

# 计算机体系结构课程流水线技术教学探讨

李欣亮, 王璐, 王瑶

陕西服装工程学院, 陕西 西安 712046

**摘要:** 采用流水线技术方法, 不但可以提高教学效果, 还可以帮助学生更好地了解现代微处理器的工作原理。流水线技术是一种将指令执行分割成若干个子流程的方法, 能使多个处理器同时处理多个指令, 大幅提升了处理器的处理能力。另外, 由于学生要了解流程中的流程, 了解流程中可能存在的冲突, 并提出相应的解决方案, 因此也可以培养学生的逻辑思维和系统分析的能力。本课程将让学生在实际工作中学会权衡各种设计要素, 并避免过早最佳化所造成的问题。

**关键词:** 流水线技术; 计算机体系结构; 教学效果

## Discussion on the Teaching of the Pipeline Technology of the Computer Architecture Structure Course

Li Xinliang, Wang Lu, Wang Yao

Shaanxi Fashion Engineering University, Xi'an, Shaanxi 712046

**Abstract:** Using the assembly line technology method can not only improve the teaching effect, but also help students to better understand the working principle of modern microprocessor. Pipeline technology is a method of dividing instruction execution into several sub-processes, which can enable multiple processors to process multiple instructions at the same time, greatly improving the processing power of the processor. In addition, because students need to understand the process in the process, understand the possible conflicts in the process, and propose corresponding solutions, they can also cultivate their logical thinking and systematic analysis ability. This course will allow students to learn to weigh the design elements and avoid the problems caused by premature optimisation.

**Keywords:** pipeline technology; computer architecture structure; teaching effect

### 引言

在信息技术飞速发展的今天, 流水线技术在计算机体系结构教学中的重要地位是毋庸置疑的。流水线技术的引入, 大大提高了计算机处理数据的效率, 在教学中发挥了重要作用。例如, 藉由流水线技术, 学生可以直接了解现代处理机是如何把复杂指令分解成若干简单的步骤, 以达到并行处理指令的目的, 这样既能提高学生的学习效率, 又能培养学生的逻辑推理能力、系统分析能力。流水线技术教学就是为了避免“过早优化”, 使学生逐步掌握较高层次的技术, 同时又能对基本原理有一定的了解。

### 一、流水线技术在计算机体系结构教学中的重要性

#### (一) 流水线技术对提升教学效率的作用

流水线技术在计算机体系结构教学中的应用, 极大地提高了教学效率。首先, 由于流水线技术具有并行处理的特点, 使得教学内容的传递更有效率<sup>[1]</sup>。例如, 在介绍流水的基本概念时, 教师可利用流水分阶段处理的特性, 把复杂的处理器操作分解成几个简单的步骤, 学生在循序渐进的学习过程中, 就能更快地掌握整个流水线的工作流程。分阶段教学法既能减轻学生的学习难度, 又能提高教师的教学效率。其次, 在教学中运用流水线技术, 可

以提高学生的逻辑推理能力和系统分析能力。在教学过程中, 教师可藉由流水式模式, 引导学生对各阶段之资料流与处理流程进行剖析, 训练学生逻辑推理与系统分析之能力。例如, 藉由模拟软件展现流水中的资料冲突与资源冲突, 让学生能直接了解流水设计的要点, 并且学习如何去解决。实践教学法既能加深学生对理论知识的理解, 又能培养学生解决实际问题的能力。另外, 在教学中运用流水线技术, 可以使学生对现代微处理器的工作原理有一个较为清晰的认识。通过模拟软件与实验室教学, 学生可直观了解现代处理器流水线作业之应用, 并了解其对处理器效能的影响。例如, 将流水处理器与非流水处理器进行比较, 可以使学

课题项目: “1112” 教学工程建设项目—特色本科课程—《计算机体系结构》, 编号: 2024TSKC031。

生更加深刻地认识到流水处理器在提高处理器性能方面的重要作用。实验与仿真相结合的教学方式,既能激发学生的学习兴趣,又能使抽象的理论知识形象化。将流水线技术运用到计算机体系结构教学中,是一种行之有效的教学方法。在教学过程中,可使学生更好地理解现代处理器的工作原理,同时也能培养学生的逻辑思维与系统分析能力<sup>[2]</sup>。

### (二) 流水线技术在培养逻辑思维与系统分析能力中的角色

“流水线技术”是计算机体系结构教学中的一个重要内容,对培养学生的逻辑思维能力和系统分析能力具有重要意义。流水线技术把复杂的指令执行过程分割成若干个独立的环节,由不同的硬件设备来完成,从而使指令的并行处理成为可能。这种分段式的学习方式,需要学生了解每一阶段的功能及其相互依存关系,培养学生的逻辑思维能力。在教学过程中,学生可藉由分析流水线上的冲突、停顿及数据冒险等现象,深入了解指令执行的动态过程,加深对流水线技术的认识,提高分析与解决问题的能力<sup>[3]</sup>。另外,流水线技术也有助于学生建立系统分析的架构。在学习流水生产线过程中,学生必须能够把处理器作为一个整体来看待,了解各个子系统间的相互作用以及数据流,这种系统的分析方法,在教学实践中,教师可使用仿真软件辅助流水线技术的教学,利用仿真软件的可视化功能,使学生能直观地了解流水线上的数据、指令流,并分析不同流水线设计对性能的影响。通过直观的演示,使学生对复杂系统的动力学行为有了更深层次的认识。藉由仿真软件,学生可了解流水线作业中某一环节的延迟对整体作业效率的影响,进而可藉由此来优化设计,缩短作业延时,提升作业效率,这一分析、优化的过程体现了逻辑思维能力和系统分析能力的培养。

### (三) 流水线技术对理解现代处理器工作原理的重要性

流水线技术是当今处理器设计的核心,它可以大大提高处理器的性能,使其在每一个时钟周期内所能完成的任务量大大增加。以经典的五级流水线技术为例,将指令执行过程划分为取指、译码、执行、访存、写回五个步骤,每一步都以不同的时钟周期对不同指令进行并行处理,达到指令级并行化的目的。该技术的应用大大提高了处理器的处理能力,从理论上讲,每一个时钟周期就能完成一个指令。然而,流水线技术同时也带来了诸如数据冒险、控制冒险、架构冒险等一系列复杂问题。例如,数据冒险发生在一个指令依赖于前一个指令的结果时,处理器需要采取诸如暂停流水或者数据前递这样的技术来处理。流水线技术的教学,不仅要求学生掌握基本原理,而且还能对实际中碰到的复杂问题进行分析与解决,从而使学生对现代处理器的工作原理有了更深的了解<sup>[4]</sup>。

## 二、流水线技术的教学方法

### (一) 流水线技术的教学策略与实践

在计算机体系结构教学过程中,通过对流水线技术进行教学,使学生对现代处理器的工作机理有更深刻的认识。运用案例分析的方法,介绍实际处理器设计实例,如英特尔奔腾系列处理器,说明流水线技术在实际应用中的应用及其对处理器性能的影响。

此外结合流水的吞吐率、延时及资源利用等分析模型,深入了解流水作业的效率<sup>[5]</sup>。例如,将经典的 MIPS 流水模型引入到流水线模型中,使学生了解流水线的理论最高吞吐率与实际吞吐率,并比较分析流水线冲突、冒险以及暂停等因素对流水线效率的影响。教师也可通过 Logisim、Verilog 仿真器等仿真软件,建立流水线可视化模型。利用仿真软件,使学生能直观地了解数据在流水中的流动情况,并能了解不同流水阶段的并行处理情况。在互动教学中,学生既能积极参与,又能加深对流水线动态行为的理解。举个例子,学生可以用仿真软件来观察当数据冒险发生时,如何利用暂停或者前传技术来处理流水线问题。最后,实验教学是流水线技术教学的一个重要组成部分。藉由建构简单的流水处理器模型等设计实验,让学生能够亲身实现流水的各阶段,并观察其在不同负载情况下的效能。这样既能使学生更好地掌握理论知识,又能培养其动手能力及解决实际问题的能力。例如,学生可以试着实现一条带分支预测函数的流水线,并通过实验来评估它对于整体效能的提升<sup>[6]</sup>。

### (二) 流水线技术与计算机体系结构课程整合

将流水线技术与计算机体系结构教学结合起来,有助于提高学生对现代处理器工作原理的认识。在课程中融入流水线技术,使学生既能掌握理论知识,又能加深对流水线工艺的理解。例如,将经典的五级流水线模型引入教学,学生就能直观地看到指令是如何一步一步地按流程进行的。该模型不仅能帮助学生了解流水线的基本概念,而且能通过管线冲突分析、数据冒险及控制冒险等案例,培养学生逻辑思维与系统分析的能力。此外结合 Intel Core i7 等现代处理器设计实例,进一步说明流水线技术的复杂度与先进性。在教学过程中,通过精简、深入的个案剖析,可有效化繁为简,使核心概念易于掌握<sup>[7]</sup>。

### (三) 利用模拟软件辅助流水线教学

流水线技术是计算机体系结构教学中理解现代微处理器设计的一个重要概念。为了使学生对这种复杂的技术有一个直观的认识,就必须引进仿真软件。利用 Logisim 这样的仿真软件,学生能够实时地观察流水线上的数据流、指令流,并了解流水线各阶段的加工状况,这种互动学习方法不但可以提高教学效率,还可以让学生更好地理解诸如流水线冲突、数据冒险、控制冒险等概念。另外,该仿真软件还能帮助学生建立、检验自己所设计的程序,培养学生的逻辑推理能力与系统分析能力。例如,在设计五层流水系统时,学生可尝试使用不同的指令分派策略,并观察其对流水作业绩效的影响。藉由这个实验,学生可以更好的了解在流水线设计中的折中与最佳化。学生可藉由模拟软件之实作,体会设计流水线时所需考虑之复杂度与最佳化的必要性。在教学实践中,教师可借助仿真软件演示流水的动力学行为,如利用仿真软件演示流水的暂停、冲洗和重新启动等操作,使学生了解当遇到数据冒险和控制冒险时,流水线的处理机制。案例分析法能使学生更好地理解知识。采用案例教学法,既能使学生把理论知识联系实际,又能激发学生流水线工艺进行更深层次的研究<sup>[8]</sup>。

### (四) 实验室教学在流水线技术中的应用

实验教学是计算机体系结构教学中理解和应用流水线工艺的

一个重要环节。学生可藉由实验室实习,直观地观察流水线作业,了解流水线作业在现代处理机上的应用。例如,在设计五级流水模型时,学生可利用硬件描述语言(如 VHDL、Verilog 等)在 FPGA 开发板上实现,观察各指令级间的并行处理与数据流。这一练习不但加深了学生对于流水线概念的了解,同时也让学生在实际操作中更好的掌握流水线冲突、数据探险、控制探险等复杂的问题。此外,通过个案分析,如英特尔奔腾处理器流水设计等,让学生了解如何将流水流程进行实际处理,以提升处理器效能。藉由实验教学,学生可了解在流水设计过程中,如何平衡速度与资源消耗之关系,以及如何避免在设计之初出现的一般效能瓶颈<sup>[9]</sup>。

#### (五) 创新教学方法在流水线技术教学中的实践

在流水线技术教学中进行创新性教学,既能提高学生的学习兴趣,又能加深学生对复杂概念的理解。例如,运用专案导向学习法,学生可将所学知识运用于真实的流水线设计专案中,并通过解决实际问题而学习。以计算机架构课程为例,要求学生设计一种简化的流水线处理器,并用仿真软件对其进行测试。实践证明,翻转课堂对流水线技术的教学效果显著。在这个模式中,学生可以在课前看录像或阅读资料以获得新的知识。这种教学模式能使更积极主动地参与到学习过程中来,从而提高课堂互动的效果。运用案例分析法进行流水线技术教学,也是一种具有创新性的教学方法。藉由分析历史上著名的流水线技术案例,例如英特尔奔腾处理器流水线设计,让学生了解理论和实际的连结。在此基础上,结合虚拟现实、增强现实等现代技术,为流水线式教学引入新的维度。藉由沉浸式体验,让学员能直接观察流水线作业,甚至亲身参与虚拟作业,这种方法既能提高学生的参与度,又能使学生对流水线的动态过程有更深刻的认识。

### 三、计算机体系结构课程流水线技术教学实践分析

#### (一) 流水线技术的概念与计算机体系结构课程的关系

“流水”技术是计算机体系结构教学中的一个核心概念,它

把指令执行过程分解成多个子进程,使之在时间上相互重叠,从而提高了系统的运行效率。随着“流水线”技术的引入,“计算机构架”课程的教学内容变得更加丰富,同时也给教学方式带来了新的挑战。例如,通过对五层流水模型中的指读、解码、执行、访存、写回等五个层次的流水线模型进行分析,使学生对指令在处理器内部的流动过程有一个直观的认识,不仅有助于学生深入了解现代处理器的运行机理,还可通过英特尔奔腾处理器流水线等实例,使学生能将理论联系实际,深入探索流水线技术在实际应用中的优势和局限<sup>[10]</sup>。

#### (二) 流水线技术在计算机体系结构教学中的引入策略

在计算机体系结构教学中引入流水线技术是非常重要的一个环节。作为提升处理器性能的一项核心技术,流水线技术的核心思想就是将指令执行分解成多个由不同硬件单元进行并行处理的子流程。在教学策略上,应以理论为基础,通过资料与个案分析,使学生了解流水线的基本概念与运作原理。例如,典型的五级流水模型可以被引用、解码、执行、访问和写回描述流水线的每个阶段。此外,若引用摩尔定律,集成电路上的晶体管数每隔两年便会增加一倍,则可凸显流水线技术对提高处理器效能的必要性与迫切性,这样既能使学生对流水线技术有较深的了解,又能了解其在计算机体系结构中的应用,提高教学效果。

### 四、结束语

流水线技术在提高教学效率的同时,也是培养学生逻辑思维和系统分析能力的重要手段。藉由使用模拟软件,学生可以直接观察流水线作业的每个步骤,进而了解现代处理器的运作方式。流水线技术是一种能激发学生想象力与创造力的教学方法。

### 参考文献

- [1] 王高理. 电气自动化流水线中的计算机控制技术 [J]. 智能城市, 2021, 7(03):39-40.
- [2] 蒋翠, 毛文慧, 王尚峰. 自动化流水线生产中计算机控制技术的应用分析 [J]. 计算机产品与流通, 2019, (11):10+30.
- [3] 李健超. 自动化流水线生产中计算机控制技术的应用 [J]. 科技风, 2019, (16):77.
- [4] 廉哲. 自动化流水线生产中计算机控制技术的应用策略 [J]. 中国新通信, 2018, 20(04):55.
- [5] 王浩. 自动化流水线生产中计算机控制技术的应用 [J]. 百科论坛电子杂志, 2019(10):253-254.
- [6] 赵帅. 电气自动化流水线中的计算机控制技术研究 [J]. 移动信息, 2022(11):0052-0054.
- [7] 李慧霞. 电气自动化流水线中的计算机控制技术 [J]. 数码设计(下), 2021, 010(003):39.
- [8] 张君. 浅析在电气自动化流水线中的计算机控制技术 [J]. 电子乐园, 2019(1):1.
- [9] 黄信云. 分析计算机控制在自动化生产线上的应用 [J]. 计算机产品与流通, 2020(6):1.
- [10] 张帆. 计算机控制在自动化生产线上的应用 [J]. 社会科学动态, 2015(5):38+12-38+12.