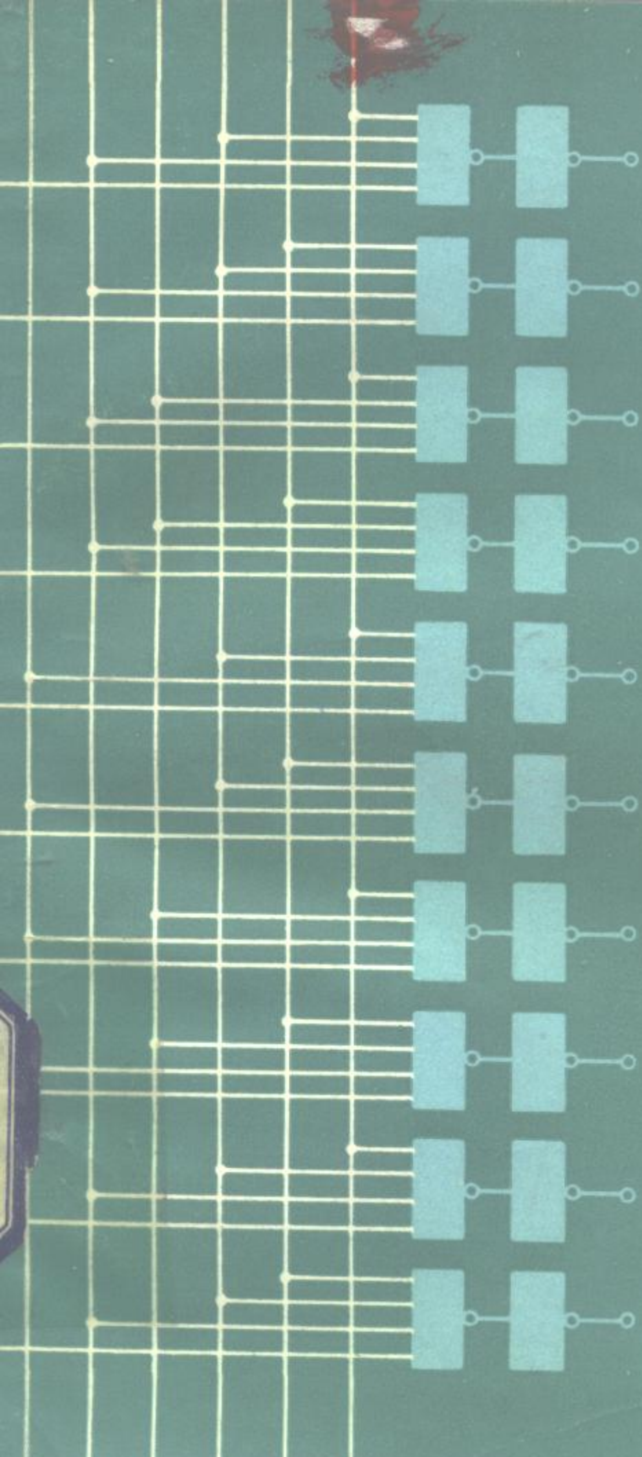


开关电路设计

吴朔平　编著

人民邮电出版社

开关电路设计

吴朔平　编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书介绍了"门"开关电路的设计方法。作者力图将组合电路及触发器电路设计步骤规范化，对触发器电路设计规定了"七步设计程序"；对于时序"门"电路设计，书中着重讨论稳定性问题，并列出"八步设计规范"。全书叙述简明，例题多，实用性较强。

本书可供从事数字电路工作的技术人员阅读，也可供大专院校师生参考。

Kaiguan Dianlu Sheji

开关电路设计

吴朔平 编著

责任编辑：高坦弟

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32　　1983年 9 月 第 一 版

印张：4 24/32 页数：76　　1983年9月河北第一次印刷

字数：106 千 字　　印数：1—26,000 册

统一书号：15045·总2740—无6243

定价：0.64 元

序

在近代自动控制设备中，开关电路俯拾皆是；电和自动控制结合，就形成了复杂的开关电路。这本小册子，可以帮助读者尽快掌握开关电路的设计方法。

本书介绍以“与非门”为基础的开关电路设计。主要内容分三部分：(一)组合电路（见第三章），(二)时序“门”电路（见第四章），(三)触发器电路（见第六章）。组合电路及触发器电路设计方法类似；本书主要是使它们的设计步骤规范化，特别是规定了触发器电路的“七步设计程序”，设计及复核都比较简便了。至于时序“门”电路，因为是一个反馈系统，有保持稳定的要求。处理这个问题，我们订出了“八步设计规范”，并采用了三项“简捷方法”，使整个设计过程步骤清晰，运用方便。其中第三种简捷方法，即从布尔代数式直接画波形的设想，能节省大量的设计时间。书中对“门”电路的稳定性也进行了比较详尽的讨论。

本书叙述采用“案”“历”法，即一开始就提出具体设计要求及设计方案，并对设计过程作比较详细的解释。这样，通过第一个例题，读者就经历了主要设计过程；综合性的设计规范、条文、则列在文后。读者经过短期学习，就可以承担较简单的设计任务。

本书中的内容曾在1976年配合刘彦堂医生领导的工作中为一个学习班讲授过。试讲过程中得到韩文义、孙淑惠、王励、吴大文等同志的协助；吴锦兰同志通过具体设计说明方法是可行的⑦。书稿编定过程中，安徽合肥工业大学李文峰同志及清华大学宗孔德同志提出了许多宝贵意见，何川、刘涟同志也做了大量工作，在此一并致谢。

吴朔平

目　　录

第一章　几个布尔代数公式

布尔代数适用于逻辑推理、集论（用于概率论、泛函分析，实变函数论，拓朴学等学科）以及开关电路。

用开关电路，可以模拟逻辑上的“是”、“否”、“或”、“与”等关系。开关闭合时，代表“是”，数学上称为“1”；开关断开时，代表“否”，数学上称为“0”。

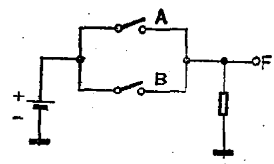


图 1.1

设A，B代表两个不同的开关。逻辑上的“A或B”这种“或”的关系，可用图1.1所示的开关电路来代表。这个电路的状态是：当A、B都断开时，$F=0$；

当A断开、B闭合时，$F=1$；

当A闭合，B断开时，$F=1$；

当A、B都闭合时，$F=1$。

由此可见，“或”的逻辑关系是：“A或B两条论断有一个对，结论就是对的。”

这种关系可以用表1.1示出的真值表来表达。若用布尔代数表达就是：

表 1.1

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$F=A+B \qquad (1)$$

如果$A=B=1$，则有

$$1+1=1 \qquad (2)$$

这是布尔代数中的一种基本关系。显然这种关系跟普通代数

不同。

逻辑上的"A与B"这种"与"的关系，可用图1.2示出的开关电路说明。不难看出，"与"的逻辑关系是："一定要A和B两条论断都正确，结论才算正确。"表1.2是"与"逻辑关系的真值表。"与"的布尔代数表达式是：

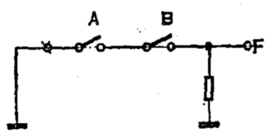


图 1.2

表 1.2 "与"的真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$A \cdot B = F$$

或写作 $AB=F$ （3）

这个关系式，从真值表上来看，跟普通代数比较接近。

对布尔代数的几个公式作简单说明用范氏图形比较方便。图1.3是最基本的范氏图。图中长方形是我们要讨论的事物的全部，称为"**总集**"，记作u。A这个圆圈在总集u之内。A的内部代表$A=1$的区域，记作A；A的外部但仍在u之内的一部分代表$A=0$的区域，记作$\overline{A}$，读作"**A非**"，即图1.4中的阴影区。

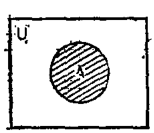


图 1.3

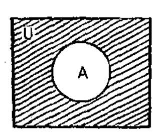
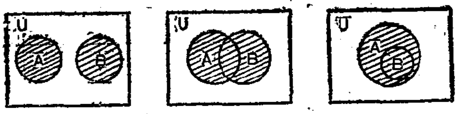


图 1.4

图1.5(甲)、(乙)、(丙)中的阴影区都代表$A+B$这个"A或B"的关系。用普通几何概念来说，图(甲)中的"$A+B$"区等于A区加B区；图(乙)中的"$A+B$"区等于A区加B区



（甲）　（乙）　（丙）

图 1.5

再减去A和B的共同区，结果就是图(乙)中的阴影区。图(丙)中的“$A+B$”区就等于A区。为使这个概念形象化，可以设想A和B是两支手电筒射在墙上的光圈：“是”的区域就是亮的区域，“非”的区域就是暗的区域。显然，“亮”就是亮，一支电筒照“亮”的区域，再被一支电筒的光照射，也只不过更亮些而已。肯定一次的事情是“是”，肯定一百次，还是“是”。所以有$A+A=A$；$A+A+A+\cdots=A$。图1.6中的阴影区代表$A\cdot B$这个“与”的关系。

用类似的逻辑推理，不难看出，图1.7中的阴影区代表“$A+B$”这个布尔函数之“非”，记作$\overline{A+B}$；图1.8中的阴影区代表“AB”这个“A与B”的布尔函数之“非”，记作$\overline{AB}$。

现在，让我们就在这几个简单的范氏图上推出几个最常用

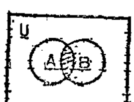


图 1.6

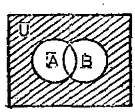


图 1.7

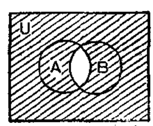


图 1.8

的布尔代数公式。

从图1.4可以推出：

$$\overline{\overline{A}}=A \qquad (4)$$

即“否定”之“否定”是“肯定”。

从图1.3及图1.5可以推出：

$$A+A=A \tag{5}$$

同理，从图1.4可以推出：

$$\overline{A}+\overline{A}=\overline{A} \tag{5a}$$

从图1.6可以推出：

$$A\cdot A=A \tag{6}$$

因为A区与A区的共同区就是A区。

同理，

$$\overline{A}\cdot\overline{A}=\overline{A} \tag{6a}$$

从图1.3及图1.4可以推出：

$$A+\overline{A}=u \tag{7}$$

从图1.3、图1.4及图1.6可以推出：

$$A\overline{A}=0 \tag{8}$$

从图1.3及图1.5可以推出：

$$A+u=u \tag{9}$$

从图1.3及图1.6可以推出：

$$A\cdot u=A \tag{10}$$

从图1.5可以推出：

$$A+0=A \tag{11}$$

从图1.6可以推出：

$$A\cdot 0=0 \tag{12}$$

从图1.6又可以推出：

$$A+AB=A \tag{13}$$

从图1.8可以推出：

$$\overline{A}+\overline{B}=\overline{AB} \tag{14}$$

这是一个很重要的公式，称为**反演律**（即所谓狄摩根定律）。

在以上这些公式的基础上，可以进行布尔代数的一些代数

推导。首先在开关电路上，可作如下的简化：A、B等布尔代数的变元，只取1或0这两个值。这样从(7)式可看出：

$$u=1+0=1 \tag{15}$$

因而(7)式就可写作：

$$A+\overline{A}=1 \tag{16}$$

(9)式也可以写作：

$$A+1=1 \tag{17}$$

(10)式可以写作：

$$A\cdot 1=A \tag{18}$$

还要建立一个布尔代数运算规律。(13)式可以写作：

$$
\begin{aligned}
A+AB&=A\cdot(1+B) && \text{〔提公因子〕}\\
&=A\cdot 1 && \text{〔用(17)式〕}\\
\therefore\quad A+AB&=A && \text{〔用(18)式〕}
\end{aligned}
$$

这个提公因子的运算，跟普通代数类似。

这样还可以推导出下列几个公式：

$$
\begin{aligned}
A+\overline{A}B&=A+AB+\overline{A}B && \text{〔用(13)式〕}\\
&=A+B(A+\overline{A}) && \text{〔提公因子〕}\\
&=A+B\cdot 1 && \text{〔用(16)式〕}\\
\therefore\quad A+\overline{A}B&=A+B && \text{〔用(18)式〕} \quad (19)
\end{aligned}
$$

$$AB+A\overline{B}=A(B+\overline{B})=A \quad \text{〔用(16)式〕} \quad (20)$$

$$
\begin{aligned}
AB+\overline{A}C+BC&=AB+\overline{A}C+BC(A+\overline{A}) && \text{〔用(16)式〕}\\
&=AB+\overline{A}C+ABC+\overline{A}BC\\
&=AB+ABC+\overline{A}C+\overline{A}BC && \text{〔去括号换位〕}\\
\therefore\quad AB+\overline{A}C+BC&=AB+\overline{A}C && \text{〔用(13)式〕} \quad (21)
\end{aligned}
$$

现在再以反演律(14)式用代换法作一些推导：

$$\overline{A}+\overline{B}=\overline{AB} \tag{14}$$

如作$A\to\overline{A}$和$B\to\overline{B}$的代换，则得

$$\overline{\overline{A}}+\overline{\overline{B}}=\overline{\overline{A}\ \overline{B}}\text{即}A+B=\overline{\overline{A}\ \overline{B}}\quad\text{〔用(14)式〕}\quad(22)$$

再将上式两边取“非”则得

$$\overline{A+B}=\overline{A}\ \overline{B}\quad(23)$$

如将(14)式两边取“非”则得

$$\overline{\overline{A}+\overline{B}}=AB\quad(24)$$

下面将这些常用的布尔代数公式编号排列如下，以便参考。

(Ⅰ) $\overline{\overline{A}}=A$

(Ⅱ) $A+A=A$　　$A\cdot A=A$

(Ⅲ) $A+\overline{A}=1$　　$A\cdot\overline{A}=0$

(Ⅳ) $A+1=1$　　$A\cdot 1=A$

(Ⅴ) $A+0=A$　　$A\cdot 0=0$

(Ⅵ)-a　$\overline{A}+\overline{B}=\overline{A\,B}$　（反演律）

-b　$A+B=\overline{\overline{A}\cdot\overline{B}}$

-c　$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$

-d　$\overline{\overline{A}+\overline{B}}=AB$

（注意：“$\overline{A}\cdot\overline{B}$”不同于“$\overline{A\cdot B}$”。）

(Ⅶ) $A+AB=A$

(Ⅷ) $A+\overline{A}B=A+B$

(Ⅸ) $AB+A\overline{B}=A$

(Ⅹ) $AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$

注意：布尔代数服从交换律，即

$$A+B=B+A$$

$$A\cdot B=B\cdot A$$

第二章　基 本 门 电 路

(一)基本门电路介绍

小规模集成电路中，有一些代表基本逻辑函数的“门”电路。下面介绍几种最常用的：

1. **“非”门**

符号：见图2.1。A是输入，F_1是输出。

布尔式：

$$F_1=\overline{A} \qquad (1)$$

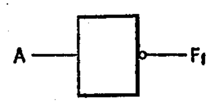


图 2.1

真值表：

A	F_1	说　明
0	1	$A=0$ 时，$F_1=1$
1	0	$A=1$ 时，$F_1=0$

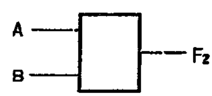


图 2.2

2. **“与”门**

符号：见图 2.2 。图示为双输入端“与”门。

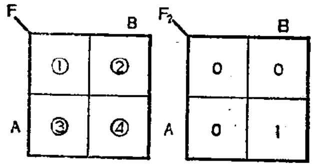
布尔式：

$$F_2=AB \qquad (2)$$

真值表：

A	B	F_2	说　明
0	0	0	$A=0$，$B=0$ 时，$F_2=0$
0	1	0	$A=0$，$B=1$ 时，$F_2=0$
1	0	0	$A=1$，$B=0$ 时，$F_2=0$
1	1	1	$A=1$，$B=1$ 时，$F_2=1$

真值表用矩阵的形式列出，比较便于运算。矩阵一般格式及相应的“与”门矩阵如左图所示。



矩阵每格的位置，表明输入信号A和B的情况：带边标A的一行都是$A=1$，不带边标的一行则全是$A=0$；带顶标B的一列，全是$B=1$，不带顶标的一列全是$B=0$（横为行，竖为列）。为便于说明，给每小格编了号，每格代表的输入A和B的状态（矩阵本位值）如表2.1所示。

表 2.1　　　　矩 阵 本 位 值

小格编号	输入信号		布尔代数符号
	A	B	
①	0	0	$\overline{A}$　$\overline{B}$
②	0	1	$\overline{A}$　B
③	1	0	A　$\overline{B}$
④	1	1	A　B

列矩阵时，根据对输出函数F的要求，在小格内填入0或1。这种矩阵跟小学的加法表和乘法表很相似。

现在，再重复一遍：根据顶标及边标，小格的位置就决定了输入信号的状态，这个状态称为小格的**本位值**(或**激励值**)。小格内填入的数码是在这种激励状态下输出信号的状态，称为**函数值**。**在下面的布尔式中，一律将函数符号写在等号的左边，所有激励信号的符号，都写在等号的右边。**

一般的矩阵比较复杂，顶标、边标都不止一个，函数值也不止一个码子，但它们的含义仍跟上面介绍的一样。

3. “与非”门（先“与”后“非”）

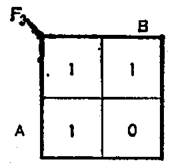
符号：见图2.3。

布尔式：　　$F_3=\overline{AB}$　　（3）

真值表：

A	B	F_3
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

矩　阵：



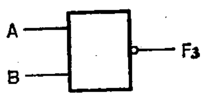


图　2.3

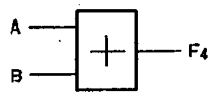


图　2.4

4. “或”门

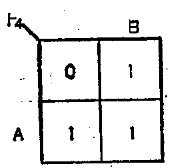
符号：见图2.4。

布尔式：　　$F_4=A+B$　　（4）

真值表：

A	B	F_4
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

矩　阵：



5. “或非”门（先“或”后“非”）

符号：见图2.5。

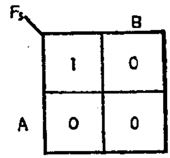
布尔式：　　$F_5=\overline{A+B}$　　（5）

真值表：

A	B	F_5
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$F_5=\overline{F_4}$

矩 阵：



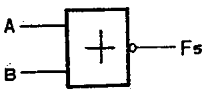


图 2.5

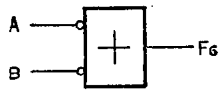


图 2.6

6. **“非或”门（先“非”后“或”）**

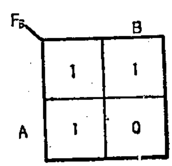
符号：见图2.6。

布尔式：　　$F_6=\overline{A}+\overline{B}$　　　　(6)

真值表：

A	B	F_6
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

矩 阵：



7. **“异或”门**

符号：见图2.7。

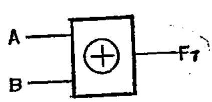


图 2.7

布尔式：　　$F_7=A\overline{B}+\overline{A}B$　　　　(7)