

60-5

3605

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

КИЕВСКОЕ ВЫСШЕЕ ИНЖЕНЕРНОЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЕ
УЧИЛИЩЕ ВОЙСК ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ СТРАНЫ

МАТЕРИАЛЫ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
„НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В
ОБЛАСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
МАТЕМАТИКИ И
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ“

Киев—1960

СЕКЦИЯ ЦИФРОВЫХ МАШИН

Н. П. БРУСЕНЦОВ (ВЦ МГУ)
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА «СЕТУНЬ»
 МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Общая характеристика машины

Вычислительная машина «Сетунь»¹ представляет собой автоматическую цифровую машину, предназначенную для решения научно-технических задач. Это одноадресная машина последовательного действия с фиксированным положением запятой.

Особенностью машины в математическом отношении является использование троичной системы счисления с коэффициентами 1, 0, —1.

В инженерном отношении машина примечательна тем, что в качестве основного элемента схем в ней применен магнитный усилитель с питанием импульсами тока [1]. Такой усилитель состоит из нелинейного трансформатора с миниатюрным ферритовым сердечником и германьевого диода. Необходимые для реализации троичного счета три устойчивых состояния получаются с помощью пары усилителей. Общее число усилителей в машине — около четырех тысяч. Электронные лампы использованы в машине для генерирования импульсов тока, питающих магнитные усилители, и импульсов записи на магнитный барабан. Полупроводниковые триоды применены в схемах, обслуживающих матрицу запоминающего устройства на ферритовых сердечниках, и в усилителях сигналов, считываемых с магнитного барабана.

Внутренние устройства машины работают на частоте 200 кгц, выполняя основные команды со следующими затратами времени:

сложение	180 мкsec,
умножение	335 мкsec,
передача управления . . .	100 мкsec.

¹ «Сетунь» — название речки, впадающей в Москву-реку неподалеку от территории Московского университета на Ленинских горах.

ИСПРАВЛЕНИЕ АВТОРА

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
226	4-я снизу	335 мкsec	325 мкsec
228	20—21-я сверху	Определяется неравенством $3^{-16} \leq x \leq 4,5$ и точкой $x = 0$.	составляет $-4,5 \leq x \leq +4,5$ при абсолютной погрешности $ \Delta x \leq 0,5 \cdot 3^{-16}$
232	Таблица 1, графа 3, 6-я сверху строка	335	325

К зак. 61.

Длина слова в арифметическом устройстве машины — 18 троичных разрядов. Команда кодируется полусловом, т. е. десятью разрядами. В запоминающем устройстве каждая пара полуслов, составляющая полное слово, и каждое полуслово в отдельности наделены независимыми адресами. Число, представленное полусловом, воспринимается арифметическим устройством как 18-разрядное с нулями в 9 младших разрядах.

Оперативное запоминающее устройство машины, выполненное на ферритовых сердечниках [2], обладает емкостью в 162 полуслова.

Запоминающее устройство на магнитном барабане вмещает 2268 полуслов. Обмен между барабаном и оперативным запоминающим устройством производится группами по 54 полуслова. Предполагается ввести дополнительное запоминающее устройство на магнитной ленте и увеличить емкость барабана до 4374 полуслов.

Ввод данных в машину производится с пятипозиционной бумажной перфоленты посредством фотоэлектрического считывающего устройства, а вывод на перфоленту и печать результатов — на стандартном рулонном телетайпе. Ввод и вывод информации осуществляется также группами по 54 полуслова.

Представление чисел и команд

Вычислительная машина с представлением чисел в троичной системе счисления осуществлена, вероятно, впервые. Целесообразность применения троичной системы определится в процессе математической эксплуатации машины, однако на некоторые достоинства и недостатки этой системы счисления можно указать уже теперь.

Известным преимуществом троичной системы является то, что количество элементов (разрядов и цифр), необходимое для представления чисел в заданном диапазоне, оказывается в ней наименьшим по сравнению с другими системами счисления. По сравнению с двоичной системой элементов требуется на 5,4% меньше, причем количество разрядов сокращается на 37%. Незначительный выигрыш в количестве элементов не означает экономии оборудования, потому что двоичный и троичный элементы в отношении количества оборудования не равноценны. Однако выигрыш на 37% в количестве разрядов означает убыстрение передачи информации в машине последовательного действия в 1,59 раза.

Другими достоинствами, свойственными троичной системе с коэффициентами 1, 0, — 1, будут следующие.

Отсутствие особого разряда знака — знак числа содержиться в цифрах, составляющих число. Благодаря этому существен-

но упрощается устройство арифметического блока, так как операции производятся по одним и тем же правилам над всеми разрядами числа.

Естественное округление — часть числа, представленная отбрасываемыми разрядами, всегда меньше, чем половина единицы младшего из сохраняемых разрядов.

Возможность суммирования одновременно трех чисел в сумматоре с одним триггером переноса. Это свойство было эффективно использовано в схеме быстродействующего множительного устройства.

Наиболее существенным недостатком троичной системы является неэкономное кодирование десятичных чисел. Десятичный разряд приходится представлять тремя троичными разрядами, используя из 27 возможных комбинаций только 10.

В арифметическом устройстве машины «Сетунь» 18-разрядное троичное слово рассматривается как число, в котором запятая расположена между вторым и третьим разрядами. Это число можно выразить формулой

$$x = \sum_{n=-16}^{+1} a_n \cdot 3^n \quad (a_n = 1; 0; -1).$$

Диапазон чисел в арифметическом устройстве определяется неравенством $3^{-16} < |x| < 4,5$ и точкой $x = 0$.

Число считается нормализованным, если оно заключено в интервале $0,5 < |x| < 1,5$ или равно нулю. Порядок нормализованного числа изображается пятью старшими разрядами полуслова, хранящегося в запоминающем устройстве по отдельному адресу.

Девять разрядов полуслова, представляющего команду, распределены следующим образом: пять первых разрядов составляют адрес, три разряда — код операции, девятый разряд — признак модификации адреса. Если в этом разряде стоит 0, то команда выполняется без изменения адреса, если 1, то к адресу прибавляется число, находящееся в регистре модификаций, если -1 , то это число вычитается из адреса. Особое значение имеет младший (пятый) разряд адреса: у адреса полного слова в этом разряде -1 , у адреса старшего полуслова 0, у адреса младшего полуслова 1.

В командах, относящихся к магнитному барабану или к устройствам ввода и вывода, первый разряд указывает, какая третья матрицы должна использоваться для записи (считывания) передаваемой информации. Остальные четыре разряда адресной части команды либо обозначают номер зоны на барабане, либо используются для конкретизации команды: ввод или вывод.

Блок-схема машины

Схема, отражающая структуру машины, приведена на рис. 1. В функциональном отношении машина разделяется на шесть устройств:

- 1) арифметическое устройство,
- 2) устройство управления,
- 3) оперативное запоминающее устройство,
- 4) устройство ввода,
- 5) устройство вывода,
- 6) запоминающее устройство на магнитном барабане.

Передача информации между блоками, в том числе ввод и вывод из машины, производится через оперативное запоминающее устройство. Это устройство обладает девятиразрядным сдвигающим регистром, посредством которого информация, поступающая на его вход в последовательной форме, преобразуется для параллельной записи в запоминающую матрицу, а информация, считываемая в параллель с матрицы, преобразуется в последовательную форму. Эта информация направляется тому или иному устройству в зависимости от состояния переключателя P_1 , которое в каждый момент определяется выполняемой программой.

Арифметическое устройство машины осуществляет выполнение команд сложения, вычитания, умножения, поразрядного умножения, сдвига, нормализации, а также посылки чисел в регистры арифметического устройства и записи из регистра результата в оперативное запоминающее устройство.

В арифметическом устройстве имеются два регистра: регистр множителя R и регистр результата S (аккумулятор). Регистр R состоит из 18 триггеров, управляющих ключами множительного устройства. Регистр S представляет собой 19-разрядный (имеется разряд переполнения) триггерный регистр со сдвигом влево и вправо.

Число из регистра S посредством переключателя P_2 может быть направлено по одному из четырех каналов. При выполнении команды сложения или вычитания оно подается на вход сумматора арифметического устройства одновременно с поступлением на второй вход этого сумматора числа, считанного с запоминающей матрицы. При умножении число из регистра S может быть послано либо в регистр R в качестве множителя, либо на вход множительного устройства в качестве множимого. В случае записи из регистра S в запоминающую матрицу переключатель P_2 соединяет выход регистра S с выходом регистра запоминающего устройства.

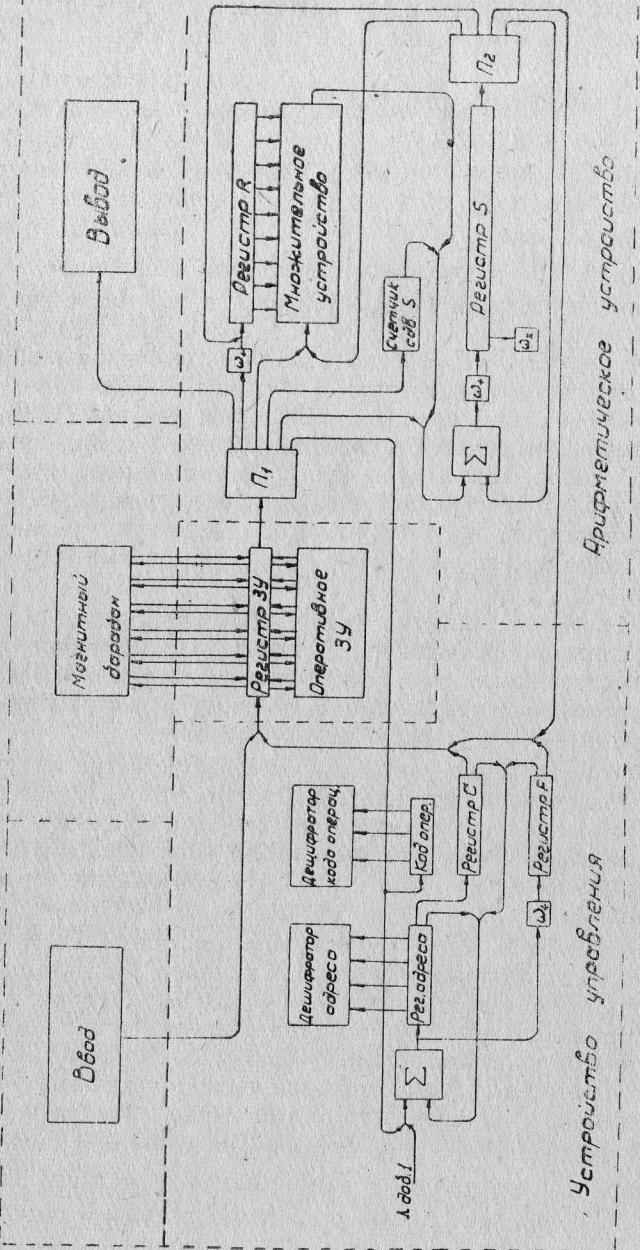


Рис. 1. Блок-схема вычислительной машины „Сетунь“.

В регистр S число может быть принято из запоминающего устройства, из множительного устройства и из счетчика сдвигов при нормализации, причем во всех случаях оно проходит через сумматор.

Прием числа в регистр S сопровождается выработкой признаков ω_+ и ω_\times . Признак ω_+ указывает знак числа: если число положительно, то $\omega_+=1$, если отрицательно, то $\omega_+=-1$, если равно нулю, то $\omega_+=0$. Признак ω_\times характеризует положение числа по отношению к интервалу нормализованных чисел: если число заключено в этом интервале, то $\omega_\times=0$, если число больше (по абсолютной величине), чем максимальное нормализованное, то $\omega_\times=1$, если меньше, чем минимальное нормализованное, то $\omega_\times=-1$.

При поступлении числа в регистр R , а также при приеме в регистр модификации F устройства управления вырабатывается признак ω_+ .

В зависимости от признаков ω_+ и ω_\times производится передача управления при выполнении команд условного перехода. Передача управления происходит в зависимости от признака, который был выработан последним, причем после операций умножения и сдвига управление передается по признаку ω_\times , а после других операций — по признаку ω_+ . При операциях, не связанных с выработкой признака, сохраняется признак, выработанный предыдущей операцией.

Устройство управления обладает собственным сумматором, с помощью которого осуществляется счетчик команд и выполняются операции, связанные с регистром модификации F , в том числе и сама модификация.

Функции счетчика команд выполняет регистр C , в котором во время выполнения команды хранится ее номер. Перед выборкой очередной команды из запоминающего устройства содержимое регистра C через сумматор поступает в регистр адреса, причем подаваемый в соответствующий момент на второй вход сумматора импульс увеличивает номер команды на единицу. Сразу же после считывания команды с запоминающей матрицы ее номер из регистра адреса передается в регистр C , уступая место адресной части команды.

В регистр F числа поступают также через сумматор, однако минуя регистр адреса.

Система команд

Система команд машины¹ представлена таблицей 1. В формулах, выражающих сущность команд, применены следующие условные обозначения:

¹ Система команд машины «Сетунь» разработана Е. А. Жоголевым.

Система команд вычислительной машины „СЕТУНЬ“

ТАБЛИЦА

Название операции	Код	Длительность (мкесек)		Формула	Признак передачи управления	Примечания
		2	3			
Посылка в регистр S	100	180	*	$(a) \rightarrow S$	$\omega_+(S)$	
Сложение в S	101	*		$(a) + (S) \rightarrow S$	*	
Вычитание в S	101	*		$-(a) + (S) \rightarrow S$	*	
Умножение 1	110	335	*	$(S) \rightarrow R; (a) \cdot (S) \rightarrow S$	$\omega_X(S)$	
Умножение 2	111	*		$(a) \cdot (R) + (S) \rightarrow S$	*	
Умножение 3	111	*		$(a) + (S) \cdot (R) \rightarrow S$	*	
Сдвиг	110	220		СДВ. (S) на $(a) \rightarrow S$	*	
						если $(a) > 0$, то сдвиги влево; если $(a) < 0$, то сдвиги вправо;
Нормализация	111	250 ; 355		Норм. (S) $\rightarrow a; n_{\text{сдв.}} \rightarrow S$	$\omega_+(S)$	
Запись в ЗУ из S	111	225		$(S) \rightarrow a$	*	
Поразрядное умножение	110	180		$(a) (\times) (S) \rightarrow S$	$\omega_+(S)$	
Посылка в регистр R	111	*		$(a) \rightarrow R$	$\omega_+(R)$	
Стоп	111	*		стоп; $(a) \rightarrow R$		

1	2	3	4	5	6	
Условный переход УПУ-0	010	100; 180	$a \rightarrow C$, если $\omega = 0$			
Условный переход УПУ-1	011	*	$a \rightarrow C$, если $\omega = 1$			
Условный переход УПУ-1	011	*	$a \rightarrow C$, если $\omega = 1$			
Безусловный переход	000	100	$a \rightarrow C$			
Запись в ЗУ из C	001	180	$(C) \rightarrow a$			
Запись в ЗУ из F	001	*	$(F) \rightarrow a$	$\omega_+(F)$		
Посылка в регистр F	010	*	$(a) \rightarrow F$	*		
Сложение 1 в F	011	*	$(a) + (C) \rightarrow F$	*		
Сложение 2 в F	011	*	$(a) + (F) \rightarrow F$	*		
Ввод и вывод	100	—	—	—	—	Для конкретизации команды используется ее адресная часть.
Передача группы на барабан	101	12000 сп.	(ЗУ) \rightarrow МБ	—	—	
Передача группы с барабана	101	12000 сп.	(МБ) \rightarrow ЗУ	—	—	
Операции с магнитной лентой	111	—	—	—	—	

a — произвольный адрес ячейки в оперативном запоминающем устройстве;

(*a*) — число, взятое из ячейки с адресом *a*;

\rightarrow — обозначение посылки, например: (*S*) \rightarrow *a* означает, что число, находящееся в регистре *S*, посыпается в ячейку запоминающего устройства с адресом *a*;

(\times) — символ поразрядного умножения, операции, при которой цифры в каждом разряде произведения получаются перемножением соответствующих разрядов сомножителей согласно таблице:

$$0 \times 0 = 1 \times 0 = 0 \times 1 = \bar{1} \times 0 = 0 \times \bar{1} = 0$$

$$1 \times 1 = \bar{1} \times \bar{1} = 1$$

$$1 \times \bar{1} = \bar{1} \times 1 = \bar{1}.$$

Здесь, как и в таблице 1, обозначено $\bar{1} = -1$.

Ход работы по созданию машины

Лаборатория, осуществлявшая разработку и постройку машины, организована в 1956 году. В этом же году было произведено экспериментальное изучение импульсного перемагничивания ферритовых сердечников и исследованы различные схемы быстродействующих магнитных усилителей.

В 1957 году были разработаны основные узлы троичных арифметических схем, построен и испытан полноразрядный матричный устаройство, разработано матричное запоминающее устройство и составлена блок-схема машины.

В течение 1958 года спроектированы и введены в действие внутренние устройства машины — арифметическое устройство, оперативное запоминающее устройство и устройство управления. Запоминающее устройство на магнитном барабане и устройства ввода—вывода находятся в стадии наладки.

В заключение автор горячо благодарит товарищей по работе, инженеров и техников лаборатории.

Автор выражает также сердечную благодарность заведующему кафедрой вычислительной математики МГУ академику С. Л. Соболеву, заведующему вычислительным центром МГУ доценту И. С. Березину и профессору М. Р. Шура-Буру за внимание, которое они уделили этой работе, и за помощь в ее выполнении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брусенцов Н. П. Цифровые элементы типа магнитных усилителей с питанием импульсами тока. Доклад на Всесоюзном совещании по магнитным элементам автоматики, телемеханики и вычислительной техники. Москва, 25—30 ноября 1957 г.

2. Веригин В. В., Карцева Н. С., Маслов С. П. Матричное запоминающее устройство для троичной машины МГУ. Доклад на том же совещании.

РАБИНОВИЧ З. Л. (ВЦ АН УССР)

О ПРИНЦИПАХ ПОСТРОЕНИЯ МАЛЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН С ЗАПОМИНАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ НА МАГНИТНОМ БАРАБАНЕ

В докладе изложен анализ принципов построения некоторых вариантов малых вычислительных машин, основанных на широком использовании магнитного барабана. Показаны пути существенного повышения быстродействия указанных машин, а также их эффективности, характеризуемой отношением быстродействия к количеству аппаратуры.

I. Общие принципы

Все более важное значение приобретают малые вычислительные машины преимущественно для управления производственными процессами, а также для проведения различных расчетов в научно-исследовательских институтах, конструкторских бюро и других организациях. Эти машины должны обладать сравнительно небольшим количеством аппаратуры при наличии быстродействия, обеспечивающего высокую степень эффективности их использования. Исходя из этого целесообразно построение запоминающего устройства машины на магнитном барабане, что обуславливает применение в ней относительно небольшого количества управляющей и обслуживающей аппаратуры.

Опыт работы с магнитными барабанами, накопленный, в частности, в нашем ВЦ (машина СЭСМ и разработки, проведенные в группе кандидата технических наук Р. Я. Черняка), показал наличие широких возможностей создания надежной обслуживающей аппаратуры на неламповых элементах для устройств с обычной и быстрой выборкой чисел при сохранении достаточно высокой разрешающей способности магнитной записи.

Основным недостатком магнитного барабана является ожидание необходимого места для записи или воспроизведения числа. Так, в цикле выполнения трехадресной команды