计算机体系结构--

指令系统的设计

zhaofangbupt@163.com

北京郵電大學

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

zhaofangbupt@163.com

主要内容

- 1. 指令系统结构的分类
- 2.操作数的类型和数据表示
- 3.寻址方式
- 4. 指令系统的设计和优化
- 5. 指令系统的发展和改进
- 6. MIPS/DLX指令系统结构

zhaofangbupt@163.com

寻址方式

- 一种指令系统结构如何确定所要访问的数据地址？
- 寻址方式：指令按什么方式寻找（访问）到所需的操作数或信息
  - 有效地址：操作数在存储器中的地址
- 寻址技术：如何从存储部件中获得数据的技术
  - 编址方式
  - 寻址方式分析
  - 逻辑地址与主存物理地址
  - 定位方式

zhaofangbupt@163.com

编址方式

- 编址方式：
  - 对各种存储设备进行编码的方法
- 需要编址的部件：
  - 存储数据部件：
    - 主存、寄存器、堆栈
  - I/O设备
- 主要内容：
  - 编址单位、零地址空间个数、并行存储器的编址、输入输出设备的编址

zhaofangbupt@163.com

编址方式

- **统一编址**：所有从“0”开始
  - 优点：可简化指令系统
  - 缺点：使地址形成复杂化
- **分类编址**：各自从“0”开始
  - 优点：指令短、地址形成简单、编址空间较大
  - 缺点：区分每类部件的标志
- **隐含编址**：事先约定好
  - 优点：速度比较快，不必进行地址计算
  - 缺点：不规范

zhaofangbupt@163.com

编址方式

编址单位

- 常用的编址单位：
  - 字编址、字节编址、位编址、块编址等
- 编址单位与访问字长
  - 一般机器：字节编址，字访问
  - 部分机器：位编址，字访问
  - 辅助存储器：块编址，位访问

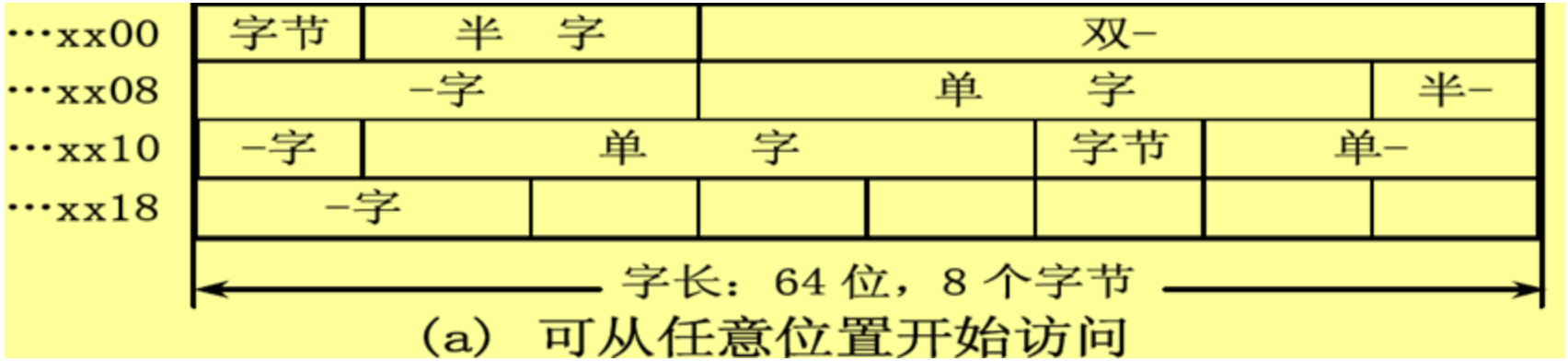
zhaofangbupt@163.com

编址方式

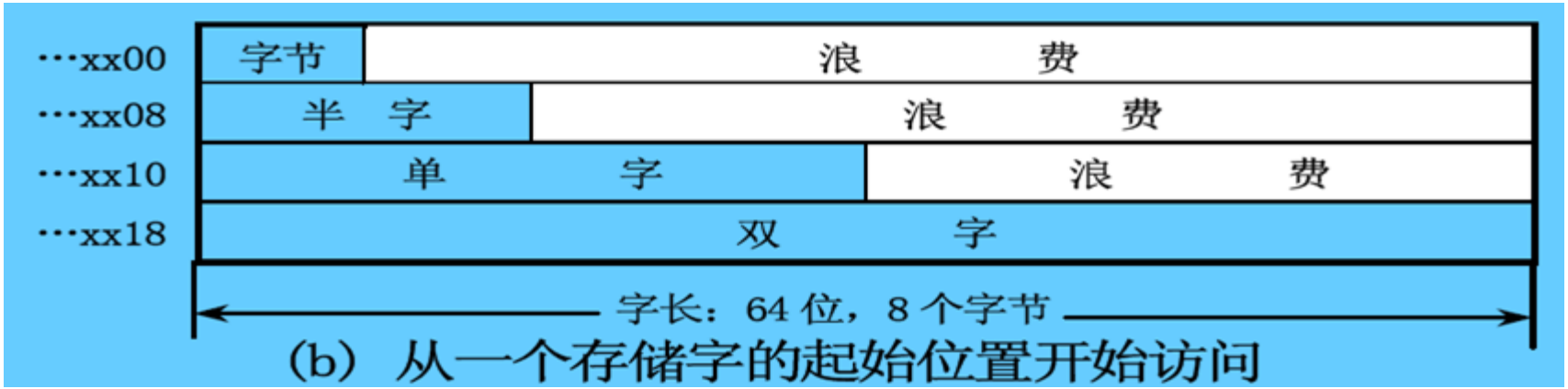
- 字节编址字访问的优点
  - 有利于符号处理
- 字节编址字访问的问题：
  - 地址信息浪费
    - 对于32位机器，浪费2位地址(最低2位地址)
    - 对于64位机器，浪费3位地址
  - 存储器空间浪费
  - 读写逻辑复杂
  - 大端(Big Endin)与小端(Little Endian)问题

zhaofangbupt@163.com

编址方式-访问的起始地址



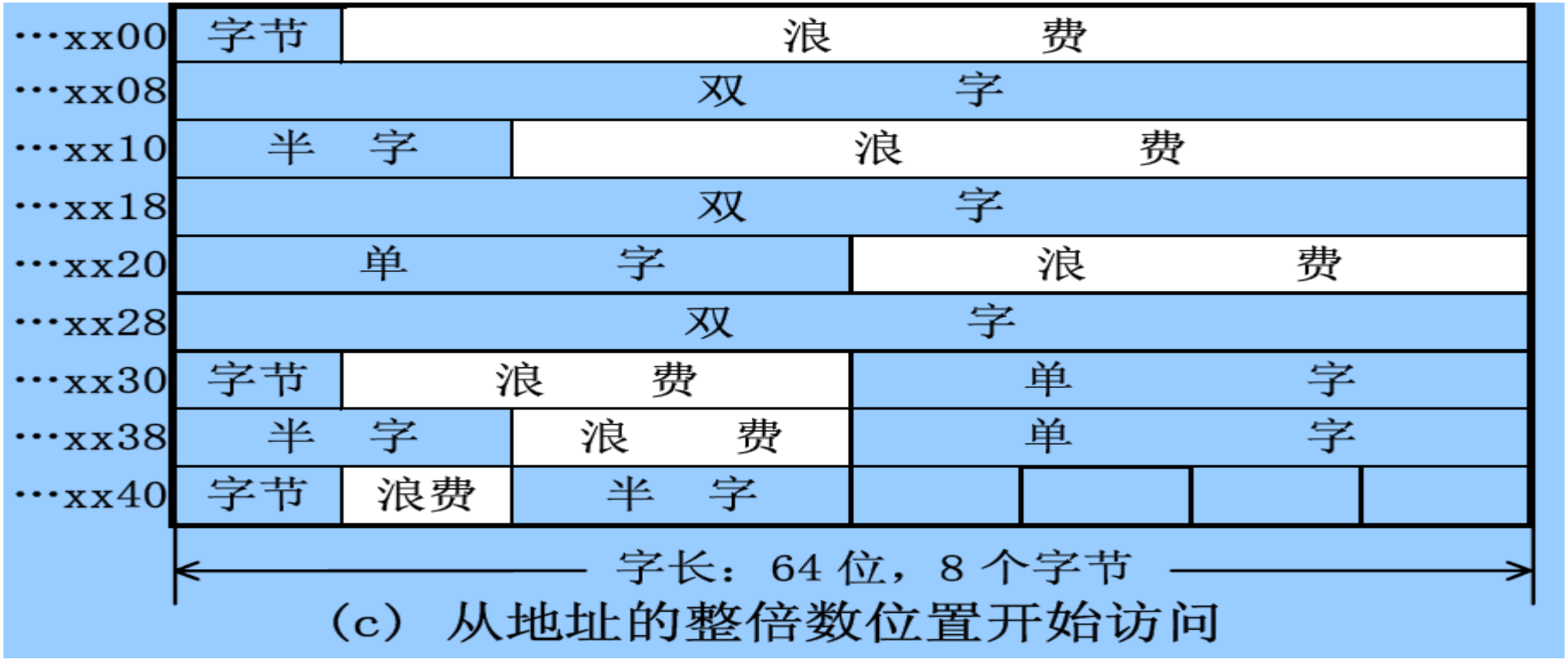
(a) 可从任意位置开始访问



(b) 从一个存储字的起始位置开始访问

zhaofangbupt@163.com

编址方式-访问的起始地址



（c） 从地址的整倍数位置开始访问

zhaofangbupt@163.com

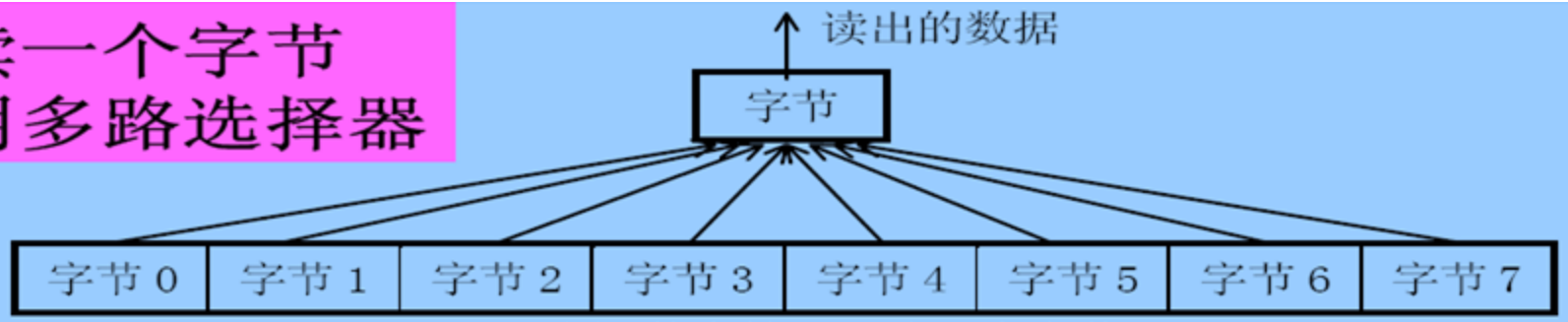
编址方式-访问的起始地址

- 编址地址起始地址要求：
  - 各种信息在存贮器中存放的地址必须是：
    - 字节信息地址为 ×…××××
    - 半字信息地址为 ×…×××0
    - 单字信息地址为 ×…××00
    - 双字信息地址为 ×…×000

zhaofangbupt@163.com

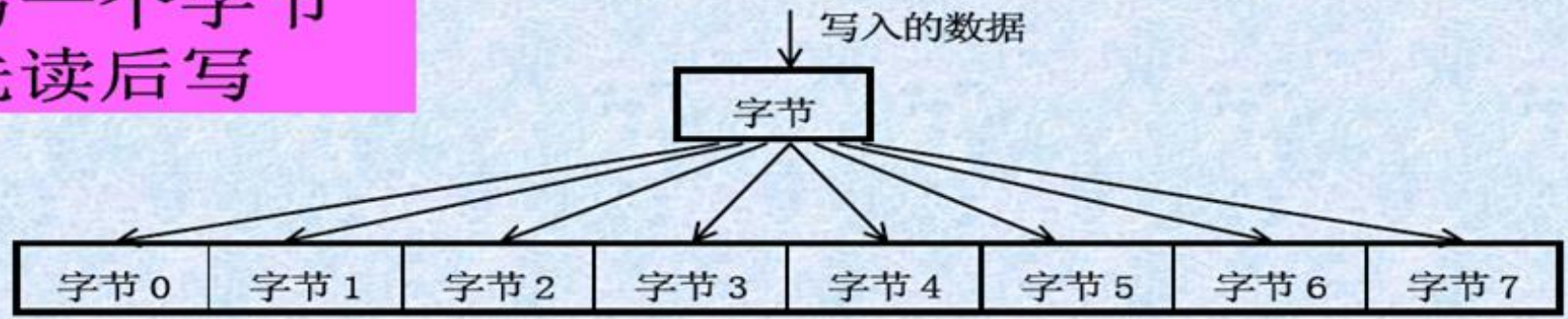
编址方式-直接编址读写模式

读一个字节
用多路选择器



(a) 从存储器里读一个字节

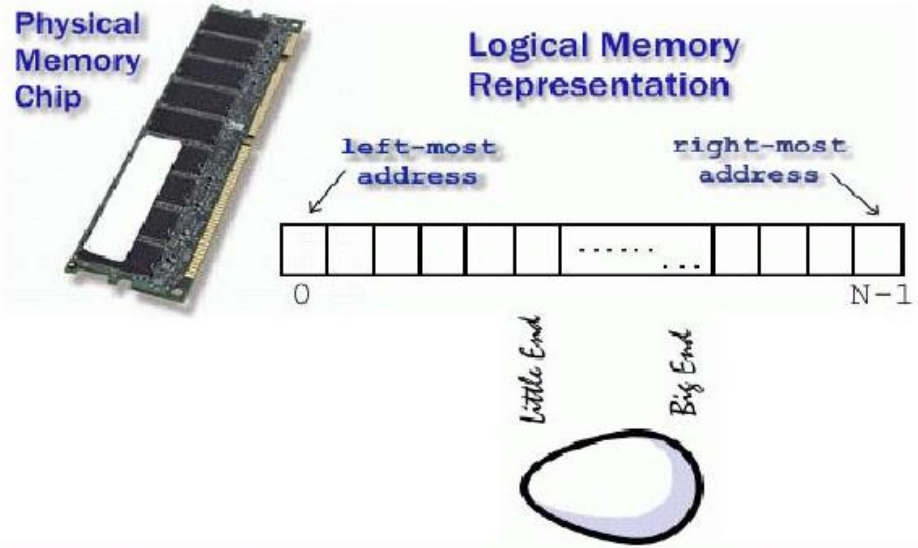
写一个字节
先读后写

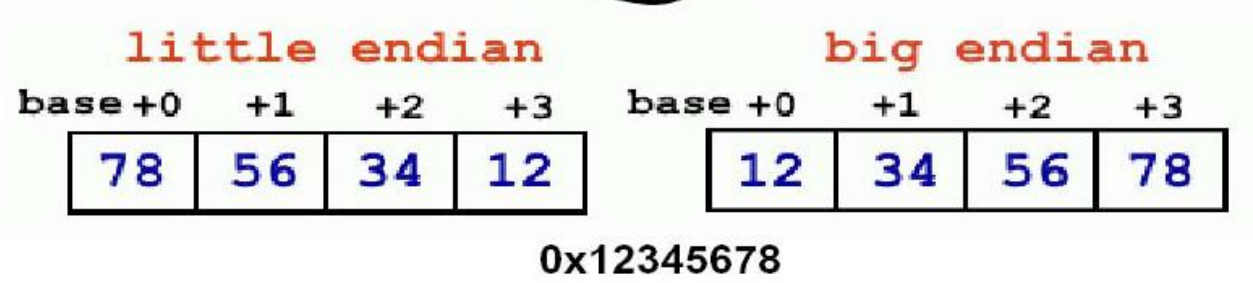


(b) 写一个字节到存储器

zhaofangbupt@163.com

编址方式-大/小端数据问题





zhaofangbupt@163.com

编址方式-编址空间组织

- 编址空间组织方式：
  - 三个地址空间：
    - 通用寄存器、主存储器、输入输出设备独立编址
  - 两个地址空间：
    - 主存储器与输入输出设备统一编址
  - 一个地址空间：
    - 低端放寄存器，高端是I/O设备，中间为主存储器
  - 隐含编址方式：
    - 堆栈、Cache等

zhaofangbupt@163.com

编址方式-编址空间组织

- 三个地址空间
  - 每个地址空间都从0开始编地址码
  - 通用寄存器：数量有限、访问速度很快、容量有限、所需要的地址码长度短
    - 单一的直接寻址方式
  - 主存储器：容量大、所需要的地址码长度很长
    - 间接寻址和变址寻址等多种寻址方式
  - I/O设备：接口中的寄存器数量较多，地址码长度较长
    - 采用直接寻址方式，也有采用寄存器间址方式

zhaofangbupt@163.com

编址方式-编址空间组织

- 二个地址空间
  - CPU通用寄存器独立编址，I/O接口寄存器和主存储器统一编址
  - 访问主存的指令就能访问I/O寄存器
    - 主存的地址空间会减小
- 一个地址空间
  - 用在单片机，片内存储器容量不大，以减少指令种数
- 无地址空间
    - 专用寄存器/寄存器组、堆栈、Cache等

zhaofangbupt@163.com

编址方式-编址空间组织

- 并行存储器的编址技术
  - 高位交叉编址：主要用来扩大存储器容量
  - 低位交叉编址：主要是提高存储器速度
- 输入输出设备的编址
  - 一台设备一个地址
  - 一台设备两个地址
  - 多个编址寄存器共用同一个地址
    - 依靠地址内部区分方法、“下跟法”隐含编址方式
  - 一台设备多个地址

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

- 寻址方式：
  - 面向寄存器的寻址方式
    - 操作数可以取自寄存器或主存，结果大多保存在寄存器中，少量送入主存
  - 面向主存的寻址方式
    - 主要访问主存，少量访问寄存器
  - 面向堆栈的寻址方式
    - 主要访问堆栈，少量访问主存或寄存器
- 三种寻址方式各有所长，须取长补短

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

- 计算机组成原理中介绍的寻址方式：

寻址方式	指令实例	含义
寄存器寻址	Add R4 , R3	Regs[R4]←Regs[R4]＋Regs[R3]
立即值寻址	Add R4 , #3	Regs[R4]←Regs[R4]＋3
偏移寻址	Add R4 , 100(R1)	Regs[R4]←Regs[R4]＋Mem[100+Regs[R1]]
寄存器间接寻址	Add R4 , (R1)	Regs[R4]←Regs[R4]＋Mem[Regs[R1]]
索引寻址	Add R3 , (R1 + R2)	Regs[R3]←Regs[R3]＋Mem[Regs[R1]+Regs[R2]]
直接寻址或绝对寻址	Add R1 , (1001)	Regs[R1]←Regs[R1]＋Mem[1001]
存储器间接寻址	Add R1 , @(R3)	Regs[R1]←Regs[R1]＋Mem[Mem[Regs[R3]]]
自增寻址	Add R1 , (R2)+	Regs[R1]←Regs[R1]＋Mem[Regs[R2]] Regs[R2]←Regs[R2]＋d
自减寻址	Add R1, -(R2)	Regs[R2]←Regs[R2]－d Regs[R1]←Regs[R1]+Mem[Regs[R2]]
缩放寻址	Add R1 , 100(R2)[R3]	Regs[R1]←Regs[R1] ＋ Mem[100 ＋ Regs[R2] ＋ Regs[R3]*d]

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

- 寄存器寻址方式
  - 优点：指令字长短，指令执行速度快，支持向量和矩阵等运算
  - 缺点：不利于优化编译，现场切换困难，硬件复杂
- 堆栈寻址方式
  - 优点：支持高级语言，有利与编译程序，节省存储空间，支持程序的嵌套和递归调用，支持中断处理
  - 缺点：运算速度比较低，栈顶部分设计成一个高速的寄存器堆

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

- 间接寻址方式与变址寻址方式的比较
  - 目的相同：都是为了解决操作数地址的修改
  - 原则上，一种处理机中只需设置其中任何一种即可，有些处理机两种寻址方式都设置
  - 如何选取间址寻址方式与变址寻址方式？

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

- 【例1】一个由N个元素组成的数组，已经存放在起始地址为AS的主存连续单元中，现要把它搬到起始地址为AD的主存连续单元中。不必考虑可能出现的存储单元重叠问题，请分析采用的寻址方式。
  - 用间接寻址方式编写程序
  - 用变址寻址方式编写程序

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

```
START: MOVE ASR, ASI ;保存源起始地址
MOVE ADR, ADI ;保存目标起始地址
MOVE NUM, CNT ;保存数据的个数
LOOP: MOVE @ASI,@ADI;传送一个数据
INC ASI ;源数组的地址增量
INC ADI ;目标数组地址增量
DEC CNT ;个数减1
BGT LOOP ;测试数据传送完?
HALT ;停机

ASR: AS ;源数组的起始地址
ADR: AD ;目标数组的起始地址
NUM: N ;需要传送的数据个数
ASI: 0 ;当前正在传送的源;数组地址
ADI: 0 ;当前正在传送的目标;数组地址
CNT: 0 ;剩余数据的个数
```

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

```
START: MOVE AS, X ;取源数组起始地址
MOVE NUM, CNT ;保存数据个数
LOOP: MOVE (X),AD-AS(X);传送一个数据
INC X ;增量变址寄存器
DEC CNT ;个数减1
BGT LOOP ;测试数据传送完成
HALT ;停机

NUM: N ;传送的数据个数
CNT: 0 ;剩余数据的个数
```

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

- 两种寻址方式主要优缺点比较：
  - 采用变址寻址方式编写的程序简单、易读
  - 对于程序员，两种寻址方式的主要差别是：
    - 间址寻址：间接地址在主存中，没有偏移量
    - 变址寻址：基地址在变址寄存器中，有偏移量
  - 实现的难易程度：间址寻址方式容易实现
  - 指令的执行速度：间址寻址方式慢
  - 对数组运算的支持：变址寻址方式比较好
    - 自动变址、前变址与后变址

zhaofangbupt@163.com

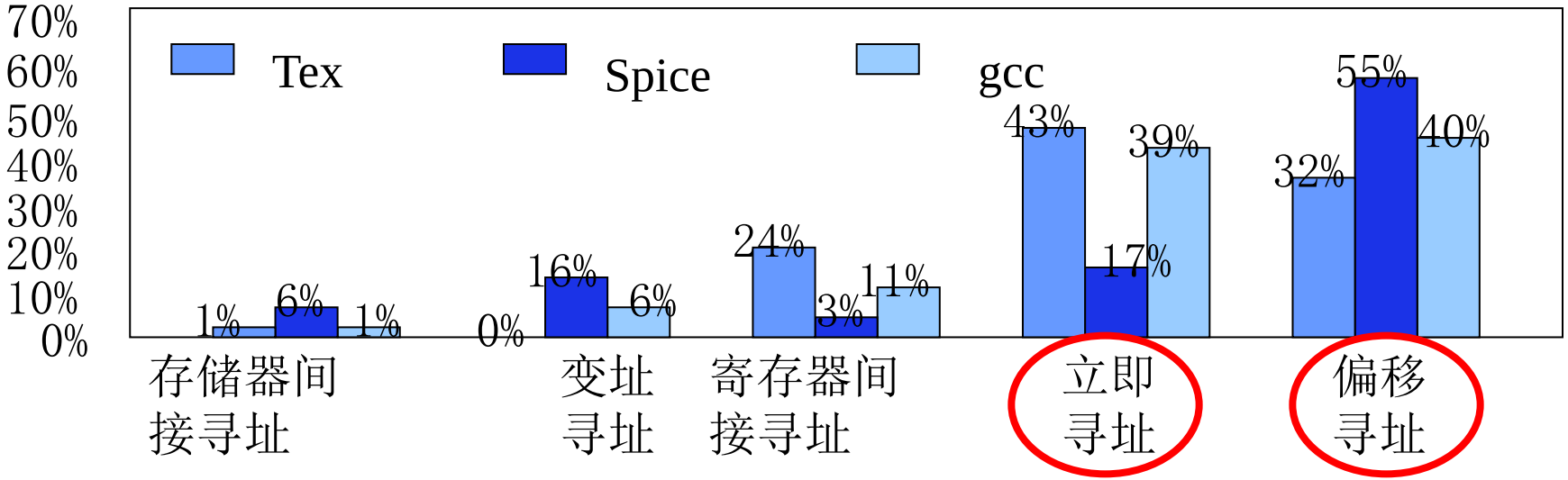
寻址方式分析

- 指令系统中寻址方式在指令中的指明方式：
  - 操作码占用位
    - DJS200中：操作码中2位表示
  - 指令地址码中设置寻址方式字段
    - VAX-11的4位
    - 优点：寻址灵活、操作码短

zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

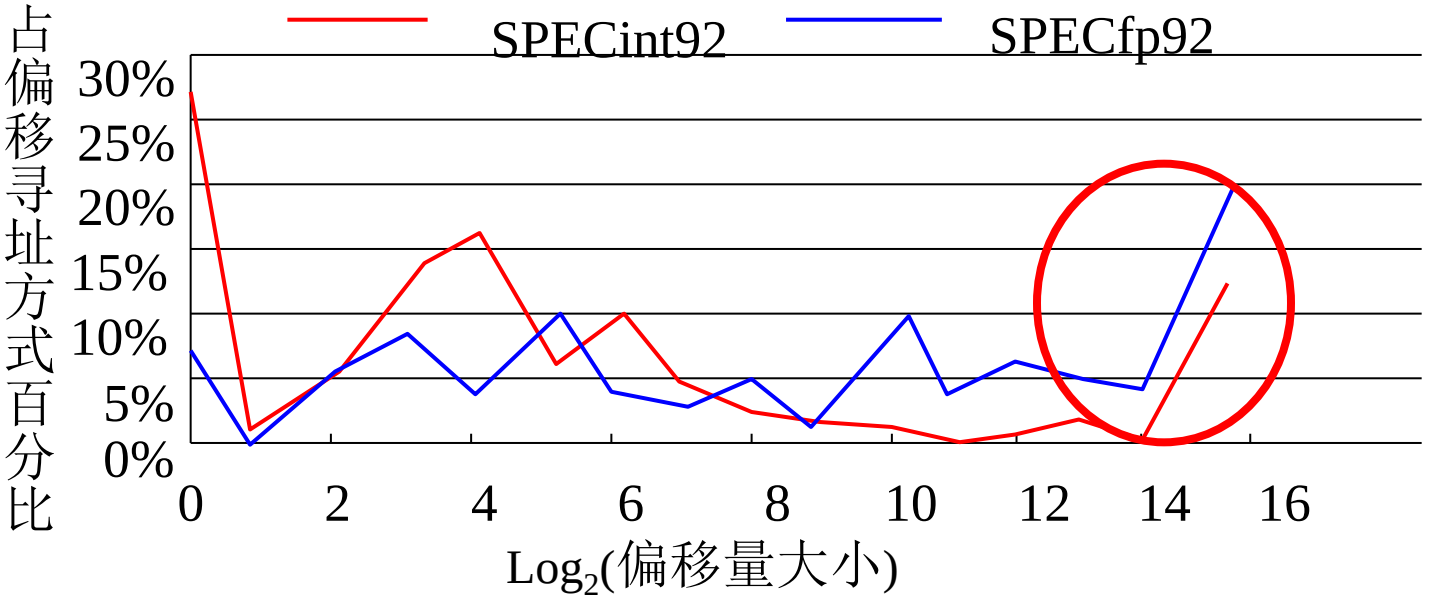
- 使用概率分析法分析寻址方式
  - 例：在VAX指令集机器上运行gcc、Spice和Tex基准程序，各种寻址方式的分布如下图：



zhaofangbupt@163.com

寻址方式分析

- 寻址方式参数大小选择：
  - 例：在某R-R机器上运行SPECint92和SPECfp92进行测试，结果分布如下：



zhaofangbupt@163.com

寻址方式-地址映射

- 逻辑地址与主存物理地址的映射
  - 逻辑地址：程序员编写程序时使用的地址
  - 物理地址：程序在主存中的实际地址
  - 一般来讲，逻辑地址的空间大于物理地址的空间
    - 如逻辑地址为32位，即2^{32}=4GB
    - 物理地址只有256MB
- 映射实际上是地址的压缩

zhaofangbupt@163.com

寻址方式中地址重定位

- 程序的主存物理地址在什么时间确定？采用什么方式来实现？
  - 程序的载入或重载时完成
    - 需要程序的地址重定位
- 程序需要定位的主要原因：
  - 程序的独立性
  - 程序的模块化设计
  - 数据结构在程序运行过程中，其大小往往是变化
  - 有些程序本身很大，大于分配给它的主存物理空间

zhaofangbupt@163.com

寻址方式中地址重定位

- 地址重定向的方法：
  - 直接定位方式：
    - 在程序装入主存储器之前
  - 静态重定位方式：
    - 在程序装入主存储器过程中随即进行地址变换
  - 动态重定位方式：
    - 在程序执行过程中，当访问到相应的指令或数据时才进行地址变换

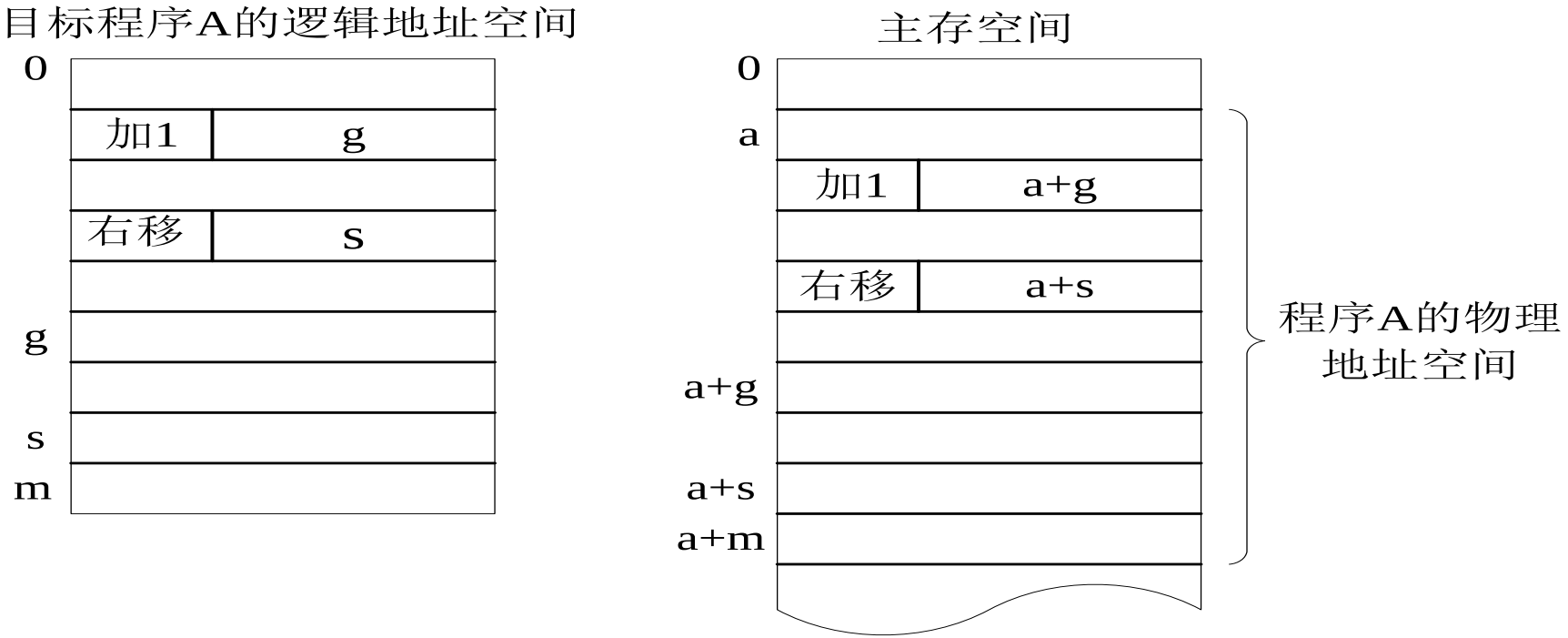
zhaofangbupt@163.com

寻址方式中地址重定位

- 静态重定位方法
  - 对程序中那些需要修改地址的指令和数据加上某种标识
  - 由专门的装入程序一次将目标程序的带标识指令和数据的逻辑地址变换成物理地址
  - 缺点：
    - 程序一旦装入主存其物理地址不再改变
    - 容量超过分配的物理空间，就必须采用覆盖结构
    - 多个用户不能共享存放在主存中的同一个程序

zhaofangbupt@163.com

寻址方式中地址重定位



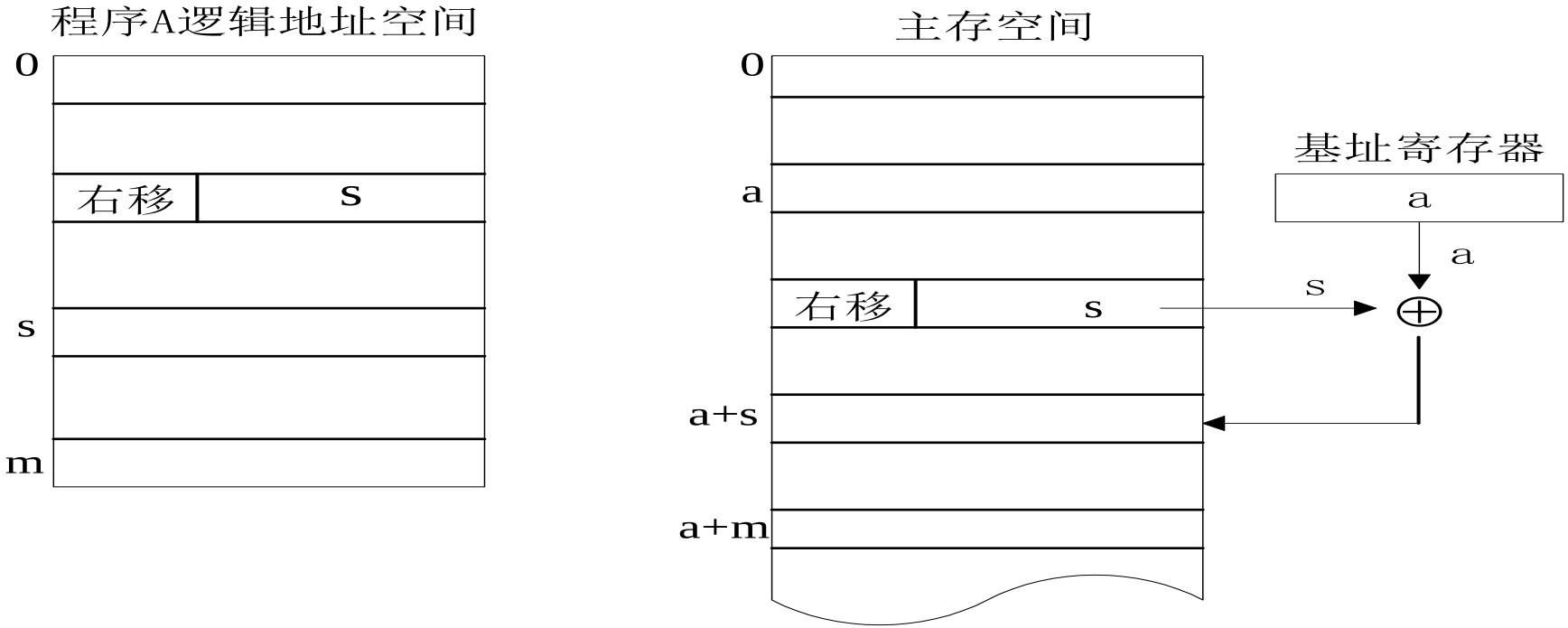
zhaofangbupt@163.com

寻址方式中地址重定位

- 程序动态定位方法
  - 在程序执行时，通过硬件支持的基址寻址方式将操作数的逻辑地址转换为主存的物理地址
    - 需要标识本指令的主存地址码是否需要加上基址
  - 优点：
    - 允许为一个程序分配不连续的主存空间
    - 允许多个程序共享存放在主存中同一个程序段
    - 支持虚拟存储器
  - 但需要有硬件支持且实现存储管理的软件算法较复杂

zhaofangbupt@163.com

寻址方式中地址重定位



zhaofangbupt@163.com

内容小结

- 寻址方式
  - 编址方式（重点）
  - 寻址方式分析（重点）
  - 逻辑地址与主存物理地址映射及定位方式
- 知识要点

寻址方式	统一编址	分类编址
隐含编址	地址空间	逻辑地址
物理地址	地址重定位	静态/动态地址重定位

zhaofangbupt@163.com

练习题

- 1. 表示寻址方式的主要方法有哪些？简述这些方法的优缺点？
- 2. 什么是地址重定向？都有哪些方法？各有什么特点？

Thank You !

zhaofangbupt@163.com

北京郵電大學

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS