ПОСТРОЕНИЕ НАДЕЖНЫХ УЗЛОВ И УСТРОЙСТВ ЦВМ НА БАЗЕ МАЖОРИТАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н. И. Пакулов, В. Ф. Уханов

Харьков

Мажоритарным элементом (МЭ) называется такой элемент, который имеет нечетное количество входов и переключается в единичное состояние только в том случае, когда на большинство его входов поданы единичные сигналы.

МЭ по сравнению с обычными логическими элементами имеет следующие преимущества:

а) большие логические возможности, что позволяет намного сократить количество оборудования при проектировании некоторых схем;

б) повышенная устойчивость к сбоям, так как на входы МЭ подается избыточная информация;

в) возможность полной унификации схем, что способствует автоматизации их производства и облегчает изготовление крупных функциональных блоков интегрального типа.

Важным этапом построения мажоритарных систем является выбор типа МЭ.

МЭ должен отвечать таким требованиям: повышенная надежность; простота схемы; высокое быстродействие; возможность реализации в интегральном исполнении.

В ходе экспериментального исследования было установлено, что для практического применения можно использовать следующие схемы МЭ.

1. МЭ на базе параметрона (рис. 1). МЭ рассматриваемого типа собран на тороидальном оксиферовом сердечнике с диаметральным отверстием и отличается простотой схемы и высокой надеж-

ностью. Ниже приводятся его основные параметры: потребляемая мощность 20 *мвт*; частота накачки 2 *мгц*; тактовая частота 33 *кгц*; нагрузочная способность 15; размеры сердечника 2 × 1,6 × 1,2 *мм*; температурный диапазон —20 ÷ +100° С.

Основным недостатком данного МЭ является низкое быстродействие. Приведенная схема мажоритарного элемента может быть использована для построения узлов высоконадежных ЦВМ, работающих с небольшой тактовой частотой.

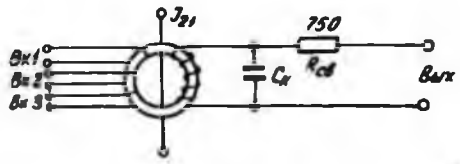

Рис. 1.

2. МЭ на базе гибридной микросхемы (рис. 2). МЭ гибридного типа отличается малыми габаритами, высокой экономичностью и имеет следующие характеристики: потребляемая мощность 15 *мвт*; среднее время задержки сигнала 270 *нсек*; верхний уровень выходного напряжения +1,3 *в*; нижний уровень выходного напряжения +0,2 *в*; нагрузочная способность 2; область устойчивой работы по входному сигналу +1,2±0,4 *в*; температурный диапазон 0 ÷ +50° С; габариты 11,6 × 11,6 × 5 *мм*.

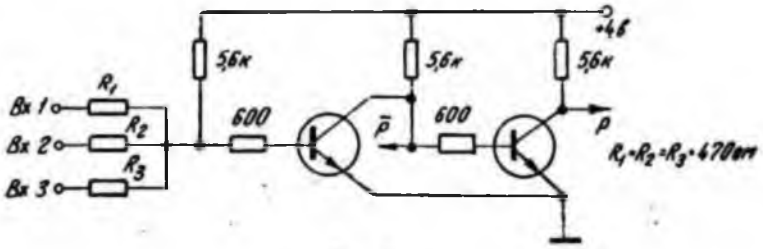

Рис. 2.

К недостаткам МЭ гибридного типа относятся: малая нагрузочная способность; узкий температурный диапазон и сравнительно небольшое быстродействие. МЭ данного типа могут быть использованы для построения узлов высоконадежных ЦВМ среднего быстродействия, имеющих тактовую частоту 1 ÷ 2 *мгц*.

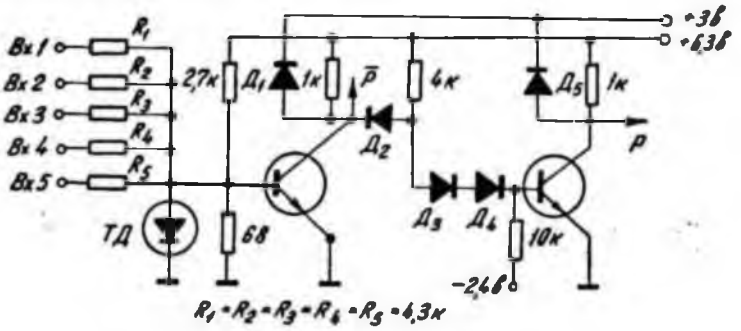

Рис. 3.

3. МЭ интегрального типа с навесным туннельным диодом (рис. 3). Схема, приведенная на рис. 3, характеризуется такими данными: потребляемая мощность 50 *мвт*; среднее время задержки сигнала 30 *нсек*; верхний уровень выходного напряжения

+3 *в*; нижний уровень выходного напряжения +0,5 *в*; нагрузочная способность 4; область устойчивой работы по входному сигналу +3 ± ±0,5 *в*; температурный диапазон —60° С ÷ +125° С; габариты 10 × × 6,5 × 2,2 *мм*. Данная схема может быть рекомендована для построения высоконадежных и достаточно быстродействующих ЦВМ, работающих с тактовой частотой до 10 *мгц*.

На базе МЭ гибридного (рис. 2) и интегрального (рис. 3) типов были построены и исследованы следующие узлы и устройства ЦВМ: кольцевой счетчик импульсов; двухразрядное арифметическое устройство (АУ); контрольное арифметическое устройство (по модулю 3) параллельного действия (КАУ); КАУ по модулю 7 последовательного действия.

Ниже приводится оценка эффективности разработанных схем АУ и КАУ на МЭ гибридного и интегрального типов. Эффективность устройств ЦВМ оценивалась по формуле

$$K_{эф} = \frac{V_{макс}}{N_{ср}},$$

где $V_{макс} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{k} \tau^i}$ — максимально возможное быстродействие устройства;

k — логическая глубина схемы;

τ^i — время задержки сигнала в i-м элементе;

$N_{ср}$ — среднее количество оборудования, выраженное в условных единицах. Среднее количество оборудования определялось согласно соотношению

$$N_{ср} = \frac{1}{3}\left(\mu_1 \sum_{i=1}^{m} \frac{\lambda_i N_i}{\lambda_э} + \mu_2 \sum_{i=1}^{m} \frac{C_i N_i}{C_э} + \mu_3 \sum_{i=1}^{m} \frac{W_i N_i}{W_э}\right),$$

где μ_1, μ_2, μ_3 — важность условных единиц качества;

m — количество различных типов элементов;

N_i — количество элементов i-го типа;

λ_i, C_i, W_i ($\lambda_э$, $C_э$, $W_э$) — интенсивность отказов, стоимость и энергоемкость элемента i типа (эталонного элемента).

В качестве эталонного элемента для АУ принят МЭ гибридного типа (рис. 2), а для КАУ — МЭ интегрального типа (рис. 3). Для сравнения с разработанными вариантами схем использованы аналогичные схемы, реализованные на обычных элементах дискретного типа. В таблице даны результаты расчета параметров $N_{ср}$, $V_{макс}$ и $K_{эф}$ упомянутых схем.

№ схемы	Тип устройства	Типы элементов	$N_{ср}$ (усл. ед.)	$V_{макс}\,10^3$ (*опер сек*)	$K_{эф}$
1	АУ	МЭ гибридного типа	100	330	3 300
2	АУ	Элемент дискретного типа	502	1000	2 000
3	КАУ	МЭ интегрального типа	22	5500	250 000
4	КАУ	Элемент дискретного типа	44	1500	34 000

Таким образом, вариант устройства №1 по эффективности превосходит вариант устройства № 2 в 1,65 раза, а вариант устройства № 3 по эффективности лучше варианта устройства № 4 в 7,3 раза.

ВЫВОДЫ

1. МЭ позволяют строить высокоэкономичные и надежные узлы и устройства ЦВМ.

2. МЭ позволяют унифицировать производство узлов и устройств ЦВМ и обеспечивают возможность их производства в интегральном исполнении.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Дертоузос. Пороговая логика. Изд-во «Мир», 1967.
2. У. Пирс. Построение надежных вычислительных машин. Изд-во «Мир», 1968.

РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАЖОРИТАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕГРАЛЬНОГО ТИПА

Н. И. Пакулов, В. Ф. Уханов

Харьков

Применяемые в ЦВМ потенциальные элементы отличаются широким разнообразием схем. С целью построения однородных структур УВМ [1] желательно иметь универсальные элементы с высокой повторяемостью компонентов.

В качестве такого универсального логического модуля, обладающего функциональной полнотой, можно рекомендовать мажоритарный элемент (МЭ) интегрального типа. Преимущества МЭ особенно очевидны при построении ЦВМ, для которых требуется несколько тысяч одинаковых элементов.

Ниже рассматривается два варианта схем МЭ интегрального типа, приводится методика их расчета и результаты экспериментального исследования.

А. МЭ с суммирующими резисторами

Основу МЭ составляет пороговое устройство. В некоторых МЭ в качестве порогов устройства используются туннельные диоды в интегральном исполнении.

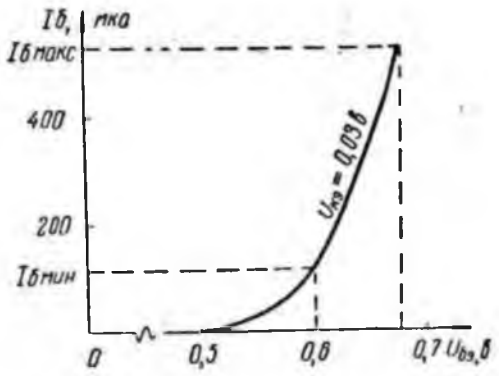

Рис. 1. Входная характеристика кремниевых транзисторов.

Отказ от туннельных диодов поставил новую задачу — поиск полупроводниковых приборов, которые обладали бы пороговой характеристикой туннельных диодов, но исключали бы их недостатки.

Оказалось, что некоторые типы кремниевых транзисторов имеют ярко выраженную пороговую входную характеристику (рис.1).

Схема МЭ, где в качестве порогового устройства и усилителя сигналов использованы кремниевые транзисторы типа 2Т319, приведена на рис. 2.