科学与科技 – 数字电子

1. 数字电子与布尔代数之起源简介，第 1/2 部分

数字电子的**物理**和**数学**部分，是创建电子装置的基础，如：互联网、计算器、平板计算机、流动电话、机器人等，这些多不胜数的装置现时已成为我们生活的一部分，而构成当中数学部分的**基础理论工具**并使其得以发展的，就是**布尔代数**。

布尔代数起源于古代的智者和哲学家，例如**巴门尼德**，**柏拉图**和**亚里士多德**。后者对于“论证的逻辑结构”的深入研究，为 19 世纪和 20 世纪**演绎逻辑**的发展奠定了基础，其中包括**古典逻辑**，也称为**二元逻辑**（真-假）、**命题演算**或**一阶谓词演算**。

迄今所知，以下人士对**布尔代数**的发展作出了重要贡献：**乔治・布尔**（1815-1864），《逻辑的数学分析》和《思维规律的研究》；**奥古斯都・德・摩根**（1806-1871），《形式逻辑》（**德摩根定理**）。*(第 2/2 部分载于“数字电子 II”)*。

2. 套票，S273 (6/1) 至 (6/6)

在邮票 S273(6/1)至(6/6)中，对于**两个输入变量**的**非门**、**与门**和**或门**，均展示了相关的**真值表**、**布尔表达式**、**逻辑符号**、**基本电子电路**和**温氏图**。

2.1. 真值表、**布尔表达式**和**逻辑符号**，S273 (6/1) 至 (6/3)

在数字电子中，**真值表**是由 **n+1 列**和 **2^n+1 行**组成的数学表。

表中位于**左侧**的前 **n 列**为 **n 个输入变量(A, B, C ... N)**，而位于**右侧**的**最后一列**为**输出(S)**，即输入表达式的逻辑运算结果。

第一行列出了 n 个输入变量(A, B, C ... N)，**余下各行**则展示了相关输入变量的所有可能**组合**或**假设**，以及输出(S)，即输入表达式的相应运算结果。

布尔表达式是**逻辑表达式**的数学表示式。

逻辑符号是逻辑门或逻辑运算符的图形表示式。

2.2. 基本电子电路和**温氏图**，邮票 S273 (6/4) 至 (6/6)

邮票中展示的**逻辑门**电子电路是采用**双极性结型晶体管**，**NPN 型**和**共发射极配置**。简介如下：

双极性：使用**电子**或**空穴**作为**电荷载流子**；

N 型：由**两个 PN 结**紧接组成，共享一个 **P 型**公共端子。（一层 P 型半导体位于两层 N 型半导体之间）。连接到每层的**电极**分别称为：**发射极**、**基极**和**集电极**；

共发射极：**输入信号**是在**基极**和**发射极**之间施加，而**输出信号**是在**集电极**和**发射极**之间获得。

为使晶体管正常工作，需在 **PN 结**上施加相应的**直接极化电压**（**正向偏置**或**反向偏置**）。

当施加在 **P 型端子**上的**电压**高于 **N 型端子**，且电位差高于**势垒电压**时，**硅二极管**通常在 **0.7V** 左右，**结**为**正向偏置**状态。相反，当施加在 **N 型端子**上的**电压**高于 **P 型端子**时，结为**反向偏置**状态。

根据于**发射结**和**集电结**施加的**极化电压**，晶体管的**工作区**可分为**:**

a) **放大区**（作为**放大器**）。参见下图 a)

在此工作模式下，**基极 - 集电极结**为**反向偏置**，而**基极 - 发射极结**为**正向偏置**。

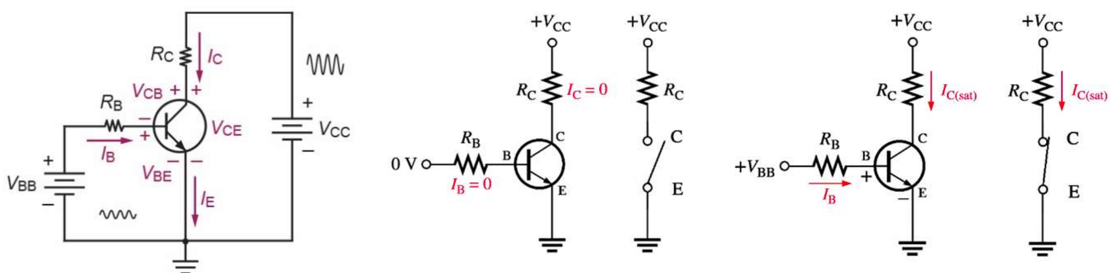
流入基极 - 发射极电路的基极电流 $\mathbf{I_B}$ 控制集电极电路中的集电极电流 $\mathbf{I_C}$。基极至集电极电流的**微小**变化将导致集电极电流的**显著**变化，（**放大**） $\mathbf{I_C = \beta I_B}$；

b) **截止区**（作为**开路开关**）。参见下图 b)

两个结都是**反向偏置**的状态，因此没有电流流通($\mathbf{I_E = I_B = I_C = 0}$)。 这时晶体管就像一个**开路开关(OFF)**，代表**逻辑值 0**；

c) **饱和区**（作为**闭路开关**）。参见下图 c)

两个结都是**正向偏置**的状态，通过结的电流 $\mathbf{I_C = I_E}$。这时晶体管就像一个**闭路开关 (ON)**，代表**逻辑值 1**。



a) 放大　　b) 截止　　c) 饱和

应用以上所述，并以**或门**的**基本电路**为例，邮票 **S273 (6/6)**，其真值表得以确认。因此:

当**输入端 A** 和 **B** 的电压均为“**低**，**0**”时，两个 T1 晶体管的结均为反向偏置，处于截止区。两个 T1 晶体管的集电极和发射极之间都没有电流（开路），**输出电压**也为“**低**，**0**”，接近 0 V；

当**输入端 A** 和 **B 任一**或**两者**的电压为“**高**，**1**”时，相应 T1 晶体管的结为正向偏置，并在饱和区工作。电流在相关 T1 晶体管的集电极和发射极之间通过（闭路），**输出电压**为“**高**，**1**”，接近 V_{CC} V。

温氏图（约翰・维恩 1834-1923）是用来表示集合（具有相同性质的一组事物）之间关系的一种**图形表示方法**。其中，**全集 U** 以**矩形**、**特定集合 A, B, ... N** 以**椭圆形**或**圆形**来表示彼此之间存在的关系。

在**单个集合 A** 的情况下（见邮票 S273 (6/4)），存在属于和不属于 A 的元素。那些不属于该集合的元素，在**集合论**中对应于“**补集，c**”，而**数字电子**中则对应于**逻辑否定**或**运算符非**。

如果**集合 A** 和**集合 B 部分重迭**（见邮票 S273 (6/5)），则这两个集合有公共元素及不属于对方集合的元素。**集合论**中的**公共元素**对应于“**交集，∩**”，而**数字电子**中则对应于**逻辑乘法**或**运算符与**。

在集合论中，属于**集合 A** 或**集合 B** 或同时属于**两者**的**元素集**（见邮票 S273 (6/6)）在**集合论**中对应于“**并集，∪**”，而在**数字电子**中则对应于**逻辑加法**或**运算符或**。

3. 小版张，公理

公理，是不需**证明**就被接受为**真**的**前提**或**陈述**。在小版张的下方，列出了与运算“+和•（或和与）”有关的 5 **个公理**。

4. 小型张，半加器电路，B 229 (1/1)

小型张展示了：两个称为**半加器**的电子电路（I 和 II）（**全加器电路**将在下期 “数字电子 II”中介绍），可实现**两位**的**加法运算**，当中**和**记作 **S**、**进位输出**记作 **Ts**；相关运算的真值表；逻辑表达式；以及乔治・布尔的肖像。

电路的逻辑表达式可从真值表中直接获得， **S = (0110)**对应于 $\bar{A}B+A\bar{B}$ 或 $A\oplus B$（**XOR**，**异或**，于下期 “数字电子 II”中介绍），**Ts = (0001)**对应于 **A•B**。

5. 首日封，**卡诺图**，ENA274 及 ENB 231

通过**卡诺图**得出的**简化**，表达式 F 由**最初 11 项**简化至**最终 3 项**，且每项不包含所有**变量**，从而**节省**了大量**电子电路**。

相关的简化通过以 **3 个矩形**（**绿色**，**红色**和**蓝色**）把 **16 个小方格**中**，**值为 **1** 的方格全部围起来，从而分别得出 3 个经简化的最终项，$A\bar{C}$、**D** 和 $\bar{A}BC$。

以**绿色矩形**为例，$A\bar{C}$项可依如下所示获得。

变量：

“ A”在（AB，11，10）中始终取值为 **1**，因此为 **A**；
“ B”在（AB，11，10）中的取值为 **1** 和 **0**，因而被消除；
“ C”在（CD，00，01）中始终取值为 **0**，因此为 $\bar{C}$；
“ D”在（CD，00，01）中的取值为 **0** 和 **1**，因而被消除。

把相同的原理应用于**红色**和**蓝色矩形**，将分别得到简化项 **D** 和 $\bar{A}BC$。

构思及文章作者：罗庇士