

АВТОНОМНЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР ОПТИЧЕСКИХ СИНХРОИМПУЛЬСОВ

© 2019 г. А. В. Козлов^{а,*}, А. А. Козлов^а, М. Н. Поварешкин^а, А. В. Шурупов^а

^а Объединенный институт высоких температур РАН
Россия, 125412, Москва, ул. Ижорская, 13, стр. 2

*e-mail: kozlov@fites.ru

Поступила в редакцию 26.11.2018 г.

После доработки 26.11.2018 г.

Принята к публикации 15.12.2018 г.

Описан автономный многоканальный генератор оптических синхроимпульсов, интервал между которыми может устанавливаться с шагом 250 нс. Максимальное время задержки между синхроимпульсами составляет 262 мс. Программирование времени задержки может осуществляться как с пульта управления, расположенного на генераторе, так и с помощью персонального компьютера. Генератор полностью автономен. Расчетное время эксплуатации без замены элементов питания составляет 20 лет.

DOI: 10.1134/S0032816219030236

Многоканальный генератор оптических синхроимпульсов разработан для запуска управляемых разрядников секций емкостного накопителя энергии [1]. Генератор имеет автономное питание, позволяет устанавливать время задержки с большой максимальной длительностью и, используя задающий кварцевый генератор, обеспечивает необходимую точность.

В состав генератора синхроимпульсов входят задающий кварцевый генератор, схема запуска, синхронный 24-разрядный счетчик, постоянное запоминающее устройство (п.з.у.), выходной драйвер с волоконно-оптическими светодиодами и управляющий микроконтроллер с линией связи с персональным компьютером, пульт управления и OLED-дисплей.

Принципиальная схема задающего кварцевого генератора приведена на рис. 1а. На микросхеме M_1 собран опорный кварцевый генератор на частоте 4 МГц. Для уменьшения потребления на микросхеме M_4 собран понижающий стабилизатор на напряжение 1.2 В с очень малым собственным током потребления. Измеренное значение тока потребления при работающем кварцевом генераторе составило 60 мкА. Все остальные элементы в ждущем режиме потребляют не более 8 мкА.

Такой малый ток потребления позволил отказаться от выключателя питания. В качестве источника питания генератора синхроимпульсов используется гальванический элемент LiSOC12 напряжением 3.6 В, емкостью 19 А·ч и очень низким уровнем саморазряда, порядка 1% в год. При

таком токе потребления расчетное значение непрерывного времени работы генератора синхроимпульсов составляет >20 лет.

На микросхеме M_3 собран RS-триггер (M_{3-1} , M_{3-2}), который служит для запуска генератора синхроимпульсов и его отключения. Запуск может быть проведен от кнопки ручного запуска, управляющего микроконтроллера или быть внешним. Сигнал запуска, поступая на R-вход RS-триггера, устанавливает на его выходе логический "0", сигнал с которого поступает на вход микросхемы M_1 и разрешает прохождение сигнала с задающего кварцевого генератора на 24-разрядный счетчик, собранный на трех 8-разрядных счетчиках M_5 – M_7 (рис. 1б). Одновременно сигнал с RS-триггера через дифференцирующую цепь поступает на сброс всех счетчиков, переводя их в начальное состояние. 24-разрядный счетчик начинает считать входящие импульсы с задающего кварцевого генератора, и на его выходе значение адресного слова увеличивается от 0 до 1048575, при превышении которого меняется значение сигнала адресной шины A20 с "0" на "1". От сигнала с адресной линии A20, поступающего через инвертор M_{3-3} и дифференцирующую цепь на S-вход RS-триггера, последний срабатывает, и на его выходе устанавливается логическая "1", запрещая прохождение сигнала с задающего кварцевого генератора на счетчик, и счетчик останавливает свою работу.

В качестве хранения информации о временных задержках используется п.з.у. M_9 (рис. 1б) [2].

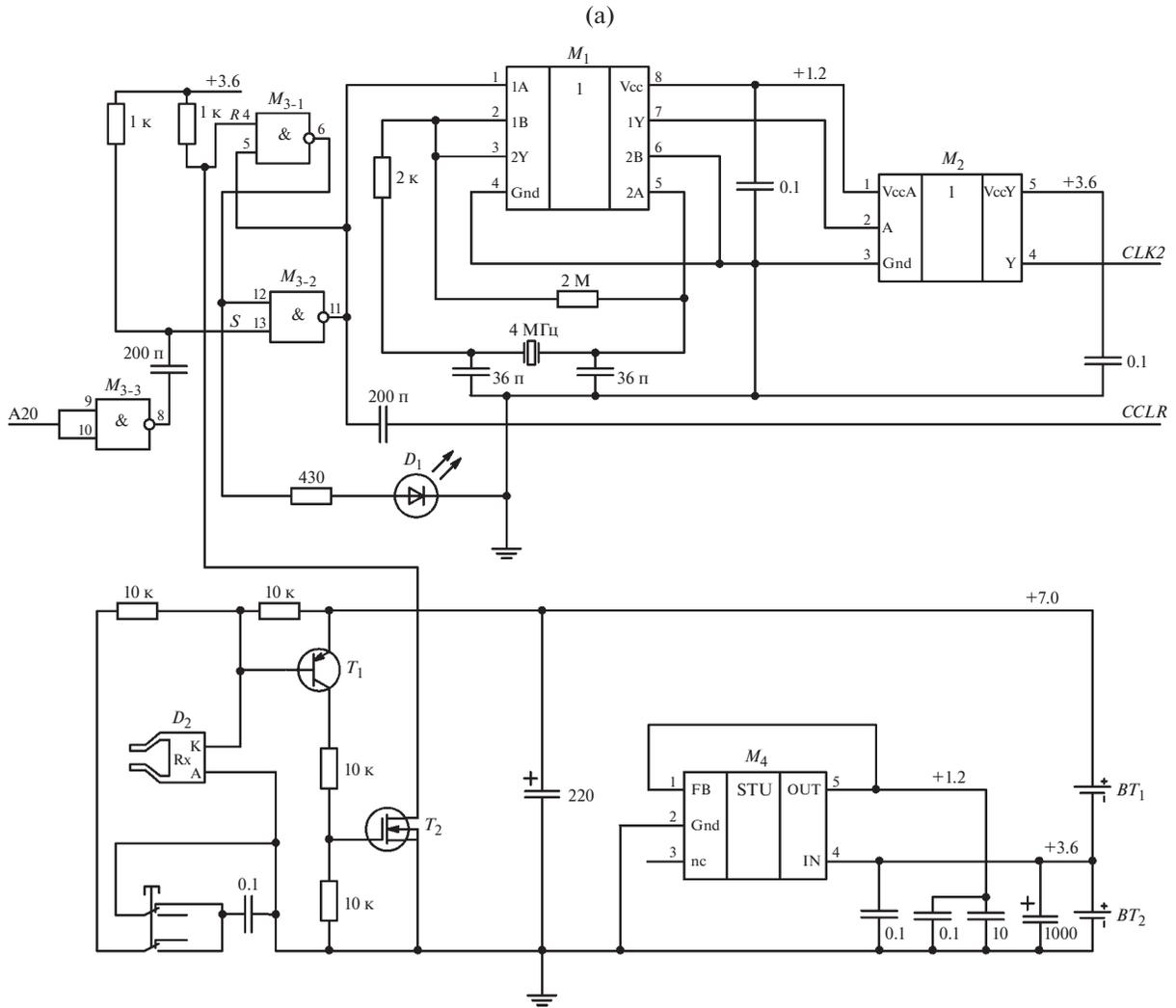


Рис. 1. Принципиальные схемы: **а** – опорного кварцевого генератора и блока запуска, **б** – 24-разрядного счетчика с п.з.у. и выходными драйверами. M_1 – 74AUP2G02, M_2 – 74AUP1T34, M_3 – 74HC04, M_4 – TPS71501, M_5 – M_7 – 74HC590A, M_8 – 74AUP2G02, M_9 – S29AL016J, M_{10} , M_{11} – 74HC7541; T_1 – KT973A, T_2 – 2N7002, T_3 – T_{18} – IRLD014; D_1 – TLCR5100, D_2 – SFH250V, D_3 – D_{18} – SFH756V; BT_1 – ER34615-AX, BT_2 – ER14335-AX.

Объем его памяти составляет 1048576 16-разрядных слов. В рабочий режим п.з.у. переходит сразу же после изменения состояния на адресных линиях. Каждая линия данных п.з.у. используется для хранения сигнала одного канала генератора синхроимпульсов. Таким образом, одна микросхема п.з.у. позволяет программировать сигналы 16 каналов генератора. Вся область памяти, относящаяся к одному каналу, почти полностью заполнена «0», за исключением небольшой области размером 40 ячеек, которая последовательно заполнена «1». Адрес начала этой области и определяет время задержки сигнала на этом канале по отношению к входному синхроимпульсу.

При частоте задающего генератора 4 МГц длительность импульса сигнала синхронизации каж-

дого канала составит, таким образом, 10 мкс, а максимальное время задержки составит 262134 мкс. Сигналы импульсов синхронизации с каждой линии данных п.з.у. через буферные усилители M_{10} , M_{11} поступают на выходные драйверы A_1 – A_{16} формирователей оптических синхроимпульсов. Драйвер каждого канала состоит из транзистора T_3 , в цепи нагрузки которого стоит волоконно-оптический светодиод D_3 . Волоконно-оптический светодиод адаптирован под применение пластикового световода $\varnothing 2$ мм. Для питания драйвера дополнительно используется гальванический элемент такого же типа, что и основной, но меньшей емкости. Этот гальванический элемент подключен последовательно с основным. Общее напряжение питания драйвера составляет 7.2 В.

(б)

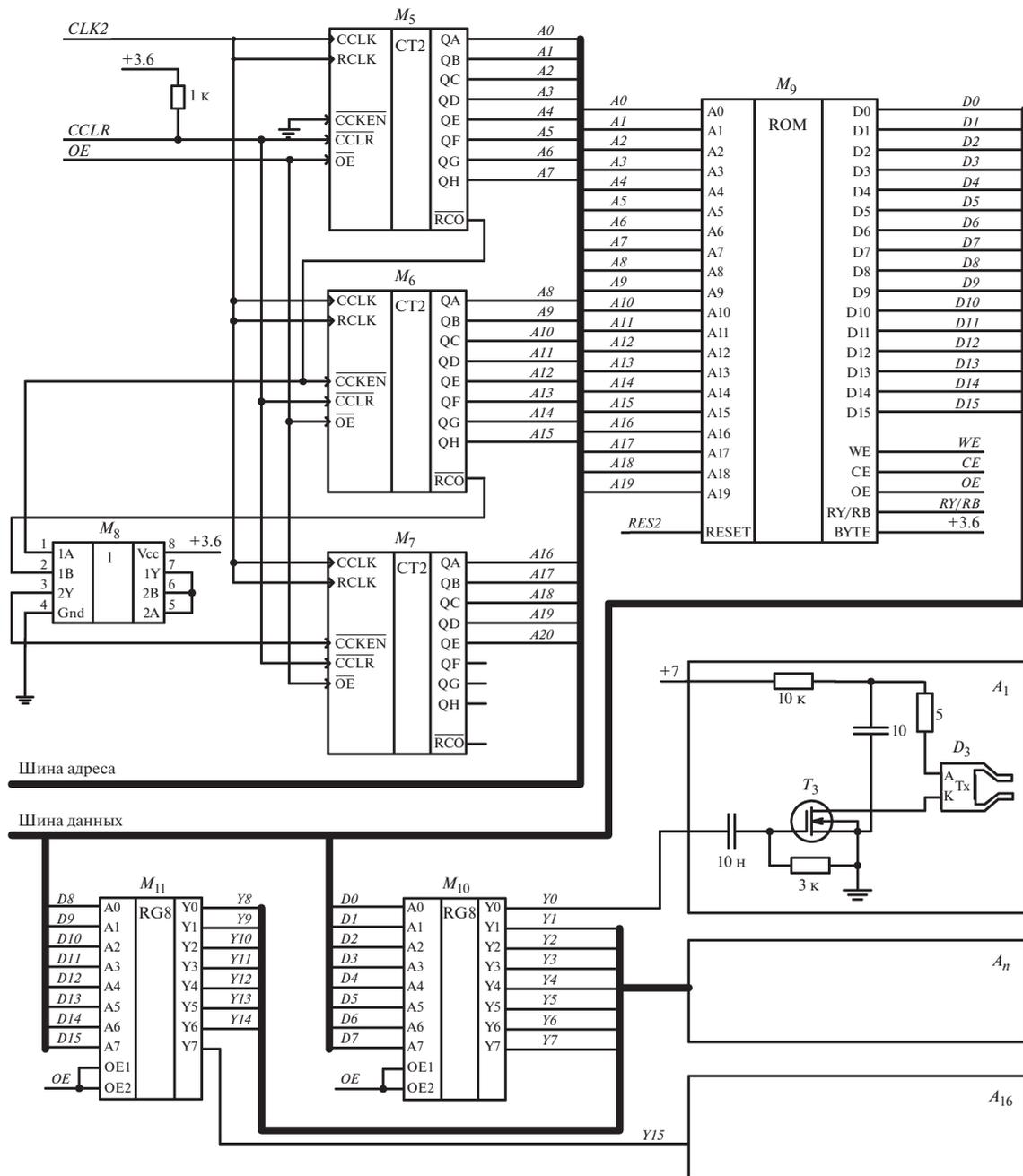


Рис. 1. Окончание

Для управления генератором синхроимпульсов используется микроконтроллер EFM32G280, (рис. 2), который способен принимать команды от управляющего компьютера, находясь в спящем режиме, потребляя при этом ток не более 3 мкА. Связь с компьютером осуществляется с помощью волоконно-оптической линии связи с использованием пластиковых световодов.

Микроконтроллер постоянно находится в спящем режиме. Для повышения надежности микроконтроллер периодически раз в минуту с помощью встроенного Watchdog-таймера перезапускает свою управляющую программу. Такой режим при любом сбое программы от наводок возвращает микроконтроллер к правильной работе. После перезапуска микроконтроллер пере-

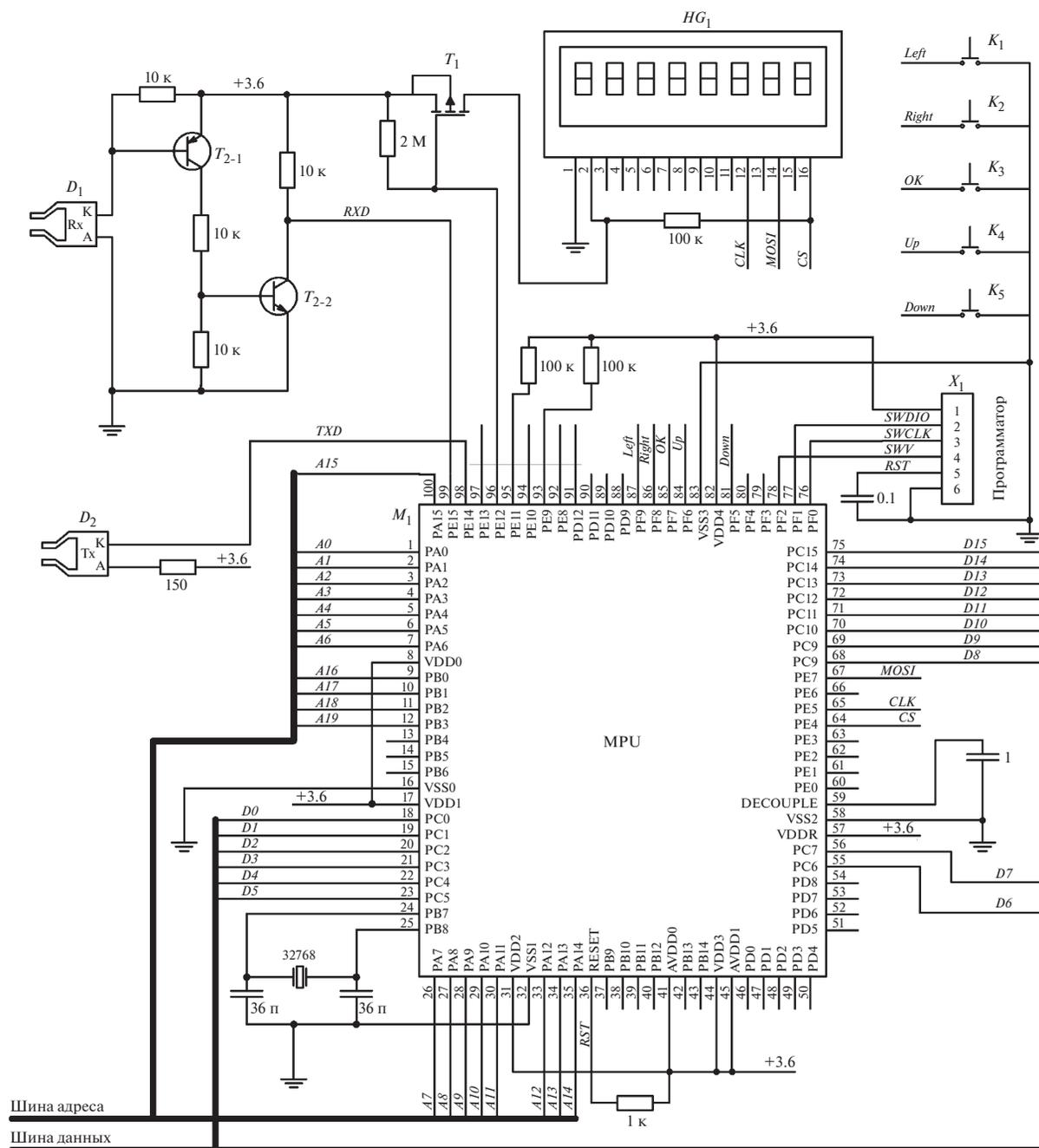


Рис. 2. Принципиальная схема системы управления. M_1 – EFM32G880, HG_1 – WEN001602CLPP5N0000; T_1 – IRLMS5703, T_2 – BC847BPN; D_1 – SFH250V, D_2 – SFH756V.

водит адресные линии и линии данных в Z-состояние, переустанавливает управляющие сигналы на п.з.у., выходном драйвере и переходит в спящий режим.

В этом режиме микроконтроллер никак не мешает работе генератора синхриимпульсов, который может вырабатывать синхриимпульсы, согласно записанной в п.з.у. программе, от кнопки ручного запуска или от входного синхриимпуль-

са. Выйти из спящего режима микроконтроллер может по команде от управляющего компьютера или при нажатии кнопки на пульте управления.

Изменить время задержек также можно с местного пульта управления. Пульт управления представляет собой блок из пяти кнопок (K_1 – K_5 на рис. 2). Микроконтроллер в спящем режиме проверяет состояние только одной из них – K_3 . При нажатии на нее микроконтроллер выходит из

спящего режима, подключается с помощью ключа на транзисторе T_1 OLED-дисплей и выводит на него информацию о времени задержки первого канала. С помощью пульта управления, так же как и с управляющего компьютера, можно посмотреть временные задержки по каждому из 16 каналов, поменять их при необходимости и записать новые данные в п.з.у. При длительной паузе при использовании пульта управления микроконтроллер опять переходит в спящий режим, выключая при этом OLED-дисплей.

Описанный генератор оптических синхроимпульсов прошел успешную апробацию при поли-

гонных взрывных экспериментах и при проведении экспериментов с электромагнитным ускорителем макротел при питании от секционного емкостного накопителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козлов А.В., Котов А.В., Петров А.В., Полищук В.П., Шурупов А.В.* // Труды X Всероссийской конференции по физической электронике (ФЭ-2018). Махачкала: Изд-во ДТУ, 2018. С. 148.
2. *Сурженко А.Б., Поляков А.Н.* // ПТЭ. 1996. № 4. С. 59