

**ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ**

УДК 53.08:004

**USB-КОНТРОЛЛЕР КРЕЙТА КАМАК ДЛЯ ОТЛАДОЧНОГО СТЕНДА
НА ОСНОВЕ ARDUINO MEGA 2560**

© 2024 г. В. В. Сидоркин

Поступила в редакцию 20.11.2023 г.

После доработки 04.03.2024 г.

Принята к публикации 12.06.2024 г.

В настоящее время интерфейс USB широко используется в различных системах управления, в том числе и в физических установках. В частности, на его основе был создан ряд контроллеров крейтов КАМАК (КК) [1, 2]

Для реализации данного КК была выбрана плата Arduino Mega 2560 (Arduino), характеризующаяся наличием большого числа программируемых цифровых входов-выходов (54 шт.), которые можно использовать непосредственно для генерации и приема как сигналов управления, так и сигналов данных. Функциональная схема КК представлена на рис. 1.

Рис. 1. Функциональная схема КК

КК взаимодействует с ЭВМ путем обмена сообщениями через USB-интерфейс, используя для этого два независимых буфера в памяти контроллера – один из них предназначен для приема данных от ЭВМ, другой – для отправки данных в ЭВМ. Сообщения представлены в виде последовательности байтов. Программа на стороне микроконтроллера отслеживает состояние буфера, предназначенного для приема данных от ЭВМ. Формат передаваемых сообщений выбран так, что первым передается байт, содержащий код N , и он же первым анализируется при считывании его из буфера. Анализ кода N позволяет определить тип команды. Если $N=30$, то это соответствует внутренним командам КК – в этом случае на контакте 3 генерируется сигнал $Еп(N)$, блокирующий

дешифратор кода номера станции. Для внутренних команд дешифрация производится программным способом, по ее результатам происходит обращение к определенным контактам платы Arduino, выбранным для выполнения той или иной операции, например, генерации сигнала Z (контакт 5) или запуска цикла КАМАК сигналом Start (контакт 38).

Если $0 \leq N \leq 23$, то это указывает на адресное взаимодействие КК с модулями крейта. Сигнал $En(N)$ не вырабатывается. На контакты 22–26 платы Arduino выводится код номера станции CN1-CN5, с этих контактов код поступает на 24-разрядный дешифратор (D3), после чего сформированный дешифратором сигнал выбора модуля N через буферную схему подается на соответствующую линию магистрали крейта. Коды субадреса CA1-CA4 и функции CF1-CF5 выводятся, соответственно, на контакты 49–46 и 33–37 и далее через буферные схемы подаются на магистраль КАМАК. Аналогично коду N анализируется и код функции F.

Если код функции соответствует команде вывода данных на магистраль, то из буфера дополнительно считываются три байта данных – W(1–8), W(9–16) и W(17–24), которые затем загружаются в регистр D6, организованный по схеме “последовательный вход–параллельный выход”. После загрузки регистра D6 высоким уровнем сигнала Start (при инициализации КК данный вывод устанавливается в нулевое состояние) запускается цикл КАМАК (генерируются сигналы B, S1 и S2). Функциональная схема генератора цикла КАМАК (САМАС Cycle Generator) выделена на рис. 1 штриховой линией. Для формирования временных меток с шагом 100 нс используется сдвиговый регистр (D10), по разрядам которого под действием тактовых импульсов 10 МГц перемещается единичное состояние, начало и конец которого на соответствующих выводах задают временное положение сигналов B, S1 и S2. Появление единичного состояния на выводе 11 (D10) приводит к окончанию генерации цикла. Низким уровнем сигнала Start схема генерации цикла возвращается в исходное состояние, после чего она готова к следующему запуску. Далее осуществляется проверка состояний линий CX (D1) и CQ (D2) магистрали КАМАК на предмет успешности прохождения команды и выполнения условий ее реализации адресуемым модулем.

Если код функции соответствует команде чтения данных с линий R1–R24, то, после того как сформируется соответствующая команда NAF, сигналом Start запускается цикл КАМАК. Затем проверяются состояния линий X и Q. Если команда прошла успешно, то полученные данные, которые к этому времени уже должны быть зафиксированы в 24-разрядном регистре D5 (“параллельный вход–последовательный выход”), поразрядно-последовательно байтами считываются в микроконтроллер, после чего эти данные через буфер обмена пересылаются в ЭВМ.

Сигналы с линий L1– L24 объединяются 24-разрядной схемой “ИЛИ”, выход которой подается одновременно на контакты 2 (LAM_Intr) и 9 (LAM). Контакт 2 при инициализации платы сконфигурирован как вход для сигнала прерывания. При появлении сигнала запроса на нем (LAM_Intr) будет вызываться подпрограмма обработки прерывания. Сигналы L1– L24 могут маскироваться содержимым 24-разрядного регистра D4, организованного по схеме “последовательный вход–параллельный выход”. Команда записи данных в этот регистр относится ко внутренним командам КК.

Загрузка регистров D6 (W1– W24), D4 (L1– L24) и, соответственно, чтение регистра D5 (R1– R24) производится по SPI-протоколу (Serial Peripheral Interface) с частотой, кратной частоте работы микроконтроллера, которая равна 16 МГц. Коэффициент деления задается программным образом и выбирается из ряда 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128. По умолчанию коэффициент деления равен 4.

Текущее состояние КК представлено значениями логических уровней на линиях X, Q, I*, LAM. Сигналы с указанных линий поступают, соответственно, на контакты 6, 7, 9 и 8. Их логические состояния считываются по отдельности, после чего из них формируется байт, представляющий слово-состояние КК, который затем передается в ЭВМ.

На лицевой панели расположен двухпозиционный переключатель SA1. Он предназначен для ручного безаварийного прерывания выполняемой КК программы. Если состояние входа EnP соответствует нулевому уровню, то программа на стороне КК переходит в режим ожидания.

К преимуществам данного КК прежде всего можно отнести простоту программирования при использовании встроенных команд ИСР. К недостаткам – относительно невысокое быстродействие при некоторых операциях КК из-за отсутствия в составе ИСР команд побайтного ввода/вывода данных. Например, вывод на магистраль КАМАК 24-разрядного слова занимает примерно 66 мкс. В составе команд самого микроконтроллера ATmega2560 такие операции есть, но их использование приводит к усложнению кода (при этом нередко требуется использование сторонних ИСР) и, как следствие, к росту вероятности появления трудно устранимых ошибок. Для задач, решаемых на отладочном стенде, приоритетом является достоверность измерений за счет минимизации источников ошибок, а не быстродействие. Данный КК был разработан для замены другого контроллера, использовавшегося для связи с компьютером шину ISA. Внутренние команды, используемые в данном КК:

N(30)A(0)F(0) – чтение слова-состояния КК;

N(30)A(0)F(25) – генерация сигнала Z;

N(30)A(1)F(25) – генерация сигнала C;

- N(30)A(2)F(25) – установка Inhibit;
- N(30)A(3)F(25) – сброс Inhibit;
- N(30)A(4)F(25) – генерация сигнала Start (эта команда введена специально на случай многократного перезапуска какой-либо команды, загруженной в предыдущем цикле);
- N(30)A(5)F(25) – запрет прерывания;
- N(30)A(6)F(25) – снятие запрета прерывания;
- N(30)A(0)F(16) – запись кода маски для сигналов LAM (W1-W24);
- N(30)A(7)F(25) – генерация сигнала CReset;
- N(30)A(8)F(25) – генерация сигнала ClrW;
- N(30)A(9)F(25) – генерация сигнала Clr-Msk-L.

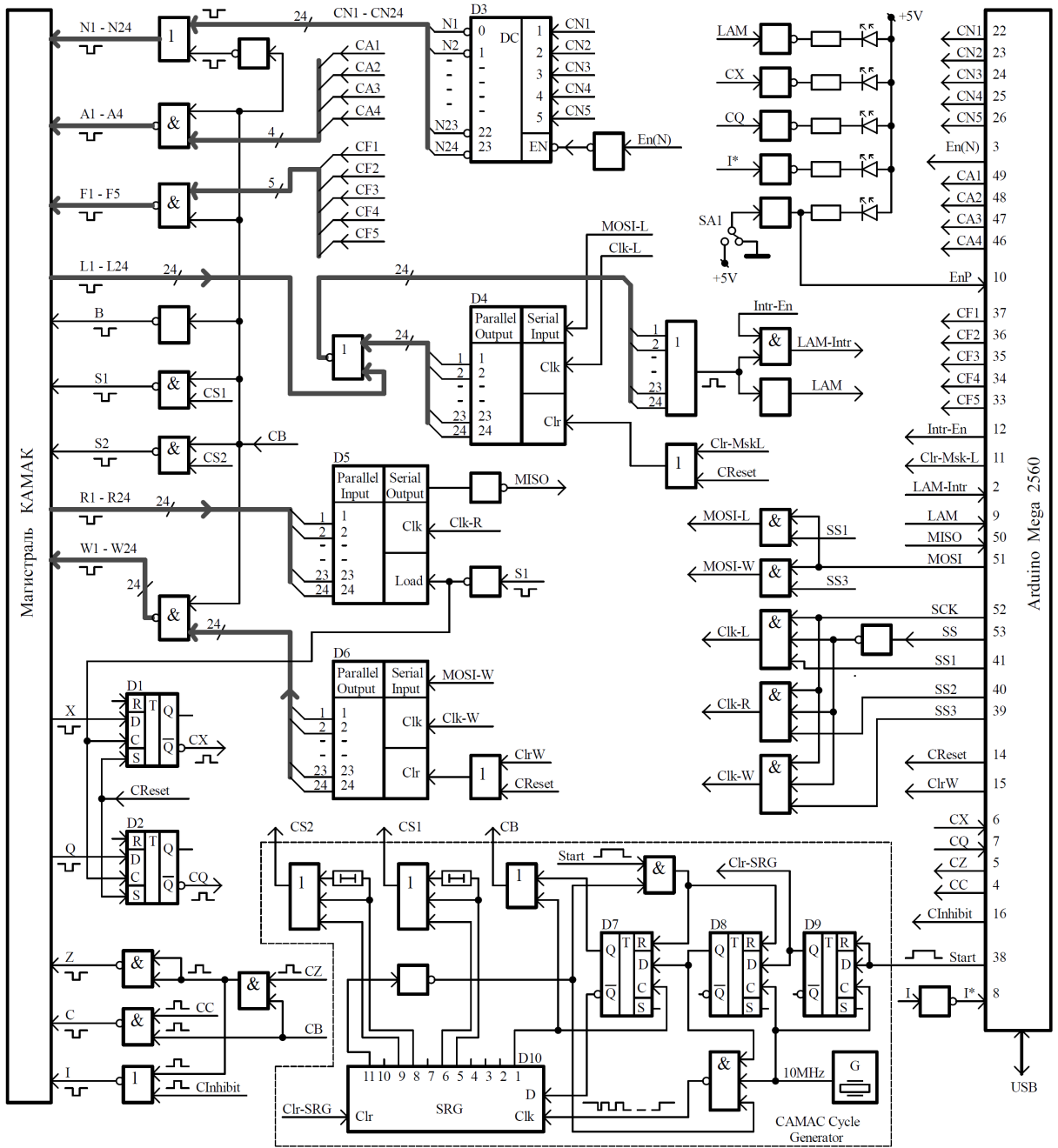
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Темников А.Н. // ПТЭ. 2010. №1. С.81-86.
2. Тубольцев Ю.В., Чичагов Ю.В., Хилькевич Е.М., Симуткин В.Д. // ПТЭ. 2010. №1. С.87.

*Адрес для справок: Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6,
Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), Лаборатория ядерных проблем
(ЛЯП), Сектор №1 научно-экспериментального отдела физики элементарных частиц
(НЭОФЭЧ). E-mail: sidorkin@jinr.ru*

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Функциональная схема КК.



Для связи с автором:

Сидоркин Виктор Васильевич

Раб.тел.: (496-21)63252

Сотовый тел.: 8-905-756-14-05

Факс: (496-21)66666

E-mail: sidorkin@jinr.ru

[victor sidorkin@mail.ru](mailto:victor_sidorkin@mail.ru)