



国家精品课程“电子技术基础”系列教材

电子信息与电气学科规划教材·电子电气基础课程

# 数字电子技术基础

## 学习指导及习题详解

张艳花 牛晋川 主编 毕满清 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>





欢迎登录 **免费** 获取本书教学资源  
<http://www.hxedu.com.cn>

国家精品课程“电子技术基础”系列教材  
 电子信息与电气学科规划教材·电子电气基础课程

# 数字电子技术基础

## 学习指导及习题详解

本书是国家精品课程“电子技术基础”主教材《数字电子技术基础》一书的配套教材及主要参考书。

全书包括数字电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形半导体存储器、可编程逻辑器件、模数与数模转换器、本科生和研究生试题及答案共 10 章。

每章内容包含：教学基本要求、主要知识点、典型例题和考研试题解析、自测题及解答、习题及解答。

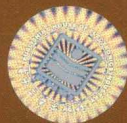
第 10 章中给出了本科生期末考试样题及答案和部分重点院校近年研究生入学考试试题及参考答案。

本书力求结构上循序渐进，内容上与课程紧密结合，应试方面达到提前预热的目的。

本书可作为相关专业教师、本科学生及自学者的教学参考书，也可供攻读硕士研究生的考生和相关技术人员参考。



策划编辑：章海涛  
 责任编辑：章海涛  
 封面设计：张 昱



本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 978-7-121-12053-4



9 787121 120534 >

定价：32.00 元

国家精品课程“电子技术基础”系列教材

电子信息与电气学科规划教材·电子电气基础课程

# 数字电子技术基础

## 学习指导及习题详解

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是国家精品课程“电子技术基础”主教材《数字电子技术基础》一书的配套教材及主要参考书。全书包括数字电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与整形半导体存储器、可编程逻辑器件、模数与数模转换器、本科生和研究生试题及答案共10章。

每章内容包含：教学基本要求、主要知识点、典型例题和考研试题解析、自测题及解答、习题及解答。

第10章中给出了本科生期末考试样题及答案和部分重点院校近年研究生入学考试试题及参考答案。

本书力求结构上循序渐进，内容上与课程紧密结合，应试方面达到提前预热的目的。

本书可作为相关专业教师、本科学生及自学者的教学参考书，也可供攻读硕士研究生的考生和相关技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容  
版权所有·侵权必究

### 图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础学习指导及习题详解 / 张艳花, 牛晋川主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.1  
电子信息与电气学科规划教材·电子电气基础课程  
ISBN 978-7-121-12053-4

I. ①数… II. ①张…②牛… III. ①数字电路—电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN79  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 204287 号

策划编辑：章海涛

责任编辑：章海涛 特约编辑：何 雄

印 刷：北京市海淀区四季青印刷厂

装 订：三河市鹏成印业有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：17.25 字数：440 千字

印 次：2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价：32.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 [zlt@phei.com.cn](mailto:zlt@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线：(010)88258888。

# 前 言

本书是根据高等学校“数字电子技术基础”课程教学基本要求，结合多年来电子技术课程教学实践和经验(特别是建设国家精品课程的实践)而编写的，旨在使广大读者深入理解基本概念和知识，熟练掌握解题方法，提高分析能力和应试能力。

本书作为韩焱主编的国家精品课程主教材《数字电子技术基础》(ISBN 978-7-121-09190-2)的配套辅导书，对全书的课程要点进行了提炼，对全书的课后自测题及习题给出了详尽的全解。这对使用这本教材的读者来说，一册在手，即可全面了解本课程知识结构，课程内容重点、难点和考点，可通过详细到位的习题分析和解答来提高分析问题、解决问题的能力，并直接起到检查学习效果的作用。

在选材编排上，本书力求做到由浅入深，循序渐进。“典型例题和考研试题解析”部分围绕主要知识点、重点、难点来选材而非面面俱到，既与主教材有机结合，又对主要知识点进行了更加深入透彻的剖析。“自测题及解答、习题及解答”部分提供了大量丰富的题型及精解。“本科生和研究生试题及答案”部分给出了详尽的参考答案，并在研究生试题保持原有风貌的前提下，在答案中也采用原题逻辑符号，既满足了本科生复习和备考需求，又为硕士研究生入学考试提供了一个复习平台。

本书作为数字电子技术基础学习的辅助教材，具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性，对所有学习本课程的读者起到指导作用。

参加本书编写工作的有：张艳花(第3、6章)、牛晋川(第5章)、赵霞(第4、7章和第10章的10.2节)、周惠(第2章和第10章的10.1节)、张忠捷(第1、8章)、刘霞(第9章和第10章的10.2节)。张艳花、牛晋川任主编，负责全书的组织、修改和定稿。

本书由全国高等学校电子技术研究会常务理事、华北地区高等学校电子技术教学研究学会副理事长、山西省高等学校电子技术教学研究学会理事长、中北大学毕满清教授担任主审，对书稿进行了非常认真细致的审查，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于我们的能力和水平有限，加之时间仓促，书中难免会有不妥之处和错误，恳请广大师生和读者提出批评和改进意见。

作 者

# 目 录

<b>第 1 章 数字电路基础</b> .....	(1)
1.1 本章教学基本要求 .....	(1)
1.2 本章主要知识点 .....	(1)
1.2.1 数字电路与模拟电路 .....	(1)
1.2.2 数制和码制 .....	(2)
1.2.3 逻辑代数基础 .....	(3)
1.2.4 逻辑函数的化简 .....	(5)
1.2.5 逻辑函数的表示方法及其转换 .....	(5)
1.2.6 VHDL 语言简介 .....	(6)
1.3 典型例题和考研试题解析 .....	(7)
1.3.1 典型例题解析 .....	(7)
1.3.2 考研试题解析 .....	(15)
1.4 自测题及解答 .....	(17)
1.5 习题及解答 .....	(18)
<b>第 2 章 逻辑门电路</b> .....	(25)
2.1 本章教学基本要求 .....	(25)
2.2 本章主要知识点 .....	(26)
2.2.1 二极管和三极管的开关特性 .....	(26)
2.2.2 分立元件门电路 .....	(26)
2.2.3 集成 TTL 逻辑门电路 .....	(27)
2.2.4 其他类型的 TTL 门电路 .....	(30)
2.2.5 CMOS 逻辑门电路 .....	(31)
2.3 典型例题和考研试题解析 .....	(31)
2.3.1 典型例题解析 .....	(31)
2.3.2 考研试题解析 .....	(37)
2.4 自测题及解答 .....	(41)
2.5 习题及解答 .....	(42)
<b>第 3 章 组合逻辑电路</b> .....	(48)
3.1 本章教学基本要求 .....	(48)
3.2 本章主要知识点 .....	(48)
3.2.1 组合逻辑电路的概念和功能特点 .....	(48)
3.2.2 基于 SSI 的组合逻辑电路的分析 .....	(48)
3.2.3 基于 SSI 的组合逻辑电路的设计 .....	(49)
3.2.4 常用中规模组合逻辑器件(MSI) .....	(49)

3.2.5	中规模组合逻辑器件(MSI)的应用	(50)
3.2.6	竞争-冒险现象	(51)
3.3	典型例题和考研试题解析	(52)
3.3.1	典型例题解析	(52)
3.3.2	考研试题解析	(59)
3.4	自测题及解答	(63)
3.5	习题及解答	(65)
<b>第4章</b>	<b>触发器</b>	<b>(81)</b>
4.1	本章教学基本要求	(81)
4.2	本章主要知识点	(81)
4.2.1	触发器的基本概念及性质	(81)
4.2.2	触发器的相关概念	(82)
4.2.3	几种触发器	(82)
4.2.4	触发器的动态特性	(85)
4.3	典型例题和考研试题解析	(85)
4.3.1	典型例题解析	(85)
4.3.2	考研试题解析	(92)
4.4	自测题及解答	(95)
4.5	习题及解答	(98)
<b>第5章</b>	<b>时序逻辑电路</b>	<b>(105)</b>
5.1	本章教学基本要求	(105)
5.2	本章主要知识点	(105)
5.2.1	时序逻辑电路的基本概念	(105)
5.2.2	时序逻辑电路的分类	(106)
5.2.3	基于SSI的时序逻辑电路分析方法	(106)
5.2.4	基于SSI的时序逻辑电路设计方法	(106)
5.2.5	常用中规模集成时序逻辑器件及其应用	(107)
5.3	典型例题和考研试题解析	(109)
5.3.1	典型例题解析	(109)
5.3.2	考研试题解析	(121)
5.4	自测题及解答	(128)
5.5	习题及解答	(130)
<b>第6章</b>	<b>脉冲信号的产生与整形</b>	<b>(154)</b>
6.1	本章教学基本要求	(154)
6.2	本章主要知识点	(154)
6.2.1	脉冲电路的基本概念、构成及分析方法	(154)
6.2.2	脉冲产生与整形电路的功能特点、用途	(155)
6.2.3	由门电路构成的脉冲产生与整形电路	(155)
6.2.4	555定时器的工作原理及应用	(156)

6.2.5	其他集成脉冲产生与整形电路 .....	(158)
6.3	典型例题和考研试题解析 .....	(158)
6.3.1	典型例题解析 .....	(158)
6.3.2	考研试题解析 .....	(161)
6.4	自测题及解答 .....	(166)
6.5	习题及解答 .....	(168)
<b>第 7 章</b>	<b>半导体存储器 .....</b>	<b>(173)</b>
7.1	本章教学基本要求 .....	(173)
7.2	本章主要知识点 .....	(173)
7.2.1	半导体存储器的分类及容量 .....	(173)
7.2.2	存储器容量的扩展 .....	(174)
7.2.3	存储器的应用 .....	(174)
7.3	典型例题和考研试题解析 .....	(175)
7.3.1	典型例题解析 .....	(175)
7.3.2	考研试题解析 .....	(177)
7.4	自测题及解答 .....	(178)
7.5	习题及解答 .....	(180)
<b>第 8 章</b>	<b>可编程逻辑器件 .....</b>	<b>(184)</b>
8.1	本章教学基本要求 .....	(184)
8.2	本章主要知识点 .....	(184)
8.2.1	可编程逻辑器件的基本结构和电路表示 .....	(184)
8.2.2	PLD 的种类 .....	(185)
8.2.3	可编程逻辑器件 PLD 的应用及设计 .....	(188)
8.3	典型例题和考研试题解析 .....	(188)
8.3.1	典型例题解析 .....	(188)
8.3.2	考研试题解析 .....	(191)
8.4	自测题及解答 .....	(192)
8.5	习题及解答 .....	(194)
<b>第 9 章</b>	<b>模数与数模转换器 .....</b>	<b>(197)</b>
9.1	本章教学基本要求 .....	(197)
9.2	本章主要知识点 .....	(197)
9.2.1	D/A 转换器 .....	(197)
9.2.2	A/D 转换器 .....	(198)
9.3	典型例题和考研试题解析 .....	(200)
9.3.1	典型例题解析 .....	(200)
9.3.2	考研试题解析 .....	(205)
9.4	自测题及解答 .....	(206)
9.5	习题及解答 .....	(207)



<b>第 10 章 本科生和研究生试题及答案</b> .....	(213)
10.1 数字电子技术样题及答案 .....	(213)
10.1.1 试题一 .....	(213)
10.1.2 试题一答案及评分标准 .....	(215)
10.1.3 试题二 .....	(218)
10.1.4 试题二答案及评分标准 .....	(220)
10.1.5 试题三 .....	(223)
10.1.6 试题三答案及评分标准 .....	(225)
10.2 研究生入学考试试题及参考答案 .....	(228)
10.2.1 南京理工大学 2009 年硕士研究生入学考试试题 .....	(228)
10.2.2 南京理工大学 2009 年硕士研究生入学考试试题参考答案 .....	(230)
10.2.3 兰州大学 2009 年硕士研究生入学考试试题 .....	(234)
10.2.4 兰州大学 2009 年硕士研究生入学考试试题参考答案 .....	(237)
10.2.5 北京理工大学 2008 年硕士研究生入学考试试题 .....	(240)
10.2.6 北京理工大学 2008 年硕士研究生入学考试试题参考答案 .....	(243)
10.2.7 北京工业大学 2008 年硕士研究生入学考试试题 .....	(247)
10.2.8 北京工业大学 2008 年硕士研究生入学考试试题参考答案 .....	(249)
10.2.9 东北大学 2007 年硕士研究生入学考试试题 .....	(253)
10.2.10 东北大学 2007 年硕士研究生入学考试试题参考答案 .....	(254)
10.2.11 电子科技大学 2007 年硕士研究生入学考试试题 .....	(260)
10.2.12 电子科技大学 2007 年硕士研究生入学考试试题参考答案 .....	(262)
<b>参考文献</b> .....	(267)

# 第1章 数字电路基础

## 1.1 本章教学基本要求

本章主要介绍了数字电路的特点，数的两种表示方法——数制、码制，逻辑代数基础和逻辑函数化简的两种方法——公式化简法和卡诺图化简法，并对 VHDL (Very-high-speed Integrated Circuit Hardware Description Language) 硬件描述语言做了简单的介绍。本章的教学基本要求如表 1.1 所示。

表 1.1 第 1 章教学内容与要求

教 学 内 容		教 学 要 求		
		熟练掌握	正确理解	一般了解
数字电路与模拟电路			√	
数制和码制	常用数制及其相互转换	√	√	
	码制	√	√	
二进制算术运算			√	
逻辑代数基础	三种基本运算和复合运算	√	√	
	逻辑代数的基本公式和常用公式	√		
	逻辑代数的基本规则	√		
逻辑函数的化简	逻辑函数的最简形式及变换	√		
	逻辑函数的公式化简法	√		
	逻辑函数的卡诺图化简法	√		
逻辑关系描述方法及相互转换		√		
VHDL 硬件描述语言简介				√

重点：  
逻辑代数的逻辑运算、公式及规则；  
逻辑函数的代数化简法和卡诺图化简法

难点：  
无关项及其在逻辑函数化简中的应用；  
逻辑函数形式的变换

通过本章的学习，读者应掌握十进制数、二进制数和十六进制数的表示及其相互转换，理解 BCD 码的含义，掌握 8421BCD 码和余 3 码；掌握逻辑代数的常用运算及基本公式和规则，能熟练应用于逻辑函数的变换及代数化简中；掌握用卡诺图表示和化简逻辑函数的方法，掌握无关项的含义及其在卡诺图化简法中的应用；掌握真值表、逻辑式和逻辑图的特点及其相互转换的方法；掌握逻辑函数式的常见形式及其相互转换，理解最简与-或式的标准。

## 1.2 本章主要知识点

### 1.2.1 数字电路与模拟电路

近代电子学，按照处理信号的不同，通常将电路分为两大类：模拟电路(以模拟信号为研究处理对象)和数字电路(以数字信号为研究处理对象)。对应于这两大类电路，在电子技术领域中出现了数字电子技术和模拟电子技术两大分支。这两大类的工程性、实践性都很强，

并有着许多共同的特点和理论及实践基础，所以被通称为“电子技术基础”，但它们之间又有许多明显的区别。所以在学习该课程时，既要注意它们的共性，更要重视它们的区别，抓住数字电路的特点。表 1.2 给出了两种电路的具体比较。

表 1.2 模拟电路和数字电路的比较

比较项目	模拟电路	数字电路
工作信号	模拟信号(时间上和数值上都是连续变化的信号)	数字信号(时间上和数值上都是离散的、不连续的信号)
器件的工作状态	放大状态	开关状态(工作在饱和区或截止区)
输出与输入的关系	在大小、相位等方面的关系	逻辑关系
基本操作	放大、振荡、稳压等	逻辑运算、译码、编码、寄存、计数等
基本分析方法	模型分析法、图解法等	逻辑代数、真值表、卡诺图、状态转换图等

## 1.2.2 数制和码制

### (1) 数制

$N$  进制数即逢  $N$  进一，展开式形式为： $D = \sum k_i \times N^i$  (1.1)

其中， $k_i$  是第  $i$  位的系数， $N^i$  称为第  $i$  位的权。常用的数制有二进制、十进制、八进制和十六进制。

### (2) 数制间的转换

$N$  进制  $\rightarrow$  十进制：只需将  $N$  进制数按式 (1.1) 展开，各项数值按十进制相加即可。

十进制  $\rightarrow$  二进制：整数部分，采用连续除 2 取余法；小数部分，采用连续乘 2 取整法。

二进制  $\rightarrow$  十六(八)进制：整数部分从低位起每 4(3) 位一组，最高位一组如不足 4(3) 位时以 0 补足，小数部分从高位起每 4(3) 位一组，最低位一组如不足 4(3) 位时也以 0 补足，然后依次以 1 位十六(八)进制数替换 4(3) 位二进制数即可。

### (3) 码制

在数字系统中，把特定的二进制码与所表示的信息一一对应起来称为编码。

用 4 位二进制数来表示 1 位十进制数的编码称为二-十进制码，也叫 BCD 码。表 1.3 是几种常见的 BCD 码。

表 1.3 几种常见的 BCD 码

十进制数 \ 编码种类	8421 码	2421 码	5421 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0100	0111	0110
5	0101	1011	1000	1000	0111
6	0110	1100	1001	1001	0101
7	0111	1101	1010	1010	0100
8	1000	1110	1011	1011	1100
9	1001	1111	1100	1100	1101
权	8421	2421	5421	无	无

$n$  位代码可以有  $2^n$  个不同的组合，即可以代表  $2^n$  种不同信息。重点掌握 8421BCD 码和余 3 码。

格雷码的最主要特性是任意相邻两数，只有一位改变，8421BCD 码转换成格雷码的方法如下：

- 1) BCD 码的最高位即为格雷码的最高位；
- 2) BCD 码的最高位起，两两位做异或运算，即是相对应的格雷码。

#### (4) 二进制的原码、反码、补码

二进制正数的原码、反码、补码是它本身；二进制负数的反码是将原码的数值位逐位求反而得到的；负数的补码是在其反码的基础上再加 1 而得到的。

在数字电路和数字电子计算机中，二进制数的正号和负号也是分别用 0 和 1 表示的。在定点运算的情况下，以最高位作为符号位，正数为 0，负数为 1，例如：

$$(01011001)_2 = (+89)_{10} \quad (11011001)_2 = (-89)_{10}$$

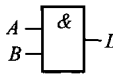
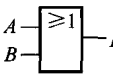
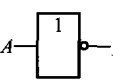
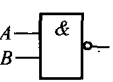
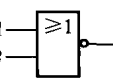
### 1.2.3 逻辑代数基础

逻辑代数是用于逻辑分析的一种数学工具。逻辑变量是用来表示逻辑关系的一种二元常量，它的取值为 0 或 1，它不表示大小，只代表两种逻辑状态。

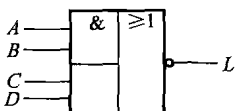
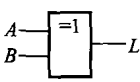
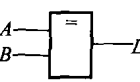
#### (1) 逻辑代数的运算

逻辑代数有“与”、“或”“非”三种基本运算，还有由三种基本运算得到的复合运算。常见的逻辑运算如表 1.4 所示。

表 1.4 常见的逻辑运算

逻辑运算	逻辑函数表达式	逻辑符号	真值表	
			A B	L
与	$L = AB$		A B	L
			0 0	0
			0 1	0
			1 0	0
			1 1	1
或	$L = A + B$		A B	L
			0 0	0
			0 1	1
			1 0	1
			1 1	1
非	$L = \bar{A}$		A	L
			0	1
			1	0
与非	$L = \overline{AB}$		A B	L
			0 0	1
			0 1	1
			1 0	1
			1 1	0
或非	$L = \overline{A + B}$		A B	L
			0 0	1
			0 1	0
			1 0	0
			1 1	0

(续表)

逻辑运算	逻辑函数表达式	逻辑符号	真值表			
			A B C D	L	A B C D	L
与或非	$L = \overline{AB+CD}$		0 0 0 0	1	1 0 0 0	1
			0 0 0 1	1	1 0 0 1	1
			0 0 1 0	1	1 0 1 0	1
			0 0 1 1	0	1 0 1 1	0
			0 1 0 0	1	1 1 0 0	0
			0 1 0 1	1	1 1 0 1	0
			0 1 1 0	1	1 1 1 0	0
			0 1 1 1	0	1 1 1 1	0
			异或	$L = A \oplus B$		A B
0 0	0					
0 1	1					
1 0	1					
1 1	0					
同或	$L = A \odot B$		A B	L		
			0 0	1		
			0 1	0		
			1 0	0		
			1 1	1		

### (2) 基本公式和常用公式

逻辑函数的基本公式和常用公式如表 1.5 所示。这些公式反映了二值逻辑的基本思想，是逻辑运算的重要工具，也是学习数字电路的必备基础。

表 1.5 逻辑函数的基本公式和常用公式

0, 1 律	$0 + A = A$ $1 + A = 1$	$1 \cdot A = A$ $0 \cdot A = 0$
重叠律	$A + A = A$	$A \cdot A = A$
互补律	$A + \bar{A} = 1$	$A \cdot \bar{A} = 0$
交换律	$A + B = B + A$	$A \cdot B = B \cdot A$
结合律	$(A + B) + C = A + (B + C)$	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
分配律	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	$A + B \cdot C = (A + B)(A + C)$
反演律 (摩根定律)	$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$	$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$
还原律	$\bar{\bar{A}} = A$	
吸收律	(1) $A + A \cdot B = A$ (2) $A \cdot (A + B) = A$ (3) $A + \bar{A}B = A + B$ (4) $AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$ (5) $AB + \bar{A}C + BCD = AB + \bar{A}C$	
对合律	(1) $AB + A\bar{B} = A$ (2) $(A + B)(A + \bar{B}) = A$	

### (3) 重要规则

代入规则：将逻辑等式两边的某一变量均用同一个逻辑函数替代，等式仍然成立。

反演规则：对任一个逻辑函数式 Y，将“·”换成“+”，“+”换成“·”，“0”换成“1”，“1”换成“0”，原变量换成反变量，反变量换成原变量，则得到原逻辑函数的反函数。



对偶规则：对任一个逻辑函数式  $Y$ ，将“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”，“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”，“ $0$ ”换成“ $1$ ”，“ $1$ ”换成“ $0$ ”，则得到原逻辑函数式的对偶式  $Y'$ 。

针对重要规则需要说明的几个问题：

- 1) 利用反演规则时，在两个或两个以上变量上的非号应保持不变。
- 2) 在运用反演规则和对偶规则时，为了保持原表达式的逻辑优先顺序，应当正确地使用括号，否则容易发生错误。
- 3) 利用代入规则可以从一个已知的等式得到另一个新的等式，从而可以扩展一些基本公式的应用范围。
- 4) 运用反演规则，可以求出已知逻辑函数的反函数。
- 5) 由于两个相等的公式其对偶表达式也相等，因此，常常利用对偶规则来证明等式。

### 1.2.4 逻辑函数的化简

#### (1) 逻辑函数的最简形式及变换

逻辑函数有多种表达式，常用的有 5 种基本表达式：与-或式、或-与式、与非-与非式、或非-或非式和与-或-非式，最常用的逻辑表达式为与-或式或或-与式。

实用中经常需要通过变换，将逻辑函数式化成与所用器件逻辑功能相适应的形式。为此，可以通过将逻辑函数式进行变换，得到需要的形式。利用逻辑代数变换的方法如下：

与-或式  $\rightarrow$  与非-与非式：对  $F$  采用两次求反，再用反演律。

与-或式  $\rightarrow$  或-与式：先求  $\bar{F}$  的与或式，再求  $F$  的或-与式。

与-或式  $\rightarrow$  与-或-非式：先求  $\bar{F}$  的与或式，再取非得到与-或-非式。

或-与式  $\rightarrow$  或非-或非式：对  $F$  采用两次求反，再用反演律。

#### (2) 公式法化简

公式法化简的几种方法如表 1.6 所示。通常是先将这几种公式化简方法根据情况综合使用，使逻辑表达式达到最简。

表 1.6 常用的公式化简方法

方 法	所 用 公 式
并项法	$AB + A\bar{B} = A$
吸收法	$A + AB = A$
	$AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$ $AB + \bar{A}C + BCD = AB + \bar{A}C$
消去法	$A + \bar{A}B = A + B$
配项法	$A + \bar{A} = 1, A + A = A$
	$1 + A = 1, A \cdot A = A$

#### (3) 卡诺图化简

卡诺图化简法归纳如下：

1) 把给定的逻辑函数表达式化成最小项表达式或者与-或式，然后填到卡诺图中。

2) 找出可以合并的最小项画圈(包围圈中应包含  $2^n$  个相邻 1，一个圈代表一个乘积项，规则是圈尽可能少；圈尽可能得大；允许重复，但要有新的 1；孤立的“1”独圈)。

3) 写出合并后的乘积项，并写成“与-或”表达式。

具有无关项的卡诺图化简法：

无关项在卡诺图上用“ $\times$ ”表示，在公式中可以用  $d$  表示或者写成“ $=0$ ”的形式。它可以看成 0 也可以看成 1，具体情况具体对待，原则是卡诺图中画圈时“圈最少，圈最大”。

### 1.2.5 逻辑函数的表示方法及其转换

(1) 逻辑函数的表示方法：逻辑真值表、逻辑表达式、逻辑图、卡诺图和波形图等。

(2) 逻辑函数表示方法的转换：

- ① 逻辑函数表达式→逻辑电路图：用逻辑符号代替逻辑函数表达式中的运算符号即可。
- ② 逻辑电路图→逻辑函数表达式：从输入端到输出端逐级写出每个逻辑符号对应的逻辑函数表达式。
- ③ 逻辑函数表达式→真值表：将输入变量的所有组合状态一一代入逻辑函数表达式求出函数值，列成表即可。
- ④ 真值表→逻辑函数表达式：找出真值表中函数值为 1 的那些输入变量组合，每个组合对应一个乘积项，取值为 1 的写原变量，为 0 的取反变量，然后将乘积项相加，即得逻辑函数表达式。
- ⑤ 逻辑函数表达式→卡诺图：先将逻辑函数化为最小项之和的形式，在卡诺图上与这些对应的最小项位置填上 1，其余位置填上 0 即可。也可以将逻辑函数化为与-或式，分别找出每一个与项所包含的所有最小项，全部填入 1，其他没有包含的最小项填 0 或者不填。
- ⑥ 卡诺图→逻辑函数表达式：按照卡诺图化简法可得到最简与-或表达式。

### 1.2.6 VHDL 语言简介

VHDL 是目前最流行的硬件描述语言之一，已成为标准化的硬件描述语言并获得广泛应用。

#### (1) VHDL 语言特点

VHDL 语言具有很多其他硬件描述语言所不具备的优点。归纳起来，VHDL 语言主要具有以下优点：

- 1) VHDL 语言功能强大，设计方式多样。
- 2) VHDL 语言具有强大的硬件描述能力。
- 3) VHDL 语言具有很强的移植能力。
- 4) VHDL 语言的设计描述与器件无关。
- 5) VHDL 语言程序易于共享和复用。

由于 VHDL 语言是一种描述、模拟、综合、优化和布线的标准硬件描述语言，因此它可以使设计成果在设计人员之间方便地进行交流和共享，从而减少硬件电路设计的工作量，缩短开发周期。

#### (2) VHDL 语言的设计步骤

采用 VHDL 的系统设计，一般有以下 6 个步骤：

- 1) 要求的功能模块划分。
- 2) VHDL 的设计描述(设计输入)。
- 3) 代码仿真模拟(前仿真)。
- 4) 设计综合、优化和布局布线。
- 5) 布局布线后的仿真模拟(后仿真)。
- 6) 设计的实现(下载到目标器件)。

#### (3) VHDL 语言的设计简述

VHDL 描述数字电路系统设计的行为、功能、输入和输出。它在语法上与现代编程语言相似，但包含了许多与硬件有特殊关系的结构。

VHDL 将一个设计称为一个实体 Entity(元件、电路或者系统)，并且将它分成外部的可见部分(实体名、连接)和内部的隐藏部分(实体算法、实现)。当定义了一个设计的实体之后，

其他实体可以利用该实体，也可以开发一个实体库。所以，内部和外部的概念对系统设计的 VHDL 是十分重要的。外部的实体名或连接由实体声明 Entity 来描述。而内部的实体算法或实现则由结构体 Architecture 来描述。结构体可以包含相连的多个进程 process 或者组件 component 等其他并行结构。需要说明的是，它们在硬件中都是并行运行的。

VHDL 程序设计的基本结构如图 1.1 所示。

一个实体可以对应一个或者多个结构体，结构体可以包含一个或者多个进程或者组件。

#### (4) VHDL 语言的描述风格

在 VHDL 的结构体描述中，对于所设计的电路功能，可以用不同的语句类型和描述方法进行表达。对于相同的逻辑行为，可以有不同的语言表达方式。VHDL 的这些描述方法称为描述风格。VHDL 有三种描述风格：行为描述、数据流描述和结构描述。

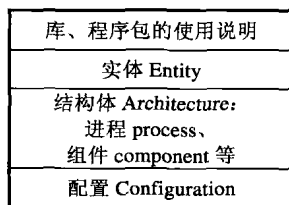


图 1.1 VHDL 程序设计的基本结构

##### 1) 行为描述

通过一组串行的 VHDL 进程，反映设计的功能和算法，而没有直接指明或涉及实现这些行为的硬件结构，包括硬件特性、连线方式和逻辑行为方式。行为描述主要指顺序语句描述，即通常是指含有进程的非结构化的逻辑描述。行为描述的优点在于只需要描述清楚输入与输出的行为，而不需要花费更多的精力关注设计功能的门级实现。

##### 2) 数据流描述

将数据看成从设计的输入端流到输出端，反映从输入数据到输出数据所发生的立即变换。数据流描述主要是指非结构化的并行语句描述，是建立在用并行信号赋值语句描述基础上的。数据流描述方式可比较直观地表达底层逻辑行为。

##### 3) 结构描述

将设计看成多个功能块的相互连接，并且主要通过功能块的组件例化来表示。结构描述方式采用了结构化、模块化的设计思想，适合于大型复杂性设计。

三种描述风格中行为描述的抽象程度最高，最能体现 VHDL 描述高层次结构和系统的能力。正是 VHDL 语言的行为描述能力使自顶向下的设计方式成为可能。在实际应用中，为了能兼顾整个设计的功能、资源和性能几方面的因素，通常将以上三种描述方式混合使用。

## 1.3 典型例题和考研试题解析

### 1.3.1 典型例题解析

**【例 1.1】**  $(215.625)_{10} = ( \quad )_2 = ( \quad )_{16} = ( \quad )_8$

**【解题思路】** 本例考查几种基本的数制及数制相互间的转换，根据几种进制的转换方法即可得出。

十进制-二进制：整数部分，采用连续除 2 取余法，直到商为零；小数部分，采用连续乘 2 取整法，直到乘积小数部分为零或达到精度要求。

二进制-十六(八)进制：整数部分从低位起每 4(3)位一组，最高位一组如不足 4(3)位时以 0 补足，小数部分从高位起每 4(3)位一组，最低位一组如不足 4(3)位时也以 0 补足，然后依次以 1 位十六(八)进制数替换 4(3)位二进制数即可。

**【解题过程】** 十进制数转换成二进制数：

$\begin{array}{r} 2 \overline{) 215} \\ 2 \overline{) 107} \\ 2 \overline{) 53} \\ 2 \overline{) 26} \\ 2 \overline{) 13} \\ 2 \overline{) 6} \\ 2 \overline{) 3} \\ 2 \overline{) 1} \\ 0 \end{array}$	余1 余1 余1 余0 余1 余0 余1 余1 0	$\uparrow$	$\begin{array}{r} 0.625 \\ \times 2 \\ \hline 1.25 \\ 0.25 \\ \times 2 \\ \hline 0.5 \\ \times 2 \\ \hline 1.0 \end{array}$	整数部分是1 整数部分是0 整数部分是1	$\downarrow$
整数部分			小数部分		

二进制数转换成十六进制数：

$$\begin{array}{ccc} (1101 & 0111 & .1010)_2 = (D7.A)_{16} \\ \hline D & 7 & A \end{array}$$

二进制数转换成八进制数：

$$\begin{array}{cccc} (011 & 010 & 111 & .101)_2 = (327.5)_8 \\ \hline 3 & 2 & 7 & 5 \end{array}$$

故  $(215.625)_{10} = (11010111.101)_2 = (D7.A)_{16} = (327.5)_8$ 。

**【点评】** 在本例中，十进制数转换成十六(八)进制数是通过先将十进制数转化为二进制数，再将二进制数转化为十六(八)进制数的方法，实际上，十进制数完全可以直接转换成十六(八)进制数，方法与十进制数转换成二进制数相同：整数部分，采用连续除以要转换的进制数取余法；小数部分，采用连续乘以要转换的进制数取整法。比如：十进制数转换成十六进制数，整数部分采用连续除 16 取余法，小数部分采用连续乘 16 取整法。

**【例 1.2】** 十进制数 4097 的十六进制数表示为\_\_\_\_\_，二进制数表示为\_\_\_\_\_；十进制数-128 的二进制补码表示为\_\_\_\_\_。

**【解题思路】** 本例考查数制及数制间的转换以及原码、反码及补码的概念。

为提高运算速度，十进制数 4097 转换成十六进制数，采用连续除 16 取余法；二进制数可由十六进制数转换得到。

正数的原码、反码及补码相同，前面符号位取 0；负数的反码是除符号位外按位取反，负数的补码是在反码的最末位上加 1，负数的符号位取 1。

**【解题过程】**

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 4097} \\ 16 \overline{) 256} \dots\dots\dots \text{余数} = 1 = K_0 \\ 16 \overline{) 16} \dots\dots\dots \text{余数} = 0 = K_1 \\ 16 \overline{) 1} \dots\dots\dots \text{余数} = 0 = K_2 \\ 0 \dots\dots\dots \text{余数} = 1 = K_3 \end{array}$$

故 4097 转换成十六进制数为 1001，转换成二进制数为 1000000000001。

十进制数为-128 的二进制数表示为-10000000，原码为 1 10000000，将原码取反加 1 得补码为 110000000。

故 4097 的十六进制数表示为 1001，二进制数表示为 1000000000001；十进制数-128 的二进制补码表示为 110000000。

**【点评】** 由本例可以看出，对于较大的十进制数向二进制数的转换，可以借助于十六