

PC 维修的理论基础^{*}

——从计算机的体系结构谈起

杨 有, 翟 浩, 谭华山

(重庆师范大学 计算机与信息科学学院, 重庆 401331)

摘要:探索 PC 维修的理论对计算机本科专业教学具有意义,对维修实践活动具有指导意义。对应概念级、逻辑级和物理级 3 个层次,分别使用层次结构、Princeton 结构和 1-3-5-7 结构对计算机的体系结构进行描述,在此基础上,明确指出了 3 种结构和 PC 维修之间的关系。即计算机的层次结构描述了软硬件的分层结构,是 PC 软硬件故障定位的理论基础;计算机的 Princeton 结构描述了计算机功能构件模块化及其连接方式,是 PC 进行拔插法维修的理论根源;PC 的 1-3-5-7 结构描述了物理器件的层级结构和连接方式,可用于指导 PC 开机过程分析。教学实践表明,既有理论分析又有 DIY 的实践活动,有助于学生更加深入地理解计算机专业知识。

关键词:PC;维修;体系结构

中国分类号:TP307

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2013)06-0114-04

基于如下 2 个方面的原因,分析和讨论 PC 维修的理论具有意义。一是,由于 PC 发展的一贯方向是保持最大兼容性,所以 PC 系统结构较少发生变化,因为一旦发生变化,必然造成微机硬件之间的不兼容。正是基于这种事实,说明 PC 维修的理论是相对不变的,可长期用于指导维修实践。二是,有利于在高等学府中培养相关专业学生较强的动手能力。对维修理论的分析 and 讨论,可加深学生对计算机工作原理的了解,培养学生在维修实践活动中具有举一反三的动手能力。

PC 维修理论来源于设备维修,设备维修的理论为实现科学的设备维修管理指明了方向,研究人员提出了多种维修理论或理念,如早期的事后维修和定期维修,当前流行的预测性维修、基于状态的维修、以可靠性为中心的维修、基于风险的维修和精益维修等。在维修理论的实践活动中,需要解决修什么、怎么修,以及在什么条件下进行维修等基本问题。一些相关的技术相继被提出。使用维修策略形式化描述语言 MPDL (Maintenance policy description language) 可以解决维修管理活动中对维修理念、维修策略和维修计划的规范描述,为自动生成维修计划、使用计算机进行维修管理提供途径^[1]。针对具有分布式系统结构的军用武器系统,运用复杂网络理论对武器系统建模,利用多分辨率社队挖掘的方法,对系统故障进行回溯推理,此方法能够定位自律分散测试系统的故障源^[2]。针对器件失效时间服从指数分布,器件维修时间服从 γ 分布的 k/n 系统,贾秀芹等人对 (n, r, r) 维修策略下的可用度进行了研究^[3]。利用计算机仿真技术揭示仿真对象的内在规律,利用虚拟现实技术营造真实维修环境,虚拟维修和虚拟维修仿真具有发展前景^[4-5]。

上述理论与方法从抽象到具体的不同层次对设备维修进行了研究,但由于维修对象的多样性和复杂性、维修条件的限制性,以及设备信息化的高速发展,设备维修的理论与方法研究还必须与时俱进。本文针对 PC 维修的 3 种故障定位方法,从计算机体系结构理论层面分析和讨论方法的合理性和可行性,旨在为计算机本科专业教学的理论联系实际提供指导和帮助,启发学生在 DIY 和 PC 维修活动中知其然并知其所以然。

1 计算机体系结构

计算机结构是指计算机系统的逻辑设计方案,它是从软件运行角度去看计算机系统信号的存储和处理过程^[6-7]。值得注意的是,计算机系统结构和计算机的组成是 2 个不同的概念。计算机组成是指计算机硬件的物

* 收稿日期:2012-11-06 修回日期:2013-05-17 网络出版时间:2013-11-20 14:46

资助项目:重庆市教育规划项目(No. 2012-GX-053);重庆市教委教改项目(No. YJG133020)

作者简介:杨有,男,副教授,博士,研究方向为数字图像处理与识别、虚拟现实技术和嵌入式系统,E-mail:565357950@qq.com

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20131120.1446.201306.114_049.html

理设计方案,组成的目的是实现系统结构规定的具体功能。

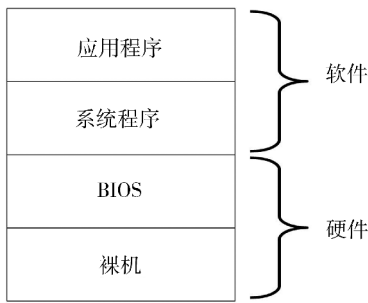


图 1 计算机的层次结构

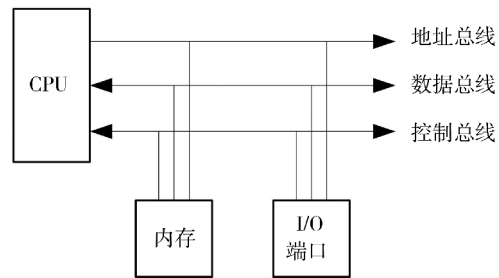


图 2 计算机的 Princeton 结构

根据作者的教学经验,可以把计算机系统结构按照抽象到具体的顺序分为概念级、逻辑级和物理级 3 种描述形式,它们分别对应计算机的层次结构、计算机的 Princeton 结构和 1-3-5-7 的物理结构。层次结构和 Princeton 结构是当前所有计算机都具有的结构,1-3-5-7 结构是当前 PC 的主流形式。

计算机的层次结构可用图 1 进行描述,它将计算机系统分为软件和硬件 2 个层次,软件层次中包含应用程序和系统程序,硬件层次中包含 BIOS(Basic input output system,基本输入输出系统)和裸机。该结构阐述了如下两方面的本质:1)确立了软件和硬件之间的接口,为 PC 的软、硬故障分离提供了可能;2)从上至下的层次关系确立了 PC 的应用形态,为 PC 故障定位流程提供了思路。

计算机的 Princeton 结构也称 Von Neumann 体系结构,它从逻辑层面描述了 PC 由 5 个部分组成:运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备,而且指出各组成部分以 3 总线形式相互连接,如图 2 所示。该结构从逻辑层面揭示了 PC 具有总线结构,各功能部件以总线方式互联,这种结构暗示了 PC 构件级的维修方法。

针对当前的主流 PC,可将微机的结构总结为“1-3-5-7 结构”^[6],即当前 PC 都具有 1 个 CPU、3 大芯片、5 大接口和 7 种总线的结构,如图 3 所示。这种结构从物理级描述了 PC 中信息的传输途径和控制方式,为了解 PC 工作过程提供了帮助,暗示了 PC 启动故障的维修方法。

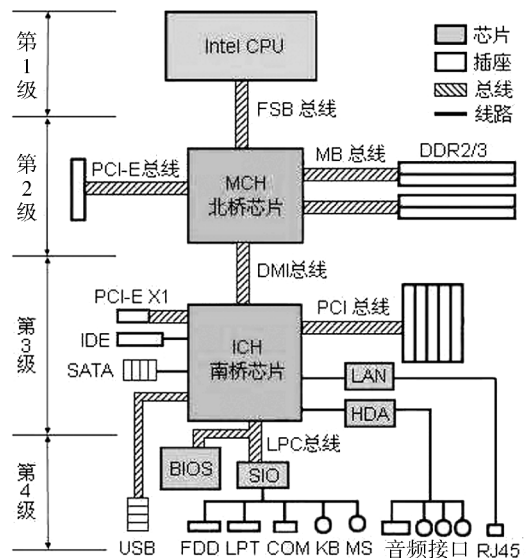


图 3 PC 的 1-3-5-7 结构

2 从体系结构看 PC 维修

基于上面描述的计算机体系结构,从软硬件故障定位、PC 维修的拔插法和开机过程分析 3 个方面,阐述 PC 维修时的理论基础,揭示体系结构和维修方法的内在联系。

2.1 软硬件故障定位

为了区分微机故障是硬件故障还是软件故障,通常通过引导判断法来实现目的。引导判断法是对 PC 引导过程进行仔细观察,力图找到故障原因的一种方法。将该方法的基本流程总结为图 4,其中 POST 和 OS 分别是上电自检(Power on self test)和操作系统(Operating system)的简写。该流程从是否具有 POST 迹象、是否存在 POST 过程报错和 OS 是否启动成功 3 个条件确定 PC 故障的 2 个种类:硬件故障和软件故障。

图 4 所示的流程,无论是存在的必要性还是过程的合理性都依赖于图 1 所示的层次结构。笔者基本观点包括:1)图 1 所示的层次结构中,上层模块和下层模块之间的关系是调用和支持的关系,这种关系以接口方式存在,下层模块的功能如果出现错误,错误信息必然

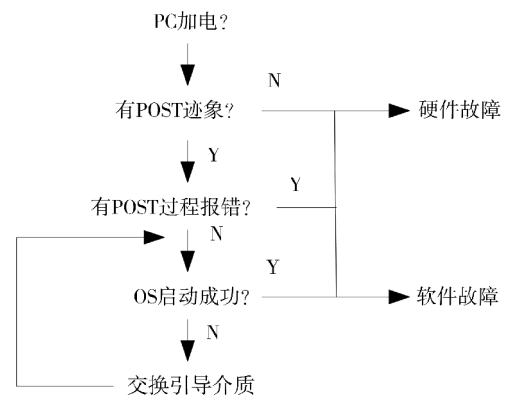


图 4 PC 软硬件故障定位流程

在上层模块中得到反映。2)定位流程中各个过程之间的关联,尤如层次结构图中的上下层关系。换言之,如果 PC 不具备层次结构,图 4 所示定位流程就缺乏理论基础,它的合理性就会受到质疑。3)李静海等人对图 1 的简单层次结构做了进一步延伸,提出了 5 级虚拟机器和 1 级物理机器的结构^[8],他们认为从概念和功能上,可以把一个复杂的计算机系统看成是由多级构成的层次结构。这种延伸后的结构在 PC 维修时的指导意义与图 1 是类似的。值得注意的是,POST 是 BIOS 内含的一种程序,BIOS 的本质是软件,因其以芯片形式存在,所以层次结构中把 BIOS 归纳为硬件的范畴。

2.2 拔插法的原理

拔插法的含义是将微机板卡、芯片和外设信号连接线插入或拔出,以寻找故障产生的原因。采用拔插法维修时,可以排除一些芯片、板卡与插槽接触不良的故障,还能发现微机电源功率不足的问题。之所以能够使用拔插法进行 PC 维修,正是因为 PC 至今还延续了 Princeton 的体系结构,这种结构指明了 PC 中各功能构件以 3 总线的方式互联,为拔插法提供了理论基础。换言之,如果 PC 不具备功能构件模块化且以总线相连的结构,则无法实施拔插法,早期的 ENIAC 计算机就是一例。图 5 是图 2 的进一步演进,它能够更清楚地表达拔插法的原理。



图 5 拔插法原理示意图

使用拔插法进行维修时,有 3 个注意事项: 1)对于 CPU 模块、BIOS、基本内存 3 个部件,任何一个拔掉,微机都不能工作;2)拔插法只适用于检查非关键故障和部分总线故障,故障定位到板卡级;③一般情况下每次拔插均须关机和

重新启动。

2.3 开机过程分析

无论 PC 配置如何,系统引导都必须经过开机上电、POST、运行主引导记录、装载操作系统和运行操作系统 5 个步骤。开机上电的时序如图 6 所示,其过程描述如下:1)当按下外接电源盒开关时,电源开始向主板输出待机工作电压 +5VSB,此时,晶振开始工作,向 CMOS 发送实时时钟信号。2)当按下主机电源开关时,南桥芯片收到开机触发信号,主板的开机电路开始工作,电源接头的第 14 脚 (PS-ON)变为低电压,通知 ATX 电源开始工作。3)ATX 电源内部保护电路如果没有发出告警信号,电源本身工作电压稳定后,开始向电源的各个接头输出相应的规定电压。4)所有输出电压工作正常后 100~200ms,ATX 电源的第 8 脚向主板发出一个 3~5V 的 PW-OK 信号,该信号同时提供给 CPU、南桥芯片和北桥芯片等。5)南桥芯片收到 PW-OK 信号后,内部复位电路开始工作。南桥芯片向系统时钟芯片的 RST# 引脚发出复位信号,系统时钟开始工作,并向主板发出各种频率的时钟信号。6)北桥芯片复位后,会向 CPU 发出一个 Reset 信号,让 CPU 内部自动恢复到初始状态,即 CPU 将大部分寄存器清零,将 CS 寄存器置为 FFFFH,将 IP 寄存器置为 0000H。7)CPU 从内存地址 FFFF0H 处开始执行开机后的第一条指令,该地址对应 BIOS 芯片的起始地址,在 BIOS 中存放的第一条指令为“JMP F000:E05B”,指令内容是使 CPU 跳转到 BIOS 中指定地址处执行 POST 程序。

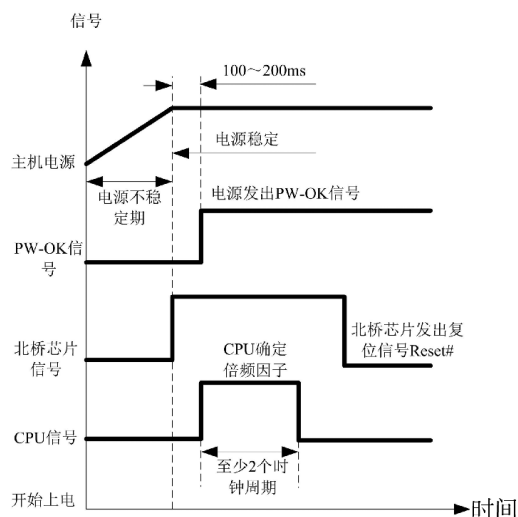


图 6 开机上电时序图

结合图 3 所示的 1-3-5-7 物理结构,开机上电过程的故障定位就更加清晰明了,具体说明为:1)开机上电七个步骤的控制信号传递过程可归纳为外设电路→南桥芯片→北桥芯片→CPU,与 1-3-5-7 结构的分级控制过程是匹配的。如果主板不能正常工作,可以根据 PC 的物理结构倒查故障源。2)图 3 所示的物理结构,从 4 个层级描述了 PC 功能构件的地位以及功能构件的物理连接,为功能构件的故障定位提供了理论依据。3)值得注意的是,主板和 ATX 电源的交互通过 PS-ON 和 PW-OK 两个信号实现,可通过万用表测量这 2 个信号以确定开机上电过程中的故障。

3 结论

利用系统的观点和方法,依据抽象到具体的思维方式,分别用计算机的层次结构、Princeton 结构和 PC 的 1-3-5-7 结构明确描述计算机的系统结构,并指出三种结构和 PC 维修之间存在的关系,即理论和实践的关系。层次结构清晰地定义了软件和硬件的接口,指出了软件和硬件的分水岭,是 PC 软硬件故障定位的理论基础;Princeton 结构定义了计算机的五大功能构件及其互联方式,是 PC 维修中使用拔插法的理论根源;PC 的 1-3-5-7 结构定义了 PC 物理器件的层级结构和连接方式,可用于指导 PC 开机故障分析。

值得注意的是,自 Von Neumann 奠定计算机体系结构以来,计算机的层次结构和 Princeton 结构一直没有变化,而 PC 的 1-3-5-7 结构随着 PC 的设计技术改变处于变化状态,应用相关理论指导维修实践时,应与时俱进,举一反三。

参考文献:

- [1] 刘明,刘英博,张力,等.一种通用维修策略描述语言[J].计算机集成制造系统,2010,16(10):2057-2063.
Liu M, Liu Y B, Zhang L, et al. General maintenance policy description language[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(10): 2057-2063.
- [2] 禹航,肖明清,胡雷刚,等.多分辨率社区结构挖掘在故障定位中的应用[J].振动与冲击,2012,31(6):77-82.
Yu H, Xiao M Q, Hu L G, et al. Application of multi-scale community detection in fault location[J]. Journal of Vibration and Shock. 2012, 31(6): 77-82.
- [3] 贾秀芹,刘瑞元. k/n 系统在 (n, r, r) 维修策略下的可用度[J].西南大学学报自然科学版,2011,33(9):17-21.
Jia X Q, Liu R Y. Availability for the k -out-of- n System under (n, L, r, r) maintenance policy[J]. Journal of southwest chins Normal University: Natural Science, 2011, 33(9): 17-21.
- [4] 刘佳,刘毅.虚拟维修技术发展综述[J].计算机辅助设计与图形学学报,2009,21(11):1519-1534.
Liu J, Liu Y. A survey of virtual maintenance technology [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2009, 21(11): 1519-1534.
- [5] 王文举,李光耀.虚拟维修仿真技术的研究与进展[J].系统仿真学报,2011,23(9):1751-1757.
Wang W J, Li G Y. Research and development of virtual maintenance simulation technology[J]. Journal of System Simulation, 2011, 23(9): 1751-1757.
- [6] 易建勋.计算机应用维护技术(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2009.
Yi J X. Computer application maintenance technology[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009.
- [7] 陈智勇.计算机系统结构[M].北京:电子工业出版社,2011.
Chen Z Y. Computer Architecture[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011.
- [8] 李静海,吴艳霞,付岩,等.新一代计算机体系结构[M].北京:北京航空航天大学出版社,2010
Li J H, Wu Y X, Fu Y, et al. New general computer Architecture[M]. Beijing: Beihang University Press, 2010.

The Theoretical Foundations of PC Maintenance: From the Computer Architectures

YANG You, ZHAI Hao, TAN Huashan

(School of Mathematics and Computer Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: It's significant to study on the PC maintenance theory for computer undergraduate professional teaching, also for maintenance activities. From conceptual, logical and physical level, three architectures of hierarchical, Princeton and 1-3-5-7 were employed to describe the computer architecture explicitly. Based on these descriptions, the relationships between three architectures and PC maintenance were pointed out categorically. The hierarchical architecture defines the interface between computer software and hardware, so it's the theoretical foundation to identify the PC fault which is caused by hardware or software. The Princeton architecture defines computer functional components and its connections, so it's the essential reason that we can use plugging method to identify which functional component is failed. PC's 1-3-5-7 architecture defines physical parts and its connections, so it could be used to help the process analysis of PC power on. Teaching practice demonstrated that students could understand computer professional knowledge more comprehensively through the teaching procedure which contains both theoretical analysis and DIY activities.

Key words: PC; maintenance; computer architecture

(责任编辑 陈 琴)