ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXXIX, № 3, 1986 Серия технических наук

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. О. МКРТЧЯН, С. С. ГРИГОРЯН

СИНТЕЗ ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ИМПЛИКАТОРАХ

Согласно [1] импликатором называется логический элемент, реализующий функцию импликации $f = x_1 \to x_2$, где x_1 называется посылкой, а x_2 — следствием. Совокупность законов и правил, при помощи которых составляются и преобразовываются логические функции, выраженные в импликаторном базисе, называется импликаторной алгеброй. Основные законы импликаторной алгебры сводятся к следующему.

1. $x \to \bar{x} = \bar{x}$.
2. $\bar{x} \to x = x$.
3. $x \to x = 1$.
4. $x \to 1 = 1$.
5. $x \to 0 = \bar{x}$.
6. $1 \to x = x$.
7. $0 \to x = 1$ — свойство рефлективности.
8. $x_1 \to x_2 = \bar{x}_2 \to \bar{x}_1$.
9. $(x_1 \to x_2) \to x_1 = x_1$ — закон поглощения.
10. $\overline{(x_1 \to x_2)} = x_1 \wedge \bar{x}_2$
11. $\overline{(x_1 \wedge x_2)} = x_1 \to \bar{x}_2$

— закон де Моргана. (1)

12. $x_1 \to (x_2 \to x_3) = (x_1 \to x_2) \to (x_1 \to x_3)$
13. $x_1 \vee (x_2 \to x_3) = (x_1 \vee x_2) \to (x_1 \vee x_2)$
14. $x_1 \wedge (x_2 \to x_3) = \overline{(x_1 \wedge \bar{x}_2)} \to (x_1 \wedge x_3)$
15. $x_1 \to (x_2 \wedge x_3) = (x_1 \to x_2) \wedge (x_1 \to x)_3$
16. $x_1 \to (x_2 \vee x_3) = (x_1 \to x_2) \vee (x_1 \to x_3)$

— правила раскрывания скобок.

Функция импликации обладает также следующими свойствами:

а) антисимметричностью — если $x_1 \to x_2$ и $x_2 \to x_1$, то $x_1 = x_2$;
б) транзитивностью — если $x_1 \to x_2$ и $x_2 \to x_3$, то $x_1 \to x_3$.

Функция импликации не обладает свойствами ассоциативности, коммутативности, дистрибутивности и идемпотентности, т. е.

$$x_1 \to (x_2 \to x_3) \neq (x_1 \to x_2) \to x_3; \qquad x_1 \to x_2 \neq x_2 \to x_1;$$

$$x_1 \wedge (x_2 \to x_3) \neq (x_1 \wedge x_2) \to (x_1 \wedge x_3); \qquad x_1 \to x_1 \neq x_1.$$

Пользуясь этими законами, а также эквивалентными формулами, приведенными в [1], можно произвольную переключательную функцию выражать в импликаторном базисе и синтезировать логическую схему, реализующую эту функцию.

Методика синтеза логических схем в импликаторном базисе аналогична методике синтеза схем в базисе И, ИЛИ, НЕ: сперва заданная переключательная функция путем эквивалентных преобразований приводится к минимальной или другой удобной форме, а затем импликанты реализуются на соответствующих элементах, которые соединяются в соответствии с полученной формулой. Поясним сказанное на примерах.

В цифровой технике одним из наиболее часто применяемых устройств является двоичный сумматор. Работа одного разряда полного комбинационного сумматора описывается следующими логическими функциями, записанными в базисе $\wedge$, $\vee$, $-$:

$$\begin{aligned} S_i &= (x_i \wedge y_i \wedge c_{i-1}) \vee (x_i \wedge \bar{y}_i \wedge \bar{c}_{i-1}) \vee (\bar{x}_i \wedge y_i \wedge \bar{c}_{i-1}) \vee (\bar{x}_i \wedge \bar{y}_i \wedge c_{i-1}); \\ C_i &= (x_i \wedge y_i \wedge c_{i-1}) \vee (\bar{x}_i \wedge y_i \wedge c_{i-1}) \vee (x_i \wedge \bar{y}_i \wedge c_{i-1}) \vee (x_i \wedge y_i \wedge \bar{c}_{i-1}), \end{aligned} \tag{2}$$

где x_i, y_i — соответственно первое и второе слагаемые; c_{i-1} — перенос с предыдущего (младшего) разряда; S_i — сумма данного разряда; C_i — перенос в следующий (старший) разряд.

Эти функции можно преобразовать, пользуясь перечисленными выше законами и привести, например, к следующему виду:

$$\begin{aligned} S_i &= \{[(x_i \to y_i) \wedge (y_i \to x_i)] \to c_{i-1}\} \wedge \{c_{i-1} \to [x_i \to y_i) \wedge (y_i \to x_i)]\}; \\ C_i &= (x_i \to c_{i-1}) \vee (\bar{y}_i \to c_{i-1}) \wedge (\bar{y}_i \to x_i). \end{aligned} \tag{3}$$

На рис. 1 показана функциональная схема сумматора, построенная согласно этим выражениям. Здесь выходы импликаторов соединены по схеме «монтажное И». Если электрическая схема импликатора такова, что она не позволяет соединение выходов типа «монтажное И», а позволяет соединение типа «монтажное ИЛИ», то выражения суммы S_i и переноса C_i можно преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} S_i &= \overline{\{[\overline{(x_i \to y_i)} \vee \overline{(y_i \to x_i)}] \to c_{i-1}\}} \vee \overline{\{c_{i-1} \to [\overline{(x_i \to y_i)} \vee \overline{(y_i \to x_i)}]\}}; \\ C_i &= \overline{(x_i \to \bar{y}_i)} \vee \overline{(c_{i-1} \to \bar{x}_i)} \vee \overline{(c_{i-1} \to \bar{y}_i)}. \end{aligned} \tag{4}$$

Этот вариант сумматора снова можно построить на 7 импликаторах с той лишь разницей, что здесь импликатор должен иметь инверсный выход и позволять объединение выходов типа «монтажное ИЛИ».

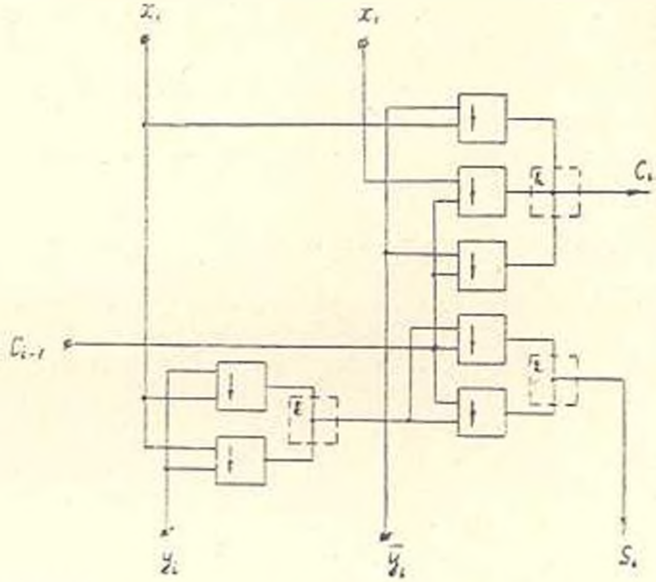

Рис. 1. Функциональная схема сумматора на импликаторах

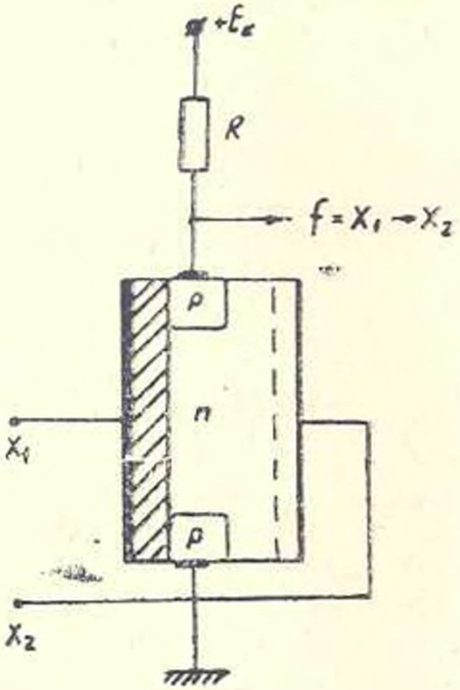

Рис. 2. Принципиальная электрическая схема импликатора на МДП-транзисторе

Аналогичным образом можно привести примеры построения других логических устройств цифровой техники на импликаторах.

Рассмотрим теперь электрическую схему импликатора. Можно предлагать различные варианты схемы импликатора, построенные на биполярных и МДП транзисторах. На рис. 2 показана простейшая схема импликатора на МДП—транзисторе с индуцированным каналом p-типа, с изолированным затвором и подложкой. Специфика этого транзистора в том, что его металлический электрод подложки с полупроводниковым материалом подложки образует выпрямляющий контакт типа барьер Шоттки (на рис. 2 показан пунктиром). Это делается для того, чтобы когда $x_2 = 0$, по цепи источник питания E_k — исток — подложка не протекал ток.

Схема работает следующим образом. Когда $x_2 = x_1 = 0$ или $x_1 = x_2 = 1$, канал между стоком и истоком отсутствует, транзистор заперт и на выходе f имеем 1. Когда $x_1 = 0$, $x_2 = 1$, снова транзистор заперт и $f = 1$. При этом по цепям подложка — сток и подложка — исток токи не могут протекать, т. к. соответствующие $p—n$ переходы смещены в обратном направлении. Когда $x_1 = 1$, $x_2 = 0$, под затвором между стоком и истоком индуцируется канал и транзистор открывается, поэтому $f = 0$. Таким образом, схема выполняет функцию импликации и позволяет объединение выходов типа «монтажное И».

Для построения логических устройств в ряде случаев импликаторы оказываются эффективнее традиционно применяемых конъюнкторов и дизъюнкторов. Поэтому представляется, что дополнение существующих серий интегральных схем (ИС) импликаторами в интегральном исполнении значительно расширит функциональные возможности этих серий.

ЕрПИ им. К. Маркса

13. II. 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мкртчян С. О.* Импликаторы—логические элементы цифровой техники.—ДАН АрмССР, 1981, 79, № 2, с. 63—67