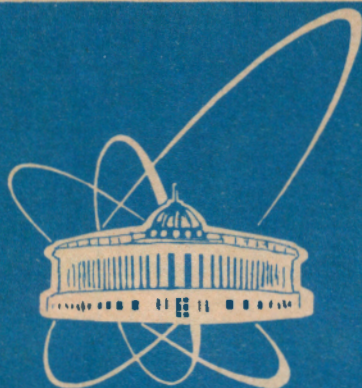


95-86



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13-95-86

С.И.Мерзляков, О.В.Стрекаловский, И.П.Цурин

ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ СУБНАНОСЕКУНДНЫЙ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВРЕМЯ-КОД КА-251М

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1995

Блок KA-251M разработан для оцифровки сигналов с позиционно-чувствительных лавинных счетчиков установки ФОБОС [1] и предназначен для измерения субнаполюсных временных интервалов в 4-х каналах, каждый из которых измеряет время от момента появления переднего фронта общего сигнала "START" до переднего фронта индивидуального сигнала "STOP". Процесс преобразования, запущенный сигналом "START", прерывается, если в течение 350 нс после этого сигнала не поступит сигнал "STOP" хотя бы в один из каналов. Прерывание осуществляется также командой "CLEAR", или с магистрали КАМАК, или с разьема "CLEAR IN" на лицевой панели блока.

Принцип работы блока основан на преобразовании типа время-заряд-время-код. Внутренний тактовый генератор работает на частоте 72 МГц (используется третья гармоника 120-МГц кварца). Рабочий диапазон время-цифрового преобразователя для первого канала равен 170 нс, для трех других каналов одинаков и равен 300 нс, что соответствует временному разрешению для первого канала 90 пс/канал и для других 150 пс/канал. Структурная блок-схема преобразователя приведена на рис. 1. Стартовый импульс поступает в устройство логического контроля CLU, которое при наличии низкого уровня на входе "GATE" формирует задержанные на 350 нс сигналы "INHIBIT" и "D-TIME" и задержанный на 800 нс сигнал "ENABLE". Сигнал "INHIBIT" блокирует входы "START" и "STOP" от повторного запуска, а "ENABLE" разрешает работу счетчика СТ. Интервал в 350 нс является временем ожидания сигналов "STOP" и при их отсутствии после окончания интервала запускается одновибратор сброса. Этот одновибратор формирует сигналы "CLEAR" и "CLEAR OUT". Сигналом "CLEAR" производится сброс счетчика, триггеров в CLU

и аналоговых преобразователей время-заряд-время во всех каналах. Продолжительность цикла сброса составляет 0,8 мкс. В момент окончания цикла снимается сигнал "D-TIME".

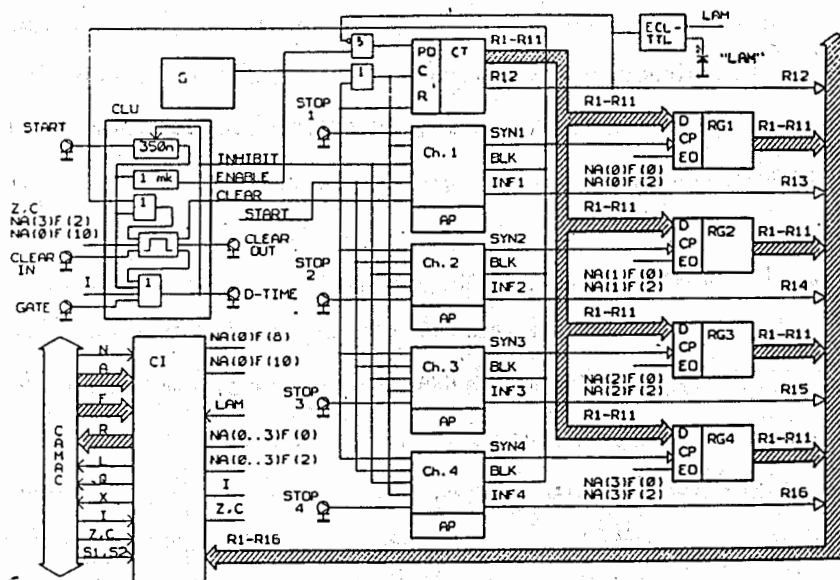


Рис. 1. Блок-схема преобразователя KA251M

При наличии в каком-либо из каналов стопового импульса сброса не происходит. Через 800 нс с момента старта сигнал "ENABLE" разрешает работу счетчика. Эта задержка начала счета импульсов соответствует минимальному временному рассогласованию между сигналами "Старт" и "Стоп", равному 7 нс, которое установлено для исключения из временного спектра интервала, во время которого происходит переходный процесс в токовых ключах каналов. Импульсы генератора длительностью 6,5 нс и с частотой повторения 72 МГц поступают на счетный вход счетчика СТ. Его

выходы подключены к входам параллельной загрузки регистров RG1-RG4. В каналах, где были стоповые импульсы, сформируются сигнал запрета на запуск одновибратора сброса "BLK", сигналы признака события "INF1"- "INF4" и сигналы "SYN1"- "SYN4", пропорциональные по длительности измеряемым интервалам. Коэффициент пропорциональности определяется аналоговой частью каждого канала, в которых происходит линейное преобразование вида

$$SYN = K T, \quad (1)$$

где T - измеряемый интервал;

K - коэффициент, задаваемый резистивными компонентами схемы;

SYN - временной интервал, формируемый аналоговой частью.

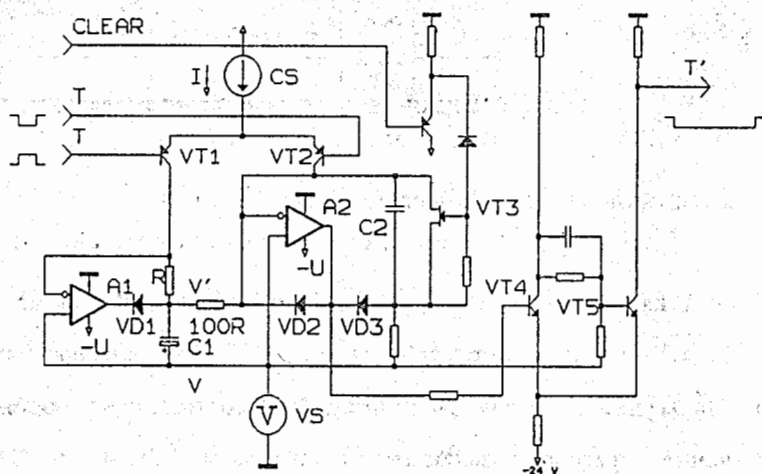


Рис. 2. Функциональная схема аналоговой части блока КА251М

Функциональная схема аналоговой части приведена на рис. 2. Работа

схемы основана на принципе двухстадийного интегрирования. До прихода сигнала T диоды $VD1, VD2$ и транзистор $VT1$ открыты, а диод $VD3$ и транзисторы $VT2$ и $VT3$ закрыты. На операционном усилителе (ОУ) А1 выполнен преобразователь тока I в напряжение V' :

$$V' = I R. \quad (2)$$

Этот потенциал приложен к емкости $C1$ таким образом, что на ней относительно напряжения V формируется разность потенциалов:

$$V - V' = - I R. \quad (3)$$

Ток I' через резистор $100R$ определяется выражением

$$I' = I R / 100 R. \quad (4)$$

На выходе ОУ А2 относительно V сформирован постоянный потенциал $V = + 0,65$ В, обусловленный падением напряжения на диоде $VD2$ при протекании через него тока I' . Диод $VD3$ закрыт, емкость $C2$ отключена от выхода усилителя, и разность напряжений на ее выводах равна нулю. На время интервала T транзисторы $VT1, VT2$ переключаются. Транзистор $VT1$ отсекает ток I от преобразователя тока в напряжение А1, который, обрабатывая входное воздействие, формирует на своем выходе импульс положительной полярности, закрывающий диод $VD1$. Напряжение V' в это время стабилизируется конденсатором $C1$ и разряжается только током I' (величина разряда во время действия сигнала длительностью $T=350$ нс не превышает 0,0001%). Включение транзистора $VT2$ приводит к уменьшению потенциала на выходе усилителя А2 со скоростью 20 В/мкс (для ОУ 544УД2) до момента открывания диода $VD3$. После этого емкость $C2$ подключается к выходу ОУ А2 и замыкает цепь зарядовой обратной связи усилителя. Начинается заряд конденсатора $C2$ током I , поскольку при откры-

том диоде VD3 элементы A2 и C2 образуют интегратор. На первой стадии интегрирования напряжение на емкости C2 уменьшается линейно по закону

$$U(t) = V - (I - I') t / C2. \quad (5)$$

В момент окончания сигнала T (появление сигнала "STOP") напряжение

$$U(T) = V - (I - I') T / C2. \quad (6)$$

В этот момент происходит обратное переключение транзисторов токового ключа VT1 и VT2. В результате этого ток I отсекается от емкости C2 и вновь направляется на A1, снова замыкая отрицательную обратную связь по ОУ A1 через диод VD1 и резистор R. ОУ A1 контролирует напряжение на емкости C1. Начинается вторая стадия интегрирования. Источником разрядного тока I' служит резистор 100R, к которому приложено напряжение V'. Напряжение на емкости C2 возрастает линейно по закону

$$U(t) = U(T) + I' t / C2. \quad (7)$$

В момент времени T', когда разность напряжений на выводах емкости C2 вновь достигнет нулевого значения, закроется диод VD3, и ОУ A2, продолжая обрабатывать входное воздействие со скоростью 20 В/мкс, вернется в состояние, в котором он находился до момента поступления входного сигнала T. Учитывая равенство величин заряда и разряда емкости C2, можно написать, что

$$U(T') = U(T) + I' T' / C2. \quad (8)$$

С учетом выражения (6) получаем

$$T' = T (I - I') / I'. \quad (9)$$

Используя выражение (3), имеем

$$T' = T ((100R / R) - 1). \quad (10)$$

Полученное выражение показывает, что параметры схемы не зависят от емкости C2 и определяются только соотношением резисторов в цепи заряда и разряда. Другим достоинством описываемой схемы является то, что в процессе заряда емкости C2 напряжение на коллекторе VT2 не меняется, что существенно уменьшает величину интегральной нелинейности по сравнению с традиционными схемами временных экспандеров. Благодаря тому, что разрядный ток I' определяется величиной V', жестко привязанной к уровню опорного напряжения V преобразователем ток-напряжение на A1, схема чувствительна к пульсациям питания. Это особенно важно для многоканальных схем, где уровень перекрестных наводок по питанию и по "земле" является определяющим фактором.

Транзистор VT3 предназначен для быстрого разряда емкости C2 во время цикла сброса. Компаратор на транзисторах VT4 и VT5 нормализует по амплитуде выходной сигнал с A2, приводя его к уровням ЕСЛ. Далее выходной сигнал с аналоговой части пропускается через синхронизатор на триггере, который жестко привязывает начало и конец выходного сигнала к импульсам тактового генератора, формируя выходной сигнал "SYN". По концу этого сигнала в регистрах RG1-RG4 (см. рис.1) запомнятся состояния на его входах, то есть состояние выходов счетчика СТ. Появление высокого уровня на выходе в 12-м разряде счетчика СТ приводит к установке сигнала LAM и прекращению счета. При чтении информация по командам КАМАК F(0)A(i) или F(2)A(i) выводится на магистраль в виде четырех 16-разрядных слов (i=0...3 - субадрес).

Первые 11 разрядов соответствуют результату; появление единицы в 12-м

разряде свидетельствует о том, что измеряемый интервал превышает временной диапазон канала; а единицы в последних 4-х разрядах указывают на номера каналов, в которых были зарегистрированы сигналы "STOP".

Для определения интегральной нелинейности был использован временной калибратор ORTEC-462 [2]. Интегральная нелинейность составляет 0,02%. Дифференциальная нелинейность определялась при помощи статистического генератора КА-316 [3] и генератора КВ001 [4]. Дифференциальная нелинейность не превышает 1 %.

Входные сигналы:

"START" - передний фронт определяет начало измеряемого временного интервала. Сигнал является общим для всех каналов.

"STOP1"-"STOP4" - передний фронт определяет конец измеряемого интервала для каналов 1-4 соответственно.

"GATE" - низкий уровень разрешает прием события "START и STOP".

Два разьема включены параллельно. При открытом входе "GATE" блокировка запуска отсутствует. Сигнал является общим для всех каналов.

"CLEAR IN" - сброс входной логики, аналоговых преобразователей и счетчика. В регистрах данных информация сохраняется.

Оптимальная длительность всех сигналов запуска - 10 нс.

Входы блокируются или сигналом "GATE", или запретом с магистрали КАМАК, или внутренним сигналом, равным по длительности сигналу

"D-TIME".

Выходные сигналы:

"CLEAR OUT" - выход сигнала сброс. Длительность 700 нс. Сигнал формируется модулем при любом запуске одновибратора сброса.

"D-TIME" - выставляется с момента блокировки входов "START" и "STOP" до конца цикла сброса схемы.

Все сигналы соответствуют стандарту NIM.

Функции и команды КАМАК:

NA(0)F(0)...NA(3)F(0) - чтение регистров данных каналов 1-4, (X=1, Q=LAM).

NA(0)F(2)...NA(3)F(2) - чтение регистров данных каналов 1-4, (X=1, Q=LAM)

и сброс по команде NA(3)F(2)S2.

NA(0)F(8) - проверка запроса LAM (X=1, Q=LAM).

NA(0)F(10)S2 - сброс триггера LAM.

ZS2 - начальная установка блока.

C - сброс аналогично сигналу "CLEAR IN".

I - запрет приема сигналов "START" и "STOP".

Таблица 1. Характеристики некоторых многоканальных время-цифровых преобразователей в стандарте КАМАК

Параметр	CAEN C414	LeCroy 2228A	Phillips 7186	KA251M
Число каналов	8	8	16	4
Разрядность	12	11	12	11
Диапазон	100	100	100	170
Разрешение, пс	25	50	25	90
Интегральная нелинейность, %	0,04	0,13		0,02
Дифференциальная нелинейность	1,5	10		1
Рабочий диапазон, % шкалы	92	100		99
Время преобразования, мкс	26	100	8	28

При сравнении преобразователя КА251М с другими блоками можно отметить, что среди преобразователей с разрешением около 100 пс/канал данный модуль обладает лучшей интегральной и дифференциальной линейностью. Сравнение КА251М с промышленными кодировщиками С414 [5], 2228А [6] и 7186 приведены в таблице 1.

Литература.

1. Н.-Г. Ortlepp et al., The FOBOS 4p - Detector of Charged Particles at Dubna. Proc. of the Internat. Conf. on Exotic Nuclei, Foros, Crimea, Ukraine, October 1 - 5, 1991, World Scientific, Singapore, 1991.
2. Model 462 Time Calibrator. Operating and Service Manual. EG&G ORTEC 733340, USA, 1992.
3. Зипов В.Г., Селиков А.В., ПТЭ, 1985, N1, с.110.
4. Журавлев Н.И. и др., Препринт ОИЯИ 10-8114, Дубна, 1974.
5. CAEN C414 Technical Information Manual, C.A.E.N., Italy, 1991.
6. 1992 Research Instrumentation Catalog, LeCroy Corporation, USA, 1991, p.83.

Мерзляков С.И., Стрекаловский О.В., Цурин И.П.
Четырехканальный субнаносекундный преобразователь
время-код КА-251М

P13-95-86

Описан 4-канальный, 11-разрядный, программно-управляемый преобразователь время-код, предназначенный для работы во временных и координатных каналах позиционно-чувствительных лавинных счетчиков установки ФОБОС. Диапазон измерений для каналов составляет 170, 300, 300, 300 нс соответственно. Температурная нестабильность — 0,02%/°С, интегральная нелинейность — 0,002%, дифференциальная — 1%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1995

Перевод авторов

Merzlakov S.I., Strekalovsky O.V., Tsurin I.P.
4-Channel Subnanoseconds Time to Digital Converter KA-251M

P13-95-86

The 4-channels 11-bit time to digital converter in CAMAC standard for time and coordinate tracts of the position sensitive avalanche counter in the 4 π fragment spectrometer FOBOS is described. Full scale time ranges of 170, 300, 300, 300 nsec are available for channels 1...4. Temperature coefficient — 0.002% per degree C, integral non-linearity — 0.002%, differential non-linearity — 1%.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1995