

Construção de Sistemas Digitais - Trabalho 3

Introdução

O terceiro trabalho da disciplina consiste na implementação de um video game prototipado em FPGA, utilizando a saída de vídeo VGA. Os botões momentâneos (push buttons) da placa serão utilizados como dispositivo de entrada. Alternativamente, a entrada para controle do jogo poderá ser realizada por um teclado conectado à porta USB, utilizando-se o trabalho anterior como referência. O adaptador gráfico está integrado à plataforma HF-RISC, sendo fornecido um driver, uma biblioteca gráfica e exemplos.

São oferecidos diversos recursos a serem utilizados como referência para o desenvolvimento do trabalho (repositório do HF-RISC¹), que consiste em uma aplicação (jogo) a ser implementada em linguagem C, compreendendo operações sobre o vídeo, movimento de objetos, detecção de colisão, sistema de pontuação e controle. Entre os recursos, está um projeto de hardware do video game que utiliza um processador, memórias, periféricos, um adaptador gráfico VGA e um kit para o desenvolvimento de software.

Prototipação

A prototipação do projeto de referência pode ser realizada incluindo-se os seguintes arquivos em um projeto no Vivado:

- hf-risc/riscv/core_rv32e/*
- hf-risc/riscv/platform/rams/boot_ram_50mhz.vhd
- hf-risc/riscv/platform/rams/ram.vhd
- hf-risc/devices/peripherals/basic_soc.vhd
- hf-risc/devices/controllers/uart/uart.vhd
- hf-risc/devices/controllers/vga_controller/*
- hf-risc/riscv/platform/artix7_nexysA7/artix7_nexysA7_basic_soc_vga.vhd (top level)

¹<https://github.com/sjohann81/hf-risc>

- hf-risc/riscv/platform/artix7_nexysA7/artix7_nexysa7_basic_soc_vga.xdc

O projeto de referência já inclui todos os recursos de hardware necessários para o desenvolvimento.

Aplicações de referência, drivers e adaptador gráfico

Juntamente com a plataforma de hardware, são fornecidos os seguintes recursos, presentes no diretório *hf-risc/software/app/vga*:

- Driver / GDI - (arquivos *vga_drv.h*, *vga_drv.c* e *IBM_VGA_8x8.h*);
- VGA Demo (arquivo *vga_demo.c*);
- VGA Cube (arquivo *vga_cube.c*);
- VGA Ball (arquivo *vga_ball.c*);
- VGA Sprite (arquivo *vga_sprite.c*);

O primeiro exemplo ilustra todas as funções do driver e GDI (Graphics Display Interface). O segundo exemplo ilustra o uso de processamento em 3D e o terceiro exemplo mostra um exemplo de jogo, contendo uma bola, objetos, detecção de colisão e controles dos botões. O último exemplo apresenta uma forma de contruir um jogo utilizando *sprites*. Os exemplos podem ser compilados com o comando *make nome_exemplo F_CLK=50000000*, e carregados para a placa FPGA com o comando *sudo make load SERIAL_DEV=/dev/tty USB1*. Antes de carregar a aplicação, recomenda-se que em um terminal seja utilizado para depuração, sendo que sua aplicação poderá utilizar comandos de impressão. Utilize o comando *sudo make debug SERIAL_DEV=/dev/tty USB1* para isso. Se nada aparecer no terminal, programe a placa e pressione o botão CPU RESET (deverá aparecer uma mensagem do *bootloader*).

O hardware gráfico possui uma série de limitações, sendo que o adaptador gera um sinal VGA padrão, com resolução de 640x480 pixels compatível com qualquer monitor LCD ou CRT. Em função das limitações na plataforma de prototipação, e escolha deliberada de uma pequena memória de vídeo de 32KB, a resolução do adaptador é de apenas 300x218 pixels com 16 cores (4 bits por pixel). Toda a renderização de objetos é realizada por software, portanto será necessário cuidado ao atualizar os objetos para minimizar o número de pixels a serem modificados, com o objetivo de se obter um desempenho aceitável no jogo. A memória de vídeo é uma memória de porta simples, sendo seu acesso multiplexado pelo controlador gráfico e a CPU².

²A CPU acessa a memória gráfica apenas quando pixels não estiverem sendo apresentados no display, durante a sincronização vertical e horizontal.

O jogo

O jogo a ser desenvolvido é um clone do clássico Space Invaders³, que consiste tentar proteger sua base de um conjunto de inimigos. Para isso, o jogador deverá tentar eliminar os inimigos atirando de um canhão. Os inimigos também irão atirar e deslocarem-se em direção ao jogador, com uma cadência cada vez mais rápida. Existem diversas versões para esse jogo, sendo recomendado consultar as informações⁴ sobre a pontuação, os tipos de inimigos, e outras questões para que o seu jogo seja uma versão semelhante. O exemplo no site⁵ permite jogar o jogo para se ter uma ideia do seu funcionamento, e no vídeo⁶ o jogo é apresentado.

Você pode organizar o seu sistema de cores e apresentação geral do jogo, as regras de pontuação e sua apresentação, tamanho dos inimigos e do seu canhão, velocidade e progressão da mesma com relação aos inimigos, entre outros aspectos. Recomenda-se utilizar *sprites* com o tamanho pequeno, como apresentado no exemplo *vga_sprite.c* (com exceção da nave mistério, canhão e explosões, que podem ser um pouco maior). As proteções da base (escudos) podem ser maiores, pois são objetos estáticos e não comprometerão o processamento. Abaixo são apresentados *sprites* que podem ser usados como referência para a construção dos inimigos no seu jogo. Anexo ao enunciado, são apresentados os *sprites* sugeridos a serem utilizados no jogo, pois foram baseados da versão arcade.

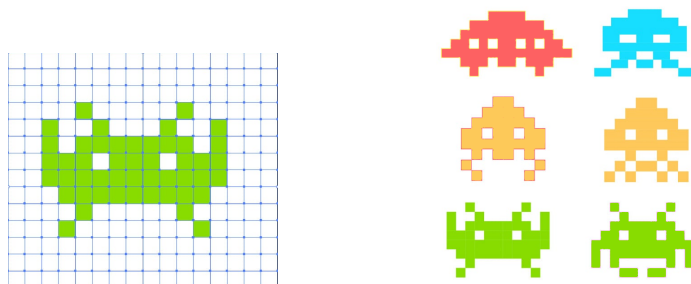


Figura 1: Exemplos da construção de sprites

³https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Invaders

⁴<https://www.classicgaming.cc/classics/space-invaders/play-guide>

⁵https://www.retrogames.cz/play_016-Atari2600.php

⁶<https://www.youtube.com/watch?v=aj43i9Az4PY>

Avaliação

Os seguintes critérios de avaliação serão utilizados:

1. Organização, modularidade e comentários no código: 4 pontos
2. Funcionamento e elaboração do jogo (movimentação, detecção de colisão, pontuação, aparência, jogabilidade): 6 pontos

Este trabalho deverá ser realizado em duplas ou trios e apresentado no dia 06/12 (apresentação em torno de 5 a 10 minutos). Para a entrega, é esperado que apenas um dos integrantes envie pelo Moodle, até a data e hora especificadas, um arquivo *.tar.gz* ou *.zip* do projeto desenvolvido.

Anexo: assets para uso no desenvolvimento

Os *sprites* foram construídos com base na versão arcade do jogo. Você pode utilizar os mesmos, definir as cores ou criar os próprios para o seu jogo.



Figura 2: Invasor tipo 1, 8x8px, 30 pontos



Figura 3: Invasor tipo 2, 11x8px, 20 pontos



Figura 4: Invasor tipo 3, 12x8px, 10 pontos



(a) Nave
16x7px



(b) Explosão de inva-
res, 13x7px



(c) Explosão do jogador,
15x8px



(a) Jogador, 13x8px



(b) Escudo, 22x16px