

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ В СТАНДАРТЕ КАМАК

© 2022 г. С. А. Горохов^{а,*}, А. А. Киряков^а, М. К. Полковников^а

^а Институт физики высоких энергий им. А.А. Логунова Национального исследовательского центра
“Курчатовский институт”

Россия, 142281, Протвино Московской обл., пл. Науки, 1

*e-mail: sgorokhov@mail.ihep.ru

Поступила в редакцию 18.01.2022 г.

После доработки 25.01.2022 г.

Принята к публикации 02.02.2022 г.

Для приема и предварительной обработки информации с малоканальных детектирующих систем разработан модуль программируемого 8-канального формирователя сигналов ПФ-ЛДС-КАМАК. Модуль имеет возможность работы со входными сигналами любой полярности. Выходные сигналы модуля – сигналы уровней NIM. Модуль поддерживает до трех выходных каналов на каждый вход; выходные сигналы могут быть прямыми или инверсными. Модуль формирователя выполнен в стандарте КАМАК, имеет восемь каналов формирования импульсов и занимает 2 места в крейте КАМАК. Средний шаг квантования длительности выходного импульса 6.52 ± 0.04 нс. Максимальная длительность выходного импульса 404 ± 2 нс. Задержка сигнала формирователем составляет в среднем по всем каналам 18.85 ± 0.57 нс. Средняя длительность переднего фронта выходного импульса формирователя составляет 1.23 ± 0.20 нс. Относительное изменение длительности выходного сигнала при полной нагрузке каналов модуля не превышает 3%. Уровень порога формирователя задается в диапазоне от -540 до 540 мВ.

DOI: 10.31857/S0032816222040036

ВВЕДЕНИЕ

Для малоканальных систем разработка встроенной электроники преобразования и оцифровки аналоговых сигналов не является рентабельной. “Хорошим” решением являются универсальные модули электроники, применимость которых не лимитируется типом детектирующих элементов и полярностью аналогового сигнала.

До настоящего времени используются устаревшие формирователи импульсов 4Ф-115 и их аналоги (8Ф3-113; в стандарте КАМАК [1]), основной недостаток которых – ручная установка порога дискриминации аналогового сигнала. Данный недостаток полностью исключает их использование в автоматизации расчетов оптимального порога дискриминации аналогового сигнала, а также напряжений питания/смещения детектирующих элементов (из-за значительных временных затрат и плохой точности ручной регулировки порога).

Для приема и предварительной обработки информации с малоканальных детектирующих систем нами разработан модуль программируемого 8-канального формирователя сигналов ПФ-ЛДС-КАМАК. Возможность программного вы-

бора “рабочего” фронта аналогового сигнала (по “нарастанию”/“спаду”) обеспечивает работу с аналоговыми сигналами как отрицательной, так и положительной полярности, что в совокупности с программной установкой длительности выходного сигнала делает разработанный модуль формирователя импульсов универсальным.

МОДУЛЬ ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

Модуль ПФ-ЛДС-КАМАК имеет возможность работы со входными сигналами любой полярности. Выходные сигналы модуля – сигналы уровней NIM. Модуль поддерживает до трех выходных каналов на каждый вход; выходные сигналы могут быть прямыми или инверсными. Модуль формирователя реализован с использованием современной элементной базы и выполнен в стандарте КАМАК. Формирователь имеет восемь каналов формирования импульсов и занимает 2 места в крейте КАМАК. На рис. 1 показана блок-схема формирователя.

Для работы с шиной КАМАК используется преобразователь уровня сигналов (на схеме TTL/LVTTL) типа 74LVC16245. Входной сигнал (Вх. 1–8) подается на инвертирующий вход ком-

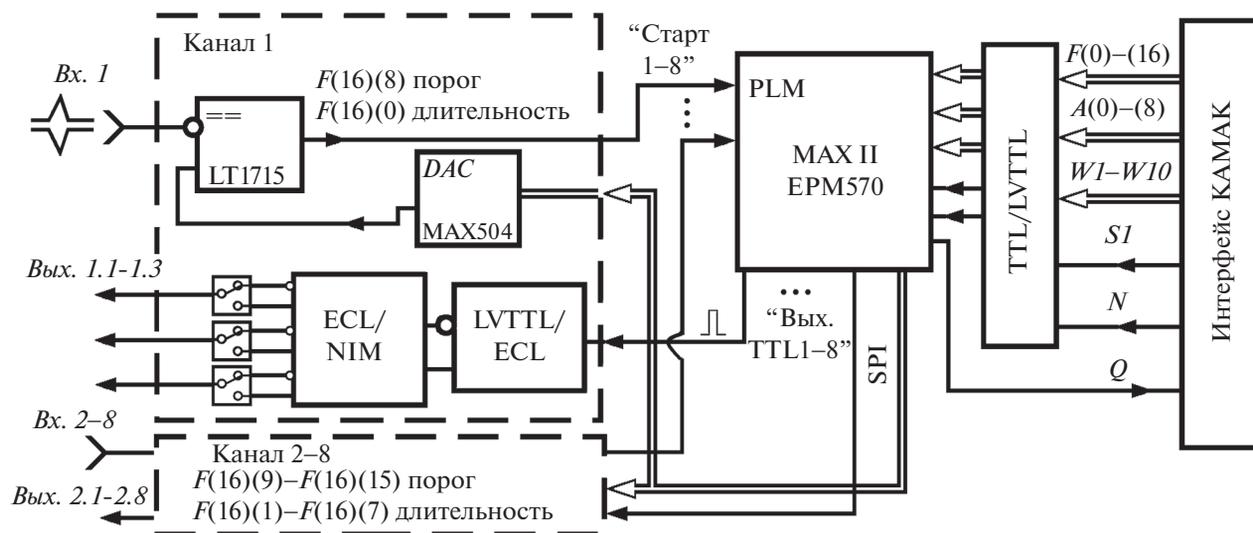


Рис. 1. Блок-схема формирователя.

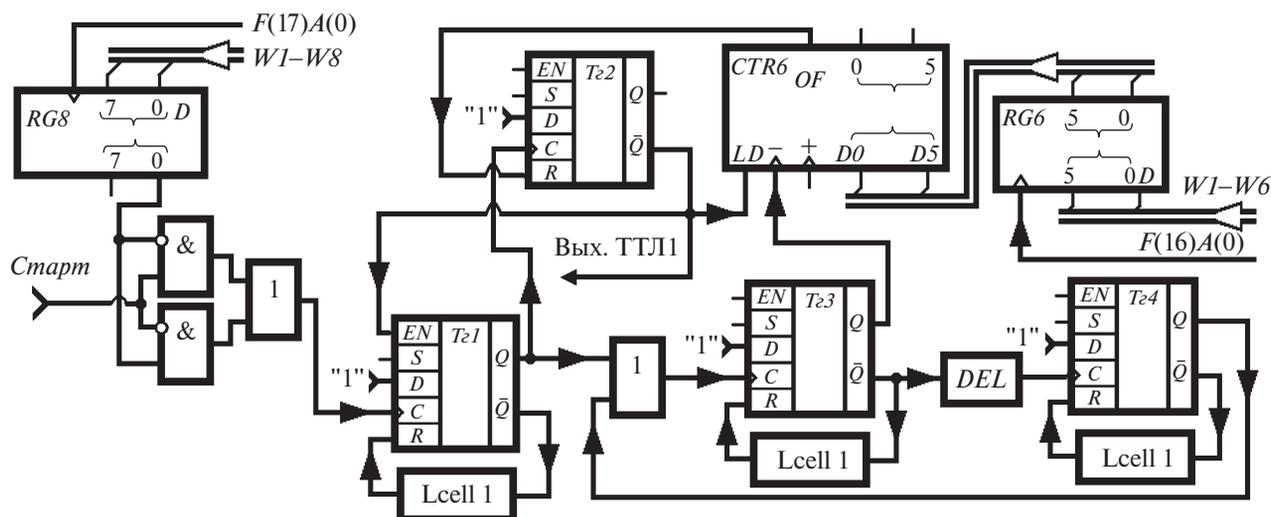


Рис. 2. Блок-схема структуры канала.

паратора. Минимальная длительность входного импульса 5 нс (ограничение связано с программируемой логической интегральной схемой (п.л.и.с.) MAX II). В качестве компаратора используется интегральная микросхема LT1715. Для установки порога используется интегральная микросхема MAX504CS. Запись кодов в цифроаналоговый преобразователь DAC (digital to analog converter) осуществляется последовательным протоколом SPI.

Электрическая схема модуля практически полностью реализована в конфигурируемой микросхеме (PLM MAXII EPM570T). Исключение составляют микросхемы компараторов и DAC. На рис. 2 приведена блок-схема первого канала формирования – часть проекта MAX II [2].

Перед началом работы в регистр хранения *RG6* необходимо записать код, соответствующий длительности выходного импульса (индивидуально для каждого канала). В регистр хранения *RG8* записывается код, отвечающий за выбор “рабочих” фронтов входных сигналов для всех каналов (нулевой разряд *RG8* для первого канала). В режиме ожидания входного импульса триггер *T22* асинхронно перезаписывает данные регистра хранения *RG6* в счетчик *CTR6*. Запускающий импульс от компаратора *Старт1* через схему селекции фронта (схемы *RG8*, *И* и *ИЛИ*) подается на тактовый вход *C* формирователя *T21*. Формирователь *T21* представляет собой одновибратор, выполненный из D-триггера, и служит для того, чтобы “длинный” входной импульс не запирали схему

ИЛИ. Длительность сформированного импульса определяется количеством пустых ячеек ($L_{cell} 1$), включенных между выходом \bar{Q} и входом сброса R триггера $T_2 1$.

Выходной сигнал Q триггера $T_2 1$ переключает триггер $T_2 2$, который запрещает дальнейшую работу (вход EN) $T_2 1$ и разрешает работу триггера-одновибратора $T_2 4$ (вход EN). Генератор импульсов сконструирован из двух одновибраторов $T_2 3$, $T_2 4$ и линии задержки DEL (проводник на плате длиной 20 см). Одновибраторы $T_2 3$ и $T_2 4$ выполнены аналогичными одновибратору $T_2 1$. После поступления запускающего импульса одновибратор $T_2 3$ формирует импульс длительностью 3 нс, который через линию задержки поступает на тактовый вход $T_2 4$. Выходной импульс $T_2 4$ через схему *ИЛИ* подается на тактовый вход S триггера $T_2 3$ и т.д. Чтобы получить одинаковую частоту работы генераторов всех восьми каналов, макроячейки, содержащие в себе элементы генераторов ($T_2 3$, $T_2 4$, *ИЛИ*, $CTR6$, $RG6$), размещались вручную внутри функциональных блоков при помощи утилиты Chip planner. Входы и выходы микросхемы п.л.и.с. выбирались таким образом, чтобы время прохождения импульса от контактной площадки до используемой макроячейки было примерно одинаковым для всех каналов. Генератор работает до переполнения счетчика $CTR6$. После этого сигнал переполнения OF счетчика $CTR6$ сбрасывает триггер $T_2 2$. Выходной сигнал \bar{Q} триггера $T_2 2$ перезаписывает счетчик и запрещает прохождение импульсов в $T_2 4$. Из п.л.и.с. сформированный импульс *Вых.ТТЛ1* подается в преобразователь уровня TTL/ECL и, далее, в преобразователь уровня ECL/NIM. Всего в п.л.и.с. собрано 8 генераторов (по одному на каждый канал).

Для записи кодов в DAC в п.л.и.с. использованы следующие библиотечные элементы: сдвиговый регистр и цифровой мультиплексор. Для ра-

боты с шиной КАМАК собран дешифратор команд.

Проект формирователя занял в п.л.и.с. 45% от объема. Из них один канал формирования сигнала занимает 4%, сдвиговый регистр и цифровой мультиплексор для управления микросхемами DAC – 6%, дешифратор команд КАМАК – 7%.

Команды блока: $F(17)A(0)$ – выбор “рабочего” фронта входных сигналов (0 – по “спаду”, 1 – по “нарастанию”; каждый разряд соответствует своему входу); $F(16)A(0)–F(16)A(7)$ – установка длительности выходного импульса ($A(0)$ – 1 канал, $A(1)$ – 2-й канал и т.д.); $F(16)A(8)–F(16)A(15)$ – установка величины порога дискриминации аналогового сигнала в канале, номер которого задается номером субадреса ($A(8)$ – 1-й канал, $A(9)$ – 2-й канал и т.д.).

Благодаря ручному размещению элементов генераторов внутри функциональных блоков характеристики каналов практически одинаковы. Средний шаг квантования длительности выходного импульса 6.52 ± 0.04 нс. Максимальная длительность выходного импульса 404 ± 2 нс. Относительное изменение длительности выходного сигнала при полной нагрузке каналов модуля не превышает 3%. Средняя длительность переднего фронта выходного импульса формирователя составляет 1.23 ± 0.20 нс. Уровень порога формирователя задается в диапазоне от -540 до 540 мВ с шагом 1.064 ± 0.004 мВ/код. Изменение устанавливаемого порога при полной нагрузке модуля не превышает 0.25 мВ. Задержка сигнала формирователем составляет в среднем по всем каналам 18.85 ± 0.57 нс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27080-93. Межгосударственный стандарт КАМАК. М.: Изд-во стандартов, 1995.
2. MAX II Device Handbook.