Relatório – Entrega Final Projeto 1 – Relógio

Alunos: Ana Carolina Souza e João Pedro Farias

A arquitetura do projeto é Registrador-Memoria, de acordo com as especificações do projeto. A conexão dos periféricos é parecida ao esquema mostrado na aula 8, porém com o processador funcionando com um banco de registradores no lugar do acumulador, de acordo com a necessidade da arquitetura.

O projeto conta com 16 instruções: as 11 vistas em aula, o ANDI que foi adicionado na entrega intermediária e 4 novas instruções: CGT (Compare Greater Than), JGT (Jump Greater Than), ADDI (soma com imediato) e SUBI (subtração com o imediato).

A sintaxe de CGT em assembly pede um endereço da memória na primeira posição (@4) e um registrador (R0) para efetuar a comparação. JGT requere algo parecido, com o endereço a ser saltado no código, porém a segunda posição do registrador é desnecessária.

Para ADDI e SUBI, a primeira posição pede o número que será somado ou subtraído ($1) e o registrador que contêm o valor a ser operacionalizado e o resultado armazenado (R1).

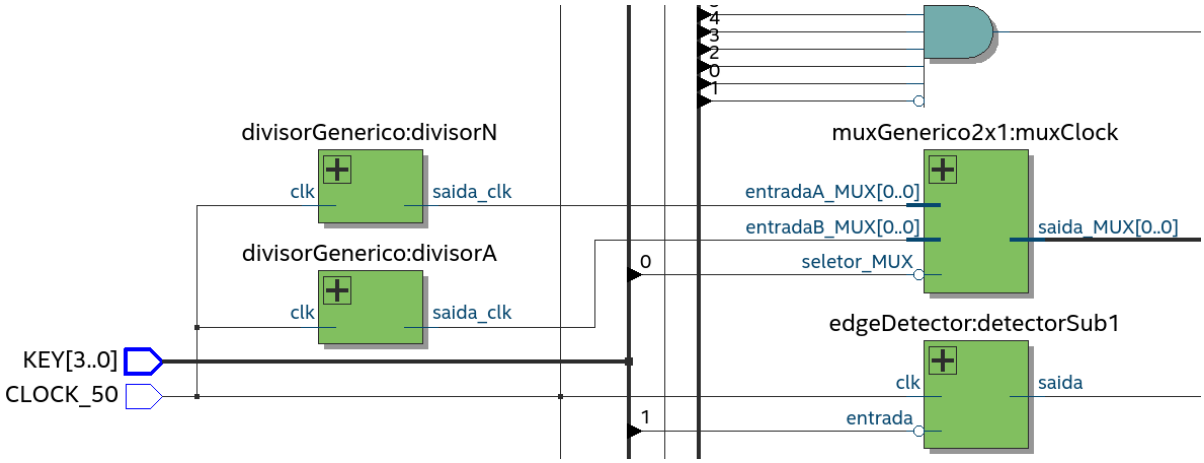
Os pontos de controle são parecidos com os vistos em aula, com a adição de dois novos pontos ao final: habFlagMaior (habilitar o flip flop para ser escrito com o resultado da comparação quando a instrução for CGT) e JGT (Para habilitar o mux seletor para fazer o salto quando a flag e a instrução de maior foram selecionadas). A sua distribuição, portanto, fica assim no decodificador de instruções:

```
alias habEscritaMEM : std_logic is saida(0);

alias habLeituraMEM : std_logic is saida(1);

alias habFlagIgual : std_logic is saida(2);

alias operacao : std_logic_vector(1 downto 0) is saida(4 downto 3);

alias habA : std_logic is saida(5);

alias SelMUX : std_logic is saida(6);

alias JEQ_c : std_logic is saida(7);

alias JSR_c : std_logic is saida(8);

alias RET_c : std_logic is saida(9);

alias JMP_c : std_logic is saida(10);

alias habEscritaRetorno : std_logic is saida(11);

alias habFlagMaior : std_logic is saida(12);

alias JGT_c : std_logic is saida(13);
```

O formato das instruções vistas em aula fica igual, uma vez não alterada as posições dos pontos de controle. Portanto apenas as instruções novas terão os seus pontos de controle demonstrados:

	JGT	habFlagMaior	habEscritaRetorno	JMP	RET	JSR	JEQ	SelMUX	habA	operacao	habFlagIgual	habLeituraMEM	habEscritaMEM
CGT	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	0
JGT	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
ADDI	0	0	0	0	0	0	0	1	1	01	0	0	0
SUBI	0	0	0	0	0	0	0	1	1	00	0	0	0

Para fazer o relógio funcionar, uma mudança no processamento do clock foi necessário. Dois divisores de clock foram adicionados na saída do KEY0, conforme a foto abaixo:



Esses divisores servem para simular o pressionamento do KEY0 como se fosse uma vez por segundo, no caso do divisorN ou a um ritmo mais acelerado para o divisorA. O divisorN usa 25.000.000Hz na sua divisão e o divisorA usa 100.000Hz. Ambas as entradas entram num mux para selecionar qual será o simulador de KEY0, que é o muxClock da figura. O seletor desse mux é o próprio KEY0. Portanto, se o KEY0 não está apertado, o display irá incrementar uma vez por segundo. Mas, se o KEY0 está pressionado, o incremento será ligeiramente mais rápido, requisito do projeto para a rápida verificação. Um ponto importante para destacar é que para o KEY0 funcionar quando ele é segurado, foi preciso tirar o edge detector presente da última entrega. Um diagrama com todas as conexões do projeto estará em anexo na pasta de entrega desse projeto com o nome “Conexões_Projeto.pdf”

Anexo – Mapa de Memória

Endereço em Decimal	Periférico	Largura dos Dados	Tipo de Acesso	Bloco (Página) de Memória
0 ~ 63	RAM	8 bits	Leitura/Escrita	0
64 ~ 127	Reservado	–	–	1
128 ~ 191	Reservado	–	–	2
192 ~ 255	Reservado	–	–	3
256	LEDR0 ~ LEDR7	8 bits	Escrita	4
257	LEDR8	1 bit	Escrita	4
258	LEDR9	1 bit	Escrita	4
259 ~ 287	Reservado	–	–	4
288	HEX0	4 bits	Escrita	4
289	HEX1	4 bits	Escrita	4
290	HEX2	4 bits	Escrita	4
291	HEX3	4 bits	Escrita	4
292	HEX4	4 bits	Escrita	4
293	HEX5	4 bits	Escrita	4
294 ~ 319	Reservado	–	–	4
320	SW0 ~ SW7	8 bits	Leitura	5
321	SW8	1 bit	Leitura	5
322	SW9	1 bit	Leitura	5
323 ~ 351	Reservado	–	–	5
352	KEY0	1 bit	Leitura	5
353	KEY1	1 bit	Leitura	5
354	KEY2	1 bit	Leitura	5
355	KEY3	1 bit	Leitura	5
356	FPGA_RESET	1 bit	Leitura	5
357 ~ 383	Reservado	–	–	5
384 ~ 447	Reservado	–	–	6
448 ~ 510	Reservado	–	–	7
510	Limpa Leitura KEY1	–	Escrita	7
511	Limpa Leitura KEY0	–	Escrita	7

Anexo – Mapa da Memória RAM

Endereço em Decimal	Variável	Significado
0	SUNI	Unidade dos Segundos
1	SDEC	Decimal dos Segundos
2	MUNI	Unidade dos Minutos
3	MDEC	Decimal dos Minutos
4	HUNI	Unidade da Hora
5	HDEC	Decimal da Hora
7	VAR1	Guarda 1
8	VAR10	Guarda 10
9	VAR6	Guarda 6
10	VAR3	Guarda 3
11	VAR5	Guarda 5
12	VAR9	Guarda 9
13	VAR4	Guarda 4
14	VAR2	Guarda 2

Anexo – Manual de Instruções

Periféricos usados

- KEY0: Aumentar a frequência
- KEY1: Configurar o horário
- SW0-3: Switches para configuração do horário
- LEDR0-7: Leds para indicar casas dos minutos e horas ao configurar o horário

Aumentar a frequência:

- Segurar KEY0 até chegar até o horário desejado

Configurar o horário:

- Apertar KEY1 para iniciar
- Display HEX congela
- Usar SW3 até SW0 para escolher o limite para a casa decimal indicada pelo led
- Display HEX atualiza com o número novo
- Apertar KEY1 para avançar para a próxima casa decimal
- Repetir as últimas duas etapas até configurar o decimal da hora e o relógio voltará a contar, desligando o LEDR

Anexo – Código usado em Assembly (Assembler incluído em anexo na pasta)

```
Setup :
LDI $0, R7

STA @HEX0, R7 #Limpando os 7 segmentos
STA @HEX1, R7
STA @HEX2, R7
STA @HEX3, R7
STA @HEX4, R7
STA @HEX5, R7

STA @LEDR7, R7 #Limpando os leds
STA @LEDR8, R7
STA @LEDR9, R7

STA @SUNI, R7 #Limpando os 7 segmentos
STA @SDEC, R7
STA @MUNI, R7
STA @MDEC, R7
STA @HUNI, R7
STA @HDEC, R7

STA @CLR0, R7 #Limpar KEY0
STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1
STA @CLR2, R7 #Limpar KEY2
STA @CLR3, R7 #Limpar KEY3
STA @CLRR, R7 #Limpar FPGA_RESET

LDI $1, R0
STA @VAR1, R0 #Inicializando constante com 1
LDI $10, R0
STA @VAR10, R0 #Inicializando constante com 10
LDI $6, R0
STA @VAR6, R0 #Inicializando constante com 6
LDI $3, R0
STA @VAR3, R0 #Inicializando constante com 2
LDI $5, R0
STA @VAR5, R0 #Inicializando constante com 5
LDI $9, R0
STA @VAR9, R0 #Inicializando constante com 9
LDI $4, R0
STA @VAR4, R0 #Inicializando constante com 4
LDI $2, R0
STA @VAR2, R0 #Inicializando constante com 2

Loop :
LDA @KEY0, R0 #Ler KEY0
ANDI @1, R0 #Aplicar máscara a leitura da KEY
CEQ @VAR1, R0 #Comparar com 1
JEQ @HubIncremento #Pular pra subrotina de incremento

PosIncremento :
LDA @KEY1, R0 #Ler KEY1
ANDI @1, R0 #Aplicar máscara a leitura da KEY
CEQ @VAR1, R0 #Comparar com 1
JEQ @HubLimite #Pular pra subrotina de limite

PosLimite :
JSR @Verificar #Pular pra subrotina de verificar limite
```

```
LDA @SUNI, R0 #Carrega acumulador com valor da unidade dos segundos
STA @HEX0, R0 #Carrega unidade no HEX0
LDA @SDEC, R0 #Carrega acumulador com valor da dezena dos segundos
STA @HEX1, R0 #Carrega unidade no HEX1
LDA @MUNI, R0 #Carrega acumulador com valor da unidade dos minutos
STA @HEX2, R0 #Carrega unidade no HEX2
LDA @MDEC, R0 #Carrega acumulador com valor da dezena dos minutos
STA @HEX3, R0 #Carrega unidade no HEX3
LDA @HUNI, R0 #Carrega acumulador com valor da unidade da hora
STA @HEX4, R0 #Carrega unidade no HEX4
LDA @HDEC, R0 #Carrega acumulador com valor da dezena da hora
STA @HEX5, R0 #Carrega unidade no HEX5

JMP @Loop #Reiniciar Loop

HubIncremento :
JSR @Incremento #Para usar RET
JMP @PosIncremento #Voltar pro loop

HubLimite :
JSR @Limite #Para usar RET
JMP @PosLimite #Voltar pro loop

Incremento :
STA @CLR0, R7
LDA @SUNI, R0 #Carrega R0 com unidade dos segundos
ADDI $1, R0 #Soma 1 com R0
CEQ @VAR10, R0 #Compara com 10
JEQ @SDezena #Caso 10, pular pra dezena dos segundos
STA @SUNI, R0 #Caso contrario, salvar na unidade dos segundos
RET #Retornar

SDezena :
STA @SUNI, R7 #Zera unidade dos segundos
LDA @SDEC, R0 #Carrega dezena dos segundos no R0
ADDI $1, R0 #Soma 1 com R0
CEQ @VAR6, R0 #Compara com 6
JEQ @MUnidade #Caso 6, pular pra unidade dos minutos
STA @SDEC, R0 #Caso contrario, salvar na dezena dos minutos
RET #Retornar

MUnidade :
STA @SDEC, R7 #Zera dezena dos segundos
LDA @MUNI, R0 #Carrega unidade dos minutos em R0
ADDI $1, R0 #Soma 1 com R0
CEQ @VAR10, R0 #Compara com 10
JEQ @MDezena #Caso 10, pular pra dezena dos minutos
STA @MUNI, R0 #Caso contrario, salvar na centena
RET #Retornar
```

MDezena :

STA @MUNI, R7 #Zera unidade dos minutos

LDA @MDEC, R0 #Carrega dezena dos minutos em R0

ADDI $1, R0 #Soma 1 com R0

CEQ @VAR6, R0 #Compara com 6

JEQ @HUnidade #Caso 6, pular pra unidade da hora

STA @MDEC, R0 #Caso contrario, salvar na dezena dos minutos

RET #Retornar

HUnidade :

STA @MDEC, R7 #Zera dezena dos minutos

LDA @HUNI, R0 #Carrega unidade da hora em R0

ADDI $1, R0 #Soma 1 com R0

CEQ @VAR10, R0 #Compara com 10

JEQ @HDezena #Caso 10, pular pra dezena da hora

STA @HUNI, R0 #Caso contrario, salvar na unidade da hora

RET #Retornar

HDezena :

STA @HUNI, R7 #Zera unidade da hora

LDA @HDEC, R0 #Carrega dezena da hora em R0

ADDI $1, R0 #Soma 1 com R0

RET #Retornar

Limite :

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

LDI $4, R0

STA @LEDR7, R0 #Liga LEDR2 pra indicar aguardando leitura

LimiteMUni :

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

LDA @SW7, R1 #Leitura do SW0-7

ANDI @15, R1 #Aplicar mascara a leitura do botao para só pegar SW(3 downto 0)

CGT @VAR10, R1 #Verificar overflow do HEX

JGT @LimiteMUniMax

PosLimiteMUni :

STA @MUNI, R1 #Guarda na memoria valor da unidade dos minutos

STA @HEX2, R1 #Carrega leitura do SW0-7 no HEX2

LDA @KEY1, R0 #Ler KEY1

ANDI @1, R0 #Aplicar máscara a leitura da KEY

CEQ @VAR1, R0 #Ve se KEY1 está apertado

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

JEQ @PosLMU #Se tiver, guarda e vai embora

JMP @LimiteMUni #Caso contrario, faz de novo

PosLMU :

LDI $8, R0

STA @LEDR7, R0 #Liga LEDR3 pra indicar aguardando leitura

LimiteMDec :

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

LDA @SW7, R1 #Leitura do SW0-7

ANDI @7, R1 #Aplicar mascara a leitura do botao para só pegar SW(2 downto 0)

```
CGT @VAR6, R1 #Verificar overflow do HEX

JGT @LimiteMDecMax

PosLimiteMDec :

STA @MDEC, R1 #Guarda na memoria valor da dezena dos minutos

STA @HEX3, R1 #Carrega leitura do SW0-7 no HEX3

LDA @KEY1, R0 #Ler KEY1

ANDI @1, R0 #Aplicar máscara a leitura da KEY

CEQ @VAR1, R0 #Ve se KEY1 está apertado

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

JEQ @PosLMD #Se tiver, guarda e vai embora

JMP @LimiteMDec #Caso contrario, faz de novo

PosLMD :

LDI $16, R0

STA @LEDR7, R0 #Liga LEDR4 pra indicar aguardando leitura


LimiteHUni :

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

LDA @SW7, R1 #Leitura do SW0-7

ANDI @15, R1 #Aplicar mascara a leitura do botao para só pegar SW(3 downto 0)

CGT @VAR10, R1 #Verificar overflow do HEX

JGT @LimiteHUniMax

PosLimiteHUni :

STA @HUNI, R1 #Guarda na memoria valor da unidade da hora

STA @HEX4, R1 #Carrega leitura do SW0-7 no HEX4

LDA @KEY1, R0 #Ler KEY1

ANDI @1, R0 #Aplicar máscara a leitura da KEY

CEQ @VAR1, R0 #Ve se KEY1 está apertado

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

JEQ @PosLHU #Se tiver, guarda e vai embora

JMP @LimiteHUni #Caso contrario, faz de novo

PosLHU :

LDI $32, R0

STA @LEDR7, R0 #Liga LEDR5 pra indicar aguardando leitura

LDA @HUNI, R0 #Verificar unidade da hora -> se for maior que 4, nao pode colocar 2 na hora

CGT @VAR4, R0 #Verificar overflow do HEX

JGT @LimiteHDecRestringe


LimiteHDec :

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

LDA @SW7, R1 #Leitura do SW0-7

ANDI @3, R1 #Aplicar mascara a leitura do botao para só pegar SW(1 downto 0)

CEQ @VAR3, R1 #Verificar overflow do HEX

JEQ @LimiteHDecMax

PosLimiteHDec :

STA @HDEC, R1 #Guarda na memoria valor da unidade da hora

STA @HEX5, R1 #Carrega leitura do SW0-7 no HEX4

LDA @KEY1, R0 #Ler KEY1

ANDI @1, R0 #Aplicar máscara a leitura da KEY

CEQ @VAR1, R0 #Ve se KEY1 está apertado

STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1

JEQ @PosLHD #Se tiver, guarda e vai embora

JMP @LimiteHDec #Caso contrario, faz de novo

PosLHD :
```

```
STA @LEDR7, R7 #Desliga LEDR0-7

RET

LimiteHDecRestringe :
STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1
LDA @SW7, R1 #Leitura do SW0-7
ANDI @1, R1 #Aplicar mascara a leitura do botao para só pegar SW(3 downto 0)
STA @HDEC, R1 #Guarda na memoria valor da unidade da hora
STA @HEX5, R1 #Carrega leitura do SW0-7 no HEX4
LDA @KEY1, R0 #Ler KEY1
ANDI @1, R0 #Aplicar máscara a leitura da KEY
CEQ @VAR1, R0 #Ve se KEY1 está apertado
STA @CLR1, R7 #Limpar KEY1
JEQ @PosLHDR #Se tiver, guarda e vai embora
JMP @LimiteHDecRestringe #Caso contrario, faz de novo
PosLHDR :
STA @LEDR7, R7 #Desliga LEDR0-7

RET

LimiteMUniMax :
LDI $9, R1 #Carrega 9 no R1
JMP @PosLimiteMUni #Volta

LimiteMDecMax :
LDI $5, R1 #Carrega 5 no R1
JMP @PosLimiteMDec #Volta

LimiteHUniMax :
LDI $9, R1 #Carrega 9 no R1
JMP @PosLimiteHUni #Volta

LimiteHDecMax :
LDI $2, R1 #Carrega 2 no R1
JMP @PosLimiteHDec #Volta

Verificar :
LDA @SUNI, R3 #Carrega valor da unidade dos segundos
CEQ @VAR9, R3 #Compara unidade com o limite
JEQ @VerificarSDec #Se estiver no limite, checar dezena
RET
VerificarSDec :
LDA @SDEC, R3 #Carrega valor da dezena
CEQ @VAR5, R3 #Compara dezena com o limite
JEQ @VerificarMUni #Se estiver no limite, checar centena
RET
VerificarMUni :
LDA @MUNI, R3 #Carrega valor da centena
CEQ @VAR9, R3 #Compara centena com o limite
JEQ @VerificarMDec #Se estiver no limite, checar unidade de milhar
RET
VerificarMDec :
LDA @MDEC, R3 #Carrega valor da unidade de milhar
```

```
CEQ @VAR5, R3 #Compara unidade de milhar com o limite

JEQ @VerificarHUni #Se estiver no limite, checar dezena de milhar

RET

VerificarHUni :

LDA @HUNI, R3 #Carrega valor da dezena de milhar

CEQ @VAR3, R3 #Compara dezena de milhar com o limite

JEQ @VerificarHDec #Se estiver no limite, checar centena de milhar

RET

VerificarHDec :

LDA @HDEC, R3 #Carrega valor da centena de milhar

CEQ @VAR2, R3 #Compara centena de milhar com o limite

JEQ @LimiteAtingido #Se estiver no limite, pular pra SR de limite atingido

RET


LimiteAtingido :

STA @SUNI, R7 #Limpando os 7 segmentos

STA @SDEC, R7

STA @MUNI, R7

STA @MDEC, R7

STA @HUNI, R7

STA @HDEC, R7


Retorno :

RET
```