

科學與科技 - 數字電子

1. 數字電子與布爾代數之起源簡介，第 1/2 部分

數字電子的物理和數學部分，是創建電子裝置的基礎，如：互聯網、計算機、平板電腦、流動電話、機器人等，這些多不勝數的裝置現時已成為我們生活的一部分，而構成當中數學部分的**基礎理論工具**並使其得以發展的，就是**布爾代數**。

布爾代數起源於古代的智者和哲學家，例如**巴門尼德**，**柏拉圖**和**亞里士多德**。後者對於“論證的邏輯結構”的深入研究，為 19 世紀和 20 世紀**演繹邏輯**的發展奠定了基礎，其中包括**古典邏輯**，也稱為**二元邏輯**（真-假）、**命題演算**或**一階謂詞演算**。

迄今所知，以下人士對**布爾代數**的發展作出了重要貢獻：**喬治·布爾**（1815-1864），《**邏輯的數學分析**》和《**思維規律的研究**》；**奧古斯都·德·摩根**（1806-1871），《**形式邏輯**》（**德摩根定理**）。（第 2/2 部分載於“數字電子 II”）。

2. 套票，S273 (6/1) 至 (6/6)

在郵票 S273(6/1)至(6/6)中，對於兩個輸入變量的**非門**、**與門**和**或門**，均展示了相關的**真值表**、**布爾表達式**、**邏輯符號**、**基本電子電路**和**溫氏圖**。

2.1. 真值表、布爾表達式和邏輯符號，S273 (6/1) 至 (6/3)

在數字電子中，**真值表**是由 $n+1$ 列和 2^{n+1} 行組成的數學表。

表中位於左側的前 n 列為 n 個輸入變量(A, B, C ... N)，而位於右側的最後一列為輸出(S)，即輸入表達式的邏輯運算結果。

第一行列出了 n 個輸入變量(A, B, C ... N)，餘下各行則展示了相關輸入變量的所有可能組合或假設，以及輸出(S)，即輸入表達式的相應運算結果。

布爾表達式是**邏輯表達式**的數學表示式。

邏輯符號是邏輯門或邏輯運算符的圖形表示式。

2.2. 基本電子電路和溫氏圖，郵票 S273 (6/4) 至 (6/6)

郵票中展示的**邏輯門**電子電路是採用**雙極性結型晶體管**，**NPN 型**和**共發射極配置**。簡介如下：

雙極性：使用**電子**或**空穴**作為**電荷載流子**；

N 型：由兩個 **PN 結**緊接組成，共享一個 **P 型**公共端子。（一層 **P 型**半導體位於兩層 **N 型**半導體之間）。連接到每層的**電極**分別稱為：**發射極**、**基極**和**集電極**；

共發射極：輸入信號是在**基極**和**發射極**之間施加，而輸出信號是在**集電極**和**發射極**之間獲得。

為使晶體管正常工作，需在 **PN 結**上施加相應的**直接極化電壓**（**正向偏置**或**反向偏置**）。

當施加在 P 型端子上的電壓高於 N 型端子，且電位差高於勢壘電壓時，硅二極管通常在 0.7V 左右，結為正向偏置狀態。相反，當施加在 N 型端子上的電壓高於 P 型端子時，結為反向偏置狀態。

根據於發射結和集電結施加的極化電壓，晶體管的工作區可分為：

a) 放大區（作為放大器）。參見下圖 a)

在此工作模式下，基極 - 集電極結為反向偏置，而基極 - 發射極結為正向偏置。

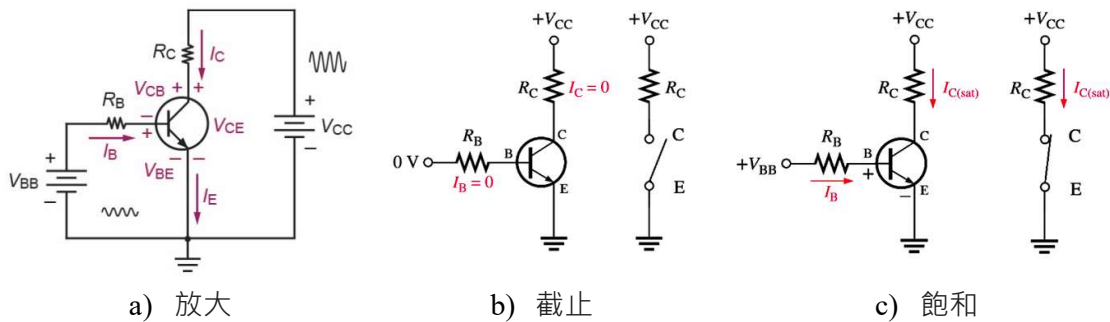
流入基極 - 發射極電路的基極電流 I_B 控制集電極電路中的集電極電流 I_C 。基極至集電極電流的微小變化將導致集電極電流的顯著變化，（放大） $I_C = \beta I_B$ ；

b) 截止區（作為開路開關）。參見下圖 b)

兩個結都是反向偏置的狀態，因此沒有電流通過 ($I_E = I_B = I_C = 0$)。這時晶體管就像一個開路開關 (OFF)，代表邏輯值 0；

c) 飽和區（作為閉路開關）。參見下圖 c)

兩個結都是正向偏置的狀態，通過結的電流 $I_C = I_E$ 。這時晶體管就像一個閉路開關 (ON)，代表邏輯值 1。



應用以上所述，並以或門的基本電路為例，郵票 S273 (6/6)，其真值表得以確認。因此：

當輸入端 A 和 B 的電壓均為“低，0”時，兩個 T1 晶體管的結均為反向偏置，處於截止區。兩個 T1 晶體管的集電極和發射極之間都沒有電流（開路），輸出電壓也為“低，0”，接近 0 V；

當輸入端 A 和 B 任一或兩者的電壓為“高，1”時，相應 T1 晶體管的結為正向偏置，並在飽和區工作。電流在相關 T1 晶體管的集電極和發射極之間通過（閉路），輸出電壓為“高，1”，接近 V_{CC} V。

溫氏圖（約翰·維恩 1834-1923）是用來表示集合（具有相同性質的一組事物）之間關係的一種圖形表示方法。其中，全集 U 以矩形、特定集合 A, B, ... N 以橢圓形或圓形來表示彼此之間存在的關係。

在**單個集合 A**的情況下（見郵票 S273 (6/4)），存在屬於和不屬於 A 的元素。那些不屬於該集合的元素，在**集合論**中對應於“**補集，c**”，而在**數字電子**中則對應於**邏輯否定或運算符非**。

如果**集合 A**和**集合 B****部分重疊**（見郵票 S273 (6/5)），則這兩個集合有公共元素及不屬於對方集合的元素。**集合論**中的公共元素對應於“**交集， \cap** ”，而在**數字電子**中則對應於**邏輯乘法或運算符與**。

在**集合論**中，屬於**集合 A**或**集合 B**或同時屬於**兩者**的**元素集**（見郵票 S273 (6/6)）在**集合論**中對應於“**並集， \cup** ”，而在**數字電子**中則對應於**邏輯加法或運算符或**。

3. 小版張，公理

公理，是不需證明就被接受為**真的前提或陳述**。在小版張的下方，列出了與運算“+ 和 \cdot （或和與）”有關的**5 個公理**。

4. 小型張，半加器電路，B 229 (1/1)

小型張展示了：兩個稱為**半加器**的電子電路（I 和 II）（**全加器電路**將在下期“**數字電子 II**”中介紹），可實現**兩位元的加法運算**，當**中和**記作 **S**、**進位輸出**記作 **Ts**；相關運算的真值表；**邏輯表達式**；以及喬治·布爾的肖像。

電路的邏輯表達式可從真值表中直接獲得，**S = (0110)**對應於 $\bar{A}B + A\bar{B}$ 或 $A \oplus B$ （**XOR**，**異或**，於下期“**數字電子 II**”中介紹），**Ts = (0001)**對應於 $A \cdot B$ 。

5. 首日封，卡諾圖，ENA274 及 ENB 231

通過**卡諾圖**得出的**簡化**，表達式 F 由**最初 11 項**簡化至**最終 3 項**，且每項不包含所有**變量**，從而**節省了大量電子電路**。

相關的簡化通過以**3 個矩形**（**綠色**，**紅色**和**藍色**）把**16 個小方格**中，值為**1**的方格全部圍起來，從而分別得出**3 個經簡化的最終項**， **$A\bar{C}$** 、**D**和 **$\bar{A}BC$** 。

以**綠色矩形**為例， **$A\bar{C}$** 項可依如下所示獲得。

變量：

“**A**”在（**AB**，**11**，**10**）中始終取值為**1**，因此為**A**；

“**B**”在（**AB**，**11**，**10**）中的取值為**1**和**0**，因而被消除；

“**C**”在（**CD**，**00**，**01**）中始終取值為**0**，因此為 **\bar{C}** ；

“**D**”在（**CD**，**00**，**01**）中的取值為**0**和**1**，因而被消除。

把相同的原理應用於**紅色**和**藍色矩形**，將分別得到簡化項**D**和 **$\bar{A}BC$** 。

構思及文章作者：羅庇士