

нию сигнала со следующего канала). Также одной из особенностей МК 1986BE91T является наличие прямого доступа к памяти (ПДП), что позволяет сохранять результат работы АЦП в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) МК без вычислительных затрат МК. Таким образом, использование ПДП позволяет существенно разгрузить центральный процессор, не затрачивая вычислительные ресурсы на работу с АЦП. Последние преобразованные данные, находящиеся в ОЗУ, могут быть использованы функциями МК.

Таким образом, разработана схема АРТ с алгоритмом ПИД-регулирования отношением тока к напряжению, что способствует выработке управляющего воздействия одного процесса, учитывая состояние другого процесса. Также разработаны алгоритм и программное обеспечение АРТ для МК 1986BE91T.

Работа выполнена в рамках реализации Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218 и договора между АО «ИСС» и Минобрнауки РФ от 01.12.2015 г. № 02.G25.31.0182.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Osintsev A., Sobko A., Komnatnov M.* Temperature Controller for External Surface of Waveguide // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2016). – М., Russia, 2016. – PP. 1–4.

2. *Bertocco M., Cappellazzo S., Flammini A., Parvis M.* A multi-layer architecture for distributed data acquisition // Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2002. IMTC/2002. – 2002. – Vol. 2. – PP. 1261–1264.

3. *Astrom K.J., Hagglund T.* Advanced PID control // ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society. – 2006. – 460 p.

4. *Li Y., Ang K.H., Chong G.C.Y.* Patents, Software, and Hardware for PID-control // An overview and analysis of the current art. IEEE Control Systems Magazine, Feb. 2006. – PP. 41–54.

5. *Tajuddin M.F.N., Rahim N.A., Daut I., Ismail B., Mohammed M.F.* State Space Averaging Techn. of Power Converter with Digital PID Controller // TENCON–2009 IEEE Region 10. Conference. – 2009. – PP. 1–6.

6. *Jain R.V., Aware M.V., Junghare A.S.* Implementation of a PID control PWM Module on Altera DE0 Kit Using FPGA // Conf. on Control, Meas. and Instrum. (CMI). 2016 IEEE First International. – PP. 1–5.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ГРУППЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

А.В. Осинцев, А.А. Собко, магистранты;

М.Е. Комнатнов, ассистент каф. ТУ, к.т.н.

Томск, ТУСУР, каф. АОИ, каф. ТУ, kubenet@gmail.com

Современные радиотехнические средства состоят из большого количества электронных компонентов, одними из них являются мик-

роконтроллеры (МК). МК получили большое распространение за счет миниатюризации и наличия готовых программно-аппаратных средств. Использование группы МК позволяет расширить возможности и повысить вычислительную способность устройства, но при этом возникает задача синхронизации их работы. Одним из распространенных решений является использование общего тактового генератора для всей группы МК. Однако с увеличением количества МК качество тактовых импульсов может ухудшаться, не гарантируя синхронного выполнения кода во всех МК.

Цель данной работы – разработать программно-аппаратную систему синхронизации работы группы МК, состоящей из 4 и более МК.

Разработана система синхронизации для терморегулятора [1] (рис. 1). Её отличием является работа группы МК от часов реального времени (ЧРВ). Принцип работы основан на формировании синхроимпульсов для группы МК от ЧРВ. Если тактовая частота одного из группы МК отличается, то это не влияет на результат работы группы МК, поскольку каждый МК выполняет собственный подсчет принятых синхроимпульсов от ЧРВ. Например, если один МК работает на частоте 8 МГц, а другой МК на частоте 16 МГц, то срабатывает прерывание за один период времени, при этом значение счетчика для первого МК должно быть вдвое меньше, чем у второго. Это позволяет настроить определенный период срабатывания прерывания в группе МК.

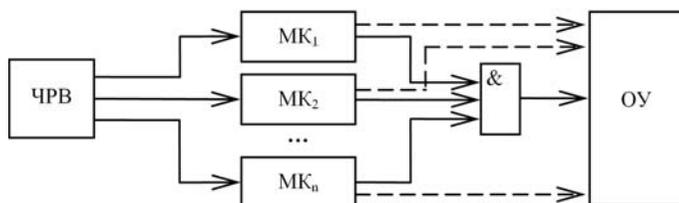


Рис. 1. Общая схема синхронизации МК

При достижении определенного значения счетчика подсчета импульсов (определяющего длительность периода) начинается выполнение «полезной работы». Однако сигнал подтверждения от логического элемента «И» поступит на объект управления (ОУ) только после того, как будут получены сигналы готовности от всех МК, принадлежащих группе.

Синхроимпульсы поступают в МК от прецизионной микросхемы ЧРВ DS3231, управляемой по интерфейсу I²C. Она представляет собой часовой термокомпенсированный кварцевый генератор, настроенный на частоту 32,768 кГц.

Предложенная система синхронизации применена в работе климатической экранированной ТЕМ-камеры [1–4] для эффективного управления температурой на поверхности ТЕМ-камеры. Управляющие сигналы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) рассчитываются четырьмя МК (ATmega2560) на плате терморегулятора. Это позволяет задавать температуру каждой стороны ТЕМ-камеры посредством множества датчиков температуры и обеспечивает своевременные переключения пяти фаз питания 60 элементов Пельтье (ЭП) [5]. Структурная схема платы терморегулятора (рис. 2) состоит из МК ATmega2560, ЭП, датчиков температуры и аппаратно-программных средств синхронизации (ЧРВ, логический элемент «И»).

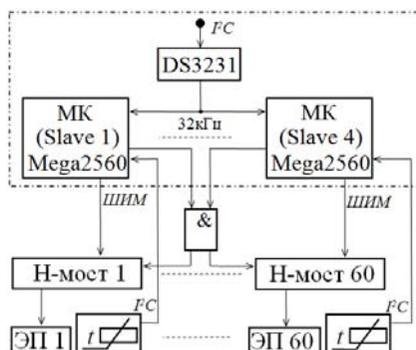


Рис. 2. Структурная схема синхронизации терморегулятора

Проверка работы синхронизации группы МК выполнена в программе Matlab Simulink. Построена модель схемы синхронизации терморегулятора (см. рис. 2) и выполнено её моделирование (рис. 3).

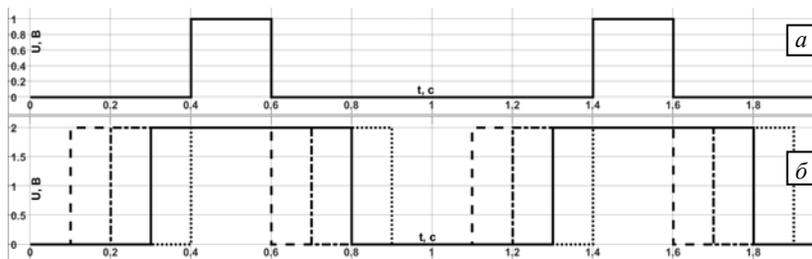


Рис. 3. Работа логического элемента «И» (а) и синхронная работа 4 ШИМ-каналов (б)

Из рис. 3 видно, что длительность каждого ШИМ-сигнала составляет 500 мс и зависит от конфигурации ШИМ-сигнала: частоты, скважности и времени между первым и последним ШИМ-сигналом.

Таким образом, разработан аппаратно-программный комплекс, способный решить задачу синхронизации группы из 4 и более МК. Синхронизация применена в схеме терморегулятора климатической экранированной ТЕМ-камеры.

Работа выполнена за счет проекта 8.9562.2017/БЧ Минобрнауки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Osintsev A., Sobko A., Komnatnov M.* Temperature Controller for External Surface of Waveguide // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON 2016). – Moscow, Russia, 2016. – PP. 1–4.

2. *Комнатнов М.Е., Собко А.А., Осинцев А.В.* Плата управления терморегулятором климатической экранированной ТЕМ-камеры // Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР–2016». – 2016. – С. 330–333.

3. *Осинцев А.В., Комнатнов М.Е., Собко А.А., Демаков А.В.* Пятифазная широтно-импульсная модуляция терморегулятора // Современные технологии в науке и образовании «СТНО–2016»: сб. тр. междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф.: в 4 т. – Т. 1 / под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Гос. радиотехн. ун-т, 2016. – С. 27–30.

4. *Osintsev A.V., Sobko A.A., Komnatnov M.E.* Software under control of a real-time operating system for environmental shielded TEM-chamber // 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. – 2016. – PP. 159–163.

5. *Осинцев А.В., Комнатнов М.Е., Собко А.А., Демаков А.В.* Пятифазная широтно-импульсная модуляция терморегулятора // Современные технологии в науке и образовании «СТНО–2016»: сб. тр. междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф.: в 4 т. – Т. 1. / под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Гос. радиотехн. ун-т, 2016. – С. 27–30.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ, ПОКРЫТОЙ ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПРОВОДНИКОМ

*И.Е. Сагиева, аспирантка каф. ТУ
Томск, ТУСУР, indira_sagieva@mail.ru*

Полосковые линии получили широкое распространение в качестве линий передачи быстродействующих сигналов. Одной из самых известных является микрополосковая линия передачи (МПЛ) [1]. Важной задачей является получение стабильных характеристик линий. В этой связи актуальна минимизация чувствительности характеристик линий к изменению их параметров. Поэтому предметом повышенного интереса становятся различные модификации МПЛ, на-