

- COMP252005 数字逻辑电路 48学时 3学分
- 教材：《数字逻辑与数字系统》，朱正东等编，北京：电子工业出版社，2015，第一版

- 平时成绩30%=平时作业10%+随堂测试15%+考勤5%
- 平时作业：3~5次，每次满分10分，总平均后满分10分；
- 随堂测试：3次，每次5分，第一、二、三章各一次；
- 考勤：缺勤和迟到要扣分。
- 期末卷面70%
- syxt.xjtu.edu.cn系统：上传、下载pdf课件，提交、批改作业，平时成绩录入。
- class.xjtu.edu.cn系统：课堂直播录播和回放。

第1章 数字逻辑基础

学习要求:

- 1.1 区别模拟与数字表示法,了解数字技术的优点和不足
- 1.2 熟练掌握数制及其相互的转换,数字系统中数与编码的表示和运算
- 1.3 掌握逻辑代数的相关概念、基本运算、定律、基本定理和基本规则,逻辑函数的基本表达式、标准形式;熟练掌握输出函数的化简方法(卡诺图法、代数法)
- 1.4 熟悉数字逻辑门电路与集成电路**

1.1 数字技术的相关概念

1. 数量的表示方法

- 物理量，模拟量，数字量
- 物理量有两种表示方法：模拟表示法和数字表示法及其区别

2. 数字系统及数字技术

- 数字系统和模拟系统
- 数字技术的优缺点及未来

“数字”这一术语已成为日常词汇-数字技术与数字系统。

1.1.1 物理量的表示方法

➤ **物理量**：把物理学中量度物体属性或描述物体运动状态及其变化过程的量，如水位、电压、温度等称为物理量。

模拟量：连续变化的物理量；

数字量：非连续变化的物理量。

模拟量很难准确地得到、传递、加工。把模拟量截断到一个适当的精度，即把量值数字化；将一个可连续变化的量赋值并等于一个有限精度的数字，即用数字值来表示，而这些数字值也是数字量或离散量。

物理量有两种表示方法：模拟表示法、数字表示法。

➤ 物理量有两种表示方法：

1) **模拟表示法**：用电压、电流或与所反映的数量成比例的表头的移动来表示。（模拟量：数值可在一定的范围内连续变化）。

2) **数字表示法**：数量不是用可连续变化的指示仪表而是用数字符号来表示。（数字量：数值用离散步长的方法表示）。

3) **模拟量与数字量的主要区别**：

模拟量=连续；数字量=离散(步进)

由于数字表示的离散性，当阅读数字量的值时，不存在模棱两可情况，但是，**模拟量的值常有解释的余地**。

一个物理量的信号往往具有二值性，因此以开关来实现二值性的逻辑控制是最简单的例子。



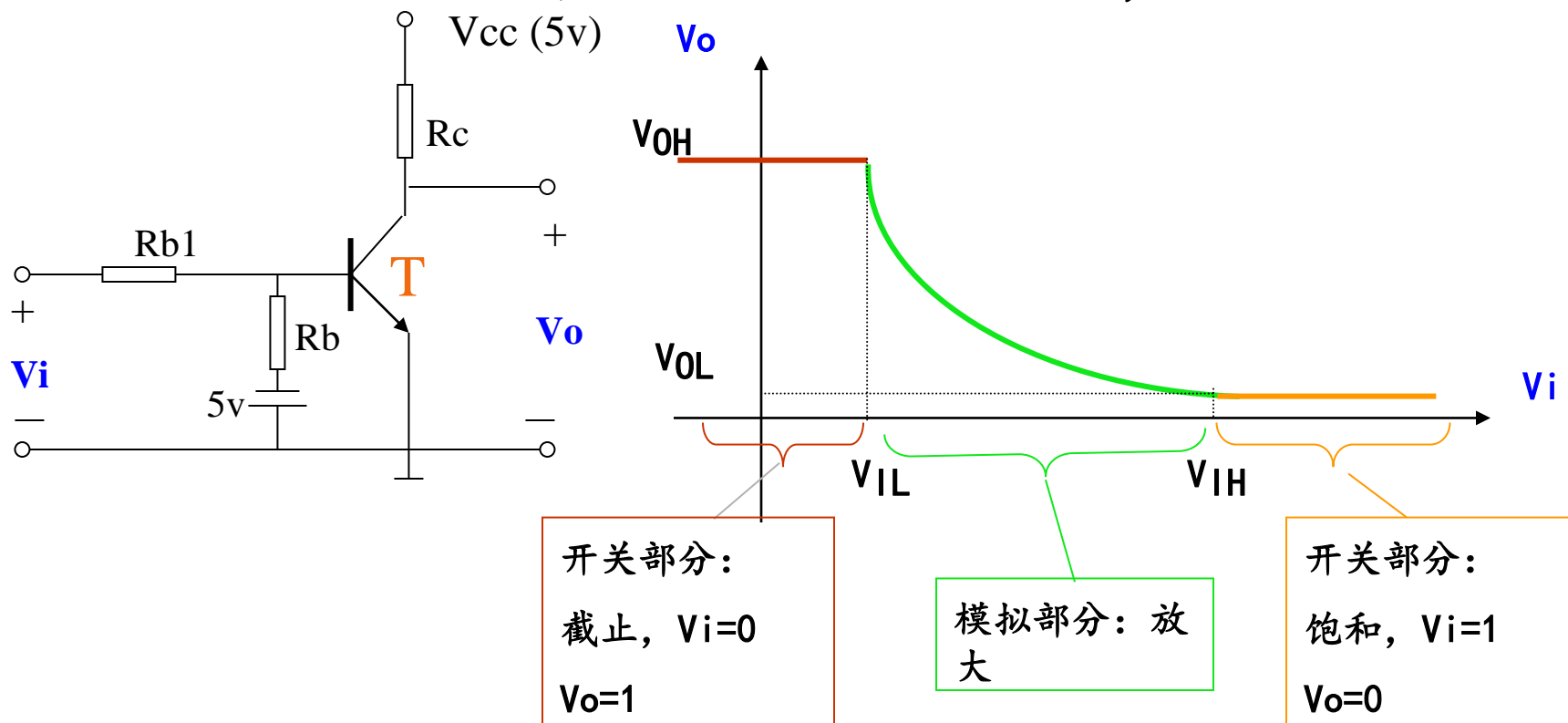
➤ 模拟电路：

- 处理随时间变化的信号，信号值可以是在一定范围内连续变化的电压、电流或其他参量。
- 模拟电路包括基本放大电路、功率放大电路、模拟运算电路、有源滤波器、信号发生器等。
- 模拟电路易受外界环境因素、自身老化等因素影响。
- 模拟电路工作在器件（如三极管）的线性工作区域。

➤ 数字电路和数字系统：

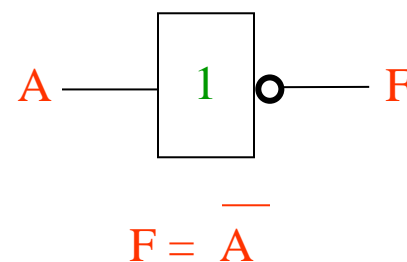
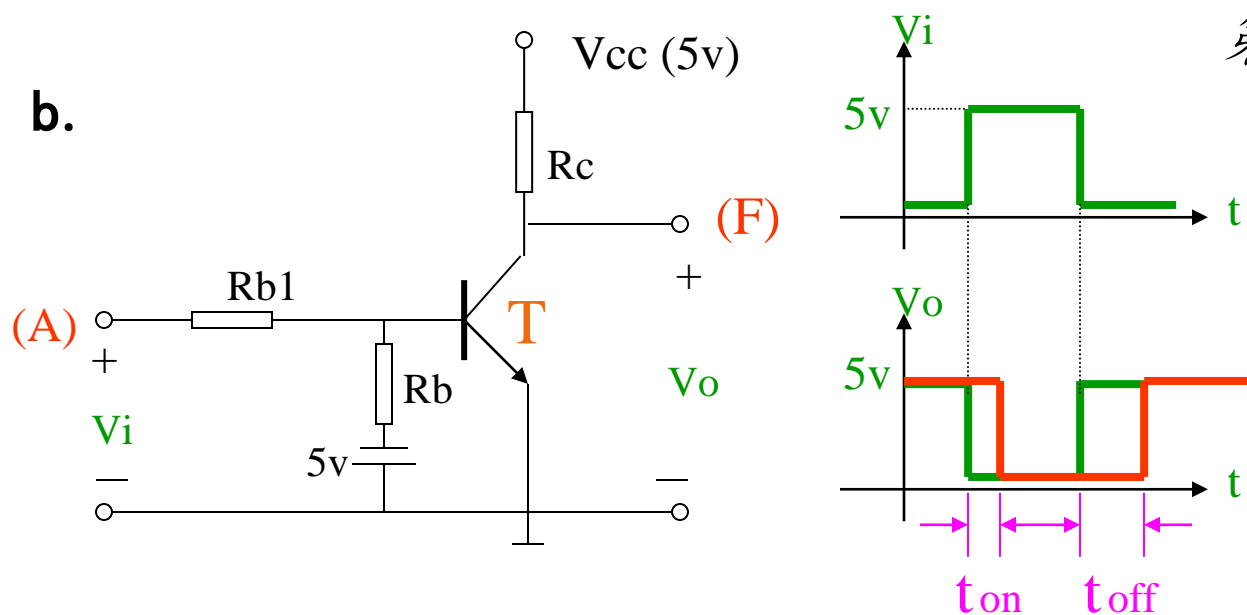
- 数字电路由模拟部件构成，处理的是模拟电压和电流。
- 实际上它的电流和电压也是在一定范围内连续变化的。但在数字电路和系统的设计过程中我们假设它们不是连续变化的。（忽略模拟行为特性。）
- 也就是说所谓的“数字化抽象”使得模拟行为特性在多数情况下可被忽略，因此电路可建模成好像只处理“0”和“1”一样。
- 数字电路工作在器件（如三极管）的**非线性工作区**（**饱和区**和**截止区**）。

例：电子线路中的晶体管工作示意图，如下：



注意：

- a 模拟器件和模拟系统是处理模拟信号的。
- b 晶体管的开关特性是数字电路研究的重点，上例中物理量已逻辑约定成逻辑量 0 和 1。
- c 数字电路具有模拟电路的特性，如时间延迟问题。



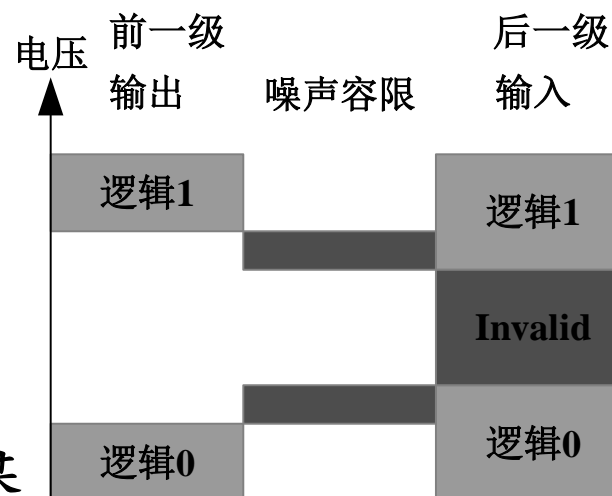
这个三极管电路起到了**逻辑取反**的作用： $V_i = 0$ 时 $V_o = 1$ ； $V_i = 1$ 时 $V_o = 0$ 。

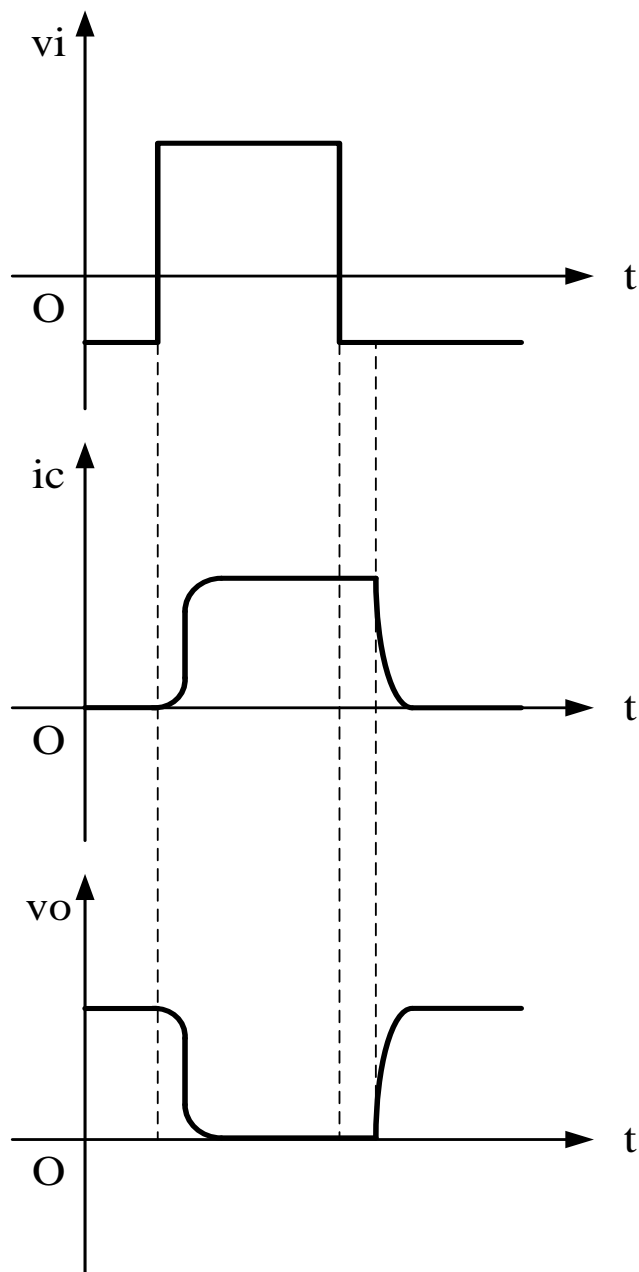
模拟电子电路设计：确保逻辑门输出的逻辑信号在合适的电压范围内（如在下一级输入的要求范围内）；同时识别在合适区域内的输入逻辑信号。

数字设计：只需一定的模拟电路知识以确定设备工作在规范要求的环境中。

对于一个标准门（Gate），其逻辑0（1）对应输出电压值并不一定是某一具体电压值，它可以是在某一**电压范围**内，而这一电压范围能够被其他门识别为逻辑0（1）。见右图。

不同器件有不同的逻辑0/逻辑1的电压范围。只要某器件的输出位在另一器件输入的逻辑0/1电压范围内，该输出将起到0（或1）的作用。



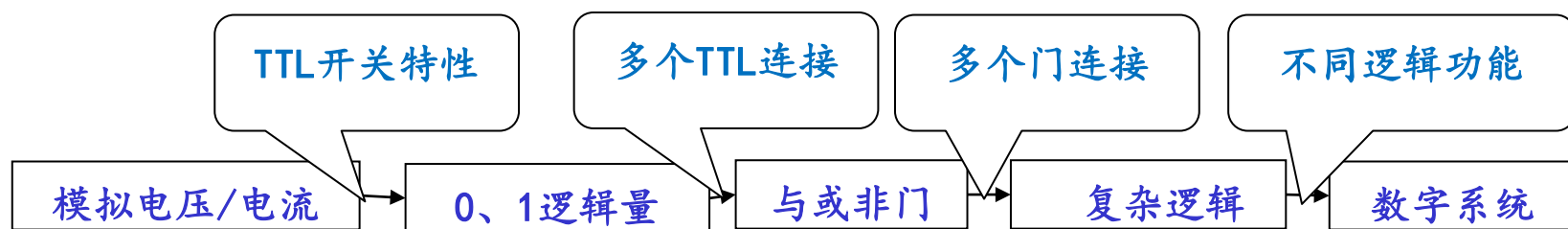


c. 时间延迟问题:

在动态情况下, 即三极管在截止与饱和导通两种状态间迅速转换时, 由于三极管内部电荷的建立和消散约需一定的时间, 所以集电极电流 i_c 的变化滞后于基极电压 v_i 的变化。当然, 输出电压 v_o 的变化也要相应地滞后。

目前晶体管的开关速度 (H \rightarrow L或L \rightarrow H的响应时间) 小于10ps。

利用TTL等模拟器件的截止区和饱和区特性，将器件的输入/输出电压分别归为逻辑 0 和逻辑 1 。然后利用TTL器件的不同连接形成实现二值逻辑的不同运算（与、或、非）的逻辑部件，进而实现更复杂的逻辑运算，从而实现逻辑功能。



1.1.2 数字系统及数字技术

数字系统是用来处理逻辑信息或以数字形式表示的物理量的器件组合，即其数值仅能取离散值。这些器件多数是电子器件，但也可以是机械的、磁性的或气动的。或称是**有一组或几种基本的标准逻辑门来构成的复杂的、使用数字量来传递和加工、处理信息的实际工程系统。**

最常见的数字系统：计算机、数字音像及世界上最大的数字系统——手机电话系统。

数字逻辑电路是以**逻辑门**为基本单元构成的复杂的**数字系统**中的硬件部分。

逻辑门：以能完成**独立逻辑功能**的一组**电子元件和器件**所组成的线路。

模拟系统所包含的装置能处理以模拟形式表示的物理量。

1) 数字技术的优点

- ① 数字系统一般容易设计；
- ② 信息存储方便；
- ③ 操作可编程；
- ④ 数字电路抗干扰能力强；
- ⑤ 多数数字电路能制造在IC芯片上。

总之，一方面数字系统可以完全承担起过去传统的模拟系统在工程技术中所做的每一项工作，并且有可能做得比原来更好。另一方面数字系统除了对信息可以进行数值的运算加工外，还可以方便地进行各种逻辑加工。这些逻辑加工在控制决策等应用中很重要。

2) 数字技术的缺点

数字技术的缺点比较少，其中两个最大的问题是：

现实世界主要是模拟量， 处理数字化信号费时间。

第一个问题：系统中被监测、处理、控制的输入输出经常是模拟量。如温度、压力、速度、流速等。而习惯用数字表示这些量。比如，我们说温度是 64°C ，更确切地说是 63.8°C ，实际上是使用一个数字量来近似模拟量。当涉及到模拟输入、输出时，为了利用数字技术的优点，必须采取下述三个步骤：

- 1) 把实际中的模拟输入转换为数字形式；
- 2) 数字信息处理；
- 3) 把数字输出变换为模拟输出。

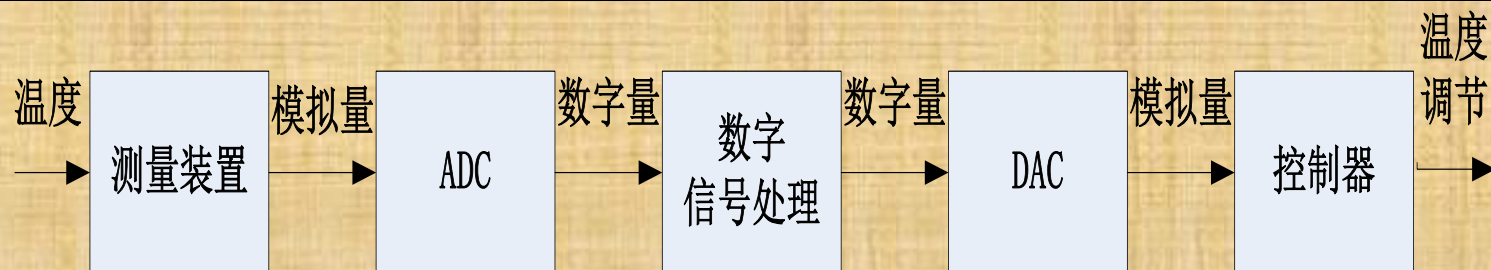


图1.1 温度控制系统框图

图1.1所示，典型的温度控制系统的框图。

开始所检测的是模拟温度，然后通过 ADC把测量值转换为数字量，由数字电路处理数字量，数字电路也可能包括数字计算机。数字输出通过DAC变换为模拟量，模拟输出输送到控制器，以便采取某种措施调节温度。

第二个问题：处理数字信号需要时间。

由于必须在信息的模拟形式与数字形式之间进行转换，从而增加了系统的复杂性和费用，数字（二进制数）信号的处理需要时间。所需要的数据越精确，处理过程花费的时间越长。

模数转换在当今技术领域已相当普遍。

然而，在有些情况下，采用模拟技术则比较简单或者比较经济。

为了充分利用各自的优点，在一个系统中经常会同时采用模拟与数字技术。在这种混合系统中，设计工作中最重要的一步是确定系统中哪一部分采用模拟形式，哪一部分采用数字形式。

阅读

随着信号在系统中的流动，在输入通道中尽可能早地使信号数字化，在输出通道中尽可能晚地把信号变换成模拟信号。

一个物理量的信号往往具有二值性，因此以开关来实现二值性的逻辑控制是最简单的例子。

开关理论是研究如何最经济地实现一定的逻辑功能。并为此运用了一种专门的数学工具，即布尔代数——专门用来表达二值性的函数关系。

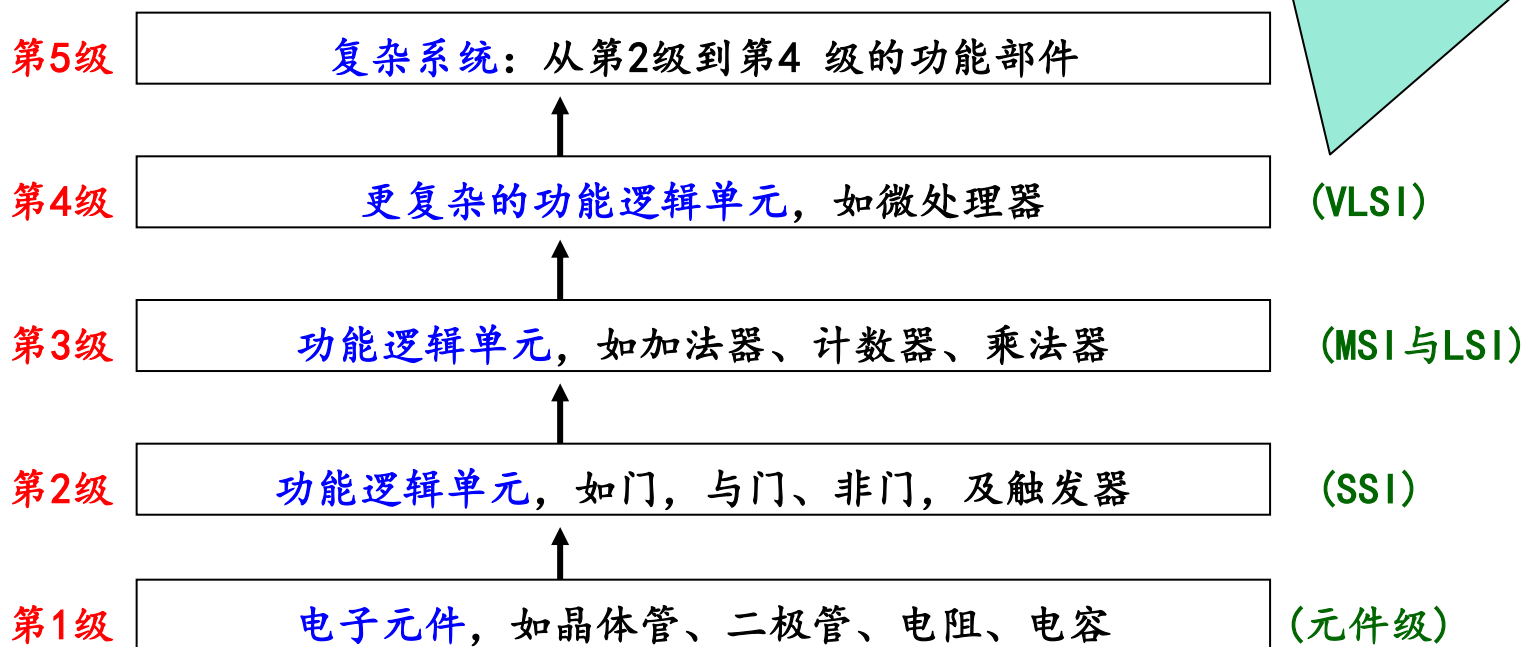
3) 数字系统的层次化结构

SSI：等效包含1到10个门。

MSI：等效包含10到100个门。

LSI：等效包含100到10000或更多的门。

VLSI：具有超过100000个晶体管的 IC 一定是VLSI。



设计：逻辑部件

- 简单的数字系统，如汽车尾灯、交通灯控、广告灯箱等
- 较复杂的数字系统，如单片机工控、测试等带有简单编程的系统。
- 复杂的数字系统，如计算机系统，要研究其“组成”和“系统结构”。

3) 数字系统的层次化结构

SSI：等效包含1到10个门。

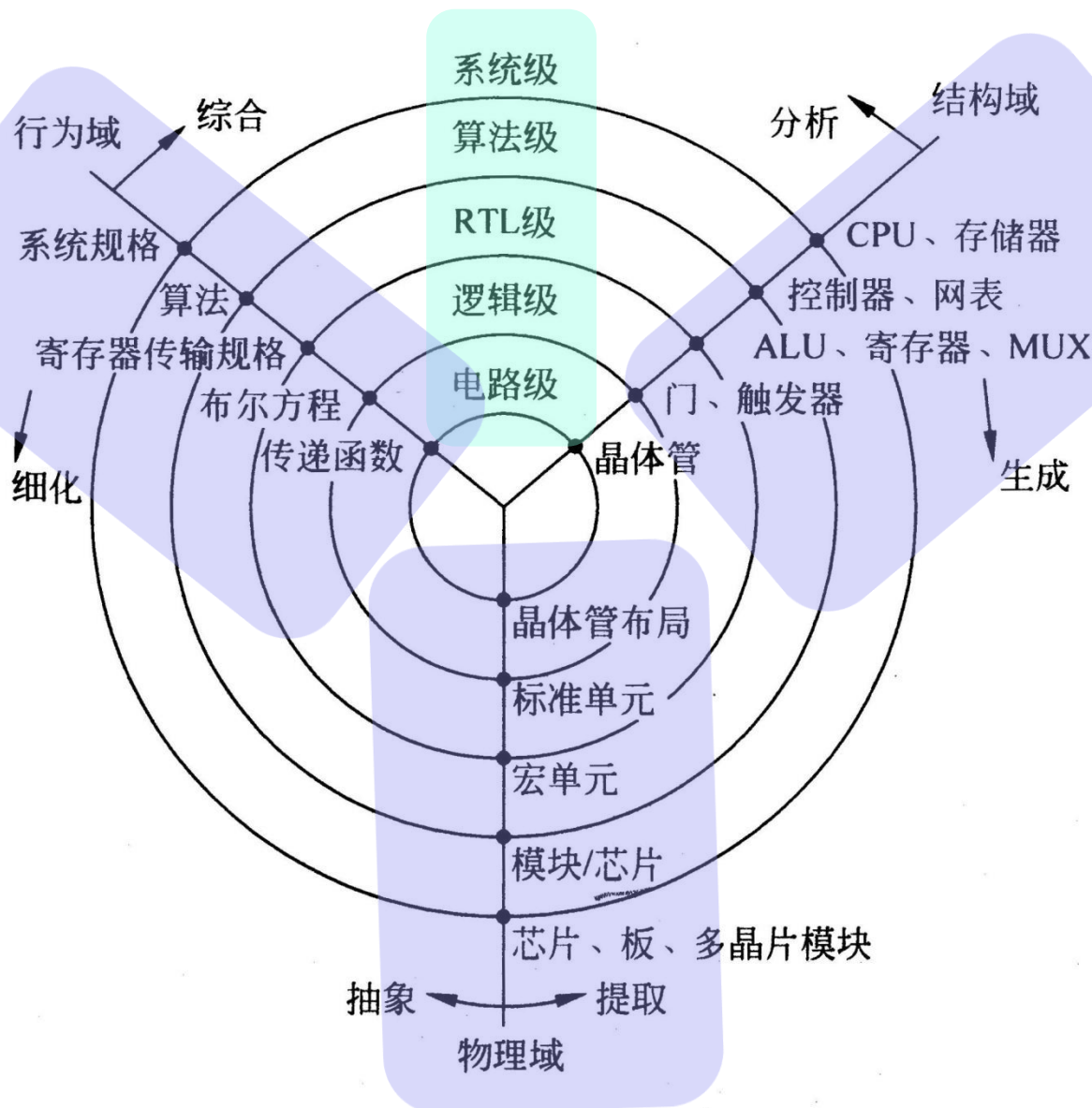
MSI：等效包含10到100个门。

LSI：等效包含100到10000或更多的门。

VLSI：具有超过100000个晶体管的 IC 一定是VLSI。

数字系统层次化结构	结构域
复杂系统：从第2级到第4级的功能部件	系统级：CPU、存储器
更复杂的功能逻辑单元，如微处理器 (VLSI)	算法级：控制器、网表
功能逻辑单元，如加法器、计数器、乘法器 (MSI与LSI)	RTL级：ALU、寄存器、MUX
功能逻辑单元，如门，与门、非门，及触发器 (SSI)	逻辑级：门、触发器
电子元件，如晶体管、二极管、电阻、电容 (元件级)	电路级：晶体管

描述部件或系统的三个充分必要条件，也就是从不同角度充分描述部件或系统：行为域、结构域、物理域



行为域：强调行为，说明电路功能，即电路的输入/输出关系，但与该行为的实现无关。

结构域：对组成电路的各部件及部件间的拓扑连接关系进行描述，给出互连功能部件的层次关系。

物理域：提供生产和制造物理实体所需要的信息，如几何布局或拓扑约束等，即空间的物理布局和物理特性，没有任何功能部件的概念。

图 1-1 电子设计 Y 图

4) 未来将是数字化时代

在过去的40年里，发展速度十分惊人，未来的发展速度会更快。
每天的生活用品已逐渐从模拟形式变化为数字形式。

目前，音频数字化产生了CD光盘，图像的数字化产生了DVD，还有数字摄像机、数码相机、数字化的移动电话、数字化的X光片、磁共振成像仪(MRI)，以及医院使用的超声系统等。这些仅是数字化革命所带来的应用的一小部分。

在未来的几年里，借助低轨卫星，你的左右袖口或者耳机将作为中继线可与他人进行通信；也可能具有更多的计算机，其功能比目前办公室或家中的计算机更强大。

换句话说，数字技术将持续高速进入我们的生活领域，开创一个我们从未想像过的新天地。如今用以实现这些复杂数字系统的技术和工具已为我们准备就绪。

坚持不懈，乐在其中！

►教材：

数字逻辑与数字系统，朱正东等编，北京：电子工业出版社，2015

►全书各章总述

第一章 数字逻辑基础

1. 数字系统主要处理二进制数据（binary digits—0s和1s）。数字系统设计者应在二进制数据和现实生活中的数、事件、条件之间建立一种联系。也就是要知道如何在二进制数字系统中表示并处理我们日常熟悉的数值量（如非二进制数据、事件、条件等）。

主要介绍：不同进位计数制之间的相互转换；二进制带符号数的代码表示（用数据位表示符号）及其加减运算；十进制的常用二进制代码；可靠性编码（具有检错、纠错能力的编码）。

2. 逻辑代数是二值逻辑运算中的基本数学工具，它广泛应用于数字系统的分析和设计中。

数字系统所要完成的某种功能，都可以归纳成逻辑关系，通过逻辑代数表达成逻辑函数的形式。同一逻辑函数的不同表达式，对应着实现此函数的不同逻辑电路。

第2章 ~ 第3章 组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析与设计

“分析”是指给定逻辑电路，写出逻辑表达式，得出其实现的逻辑功能（如用时序图表示）。

“设计”是指按照要求实现的逻辑功能，选择合适的门及中规模器件等，组合成一电路实现该功能。

分析和设计的工具有：真值表、卡诺图、逻辑方程式、状态图、状态表等。

(重点章节)

第4章 可编程逻辑器件

PLD (Programmable Logic Device) 是由工厂制好, 用户可以用开发工具, 按照自己的功能设计要求, 对芯片功能进行编程的大规模集成电路 (LSI) 器件。

第5章 数字系统

介绍数字系统的模型、设计描述工具、逻辑设计技术等。与前述功能级部件的分析和设计方法相比, 并不相同。

模数A/D和数模D/A转换也是数字系统设计中的重要组成。

➤ 教学安排:

讲课内容: 第1章 ~ 第5章

(部分内容选讲)

作业布置: 各章中与教学要求一致的习题

每章收1~2次作业

考试安排: 内容以指定教材为主

考试时间: 本学期结束前。

答疑时间:

答疑地点: