逻辑设计手册

大众翻译组

科学出版社

邏輯設計手册

大众翻译组 译

科学出版社

内 容 提 要

本书介绍数字计算电路的逻辑设计方法，首先扼要叙述逻辑设计的基础——布尔代数，然后分别对组合开关线路和时序线路的最小化逐步设计技巧进行了讨论，最后从可靠性出发着重讨论了如何消除开关线路中的竞争冒险现象。本书特点是列举了大量的例子和典型的组合线路最佳化设计的表格，便于查阅使用。

本书适用于从事数字控制和电子数字计算机研制单位的工人、技术人员和科研人员，也可供数字计算机专业的教师和学生参考。

逻 辑 设 计 手 册

科学出版社 出版

北京朝阳門内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

*

1972 年 1 月第一版　　1972 年 1 月第一次印刷

定 价： 0.35 元

毛主席語录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

外国有的，我们要有，外国没有的，我们也要有。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

译 者 前 言

在毛主席“**工人阶级必须领导一切**”的伟大教导下，我国的工人阶级怀着为伟大领袖毛主席争光的豪情壮志，坚持“**独立自主，自力更生**”的伟大方针，正在攀登科学技术高峰，赶超世界先进水平的大道上奋勇前进！

随着我国电子技术的迅速发展，从事数字控制和电子数字计算机研制的单位日益增多．为了适应这种形势的需要，我们遵照毛主席“**洋为中用**”的伟大教导，翻译了《逻辑设计手册》一书，供从事在这方面工作的工人、技术人员和科研人员参考．

全书共分六章，首先介绍了逻辑设计的基础——布尔代数；其次分别对组合开关线路和时序线路最小化逐步设计技巧一一进行了讨论；最后从可靠性出发研究了这些开关线路中的竞争冒险现象——给出了检查它们的存在的方法，讨论了它们对线路运行的影响，提出了消除它们的方法．本书的特点在于从使用的观点出发，每章在作了简要的介绍之后都列举了大量的例子，并列出了典型的组合线路最佳化设计的表格，便于查阅使用．

本书系手册性参考书，故对书中所介绍的技术缺乏系统性和综合性的论述．

对于本书，我们应当遵照毛主席“……**应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化**”的伟大教导，批判地使用．此外，原书的作者站在资产阶级立场上对书中推荐的方法所作的评价缺乏客观的态度，我们也应当批判地对待．

由于我们学习毛主席著作不够，思想水平不高和三大革命斗争的实践经验不足，译文中一定有不少缺点和错误，希望读者批评指正。

译　者

目　录

第一章 布尔代数

本书中有关布尔代数的论述，都是数字开关线路设计者在实际工作中所需要的. 所介绍的布尔代数，可用作设计可靠的最小开关线路的工具和发展逻辑思维的手段.

1.1 布尔代数的变量、运算和定律

如果我们回忆起中学时代学习过的普通代数，那末布尔代数是非常容易理解的. 我们曾学习过，如何运用对变量的某些运算来解方程. 这些运算包括加、减、乘和除；用 X, Y, Z 等符号表示的变量，可以是从负无穷大到正无穷大的任意数值. 为了便于运用，必须将每一种运算的规则谙记在心. 例如，我们学习过"运算表"并用来解方程. 我们知道：

$8+2=10$; $8-2=6$; $8\times 2=16$; $8\div 2=4$, 等等.

大家也都熟悉，普通代数表示式运算中极其重要的三个定律. 这就是：

（1）交换律

$$A+B=B+A$$

$$AB=BA$$

即在加法和乘法项中，变量次序的交换不影响代数式的数值.

（2）结合律

$$A+(B+C)=(A+B)+C$$

$$A(BC)=(AB)C$$

即在代数式中，只要连接符号不变，变量可以任意组合.

(3) 分配律

此定律也是熟知的，它用来将代数式展开和提出因子.

例如：

代数式 $f=(A+B)(C+D)$，将两个和式简单地乘出后可展开成 $AC+AD+BC+BD$.

同样，代数式 $f=AB+AC+BD+CD$ 提出公因子可变换成 $f=A(B+C)+D(B+C)$.

再提出公因子后结果为：

$$f=(A+D)(B+C)$$

布尔代数与普通代数一样，我们按照特定的规则在表示式中处理变量以得到最佳的或最适合我们需要的形式.因此，逻辑步骤的第一步是研究布尔表示式中变量可能具有的数值；第二步是研究这些变量能完成那一种运算；最后是研究那一种定律(若有的话)可以促使对变量的处理.

1.1.1 布尔代数中的变量

布尔代数中的变量只能是二个数之中的一个，即 0 或 1 .

1.1.2 布尔代数中的运算

布尔代数中的运算就是加、乘和反相，每一个运算的规则是：

(1) 加法规则

加法规则列于表 1. P_1 为变量 A 和 B 的或函数，用符号表示为：

$$P_1=A+B$$

读作“P_1 等于 A 加 B”或“P_1 等于 A 或 B”.

(2) 乘法规则

乘法规则列于表 2． P_2 为变量 A 和 B 的与函数，用符号表示为：

$$P_2 = A \cdot B$$

读作“P_2 等于 A 乘 B”或“P_2 等于 A 与 B”．

A	B	$P_1 = A + B$
0	0	$0+0=0$
0	1	$0+1=1$
1	1	$1+1=1$
1	0	$1+0=1$

表 1　变量 A 和 B 的加法表

A	B	$P_2 = A \cdot B$
0	0	$0 \cdot 0 = 0$
0	1	$0 \cdot 1 = 0$
1	1	$1 \cdot 1 = 1$
1	0	$1 \cdot 0 = 0$

表 2　变量 A 和 B 的乘法表

实际上，这与普通代数一样，经常将乘项之间的圆点省略，例如：$P_2 = A \cdot B$ 也可写成 $P_2 = AB$.

注：在这一节中值得注意的是上述两种运算没有进位．即是说，除了 $1 + 1 = 1$ 而不等于 2 以外，表 1 和表 2 所列结果与十进制的运算是相同的．

(3) 反相(互补)规则

定义：0 的补为 1 和 1 的补为 0． 变量 A 的补为 $\underline{A}$，读作“非 A”．表示如下：

如果 $A = 0$，则 $\underline{A} = 1$

如果 $A = 1$，则 $\underline{A} = 0$

1.1.3　布尔代数的定律

普通代数中应用的交换律、结合律和分配律同样也适用于布尔代数．

根据交换律：

A + B 可变换成 B + A 和 AB 可变换成 BA.

同样，根据结合律：

A + (B + C) 可变换成 (A + B) + C 和 A(BC) 可变换成 (AB)C.

根据分配律布尔代数式与普通代数式一样，用完全相同的方法来展开或提出因子．例如：

(A + B)(C + D) 经简单相乘后可展开成 AC + AD + BC + BD;

同样，一个布尔式可用普通代数法提因子．请看下述例子：

$$
\begin{aligned}
f &= AB + AC + BD + CD \\
&= A(B + C) + D(B + C) \\
&= (A + D)(B + C)
\end{aligned}
$$

1.2 两种代数的比较

(1) 变量

在普通代数中变量可以是从负无穷大到正无穷大之间任意一个数或任意一个复数，而在布尔代数中变量只能是 0 或者是 1.

(2) 运算

在布尔代数中只有三种基本运算，即：**加法、乘法和反相**，没有除法和减法．相应每一种运算的表格比之普通代数中相应的运算表格简单得多.

(3) 定律

因为两种代数应用同样的定律，故布尔式能用与普通代数式同样的方法来进行处理.

基本的布尔关系式

由加法、乘法和反相规则可直接得到如下关系：

$$A+0=A \qquad A\cdot 0=0 \qquad A+\underline{A}=1$$

$$A+1=1 \qquad A\cdot 1=A \qquad A\cdot\underline{A}=0$$

$$A+A=A \qquad A\cdot A=A$$

1.3 卡 諾 图

考虑表示式 P = A + BC. P 之值决定于 A, B 和 C 的值. A, B 和 C 可能有八种不同的数值. 应用乘法和加法规则可确定每一种情况下 P 的数值. 这些 P 的数值列于表 3, 一般把表 3 称作真值表. 实际上真值表是一种包含了一个表示式中所有可能数值的表格.

A	B	C	P = A+BC	分組号
0	0	0	0+0·0=0	1
0	1	0	0+1·0=0	2
1	1	0	1+1·0=1	3
1	0	0	1+0·0=1	4
1	0	1	1+0·1=1	5
1	1	1	1+1·1=1	6
0	1	1	0+1·1=1	7
0	0	1	0+0·1=0	8

表 3 函数 P = A + BC 的真值表

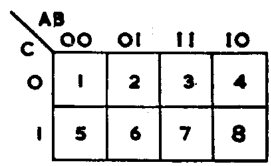

图 1 三个变量的卡诺图

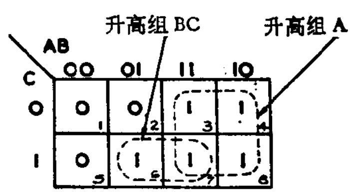

图 2 函数 A + BC 的卡诺图

下一步讨论图 1, 它就是有名的卡诺图.

图 1 有八个方块. 每个方块对应于一种 A, B 和 C 的数值. 例如: 方块 6 与表 3 中第 7 种情况相对应, 即 A=0, B=1

和 C = 1.

图 1 重新画出（图 2），在每一方块中记入相应于每一个 A, B 和 C 数值的 P 的值. 例如：在方块 1 中记入 0，因为从真值表可知：当 A = B = C = 0 时，P = 0. 同样在方块 2 中应记入 0.

卡诺图是表示布尔函数真值表的简单的图解法. 现在还看不出卡诺图比信息表示法有其它的优点. 但它的一些优点将逐渐的明显起来. 例如，制图十分简单. 虽然图 2 是由函数 P = A + BC 真值表引得的，但正如下面将要说明的，它也能直接从表示式画出.

1.3.1 卡诺图的画法

在我们画出给定代数式的卡诺图之前，并不需要列出它的真值表. 卡诺图可以直接画出. 例如：在三变量的图中，P = A 是包括了记入“1”的 3、4、7 和 8 四个方块，因为正如图 2 所示，在所有这些方块中 A = 1. 同样，B = 1 对应的是 2、3、6 和 7 四个方块的总和. 所以，P = B 的卡诺图将是包括记入“1”的方块 2、3、6 和 7，因为所有这些方块中 B = 1，“0”则记入其余的方块中. AB = 1 意味着必须包含记入 1 的方块 3 和 7.

在与/或表示式（积之和）中，如 P = A + BC，如果其中一个乘积项等于 1，则整个表示式等于 1. 因为从加法定律可知：“1 加上任意数仍等于 1”. 这意味着在表示式 P=A+BC 中，如果 A = 1，不管第二乘积项 BC 的数值如何，P = 1. 而 A = 1 是图 2 中相应的方块 3、4、7 和 8 的总和. 所以 1 可记入这四个方块. 如果 BC=1，则不管 A 变量的数值如何，P 也等于 1. 而 BC 相应的是方块 6 和 7 的总和. 因为方块 7 中已经记入“1”，故只需在方块 6 中记入“1”. 在剩下的 1、3

和 5 三个方块中乘积项都不为 1，故记入“0”.

或/与（和之积）表示式的卡诺图画法通常采用相同的基本程序.

现在分析或/与函数 $f=(A+B)(A+C)$. 如果第一个括弧项等于零，不管第二个括弧项数值如何；或者如果第二个括弧项等于零，不管第一个括弧项数值如何，则 f 都将等于零. 对于 $A+B$ 等于 0 的情况，A 和 B 必须都为 0，在图 2 中它相应于方块 1 和 5，应记入 0. 同样，对于 $A+C$ 等于 0 的情况，A 和 C 都必须为 0，在方块 1 和 2 中记入 0. 其余的方块当然应记入 1.

1.3.2 卡诺图的读法

在讨论卡诺图的读法之前，应作如下说明：

在目前，最小化无冒险开关线路设计的最基本原则是可靠性和经济性，但在直接实现最小化布尔式时，未必得出最小化的线路. 在某些情况下，在实现布尔式前必须先使其最佳化. 本书所描述的最佳化过程往往是从表示式最小化形式开始. 所以，一种简单、明了而有效的简化布尔函数的方法将给我们带来很大方便.

如果一个与/或表示式包含最小数量的与（乘积）项，并在满足上述条件下，每一个与（乘积）项包含最小数量的变量，则这个与/或表示式是最小化的.

同样，如果一个或/与表示式包含最小数量的或（和）项，并在满足上述条件下，每一个或（和）项包含最小数量的变量，则这个或/与表示式是最小化的.

所以，为了直接从函数卡诺图表示出该函数最小化的与/或代数式，在三变量图中应尽可能将相邻四个记入“1”的方块圈成一组. 这是因为四个相邻记入 1 的方块由一个简单项