

При такой картине развития большие вычислительные комплексы с мощным центральным вычислителем и терминалами пользователей должны потерять свое значение. Структуру вычислительного комплекса большого института (такого, например, как ОИЯИ) составят мощные микро-ЭВМ, работающие непосредственно в местах пользования, но соединенные с большим центральным банком данных с помощью разветвленной коммуникационной сети.

Разумеется, к таким далеким экстраполяциям, особенно в их применении к развитию отечественной вычислительной техники, следует подходить с определенной осторожностью, но пренебрежение всеми весьма существенными факторами, связанными с появлением и распространением микро-ЭВМ, может привести к большим просчетам.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Franson. Calculator-chip business slows.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 22, p. 56.
2. L. Young, T. Bennett, J. Lavell. N-channel MOS technology yields new generation of microprocessors.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 8, p. 88.
3. W. Davidow. INTEL 8080 microprocessor manual.— Intel Corporation. Santa Clara, California, 1974.
4. Motorola joins microprocessor race with 8-bit entry.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 5, p. 29. AMI to make Motorola processor.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 18, p. 25.
5. 4 K RAMs are on schedule.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 18, p. 25 (see p. 12—13 also).
6. W. I. Stanley. Measurement of system operational statistics.— "IBM Syst. J.", 1969, vol. 8, № 4, p. 299.
7. Е. Л. Брусиловский, Е. А. Кошман. Статистические методы расчета производительности вычислительных машин единой системы.— «Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ», 1973, вып. 1, с. 122.
8. В. В. Пржнялковский, Г. Д. Смирнов, Н. А. Мальцев, Р. М. Асцатуров, В. П. Качков. Электронно-вычислительная машина ЕС-1020.— «Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ», 1973, вып. 1, с. 66.
9. J. M. Smith. A review and comparison of certain methods of computer performance evaluation.— "Computer Bulletin.", 1968, vol. 12, № 1, p. 43.
10. J. Rattner, J. C. Cornet and M. F. Hoff. Bipolar LSI computing elements usher in new era of digital design.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 18, p. 89.
11. C. M. Hart, A. Slob and H. E. J. Wulms. Bipolar LSI takes a new direction with integrated injection logic.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 20, p. 111.
12. Signetics, first microprocessor.— "Electronics", 1974, vol. 47, № 18, p. 133.
13. N. Macdonald. World computer census.— "Computers and Automation", 1974, vol. 22, № 7B, p. 120.
14. С. А. Усов, М. Г. Чайковский. Сравнение производительности БЭСМ-6 и ЕС-1050 на некоторых простых задачах.— Препринт № 42. М., ИПМ АН СССР, 1974.

Поступила в редакцию 27 января 1975 г.

УДК 681.142 : 621

В. А. БЕЛОМЕСТНЫХ, В. Н. ВЬЮХИН, А. Н. КАСПЕРОВИЧ

(Новосибирск)

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ АЦП

Одна из важных задач при создании и исследовании АЦП — разработка методики и устройств их поверки. Если определение статических параметров АЦП, таких, как смещение нуля, интегральная и диф-

ференциальная нелинейность и т. п., не вызывает особых затруднений (хотя и нуждается в автоматизации), то определение их динамических параметров значительно сложнее, особенно для АЦП высокого быстродействия.

Динамические свойства АЦП принято характеризовать временем преобразования, которое определяет интервал дискретизации и в конечном счете погрешность восстановления, и апертурным временем, определяющим динамические погрешности отсчетов.

Непосредственно измерить апертурное время затруднительно. Поэтому динамику АЦП можно характеризовать полосой входного сигнала синусоидальной формы, который может быть преобразован с заданной динамической погрешностью (пробный сигнал ступенчатой формы не дает возможности выявить влияние апертурного времени).

Динамические ошибки АЦП было бы лучше всего определить в условиях, близких к реальным условиям использования АЦП, путем записи результатов преобразования известного входного сигнала в быстродействующее буферное запоминающее устройство с последующей переписью массива данных в ЭВМ и визуализацией их с помощью графических устройств вывода ЭВМ. Эта методика была применена авторами при проверке АЦП с временем преобразования 400 нс. Однако подобная методика не всегда может быть использована, поскольку она требует больших объемов оборудования: ЭВМ с устройствами графического вывода, генераторов сигналов с точно известной формой, буферных запоминающих устройств большого быстродействия (с временем записи 100 нс). К недостаткам этой методики следует отнести и малое число далеко отстоящих точек на измеряемой и воспроизводимой реализациях процесса (например, десять точек на период синусоиды), что затрудняет восстановление исходного процесса и оценку качества прибора во всех точках шкалы. При использовании электромеханических устройств вывода испытания занимают много времени*.

Рассматриваемая в данной работе методика и установка, реализующая эту методику, основаны на визуальном сравнении формы входного сигнала и сигнала, восстановленного по отсчетам АЦП с помощью ЦАП. Эта методика проста, не требует много оборудования, наглядна, может быть использована при наладке и настройке АЦП, значительно расширяет функциональные возможности проверки, позволяя определять значения граничных параметров исследуемого АЦП (в частности, минимально допустимое время преобразования).

Сравнение входного и декодированного сигналов с помощью обычного осциллографа затруднительно, так как при высокой частоте входного сигнала удается получить мало выборок (теоретически две выборки на период верхней граничной частоты АЦП). Кроме того, осциллограмма выходного сигнала ЦАП будет представлять набор горизонтальных линий. Поэтому для реализации визуального сравнения входного и восстановленного сигналов нами предложено использовать стробоскопический осциллограф, который позволяет получить практически любое число выборок на период частот сигнала вплоть до ГГц**. Сущность предложения сводится к использованию для запуска АЦП и переписи кода в регистр ЦАП импульсов, синхронных со стробом осциллографа. Использование строб-осциллографа имеет ряд и других преимуществ, указанных ниже.

Блок-схема установки по проверке АЦП представлена на рис. 1. Установка содержит в своем составе 1) осциллограф стробоскопический типа С1-39; 2) образцовый цифроаналоговый преобразователь; 3) источ-

* Обзор ряда других методов определения динамических ошибок АЦП был сделан В. И. Александриним на Республиканском семинаре по АЦП в г. Киеве, 1974 г.

** Рябинин Ю. А. Стробоскопическое осциллографирование. М., «Сов. радио», 1972.

ник преобразуемого напряжения, в качестве которого был использован генератор типа ГЗ-7А; 4) устройство регулируемой задержки (конструктивно расположенное в цифро-аналоговом преобразователе).

Работает установка следующим образом. Выходной сигнал с генератора ГЗ-7А поступает на Вх1 осциллографа и одновременно на вход исследуемого АЦП. Синхронизация осциллографа осуществляется тем же сигналом. Цифровой код с выходного регистра АЦП поступает на вход образцового ЦАП. Выход ЦАП подключен на Вх2 осциллографа. Для получения стробоскопического

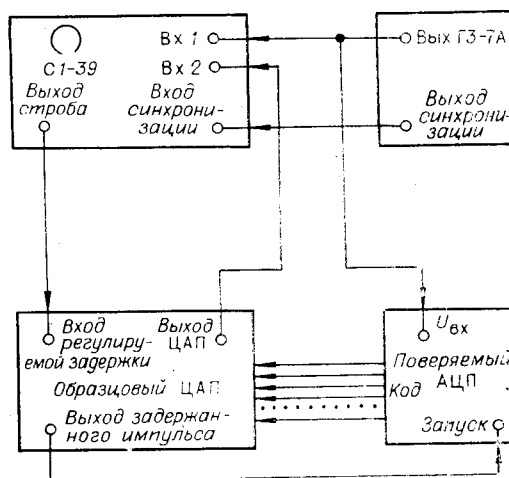


Рис. 1.

эффекта в качестве сигнала переноса цифрового кода с выхода АЦП в регистр ЦАП используется импульс, синхронный со строб-импульсом осциллографа (строб непосредственно использовать нельзя, так как он имеет длительность 0,4 нс). Этот же импульс, пройдя через устройство регулируемой задержки, осуществляет запуск АЦП. Строб-импульсы автоматически сдвигаются относительно сигнала при каждом повторении и таким образом последовательно считывают его по точкам. Этот эффект и используется для воспроизведения на ЭЛТ в виде гладкого сигнала ступенчато-изменяющегося выходного напряжения образцового ЦАП.

Устройство регулируемой задержки позволяет изменять сдвиг между прямым и восстановленным сигналами, совмещать осциллограммы этих процессов. Осциллограммы совмещаются, когда задержка кратна периоду входного сигнала.

Кратко характеризуем особенности работы каждого прибора. В установке использован стробоскопический осциллограф типа С1-39. Он обладает широкой эффективной полосой пропускания (700 МГц) и высокой чувствительностью (20 мВ/см), имеет два канала и выход на самописец для документирования полученных осциллограмм.

По сравнению с обычным стробоскопический осциллограф имеет больший динамический диапазон входных сигналов, передаваемых без искажений, и, кроме того, не подвержен перегрузкам, поскольку в нем усиливается не сам сигнал, а отдельные импульсы, модулированные разностью между текущей и предшествующей выборками сигнала (обычно единицы мВ). При этом оказывается возможным выявить различие в сигналах по двум каналам, составляющее сотую долю от их максимального значения. Эта особенность позволяет проверять на установке АЦП с динамическим диапазоном преобразуемого сигнала до ± 2 В без дополнительных делителей напряжения и просматривать дифференциальную нелинейность исследуемых АЦП при чувствительности по вертикали 20 мВ/см. Заметим, что скорость развертки для данной установки ограничений не вносит, а коэффициент нелинейных искажений может не учитываться, поскольку в обоих каналах практически одинаков.

Образцовый ЦАП с суммированием токов имеет 8 разрядов (включая знаковый) и выдает на нагрузочном резисторе (75 Ом) напряжение в диапазоне ± 2 В. Коммутация разрядных токов осуществляется переключателями тока на транзисторах. Переключатели управляются

от регистра, триггеры которого выполнены на микросхемах серии 130. Коды с поверяемого АЦП поступают на ЦАП через разъем с согласующими резисторами (75 Ом). Заметим, что описываемая методика рой одновибратор формирует импульс, необходимый для запуска АЦП.

Установка позволяет проверять работоспособность АЦП во всех точках шкалы, в частности, определять дифференциальную нелинейность в любой точке шкалы АЦП, под которой понимается отношение

$$d = (\delta - h) / h,$$

где h — значение идеального кванта по уровню; δ — наблюдаемое значение кванта.

За максимальную частоту преобразуемого сигнала принимается частота входного сигнала, при превышении которой на осциллограмме восстановленного сигнала появляются искажения; зная эту частоту, апертурное время АЦП t_a можно определять из соотношения

$$t_a \leq h / (U_m 2\pi f_s),$$

где U_m — амплитуда $U_{вх}$.

Установка позволяет также проверять устойчивость работы АЦП. При этом ЦАП и АЦП закольцовываются (при определенном выходном напряжении ЦАП), импульс конца преобразования АЦП используется в качестве импульса переноса в ЦАП и нового импульса запуска. При этом время, в течение которого кодовая комбинация не меняется, характеризует устойчивость работы АЦП и его помехозащищенность.

Разработанная в соответствии с предложенной методикой установка находится в опытной эксплуатации. На установке были проверены и отлажены три макета быстродействующих АЦП с временем измерения 100 и 200 нс. В качестве примера, иллюстрирующего возможности установки, на рис. 2 показаны осциллограммы прямого и восстановленного синусоидального сигнала с параметрами $U_m = 1,5$ В и $f = 5$ МГц. На рис. 3 и 4 представлены фрагменты синусоидального сигнала с частотой 2,5 МГц и амплитудой > 2 В в районе нуля и на краю динамического диапазона АЦП. Осциллограммы, полученные с помощью созданной установки, позволяли оценить апертурное время исследованных макетов в $0,3 \cdot 10^{-9}$ с.

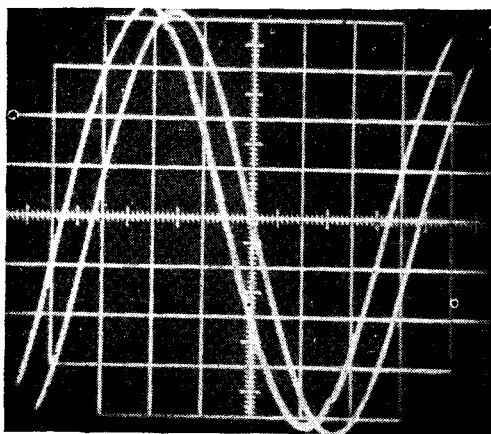


Рис. 2.

Особенностью описанной методики проверки АЦП является сравнительно низкая частота запуска АЦП, равная частоте строб-импульсов осциллографа (порядка 50 кГц). Рассмотрим влияние этого фактора на условия работы входного устройства АЦП — фиксатора уровня, который может функционировать в двух режимах.

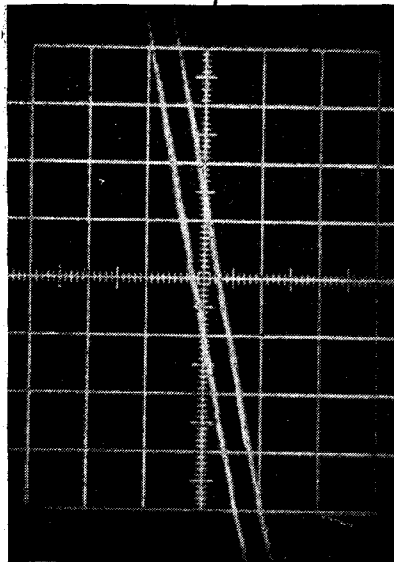


Рис. 3.

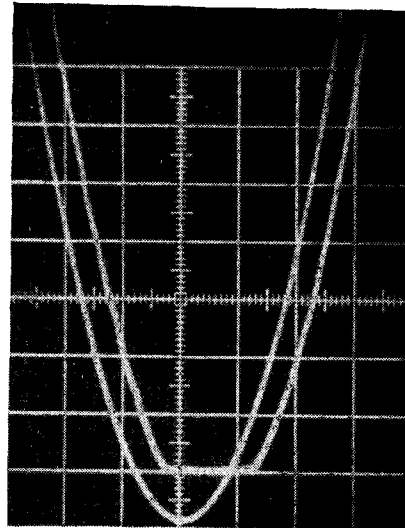


Рис. 4.

1. Фиксатор уровня переводится в режим хранения сигналом запуска АЦП на время преобразования. В этом случае описанная методика испытаний АЦП не позволяет обнаружить лишь одну погрешность фиксатора — погрешность недозаряда. Однако эта составляющая динамической погрешности хорошо поддается расчету и при проектировании фиксатора выбирается ниже допустимой.

2. Фиксатор переводится в режим выборки на короткое время импульсом запуска АЦП. Поскольку соседние выборки строб-осциллографа отличаются незначительно, то накопительный конденсатор фиксатора будет перезаряжаться от выборки к выборке на малую величину. Для приближения условий работы фиксатора к реальным можно выбрать скорость разряда накопительного конденсатора в режиме хранения такой, чтобы к моменту следующей выборки конденсатор разрядился на заданную величину (например, наполовину диапазона). Можно также рекомендовать применение в предлагаемой установке строб-осциллографа со случайным считыванием*.

Поступила в редакцию 9 октября 1975 г.

УДК 621.317.76

В. М. ВЕДЕРНИКОВ, В. П. КИРЬЯНОВ, А. М. ЩЕРБАЧЕНКО

(Новосибирск)

МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ УМНОЖЕНИЯ В ЧИСЛО-ИМПУЛЬСНЫХ МНОЖИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Счетно-вычислительные устройства лазерных измерителей перемещения на основе число-импульсных множительных устройств (ЧИМУ) отличаются сравнительно простой схемной реализацией и достаточно высоким быстродействием. Однако наиболее распространенные ЧИМУ,

* Рябинин Ю. А. Стробоскопическое осциллографирование. М., «Сов. радио», 1972.