计算机体系结构

胡伟武、汪文祥

计算机专业的几门"当家"课

- 如何"造"计算机而不是如何"用"计算机
- 硬件(CPU):
 - 计算机组成原理
 - 计算机体系结构
- · 软件(OS):
 - 操作系统
 - 编译原理

课程介绍

- · 对计算机CPU的认识
- 本课程的目的
- 本课程内容和要求

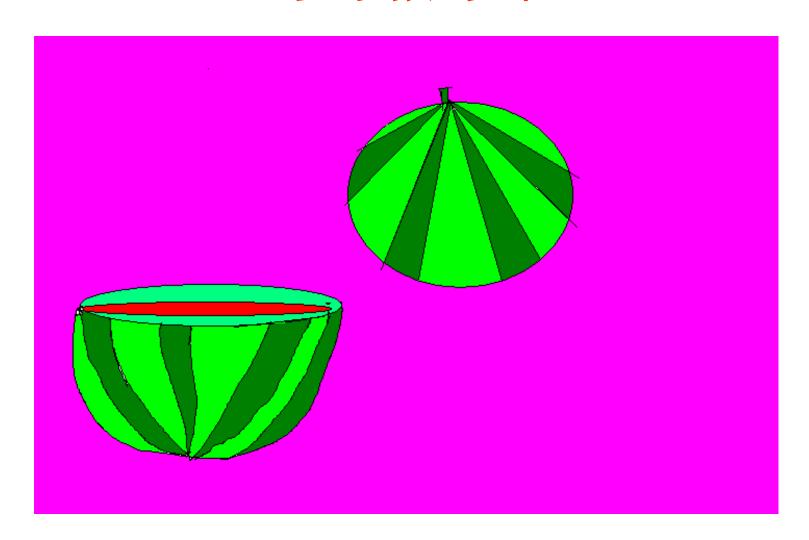
什么是CPU

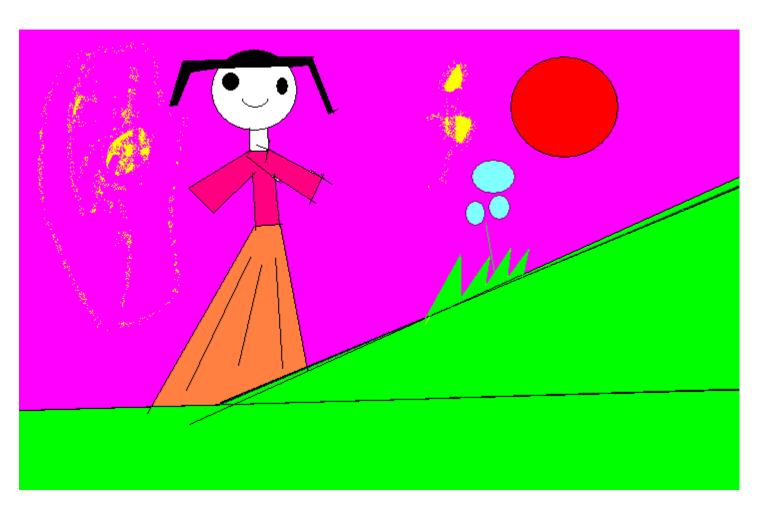
- 一个6岁小孩的答案
 - · CPU就是在一张纸上画一些方块,
 - 然后用线和箭头把这些方块连起来,
 - 再写上几个字,涂上点颜色,
 - 最后一烧,烧出一个亮晶晶的小方块
- 我们比她多知道些什么?

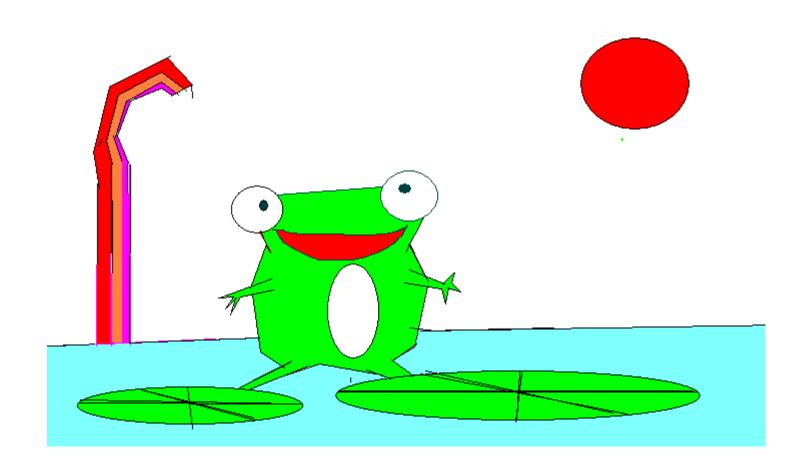
会用计算机不稀奇

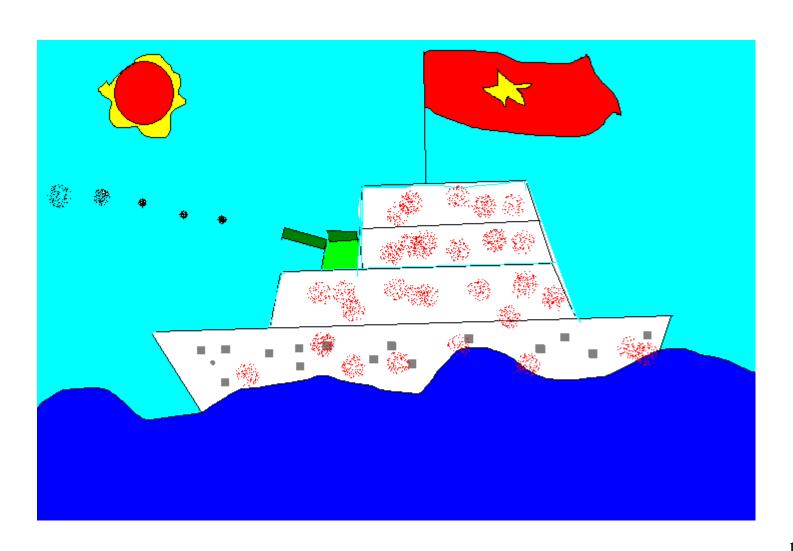












8岁小孩用计算机编的 报纸



主编:胡文尧

Xue xi

2003 年 10 月 6 日星期―

为中华崛起而读书

周星典品生一些光中阶级重命家、品金国人民物强的标准组。

周星典 13 岁彩年,因家里套因,只好商用商业全家,其他父亲沈阳老委书。 伯父帝他下火京时,抱着一片蒙异的市区说。"没有不要抓住里来说,这里是外国

周星共一章都着伯父的话,为什么在中国土地上的连绵地方,中国人的不晓去!他 能够建井的小文仓。

一个星期长,他的了一个好朋友。一包到胜界并去了。

这里森露有其能益方不同。 模索器手奇特,似上的行人中,中国人似少。 组然,从 前而传典唯唯命,他何些过去看,在举者制力前,一个农场被被的加女,或在向两个学 从刺激的中国监督员体、身边运动者两个监索气势的地人。他特许了一种给明白了。这一 位如女的文典能域人的汽车单把了,中国举参本位本和信单人,运动中国人统得了变量。 周围的中国人部企会对手、心怀重义或的周重典推着周举上前规划监督。"为什么不利 - 能球人!" 型势气势地回进说,"小孩子悟什么!这是给外结初的机会!" 误完变理解 🕻

从程序共享表 周星类心情很沉重 他常常终在含葡萄程序并含含进业共享表。流

一次、校长完建大家上展、均同学门。"你们为什么读书!"有的话。"为明礼可 "读书。"有的话,"为故官可读书。"有的话,"为父母可读书。"有的话,"为护统 可读书。"当时到周星来的时候,他冷慰有力丝星等。"为中华之明然可读书!"校长 具修了、他没料到、一个十八的粽子、食物注释大的之气。

周星共在扩始这小量的工作中,是对或控制各名判断者。他的作文曾被强制各型。 作为小学生的模式作文、运输编章形态书里。

15 身形性,周基实以优异或较为理关注需用中量、影时、他们的全场组织困难、他 始别用节得甚、美量的约其分别、非一点创办股份中、企场其次表、作品的量为压量数 但强烈、他在民上认为行讲、资外阅读大量并移、实现了太常的知识。他的学说或读些 品金的第一、金物州台部特殊全地、优地品品等类优的等品。等较为了实验地、全有 免去他的学杂会、他成为南部中学唯一的一个免费年。

周星共在市少年时期,为中华之间改多力读书。以后,但是为了这个目标,他定我 益工作、无念益未献了原启特力。

三荣书屋

三块书屋为治代党部并统为现象基金的

一所名称,显形身换各品一位"极方型 资朴. 微量的人"。各述12至17度在全线带、频率 克丁纳福奔中枢、重中外国河京港、河沟外 念席、食育益予则为益益度位、各益度位在 宝上角、井泉岛色组合每用过的原物、桌上 有色过去式制下的一个"里"字。一次因上光过 到,各地在井京上到了一个"早"中,以激励自 巨技时上景。







金头切太, 金头切之或者,

大量之道:在明明集 在京菜 在上于草泉、如上

物格可含氮氮,氮氮可含色谱、色谱可含心理、心 重可后身体,身体可受象件、象件可应同性、同性可应

自关于以至于众人,一名被以债会为本,共本处可 竞给会者念,关系正会课、而关系集会区、失之存在。

可感性之,其可感物种,种可感染中,免可感物等。方 可后领得、物宗本党、芹宗体地、知所先后、则近望矣。 古之教明明等于关下等、先治共同、教治共同会、 先升其象,数并其余数、先储其余、数据其余数、先重 NO. MENOR. GARR. MARRO. GARRO.

唐朝君鱼大块人家自小时候不喜欢全书,常常运举,到陈上告何幸。」 一元、宗白天没宗去上华、在张上宗管德、四秦帝、不知不觉 到了域外、延和的阳光、功快的小岛、这只是短的走京往来自成立不已。 "这么好的关气,如果整天在夏兰读书多股金里?" 丄

点意应者。在一个维护图17日、鱼类一个诺头自己的全路路。 五在唐一相隔于战柱的铁件。宋白点过去,"全路路、但在微什么?"」 "我要把这样物件房成一个绣花针。" 全统统的包头,对宗自 笑了笑,按着天候下头舞拳穿着。 エ

"绣龙针"。 家白美切。 "品单衣服用的绣龙针珠"。 工

"甘品、铁粹这么组、什么时候教会或细胞的感觉转变;" 工 全统数系统交合。"给水面以全面、最多面以除去、特种条件 在不能会或诱龙针线! " 」

"可是,他的年纪这么大了?" 工

"只要我下的动会比别人族,没有做不到的存物。" 工 全线统约一条论、中央自任所性、节品量会之后、开设中途过 学、每天的学习各种别用功、终于成了全经千古的特征。 工

微感。 光冷微什么事情、 只要有性心、一定会成功的、 功夫不负有

我们的同学、如果在学业上统认案、执力、有但心、威兹好一点品没有 均凝的.



整整工作相比,每类就工作到集成,只有且期目才依 爱见些些鱼在节点的香井、有一次,我忍不住的爸爸。"爸

"那你在不用关关学习呀!"

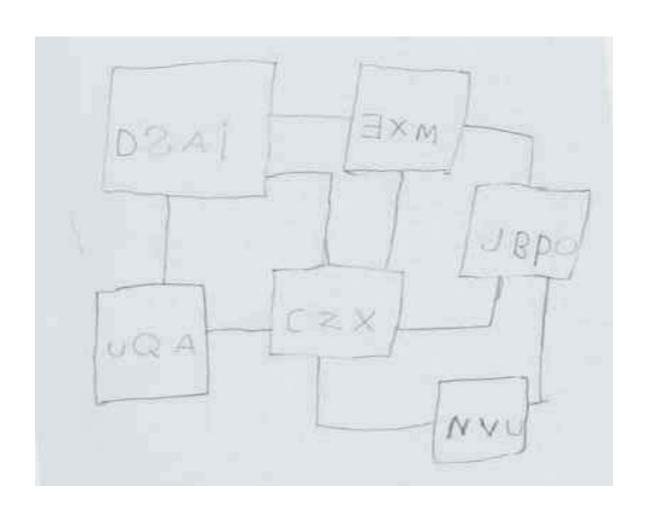
整整食品投资内的排槽。

"吴如道水村身,不理则道。" 整整的标题或文字。 让我觉得学习在是一种形象。 我快乐的希腊在知识的海岸里。

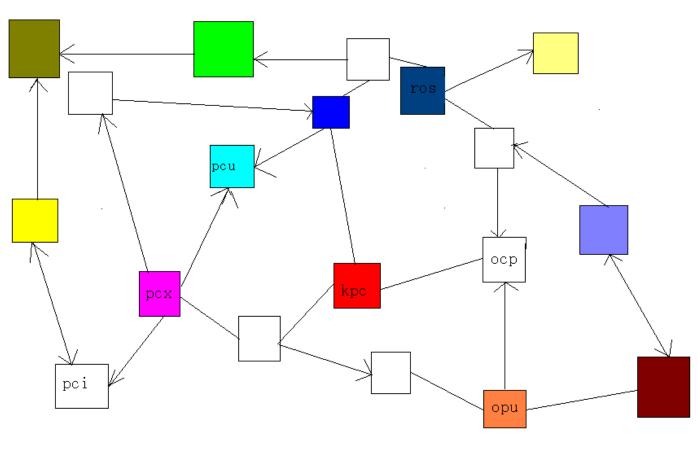
月前你一个人, 我得 艾泽来了。 有几个

小明。"一个。" 美 父亲。"\$4\$\$\$话

一个5岁小孩设计的CPU

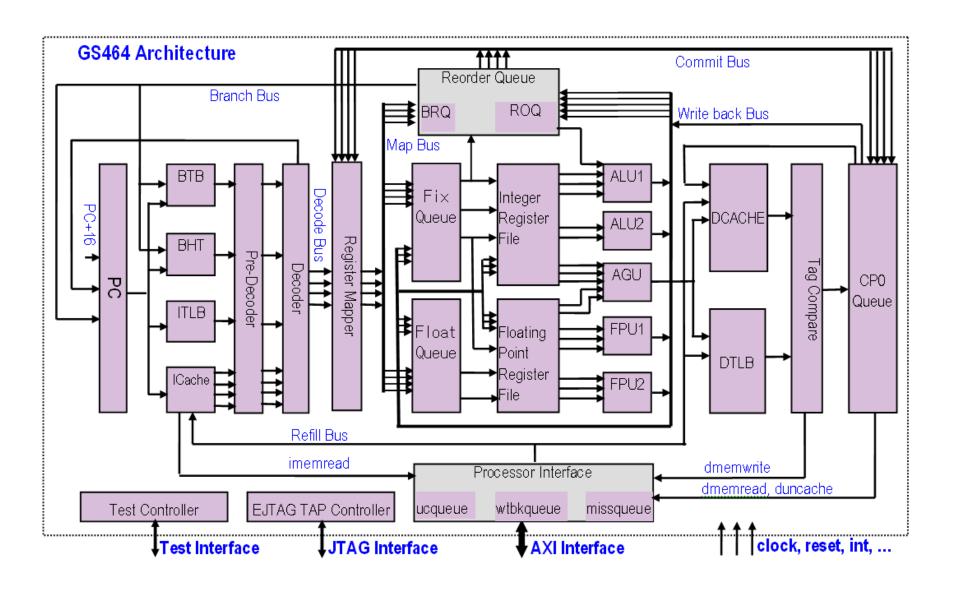


8岁孩子的设计



我的CPU

我的设计



这几个设计有什么不同?

本课程内容和要求

- 就从我按下键盘翻一页幻灯片讲起
 - 为什么我按一下键盘能够翻一页幻灯片?
 - 从按一下键盘到翻一页幻灯片经过了什么过程?包括应用程序、 操作系统、硬件系统、处理器、以及晶体管?
 - 程序的运行和晶片中的电子的流动之间的关系?
 - 在上述过程中涉及的重要量化指标(性能、功耗、成本)的关系?
- 这些是本课程希望回答的问题
 - 知其然,还要知其所以然

PPT翻页的硬件过程

• 以龙芯处理器为例

- 键盘产生一个信号送到桥片(南桥、北桥)
- 桥片通过HT总线向处理器发出外部中断信号
- · 外部中断信号传到控制寄存器模块与Cause的屏蔽位相与
- 如果没有被屏蔽,再传到寄存器重命名模块并附在四条指令的第一条中送到ROB模块;由于该指令发生了例外,不会送到功能部件执行
- 当该指令成为ROB的第一条指令被提交时向所有模块发出取消信号, 取消该指令后面的所有指令,在EPC等寄存器中保存例外现场,同时 在控制寄存器Status中把系统状态置为核心态。
- 向取指模块发出中断信号,取指模块根据中断类型到0x80000180取指

PPT翻页的软件过程

- · 以龙芯处理器+Linux操作系统为例
 - · 0x80000180为操作系统例外处理代码
 - 操作系统保留现场(把通用寄存器保存到堆栈区)
 - 操作系统通过读Cause寄存器分析例外原因是外部中断
 - 操作系统向桥片中的中断控制器读中断原因,读的同时清中断
 - 操作系统根据中断原因调用驱动程序,读取键盘数据
 - 操作系统唤醒正在由于等待数据而阻塞的进程(Powerpoint)
 - Powerpoint根据读到的键盘数据决定翻一页,调用显示驱动程序
 - 驱动程序把要显示的内容送到显存,并通知GPU
 - GPU通过访问显存空间刷新屏幕
- 翻一页

上知天文、下知地理

- 计算机系统结构的位置
 - 居于系统软件和逻辑电路之间
- 计算机体系结构的演变
 - 1950-60年代: Computer Arithmetic
 - 1970-80年代: Instruction Set Architecture
 - 1990年代后: CPU, Memory, I/O, Multiprocessors......
- 从界限清晰到界限不清晰
 - ISA: RISC、CISC=>Transmeta、Itanium、虚拟机
 - 逻辑和电路: 晶体管=>晶体管+连线

应用、操作系统、编译系统

计算机系统结构 (性能、价格、功耗)

逻辑设计、电路设计、工艺制造

国科大《计算机体系结构》课程设置

- 本科《计算机体系结构基础》: 主要强调基础性和系统性
 - 作为软硬件界面的指令系统结构,包含CPU、GPU、南北桥协同的 计算机硬件结构,CPU的微结构,并行处理结构,计算机性能分析 等五部分主要内容。
- 硕士《计算机体系结构》: 主要介绍CPU微结构
 - 包括指令系统结构、二进制和逻辑电路、静态流水线、动态流水线、多发射流水线、运算部件、转移猜测、高速缓存、TLB、多核对流水线的影响等
- 博士《高级计算机体系结构》: 主要强调实践性
 - 通过设计真实的(而不是简化的)CPU,运行真实的(而不是简化的)操作系统,对结构设计、物理设计、操作系统做到融会贯通

系列课程的特点

- 一是系统性,体系是"系统的系统",很难就体系结构本身讲体系结构,需要做到对体系结构、基础软件、电路和器件的融汇贯通。
- 二是基础性,计算机体系结构千变万化,但几十年发展下来沉淀下来的原理性的东西不多,希望从体系结构快速发展的很多现象中找出一些内在的本质的东西。
- 三是实践性,计算机体系结构是实践性很强的学科,要设计在"硅"上运行而不是在"纸"上运行的体系结构。因此课程作业和实验强调实践性。

21

本课程主要内容

- 第一部分: 计算机体系结构基础
 - 01、计算机系统结构基础
 - 02、二进制与逻辑电路
 - 03、指令系统结构
- 第二部分:指令流水线
 - 04、静态流水线
 - 05、动态流水线
 - 06、多发射与动态调度
- 第三部分: 重要功能模块
 - 07、功能部件设计
 - 08、转移及转移猜测
 - · 09、CACHE及存储层次
 - 10、存储管理
- 第四部分:多核结构
 - 11、多处理器结构与并行处理
- 第五部分:实践是最好的课堂

计算机系统结构基础

- 计算机的基本概念
 - 什么是计算机
 - 计算机的基本组成
 - 衡量计算机的重要指标
- 计算机的性能
- 计算机的成本
- 计算机的功耗

二进制与逻辑电路

- 计算机中数的表示
- · CMOS门电路及工艺
- · CMOS组合逻辑与时序逻辑
- · CMOS电路延迟
- 从Verilog到GDSII
- 其它 "0"和 "1"表示方法

指令系统结构ISA

- 指令系统结构的设计原则
- 影响指令系统结构的因素
- 指令系统的分类
- 指令系统的组成
- · RISC指令系统结构
- · RISC系统结构的简史
- · 不同RISC结构的比较

指令流水线

- · 一个简单的CPU
 - 数据通路
 - 控制逻辑
 - 时序控制
- 指令流水线
- 指令相关和流水线冲突
- 流水线的前递技术
- 流水线和例外
- 多功能部件与多拍操作

动态流水线技术

- 影响流水线效率的因素
- 指令调度技术
- 动态调度技术
- Tomasulo算法
- 动态流水线的例外处理

多发射数据通路

- 乱序执行的关键技术
- 动态调度流水线数据通路
 - 保留站的组织
 - 寄存器与保留站的关系
 - 寄存器重命名方法
- 常见处理器的数据通路
- 多发射结构数据通路
- 龙芯2号多发射结构简介

转移预测

- 转移指令
- 程序的转移行为
- 软件方法解决控制相关
- 硬件动态转移预测
- 常见处理器的转移猜测

功能部件

- 定点补码加法器设计
- · 龙芯1号ALU设计
- 定点补码乘法器的设计

高速缓存(Cache)

- 存储层次的基本概念
- Cache结构
- · Cache性能优化
- 常见处理器的存储层次

存储管理

- 虚拟存储的基本原理
- · MIPS处理器对虚存系统的支持
- · LINUX操作系统的存储管理
- · TLB的性能分析和优化

多处理器

- 消息传递与共享存储
- 常见的共享存储系统
- 共享存储系统的指令相关
- 共享存储系统的访存事件次序
- 存储一致性模型
- · CACHE一致性协议

实践是最好的课堂

- · 介绍龙芯CPU设计的过程
- 通过10个故事其中的经验,尤其是教训

教材与参考书

- 教材
 - 《计算机体系结构》:清华大学出版社
- 参考书
 - 《MIPS设计透视》: 北航出版社
 - 《计算机体系结构---量化研究方法》: Patterson & Hennessy
 - 《数字集成电路---设计透视》:清华大学出版社

辅导老师

• 辅导老师

• 吴瑞阳: wuruiyang@loongson.cn

• 刘洋: minnieliuyang@163.com

作业与考核

- 本课程的学习任务较重
 - 平时作业: 33分(共11次作业,每次3分)
 - 期末考试: 67分
 - 作业: 一周内上交为有效,不得打印
 - 考试方式:课堂闭卷,70%题目是作业题
 - 辅导老师会定期讲解作业答案
- 多数作业不是对课堂内容的复习,而是对课堂内容的延伸
 - 所以不要抱怨"这道题老师没讲过"
 - 小学是老师抱着爬山,中学是老师牵着手爬山,大学是跟在老师 后面爬山,硕士是顺着老师指的方向自个爬,博士是老师指定一 座山自己找方向爬