

54

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
СО АН СССР

В.И.Нифонтов, В.В.Смирных,
А.А.Шейнгузихт

ИЗМЕРИТЕЛЬ ВРЕМЕННЫХ
ИНТЕРВАЛОВ ДЛЯ СПЕКТРО-
СКОПИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ПРЕПРИНТ 82-75



В.И.Нифонтов, В.В.Смирных, А.А.Шейнгейхт

ИЗМЕРИТЕЛЬ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация

В работе описывается измеритель временных интервалов с наносекундным разрешением и высокой частотой загрузки. Блок выполнен в стандарте КАМАК. Выходная информация может сниматься с разъема на передней панели и по магистрали КАМАК.

Введение

Исследование быстропротекающих процессов методом рентгеноструктурного анализа требует оперативной регистрации и обработки рентгенограмм. Это особенно актуально при использовании синхротронного излучения (СИ), когда высокая интенсивность рентгеновского потока позволяет резко увеличить скорость набора статистики. Для решения этой задачи разрабатывается комплекс аппаратуры в стандарте КАМАК. Комплекс состоит из трех основных модулей: измеритель временных интервалов (ИВИ), цифровой фильтр (ЦФ), запоминающее устройство (ЗУ). Информация, поступающая в виде временного интервала подается через блок загрузки в ИВИ. Результат измерения поступает в ЦФ и, если он попал в выбранный интервал значений — пересылается в ЗУ. Наиболее ответственным узлом в данном измерительном комплексе является ИВИ.

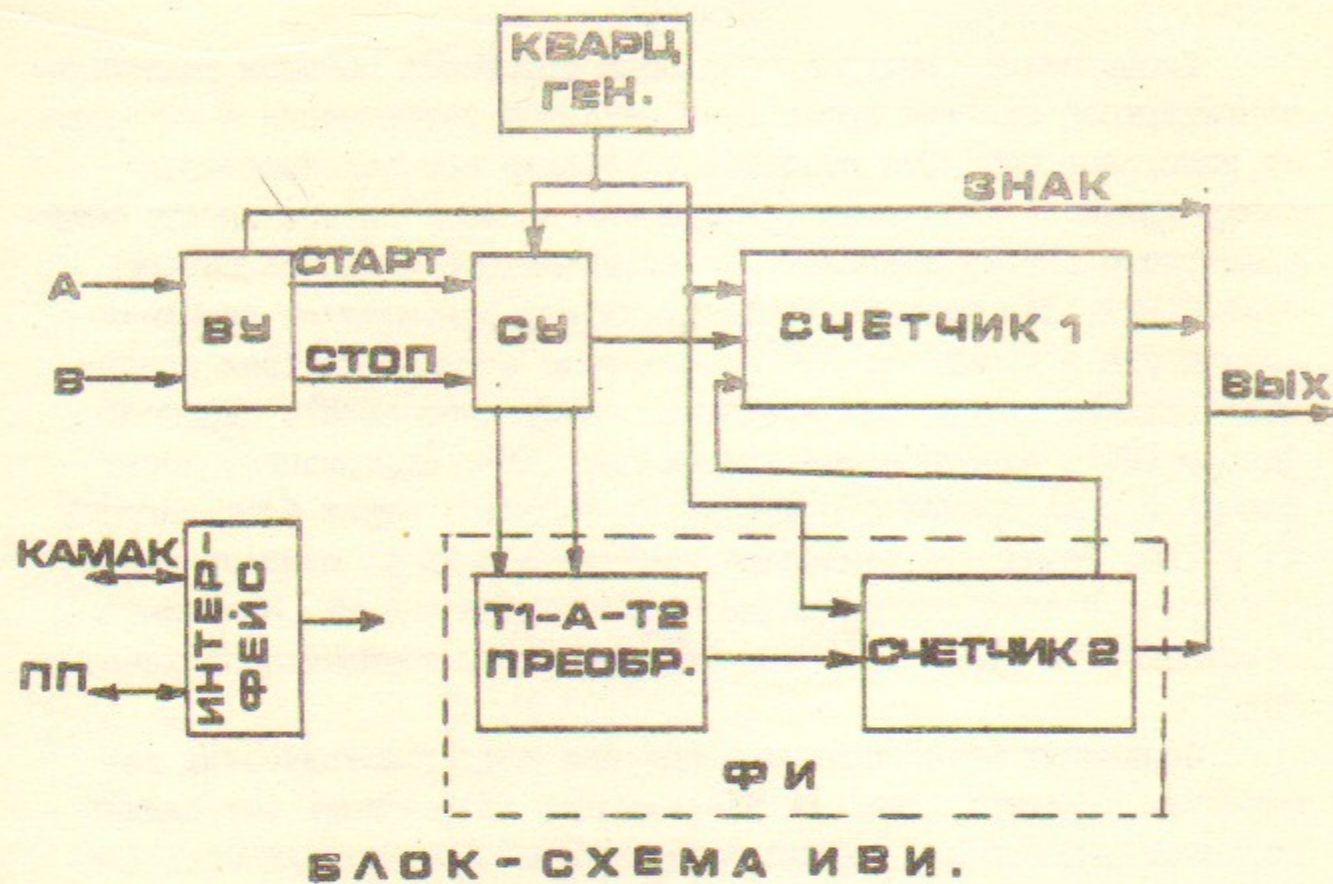
Основными требованиями к ИВИ при спектрометрических измерениях являются: высокая разрешающая способность (от единиц до долей наносекунд), малая дифференциальная нелинейность (от единиц до долей процента) и высокая скорость обработки информации. В некоторых экспериментах требуется измерять временные интервалы между импульсами, очередность появления которых заранее не определена.

Принцип работы ИВИ

В основу работы ИВИ положен принцип прямого кодирования с фазовой интерполяцией. Блок схема прибора показана на рис. 1.

Входные сигналы А и В фиксируются входным устройством (ВУ). ВУ определяет очередность прихода этих импульсов; первый из пришедших импульсов направляется на схему управления (СУ) в качестве сигнала "старт", а второй в качестве сигнала "стоп". СУ управляет работой фазового интерполятора (ФИ) и счетчика I. Этот счетчик осуществляет прямое кодирование временного интервала, т.е. фиксирует количество импульсов тактовой частоты f_0 между сигналами А и В. Разница (Δt) между значением измеряемого интервала $T_{изм}$ и величиной, зафиксированной в счетчике I, преобразуется фазовым интерполятором в цифровой код.

$$T_{изм} = NT_0 + \Delta t = NT_0 + t_1 - t_2 \quad (I-0)$$



БЛОК-СХЕМА ИВИ.

Рис. I

где $t_1 = \frac{\varphi_1 T_0}{2\pi}$, $t_2 = \frac{\varphi_2 T_0}{2\pi}$, φ_1 и φ_2 — фаза импульсов А и В относительно тактовой частоты f_0 ; T_0 — период частоты $\Delta t = t_1 - t_2$ — интервал, измеряемый ФИ.

Эта формула справедлива при измерении произвольных временных интервалов и при случайных фазах входных сигналов. Величина Δt в зависимости от разности фаз сигналов А и В может быть как положительной, так и отрицательной. Измерение знакопеременной величины усложняет работу ФИ. Чтобы избежать этого временной интервал $t_1 - t_2$, измеряемый ФИ, увеличивается на величину T_0 и, соответственно, число импульсов, пропускаемых на счетчик I, уменьшается на единицу. Таким образом, результат измерения ФИ всегда положителен. Формула I принимает вид:

$$T_{изм} = (N-1) \cdot T_0 + (t_1 - t_2) + T_0 \quad (I-I)$$

Из формулы I-I следует, что при измерении малых временных интервалов, когда между импульсами "Старт" и "Стоп" не проходит ни один счетный фронт тактовой частоты ($N = 0$), первый член формулы принимает значение -1 . Это означает, что из содержимого счетчика I следует вычесть единицу. Для того, чтобы не применять реверсивного счетчика, в этом случае не производится добавление T_0 к интервалу, измеряемому фазовым интерполятором. Следовательно, при $N = 0$ $T_{изм} = t_1 - t_2$. С учетом вышесказанного метод измерения, реализованный в ИВИ, соответствует формуле:

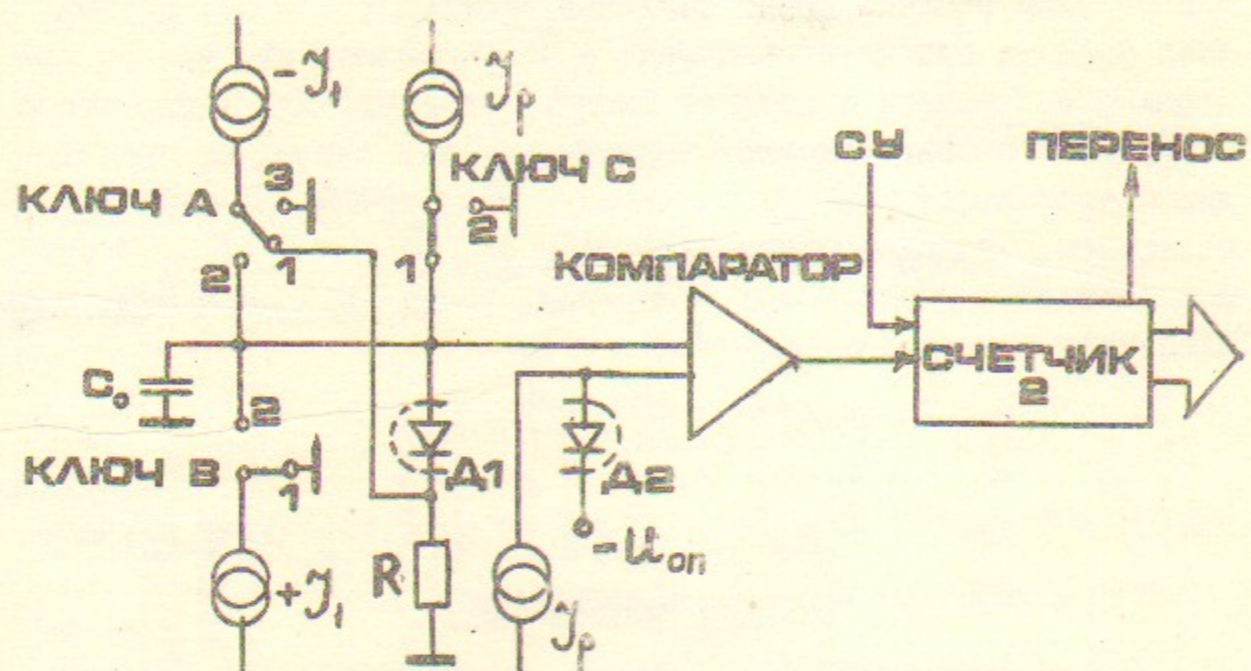
$$T_{изм} = K \cdot (N-1) \cdot T_0 + t_1 - t_2 + K \cdot T_0 \quad (I-2)$$

где $K = 0$ при $N = 0$, $K = 1$ во всех остальных случаях.

Фазовый интерполятор

Преобразование временного интервала в цифровой код производится по схеме: время — амплитуда — время — цифра. В зависимости от величины и фазы измеряемых ИВИ временных интервалов величины t_1 и t_2 могут меняться от 0 до T_0 . Для того, чтобы избежать нелинейных искажений на первом этапе преобразования амплитуда — время, обусловленных конечностью фронтов переключения транзисторных ключей и микросхем, t_1 и t_2 увеличиваются на период T_0 . Нелинейность преобразования при этом проявляется как постоянный временной сдвиг. Временной интервал, измеряемый ФИ, составляет величину $t_1 + 2T_0 - (t_2 + 2T_0 - K \cdot T_0)$. Рассмотрим работу ФИ подробнее (рис. 2).

С приходом импульса "Старт" включается ток $-I_1$ (положение 2 ключа А) и выключается разрядный ток $+I_p$. Ключ А находится в этом состоянии в течение времени $t_1 + 2T_0$; в это время происходит заряд емкости. Далее ключ А переходит в состояние 3. По приходу импульса "Стоп" включается ток $+I_1$ и происходит разряд емкости C_0 . При этом происходит аналоговое вычитание импульсов "Старт" и "Стоп". Одновременно с выключением импульса "Стоп" включается разрядный ток $+I_p$ и разрешается прохождение тактовых импульсов на счетчик ФИ. Окончание счета производится по срабатыванию компаратора, по этому же сигналу схема приводится в исходное состояние. Диод D_1 служит для установления начального напряжения на емкости C_0 . Диод D_2 , который выполнен на одной подложке с D_1 , слу-



УПРОЩЕННАЯ СХЕМА ФИ.

Рис.2

жит для температурной компенсации Q_1 .

Следует отметить, что преобразование "амплитуда-время" сопровождается нелинейными искажениями, основной причиной которых является входной ток компаратора, выполненного на микросхеме IOUП-16. Его величина при переходе из закрытого состояния в активное меняется от долей микроампера до 10 микроампер, что соответствует 30% разрядного тока $+I_p$. Для устранения нелинейности начальное напряжение U_0 на емкости C_0 выбирается меньше опорного напряжения $U_{оп}$ компаратора, чем обеспечивается протекание разрядного тока даже при измерении нулевых времен. При такой организации схемы нелинейность воспринимается как постоянный сдвиг. Время преобразования t_p определяется выражением:

$$t_p = \frac{I_1}{I_p} \cdot (t_1 - t_2 + K \cdot T_0) \quad (2-0)$$

Видно, что при таком методе преобразования величина емкости C_0 не влияет на результат преобразования.

За время преобразования t_p счетчик фазового интерполятора успевает сосчитать n импульсов, следовательно:

$$t_1 - t_2 + K \cdot T_0 = n \cdot T_0 \cdot \frac{I_p}{I_1} \quad (2-1)$$

На рис.3 приведены временные диаграммы работы ИВИ. Измерение короткого временного интервала рис.3А), В) и длинного временного интервала рис.3С).

Схема управления

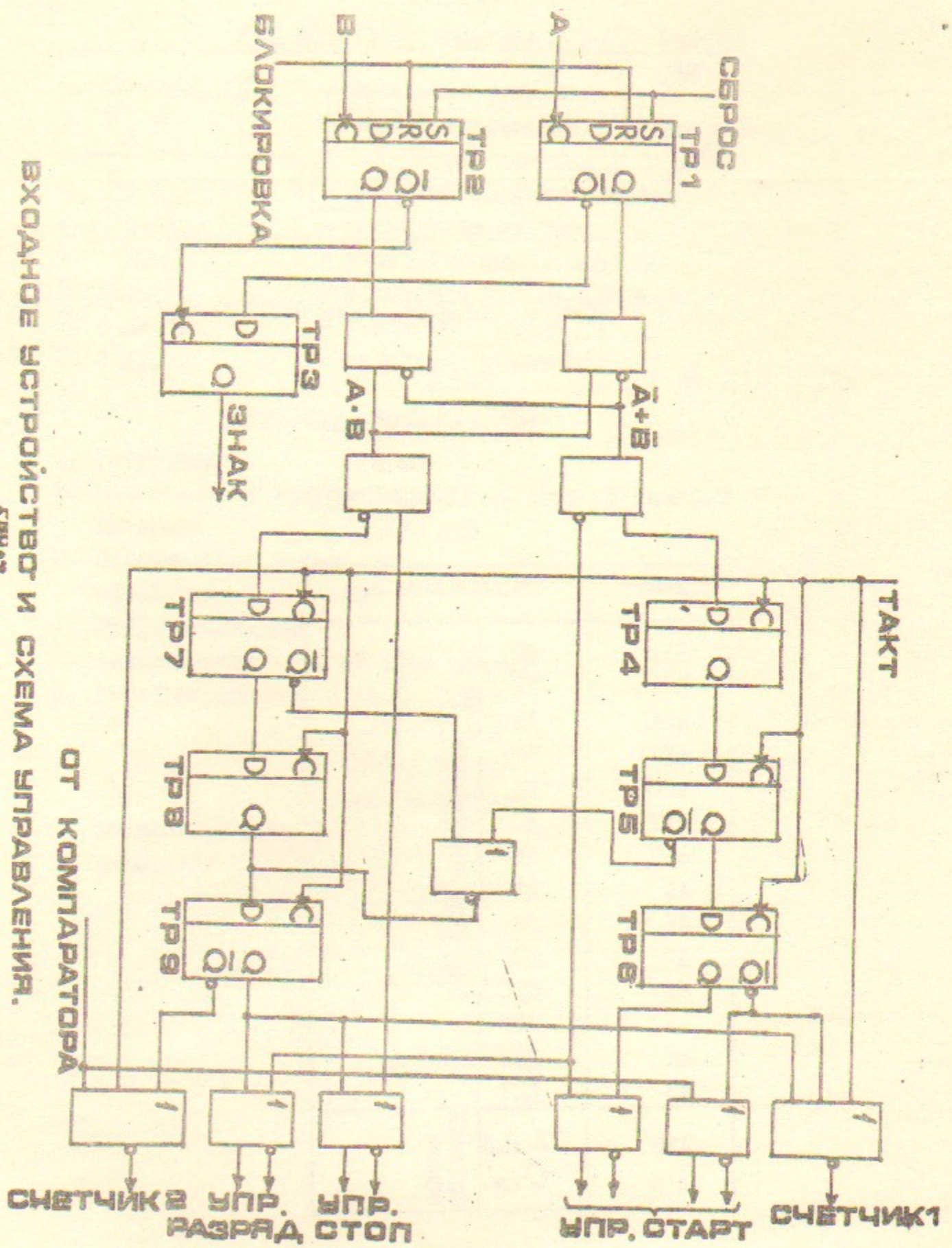
СУ управляет работой счетчика I и ФИ. Формирование импульса "Старт" длительностью $(t_1 + 2T_0)$ осуществляется путем логического суммирования сигналов А и В и задержкой, выполненной на основе регистра сдвига на триггерах Tr4-Tr6 (см.рис.4). Импульс "Стоп" длительностью $(t_2 + 2T_0 - K \cdot T_0)$ формируется схемой логического умножения входных сигналов и задержкой на регистре сдвига (триггера Tr7-Tr9).

Следует отметить, что при фазах φ_1 или φ_2 , близких к нулю, первые триггеры (Tr4, Tr7) регистров сдвига работают с малым временем подготовки. Это приводит к неустойчивости их работы. Однако в связи с тем, что управляющие сигналы снимаются со второго и третьего звеньев регистра (Tr6, Tr9), эта неустойчивость не влияет на работу схемы.

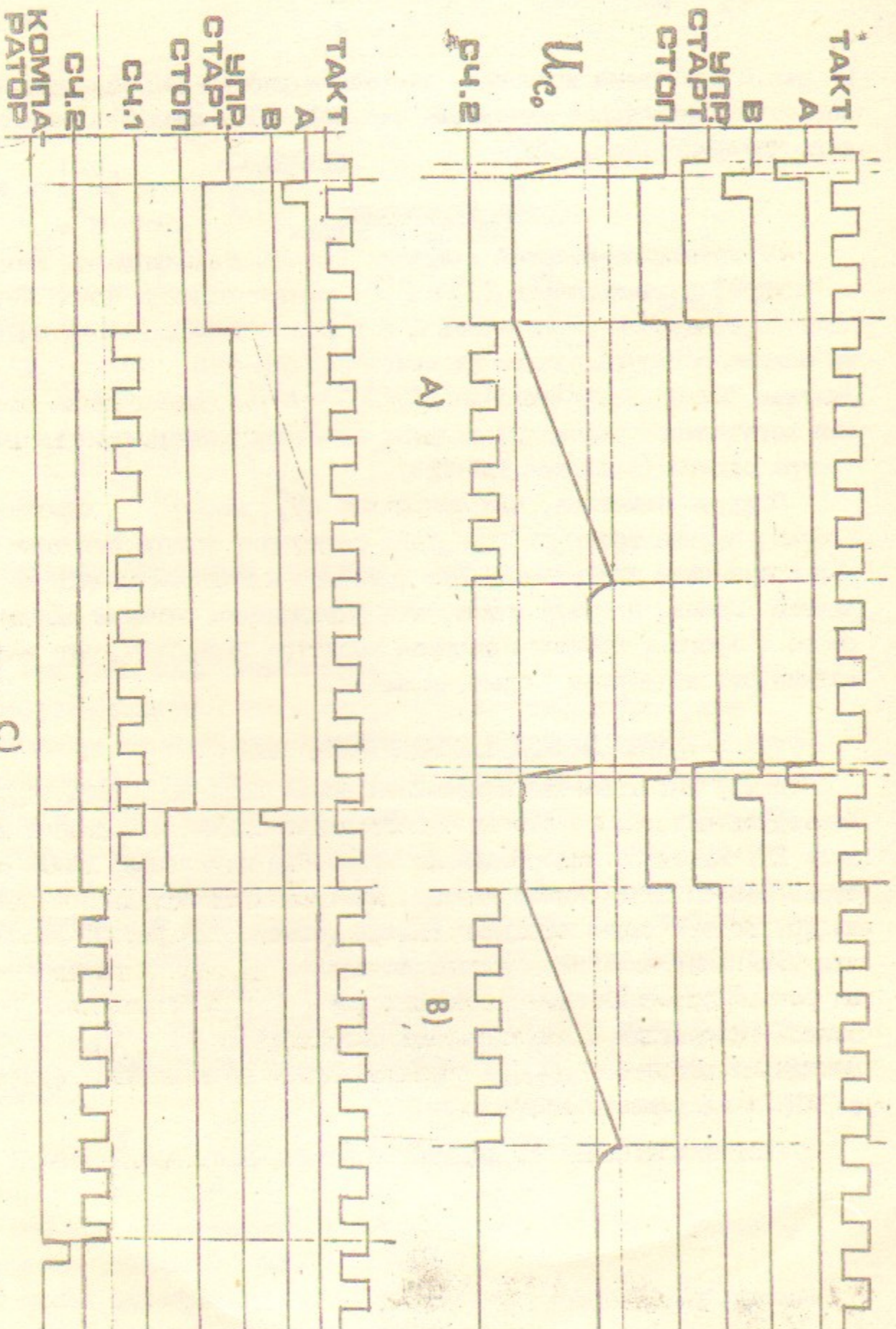
Конструкция и основные параметры

В ИВИ использованы микросхемы серий IOO, 500, I55, 555. Конструктивно прибор выполнен в стандарте КАМАК и занимает модуль 2М. Выходная информация поступает на магистраль КАМАК или через разъем на передней панели. Диаграмма междомодульного обмена при работе через переднюю панель показана на рис.5. Закончив цикл измерения ИВИ выставляет запрос L_{out} и информацию на разъем передней панели. По запросу L_{out} ЗУ начинает запись информации и вырабатывает ответный сигнал Q_{in} , по появлению которого L_{out} сбрасывается и производится подготовка ИВИ к следующему измерению.

Распайка разъема на передней панели приведена в табл. I



диск Н.



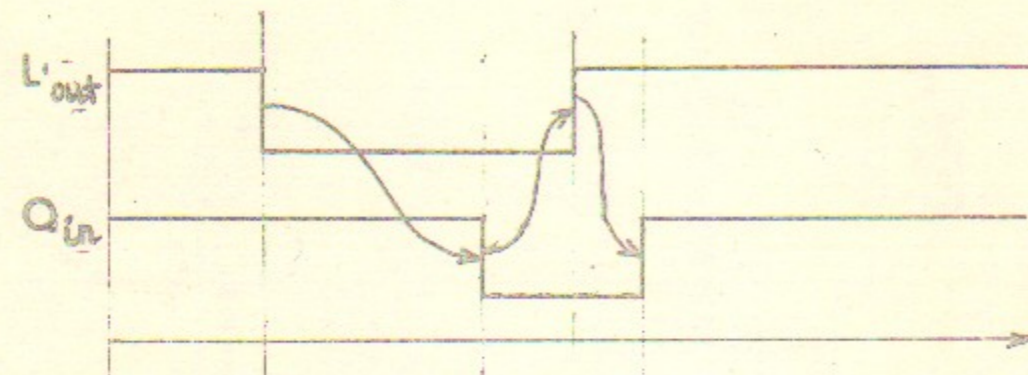


ДИАГРАММА ОБМЕНА.

рис.5

Таблица I (разъем ГРИМ1-3ШУ2)

Контакт	Назначение	
Б14	Д0	Выходная информация
Б15	Д1	
А14	Д2	
А13	Д3	
А12	Д4	
А11	Д5	
А10	Д6	
А9	Д7	
А8	Д8	
А7	Д9	
А6	Д10	
А5	Д11	
А4	Д12	
А3	Д13	
А15	L _{out}	Сигналы обмена
Б16	Q _{in}	

ИВИ реализует следующие КАМАК-функции:

1. Команда Σ - начальная установка
2. $F_2 A_0$ - чтение информации и подготовка к следующему измерению
3. $F_8 A_0$ - проверка наличия запроса
4. $F_{24} A_0$ - блокировка запроса
5. $F_{26} A_0$ - разблокирование запроса
6. $F_{24} A_1$ - установка режима КАМАК
7. $F_{26} A_1$ - установка режима III
8. $F_{25} A_0$ - начальная установка

Основные параметры ИВИ:

1. Разрешение - 0,4 нс
2. Максимальный измеряемый интервал - $\pm 3,276$ мкс
3. Максимальное время обработки - 800 нс
4. Дифференциальная нелинейность - 4% (90% шкалы)
5. Токи потребления - +6V - 0,5 А
-6V - 1,5 А
+24V - 50 мА
-24V - 50 мА
6. Входные сигналы в стандарте NIM.

Л и т е р а т у р а

1. Детекторы рентгеновского излучения Института ядерной физики СО АН СССР. Препринт ИЯФ 79-102.
2. Ю.К.Акимов, М.Н.Дражев, Н.Ф.Колпаков, В.И.Рыкалин. Быстродействующая электроника для регистрации ядерных частиц. Атомиздат. М., 1970.
3. С.С.Курочкин. Системы КАМАК-ВЕКТОР. Энергоиздат. М., 1981.
4. *Instruments for research and industry, Catalog 1004. ORTEC 1976.*

В.И.Нифонтов, В.В.Смирных, А.А.Шейнгейхт

ИЗМЕРИТЕЛЬ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ
ДЛЯ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Препринт

№ 82 - 75

Работа поступила 25 мая 1982 года

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

Подписано к печати 2.06.1982 г. МН 03349

Формат бумаги 60x90 1/16 Усл.0,8 печ.л., 0,6 уч.-изд.л.

Тираж 290 экз. Заказ № 75

Бесплатно

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск-90