

## 课程介绍+第一章 系统概论

第一次课--课后思考题：9月14日

1. 课程涵盖内容（**自学 2-5 章**，PPT 和自学重点见群共享“数字逻辑”文件夹）；
2. 课程考核方式：**10%考勤+30%平时作业(会提交两次)+60%期末考试**；
3. 了解本课程与前沿课程及后续课程的关系，确定本课程的学习重点和内容。
4. 模拟量和数字量的区别，数电的优势，模电在哪些地方不可替代。
5. 逻辑分析和逻辑综合的关系。
6. 你计划如何学好这门课？
7. 计算机硬件和软件的关系，你觉得固件是硬件范畴还是软件范畴的？
8. 依据什么来确定某一功能是由硬件去完成还是软件去完成？普通用户是否有话语权？
9. 什么是 ISA，了解它和 API 和 ABI 的关系。
10. 了解计算机系统结构和组成原理之间的关系。
11. 理解计算机硬件组成（重点：控制器、运算器、存储器（尤其是内存部分）），能画出五部件结构关系图（**以存储器为中心的图 1.2**）。

预习：

- 1、计算机的发展史，为什么会从运算器为中心发展到以存储器为中心的？
- 2、冯诺依曼在什么背景下提出的存储程序计算机，它有什么特点？
- 3、冯诺依曼提出的以运算器为中心的计算机中各部分功能是什么？有哪些总线类型？起什么作用？

第二次课--课后思考题：9月21日

1. 结合图 1.2，注意**指令、数据、控制**信号在各部件的传输方向。计算机中的三类总线：**数据总线、控制总线、地址总线**（图中没标出来）的作用。
2. 理解**寄存器、内存、外存**的作用，他们的相同点和不同点是什么？他们和 CPU 的数据交互方式和定位方式有什么不同？
3. 了解冯诺依曼提出的**存储程序原理**的特点（5 部分、二进制、存储程序、自动取指等），核心是可存储+可编程+二进制。
4. 理解图 1.4（重点）中各部件的关系，目前重点是运算部件和内存之间的数据交互，控制器部分在后面细讲；
5. 寄存器分**通用寄存器**（GPR，主要在运算单元里，就是图 1.4 的 R0-R31）和**专用寄存器**（分布在计算机不同部位），通用寄存器放用户数据，配合运算单元 ALU 工作，专用寄存器有特殊用途，寄存器有两个重要参数：**数量**和**宽度**。
6. 理解 CPU 和内存之间“**读-Load**”、“**写-Store**”两个动作是如何完成的？（地址、数据、控制线的作用，数据总线位数的意义，地址总线位数的意义，“字”在不同机器里的

定义，“字长”的含义)；

预习：

- 1、了解 CPU 中控制器的组成及各部件基本功能，目前仅了解即可，细节在 8,9 章学习；
- 2、了解 CPU 时钟周期、节拍、微操作等基本概念；
- 3、了解常用的几个硬件性能指标：主频（时钟周期）、运算速度、字长（很多资料里提的字就是这个概念）、存储容量（包括地址线位数和数据线位数的含义）、内存存取周期（访存速度，制约 CPU 周期（机器周期）的主要因素）等；
- 4、计算机发展史、分类及应用当故事看看。

第三次课--课后思考题：9 月 28 日

- 1、理解内存编址和寻址的关系；
- 2、掌握内存编址和字节顺序对于内存寻址的影响；
- 3、小端字节顺序和大端字节顺序的优缺点是什么？
- 4、控制器中主要包含哪些器件，目前重点了解 IR 和 PC 这两个专用寄存器的作用；
- 5、为什么说 PC 指向当前正在执行的指令或下一条指令都对，分别适用什么场合？
- 6、了解微操作是什么？了解时钟周期、节拍和微操作的关系；（细节在第 8、9 章学习）
- 7、掌握教材目前介绍的几个硬件性能指标：主频（时钟周期）、运算速度、字长（很多资料里提的字就是这个概念，指机器字长）、存储容量（包括地址线位数和数据线位数的含义）、内存存取周期（访存速度，为什么说它是制约 CPU 周期（机器周期）的主要因素，了解 Cache 出现的历史背景）等；

第一章重点是 1.2 和 1.4 小节；

作业：

第一章作业 1.1、1.2、1.3（提交时间待定）。

课外尝试在 linux 下调用 time 查看程序运行消耗的 real time、user time、sys time。（在一台或多台电脑上运行看数据有变化，理解这些参数的含义）

补充：

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/90829922>

### 【浅析】CPU 中的指令周期、CPU 周期和时钟周期

计算机中我们常常会混淆指令周期、CPU 周期和时钟周期，要区分这些并不难，但要想彻底弄懂这些，就得要求我们对 CPU 底层有一定了解。

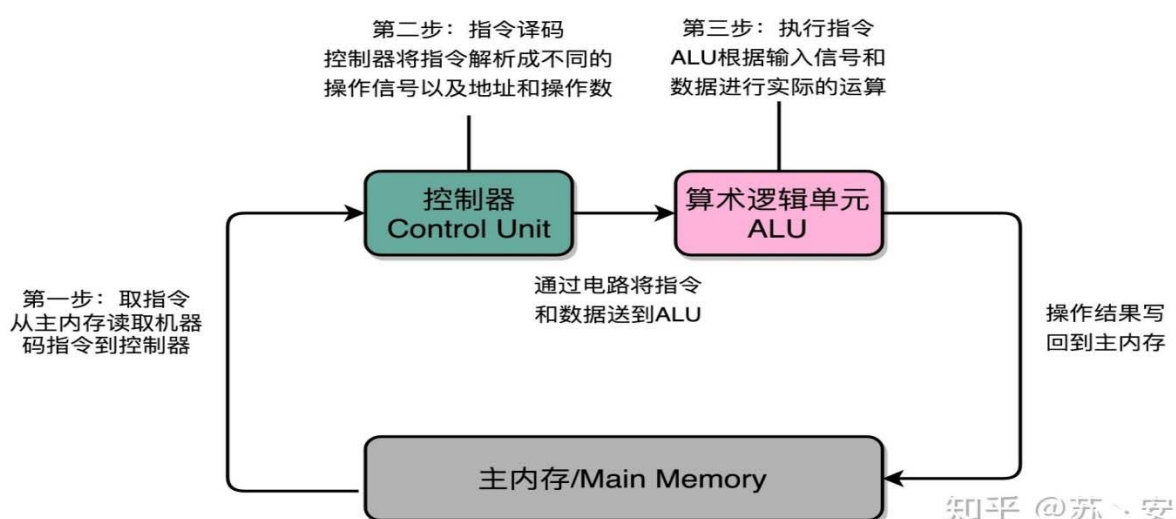
## 一.指令周期

指令周期：是指计算机从取指到指令执行完毕的时间

计算机执行指令的过程可以分为以下三个步骤：

1. Fetch ( 取指 )，也就是从 PC 寄存器里找到对应的指令地址，根据指令地址从内存里把具体的指令，加载到指令寄存器中，然后把 PC 寄存器自增，好在未来执行下一条指令。
2. Decode ( 译码 )，也就是根据指令寄存器里面的指令，解析成要进行什么样的操作，是 R、I、J 中的哪一种指令，具体要操作哪些寄存器、数据或者内存地址。
3. Execute ( 执行指令 )，也就是实际运行对应的 R、I、J 这些特定的指令，进行算术逻辑操作、数据传输或者直接的地址跳转。

在取指令的阶段，我们的指令是放在**存储器（也就是内存）**里的，实际上，通过**PC寄存器**和**指令寄存器**取出指令的过程，是由**控制器（Control Unit）**操作的。指令的解码过程，也是由**控制器**进行的。一旦到了执行指令阶段，无论是进行算术操作、逻辑操作的 R 型指令，还是进行数据传输、条件分支的 I 型指令，都是由**算术逻辑单元（ALU）**操作的，也就是由运算器处理的。不过，如果是一个简单的无条件地址跳转，那么我们可以直接在控制器里面完成，不需要用到运算器。



指令生命周期

## 二. CPU周期

**CPU 周期亦称机器周期**，在计算机中，为了便于管理，常把一条指令的执行过程划分为若干个阶段，每一阶段完成一项工作。

例如，取指令、[存储器](#)读、存储器写等，这每一项工作称为一个**基本操作**（**注意：每一个基本操作都是由若干 CPU 最基本的动作组成**）。完成一个**基本操作**所需要的时间称为机器周期。**通常用内存中读取一个[指令字](#)的最短时间来规定 CPU 周期。**

### 三. 时钟周期

时钟周期也称为[振荡周期](#)，定义为[时钟频率](#)的[倒数](#)。时钟周期是计算机中最基本的、最小的[时间单位](#)。在一个时钟周期内，CPU 仅完成一个**最基本的动作**。

### 四. 周期之间的关系

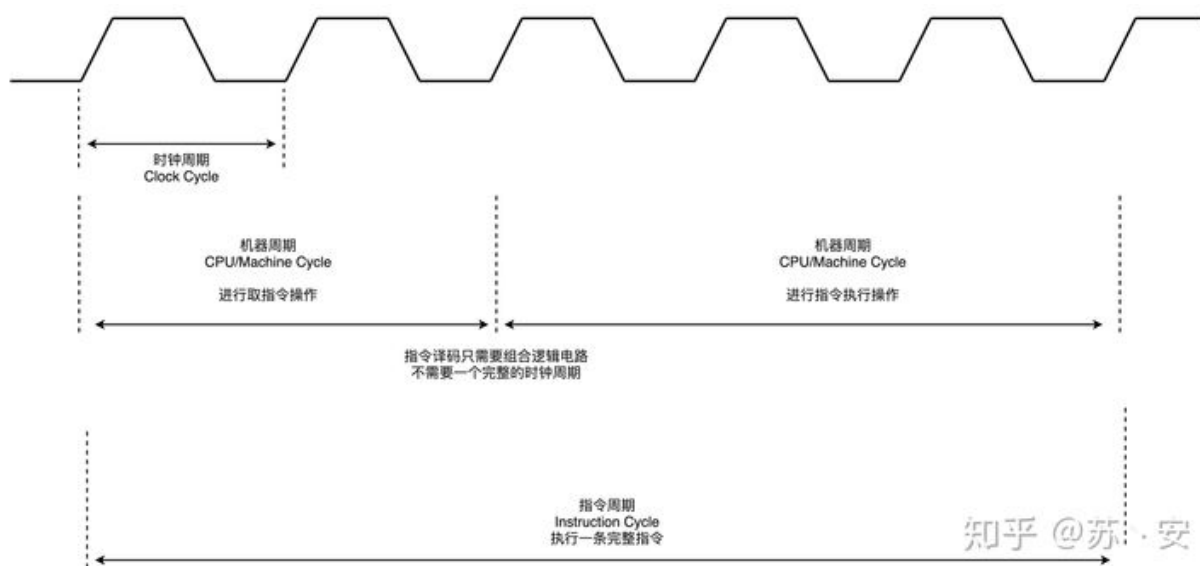
[指令周期](#)（Instruction Cycle）：取出并执行一条指令的时间。

CPU 周期：一条指令执行过程被划分为若干阶段，每一阶段完成所需时间。

[时钟周期](#)（Clock Cycle）：又称振荡周期，是处理操作的最基本单位。

对于一个指令周期来说，我们取出一条指令，然后执行它，至少需要两个 CPU 周期。

取出指令至少需要一个 CPU 周期，执行至少也需要一个 CPU 周期，复杂的指令则需要更多的 CPU 周期。而一个 CPU 周期是若干时钟周期之和。



周期之间关系

所以，我们说一个指令周期，包含多个 CPU 周期，而一个 CPU 周期包含多个时钟周期。

## 本文是[《深入浅出计算机组成原理》](#)学习笔记

推荐两个课程（中国慕课网）：

- 1 南大 袁春风 [计算机系统基础](#)；
- 2 北大 陆俊林 [计算机组成](#)；

### 第一章 总结：

#### 1、冯诺依曼的存储程序计算机特点：

- 1) 将硬件划分为 5 部分，以运算器为中心（演变到现在以存储器为中心）；
- 2) 指令和数据都一起存放在内存中，用同一套地址线 and 数据线（这是区别于哈佛结构最主要的点，哈佛结构是将指令和数据分开存放了，这个具体在 OS 课会讲）；
- 3) 可存储；（相较机械计算机）
- 4) 可编程；（相较计算器）
- 5) 二进制的引入；（相较 ENIAC）

#### 2、硬件 = 控制单元 + 运算单元 + 存储器 + IO 设备；

#### 3、控制单元功能 CU：对指令进行译码，根据译码结果向计算机其他部件发出控制信号，使各部件协同完成该指令的执行。（目前一条指令的执行可简单理解为：取指、译码、执行）；

#### 4、寄存器 R：位置在 CPU 或 IO 控制芯片上（x86 的硬件端口，这部分教材没涉及），CPU 里面的 R 分通用寄存器（协助 ALU 进行运算的，操作数的来源之一）和专用寄存器（协助 CU 工作的，如 PC、IR、MAR、MDR 等）；

#### 5、存储器（这里特指内存）：字节顺序、编址方式和是否数据对齐会影响数据在内存中的具体存放方式（宽度和排序）。（这部分有些书上没直接给出，但是后面教材内容会用到，不理解可能会影响相关内容的学习）；

#### 6、系统软件：没明确定义，但一般分平台类（如 OS、运行库、驱动、数据库、网络协议等）和开发工具类（编译器、汇编器、链接器、调试器等）；

#### 7、应用软件：除了系统软件以外的（这个大家都熟悉）；

#### 8、固件：比较特殊，课堂上没展开说，逻辑上它属于硬件范畴，形式上它是软件，这部分软件是和硬件紧密结合的，主要做板级初始化和 OS 引导的，例如 PC 的 BIOS，或嵌入式系统里的 bootloader。

#### 9、计算机性能指标：

##### 1) 主频：也就是时钟周期的倒数；

时钟周期就是我们后面说的节拍；

机器周期（CPU 周期）是微操作的执行时间；（教材里没单独提，但你们实验会用到）；

一般一个机器周期等于若干个时钟周期，我们的教材为了简化学习，一个机器周

期假定为一个时钟周期（节拍），所以教材就没单独定义。

2) 运算速度（吞吐量）

都说自己快，以什么为标准，第三方评测—基准测试套件；

3) 机器字长

注意不同的系统字长往往不一样，但一般和寄存器宽度和数据总线宽度一致；

字是一种数据类型，所以只要是兼容指令集，字都是一样的，例如 **x86** 的字都是 **2B**。

4) 主存容量：与存储器的地址线 and 数据线都相关；

5) 主存存取周期：限制了系统总线频率（目前是 **KM** 级）和机器周期；

其他没涉及的如 **CPU** 执行时间、**CPI**（指令周期）等会在下学期系统结构学习。

10、 计算机发展史（建议看看，对理解技术的发展背景和技术的生命周期有帮助）；