

механизма. При более быстром объекте управления у шаблона (1) наблюдается преимущество. Для медленных объектов введение звена запаздывания скорее повысит качество аппроксимации, чем порядок.

Результаты работы позволяют сделать некоторые выводы.

1. Вид передаточной функции аппроксимации для объектов управления, которые используют электрические приводы, определяется соотношением между динамикой исполнительного механизма и объекта. 2. Высокий диапазон регулирования не позволяет качественно настраивать регулятор по одной передаточной функции.

Список использованных источников

1. Иткина Д. М. Исполнительные устройства систем управления в химической и нефтехимической промышленности. М.: Химия, 1984. 232 с.

2. Control Valve Dynamic Performance Specification Published on Friday 02-10-2020
<https://www.industrialautomationindia.in/articleitm/10687/Control-Valve-Dynamic-Performance-Specification/articles> (accessed 25.03.2022).

3. Oliferovich N., Hryniuk D., I. Orobei. Harmonic identification of technological objects in real time // Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream): Open Conference, 2016, p. 1-4.

4. Oliferovich N., Hryniuk D., I. Orobei. The use of harmonic identification algorithms to air heat exchanger // Electrical Electronic and Information Sciences (eStream): Open Conference, 2017, p. 1-5.

5. Гринюк Д. А., Олиферович Н. М., Сухорукова И. Г., Оробей И. О. Моделирование и настройка систем с нелинейной динамикой // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2021. № 2 (248). С. 65–71.

УДК 004.031.6

А.И. Гумиров, А.А. Горшков, Р. Салихов
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева-КАИ
Казань, Россия

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММИРУЕМОГО ГЕНЕРАТОРА ПОЛИФОНИЧЕСКИХ ЗВУКОВ НА ПЛИС

Аннотация. В статье рассмотрены особенности проектирования встраиваемой системы в виде программируемого генератора полифонических

звуков на ПЛИС семейства Spartan-3A фирмы XILINX в среде САПР ISE Design Suite v14.7. Описываются этапы разработки как аппаратной, так и программной части проекта и приводится оценка аппаратных затрат.

A.I. Gumirov, A.A. Gorshkov, R. Salikhov

Kazan National Research Technical
University A. N. Tupolev-KAI
Kazan, Russia

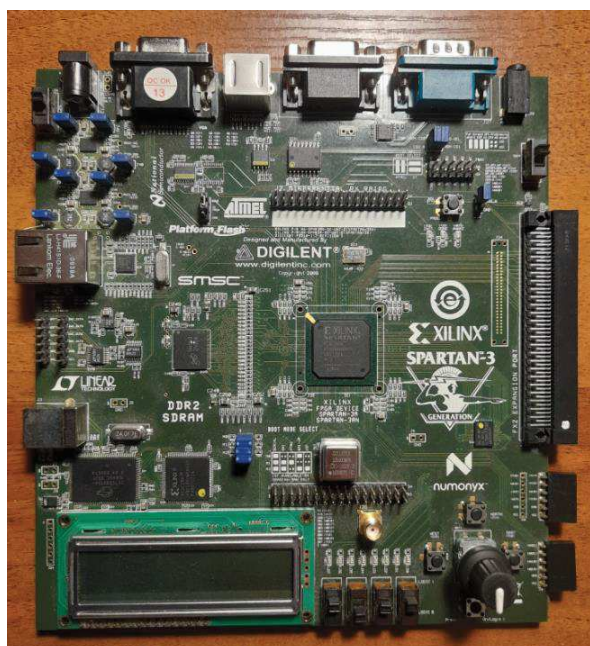
HARDWARE AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF A PROGRAMMABLE POLYPHONIC SOUND GENERATOR BASED ON FPGA

***Abstract.** The article discusses the features of the design of embedded system in the form of a programmable polyphonic sound generator based on XILINX Spartan-3A FPGA in the ISE Design Suite v14.7 CAD environment. The stages of development of both the hardware and software parts of the project are described and an estimate of hardware costs is given.*

Целью данной работы является схемотехническое проектирование и аппаратная реализация схемы программируемого генератора полифонических звуков на кристалле ПЛИС с применением современных методов автоматизированного проектирования. К решаемым в данной работе задачам можно отнести следующие:

- 1) выбор аппаратной платформы для реализации устройства;
- 2) разработка интерфейса взаимодействия с пользователем;
- 3) проектирование генератора полифонических звуков;
- 4) выбор системы команд, проектирование специализированного микроконтроллера и написание для него программы в машинном коде;
- 5) тестирование устройства и оценка аппаратных затрат.

В качестве аппаратной платформы для реализации устройства была выбрана отладочная плата стартового комплекта Spartan-3A Starter Kit [1] с кристаллом ПЛИС типа FPGA семейства Spartan-3A фирмы Xilinx (модель кристалла XC3S700AN [2]). Отладочная плата, используемый кристалл ПЛИС и сведения об основных его ресурсах показаны на рис. 1.



Ресурсы ПЛИС XC3S700AN	
Системные вентиля	700 К
Конфигурируемые логические блоки (КЛБ)	1472
Секции КЛБ	5888
Блочная память	360 К
Пользовательские вводы/выводы	372

Рис. 1 - Отладочная плата стартового комплекта Spartan-3AN Starter Kit (слева), кристалл ПЛИС типа FPGA XC3S700AN фирмы Xilinx и его аппаратные ресурсы (справа)

Программируемый генератор полифонических звуков рассчитан на воспроизведение 4 мелодий. Каждая мелодия представляет собой небольшую программу, состоящую из 160 строк, которые в процессе воспроизведения проигрываются равномерно с постоянной скоростью. Каждая строка состоит из 16 тонов: от ноты «до» первой октавы до ноты «ре» третьей октавы (рис. 2) [3].

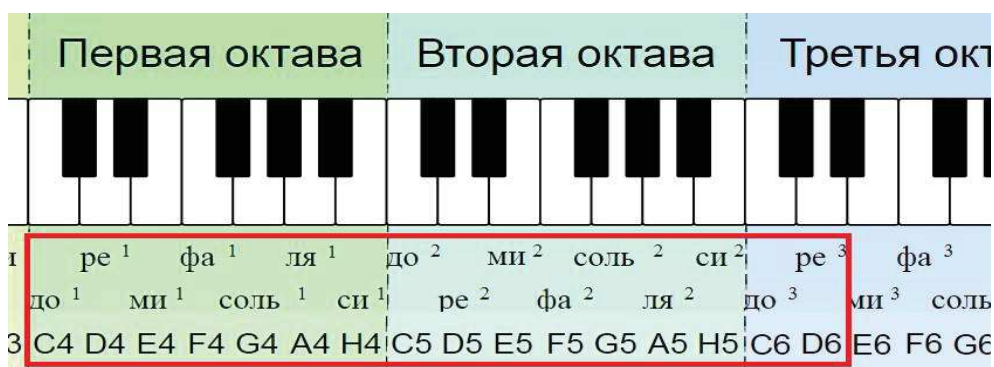


Рис. 2 - Диапазон проигрываемых нот

Управление генератором полифонических звуков осуществляется с помощью 4 ползунковых переключателей, расположенных на отладочной плате и пронумерованных слева направо в порядке SW3, SW2, SW1 и SW0 (рис. 3). Назначение данных переключателей следующее:

SW3 – включение/выключение генератора;

SW0 – режим выбора мелодии/ проигрывания мелодии;
 SW2 и SW1 – выбор одной из 4 записанных в память мелодий.

Для отображения информации пользователю в устройстве используется двухстрочный символьный жидкокристаллический дисплей и 8 светодиодов, которые имеются на отладочной плате (рис.1) [1]. На символьном дисплее отображаются экран приветствия, экран прощания, экраны выбора или проигрывания одной из 4 мелодий (рис. 3). В режиме выбора отображается номер и название выбранной мелодии, а в режиме проигрывания – номер выбранной мелодии и графическое отображение текущих проигрываемых нот. С помощью 8 светодиодов реализуется индикатор выполнения, который заполняется слева направо в процессе проигрывания мелодии. Пользователь имеет возможность прервать этот процесс в любой момент, вернувшись в режим выбора мелодии или выключив устройство с помощью ползунковых переключателей.

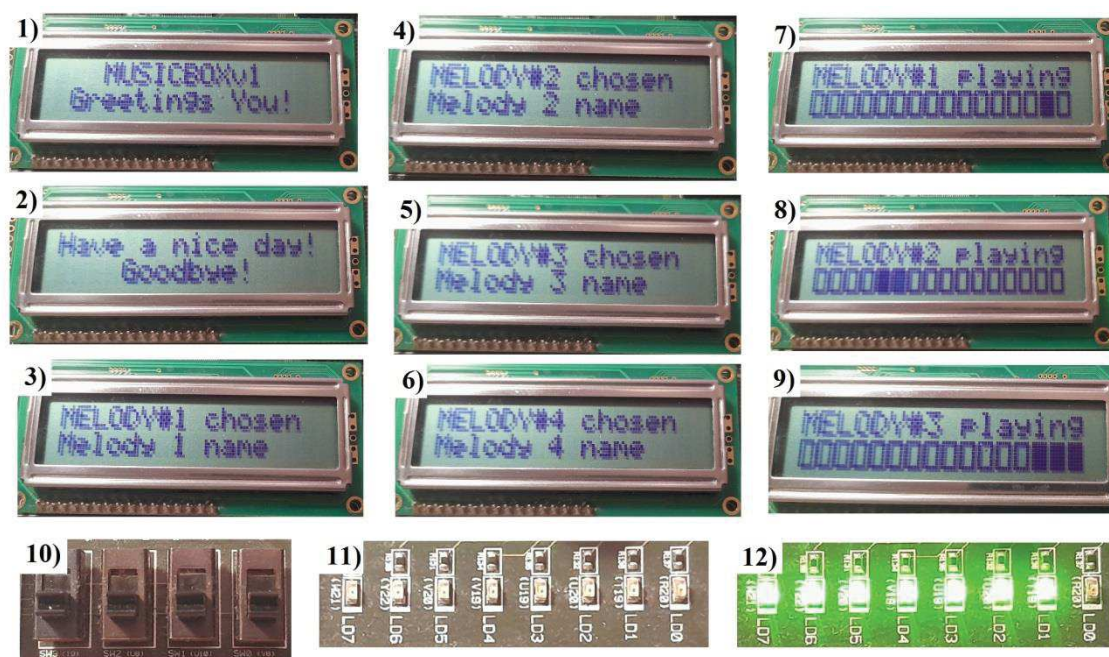


Рис. 3 - Пользовательский интерфейс генератора: 1) экран приветствия; 2) экран прощания; 3) экран выбора мелодии №1; 4) экран выбора мелодии №2; 5) экран выбора мелодии №3; 6) экран выбора мелодии №4; 7) экран проигрывания мелодии №1; 8) экран проигрывания мелодии №2; 9) экран проигрывания мелодии №3; 10) ползунковые переключатели; 11) индикатор выполнения из 8 светодиодов (неактивен); 12) индикатор выполнения из 8 светодиодов (активен)

Проектирование схемы генератора выполнено в САПР ISE Design Suite v14.7 (WebPACK). Используются различные приемы

проектирования: графическое описание схем, иерархическое описание схем, описание схем на языке описания аппаратуры VHDL, применяются IP блоки, а также сочетание схемотехнического проектирования и программирования в машинном коде.

Функциональная схема генератора представлена на рис. 4. Она состоит из микроконтроллера PMIC_v2, который управляет генератором звуков SOUND_GENERATOR. На входы схемы SW (7:0) и BTN_EAST поступает информация от ползунковых переключателей и кнопки сброса, на вход CLK_50MHZ – тактовый сигнал от кварцевого генератора. Выходы схемы LCD(10:0) связаны с контроллером символьного дисплея, LED(7:0) – со светодиодами индикатора выполнения, а выходы AUD_L и AUD_R служат для вывода звукового сигнала на разъем TRS 3,5 mm («мини-джек»), имеющийся на используемой отладочной плате, к которому подключаются динамики или наушники. Генератор звуков спроектирован с применением языка описания аппаратуры VHDL.

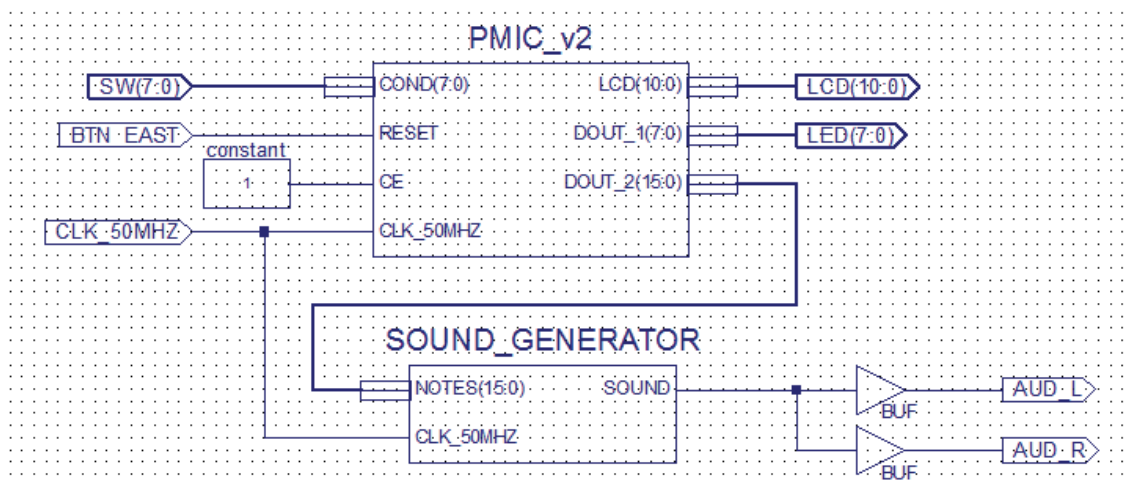


Рис. 4 - Функциональная схема программируемого генератора полифонических звуков

Функциональная схема специализированного микроконтроллера PMIC_v2 представлена на рис. 5. и состоит из процессора CPU_v2 и блока памяти ROM_1024x18, в котором хранится исполняемая программа в машинном коде. Процессор построен по архитектуре фон Неймана и описан на языке VHDL [4,5]. Он способен выполнять 15 различных команд, часть из которых выполняется с применением микрокода. Программа в двоичном коде хранится в блоке памяти ROM_1024x18, который представляет сконфигурированный в режиме ПЗУ аппаратный IP блок RAM16BWE с организацией памяти 1024 слова по 18 бит. Процессор по шине адреса ADDRESS_BUS (9:0) отправляет адрес следующей команды, а память по шине данных DATA_BUS (17:0) возвращает код команды с латентностью 1 такт.

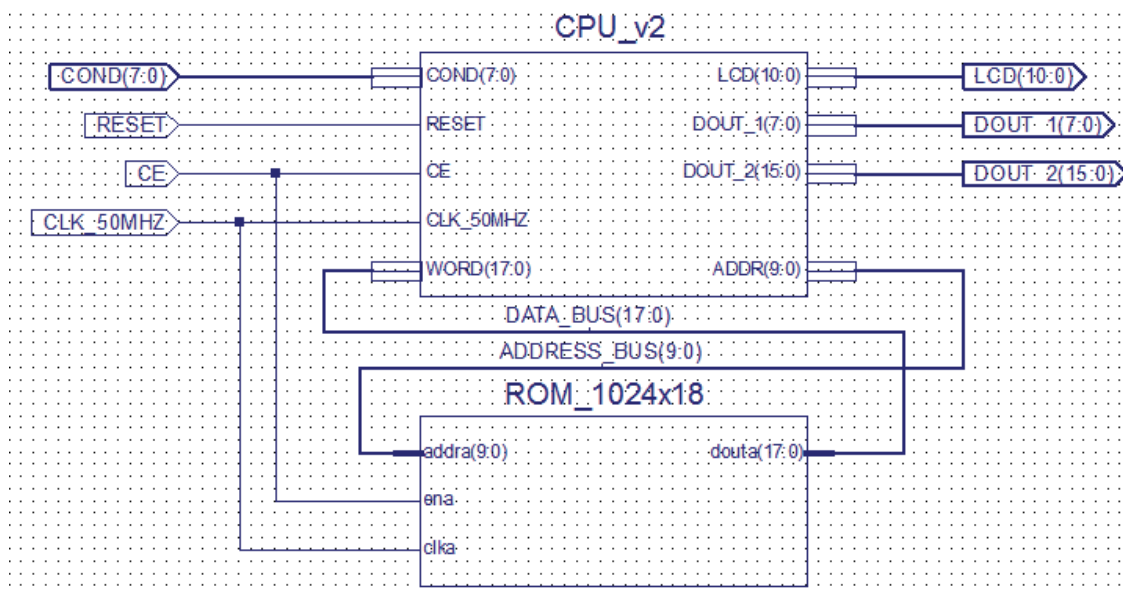


Рис. 5 - Функциональная схема специализированного микроконтроллера PMIC_v2

Результаты экспериментальных наблюдений показали, что схема программируемого генератора полифонических звуков функционирует исправно и надежно. Аппаратные затраты на её реализацию составили не более 5% от имеющихся логических ресурсов кристалла и ресурсов памяти, что свидетельствует об общей эффективности проектирования и открывает возможности для дальнейшего развития проекта.

Список использованных источников

1. Spartan-3A/3AN FPGA Starter Kit Board User Guide, UG334 (v1.1) June 19, 2008. [Электронный ресурс] URL: http://www.xilinx.com/support/documentation/boards_and_kits/ug334.pdf (дата обращения 10.03.2022).
2. Spartan-3 Generation FPGA User Guide, UG331 (v1.8) June 13, 2011. [Электронный ресурс] URL: http://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug331.pdf, (дата обращения 10.03.2022).
3. Октавная система // Википедия. [2022]. Дата обновления: 17.03.2022. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=1112628&oldid=120703128> (дата обращения: 17.03.2022).
4. Кистрин А.В. Проектирование цифровых устройств: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования / А.В. Кистрин, М.Б. Никифоров. – М.: Издательский центр «Академия», 2016.–288 с.

5. Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. / пер. с англ. Imagination Technologies. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 792 с.: цв. ил.

UDC 338.14:32(574)

Е.Е. Jolanov

M.Kh. Dulaty Taraz Regional University
Taraz, Kazakhstan

ECONOMIC SECURITY IN THE SYSTEM OF NATIONAL SECURITY OF THE STATE

***Abstract.** Economic security characterizes both the state of the respective nation and the state of its economic complex. This turns economic security into a relatively independent social phenomenon, which must be taken into account when the state leadership makes the most important socio-economic and military-political decisions to protect the state system and effectively.*

Е.Е. Джоланов

Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати
Тараз, Казахстан

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

***Аннотация.** Экономическая безопасность характеризует как состояние соответствующей нации, так и состояние ее хозяйственного комплекса. Это превращает экономическую безопасность в относительно самостоятельное социальное явление, учет которого совершенно необходим при принятии государственным руководством важнейших социально-экономических и военно-политических решений по защите государственного строя и эффективного обеспечения национальной безопасности страны.*

Economic security is traditionally regarded as the most important qualitative characteristic of the economic system, determining its ability to maintain normal living conditions of the population, sustainable provision of resources of the national economy, as well as the consistent implementation of national and state interests. The need to ensure economic security as an integral part of national security increases significantly in the conditions of the crisis phase of development. The inevitable economic and social costs of this phase largely deform the factors and criteria of security and at the same