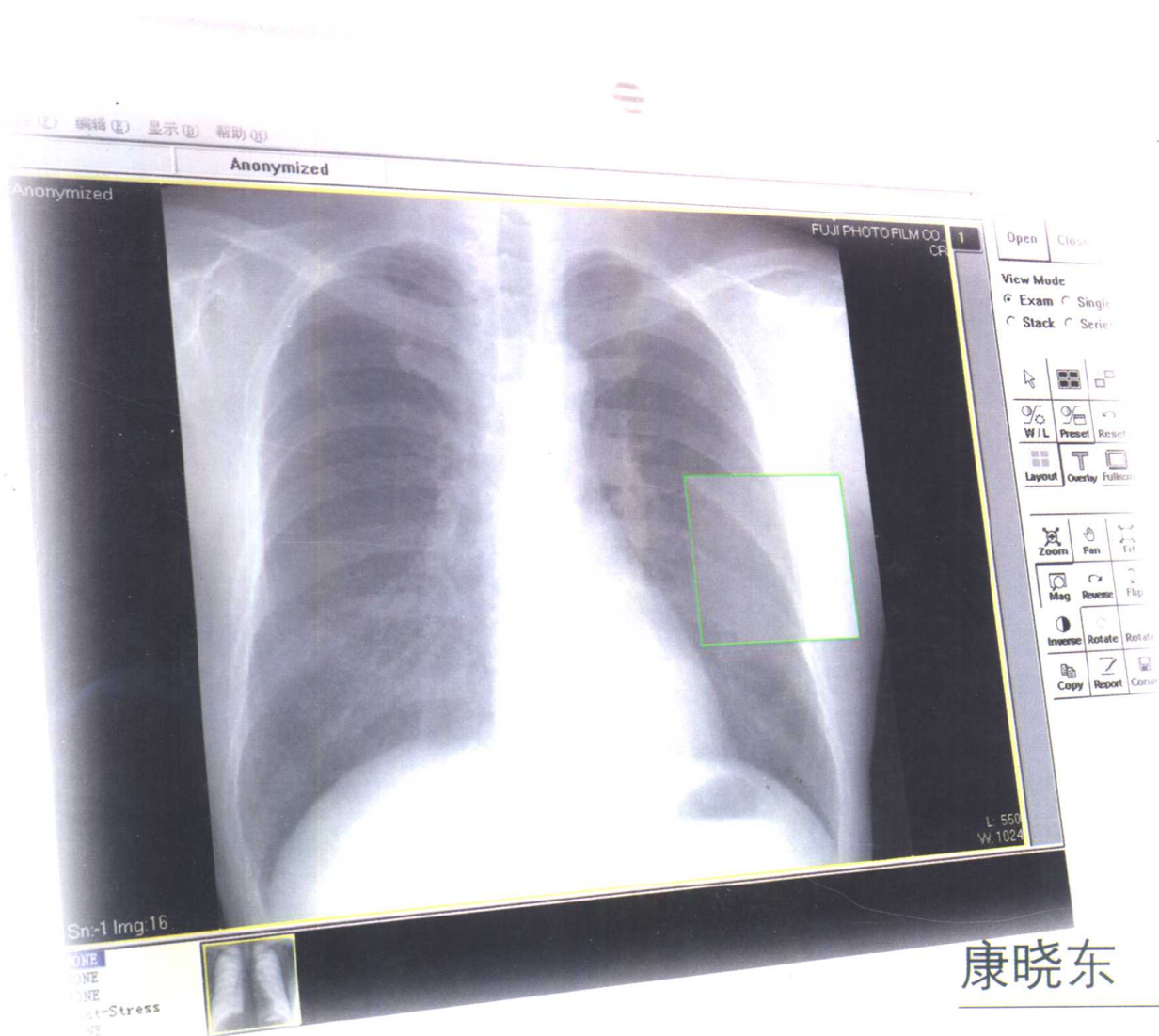




康晓东 编著

医学图像的 数字化处理技术



人民卫生出版社

医学图像的数字化处理技术

康晓东 编著

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

医学图像的数字化处理技术/康晓东编著. - 北京:
人民卫生出版社, 2002

ISBN 7-117-04758-5

I. 医… II. 康… III. 影像-诊断-图像处理-
计算机应用 IV. R445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 009662 号

医学图像的数字化处理技术

编 著: 康 晓 东

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 23

字 数: 517 千字

版 次: 2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04758-5/R · 4759

定 价: 33.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

内 容 提 要

本书从医学图像的采集（包括图像的抓取与显示）、医学图像的二维变换、医学图像的压缩及三维图像处理等方面详细介绍了医学图像的数字化处理技术。

本书由九章和一个引言组成。各章分别是：第一章医学图像基础、第二章医学图像处理系统、第三章医学图像采集技术、第四章医学图像的抓取、显示与格式转换、第五章医学图像二维变换软件与应用、第六章医学图像传输中的压缩技术、第七章虚拟现实技术、第八章医学图像三D重建和第九章机房、布线与图像工作站技术。书后的附录也是与图像数字化处理相关的一些内容。

本书既是一本医学图像数字化处理技术方面的专著，也可供相关专业师生作为教材或参考书使用。同时，本书还可供从事医学影像诊断的临床医生、广大医学影像技术工作者、生物医学工程师阅读。

序

自伦琴发现 X 射线以来,人类用科学技术手段给人体成像已有一百多年的历史了。在此期间,随着计算机、自动化、电子技术及其他技术的发展,医学成像技术也有飞跃和加速度的进步。从二维的 X 线片到三维的 CT 重建图像,从反映人体解剖和结构形态的 CT、MRI 到揭示人体组织或器官功能、代谢的 SPECT 和 PET 多种模式成像方式的产生代表了医学图像技术的长足进步。例如,“可视人项目”以高分辨(男层厚 1mm,女层厚 0.33mm)的彩色尸体切片照相、CT、MRI 扫描并三维重建,使整个人体及其内部的 1800 多个解剖结构一览无遗,虚拟内镜技术对腔、肠内部穿行浏览,图像引导的手术计划、导航和治疗已经投入临床应用。医学图像技术的发展对医学现代化水平的提高发挥了巨大的作用。

医学图像处理与分析是涉及多学科、多领域的科学技术,包括医学、计算机、电子学、自动化、数学、物理、化学、生命科学乃至心理学。无数科学家与学者的共同努力才使医学图像达到今天的水平。

医学图像作为图像,它有普通图像研究的共性。因此,可以借用某些普通图像研究的方法,但与艺术图像等其它图像不同,医学图像处理与分析是直接服务于诊断和手术治疗的,严格的定量研究。

医学图像技术发展实在是太快了,新的研究成果不断涌出,大量的新成果、新技术让人无暇系统地整理、消化和分析。这也许是我们很少能够看到系统介绍医学图像技术和方法的专著的一个原因吧。

天津医科大学的康晓东教授在这方面做了很好的工作。他认真学习、理解国内外医学图像处理理论和方法,结合自己科研成果和教学心得,系统地介绍了医学图像分析的基本概念、常用软硬件实施方法,还包含了医学虚拟现实、3D 医学图像重建等当代医学图像研究前沿内容。

该书的出版应能为从事医学影像诊断的医生、工程技术人员和对医学图像处理感兴趣的人士提供一个有用的工具,对我国医学图像处理与分析的系统研究也是一个贡献。作为医学图像研究的同人,我诚挚地祝贺《医学图像的数字化处理技术》一书的出版。也希望今后有更多的医学图像研究专著面世。



2001 年于首都医科大学

前 言

这是一本关于医学图像数字化处理技术的书，也是作者两年前^①截稿的“现代医学影像技术”一书的姊妹篇。

21 世纪，医学图像的潜力是巨大的，而从图像信号的模拟处理到数字处理，又是一步质的跨越。本书从医学图像的采集（包括图像的抓取与显示）、医学图像的二维变换、医学图像的压缩及三维图像等方面，并结合作者所主持的课题的研究成果、从教心得系统地总结了医学图像的数字化处理方面的软、硬技术。

撰写本书的目的是帮助从事医学影像诊断的临床医生、广大医学影像技术工作者、生物医学工程师能更好掌握和运用图像处理的方法、技术和技巧。同时，作者也相信，对图像处理有浓厚兴趣的朋友读毕本书也一定会大有收益。

这本书由九章、一个引言和四个附录组成。各章分别是：第一章医学图像基础、第二章医学图像处理系统、第三章医学图像采集技术、第四章医学图像的抓取、显示与格式转换、第五章医学图像二维变换软件与应用、第六章医学图像传输中的压缩技术、第七章虚拟现实技术、第八章医学图像三 D 重建、第九章机房、布线与图像工作站技术、附录 A Windows 文件、附录 B 光盘刻录操作、附录 C 数字音乐常识和附录 D 医学网络资源。

引言给出了冯·诺依曼计算机的工作要点、解决微机硬件冲突的方法和网络基础；第一章、第二章着重介绍了图像及其处理系统的概念和组成；第三章和第四章共同构成了图像的采集、转换技术；第五章以 PhotoShop 和 CorelDRAW 为代表概括了图像软件的应用技巧；第六章的重点是 Telemedicine 和图像存储、压缩技术；第七章和第八章讨论了三维医学图像及其研究情况；第九章叙述了图像工作站和机房技术。书后的附录也是与图像数字化处理有关的一些内容。

众所周知的是，无论是图像处理的软件平台，还是图像处理的应用程序的发展都是日新月异的，本书只能尽可能地选择有代表性、较常用的图像处理软件，并尽可能地从概念和方法上阐述它们。书中所提供的一些新的概念和方法，作者希望读者尽可能结合手头上的软件利用和发展它们。

但是，与任何事物的发展一样，图像数字处理只是其处理技术发展中的一个阶段。数字化处理不是十全十美的（例如，数字化处理会带来一定的损失，数字化的图像存贮、传输、加工等方面也会存在新的问题）。而这损失的根源主要是目前用于处理图像的计算机工具仅能理解“0”和“1”这两个信号。同样值得欣慰的是新的硬件处理工具已崭露头角，高速超导计算机、光计算机、量子计算机、DNA 计算机、生物计算机、神

^① 《现代医学影像技术》，天津科技翻译出版公司，2000.1-①。

经元计算机乃至人脑控制的计算机必将开创医学图像的数字化处理技术的新纪元。

出版一本书是集体努力的结果。许多人为此书的内容、评阅和出版贡献了他们的宝贵时间和精力。作者要感谢为此书贡献力量，给作者鼓励的人们。

作者感谢相关领域前辈们的工作，是他们的知识和研究成果充实了此书的内容，见参考（引用）文献。

作者感谢天津医科大学的前辈、同事们和业界的朋友们对本书的详细审阅。特别感谢白人驹教授、廉宗澂教授、田心教授、娄建石教授、贺能树教授、顾汉卿教授、姚智教授、张云亭教授、谭建辉教授和时季成教授，是他们的真知灼见减少了本书的纰漏。

作者特别感谢人民卫生出版社的杜贤老师，正是他和他和同事们的努力才使本书得以早日与读者见面。

作者要特别感谢罗述谦教授和赵堪兴教授的鼓励与指导。感谢他们于百忙之中为本书赐序典跋。

最后，作者还要感谢作者的家人，感谢饶友玲教授一直给予作者灵感和理解，并在作者忙于此书时所显示出的极大的耐心，同时也为饶友玲博士在两年内失去的假期和周末致歉。

康晓东

2001 年夏修改于天津南开园

目 录

引言	1
第一节 冯·诺依曼计算机工作要点	2
第二节 计算机启动与资源自检	4
一、计算机启动过程	4
二、计算机资源自检	6
第三节 BIOS 优化和硬件冲突解决	8
一、BIOS 及其优化	9
二、解决硬件冲突问题	14
第四节 网络与带宽	16
一、网络	17
二、带宽	19
三、信号传输与数据包交换	22
第五节 医学图像传输网络构建技术	23
一、网络连接中介设备选用	25
二、LAN 中主干网技术比较	29
三、宽带网接入	33
第一章 医学图像基础	36
第一节 医学图像的概念	36
一、对图像的描述	36
二、医学图像的数字化	41
第二节 医学图像参数	42
一、图像文件的格式	43
二、图像文件的模式与颜色数	44
三、医学图像典型文件	47
第三节 医学图像处理的平台和群件	52
一、Windows 系统平台	52
二、图像处理群件	54
三、群件功能	57
第二章 医学图像处理系统	60
第一节 医学图像输入系统	60
一、图像数字化器类型和原理	60

二、常见图像输入设备介绍	65
第二节 图像显示系统	74
一、阴极射线管	74
二、现代显示技术	82
三、显示卡	87
第三节 图像打印输出	90
第四节 计算机图像的分辨率	93
一、分辨率的概念	93
二、图像分辨率的作用	99
第三章 医学图像采集技术	101
第一节 视频图像	101
一、模拟视频	101
二、数字视频	103
第二节 视频接驳技术	107
一、视频接驳卡体系结构	107
二、视频卡商品	112
三、视频输入	115
第三节 医学图像扫描技术	119
一、扫描仪的接口与应用	119
二、扫描仪和摄像头常见问题处理	127
第四节 机顶盒技术概述	130
第四章 医学图像的抓取、显示与格式转换	133
第一节 抓图软件的分类与功能	133
一、抓图软件的分类	133
二、抓图软件的功能	134
第二节 抓图软件应用	135
一、静态图抓取	135
二、动态图抓取	138
第三节 图像显示	145
一、QSHOW	146
二、ACDSee	148
第四节 图像格式转换	153
一、Image Converter	153
二、Konvertor	154
三、Capture Express 2000	156
第五章 医学图像二维变换软件与应用	158
第一节 CorelDRAW 应用	158

一、CorelDRAW 环境	158
二、CorelDRAW 工具与菜单	160
第二节 PhotoShop 应用	174
一、PhotoShop 特点	174
二、PhotoShop 通道、蒙板和滤镜	178
第三节 PhotoExpress 和 COOL3D	184
一、PhotoExpress	184
二、COOL3D	191
第四节 Authorware	192
一、Authorware 环境	193
二、Authorware 几点应用技巧	195
第六章 医学图像传输中的压缩技术	200
第一节 医学图像数据压缩	200
一、医学图像压缩方法分类	200
二、医学图像压缩技术	201
三、H. 320 标准在医学图像编码中应用	205
第二节 远程医学图像系统	206
一、Telemedicine 终端设备	207
二、Telemedicine 会诊室	208
三、多点存储控制设备 MCU	210
第三节 医学图像存储和检索	214
一、磁光介质存储技术	214
二、医学图像的分层存储管理	219
第四节 医学图像压缩软件	221
一、图像的压缩与优化	221
二、图像压缩软件的应用特点	222
第七章 虚拟现实技术	224
第一节 虚拟现实及其医学应用	224
一、虚拟现实的概念	224
二、虚拟现实与医学图像引导手术	225
第二节 虚拟现实的硬件应用	227
一、图像信息的三维感	227
二、三维图像观察方法	229
三、基于微机的实用虚拟现实系统	233
第三节 虚拟现实的软件实现	233
一、体视图的实现	234
二、视图合成与颜色处理系统	238

三、体视图的生成处理系统	239
四、几何加速与图像填充	242
第四节 三维图形及动画场景软件	244
一、三维图形软件 3DS MAX	244
二、图像软件的联合使用	250
第八章 医学图像 3D 重建	253
第一节 关于 3D 重建	253
一、体视化技术	253
二、体视化的基本框架	254
三、虚拟现实与 3D 重建	258
第二节 3D 重建技术	260
一、3D 重建技术分类	260
二、对体数据的处理	261
三、直接体视化	269
第三节 3D 重建技术应用	275
一、新型的体图形学	275
二、与 3D 相关的软硬件技术归纳	277
三、3D 医学技术进展	282
第九章 机房、布线与图像工作站技术	284
第一节 计算机机房技术	284
一、计算机机房供配电系统的要求	284
二、计算机机房的供配电系统	286
三、计算机机房接地技术	289
第二节 综合布线技术	292
一、综合布线的概念与特点	292
二、综合布线实施	297
第三节 医学图像工作站	299
一、对医学图像工作站的要求	299
二、医学图像工作站的配置	301
第四节 医学图像的评价	303
一、医学图像评估方法分类和要求	303
二、医学图像评估方法应用	305
附录 A Windows 文件	307
附录 B 光盘刻录操作	319
附录 C 数字音乐常识	324
附录 D 医学网络资源	329

引 言

对于非专业的人士来说,接触数字化信息处理概念,大多来自消费电子领域,如数字音响、数字广播、数字电视、数字移动电话、数字通讯网以及 CD、VCD、DVD、微机等众多产品,但是信息领域的数字化革命实际上早已开始。

人类获得信息的主要来源是听觉(约占 5%)与视觉(90%) 在 20 世纪 60 年代初期之前,对信息的处理方式主要局限于模拟方式。它的特点是信号在时间上不分间隔、在幅度上不分层。由于受硬件条件的限制,信号的数字化处理真正开始于 20 世纪 60 年代初。但是奠定这一理论基础的却是 1948 年美国著名信息论专家香农^①的一篇论文“通讯的数字理论”,他第一次提出数字化信息的基本单位:比特(尼葛洛庞帝把比特比喻为信息领域的 DNA),并由此出发提出了一系列近代信息论基本思想。

由于计算机技术的迅猛发展,特别是 20 世纪 70 年代以来微电子技术的惊人进步,使得信号的数字化处理以空前未有的速度向前推进,数字信号处理的理论与技术已日趋成熟,因特网的发展速度^②超过了以往任何技术革新,数字信号处理的应用几乎涵盖了国民经济和国防建设的所有领域。

今天医学影像科学特别是在与计算机和信息技术结合后已经充分成熟,正在超越“技术推动”的范畴进入“生物和临床推动”期。

利用不同的成像方法可获得的医学图像揭示了人体的不同特性(如透射率、不透度、发射率、反射率、传导率、磁化率、分子弛豫常数以及这些特性随时间的变化)。图像中显示出的这些特性能够揭示一个病人的内在属性信息。

医学图像表达的属性^③是随空间和时间变化的,这种变化反映了身体内部结构与功能的变化。由医学图像的推论可以产生有关人体静态与动态属性,从而可以了解内部的解剖与生理状态。

在 21 世纪,随着人体静态和动态过程的知识扩展和理解的深入,图像已经涉及日渐复杂化的生物学问题。医学影像技术正在基础水平上以更加广度和深度来处理生物问题的高度复杂性,这具体表现在:

(1) 由于计算机和网络技术的加速发展,允许对图像进行 3~4 维的表示;将从不同的装置获得的图像进行融合,创造虚拟现实的环境,计算机辅助诊断,图像引导机器人技术(图像引导神经外科手术是医学图像研究在临床应用的一个重要实例),并实时

① 香农把热力学中的基本概念“熵”引入信息领域,提出以熵来定量描述随机事件的不确定性,进而给出信息量的数字定义。

② 个人计算机从发明到拥有 5000 万用户一共用了 16 年时间,而因特网从商业化开始到拥有 5000 万用户只用了 4 年。

③ 医学影像表达的组织属性只是与组织属性紧密关联而非其实际的解剖结构和生理功能本身。

传输到遥远地点。

(2) 关于病人的信息,通过图像可以使它得到压缩和更好的表达。图像和计算机越来越被认可为在可视化时代作为传输信息的最有效手段。

(3) 计算机技术的普及使计算机产生的图像来作为获得信息和演示的工具。

(4) 在一种图像及其派生参数形成的多维特征空间中固然可以分类,但多幅原始医学图像的组合能提供更加全面的信息。

(5) 开发知识引导的图像处理技术。

(6) 鉴于人体解剖结构较大的差异和医学图像分析的复杂性,VRML^①将在3D医学图像动态显示中(特别在对三维显像和人机交互作用具有特定要求的三维解剖图像医学领域等)有的应用必将迅猛发展。

(7) 用MR或PET图像直接识别异常组织(肿、出血和炎症等)。

(8) 医学图像质量和算法的评估是一项重要的基础研究,高水平、高质量的硬件、软件体模都应列入研究之列。

值得注意的是,由于医学图像处理技术发展迅速,对其相关的描述方式很多。特别在海外文献中,图像处理、图像分析和图像理解三种说法常混用。

一般说来,图像处理强调在图像间进行变换(比较狭义的图像处理主要指对图像进行各种加工以改善图像的视觉效果并为自动识别打下基础),或对图像进行压缩编码以减少对其存储空间、传输时间或传输通路的要求。

图像分析则主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,以获得它们的客观信息从而建立对图像的描述(图像处理是从图像到图像的过程;图像分析是从数据到图像的过程)。

图像理解到的重点是在图像分析的基础上,进一步研究图像中各目标的性质和它们的联系,并得出对图像内容含义的理解以及对原客观场景的解释,从而指导和规划行动。

本书所指的图像处理主要指基于计算机软、硬平台,用数字方式进行图像分析的技术。

第一节 冯·诺依曼计算机工作要点

现在所使用的各种电脑都是根据“冯·诺依曼”计算机理论设计和制造的。冯·诺依曼是美国科学家,在1946年他提出了现代计算机(电脑)的体系结构思想,这就是后来著名的“冯·诺依曼”计算机理论。

“冯·诺依曼”理论有三个要点:一是电脑系统由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备等五个基本单元组成(图0-1);二是电脑内部的运算指令和数据必须采用二进制数字(0和1)表示;三是电脑在运行时必须先将事先编制好的程序和数据调入主存储器(即通常所说的内存),然后自动地连续执行程序中所设置的全部指令。

^① VRML是一种独立于平台的开放式文件格式,用于Internet上描述三维空间动态行为和交互作用的实现。

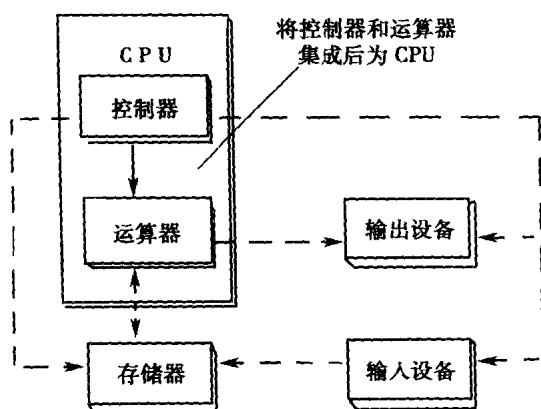


图 0-1 计算机基本体系结构示意图

人们实际使用的电脑虽然品牌和技术规格有所不同，但其内部结构是基本相似的。一台基本配置的电脑其硬件结构可以用图 0-2 表示。

图 0-2 中粗线框代表主机，里面的细线框表示电脑主要器件之一的主板。在一般情况下 CPU、内存 RAM（随机存储器）条、显卡是另外安装在主板上的，但个别主板也将 CPU、显示卡和内存都集成在一起。电脑内部器件工作时的直流电源、硬盘，通常还有软驱、光驱等安装在主机箱内的专用支架上；显示器、键盘（通常还有鼠标器、打印机等）通过主机箱外部的专用接插件联接。

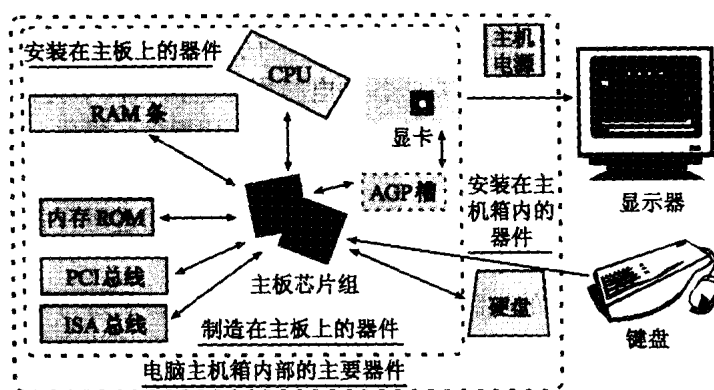


图 0-2 计算机硬件主要结构示意图

示器、键盘（通常还有鼠标器、打印机等）通过主机箱外部的专用接插件联接。

尽管图 0-2 中的器件看起来较多，但整体仍然符合“冯·诺依曼”计算机体系理论。如在 CPU 中包含有运算器（包括数学运算器）和控制器，在主板上有主存储器（RAM 条），输出设备是显示器（还包括打印机、音箱等），输入设备有传统的键盘和鼠标（包括扫描仪、光驱等）。另外还有集输入、输出设备于一身的设备例如：软、硬磁盘、磁带机和磁光盘等。当这些设备作为输入设备时可以保存程序和数据供电脑在运行时读入内存，作为输出设备时则可以保存由电脑在运行程序过程中或结束时写入的数据，对这类设备专门人士通常将它们称为（辅助存储器），而将 RAM 内存称为主存。

电脑在处理具体信息时的实际工作过程如下：

第 1 步，由专职程序员或其他业余人员编制处理具体信息的程序，一般可保存在光盘或软盘上提供给用户；

第 2 步，用户通过光驱或软驱将程序安装在电脑的硬盘上（如果程序可以直接在光盘或软盘上运行时则可以不安装）；

第 3 步，用户在电脑处于待命状态时通过键盘或鼠标给电脑发出运行某具体程序的

指令；

第4步，电脑将需要运行的程序和相应的数据从硬盘或光盘读入内存，如果内存容量不足时可在程序设计允许的前提下分批读入程序或将部分数据仍然留在硬盘（光盘）上；

第5步，电脑CPU根据程序指令逐步进行相应的各种运算，在运算过程中CPU将根据需要与内存或硬盘（光盘）继续交换数据；

第6步，在程序执行过程中，CPU根据程序设计将部分中间数据或结果输出到显示器或打印机上；

第6步，在电脑完成程序所设置的全部运算指令后，根据程序设计决定将最终结果输出到显示器显示或通过打印机打印出来。

第7步，程序运行结束时电脑完成处理信息工作的全部过程，返回准备接受用户下一个指令的待命状态。

而一台能正常运行的电脑应该由硬件和软件共同组成。其中硬件就是组装成电脑的各种电子器件，也就是人们常说的CPU、主板、内存条和硬盘等等；而软件则是保证电脑能正常运行并处理各种信息所需要的各种电脑程序。在软件中有操作系统如Linux或Windows9x等，另外还有像Visual FoxPro等各种应用程序。操作系统以及固化在电脑主板上的BIOS（基本输入/输出控制）的主要任务是组织和管理电脑硬件系统，使电脑能正常运行。创造一个运行各类应用软件的正常环境，而通过运行各类应用软件去解决或处理具体问题才是人们使用电脑的根本目的。

电脑的工作过程是在软件的控制下通过硬件系统各部件协调运行来完成程序预定的工作目标，而软件编制和安装运行又必须在硬件系统性能允许的前提下进行，硬件和软件必须相互配合才能使电脑正常运行，因此，电脑硬件和软件之间是相辅相成的。

第二节 计算机启动与资源自检

计算机必须启动后才能向前面介绍的那样工作。是BIOS与内存地址共同完成了计算机的启动过程。

一、计算机启动过程

计算机中一般安装的32MB、64MB或128MB内存，是指内存的每一个字节都被赋予的一个地址，以便CPU访问内存。32MB的地址范围用十六进制数表示就是0~1FFFFFFH，其中0~FFFFFH的低端1MB内存非常特殊，因为最初的8086处理器能够访问的内存最大只有1MB，这1MB的低端640KB被称为基本内存，而A0000H~BFFFFFFH要保留给显示卡的显存使用，C0000H~FFFFFFH则被保留给BIOS使用，其中系统BIOS一般占用了最后的64KB或更多一点的空间，显卡BIOS一般在C0000H~C7FFFH处，IDE控制器的BIOS在C8000H~CBFFFH处。

第1步，按下电源开关时，电源就开始向主板和其它设备供电，此时电压还不太稳定，主板上的控制芯片组会向CPU发出并保持一个RESET（重置）信号，让CPU内部

自动恢复到初始状态，但 CPU 在此刻不会马上执行指令。当芯片组检测到电源已经开始稳定供电了，它便撤去 RESET 信号，CPU 马上就从地址 FFFF0H 处开始执行指令，这个地址实际上在系统 BIOS 的地址范围内，无论是 Award BIOS 还是 AMI BIOS，放在这里的只是一条跳转指令，跳到系统 BIOS 中真正的启动代码处。

第 2 步，系统 BIOS 的启动代码首先要做的事情就是进行 POST (Power-On Self Test, 加电后自检)，POST 的主要任务是检测系统中一些关键设备是否存在和能否正常工作，由于 POST 是最早进行的检测过程，此时显卡还没有初始化，如果系统 BIOS 在进行 POST 的过程中发现了一些致命错误，例如没有找到内存或者内存有问题（此时只会检查 640K 常规内存），那么系统 BIOS 就会直接控制喇叭发声来报告错误，声音的长短和次数代表了错误的类型。POST 结束之后就会调用其它代码来进行更完整的硬件检测。

第 3 步，接下来系统 BIOS 将查找显卡的 BIOS，前面说过，存放显卡 BIOS 的 ROM 芯片的起始地址通常设在 C0000H 处，系统 BIOS 在这个地方找到显卡 BIOS 之后就调用它的初始化代码，由显卡 BIOS 来初始化显卡，此时多数显卡都会在屏幕上显示出一些初始化信息，介绍生产厂商、图形芯片类型等内容，系统 BIOS 接着会查找其它设备的 BIOS 程序，找到之后同样要调用这些 BIOS 内部的初始化代码来初始化相关的设备。

第 4 步，查找完所有其它设备的 BIOS 之后，系统 BIOS 将显示出它自己的启动画面，其中包括有系统 BIOS 的类型、序列号和版本号等内容。

第 5 步，接着系统 BIOS 将检测和显示 CPU 的型和工作频率，然后开始测试所有的 RAM，并同时在屏幕上显示内存测试的进度，可以在 CMOS 设置中自行决定使用简单耗时少或者详细耗时多的测试方式。

第 6 步，内存测试通过之后，系统 BIOS 将开始检测系统中安装的一些标准硬件设备，包括硬盘、CD-ROM、串口、并口、软驱等设备，另外绝大多数较新版本的系统 BIOS 在这一过程中还要自动检测和设置内存的定时参数、硬盘参数和访问模式等。

第 7 步，标准设备检测完毕后，系统 BIOS 内部的支持即插即用的代码将开始检测和配置系统中安装的即插即用设备，每找到一个设备之后，系统 BIOS 都会在屏幕上显示出设备的名称和型号等信息，同时为该设备分配中断、DMA 通道和 I/O 端口等资源。

第 8 步，到这一步为止，所有硬件都已经检测配置完毕了，多数系统 BIOS 会重新清屏并在屏幕上方显示出一个表格，其中概略地列出了系统中安装的各种标准硬件设备，以及它们使用的资源和一些相关工作参数。

第 9 步，接下来系统 BIOS 将更新 ESCD (Extended System Configuration Data, 扩展系统配置数据)。ESCD 是系统 BIOS 用来与操作系统交换硬件配置信息的一种手段，这些数据被存放在 CMOS (一小块特殊的 RAM，由主板上的电池来供电) 之中。通常 ESCD 数据只在系统硬件配置发生改变后才会更新，所以不是每次启动机器时都能够看到“Update ESCD...Success”这样的信息，不过，某些主板的系统 BIOS 在保存 ESCD 数据时使用了与 Windows 9x 不相同的数据格式，于是 Windows 9x 在它自己的启动过程中会把 ESCD 数据修改成自己的格式，但在下一次启动机器时，即使硬件配置没有发生改变，系统 BIOS 也会把 ESCD 的数据格式改回来，如此循环，将会导致在每次启动机器

时,系统 BIOS 都要更新一遍 ESCD,这就是为什么有些机器在每次启动时都会显示出相关信息的原因。

第 10 步,ESCD 更新完毕后,系统 BIOS 的启动代码将进行它的最后一项工作,即根据用户指定的启动顺序从软盘、硬盘或光驱启动。以从 C 盘启动为例,系统 BIOS 将读取并执行硬盘上的主引导记录,主引导记录接着从分区表中找到第一个活动分区,然后读取并执行这个活动分区的分区引导记录,而分区引导记录将负责读取并执行 IO. SYS,这是 DOS 和 Windows 9x 最基本的系统文件。Windows 9x 的 IO. SYS 首先要初始化一些重要的系统数据,然后就显示出蓝天白云,在这幅画面之下,Windows 将继续进行 DOS 部分和 GUI (图形用户界面)部分的引导和初始化工作。

如果系统之中安装有引导多种操作系统的工具软件,通常主引导记录将被替换成该软件的引导代码,这些代码将允许用户选择一种操作系统,然后读取并执行该操作系统的基本引导代码(DOS 和 Windows 的基本引导代码就是分区引导记录)。

如果在 DOS 下按 Ctrl + Alt + Del 组合键(或从 Windows 中选择重新启动计算机)来进行热启动,那么 POST 过程将被跳过去,直接从第三步开始,另外第五步的检测 CPU 和内存测试也不会再进行。

二、计算机资源自检

计算机(尤其是 PC 机)的配置非常重要。实际上,开机后就可以知道计算机的配置。如一台计算机的开机显示信息为:

```
Sis 6326 AGP True Color Graphics and Video Accelerator
8M Byte Video Memory BIOS Version 1.25
Support VESA BIOS, Extension Version 2.0
Award Modular BIOS V4.51PG. An Energy Star Ally
Copyright (C) 1984-98, Award Software, Inc.
GREEN AGP/PCI/ISA SYSTEM
CELERON (TM)-MMX CPU at 300A MHz
Memory Test: 65536K OK
Award Plug and Play BIOS Extension V1.0A
Copyright (C) 1998, Award Software, Inc.
Press DEL to enter SETUP
01/19/1999-i440BX-W83977-1A69KA1EC-JJ
Detecting IDE Primary Master... QUANTUM FIREBALL CR8.4A
Detecting IDE Secondary Master... SAMSUNG SCR-3232
Award Software, Inc.
System Configurations
CPU Type: CELERON (TM)-MMX Base Memory: 640K
Co-Processor: Installed Extended Memory: 64512K
CPU Clock: 300A MHz Cache Memory: 128K
```