|  |  |
| --- | --- |
|  | **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 Технология приборостроения (РЛ6)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К КУРСОВОЙ РАБОТЕ***

***НА ТЕМУ:***

***\_******\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Метроном \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Студент \_\_\_\_\_РЛ6-71\_\_\_\_\_\_ **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**Архипов Д.Ф.**\_\_\_\_\_**

(Группа) (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель курсовой работы **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**Семеренко Д.А**.\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2023 г.*

Оглавление

[Введение 2](#_Toc161094745)

[Глава 1. Обзор существующих решений 3](#_Toc161094746)

[Глава 2. Функциональная и принципиальная электрическая схемы устройства 5](#_Toc161094747)

[Глава 3. Алгоритм работы ПЛИС и описание основных узлов устройства 6](#_Toc161094748)

[Заключение 7](#_Toc161094749)

# Введение

В данной работе была поставлена задача по реализации метронома - устройства задания ритма. Изменение такта осуществляется по протоколу UART через программу для компьютера, а также с помощью кнопок.

Метроном может использоваться в различных сферах, например:

1. В музыке: Метроном применяется в музыке для указания темпа и счета, помогая музыкантам играть в правильном ритме и скорости.
2. Лабораторные исследования: в некоторых случаях метроном применяется в лабораторных исследованиях для синхронизации действий или измерения времени

Цифровые метрономы имеют нерешаемую проблему – точность установки ритма ограничена тактовой частотой устройства. Например, на частоте 50 МГц точность установки ритма равна 0.2 нс, и при количестве ударов в минуту равным 45, потребуется 66666666.(6) отсчетов, хотя в большинстве случаев такая точность избыточна и позволяет решить широкий спектр задач начиная от точного отсчета времени, заканчивая помощью музыканту.

В курсовой работе необходимо решить следующие задачи и проблемы:

1. реализация изменения ритма на 1, 5, 10 ударов в минуту.
2. реализация изменения ритма по протоколу последовательной передачи данных.

# Глава 1. Обзор существующих решений

Метрономы по реализации можно разделить на три типа:

1. Механический метроном работает по принципу маятника. В действие метроном приводит пружина в корпусе, которая предварительно заводится. Настройка темпа осуществляется изменением высоты груза маятника. Обычно настройки темпа механического метронома варьируются от 40 до 208 ударов в минуту.

2. Электронные метрономы работают на основе электронных компонентов, таких как кварцевые кристаллы, микроконтроллеры и динамики. Обычно настройки темпа электрического метронома варьируются от 30 до 280 ударов в минуту.

3. Программные метрономы реализуются на языках программирования, имеют больший диапазон ударов в минуту и простую реализацию размера такта.

Принцип работы программного метронома:

Примем минимально допустимым ритмом на частоте МГц удар в минуту. Тогда нам потребуется отсчетов на заданной частоте, где

В данном случае для хранения понадобится 34-битный регистр.

Для нахождения нужного при любом требуется поделить на

Например, для

Т. к. в ПЛИС можно хранить как целые числа, так и числа с плавающей точкой выбор метода хранения зависит от поставленной задачи. Для оптимизации занимаемого места и производительности и учитывая небольшую потерю точности на частоте 200 МГц (5 нс) будем производить целочисленное деление:

Когда 34-битный счетчик достигает установленного значения , можно говорить о том, что произошел "удар".

# Глава 2. Функциональная и принципиальная электрическая схемы устройства

По протоколу UART с компьютера передается управляющая команда для динамического изменения количества ударов в минуту, а с кнопок ПЛИС для фиксированного. Модуль Debouncer исключает дребезг контактов. Модуль UartBpm декодирует входное сообщение и формирует управляющий сигнал uart\_bpm (количество ударов в минуту). Модуль Metronome формирует на выходе сигнал trigger, являющийся "ударом" и bpm\_count (установленное количество ударов в минуту) в зависимости от входных параметров, которые используются модулем Display для отображения текущего ритма и индикации ударов на ССИ и светодиодах соответственно.

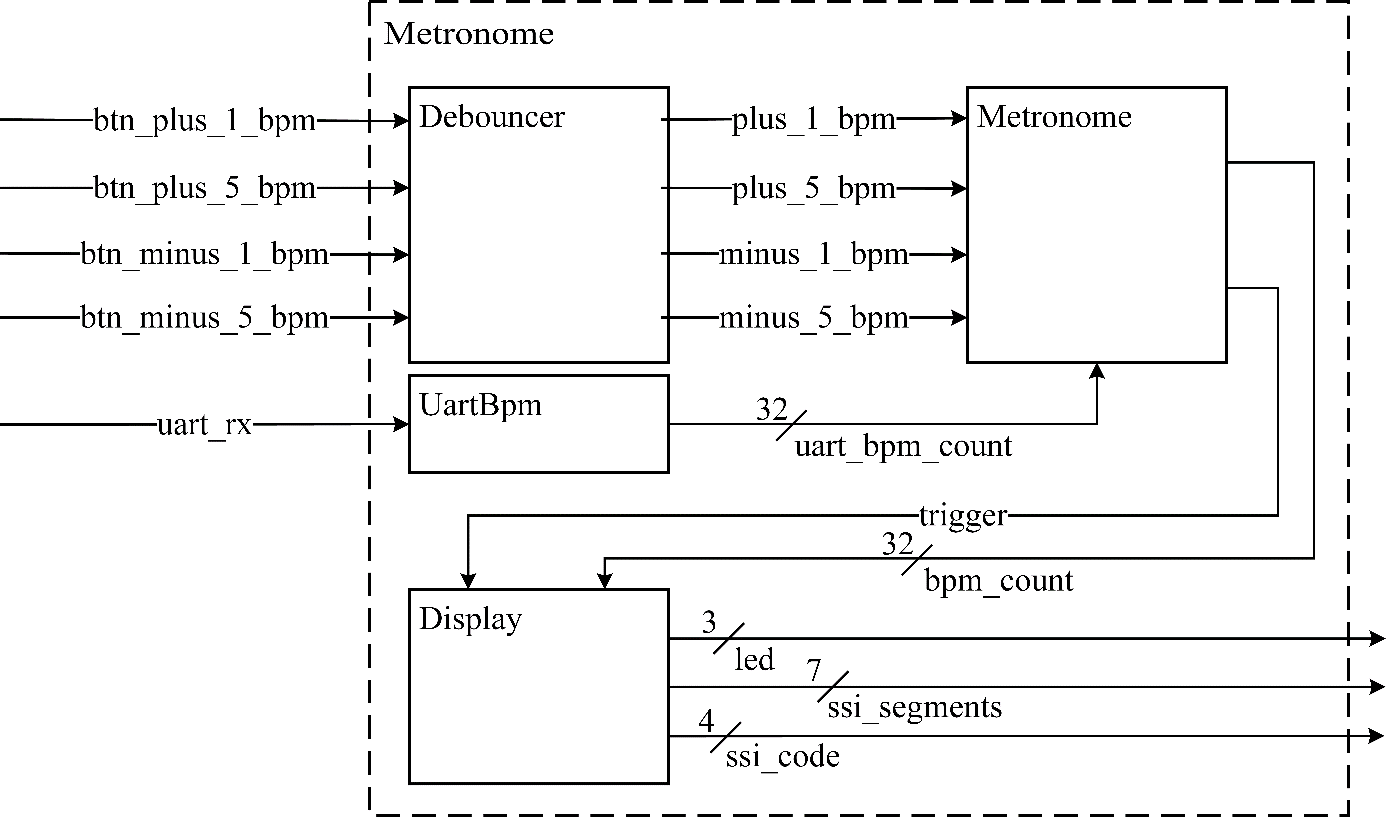


Рис. 1 – Функциональная схема устройства

Рис. 2 – Принципиальная электрическая схема устройства

# Глава 3. Алгоритм работы ПЛИС и описание основных узлов устройства

1. Модуль UartRx, предназначен для приема данных по протоколу UART на скорости 115200 бод. На вход приходит команда по линии uartRx и декодируется в управляющий сигналов bpm\_count (ритм).

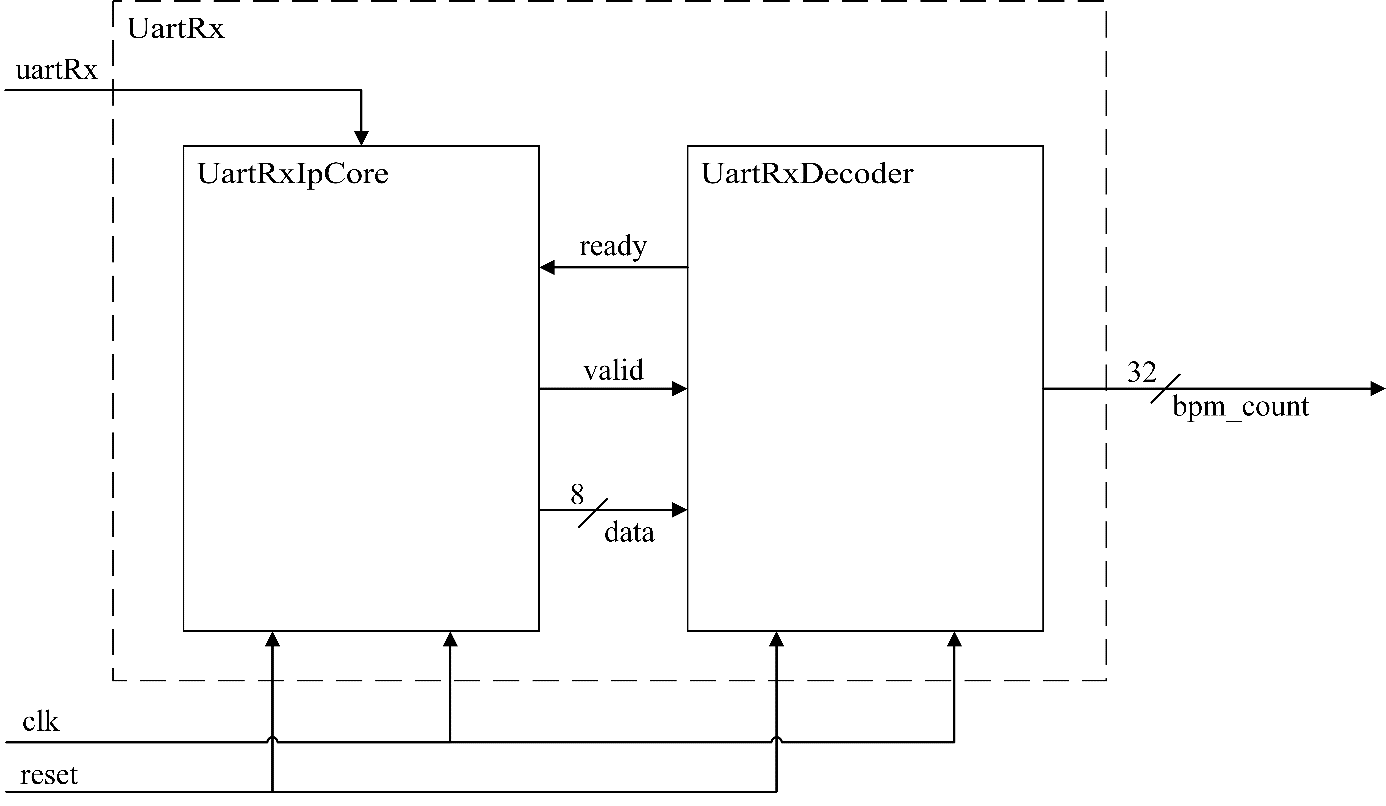


Рис. 3 – Функциональная схема модуля UartTx

Структура управляющей команды:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Бит | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Сообщение | SOM (start of message) | | | | | | | |
|  |  | | |  | |  | |  |
| Бит | 9 – 40 | | | | | | | |
| Сообщение | bpmCount | | | | | | | |
|  |  | | | | | | | |
| Бит | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 |
| Сообщение | EOM (end of message) | | | | | | | |

Кодограмма управляющей команды:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Имя | Принимаемые значения | Назначение |
| SOM  (start of message) | ASCII – 's'  Binary – 0b01110011 | Индикатор начала сообщения |
| bpmCount | 0..232 | Настройка ритма |
| EOM  (end of message) | ASCII – 'e'  Binary – 0b01100101 | Индикатор конца сообщения |

1. В модуль Metronome, поступает новое значение ударов в минуту bpmCount.

**Описание подмодулей:**

* подмодуль Debouncer выделяет переход сигнала кнопки с нуля в единицу, поднимает флаг нажатия и ждет 0.1 секунду перед принятием следующего нажатия.
* подмодуль Metronome содержит несколько регистров:

1. счетчик, считающий количество тактов (время) до "удара";
2. регистр хранения количества ударов в минуту;
3. регистр, хранящий значение счетчика, соответствующее временному отсчету ритма. Вычисляется путем деления числа , соответствующего временному отсчету одного удару в минуту на текущее значение ударов в минуту.

* подмодуль Display, выводит текущее количество ударов в минуту на:

1. Светодиоды. Первый светодиод служит для индикации количества ударов в минуту (время горения 0.1 с). Второй загорается при достижении шестисот ударов в минуту и сообщает о том, что первый светодиод не может переключаться быстрее (600 ударов в минуту – 1 удар каждую 0.1 секунду). Третий светодиод загорается при количестве ударов в минуту больше либо равным 9999, т. к. больше нет семисегментных индикаторов для отображения большего числа;
2. 4 семисегментных индикатора. Из 32-битного регистра, хранящего количество ударов в минуту, выделяется количество единиц, десятков, сотен и тысяч с помощью трех последовательно соединенных делителей на 10 и подаются на декодеры из двоичного кода в код нужных сегментов ССИ. Так же с частотой ~60 Гц происходит динамическая индикация – переключение работающего ССИ.

# Заключение

В данной работе был реализован метроном, работающий на частоте 200 МГц и обеспечивающий точность установки ритма 5 нс через программу на компьютере, а также кнопками на плате.