|  |  |
| --- | --- |
|  | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

|  |  |
| --- | --- |
| ФАКУЛЬТЕТ | «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)» |
| КАФЕДРА | «Технологии приборостроения (РЛ6)» |

**РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К КУРСОВОЙ РАБОТЕ***

***НА ТЕМУ:***

*«Устройство программно-аппаратного синтеза звука»*

***ПО КУРСУ***

*«Цифровая электроника и микропроцессорная техника»*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент | РЛ6-71 |  |  |  | Г.С. Сарайкин |
|  | (группа) |  | (подпись, дата) |  | (И.О. Фамилия) |
| Руководитель курсового проекта |  |  |  |  | Д. А. Семеренко |
|  |  |  | (подпись, дата) |  | (И.О. Фамилия) |
|  |  |  |  |  |  |

*2024 г.*

Содержание

[Введение 3](#_Toc181908564)

[1 Глава 1 4](#_Toc181908565)

[2 Глава 2 8](#_Toc181908566)

[Список литературы 9](#_Toc181908567)

# Введение

Аппаратный синтез звука с программным управлением может применяться в устройствах тестирования звуковой аппаратуры и синтезаторах.

Формирование сигнала возможно с помощью специализированных микросхем или использования аппаратных возможностей цифровых вычислительных устройств.

В курсовой работе реализован синтез методами DDS и ШИМ, также реализован сэмплерный синтез. Синтез реализован аппаратно с программным управлением, что позволяет достичь управления тембром и громкостью каналов во времени.

Цель работы — разработать устройство, генерирующее звук при помощи сэмплерного синтеза, а также методами DDS и ШИМ.

Назначение устройства — генерация семи сигналов, которые впоследствии суммируются и подаются на звуковой разъём.

# 1 Глава 1

Стандартным методом формирования звуковых сигналов является использование ЦАПов с разнообразными устройствами, формирующими входящий в них поток цифровых данных.

Устройство генерирует звук следующими способами: внешние DDS-генераторы (синус, треугольная и квадратная волны), внутренние таймеры микроконтроллера, генерация ШИМ-сигнала (прямоугольная волна с изменяемым коэффициентом заполнения), внешний генератор шума (псевдо-белый шум), внутренние таймеры микроконтроллера в связке с внутренними ЦАПами (волновые таблицы и сэмплы). Эти сигналы проходят через программно управляемые аттенюаторы, что позволяет задавать уровень и огибающую громкости.

Метод синтеза DDS (англ. Direct Digital Synthesis, прямой цифровой синтез звука) заключается в формировании сигнала при помощи преобразования цифрового значения фазы в цифровые значения мгновенной амплитуды по определённому закону. Фаза задаётся при помощи регистра аккумулятора фазы, к значению в котором с каждым тактом системной частоты прибавляется значение регистра, хранящего текущую настройку частоты. Благодаря тому, что регистр фазы переполняется (при сложении разряд переполнения отбрасывается), достигается циклическое нарастание значения фазы в регистре. Это позволяет синтезировать повторяющуюся во времени волну, установив закон соответствия выходной амплитуды текущему значению фазы [1]. Обобщённая функциональная схема DDS-генератора представлена на Рисунке 1.

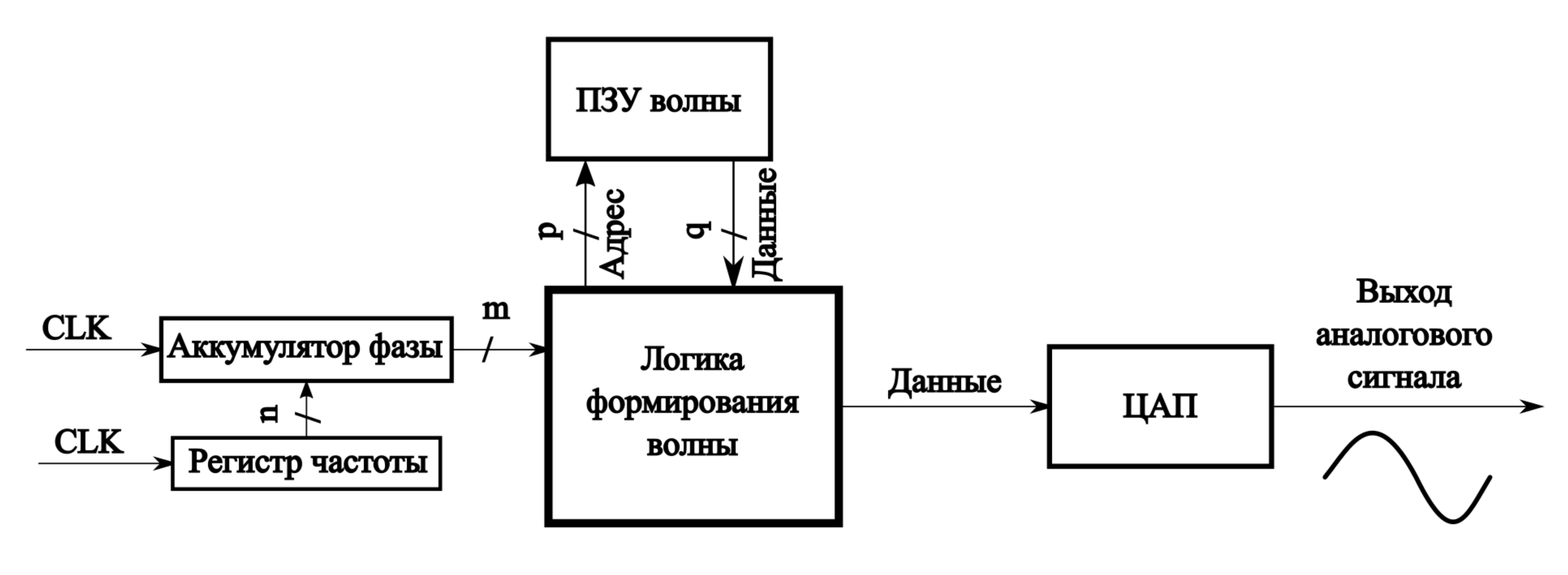


Рисунок 1 — Обобщённая функциональная схема DDS-генератора

Синтез ШИМ-сигнала при помощи таймера микроконтроллера заключается в создании выходного ШИМ-сигнала на основании текущих значений коэффициента заполнения и периода импульсов. Эти значения хранятся в регистрах таймера, реализованного внутри микроконтроллера. При изменении коэффициента заполнения меняется спектральный состав выходного сигнала. При частоте импульсов, попадающей в диапазон слышимости человека, изменение коэффициента заполнения воспринимается как изменение тембра звучания волны. Применение ШИМ-сигнала для синтеза используемых в электронной музыке звуков объясняется в [2]. Обобщённая функциональная схема ШИМ-генератора представлена на Рисунке 2.

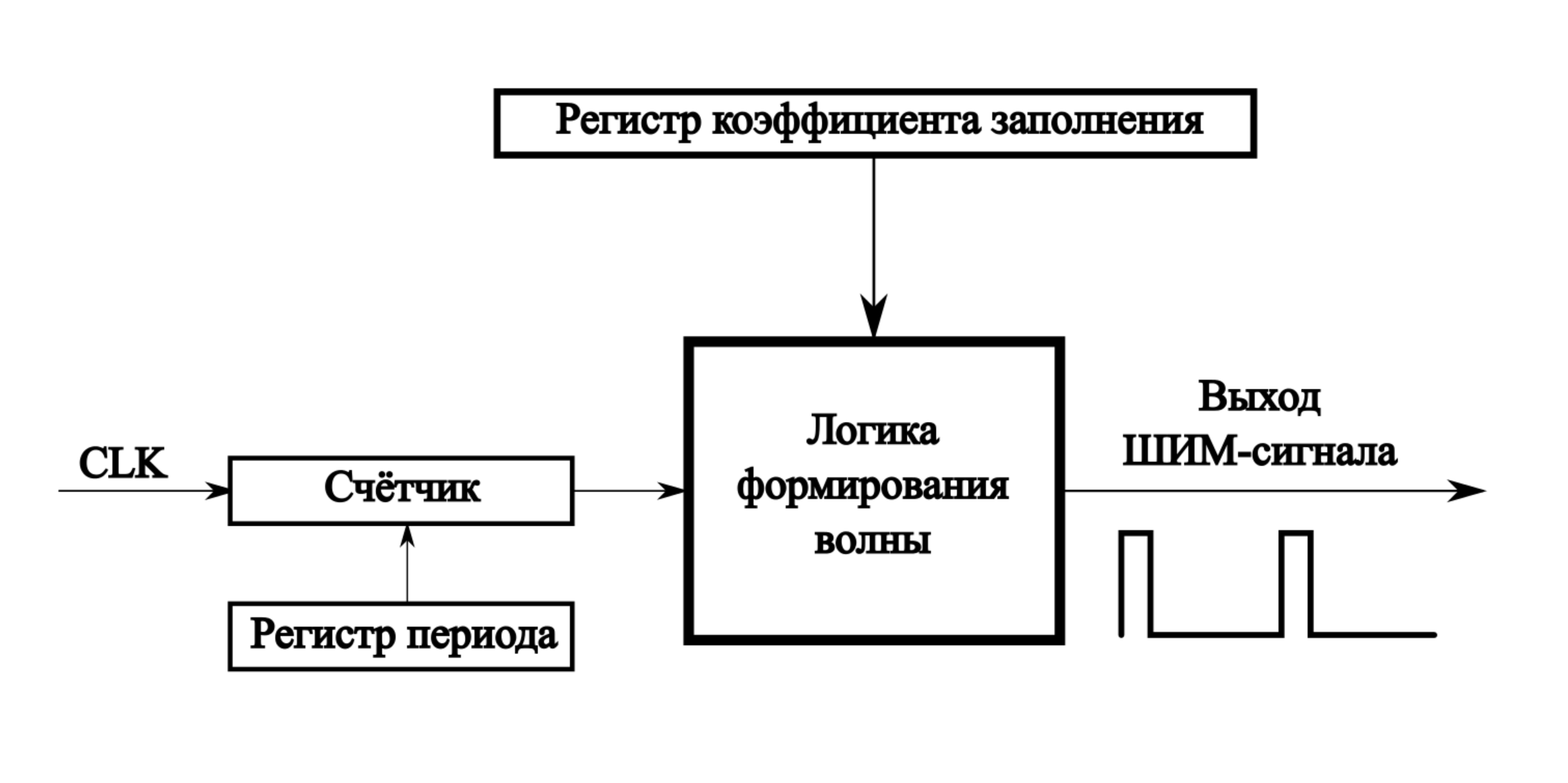


Рисунок 2 — Обобщённая функциональная схема синтезатора ШИМ-сигнала

Сэмплерный синтез заключается в воспроизведении при помощи ЦАПа хранимых в памяти наборов отсчётов оцифрованного звука, называемых сэмплами. Сэмпл можно воспроизвести целиком однократно, воспроизводить циклично целиком или проиграть часть сэмпла однократно, а оставшуюся часть циклично. Этот метод синтеза позволяет воспроизводить практически неограниченный набор звуков. Ограничениями метода являются глубина и частота дискретизации сэмплов и количество памяти, в которую записаны эти сэмплы [3].

Таблично-волновой синтез аналогичен сэмплерному синтезу за исключением того, что вместо сэмплов используются короткие наборы отсчётов (волновые таблицы), циклично воспроизводящиеся во времени. В результате получается волна, тембр которой можно менять, меняя эти наборы отсчётов [4].

Обобщённая функциональная схема сэмплерного/таблично-волнового синтезатора представлена на Рисунке 3.

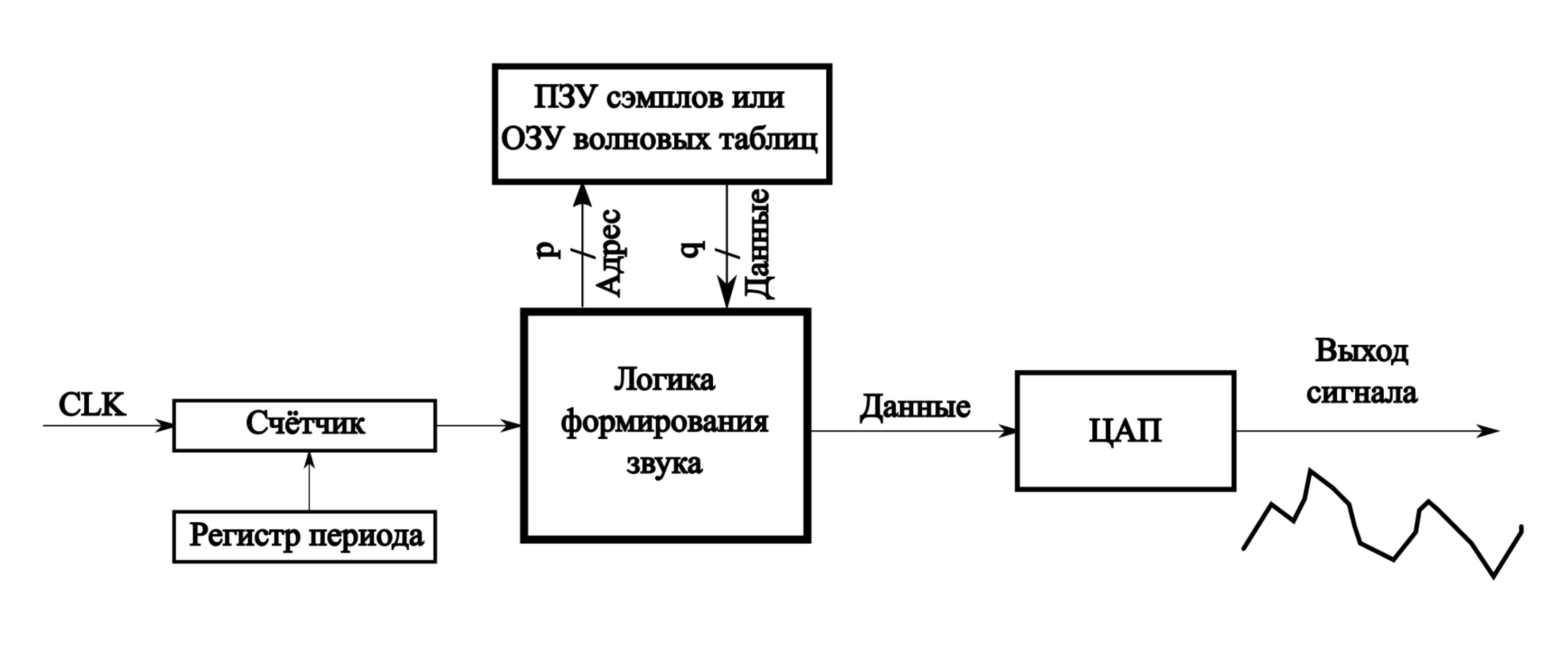


Рисунок 3 — Обобщённая функциональная схема сэмплерного/таблично-волнового синтезатора

Аналоги?

…

Сэмплы необходимо хранить во внутренней флэш-памяти микроконтроллера и во внутренней оперативной памяти. Волновые таблицы и последовательность команд изменения параметров синтеза необходимо хранить во внешней флэш-памяти, подключённой по последовательному интерфейсу передачи данных.

# 2 Глава 2

# Список литературы

[1] Kroupa V. F. Direct Digital Frequency Synthesizers. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1999. — 383 p.

[2] <https://www.soundonsound.com/techniques/synthesizing-strings-pwm-string-sounds> (дата обращения: 07.11.2024).

[3] Synthesizer Basics. The musician's reference for creating, performing, and recording electronic music. Milwaukee, WI: H. Leonard Books, 1988. — 129 p.

[4] Boulanger, Richard. The Audio Programming Book. / Richard Boulanger, Victor Lazzarini. — Cambridge: MIT Press, 2010. — 920 p.