

На первом шаге из рассмотрения исключаются «задние» грани [4]. Пусть после выполнения первого этапа база данных представляет собой множество A , состоящее из M граней: $A = \{G_i\}$, $i = 1, \dots, m$.

Второй этап заключается в построении для каждой грани G_i из множества A клиппера K_i . Клиппер K_i представляет собой бесконечную усеченную пирамиду, ограниченную плоскостями, проходящими через точку наблюдения и стороны грани G_i , а также плоскостью, проходящей через грань G_i . Заметим, что грань G_i частично или полностью закрывает грань G_j , если грань G_j соответственно частично или полностью попадает в клиппер K_i . Очевидно, что если грань G_j полностью лежит внутри клиппера K_i , то клиппер K_j лежит внутри клиппера K_i . В таком случае клиппер K_j можно в дальнейшем исключить из множества клипперов $K = \{K_i\}$, $i = 1, \dots, m$, так как K_i заведомо отдублирует все невидимые грани по отношению к K_j .

На третьем этапе для каждой грани G_i из множества граней A выполняются следующие действия: 1) из множества клипперов K временно исключается клиппер K_i , соответствующий грани G_i ; 2) грань G_i клипсируется последовательно всеми оставшимися.

Если на каком-то шаге окажется, что грань G_i невидима, то удаляем ее из множества граней A и, окрасив в цвет, соответствующий ее цвету в тени, добавляем к исходной базе данных; соответствующий клиппер K_i удаляем из множества клипперов K и переходим к обработке следующей грани множества A . В противном случае грань G_i частично или полностью видима и ее необходимо клиппировать для определения грани, описывающей тень. Затем ее добавляют к исходной базе данных.

Легко заметить, что в общем случае каждую грань необходимо подвергнуть процедуре клиппирования $M - 1$ раз. Тогда максимальное количество клипирований будет $M(M - 1)$.

4. В случае когда моделируется несколько источников освещения, генерация теней для каждого источника производится независимо от остальных. Таким образом, база данных подвергается процедуре генерации теней столько раз, сколько источников света необходимо моделировать. При добавлении дополнительного источника света к базе данных повторная генерация теней для предыдущих источников не нужна.

Предложенный алгоритм генерации теней требует больших вычислительных затрат и предназначен для использования в качестве предпроцессора в системах реального времени.

В нашем случае удаление невидимых поверхностей реализуется программно-аппаратными средствами, обеспечивающими генерацию изображения в реальном масштабе времени. Для систем машинной графики, в которых условие «реального времени» обязательно, для удаления невидимых поверхностей может использоваться процедура, описанная выше.

Следует отметить, что можно было бы сэкономить большое количество вычислений, если в алгоритме генерации теней рассматривать силуэты объектов, отбрасывающих тени, вместо каждой грани в отдельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зингер Б. Х., Талныкин Э. А. Предварительная пространственная сортировка — основа алгоритма удаления невидимых поверхностей для систем приоритетного типа. — Автометрия, 1983, № 6.
2. Ковалев А. М. и др. Устройство для вывода полутоновых трехмерных объектов на экран телевизионного приемника. (Автор. свид-во № 834692). — БИ, 1981, № 20.
3. Ньюмен У., Спрулл Р. Основы интерактивной машинной графики. — М.: Мир, 1976.
4. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Машинный синтез визуальной обстановки. — Автометрия, 1984, № 4.

Поступило в редакцию 23 января 1984 г.

УДК 621.317.725

А. Н. КАСПЕРОВИЧ, Ю. В. ШАЛАГИНОВ
(Новосибирск)

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ОДНОПЛАТНЫЙ АЦП

Применение скоростных отечественных БИС серии 1107, представляющих собой параллельные 6- и 8-разрядные АЦП, существенно расширяет возможности создания систем цифровой обработки сигналов. Однако при практическом использовании таких приборов требуется разработать и собрать на плате буферный усилитель входного сигнала (из-за необходимости быстрого перезаряда большой входной емкости микросхем АЦП), источник опорного напряжения (-2 В) и устройство формирования импульсов запуска. Заметим, что фирма TRW, выпускающая подобные микро-

схемы, производят также функционально законченные АЦП, выполненные на одной плате, где, помимо БИС АЦП, монтируется необходимое вспомогательное оборудование [1].

Экспериментальная проверка динамических характеристик отечественных БИС параллельных АЦП (по методике, которая описывается ниже) показала, что эти АЦП, хотя и основаны на методе параллельного преобразования, необходимой точности при работе с высокочастотными сигналами не обеспечивают. Так, для 8-разрядного АЦП с частотой дискретизации 20 МГц при гармоническом сигнале с размахом амплитуды во весь диапазон и с частотой 7 МГц погрешность преобразования составляет около 8 квант. (при сигнале с частотой 10 МГц — до 16 квант.), что не согласуется с требованиями теоремы отсчетов. Для улучшения динамических свойств АЦП необходимо использовать на его входе устройство выборки и хранения сигнала (УВХ). Заметим, что подобные рекомендации содержатся и в работе [2]. Ниже описывается разработанный на базе БИС параллельного 8-разрядного преобразователя одноплатный широкополосный АЦП с УВХ; приводится методика проверки динамических параметров АЦП.

Структурная схема АЦП изображена на рис. 1. Помимо БИС АЦП она содержит УВХ, источник опорного напряжения (ИОН) и формирователь импульсов запуска (ФИЗ). Наиболее ответственным и сложным из этих узлов является УВХ, к точности и особенно быстродействию которого предъявляются жесткие требования. Важно, чтобы УВХ не только обеспечивал качественное преобразование сигналов в диапазоне $0 \div 10$ МГц, но и имел малые времена выборки и хранения (примерно по 20 нс), а также низкий выходной импеданс. Это необходимо для того, чтобы применение УВХ на входе АЦП не приводило к снижению максимально допустимой частоты дискретизации АЦП. Разработка таких УВХ является сложной технической задачей.

УВХ построен по разомкнутой схеме, по принципу действия подобен УВХ, описанному в [3], но в отличие от него выполнен по обычной, а не по дифференциальной схеме. Снижение влияния коммутационных помех достигается уменьшением времени переходных процессов при коммутации (путем применения более быстродействующих элементов).

Принципиальная схема УВХ представлена на рис. 2. Входной сигнал через два управляемых эмиттерных повторителя ($T3$ и $T5$) заряжает конденсатор $C_{зап}$ и через повторитель на транзисторах разного типа проводимости ($T8 - T11$) поступает на выход. Входные эмиттерные повторители управляются переключателем тока ($T6, T7$). В режиме слежения переключатель тока питает эмиттерную цепь транзистора $T7$, не оказывая влияния на потенциал его базы. При переходе в режим хранения коллекторный ток транзистора $T6$ создает отрицательное смещение потенциалов базы транзистора $T5$ и эмиттера $T3$, что вызывает запирающие эти транзисторы. Изменение потенциала этой цепи ограничивается диодом $D4$ на уровне $-2,5$ В. Одновременно эмиттерная цепь транзистора $T5$ обесточивается. Применение подобного ключа является вторым отличием настоящего УВХ от описанного в [3] и обеспечивает лучшую защиту зафиксированного на запоминающем конденсаторе напряжения от воздействия входного сигнала (через паразитные емкости).

Сигналы управления переключателем тока ($T6, T7$) формируются с помощью дифференциальной пары $T1, T2$ и микросхемы $\Sigma 1$. При этом необходимое смещение уровней сигналов осуществляется путем использования диодов $D1 \div D3$ в цепи питания микросхемы $\Sigma 1$ и диодов $D5, D6$, включенных на выходе этой микросхемы.

Разработанный УВХ может быть использован для преобразования сигналов в двух диапазонах: ± 1 В и $0 \div -2$ В. В первом случае требуется смещение сигнала для согласования его с диапазоном БИС $-0 \div -2$ В. Это смещение создается при протекании через резистор $R1$ стабильного коллекторного тока транзистора $T4$. При работе во втором диапазоне коллектор транзистора $T4$ подключается непосредственно к выходу повторителя $T3$.

Источник опорного напряжения (ИОН) построен по схеме операционного усилителя со 100%-ной отрицательной обратной связью.

Формирователь импульсов запуска генерирует две последовательности импульсов положительной полярности в ТТЛ-уровнях длительностью по 20 нс. Импульсы, стробирующие АЦП, задержаны относительно импульсов выборки УВХ на 10—12 нс. Формирование импульсов запуска производится элементами серии 531.

Динамические параметры АЦП исследовались по специально разработанной методике, которая является дальнейшим развитием стробоскопической методики, описанной в [4]. Заметим, что весьма близкий способ (метод биений), также позволяющий наблюдать восстановленные с помощью ЦАП периодические сигналы с выхода АЦП во всех точках шкалы, рассмотрен в работе [5].

Основным недостатком методики [4] является относительно низкая частота дискретизации, определяемая частотой запуска стробоскопического осциллографа. Этот недостаток в какой-то мере свойствен и методу биений [5], где частота дискретизации АЦП выбирается примерно равной частоте тестового гармонического сигнала.

Для того чтобы обеспечить контроль параметров АЦП на рабочих частотах дискретизации, в канал запуска АЦП введен генератор пачки импульсов (ГПИ),

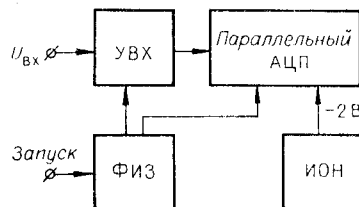


Рис. 1.

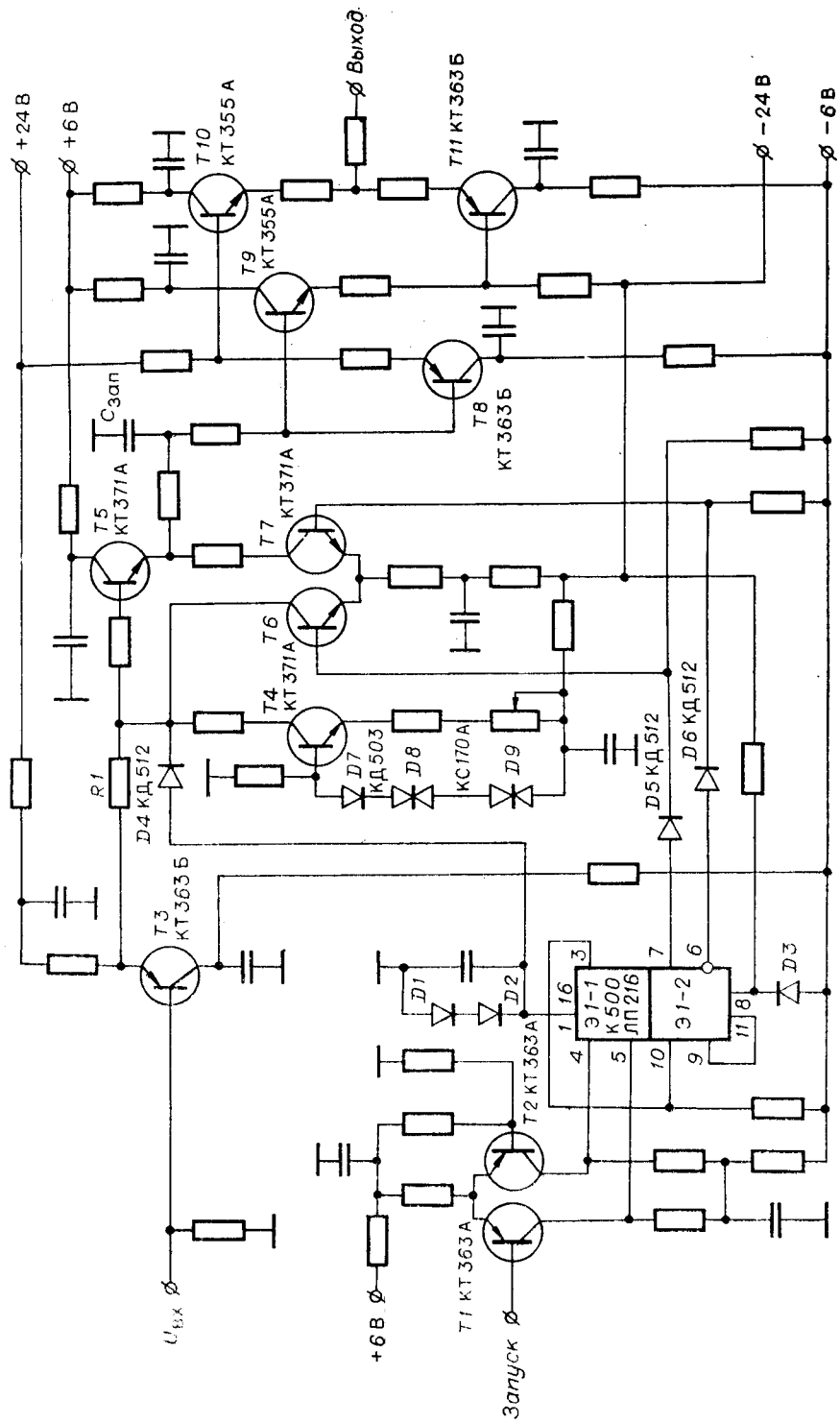


Рис. 2.

запускаемый от строб-импульса стробоскопического осциллографа (СО) (рис. 3). Частота этого генератора может регулироваться в значительных пределах, что позволяет проверять АЦП на различных частотах дискретизации, в том числе и предельной.

Было предложено контролировать динамические погрешности АЦП по разностному сигналу. В этом случае осциллограф включается в режим вычитания сигналов (преобразуемого и восстановленного), при совмещении которых по фазе на экране осциллографа наблюдается разностный сигнал, соответствующий погрешности преобразования. Совмещение на экране фаз сигналов осуществляется регулированием числа импульсов в пачке (грубо) и с помощью регулируемой широкополосной линии задержки (ЛЗ) (плавно). В режиме разностного сигнала могут быть оценены различные составляющие погрешности АЦП. Интегральная нелинейность оценивается по степени искривления линии разностного сигнала, дифференциальная — по величине разброса амплитуд погрешностей в разных точках шкалы АЦП (этот вид погрешности удобно наблюдать при большом растяжении сигналов по оси времени). Апертурная погрешность проявляется в виде дрожания амплитуд разностного сигнала. Здесь следует иметь в виду, что в оценку апертурной погрешности входят и погрешности, возникающие из-за временной неопределенности импульсов в каналах запуска АЦП и синхронизации осциллографа. Поэтому предъявляются повышенные требования к быстрдействию и помехозащищенности элементов канала запуска.

На рис. 4, а, б показаны осциллограммы разностных сигналов, полученных путем вычитания восстановленного сигнала из преобразуемого гармонического сигнала с частотой 7 МГц и размахом амплитуд, равным диапазону АЦП. На рис. 4, а представлен случай использования АЦП без УВХ, а на рис. 4, б — с УВХ. На рис. 4, а отчетливо видна интегральная нелинейность АЦП, составляющая несколько квантов (ширина линии соответствует примерно 2 квант.).

Разработанный АЦП выполнен в виде модуля КАМАК одинарной ширины и имеет следующие параметры: число разрядов 8, быстродействие до 20 млн. преобр./с. Проведенные испытания динамических свойств АЦП с помощью вышесказанной

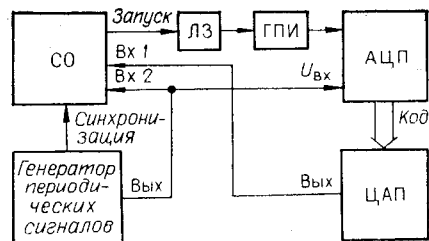


Рис. 3.

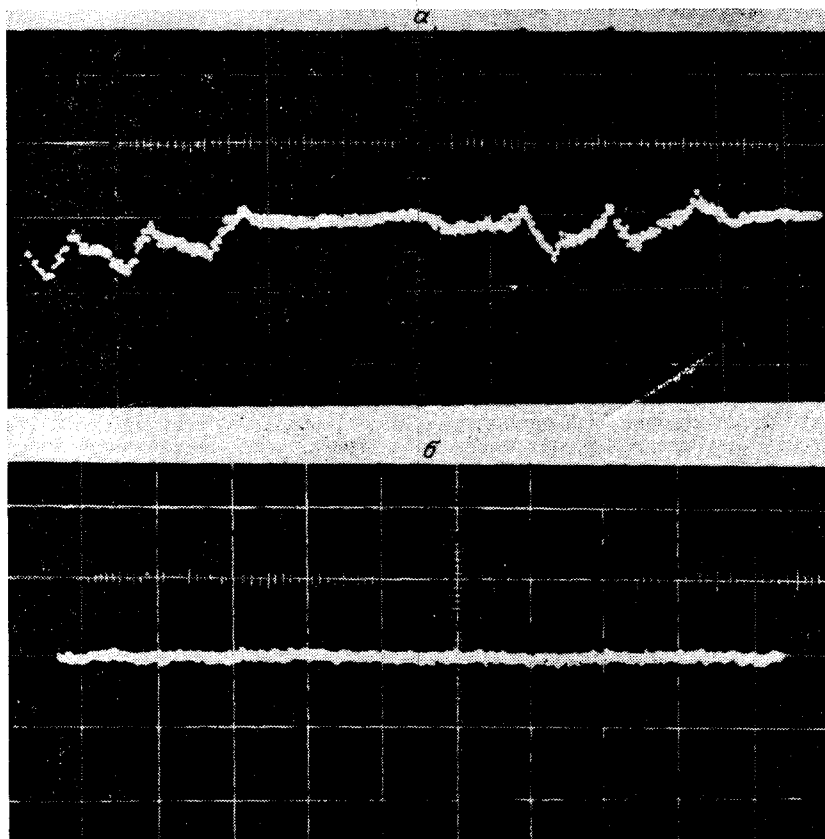


Рис. 4.

методики показали высокую эффективность применения УВХ совместно с БИС АЦП параллельного типа. Динамическая погрешность АЦП на частотах до 7 МГц — ± 1 квант.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плата для быстрого аналого-цифрового преобразования.— Электроника, 1981, № 16.
2. Stuart R. Michaels. Mend flash-converter flaws with track/hold core.— END, 1981, N 30.
3. Ефремов А. И., Касперович А. Н., Литвинов Н. В., Шалагинов Ю. В. Широкополосный аналого-цифровой преобразователь.— Автометрия, 1981, № 6.
4. Беломестных В. А., Вьюхин В. Н., Касперович А. Н. Об одном способе экспериментального определения динамических свойств быстродействующих АЦП.— Автометрия, 1976, № 5.
5. Нил М., Мьюто А. Динамический контроль аналого-цифровых преобразователей.— Электроника, 1982, № 4.

Поступило в редакцию 31 января 1984 г.

УДК 681.3.06

Б. Х. ЗИНГЕР
(Новосибирск)

О РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СОРТИРОВКИ ПО ПРИОРИТЕТАМ

В данной статье приводится краткое описание реализации алгоритма предварительной пространственной сортировки по приоритетам, предложенного в [1].

Назначение сортировки по приоритетам состоит в том, чтобы выполнить заранее (до визуализации) многие вычисления, связанные с удалением невидимых поверхностей. Они проводятся независимо от положения и ориентации наблюдателя: один раз для всех возможных изображений сцены. Такой подход позволяет резко сократить объем вычислений во время генерации изображения. При этом достигается столь значительное сокращение вычислительных затрат, что становится возможной генерация трехмерных визуальных сцен в реальном масштабе времени.

Входной информацией для рассматриваемого алгоритма служит база данных, содержащая описание модели визуальной сцены. Любой объект аппроксимируется набором плоских многоугольников (граней). Каждая грань представлена упорядоченным набором вершин с соответствующими координатами в трехмерном пространстве.

В процессе сортировки граней для обеспечения приемлемого быстродействия и возможности обработки данных большого объема необходима гибкая организация структур данных и выбор адекватных методов обработки.

В общем случае при реализации алгоритма сортировки объем требуемой памяти может превысить выделенные для задачи ресурсы, поэтому для обеспечения работоспособности программы (возможно, с меньшей эффективностью) необходимо повторное использование освободившихся областей памяти. Списочная структура дает возможность организовать сложную иерархию памяти и позволяет решить проблему обработки и представления данных с нестандартной организацией [2]. Под каждый элемент списка динамически выделяется память, так что в случае необходимости она может быть перераспределена.

Таким образом, для обеспечения эффективной обработки данных сложной организации необходимо, во-первых, использовать списки, во-вторых, обеспечить повторное использование свободных областей памяти, в-третьих, временно неиспользуемые данные целесообразно хранить на устройствах прямого доступа [3].

На рисунке показан линейный список описателей граней, каждый из которых представляет собой структуру, описывающую определенные атрибуты грани и содержащую указатель грани. Грань, в свою очередь, является структурой, включающей остальные параметры грани и указатель на список вершин. Вершины организованы в линейный список.

Описатель грани состоит из четырех полей: поле счетчика (Count) — целое число, указывающее на количество граней, закрывающих данную; поле ключа (Ind) — целое число (номер строки в матрице отношений); поле указателя (Next) — указатель на следующий элемент списка описателей; поле указателя (Face) — указатель грани.

Грань — это структура памяти из пяти полей: нормаль (N) — нормаль грани; тега (Tag) — битовая информация о режимах обработки; Col₁ — цвет грани, осве-