

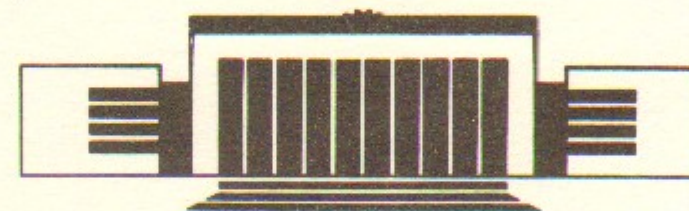


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

Э.А. Купер, А.Е. Плотников, А.А. Шейнгезихт,  
Ю.П. Деркач, С.В. Коринец

**РЕГИСТРАТОР ФОРМЫ  
ОДНОКРАТНЫХ НАНОСЕКУНДНЫХ СИГНАЛОВ  
АФИ-1700**

**ПРЕПРИНТ 88-150**



НОВОСИБИРСК

Регистратор формы однократных  
наносекундных сигналов АФИ-1700

Э.А. Купер, А.Е. Плотников, А.А. Шейнгеzicht,  
Ю.П. Деркач, С.В. Коринец

Институт ядерной физики  
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

В работе приводится описание регистратора наносекундных импульсов АФИ-1700, предназначенного для измерения быстрых однократных процессов. Длина временной шкалы 768 нс, шаг дискретизации 1 нс. Прибор позволяет регистрировать сигналы с максимальной частотой спектра до 300 МГц. Прибор выполнен в стандарте КАМАК.

E.A. Cuper, A.E. Plotnikow, A.A. Sheingezicht,  
J.P. Derkach, S.W. Korinez

Institute of Nuclear Physics  
630090, Novosibirsk, USSR

АБСТРАКТ

Transient recoder of nanosecond pulses AFI-1700 is described. Sampling rate of the device is 1 Giga-sample per second; maximum process length 768 ns. The device allows to record signals with spectrum up to 300 MHz. The device is implemented in CAMAC module.

© Институт ядерной физики СО АН СССР

В системе автоматизации физического эксперимента регистрация формы коротких импульсов занимает особое место. Это связано, с одной стороны, с актуальностью задачи, а с другой стороны, с трудностью создания таких устройств на основе современной элементной базы. Самая быстродействующая аналого-цифровая микросхема (АЦП), выпускаемая нашей промышленностью, имеет тактовую частоту 100 МГц при максимальной полосе входного сигнала 10—15 МГц. Это заставляет разработчиков высокочастотной регистрирующей аппаратуры искать схемные решения, позволяющие на основе существующей элементной базы, создавать приборы для регистрации импульсов наносекундного диапазона.

ЦЕЛЬ РАЗРАБОТКИ И ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ

Целью разработки АФИ-1700 было создание более широкополосного и широкодиапазонного по временной шкале регистратора по сравнению с ранее выпускавшимися в ИЯФ АФИ-16 и АФИ-39 [1, 2].

Основным элементом, во многом определяющим электрические параметры данного регистратора, является ПЗС-микросхема. Принцип работы таких приборов подробно описан в [3]. В данном приборе эта микросхема выполняет роль аналогового запоминающего устройства (АЗУ). Она представляет собой 64-элементную тактируемую линию задержки.

Продвижение заряда по линии осуществляется с помощью 64

пар электродов: ЭТ и ЭО. На электрод ЭТ подается напряжение  $U(t)$ , на ЭО — постоянное напряжение  $U_m/2$  (Рис. 1а). Сплошной линией на рис. 1а показаны потенциалы электродов при  $U(t) = 0$ , пунктирной — при  $U(t) = U_m$ . Направление продвижения заряда показано стрелками.

На входе линии имеются три электрода, функционально выполняющие роль устройства выборки-хранения (УВХ). Управляющий электрод (входной диод) выполняет роль ключа УВХ. Электрически он соединен с тактирующими электродами ЭТ. При отрицательном напряжении  $U(t)$  входной диод инжектирует в потенциальную яму под электродом Э2 заряд, соответствующий разности потенциалов электродов Э1 и Э2. Разность потенциалов этих электродов пропорциональна входному сигналу. По положительному фронту напряжения  $U(t)$  входной диод закрывается, а заряд из под электрода Э2 перетекает в первую ячейку линии задержки.

После прохождения 64 тактирующих импульсов  $U(t)$  все ячейки линии заполнены «выборками» сигнала, взятыми с шагом дискретизации, равным периоду тактирующего напряжения. Затем эта информация через встроенное в микросхему выходное устройство выводится из линии задержки на более низкой, чем в режиме записи, частоте и оцифровывается с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Максимальная тактовая частота приборов с зарядовой связью существенно меньше 1 ГГц, поэтому для получения шага дискретизации регистратора в одну наносекунду пришлось применить параллельное соединение по отношению к входному сигналу нескольких ПЗС-микросхем. Тактовые импульсы, поступающие на эти микросхемы, сдвинуты на одну наносекунду. Таким образом, удалось создать регистратор наносекундных импульсов с требуемым шагом дискретизации.

Перед началом проектирования не было данных об основных параметрах ПЗС-микросхемы, таких как: максимальная тактовая частота, разброс апертурной задержки от прибора к прибору, широкополосность и др. Поэтому был сделан специальный стенд и проведены измерения основных параметров этих микросхем. Методика проведенных измерений будет приведена ниже. В результате испытаний было установлено, что тактовая частота приборов не менее 80—100 МГц, полоса пропускания входного устройства 250—300 МГц, разброс апертурных задержек  $\pm 0,2$  нс.

Основные выводы, которые были сделаны на основании проведенных испытаний, сводятся к следующему. Для данного регистра-

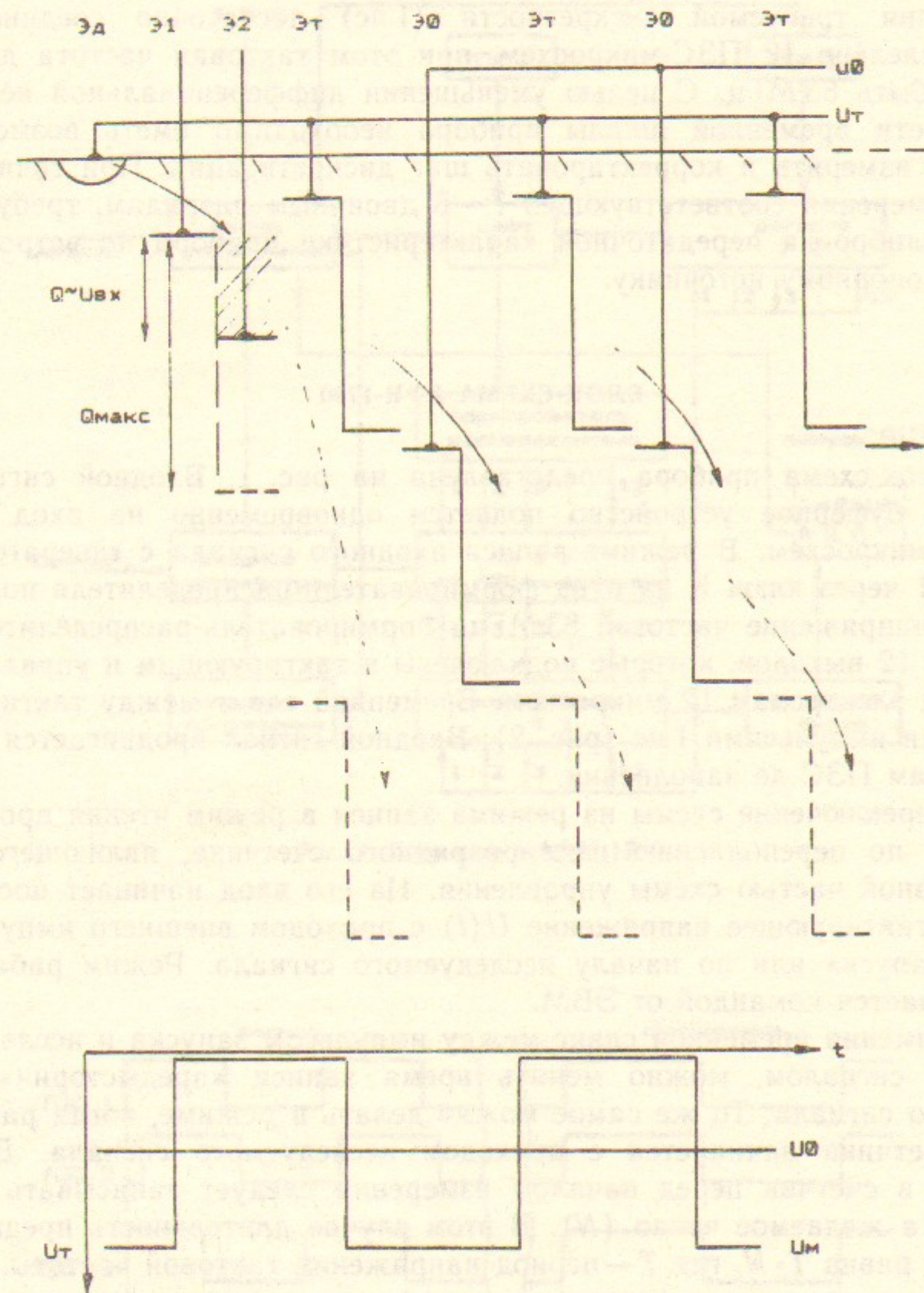


Рис. 1а. Упрощенная потенциальная диаграмма ПЗС-микросхемы.

тора не требуется внешних устройств выборки-хранения. Для достижения требуемой дискретности (1 нс) достаточно соединить параллельно 12 ПЗС-микросхем, при этом тактовая частота должна быть 83 МГц. С целью уменьшения дифференциальной нелинейности временной шкалы прибора необходимо иметь возможность измерять и корректировать шаг дискретизации. При точности измерения соответствующей 7—8 двоичным разрядам, требуется калибровка передаточной характеристики прибора по встроенному опорному источнику.

### БЛОК-СХЕМА АФИ-1700

Блок-схема прибора представлена на рис. 1. Входной сигнал через буферное устройство подается одновременно на вход 12 ПЗС-микросхем. В режиме записи входного сигнала с генератора ТГИ-1 через ключ К на вход формирователя-распределителя подается напряжение частотой 83 МГц. Формирователь-распределитель имеет 12 выходов, которые подключены к тактирующим и управляющим электродам 12 микросхем. Временной сдвиг между тактирующими импульсами 1 нс (рис. 2). Входной сигнал продвигается по ячейкам ПЗС до заполнения.

Переключение схемы из режима записи в режим чтения происходит по переполнению шестиразрядного счетчика, являющегося составной частью схемы управления. На его вход начинает поступать тактирующее напряжение  $U(t)$  с приходом внешнего импульса «запуск» или по началу исследуемого сигнала. Режим работы выбирается командой от ЭВМ.

Изменяя временной сдвиг между импульсом запуска и исследуемым сигналом, можно менять время записи «предыстории» и самого сигнала. То же самое можно делать в режиме, когда работа счетчика начинается с приходом исследуемого сигнала. Для этого в счетчик перед началом измерения следует записывать не ноль, а желаемое число ( $N$ ). В этом случае длительность предыстории равна  $T \cdot N$ , где  $T$  — период напряжения тактовой частоты.

В режиме чтения (кодирование информации) схема управления с помощью коммутатора К подает на вход формирователя импульсы с выхода 12 разрядного регистра Р1, в первом разряде которого записана 1, в остальных 0. Одновременно с этим запускается генератор ТГИ2, напряжение которого является тактирующим для

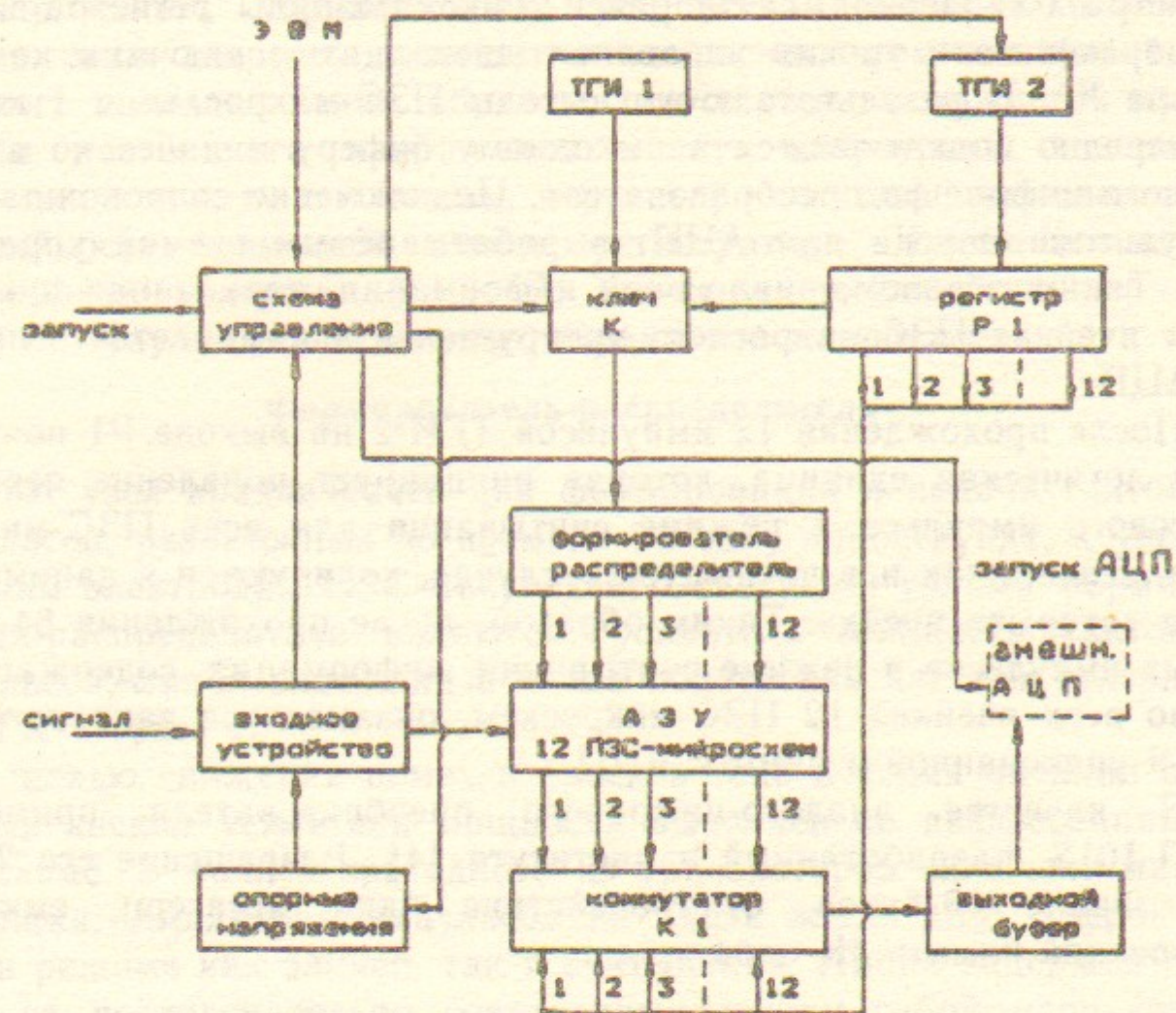


Рис. 1. Блок-схема АФИ-1700.

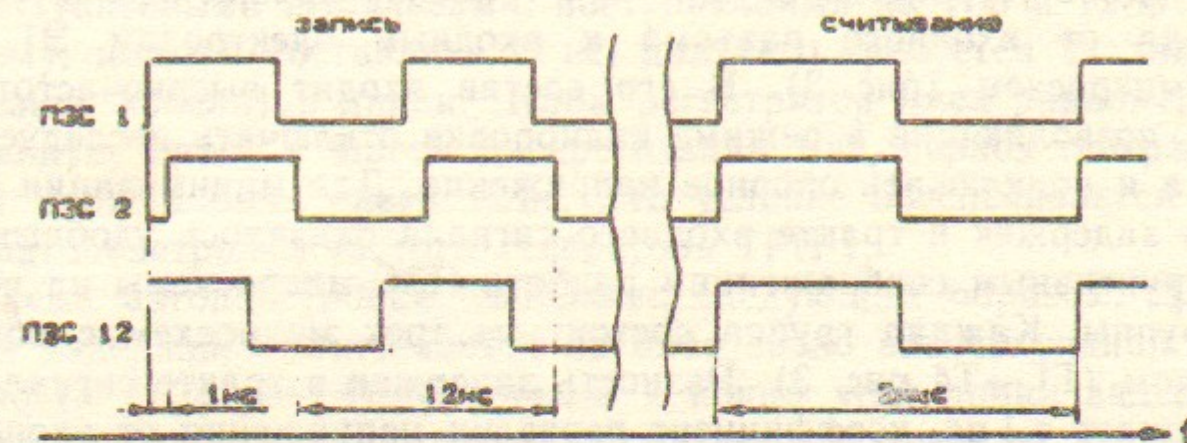


Рис. 2. Временная диаграмма тактовых импульсов.

регистра P1. Период ТГИ2 равен 2 мкс. Разряды регистра через преобразователи уровня управляют двенадцатью ключами коммутатора K1. В результате этого выходы ПЗС-микросхем с 1 по 12 поочередно подключаются к выходному буферу и далее ко входу аналого-цифрового преобразователя. Подключение сопровождается импульсом запуска для АЦП, вырабатываемым схемой управления. Таким образом, аналоговая информация, записанная в «первых» ячейках ПЗС-микросхем, кодируется и запоминается в памяти АЦП.

После прохождения 12 импульсов ТГИ-2 на выходе P1 появляется логическая единица, которая инициирует появление первого тактового импульса в режиме считывания для всех ПЗС-микросхем. Далее, как и в предыдущем случае, кодируются и запоминаются «вторые» ячейки. Таким образом, после прохождения 64-тактовых импульсов в режиме считывания, информация, содержащаяся во всех ячейках 12 ПЗС-микросхем, оказывается закодированной и упакованной в памяти АЦП.

В качестве аналого-цифрового преобразователя применен АЦП-101S, разработанный в институте [4]. Разрешение его 2 мВ при шкале 10 битов, быстродействие один мегагерц, емкость встроенной памяти 4К слов.

## ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ АФИ-1700

### Входное устройство

Входное устройство служит для транспортировки исследуемого сигнала от входного разъема к входным электродам Э1, Э2 ПЗС-микросхем (рис. 3). В его состав входит высокочастотный ключ, позволяющий в режиме калибровки отключать исследуемый сигнал и подключать опорное напряжение. Для минимизации разброса задержек в тракте входного сигнала оказалось удобным по конструктивным соображениям разбить ПЗС-микросхемы на четыре группы. Каждая группа состоит из трех микросхем с общим буфером (Т1—Т4 рис. 3). Разность задержек в тракте сигнала не превышает 0.1 нс, коэффициент передачи напряжения от входного разъема до электродов Э1, Э2 0.9—1, граничная частота 300—350 МГц.

В приборе предусмотрена возможность синфазного изменения напряжения входных электродов U1—U12 (рис. 3) по отношению

к напряжению, управляющему устройством выборки-хранения. Это, в свою очередь, приводит к изменению момента фиксации входного сигнала. Таким образом, появляется возможность изменением постоянного напряжения менять апертурную задержку ПЗС-микросхем, и, тем самым, корректировать дифференциальную нелинейность временной шкалы регистратора. Чувствительность регулировки задержки 0.1 нс/В, диапазон регулировки порядка 0.8 нс без ухудшения остальных параметров микросхемы.

### Формирователь-распределитель

Этот узел предназначен для формирования и подачи тактовых импульсов, разнесенных во времени на одну наносекунду, к управляющим электродам ПЗС-микросхем. Основными узлами формирователя-распределителя являются: усилитель мощности тактовых импульсов, линия задержки и схема подстройки частоты генератора ТГИ-1 (рис. 4).

С целью снижения помех и бросков тока в цепях питания оконечный каскад усилителя мощности выполнен по дифференциальной схеме. В коллекторе одного из транзисторов включена линия задержки. Амплитуда импульсов на входе линии 15 В с фронтом 3 нс в режиме как записи, так и считывания. Линия задержки состоит из последовательно соединенных между собой одинаковых отрезков коаксиального кабеля. К местам их соединения подключаются управляющие электроды 12 ПЗС-микросхем. Длина отрезков кабеля выбирается таким образом, чтобы с учетом емкости управляющих электродов ПЗС (4 пФ) задержка тактовых импульсов на соседних отводах линии составляла 1 нс. Временной сдвиг между тактовыми импульсами, поступающими на 1-ю и 12-ю микросхему, должен составлять 11 нс, для чего требуется 11 звеньев (отрезков кабеля) в линии. Чтобы регистратор имел равномерную временную шкалу с шагом дискретизации 1 нс, период генератора ТГИ1 должен быть равен 12 нс. Это условие обеспечивается схемой автоподстройки частоты генератора ТГИ-1.

Схема автоподстройки выполнена следующим образом. Длина линии задержки увеличивается на одно звено наносекундной длительности ( $L_{доп}$  рис. 4). С начала и конца этой линии задержки сигналы подаются на фазовый детектор, выполненный на основе «быстрого» Д-триггера. С выхода триггера напряжение поступает на интегратор и далее на варикап, корректирующий частоту генератора ТГИ-1.

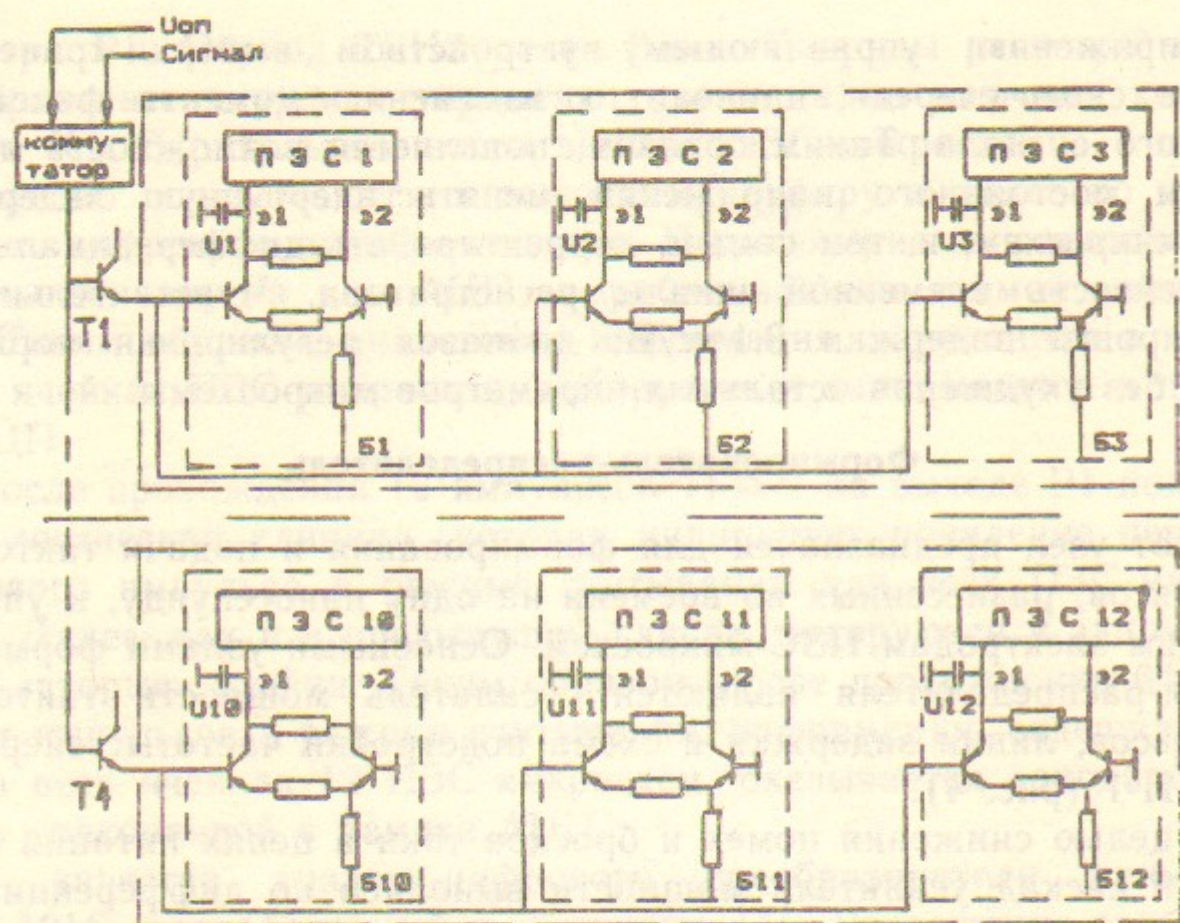


Рис. 3. Схема транспортировки входного сигнала к ПЗС-микросхемам.

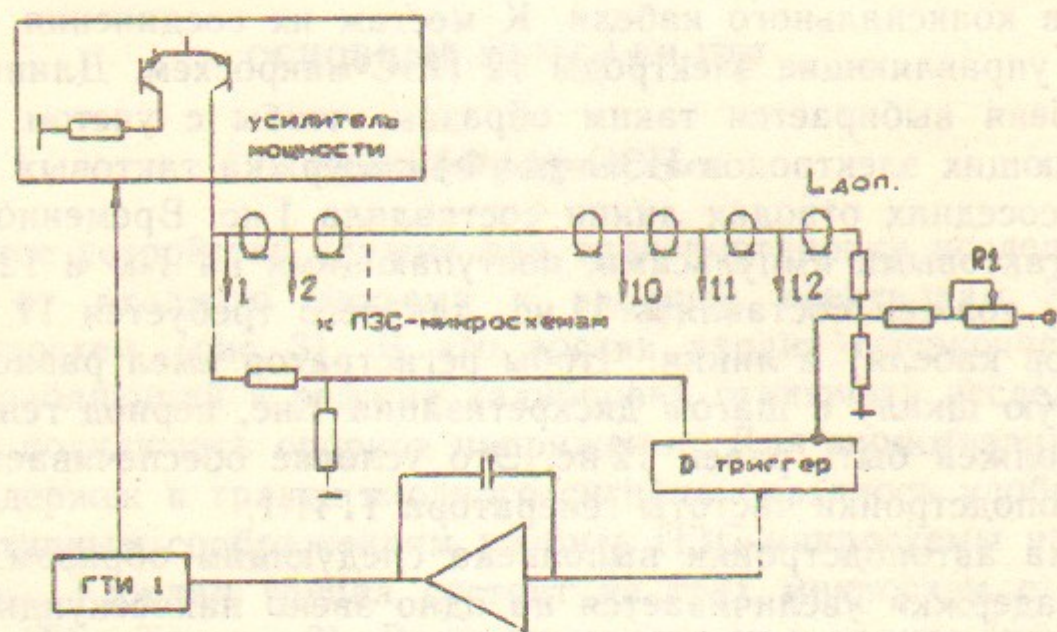


Рис. 4. Схема формирователя-распределителя.

Несимметрия триггера может привести к отклонению частоты генератора ТГИ-1 от электрической длины линии (12 нс) и, как следствие, к появлению дифференциальной нелинейности временной шкалы регистратора. Эта несимметрия компенсируется сдвигом постоянного уровня одного из сигналов, поступающих на вход триггера (рис. 4, R1). Правильность подстройки частоты генератора проверяется и корректируется при настройке регистратора.

#### ИЗМЕРЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЫ

Основными источниками неравномерности временной шкалы регистратора являются: разброс апертурных задержек ПЗС-микросхем, разность задержек в трактах транспортировки сигнала до каждой микросхемы, а также неравномерность расстановки тактирующих импульсов и неточность соответствия частоты тактового генератора ТГИ-1 электрической длине линии формирователя-распределителя.

Измерение неравномерности временной шкалы ведется по методике, описанной в [2]. Суть ее применительно к АФИ-1700 состоит в том, что на вход прибора подается гармонический сигнал с периодом 10—20 нс, с амплитудой, равной половине его шкалы, несинхронно с частотой генератора тактовых импульсов ТГИ-1. После проведения достаточного количества измерений (~100) программа, управляющая работой регистратора, вычисляет модуль разности напряжений, зафиксированных соседними на временной шкале ячейками АЗУ. Этими ячейками являются одноименные ячейки ПЗС-1—ПЗС-2, ПЗС-2—ПЗС-3, и т. д. При этом в расчет принимаются напряжения не более  $\pm 0.7$  от амплитуды сигнала, предварительно отнормированного по калибровочному напряжению. Усредненная по всем измерениям величина модуля разности напряжений, зафиксированных соседними ячейками, пропорциональна шагу дискретизации.

Измерения показали, что неравномерность временной шкалы лежит в пределах  $\pm 0.3$  нс. Данные измерения позволяют корректировать временную шкалу регистратора путем изменения апертурной задержки ПЗС-микросхем и частоты генератора ТГИ-1. После проведения коррекции неравномерность шкалы снижается до 0.05—0.1 нс. Во время эксплуатации прибора при появлении небольших нелинейностей временной шкалы (~0.1 нс) программа,

управляющая работой регистратора, может выводить информацию с учетом проведенных измерений. При этом шкала получается неравномерной, а форма сигнала не искажается.

#### ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЗС-МИКРОСХЕМ

Для испытания ПЗС был сделан стенд в виде КАМАК-модуля с разъемом на передней панели для установки испытуемых микросхем. Блок-схема стенда приведена на рис. 5. Тактовые импульсы на ПЗС подаются с формирователя Ф. Амплитуда импульсов 15 В, фронт нарастания 3 нс. На вход формирователя напряжение

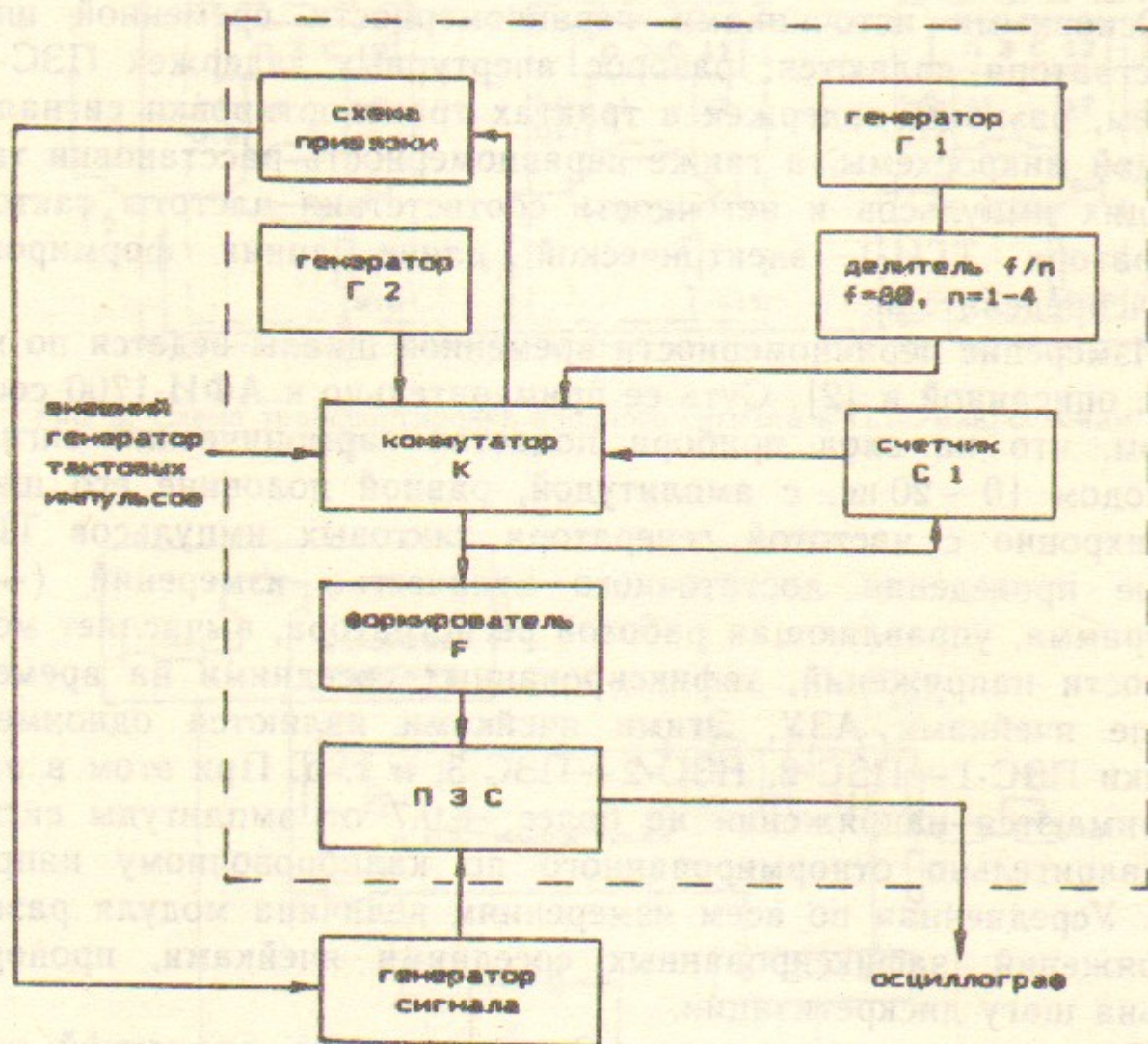


Рис. 5. Блок-схема стенда для проверки ПЗС-микросхем.

поступает через коммутатор К. При этом может быть использован набор частот от внутреннего генератора Г1: 10, 20, 40, 80 МГц, или частота от внешнего генератора. В режиме считывания на формирователь подается напряжение от внутреннего генератора

Г2, частота которого равна 500 КГц. Счетчик С1 управляет работой коммутатора К и переключает режим работы (подключение к формирователю тактов генераторов Г1—Г2) после прохождения 64-импульсов. В блоке предусмотрена возможность запуска внешнего генератора входного сигнала с «привязкой» к тактовой частоте записи. Измерения проводились с помощью осциллографа и стандартных генераторов.

Всего было испытано 30 микросхем. В результате испытаний было установлено, что при индивидуальном подборе режима отдельные микросхемы при частотах тактового генератора до 150 МГц функционируют нормально — коэффициент передачи, эффективность переноса заряда и другие параметры изменяются незначительно. Все микросхемы работают нормально при тактовой частоте сигнала 100 МГц.

Коэффициент передачи напряжения от входа до выхода микросхемы измерялся на постоянном токе. Его величина от микросхемы к микросхеме изменяется от 0.8 до 1 при входном сигнале  $\pm 0.8$  В, интегральная нелинейность не хуже 1%.

Важным параметром, характеризующим работу ПЗС, является эффективность переноса заряда  $j$ , вызванная «расплыванием» его в соседние ячейки:

$$j = \frac{q - \Delta q}{q},$$

где  $q$  — полная величина заряда,  $\Delta q$  — изменение заряда в ячейке ПЗС за счет эффекта расплывания.

В описываемом приборе это может привести к искажению формы измеряемого прямоугольного импульса даже при сверхбыстродействующем входном устройстве микросхемы (рис. 6а)

Измерение эффективности переноса заряда проводилось по следующей методике. На вход ПЗС в режиме записи подается импульс напряжения, «привязанный» к тактовой частоте (рис. 6б). Как видно из рисунка, вершина входного импульса совпадает с фронтом, по которому происходит запись в выбранную ячейку. Длительность импульса должна быть такой, чтобы «хвосты» его не попадали в зону действия других записывающих импульсов. Тогда заряд в выбранной ячейке, отнесенный к полному заряду, поступающему на вход линии задержки, характеризует эффективность переноса заряда. Если учесть, что разброс емкостей ячеек микросхемы не превышает 5—10%, то можно записать:

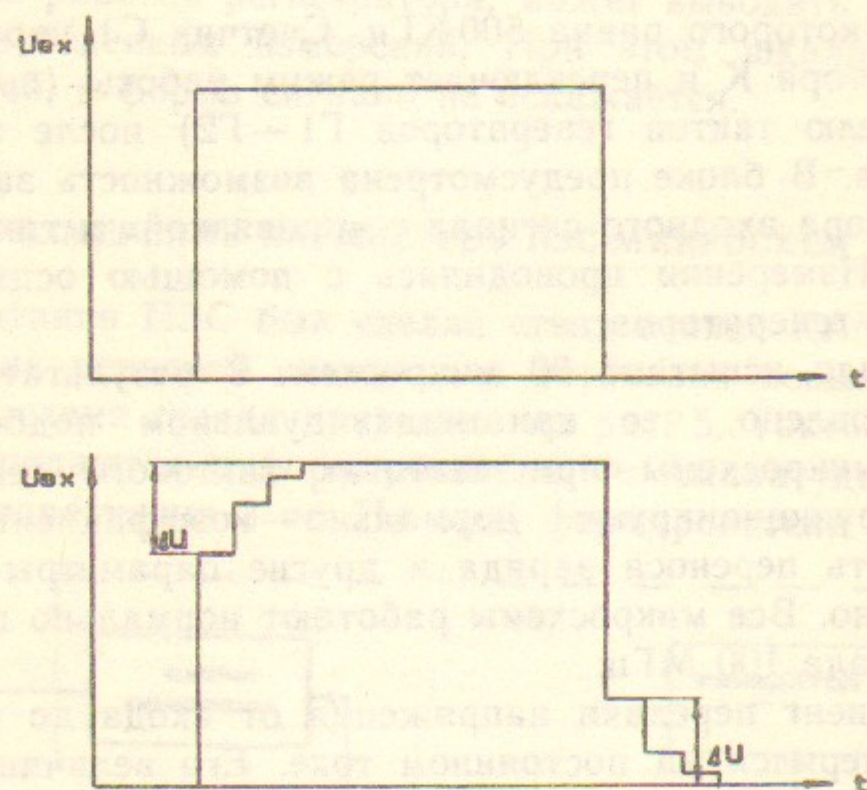


Рис. 6а. Влияние неэффективности переноса заряда ПЗС на переходную характеристику регистратора.

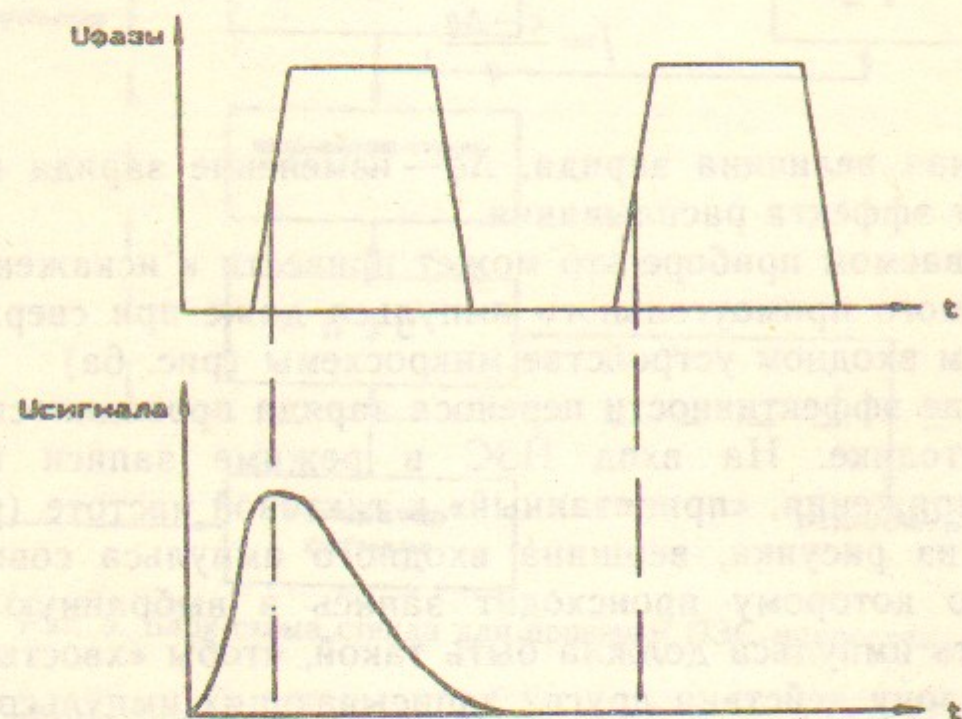


Рис. 6б. Временное положение сигналов при измерении эффективности переноса заряда.

$$j = \sqrt{\frac{N U_0}{U_0 + U_1}}$$

где  $N$  — число запоминающих ячеек в микросхеме (64);  $U_0$  — выходное напряжение микросхемы, соответствующее заряду в выбранной ячейке;  $U_1$  — выходное напряжение, соответствующее заряду в соседней ячейке.

При тактовых частотах до 100 МГц для измеренных микросхем эффективность переноса заряда 0,996 — 0,999. Измерения проводились с помощью осциллографа.

Проверка быстродействия входного устройства ПЗС проверялась следующим образом. На вход микросхемы подавался импульс напряжения от генератора Г5-48 с фронтом 1,5 нс по уровню 0,1 — 0,9, привязанный к тактовой частоте. Изменяя временное положение входного сигнала по отношению к тактовым импульсам и фиксируя величину напряжения на ячейке ПЗС, которая записывается ближайшим к фронту входного сигнала тактовым импульсом, можно судить о быстродействии входного устройства. Изменение сдвига сигнала по отношению к тактовым импульсам производилось с помощью внутренней задержки генератора и фиксировалось по его шкале.

Длительность фронта выходного напряжения ПЗС, пересчитанная ко входу, составляет 2 нс, что на 30% больше фронта измеряемого сигнала. На основании этого можно сделать вывод о том, что данная микросхема может быть применена в качестве аналогового запоминающего устройства регистратора наносекундных импульсов без дополнительных устройств выборки и хранения.

Оценить эквивалентную постоянную времени входного устройства, основываясь на полученных данных, затруднительно, так как фронт входного сигнала представляет собой результат наложения пилообразного и экспоненциального сигналов. Более просто и точно можно оценить постоянную времени входного устройства по его частотной характеристике. После снятия частотной характеристики было установлено, что граничная частота ПЗС-микросхемы 300 — 350 МГц; это соответствует эквивалентной постоянной времени 0,53 — 0,45 нс.

При конструировании регистратора по описанной выше блок-схеме большое значение имеет разброс апертурной задержки от экземпляра к экземпляру. Измерения ее проводились следующим образом. На вход подавался импульс напряжения от генератора Г5-48. С помощью изменения задержки входного сигнала



относительно тактовой частоты, на первой ячейке, воспринимающей фронт сигнала, устанавливалось напряжение, равное половине полного перепада выходного напряжения. Эта микросхема условно принималась за эталон. Далее она заменялась другой ПЗС и фиксировалось отклонение напряжения на фронте от половины полного перепада. Зная крутизну нарастания входного сигнала, можно вычислить разброс апертурной задержки.

Измерения показали, что для 90% испытанных микросхем разброс апертурной задержки лежит в пределах  $\pm 0.15$  нс.

### КОНСТРУКЦИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Конструктивно АФИ-1700 представляет собой одноплатный КАМАК-модуль шириной 3 м. В связи с большой потребляемой мощностью оконечного каскада формирователя тактовых импульсов (6 Вт) и других быстрых узлов регистратора, напряжение питания на них подается только в момент записи и считывания сигнала. Такой режим дает большой выигрыш по рассеиваемой мощности, так как прибор предназначен для регистрации редких событий, частота которых не превышает одного герца.

Как было отмечено ранее, для кодирования информации, зарегистрированной в АФИ-1700, применяется АЦП-101S. Этот АЦП может измерять и накапливать информацию, зарегистрированную четырьмя АФИ-1700. Для осуществления последовательного кодирования каждый прибор на передней панели имеет по 2 низкочастотных разъема, позволяющих соединять блоки между собой и с АЦП. На эти разъемы поступает сигнал, подлежащий кодированию, синхроимпульсы для АЦП, а также сигнал, определяющий очередность кодирования блоков. Все сигналы образуются внутри блоков.

Регистратор имеет две модификации. Первая из них — АФИ-1700 была описана выше, вторая модификация (АФИ-2700) отличается от нее тем, что может регистрировать два импульса одновременно. При этом шаг дискретизации увеличивается до 2 нс, а количество точек уменьшается до 384.

Конструктивно АФИ-2700 отличается от АФИ-1700 наличием дополнительного высокочастотного разъема для подключения 2-го исследуемого сигнала и отсутствием «перемычки», соединяющей две группы входных буферных устройств ПЗС-микросхем (по 6 в каждой группе).

На рис. 7, 8 показаны результаты испытаний регистратора. Все рисунки представляют собой копии с экрана дисплея. В верхней части показан весь зарегистрированный сигнал; длина временной оси — 768 нс, полный размах 2 В. В средней части рисунка показана часть зарегистрированного сигнала в увеличенном масштабе. Расстояние между масштабными точками указаны в нижнем прямоугольнике рисунка; цифра над этим прямоугольником показывает момент времени (считая от начала развертки), с которого начинается вывод сигнала в увеличенном масштабе.

На рис. 7а показан результат многократного измерения «нулевой линии» регистратора (входное напряжение равно нулю). Видно, что максимальное напряжение шума  $\pm 8$  мВ, для большинства точек напряжение шума не превышает  $\pm 4$  мВ. Шум определяется, в основном, свойствами ПЗС-микросхем. Кроме этого, наблюдается искривление нулевой линии нешумового характера. От измерения к измерению такие искажения повторяются. Полной ясности в понимании причин этих искажений пока нет. Ясно только то, что они вызваны неидентичностью условий работы регистратора в режиме калибровки и измерения.

Результат одновременной регистрации (по 2 каналам АФИ-2700) гармонического (частота 100 МГц) и импульсного (длительность 28 нс) сигналов показан на рис. 7б. Видно, что взаимное влияние каналов при выбранном масштабе не просматривается. При частоте сигнала 100 МГц помеха на соседний канал не больше 40 дБ.

Рис. 8а показывает результат измерения прибором АФИ-1700 гармонических сигналов с частотами повторения 50, 100 и 250 МГц. Амплитуда входного сигнала поддерживалась одинаковой. Видно, что частота 250 МГц является граничной частотой полосы пропускания регистратора. Оценить эффективность применения квадратичной интерполяции для восстановления гармонического сигнала при небольшом соотношении его периода и шага дискретизации ( $T/T_d=4$ ) можно, сравнивая график 1 и 2 (рис. 8а).

На рис. 8б приведен результат многократного измерения фронта входного сигнала ( $T_f=0,5$  нс). Измерения не сопровождалось циклами калибровки и проводились с интервалом 4—5 с. Последнее измерение (кривая 1) было сделано с интервалом один час. После проведения калибровки эта кривая совпала с предыдущими. Уширение линии, воспроизводящей фронт сигнала, является, в основном, результатом нестабильности апертурной задержки

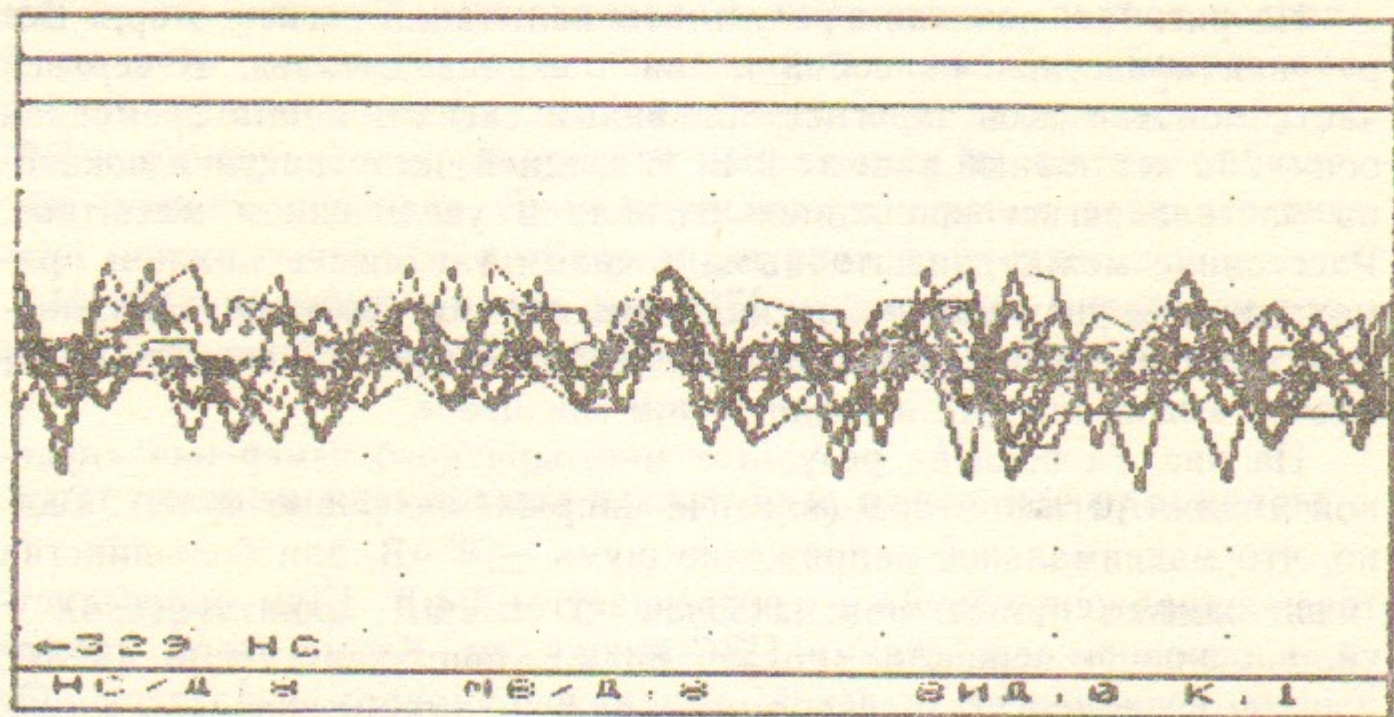


Рис. 7а. Измерение собственных шумов регистратора.

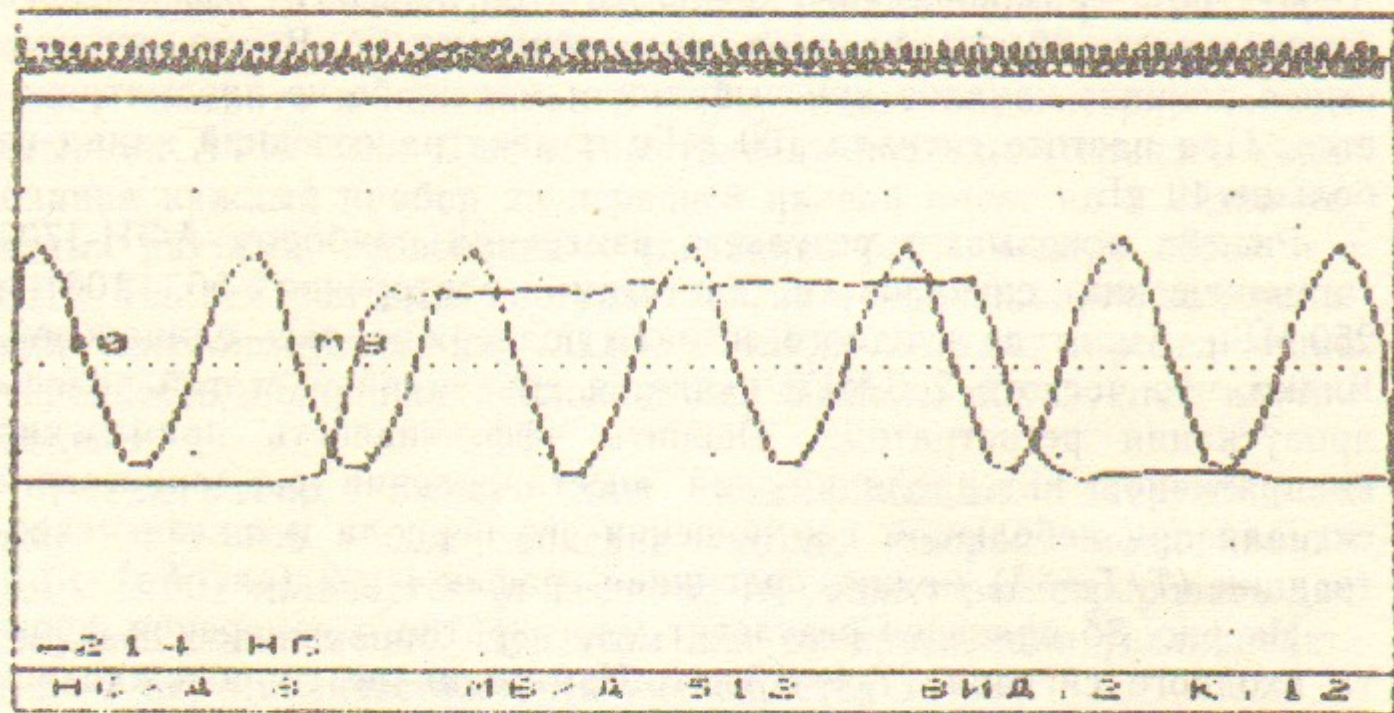


Рис. 7б. Пример регистрации гармонического и импульсного сигналов по двум каналам АФИ-2700.

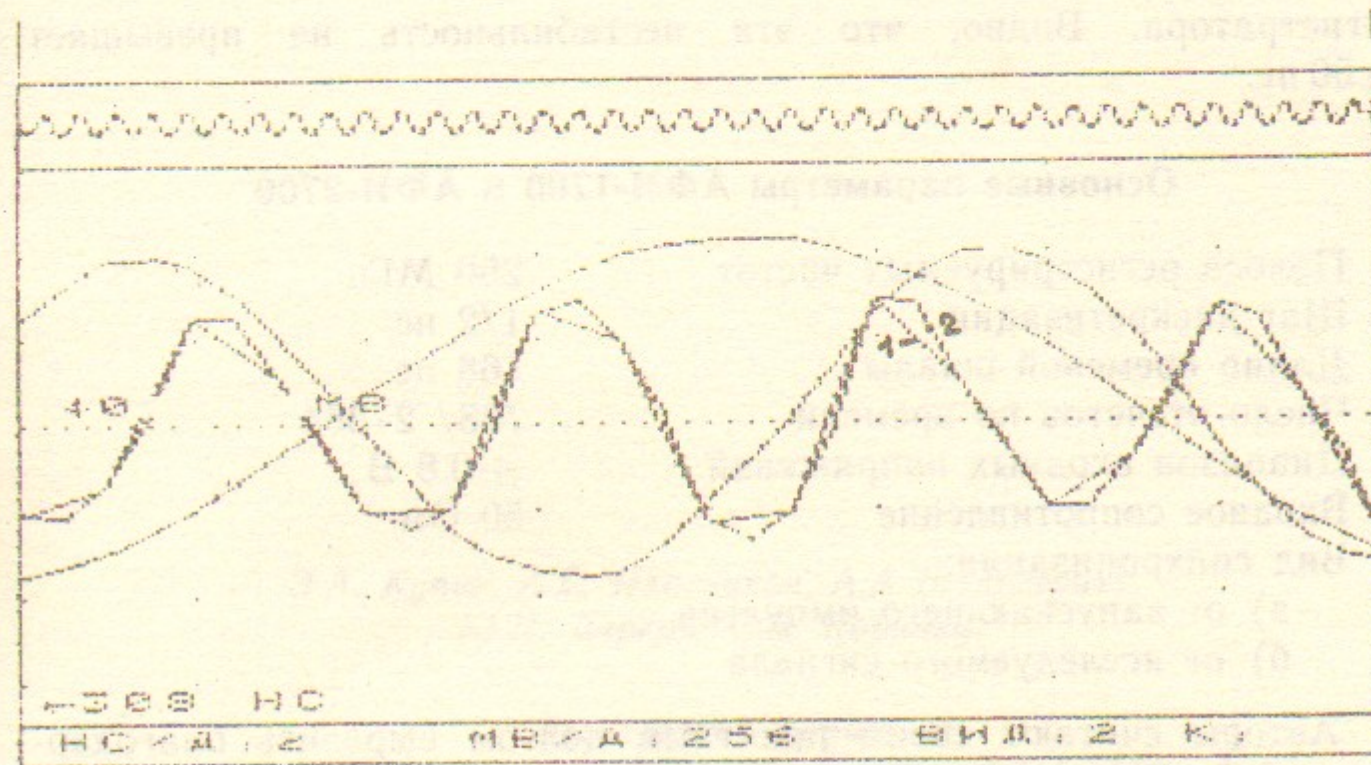


Рис. 8а. Результат измерения гармонического сигнала регистратором АФИ-1700.

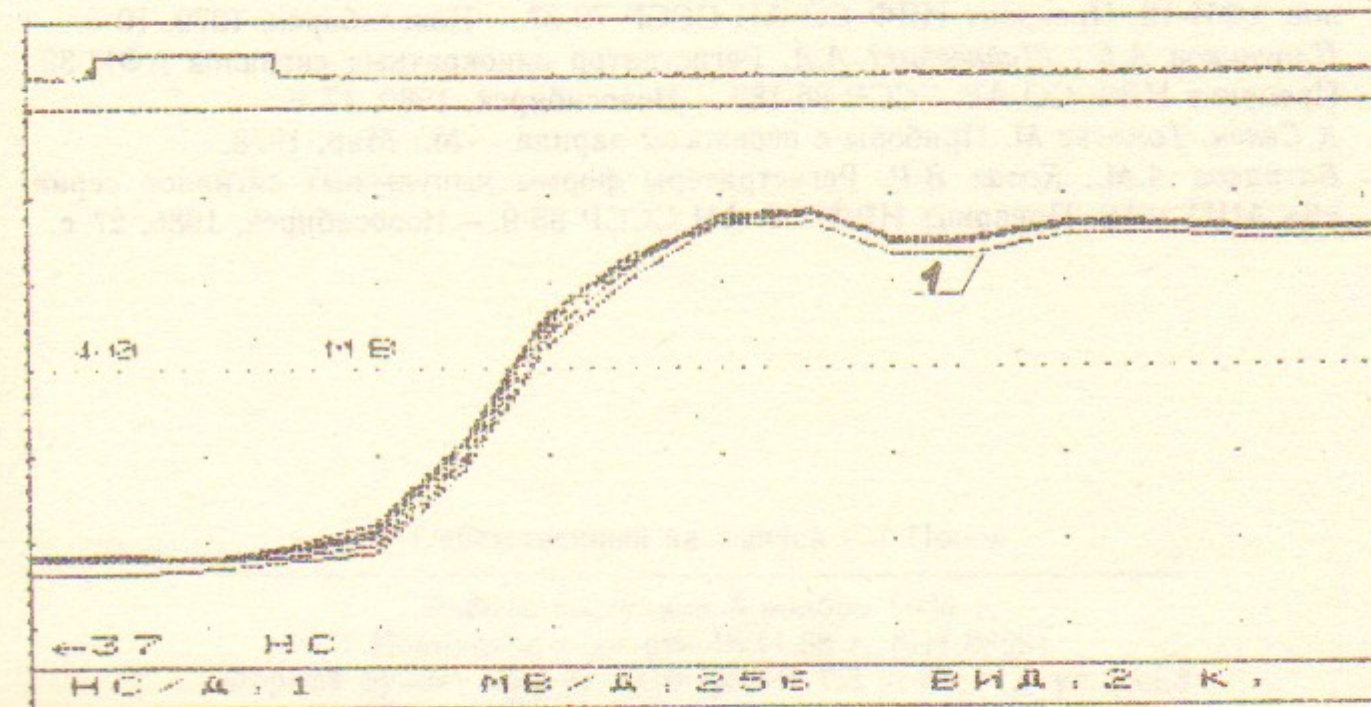


Рис. 8б. Регистрация фронта (0.5 нс) импульса.

регистратора. Видно, что эта нестабильность не превышает  $\pm 50$  пс.

#### Основные параметры АФИ-1700 и АФИ-2700

Полоса регистрируемых частот	250 МГц
Шаг дискретизации	1/2 нс
Длина временной шкалы	768 нс
Число отсчетов по времени	768/ 2·384
Диапазон входных напряжений	$\pm 0.8$ В
Входное сопротивление	50 Ом
Вид синхронизации:	
а) от запускающего импульса	
б) от исследуемого сигнала	

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность А.В. Смирнову за написание программы вывода информации из АФИ-1700 (АФИ-2700) на цветной графический дисплей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сазанский В.Я., Шейнгейхт А.А. Регистратор однократных импульсных сигналов АФИ-16. Препринт ИЯФ СО АН СССР 79-37. — Новосибирск, 1979, 10 с.
2. Плотников А.Е., Шейнгейхт А.А. Регистратор однократных сигналов АФИ-39. Препринт ИЯФ СО АН СССР 86-182. — Новосибирск, 1986, 17 с.
3. К.Секен, Томпсет М. Приборы с переносом заряда. — М.: Мир, 1978.
4. Батраков А.М., Козак В.Р. Регистраторы формы импульсных сигналов серии «S» АЦП-101S. Препринт ИЯФ СО АН СССР 85-9. — Новосибирск, 1985, 27 с.

Э.А. Купер, А.Е. Плотников, А.А. Шейнгейхт,  
Ю.П. Деркач, С.В. Коринец

Регистратор формы  
однократных наносекундных сигналов АФИ-1700

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

Работа поступила 3 ноября 1988 г.  
Подписано в печать 16.11.88 г. МН 08591  
Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1,3 печ.л., 1,0 уч.-изд.л.  
Тираж 290 экз. Бесплатно. Заказ № 150

Набрано в автоматизированной системе на базе фото-  
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и  
отпечатано на ротапринтере Института ядерной физики  
СО АН СССР,  
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.