

Игра “Сапер” на телевизоре

Выполнил Ермолов Дмитрий, группа Б01-206.

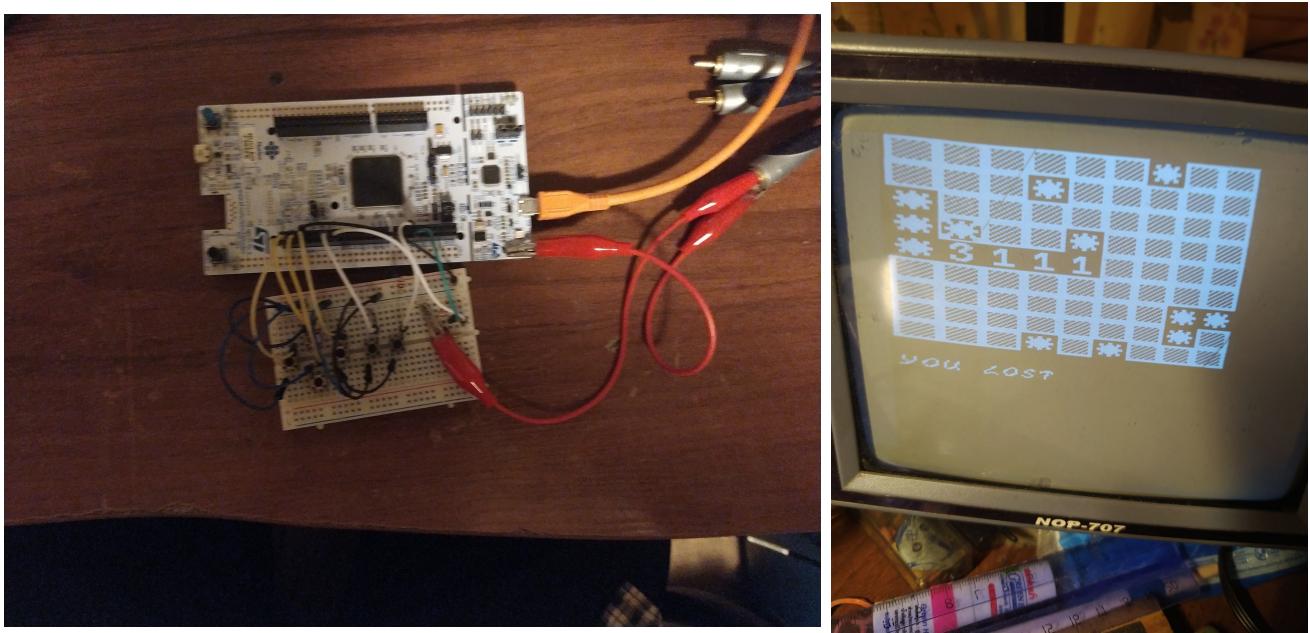
1 Цель работы

Организовать отображение монохромного изображения на телевизоре по протоколу композитного видео. Написать движок игры “Сапер”, подключить кнопочное управление и выводить игру на телевизор.

2 Использованные компоненты

- Отладочная плата **NUCLEO-F303ZE** на базе микроконтроллера **STM32F303ZET6**;
- Макетная плата;
- Резисторы различных номиналов;
- Шесть кнопок для управления.

3 Техническое описание



Для генерации монохромного композитного видеосигнала используется SPI, DMA и один из таймеров микроконтроллера. Таймер настроен на генерацию прерывания каждую строчку кадра. В прерывании таймера производятся определенная генерация сигналов для вертикальной и горизонтальной синхронизации изображения. Далее триггерится DMA для отправки строчки. SPI настроен в режиме *Transmit only*, DMA - *Memory-to-Peripheral*. Для генерации сигналов синхронизации используется один из pinов МК, настроенный в высокоскоростной режим. Pin MOSI и pin синхронизации подключаются через резисторный делитель, чтобы они выдавали сигнал по вольтажу согласно спецификации композитного видео - для белого 1 В, для черного 0.3 В, для цвета "чнее черного"(используется для синхронизации) 0 В. Сигнал с делителя подается на кабель и передается на видеовход телевизора.

Для управления в игре используются 6 кнопок – 4 для управления курсором и две для установки флагжков и открытия клеток. Обработка нажатий осуществляется через внешние прерывания контроллером EXTI. Пины настроены с подтяжкой к 3.3 В. Каждая кнопка соединена с землей. При замыкании кнопки срабатывает прерывание, которое после обработки блокируется на 200 мс, чтобы избежать повторных нажатий из-за дребезга.

Игра соответствует классическому “Саперу”. На поле размером 9 на 9 клеток расположено определенное количество бомб, которые расставлены случайным образом. Игрок может открывать клетки – если под этой клеткой находилась бомба, то игрок проигрывает. У каждой клетки отображается количество бомб вокруг нее. Согласуясь с расположением открытых клеток и подписанным количеством бомб вокруг каждой бомбы игрок может расставлять флагжи, чтобы случайно не открыть клетку с бомбой и открывать большие куски поля – из-за расстановки флагжков понятно, какие клетки можно открыть автоматически. В случае выигрыша появляется надпись выигрыша. По завершению игры игрок может нажать кнопку открытия клетки, чтобы начать новую игры.

Код проекта написан на Си. Для работы с периферией используется библиотека CMSIS. SYSCLK настроен на частоту 72 МГц, используется внешний кварц.

4 Итоги и возможные улучшения

В итоге была построена максимально простая и стабильная система вывода изображения на телевизор через композитное видео без использования внешних микросхем или программируемой логики. Система вывода изображения была применена для практической цели – классической 2D игры “Сапер”. Благодаря использованию таймеров и DMA удалось значительно разгрузить вычислительное ядро МК, что позволило быстро выполнять логику игры.

Если посмотреть изображение, можно заметить, что ячейки прямоугольные, хотя их размер в пикселях 16 на 16. Это связано с тем, что использованная скорость SPI была неподходящей для вывода квадратных пикселей. Избавиться от такого эффекта можно, если использовать другую частоту шины, чтобы можно было добиться корректной скорости. Однако установить другой кварц в отладочную плату или настроить множители не представлялось возможным – подходящего резонатора не было, а для получения нужной частоты требовалось сильно уменьшить частоту процессора, из-за чего игра сильно тормозила.

Если очень близко рассматривать генерируемое изображение, можно заметить, что есть небольшие сдвиги линий относительно друг друга. Это связано с небольшими задержками начала отправки данных. К сожалению это вряд ли можно исправить программно – использована максимальная частота МК. В качестве альтернативы можно предложить использование МК с более высокой тактовой частотой, либо применение внешних микросхем или программируемой логики, что достаточно накладно с практической точки зрения. Часть таких смещений удалось убрать, воспользовавшись разъемом – плохой контакт может приводить к деформации картинки.

Для отображения изображения использована схема с одним буфером кадра. Эта схема вполне позитивна для реализованной игры – нет анимаций, картинка статично и меняется резко. При возможных улучшениях движка стоит задуматься о двойной буферизации. Однако небольшой объем оперативной памяти в 64 Кб может ограничить реализацию анимаций и двойной буферизации.

В целом проект обладает огромным потенциалом для дальнейших улучшений.