. 方便教学 作为教材，本书的编写注意层次分明，语言简练。每章都配有小结和思考题，便于教学。课堂讲授与实验总学时约 56~60 学时。

本书由李全利、迟荣强合编。迟荣强编写了第 7 章、第 8 章、第 9 章及第 10 章，其余章节由李全利编写并对全书统稿。哈尔滨工业大学张毅刚教授审阅了全书并提出了许多宝贵意见，谨此表示衷心感谢。在编写过程中作者参考了许多文献资料（列在书后参考文献中），在此向各文献资料的作者表示感谢。向提供 10.4 节实例的徐军老师表示谢意。

由于作者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者
2003 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电子计算机概述	1
1.1.1 电子计算机的经典结构	1
1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态	2
1.2 单片机的发展过程及产品近况	4
1.2.1 单片机的发展过程	4
1.2.2 单片机产品近况	5
1.3 单片机的特点及应用领域	6
1.3.1 单片机的特点	6
1.3.2 单片机的应用领域	6
1.4 单片机应用系统开发过程	7
1.4.1 指令及目标码	7
1.4.2 开发过程	8
1.4.3 单片机开发技术的进展	9
1.5 μ Vision 集成开发环境简介	9
1.5.1 μ Vision 的界面	9
1.5.2 目标程序的生成	10
1.5.3 仿真调试	12
1.5.4 示例步骤	12
本章小结	13
思考题及习题	13
实验一 应用系统开发过程演示	14
第 2 章 80C51 的结构和原理	16
2.1 80C51 系列概述	16
2.1.1 MCS-51 系列	16
2.1.2 80C51 系列	17
2.2 80C51 的基本结构与应用模式	17
2.2.1 80C51 的基本结构	17
2.2.2 80C51 的应用模式	18
2.3 80C51 典型产品资源配置与引脚封装	19
2.3.1 80C51 典型产品资源配置	19
2.3.2 80C51 单片机的封装和引脚	20

2.4	80C51 单片机的 CPU	21
2.4.1	CPU 的功能单元	22
2.4.2	CPU 的时钟与时序	24
2.4.3	80C51 单片机的复位	27
2.5	80C51 的存储器组织	28
2.5.1	80C51 单片机的程序存储器配置	29
2.5.2	80C51 单片机的数据存储器配置	32
2.5.3	80C51 单片机的特殊功能寄存器 (SFR)	35
2.6	80C51 的并行口结构与操作	37
2.6.1	P0 口、P2 口的结构	37
2.6.2	P1 口、P2 口的结构	40
2.6.3	并行口驱动简单外设	42
	本章小结	46
	思考题及习题	47
	实验二 片上资源认知实验	47
第 3 章 80C51 的指令系统		49
3.1	指令格式及常用符号	49
3.1.1	机器指令的字节编码形式	49
3.1.2	符号指令的书写格式	51
3.2	80C51 的寻址方式	52
3.2.1	寄存器寻址	53
3.2.2	直接寻址	53
3.2.3	寄存器间接寻址	54
3.2.4	立即寻址	55
3.2.5	变址寻址	55
3.2.6	相对寻址	56
3.2.7	位寻址	57
3.3	数据传送类指令 (29 条)	58
3.3.1	一般传送指令	58
3.3.2	特殊传送指令	61
3.4	算术运算类指令 (24 条)	66
3.4.1	加法	67
3.4.2	减法	70
3.4.3	乘法	70
3.4.4	除法	71
3.5	逻辑运算与循环类指令 (24 条)	72
3.5.1	逻辑与	73

3.5.2	逻辑或	73
3.5.3	逻辑异或	73
3.5.4	累加器清0和取反	74
3.5.5	累加器循环移位	74
3.6	控制转移类指令(17条)	76
3.6.1	无条件转移	76
3.6.2	条件转移	79
3.6.3	调用与返回	80
3.6.4	空操作	81
3.7	位操作类指令(17条)	83
3.7.1	位传送	83
3.7.2	位状态设置	84
3.7.3	位逻辑运算	84
3.7.4	位判跳(条件转移)	85
	本章小结	86
	思考题及习题	87
	实验三 指令与寻址方式认知实验	89
第4章	ARM9的汇编语言程序设计	91
4.1	程序编制的方法和技巧	91
4.1.1	程序编制的步骤	91
4.1.2	程序编制的方法和技巧	92
4.1.3	汇编语言的语句格式	93
4.2	源程序的编辑和汇编	94
4.2.1	源程序的编辑和汇编	95
4.2.2	伪指令	97
4.3	基本程序结构	101
4.3.1	顺序程序	101
4.3.2	分支程序	101
4.3.3	循环程序	104
4.4	子程序及其调用	105
4.4.1	现场保护与恢复	106
4.4.2	参数传递	106
4.4.3	常用子程序示例	109
4.5	简单I/O设备的并口直接驱动示例	117
4.5.1	独立式键盘与LED显示示例	117
4.5.2	矩阵式键盘与LED显示示例	122
	本章小结	128

思考题及习题	128
实验四 程序设计与硬件仿真实验	129
第 5 章 80C51 的中断系统及定时/计数器	134
5.1 80C51 单片机的中断系统	134
5.1.1 80C51 中断系统的结构	134
5.1.2 80C51 的中断源	136
5.1.3 80C51 中断的控制	137
5.2 80C51 单片机中断处理过程	139
5.2.1 中断响应条件和时间	139
5.2.2 中断响应过程	140
5.2.3 中断返回	141
5.2.4 中断程序举例	141
5.3 80C51 单片机的定时/计数器	144
5.3.1 定时/计数器的结构和工作原理	144
5.3.2 定时/计数器的控制	145
5.3.3 定时/计数器的工作方式	146
5.3.4 定时/计数器用于外部中断扩展	150
5.3.5 定时/计数器应用举例	150
* 5.4 80C52 的定时/计数器 T2	155
5.4.1 T2 的相关控制寄存器	155
5.4.2 T2 的工作方式	156
本章小结	159
思考题及习题	160
实验五 中断与定时/计数器实验	161
第 6 章 80C51 单片机的串行口	163
6.1 计算机串行通信基础	163
6.1.1 串行通信的基本概念	164
6.1.2 串行通信接口标准	167
6.2 80C51 单片机的串行口	170
6.2.1 80C51 串行口的结构	170
6.2.2 80C51 串行口的控制寄存器	171
6.2.3 80C51 串行口的工作方式	172
6.2.4 80C51 波特率确定与初始化步骤	176
6.3 80C51 单片机的串行口应用	177
6.3.1 利用单片机串口的并行 I/O 扩展	177
6.3.2 单片机与单片机间的通信	178

6.3.3 单片机与 PC 机间的通信	182
本章小结	187
思考题及习题	188
实验六 串行接口实验	189
第 7 章 80C51 单片机的系统扩展	191
7.1 存储器的扩展	191
7.1.1 程序存储器的扩展	191
7.1.2 数据存储器的扩展	194
7.2 输入/输出及其控制方式	197
7.2.1 输入/输出接口的功能	197
7.2.2 单片机与 I/O 设备的数据传送方式	198
7.2.3 单片机扩展 TTL 芯片的输入/输出	200
7.3 81C55 接口芯片及其应用	202
7.3.1 81C55 的结构及工作方式	202
7.3.2 81C55 的接口方法	206
7.4 LCD 接口及其扩展	211
7.4.1 LCD1602 模块的外形与引脚	211
7.4.2 LCD1602 模块的组成	212
7.4.3 LCD1602 模块的命令	214
7.4.4 80C51 与 LCD1602 模块的接口示例	215
本章小结	218
思考题及习题	218
实验七 并行接口扩展实验	218
第 8 章 80C51 的串行总线扩展	221
8.1 I ² C 总线接口及其扩展	221
8.1.1 I ² C 总线基础	221
8.1.2 80C51 的 I ² C 总线时序模拟	224
8.1.3 80C51 与 AT24C02 的接口	226
8.2 SPI 总线接口及其扩展	231
8.2.1 单片机扩展 SPI 总线的系统结构	232
8.2.2 单片机 SPI 总线的时序模拟	232
8.3 串行时钟日历芯片 DS1302 及其接口	234
8.3.1 DS1302 的性能与引脚	234
8.3.2 DS1302 的操作	234
8.3.3 DS1302 的寄存器及 RAM	235
8.3.4 DS1302 与单片机的接口	237

本章小结	239
思考题及习题	240
实验八 串行存储器扩展实验	240
第 9 章 并行接口及 A/D 转换器与 D/A 转换器	242
9.1 D/A 转换器及其与单片机的接口	242
9.1.1 DAC0832 芯片主要特性与结构	242
9.1.2 DAC0832 与单片机的接口	244
9.2 A/D 转换器及其与单片机的接口	246
9.2.1 ADC0809 芯片及其与单片机的接口	246
9.2.2 AD574A 芯片及其与单片机的接口	250
9.2.3 串行 A/D 转换器 TLC0831 及其与单片机的接口	254
本章小结	256
思考题及习题	257
实验九 模拟量输入接口实验	257
第 10 章 80C51 单片机的 C 语言程序设计	259
10.1 单片机 C 语言概述	259
10.1.1 C51 程序开发过程	259
10.1.2 C51 程序结构	260
10.2 C51 的数据类型与运算	261
10.2.1 C51 的数据类型	261
10.2.2 C51 数据的存储器类型	262
10.2.3 80C51 硬件结构的 C51 定义	264
10.2.4 C51 的运算符和表达式	265
10.3 C51 流程控制语句	267
10.3.1 C51 选择语句	267
10.3.2 C51 循环语句	269
10.4 C51 的指针类型	270
10.4.1 一般指针	270
10.4.2 基于存储器的指针	271
10.5 C51 的函数	271
10.5.1 C51 函数的定义	272
10.5.2 C51 函数的调用与参数传递	272
10.5.3 C51 的库函数	273
10.6 C51 编程实例	273
10.6.1 80C51 内部资源的编程	273
10.6.2 80C51 扩展资源的编程	275

本章小结	278
思考题及习题	278
实验十 C51 程序设计实验	279
第 11 章 80C51 应用系统设计方法	282
11.1 单片机应用系统设计过程	282
11.1.1 系统设计的基本要求	282
11.1.2 系统设计的步骤	283
11.2 提高系统可靠性的一般方法	285
11.2.1 电源干扰及其抑制	285
11.2.2 地线干扰及其抑制	286
11.2.3 其他提高系统可靠性的方法	287
11.3 数据采集系统的设计	288
11.3.1 模拟输入通道的组成	289
11.3.2 设计示例	290
11.4 智能二线制温度变送器设计实例	291
11.4.1 智能温度变送器简介	291
11.4.2 硬件设计	292
11.4.3 软件设计	297
本章小结	303
思考题及习题	303
附录	305
附录 A 80C51 单片机指令速查表	305
附录 B C51 相关资源	309
附录 C ASCII 码表	320
附录 D 常用芯片引脚	321
参考文献	322

- (1) 理解微型计算机的各种应用形态；
- (2) 了解当前市场主流单片机型号及种类；
- (3) 理解单片机应用系统的基本开发方法。

- (1) 单片机与其他计算机的比较；
- (2) 单片机的嵌入式应用特点；
- (3) 单片机应用系统的开发过程。

1946年2月15日，第一台电子数字计算机ENIAC（Electronic Numerical Integrator and Calculator）问世，这标志着计算机时代的到来。

ENIAC是电子管计算机，时钟频率虽然仅有100 kHz，但能在1秒钟的时间内完成5 000次加法运算。与现代的计算机相比，ENIAC有许多不足，但它的问世开创了计算机科学技术的新纪元，对人类的生产和生活方式产生了巨大的影响。

在研制ENIAC的过程中，数学家冯·诺依曼在方案的设计上做出了重要的贡献，并在1946年6月又提出了“程序存储”和“二进制运算”的思想，进一步构建了“冯·诺依曼结构”的计算机体系结构。这一计算机的经典结构，如图1.1所示。

计算机的发展，经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机和超大规模集成电路计算机五个时代。但是，计算机的结构仍然没有突破冯·诺依曼提出的计算机的经典结构框架。

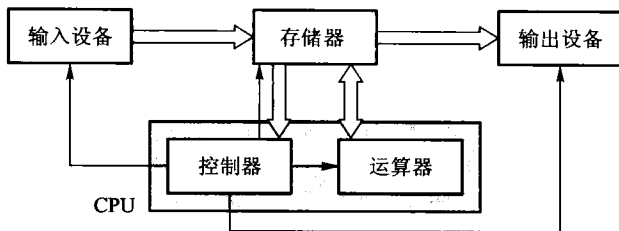


图 1.1 电子计算机的经典结构

1.1.2 微型计算机的组成及其应用形态

一、微型计算机的组成

1971年1月，Intel公司的特德·霍夫在与日本商业通信公司合作研制台式计算器时，将原始方案的十几个芯片压缩成三个集成电路芯片。其中的两个芯片分别用于存储程序和数据，另一个芯片集成了运算器和控制器（即CPU），称为微处理器。

微处理器、存储器和I/O接口电路构成微型计算机。各部分通过地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）相连，如图1.2所示。

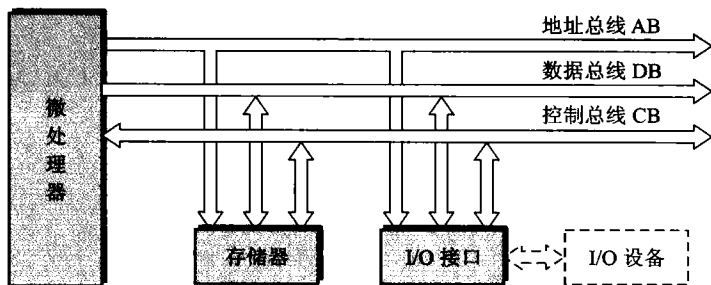


图 1.2 微型计算机的组成

在微型计算机基础上，再配以系统软件、I/O设备便构成了完整的微型计算机系统（人们将其简称为微型计算机）。

二、微型计算机的应用形态

从应用形态上，微型计算机可以分成三种：多板机（系统机）、单板机和单片机。

1. 多板机（系统机）

多板机是将微处理器、存储器、I/O接口电路等组装在一块主机板（即微机主板）上，再通过系统总线和其他多块外设适配板卡连接键盘、显示器、打印机、软/硬盘驱动器及光驱等设备。各种适配板卡插在主机板的扩展槽上并与电源、软/硬盘驱动器及光驱等装在同一机箱内，再配上操作系统及各种应用软件，就构成了一台完整的微型计算机系统（简称系统机）。

目前人们广泛使用的个人计算机（PC机）就是典型的多板微型计算机。由于其人机界面好、功能强、软件资源丰富，通常作为办公或家庭的事务处理及科学计算，属于通用计算机。