



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2003-11
ОЭА

Г.П. Макаров, А.А. Медведев, В.С. Петров, В.А. Сенько,
Н.А. Шаланда

**ПЕРЕСЧЕТНЫЕ МОДУЛИ
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК ИФВЭ**

Направлено в ПТЭ

Протвино 2003

Аннотация

Макаров Г.П. и др. Пересчетные модули для экспериментальных установок ИФВЭ. Препринт ИФВЭ 2003–11. – Протвино, 2003. – 9 с., рис. 7, 1 табл., библиогр.: 8.

Описаны многоканальные пересчетные модули, имеющие высокое быстродействие и отвечающие специфическим требованиям экспериментов, проводимых на физических установках ИФВЭ. Пересчетные модули выполнены в конструктивах систем СУММА, МИСС и Евромеханика с применением быстродействующих микросхем серии 1500 и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) фирмы ALTERA.

Abstract

Makarov G.P. et al. Scaler Modules for IHEP Experimental Setups. IHEP Preprint 2003-11. – Protvino, 2003. – p.9, figs. 7, tables 1, refs.: 8.

Multichannel scaler modules, having high counting rate and meeting specific demands of experiments carried out on the physical setups in IHEP are described. Scaler modules are manufactured in the SUMMA, MISS and Euromechanics standards using high speed IC of K1500 family and programmable logic integrated circuits (PLIC) from ALTERA.

Современные физические установки характеризуются большим числом каналов регистрации и высокими скоростями набора статистики [1, 2, 3]. В процессе проведения экспериментов на физических установках возникают задачи тщательного и постоянного контроля за функционированием решающих и логических устройств, эффективностью набора статистики и получением оперативной информации о работе установки в целом. Эти задачи часто решают с помощью электронных пересчетных модулей, часть из которых представлена в данной работе.

1. Высокоскоростные пересчетные модули

В состав большинства экспериментальных физических установок входят годоскопические и сцинтилляционные счетчики, имеющие значительное число каналов. Для приема и регистрации информации с них разработаны модули быстродействующих многоканальных счетчиков С-335 и ЛЭ-57, реализованных в применяемых в ИФВЭ системах сбора данных СУММА [4] и МИСС [5]. Модули разработаны с учетом требований проведения экспериментов на ускорителе У-70, в частности, предусмотрены возможности изменения их разрядности и режимов работы. Принципы организации и управление счетом обоих модулей одинаковы. Модули реализованы на микросхемах 1500, 500 и 555 серий и обеспечивают скорость счета свыше 200 МГц.

1.1. Модуль С-335

Модуль С-335 предназначен для работы в составе систем сбора данных на базе системы СУММА и представляет собой 8-канальный пересчетный модуль с максимальной частотой счета до 300 МГц и емкостью до 16 двоичных разрядов. Все входные сигналы модуля – сигналы уровней NIM.

Модуль содержит 8 двоичных 16-разрядных счетчиков, схему управления и интерфейс системы СУММА (**рис. 1**). Счетчики в каналах разделены на 4 группы по 2 счетчика с общей схемой управления (**рис. 2**). Каждые два счетчика в группах с помощью переключателя S1 могут быть объединены в один 32-разрядный счетчик, что позволяет использовать модуль С-335 как 4-канальный пересчетный прибор с емкостью счета до 32 двоичных разрядов.

Общий на каждую группу сигнал управления «Gate» разрешает или запрещает (в зависимости от положения переключателя S3 на плате) счет входных сигналов. По приходу общего для всех групп управляющего сигнала «Стоп» с передней панели или по команде NA(0)F(24) канала каркаса системы СУММА входы всех счетчиков блокируются, информация из них перезаписывается в соответствующие регистры, ставится триггер готовности данных и формируется сигнал требования на обслуживание L в канал каркаса. После перезаписи информации в регистры счетчики, номера которых заданы переключателями S4–S5 на плате, сбрасываются в исходное состояние.

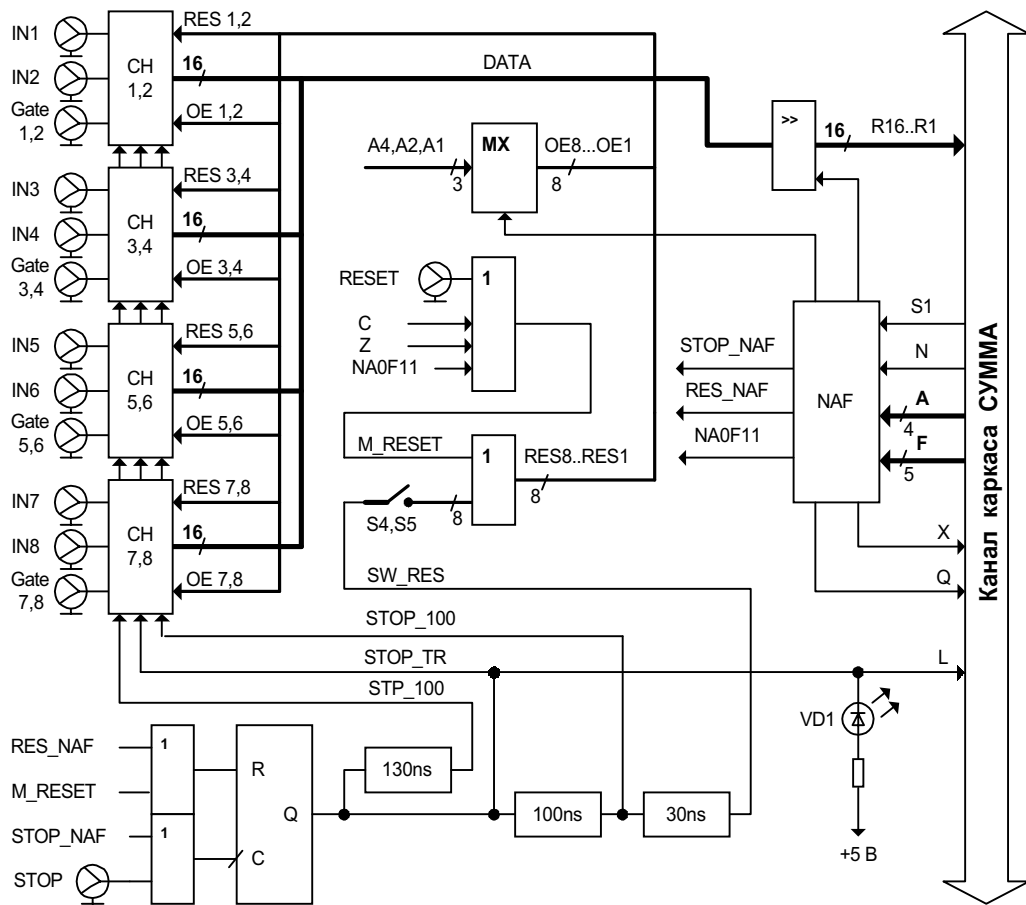


Рис. 1. Блок схема модуля С-335.

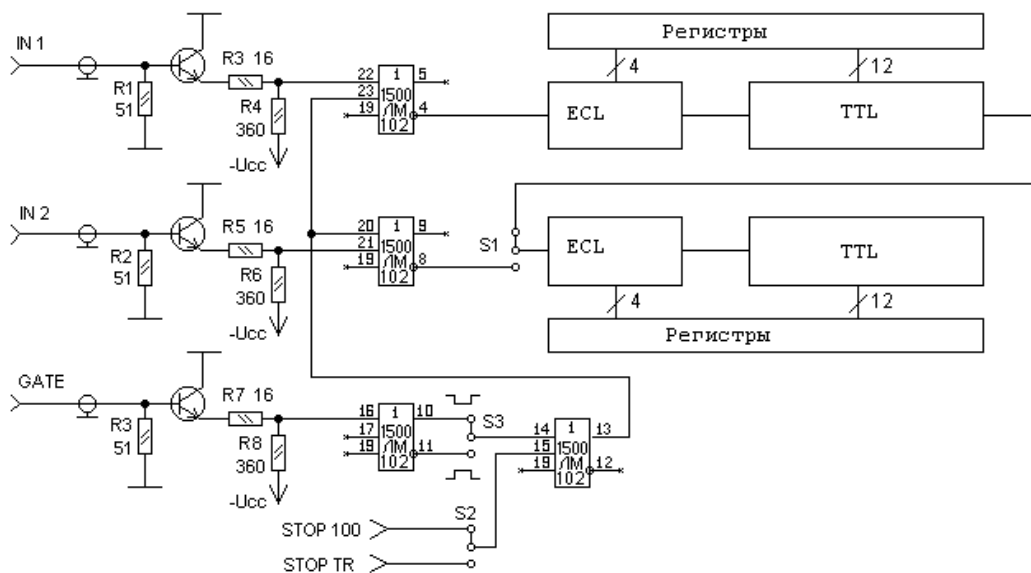


Рис. 2. Функциональная схема группы из двух счетчиков.

Входы счетчиков блокируются на время их перезаписи в регистры (130 нс) или до окончания чтения информации из модуля по каналу каркаса и сброса триггера готовности данных. Выбор требуемого режима задается переключателем S2 для каждой группы модуля.

Сброс счетчиков модуля можно производить выборочно по команде NA(0)F(9) или всех одновременно по команде NA(0)F(11), а также по сигналу «Сброс» с передней панели.

Модуль выполняет следующие команды канала каркаса системы СУММА:

NA(i)F0 – чтение регистров каналов, $i = 0 - 7$.

NA(0)F9 – выборочный сброс счетчиков (задается переключателями S4-S5).

NA(0)F(11) – сброс всех счетчиков и триггера готовности данных. Аналогичен сигналу «Сброс» с передней панели.

NA(0)F(24) – остановка счета, перезапись счетчиков в регистры, установка триггера готовности данных и выборочный сброс счетчиков. Команда эквивалентна сигналу «Стоп» с передней панели.

NA(0)F(26) – сброс триггера готовности данных и разрешение счета в каналах, счет в которых блокируется состоянием этого триггера.

Конструктивно счетчик С-335 представляет собой модуль СУММА одиночной ширины. На передней панели модуля размещены высокочастотные разъемы LEMO для подачи входных сигналов и светодиодный индикатор готовности данных. Входными сигналами являются: сигнал «Стоп» (фиксация показаний счетчиков), сигнал «Сброс» (вход принудительной инициализации модуля) и 4 группы по 3 сигнала, два из которых служат для подачи счетных импульсов, а один – для управления режимом счета в этой группе.

1.2. Модуль ЛЭ-57

Модуль ЛЭ-57 предназначен для работы в составе систем сбора данных на базе системы МИСС и представляет собой 8-канальный пересчетный прибор с максимальной частотой счета до 150 МГц и емкостью до 15 двоичных разрядов. Функционально модуль полностью повторяет счетчик С-335 и отличается только схемой интерфейса. Максимальная частота счета модуля ЛЭ-57, равная 150 МГц, ограничивается применением интегральных микросхем типа TTL. Быстродействие модуля С-335 ограничено быстродействием входного каркаса.

По приходу общего управляющего сигнала «Стоп» показания счетчиков перезаписываются в соответствующие регистры, и вырабатывается сигнал «Требование» системы МИСС. Информация из этих регистров в соответствии с протоколом МИСС [5] может быть прочитана в адресном режиме или в режиме последовательного чтения.

При чтении модуля в адресном режиме регистры счетчиков каналов доступны по команде контроллера каркаса МП(i)Ф(0). Понадреса П(i) определяют номера каналов. Сброс счетчиков, заданных переключателями каналов, и сигнала «Требование» производится по команде МП(0)Ф(7).

В режиме последовательного чтения информации (ПЧИ) протокол модуля эквивалентен протоколу автономного контроллера (АК). Модуль выдает 8 информационных слов и два служебных, которые содержат данные о номере АК, количестве слов в событии (которое фиксировано и равно 10) и типе детектора (все задается переключателями на плате модуля). Последнее слово в старшем разряде содержит «1» – признак конца события. Сигнал «Готов» в модуле не используется и стоит всегда в состоянии «0». Формат двух последних слов приведен в **табл. 1**.

Таблица 1. Формат двух последних слов.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Номер АК					Номер события									
	/-	/-	/-	/-	/-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Ош.	Тип детектора			Количество слов в событии										
	-	1/-	0/-	1/-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/-	0/-	1/-

Инициализация модуля осуществляется по сигналу «ОС» канала каркаса или по сигналу «Общий сброс» с передней панели. Сброс сигнала «Требование» и обнуление счетчиков каналов в режиме ПЧИ происходит по сигналу Fast_Clear по шине UP2 канала каркаса.

Конструктивно счетчик ЛЭ-57 представляет собой модуль системы МИСС одиночной ширины. На передней панели модуля размещены: индикатор готовности данных и высокочастотные разъемы LEMO для подачи входных сигналов. Все сигналы полностью аналогичны сигналам модуля С-335.

2. Пересчетные модули на ПЛИС

Появление на отечественном рынке программируемых логических интегральных схем позволяет выполнять разработки на качественно новом уровне. Их применение существенно снижает количество используемых микросхем общего назначения малой и средней степени интеграции, повышает быстродействие и надежность, уменьшает энергопотребление, габариты и стоимость, обеспечивает возможность внесения изменений в проект на любой стадии проектирования и перепрограммирования ПЛИС после ее распайки на плате.

В работе описаны три типа счетчиков, реализованных на базе ПЛИС семейства MAX 7000S фирмы Altera [6]. Эти схемы представляют собой набор макроячеек с локальными программируемыми матрицами элементов «И» на входе и программируемыми блоками ввода/вывода, объединенных единой программируемой матрицей соединений. Настройка функциональных преобразователей на выполнение требуемых логических функций и организация соединений между ними в микросхемах этого семейства осуществляется по технологии EEPROM. Разработка устройств, их симуляция и перепрограммирование ПЛИС были выполнены с помощью пакета программного обеспечения MAX+plus II фирмы Altera [7].

2.1. Модуль SC-24

Модуль SC-24 предназначен для работы в составе системы сбора данных электромагнитного калориметра «Гепард-2000» станции мечения КМН [8] в качестве преобразователя время–код и представляет собой 24-канальный счетчик с максимальной частотой счета до 100 МГц и емкостью до 12 двоичных разрядов. Все входные и управляющие сигналы модуля – сигналы уровней ЕСЛ, а выходные – уровней ТТЛ.

Блок–схема модуля представлена на **рис. 3**. Он содержит 24 преобразователя сигналов временных интервалов от амплитудно-цифровых преобразователей, преобразователи уровней управляющих сигналов, передатчики считываемых данных и 3 микросхемы ПЛИС EPM7128S, реализующих функции двоичных счетчиков.

На **рис. 4** представлена структурная схема 8 счетчиков, реализованных в каждой ПЛИС. Счет тактовых импульсов частотой около 80 МГц в каждом счетчике разрешается только в течение времени, задаваемом сигналами временных интервалов, поступающих на входы IN1-8. По окончании счета информация из адресуемых счетчиков через мультиплексоры передается на выход микросхемы и считывается по каналу каркаса. Сброс всех счетчиков в исходное состояние осуществляется по сигналу «CLR». Для проверки работы модулей служит специальный сигнал «TEST», который разрешает счет тактовых импульсов одновременно во всех счетчиках.

Модуль SC-24 представляет собой плату 6U конструктива Евромеханика с двумя разъемами, один из которых предназначен для подачи входных сигналов от амплитудно-цифровых преобразователей, а второй – для считывания информации. На передней стороне платы располагается разъем для сигнала «Тест». Напряжения питания в модуле $U_1 = +5$ В, $U_2 = -5$ В, ток потребления $I_1 = 1.5$ А, $I_2 = 200$ мА.

В настоящее время на физических установках ИФВЭ работают 30 модулей SC-24.

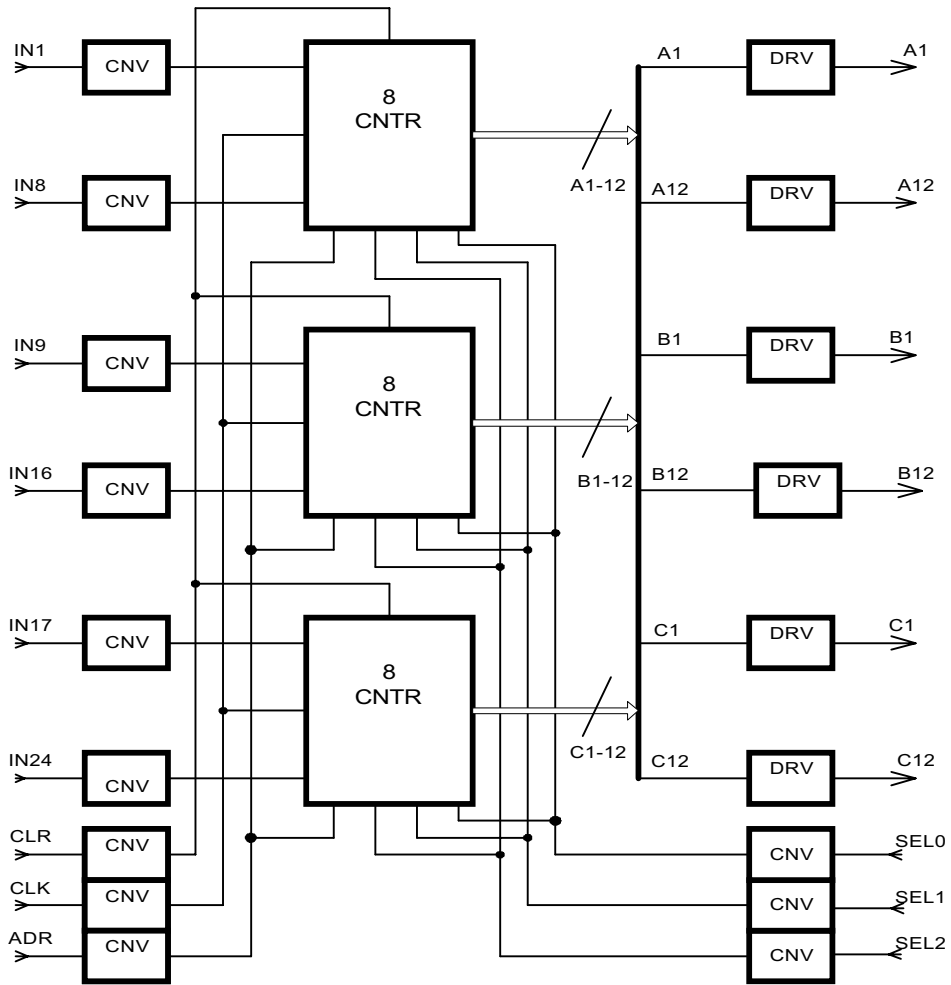


Рис. 3. Блок схема модуля счетчика SC-24.

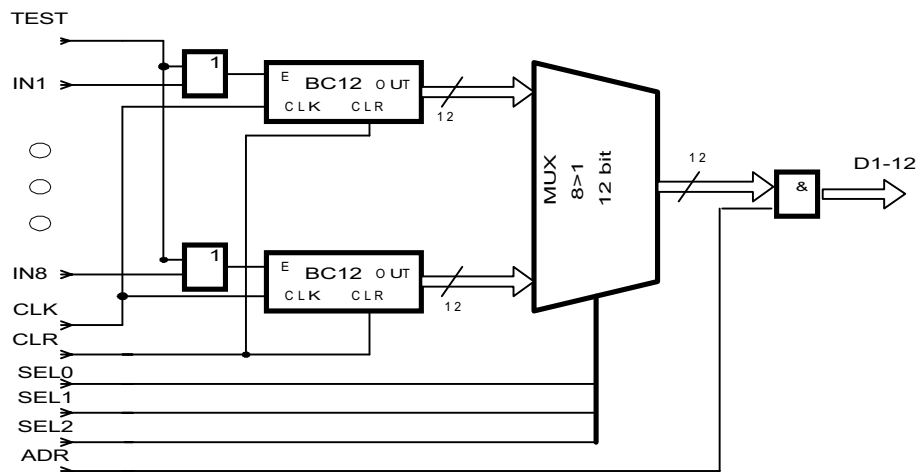


Рис. 4. Структурная схема счетчиков SC-24.

2.2. Модуль СЧИ

Модуль декадных счетчиков с индикацией СЧИ предназначен для регистрации мониторинговых счетов от различных узлов установки с возможностью считывания информации по каналу каркаса системы СУММА и ее визуальным отображением на светодиодных цифровых индикаторах. Он представляет собой 8-канальный счетчик с частотой счета свыше 100 МГц и емкостью 7 десятичных разрядов. Все входные и выходные сигналы модуля – сигналы уровней НИМ.

Частота пересчета в модуле определяется интенсивностью сброса пучка частиц в канал физической установки. В основном сброс частиц на детектор имеет интенсивность от $10^6 \div 10^8$ частиц/сек, что и определяет скорость счета модулей, больше или равно 100 МГц, чтобы иметь минимальные просчеты в момент регистрации.

Структурная схема модуля показана на **рис. 5**. Он содержит 8 каналов регистрации, включающих в себя преобразователи уровней входных сигналов CL1 и сигналов переполнения CL2, декадные счетчики CNT, схему индикации на семисегментных светодиодах IND, дешифратор и интерфейсные схемы системы СУММА, регистры и органы управления для задания номера мониторингового счетчика MC и мониторингового числа MN и схему управления.

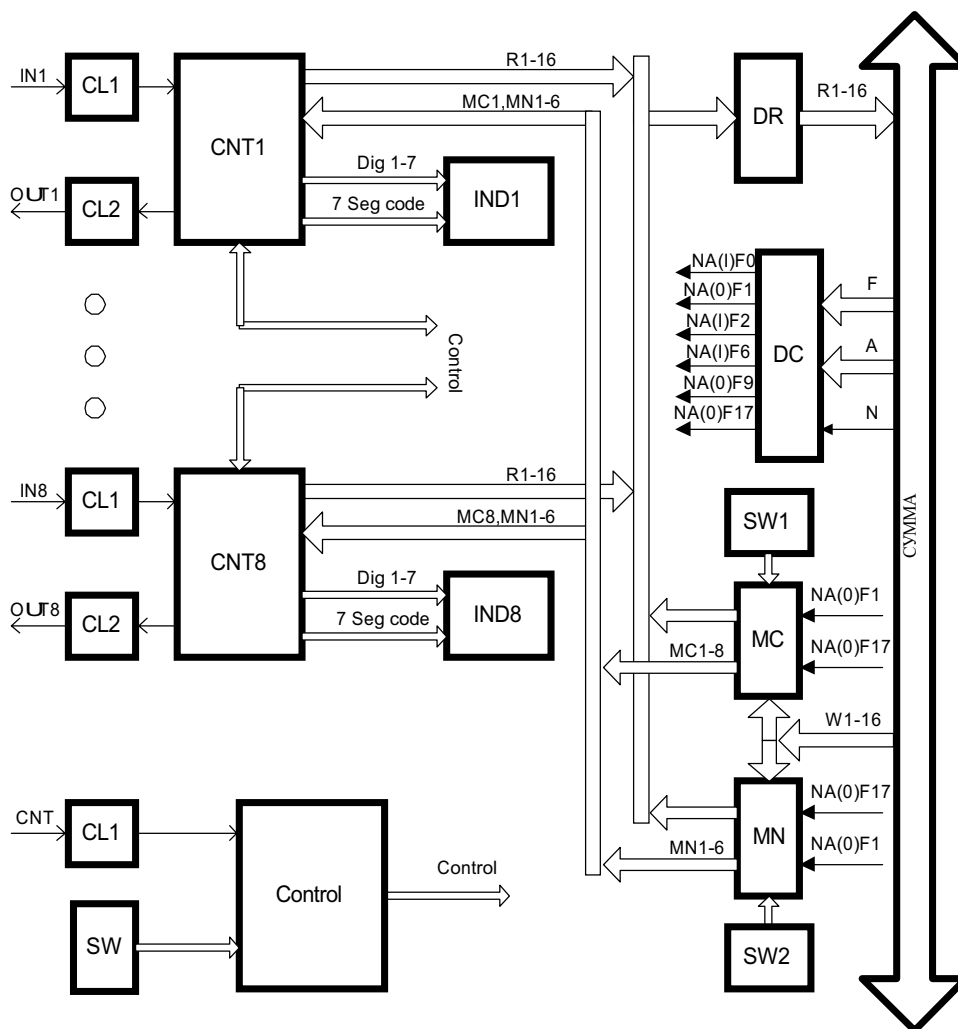


Рис. 5. Структурная схема модуля СЧИ.

В зависимости от положения тумблера на передней панели модуль СЧИ может работать в режиме счета или в режиме управления. В первом случае счет входных импульсов во всех каналах начинается по нажатию кнопки «Пуск» на передней панели, а заканчивается кнопкой «Стоп». Во втором случае счет импульсов осуществляется только во время сигнала «Управление», поступающего с передней панели, причем по началу этого сигнала все счетчики, у которых не задан режим накапливающего счета (индивидуальные тумблера блокировки сброса), сбрасываются в исходное состояние.

Для увеличения емкости счетчиков на переднюю панель выведены сигналы переполнения всех счетчиков, что позволяет организовывать каскадное включение требуемых каналов. Кроме того, в модуле предусмотрена возможность блокировки подачи входных сигналов на счетчики при достижении заданным счетчиком заданного мониторингового числа. Номер мониторингового счетчика и само мониторинговое число задаются переключателями на передней панели или по командам канала каркаса (в автоматическом режиме работы модуля).

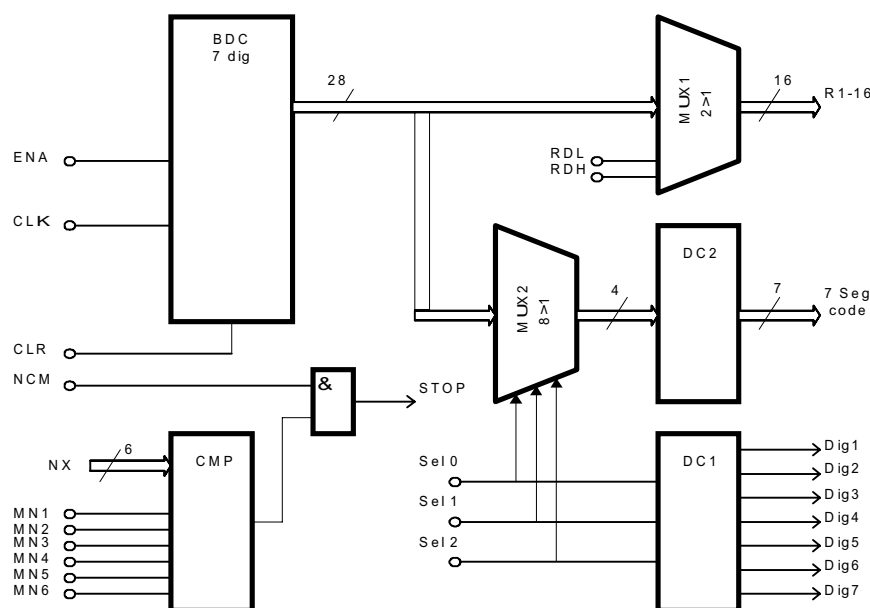


Рис. 6. Структурная схема декадного счетчика.

Декадные счетчики CNT реализованы на программируемых логических схемах EPM7128S фирмы Altera и содержат (рис. 6) 7-разрядный двоично-десятичный счетчик BDC, схему сравнения содержимого счетчика с заданным мониторинговым числом CMP и мультиплексор чтения информации из счетчика MUX1. Кроме того, в ПЛИС реализованы элементы динамической индикации информации: дешифратор номеров поджигаемых цифр данных счетчика DC1, мультиплексор MUX2 и дешифратор двоично-десятичного кода этих цифр в семисегментный код DC2. С частотой около 700 Гц номер цифры и ее значение поступают на выход ПЛИС и передаются на плату индикаторов одновременно для всех счетчиков модулей. Выбранная частота сканирования позволила получить достаточно яркое и без заметных миганий свечение индикаторов.

Модуль СЧИ выполняет следующие команды системы СУММА:

- NA(i)F(0) – чтение 4 младших десятичных цифр информации i-го счетчика.
- NA(i+1)F(0) – чтение 3 старших десятичных цифр информации i-го счетчика.
- NA(i)F(2) – чтение и сброс младших цифр i-го счетчика.
- NA(i+1)F(2) – чтение и сброс старших цифр i-го счетчика.

NA(0)F(1) – чтение состояния органов управления на передней панели. При этом разряды R3-1 определяют двоичный код заданного мониторингового числа, R6-4 – двоичный номер заданного мониторингового счетчика, а R16-9 – номера счетчиков, для которых включен режим накапливающего счета.

NA(0)F(17) – задание в режиме автоматического управления мониторингового числа (разряды W6-1) и номера мониторингового счетчика (W16-9).

NA(0)F(6) – чтение номера, определяющего тип модуля (для СЧИ он равен 70).

NA(0)F(9) – сброс модуля в исходное состояние.

Конструктивно счетчик СЧИ представляет собой модуль СУММА шириной 6М. На передней панели модуля расположены высокочастотные разъемы LEMO для подключения входных и выходных сигналов, тумблера и кнопки органов управления и 8 линеек семисегментных светодиодных индикаторов. В качестве индикаторов используются схемы LSD3752v-22 фирмы Kingbright, отличающиеся малыми габаритами, высокой светоотдачей и малой потребляемой мощностью. Напряжения питания в модуле $U_1 = +5 \text{ В}$, $U_2 = -5.2 \text{ В}$, ток потребления $I_1 = 2.75 \text{ А}$, $I_2 = 0.35 \text{ А}$.

В настоящее время потребность в пересчетных модулях с индикацией счетов импульсов на передней панели на физических установках ИФВЭ полностью удовлетворена. За последние два года было сделано, протестировано и настроено 12 модулей СЧИ.

2.3. Модуль счетчиков ЛЭ-69

Модуль ЛЭ-69 предназначен для работы в составе систем сбора данных на базе системы МИСС и представляет собой 16-канальный пересчетный прибор с максимальной частотой счета до 100 МГц и емкостью до 30 двоичных разрядов. Функционально модуль аналогичен счетчику ЛЭ-57 и отличается количеством каналов и емкостью счета.

Модуль содержит 4 группы по 4 счетчика со схемой управления счетом в группе, общую схему управления счетом, интерфейсные схемы канала каркаса системы МИСС и преобразователи уровней входных сигналов и сигналов магистрали МИСС, для упрощения не показанных на схеме (рис. 7). Вся цифровая часть модуля, за исключением преобразователей уровней, реализована на микросхеме ПЛИС ACEX 1K50QC208-3 фирмы Altera [6].

Входными сигналами счетчиков являются сигналы уровней NIM. Управление счетом осуществляется общим для каждой группы счетчиков сигналом «Gate» положительной или отрицательной (в зависимости от положения переключателей на плате) полярности.

По сигналу “Stop” показания счетчиков фиксируются в регистрах и могут быть прочитаны по магистрали МИСС. Предусмотрена возможность чтения информации «на лету» (без остановки счета), при этом, входы счетчиков блокируются на время перезаписи данных в регистры (около 15 нс).

Информация из регистров может быть прочитана как в адресном режиме, так и в режиме последовательного чтения. При чтении модуля в адресном режиме содержимое счетчиков каналов, записанное в регистрах, доступно по командам контроллера каркаса МП(і)Ф(0), где $I = 0..31$. Код номера модуля М определяется шестью переключателями на печатной плате. На каждый канал приходится два подадреса: четные подадреса позволяют обращаться к младшим пятнадцати разрядам (0..15) канала, а нечетные – к старшим пятнадцати разрядам (16..31). Сброс всех счетчиков и сигнала “требования” производится по команде МП(0)Ф(7).

В режиме последовательного чтения информации (ПЧИ) модуль выдает 32 информационных слова на шину данных, сопровождая каждое информационное слово шестью битами номера модуля и шестью битами номера подадреса на шине адреса. Информация о счетах в каждом канале содержится в двух подадресах и вычитывается в два слова. В первом вычитанном слове содержится информация о первых 15 разрядах первого канала модуля, а во втором – о вторых.

Конструктивно счетчик ЛЭ-69 представляет собой модуль системы МИСС одиночной ширины. На передней панели модуля расположены индикатор готовности данных и высокочастотные разъемы LEMO для подачи входных сигналов.

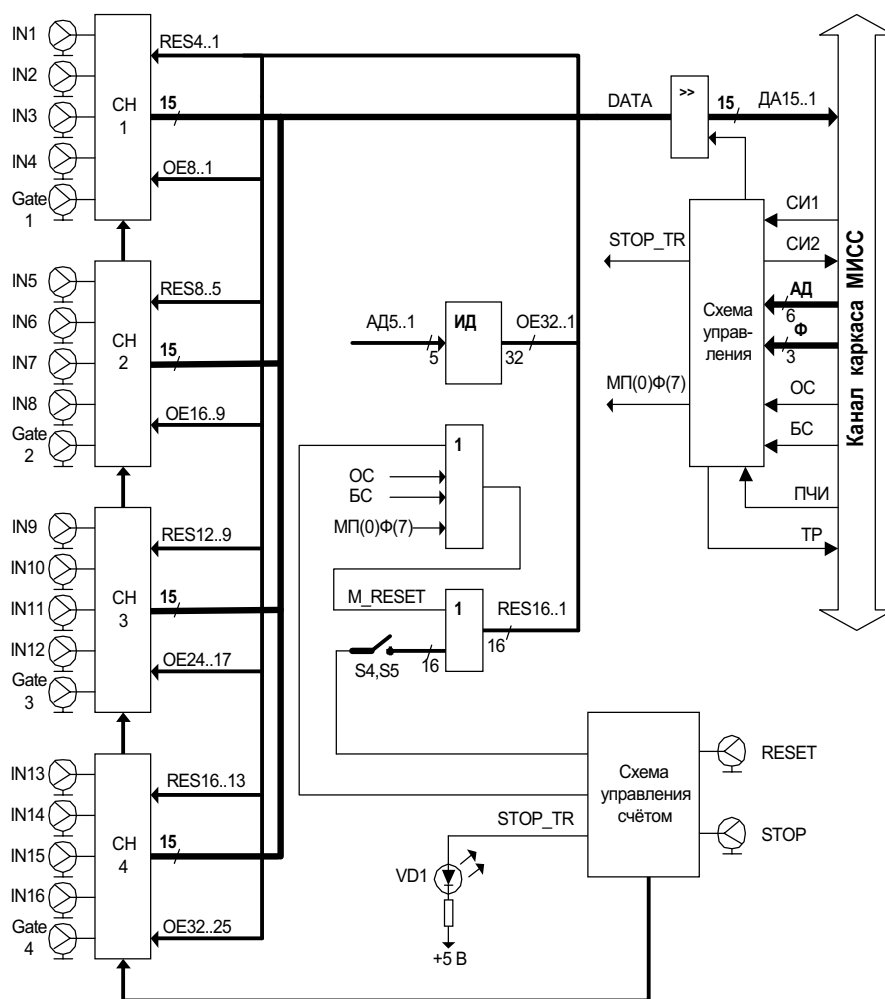


Рис. 7. Структурная схема модуля ЛЭ-69.

Список литературы

- [1] Абрамов В.В., Алексеев А.В., Балдин Б.Ю. и др. Фокусирующий двухплечевой спектрометр. Препринт ИФВЭ 81-46. – Серпухов, 1981.
- [2] Балац М.Я., Беляев И.М., Васильев М.В. и др. Исследования полужёстких процессов с глубокой фрагментацией на установке СФИНКС. Препринт ИТЭФ 85-92. – Москва, 1992.
- [3] Битюков С.И., Бушнин Ю.Б., Васильев В.С. и др. Система сбора данных установки вершинный спектрометр ИФВЭ. Препринт ИФВЭ 94-101. – Протвино, 1994.
- [4] Алферова О.И., Бушнин Ю.Б., Денисенко А.А. и др. Препринт ИФВЭ 74-122. – Серпухов, 1974.
- [5] Бушнин Ю.Б., Ваньев В.С., Гончаров П.И. и др. Быстродействующая система регистрирующей и триггерной электроники для экспериментальных исследований в ИФВЭ. Препринт ИФВЭ 88-47. – Серпухов, 1988.
- [6] ALTERA Corporation. Digital Library 2000 version 5., ALTERA Corporation.
- [7] Стешенко В.Б. Школа разработки аппаратуры цифровой обработки сигналов на ПЛИС. Система проектирования MAX+PLUS II фирмы ALTERA, Chip News, № 9, 1999, с.15–18.
- [8] ИФЭР (Serpukhov) – INFN (Pisa) – ИФЭР (Zeuthen) – JINR (Dubna) Collaboration Proposal. SERP-E-152. Serpukhov, 1984.

Рукопись поступила 20 марта 2003 года.

Г.П. Макаров, А.А. Медведев, В.С. Петров и др.
Пересчетные модули для экспериментальных установок ИФВЭ.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы *Word*.

Редактор Н.В.Ежела.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 25.03.2003. Формат 60x84/16. Офсетная печать.
Печ.л. 1,12. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 130. Заказ 38. Индекс 3649.
ЛР №020498 06.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий,
142284, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

П Р Е П Р И Н Т 2003–11, ИФВЭ, 2003
