

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

13-85-24

А.Георгиев, Н.И.Журавлев,
В.Г.Зинов, А.В.Саламатин*

УСТРОЙСТВО
ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
ДВОИЧНЫХ ЧИСЕЛ
В АНАЛОГОВОЙ ФОРМЕ

Направлено в журнал "Приборы и техника
эксперимента"

* ИЯФ УзССР, Ташкент

1985

В спектроскопических исследованиях отображение спектров, накапливаемых в многоканальных анализаторах, полезно осуществлять в логарифмическом масштабе. Это позволяет отразить на устройстве отображения весь динамический диапазон измеряемых спектров, который у современных анализаторов занимает $16 \div 24$ двоичных разрядов. При использовании в качестве устройств отображения осциллографических дисплеев и графопостроителей с аналоговыми входами необходимо выполнять логарифмическое преобразование двоичных данных в соответствующую аналоговую величину.

Любое число N без знака можно записать в виде $N = 2^m p$, где m - вес старшего разряда, содержащего единицу, а область допустимых значений p находится в пределах $1 \leq p \leq 2 - 1/2^m$.

Логарифм числа N по основанию 2 получается равным $\log_2 N = m + \log_2 p$, где область значений $\log_2 p$ находится в пределах $0 \leq \log_2 p \leq 1$.

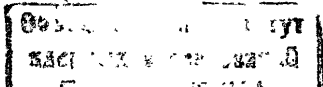
Определение точного значения параметра m при логарифмировании по основанию 2 не представляет технических трудностей, так как оно равно номеру старшего разряда числа N , содержащего единицу. Значение же величины $\log_2 p$ /мантиссы логарифма/ берется с некоторой допустимой точностью.

Обычный способ логарифмирования $16 \div 24$ разрядных чисел с помощью цифроаналогового преобразователя /ЦАП/ и логарифмического усилителя ^{1-3/} является труднореализуемой задачей из-за малой доступности ЦАП повышенной точности /больше 12 разрядов/ и сложности настройки таких устройств.

Известны методы логарифмирования ^{4/}, в которых этот процесс осуществляется цифровым способом, а затем с помощью ЦАП небольшой разрядности и линейного усилителя полученные коды можно преобразовать в аналоговые сигналы.

Необходимая разрядность ЦАП выбирается исходя из того, чтобы его собственная ошибка не превосходила как статистической ошибки измерения логарифмируемой величины, так и пространственного разрешения устройства отображения. Например, для 16-разрядных анализаторов с осциллографическим дисплеем диаметром 200 мм и шириной сфокусированной линии 0,4 мм минимальная статистическая ошибка равна 0,4%, а точность отображения - 0,2%. Таким образом, чтобы удовлетворить такой точности, используемый ЦАП должен иметь не менее 10 разрядов.

В работе ^{4/} описано устройство с цифровым способом логарифмирования, в котором в качестве мантиссы логарифма берутся значения нескольких разрядов числа N справа от старшего разряда, содержащего единицу.



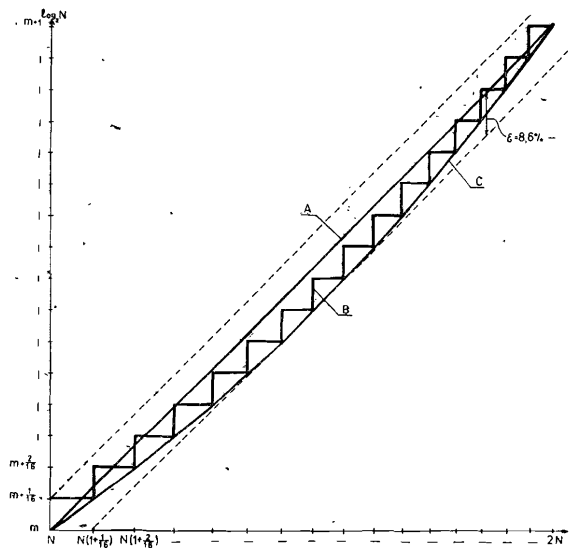


Рис. 1

Устройство, использующее этот способ, можно сделать простым, однако точность логарифмирования ограничена и в ряде случаев не удовлетворяет требованиям. На рис.1 представлены графики зависимости логарифмов чисел от N до $2N$ /т.е. в пределах одного порядка/ от их величины в логарифмическом масштабе. Линия А соответствует логарифмированию без ошибки, ступенчатая линия В - цифровому способу логарифмирования, т.е. когда в качестве мантисы логарифма используются значения четырех разрядов после старшего из разрядов числа N , содержащего единицу. Мантисы логарифмов в этом случае принимают поочередно одно из 16 фиксированных значений. При увеличении числа разрядов, отводимых под мантису, линия В приближается к кривой С. Минимальная ошибка мантисы логарифма ϵ в соответствии с расчетами равна 8,6%. Таким образом, для 16-разрядных чисел ошибка составляет $\sim 0,54\%$ по всей шкале.

При данном способе логарифмирования для определения мантисы не имеет смысла использовать больше четырех разрядов, так как ошибка алгоритма преобразования уже превышает ошибку, обусловленную дискретизацией.

Точность логарифмирования можно повысить, если для определения мантисы логарифма воспользоваться таблицей преобразования, хранимой в постоянном запоминающем устройстве /ПЗУ/ [3]. Входными адресами этой таблицы являются значения разрядов чисел справа от старшего разряда, содержащего единицу. Точность логарифмирования будет тем выше, чем больше слов содержит таблица преобразования и больше разрядность слова на выходе ПЗУ. При использовании ПЗУ емкостью 16x4 разрядов /рис.2/ ошибка логарифмирования в пределах одного порядка составляет 6,25% или 0,4% - для 16-разрядных чисел.

Как видно из рисунка, при увеличении емкости ПЗУ ошибка преобразования стремится к нулю /ступенчатая линия В приближается к линии А/.

На рис.3 представлена блок-схема реализованного устройства логарифмирования 16-разрядных чисел, которое выполнено на основе сдвигающего регистра, ПЗУ и 10-разрядного ЦАП /К572ПА1/.

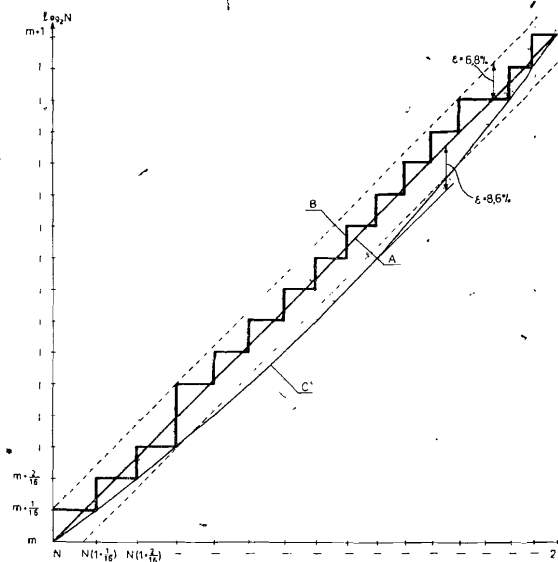


Рис. 2

По сигналу "Запись" производятся следующие операции: запрещается работа генератора Г, двоичное число заносится в сдвигающий регистр, а в 4-разрядном двоичном счетчике устанавливается число 15 путем перевода всех разрядов счетчика в единичное состояние. По окончании сигнала "Запись" разблокируется генератор, и каждым его импульсом содержимое сдвигающего регистра перемещается в сторону старших разрядов, а из счетчика вычитается единица. После появления единицы в старшем 16-м разряде регистра или достижения счетчиком нулевого состояния работа генератора прекращается.

Счетчик содержит код характеристики логарифма, который подается на старшие разряды ЦАП. Разряды 15÷11 сдвигающего регистра подаются на адресные входы ПЗУ, в качестве которого используется схема К155 РЕЗ с организацией матрицы памяти 32x8 разрядов. Шестиразрядные выходные слова ПЗУ содержат приближенные значения мантисы логарифма и подаются на остальные шесть разрядов ЦАП. Ошибка логарифмирования такого устройства не превышает 0,17%.

Скорость работы логарифмического преобразователя определяется частотой генератора Г, которая для схем серии 155 может быть выбрана равной 10 МГц. В этом случае максимальное время преобразования 16-разрядного числа составляет $\sim 1,6$ мкс.

В качестве примера на рис.4 представлен спектр ^{202}Tl , логарифмирование которого выполнено с помощью описанного устройства.

В заключение авторы благодарят Н.Неделчева за полезные обсуждения при подготовке статьи.

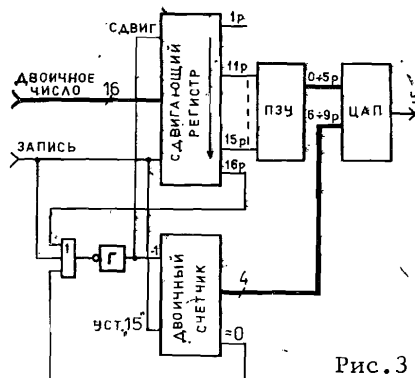


Рис. 3

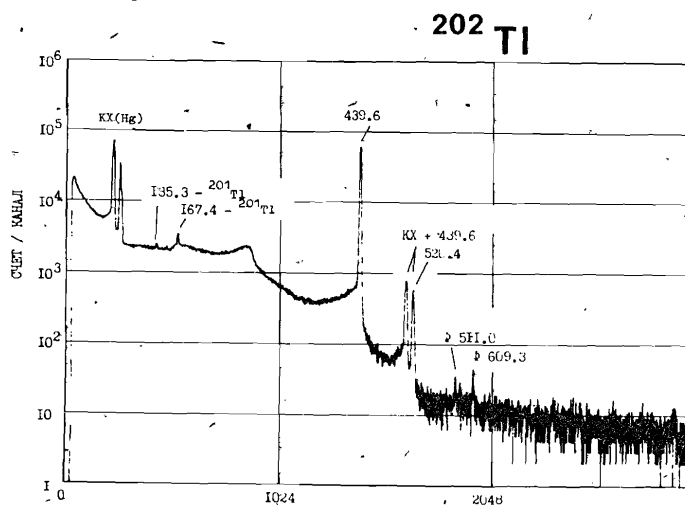


Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарет П. Аналоговые устройства для микропроцессоров и мини-ЭВМ. "Мир", М., 1981.
2. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы: Сов. радио, М., 1979.
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. "Мир", М., 1982.
4. Electronics. 1981, vol. 54, No 18.

-Рукопись поступила в издательский отдел
14 января 1985 года.

Георгиев А. и др.

13-85-24

Устройство логарифмического представления двоичных чисел в аналоговой форме

Описан логарифмический преобразователь, в котором мантисса логарифма получается из значений нескольких старших разрядов двоичного числа, преобразованных с помощью таблицы, хранимой в постоянном запоминающем устройстве. Затем полученные коды цифроаналоговым преобразователем представляются в аналоговой форме. Ошибка логарифмирования 16-разрядных чисел составляет 0,17%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985.

Перевод О.С.Виноградовой

Georgiev A. et al.

13-85-24

Unit for Logarithmic Conversion of Binary Numbers to Analog Form

A logarithmic converter is described. The mantissa of the logarithm is calculated from some significant bits of the binary number with the help of the table located in the PROM. After this operation the digital-to-analog converter makes analog signals of these codes. The conversion error for 16 bit numbers is 0.17%.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985