INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS SÃO JOSÉ
Componente Curricular: Dispositivos Lógicos Programáveis 2
Professor: Roberto de Matos
Aluno: João Pedro Menegali Salvan Bitencourt
Turma: 29007
Data: 09/11/2022

AP3: Calculadora Rudimentar

Introdução

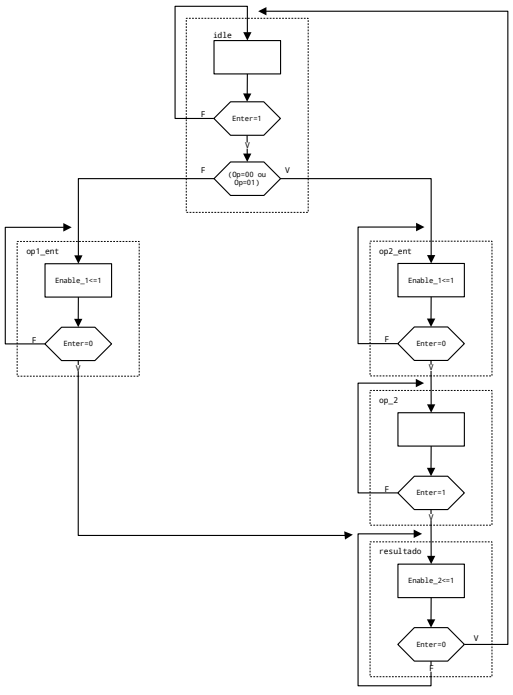
Nesta atividade, a partir do projeto realizado na AP1: Unidade Aritmética, foram realizadas algumas novas implementações visando permitir que seja possível utilizar dois operandos com valores maiores que era possível anteriormente. Na versão mais simples, as dezoito chaves deslizantes foram divididas em três grupos: as duas chaves mais à esquerda controlam a operação a ser realizada, as oito chaves mais à direita controlam o operando "a" e as oito chaves restantes controlam o operando "b".

Através do uso de uma máquina de estados, foi concebida uma lógica que utiliza dois registradores para poder armazenar operandos que utilizam 16 chaves, permitindo valores maiores. Dessa forma, o grupo de chaves passa a ser divido apenas em dois: os dois mais à esquerda controlando a operações de soma, subtração, incremento e decremento, e restante para os operandos.

Para utilizar dois operandos dessa forma, foram utilizados registradores que armazenam os valores dos operandos. A máquina de estados controla o funcionamento das operações.

Máquina de estados ASM

O diagrama de máquina de estados ASM ficou dessa forma:

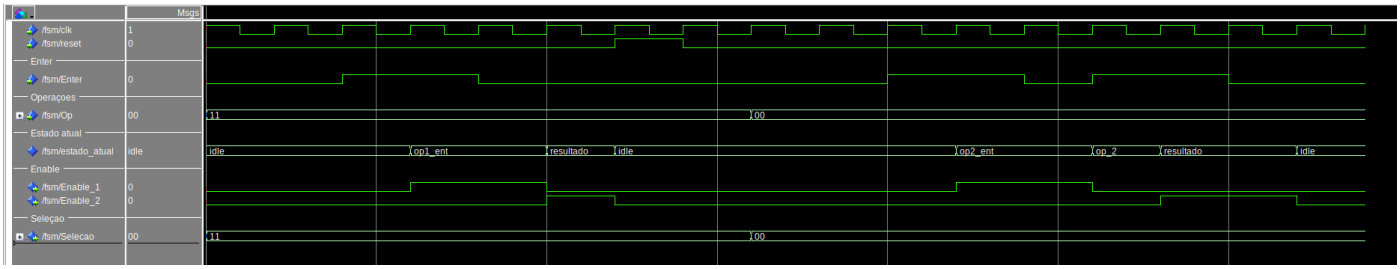


O estado inicial é chamado de "idle". Assim que a tecla responsável pelo "Enter" for pressionada, dependendo da operação selecionada nas duas chaves deslizantes, podendo ser soma, subtração, incremento ou decremento, a máquina assume ou o estado "op1_ent" ou "op2_ent". Caso a operação selecionada seja de incremento ou decremento, a máquina sai do estado "idle" para "op1_ent". Nesse estado, a saída "Enable_1" é definido para ‘1’ e, caso a tecla "Enter" seja solta, a máquina vai para o estado "resultado", que define a saída "Enable_2" para ‘1’. No estado resultado, quando a tecla "Enter" for solta, a máquina voltará ao estado inicial "idle".

No segundo caso, se a operação defina for soma ou subtração, pressionando a tecla "Enter", a máquina vai para o estado "op2_ent". Nessa ocasião, serão utilizados dois operandos. Quando o primeiro "Enter" foi pressionado, já foram definidos o primeiro operando a operação a ser realizada. Quando no estado "op2_ent", soltar o botão de "Enter" fará a máquina ir para o estado "op_2", que capturará o segundo operando. Pressionando o "Enter" novamente, irá para o estado "resultado". Neste, quando a tecla de "Enter" for liberada, fará a máquina voltar ao estado inicial "idle".

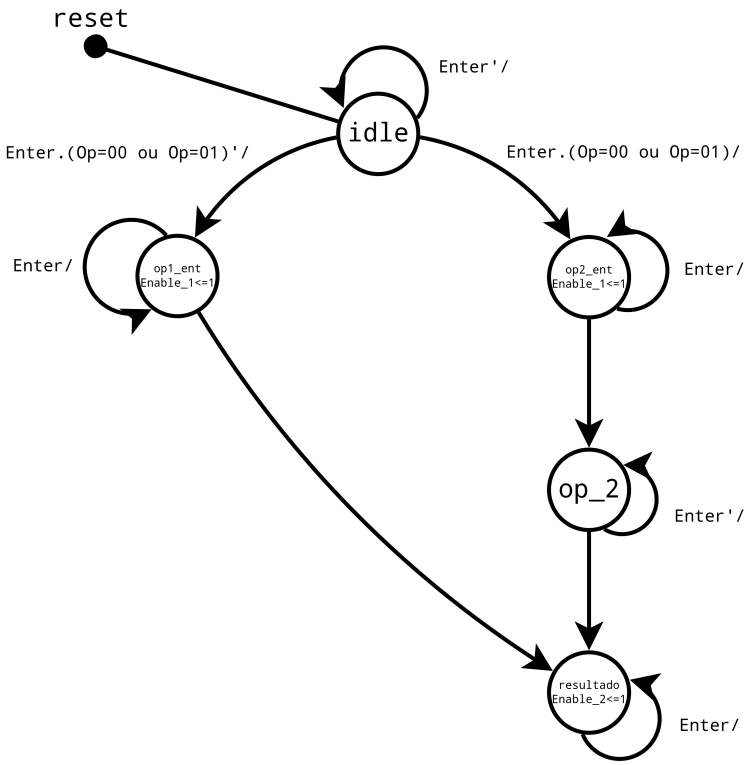
Dessa forma, constituiu-se uma máquina de estados capaz de controlar o circuito que fará as operações. O código da máquina encontra-se no arquivo "FSM.vhd".

Para a realização dos testes foi criado o arquivo "run_tb_fsm.do" e a simulação ocorreu no ModelSim. Abaixo, está o diagrama de sinais obtidos nos testes realizados na máquina de estados:



Nos testes, foram validadas as duas situações: operações com um operando e operações com dois operandos.

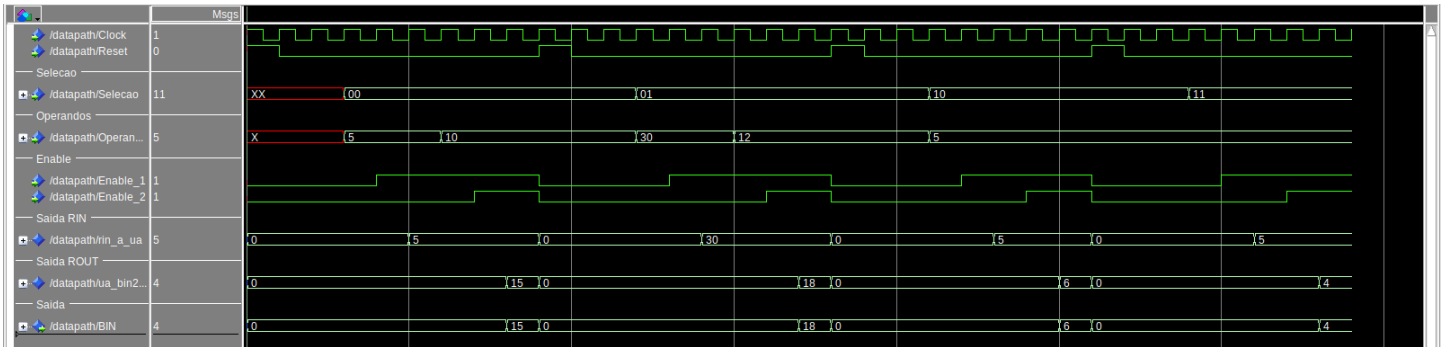
Abaixo, está o diagrama da máquina de estados:



O *datapath*

O circuito do *datapath* contém vários componentes. Possui a unidade aritmética, o conversor de binário para BCD e o conversor de BCD para o *display* de 7 segmentos. Foi realiza uma modificação no projeto original, adicionando dois registradores: um na entrada e outro na saída da unidade aritmética.

O código VHDL encontra-se no arquivo "datapath.vhd". O circuito é praticamente composto de associações de componentes. A simulação teve base na forma como a máquina de estados vai interagir com este circuito. As únicas entradas que não passam pela máquina de estados são o "Clock", "Reset" e o "Operando". Abaixo, está o diagrama de ondas obtido na simulação:



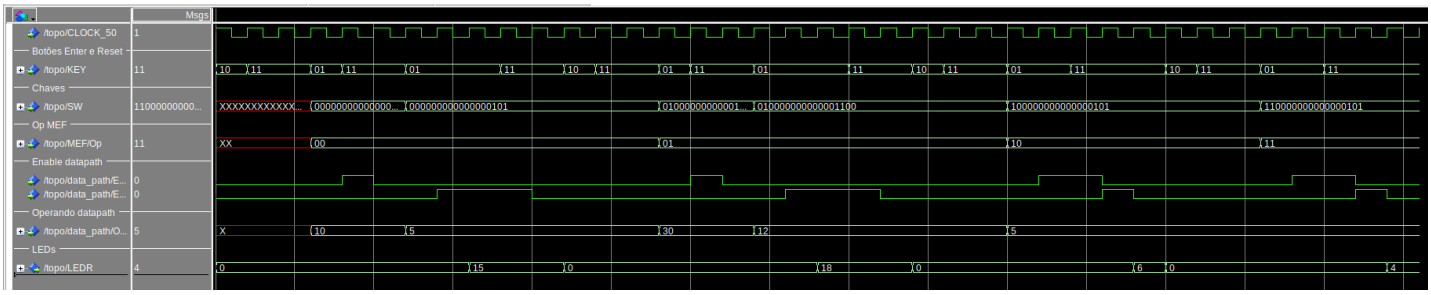
Na simulação foram testadas todas as operações. Na imagem acima é possível visualizar os principais sinais que estão interagindo circuito, como de "Reset", o sinal que indica qual operação foi selecionada, os sinais que mostram se os registradores foram chamados para guardar o valor, os valores guardados em cada registrador, bem como o resultado final.

Todo código de simulação encontra-se no arquivo "run_tb_datapath.do".

O topo

No circuito do topo ocorre a união dos componentes da máquina de estados e o *datapath*. O código do circuito encontra-se no arquivo "topo.vhd". Foram criados conectores para associar as portas da máquina de estados ao *datapath*. Além disso, foram criados conectores para inverter a lógica dos botões de "Enter" e "Reset" já que a interpretação dos mesmos é invertida em relação ao circuito, ou seja, quando "Enter" é pressionado, o valor lógico é zero e não 1, como o circuito do *datapath* espera. O mesmo ocorre com o botão de "Reset".

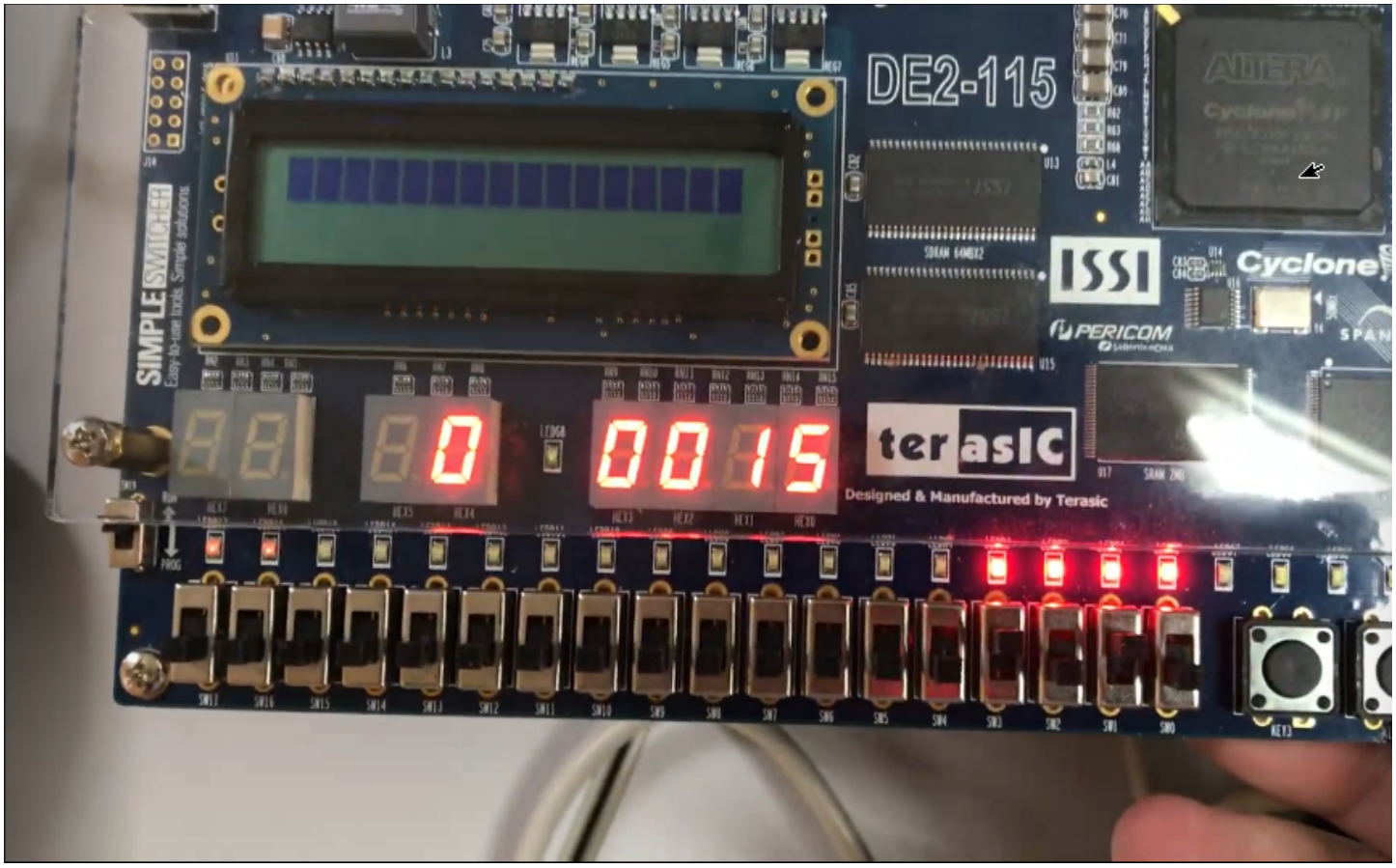
Para replicar esse comportamento, a simulação também foi realizada considerando essa inversão. O código da simulação encontra-se no arquivo "run_tb_topo.do" e as formas de ondas obtidas são mostradas abaixo:



Na simulação foram realizados testes como se o usuário estivesse interagindo com os interruptores e chaves físicos. Por conta disso, a entrada "KEY" possui valores que vão de 00 a 11. Da mesma forma, a entrada "SW" possui valores que vão de "0000000000000000" a "1111111111111111", o qual o dois dígitos mais significativos representam a operação

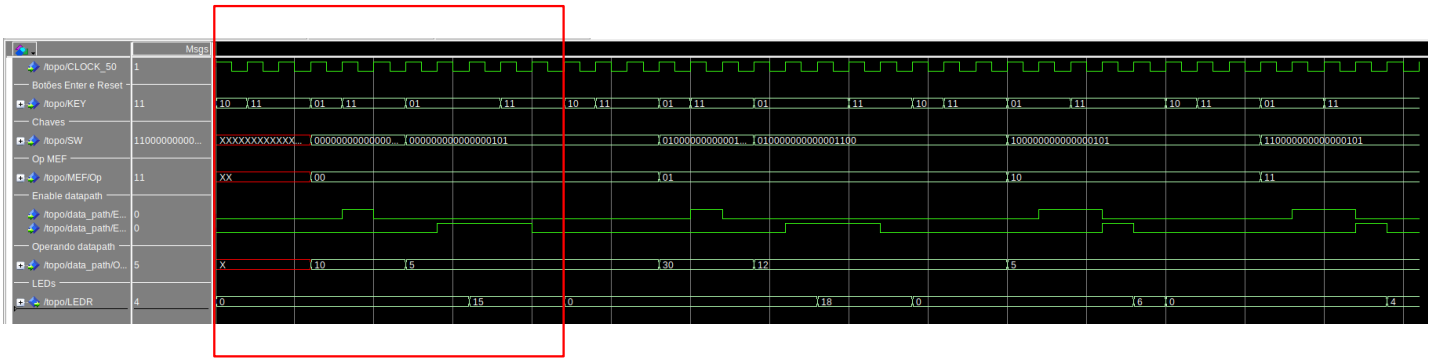
selecionada. Por exemplo: "0100000000000000101" significa que a operação de soma foi selecionada e o valor do primeiro operando é 5 (101). Se o valor do segundo operando for 10, a entrada SW assume o valor "0100000000000001010".

Ao final da operação o último calculo fica sendo exibido na tela, conforme mostrado no exemplo abaixo com a soma de 5 mais 10:

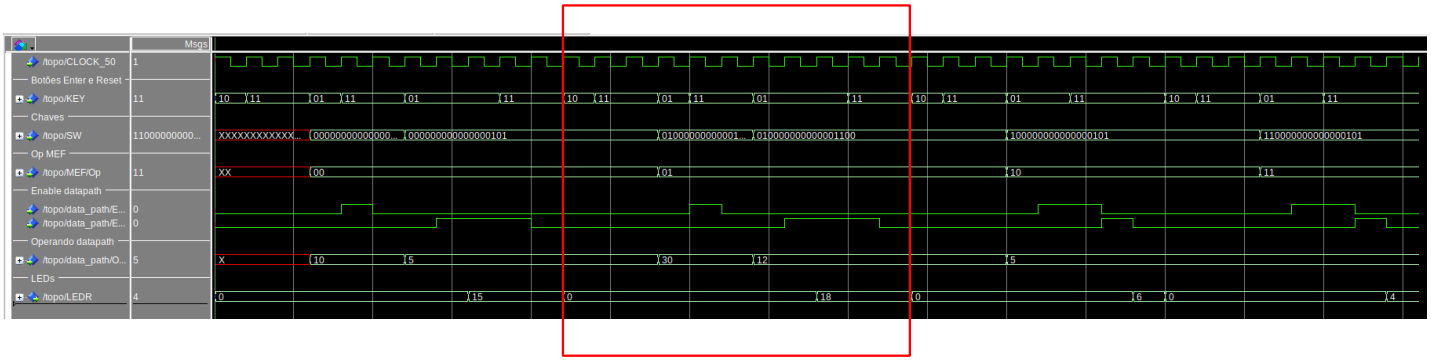


Para facilitar a simulação, o resultado da operação também é representado nos LEDs vermelhos que ficam acima das chaves deslizantes. Na simulação realizada no ModelSim, a saída "LEDR" é utilizada para aferir se as operações foram selecionadas e realizadas corretamente.

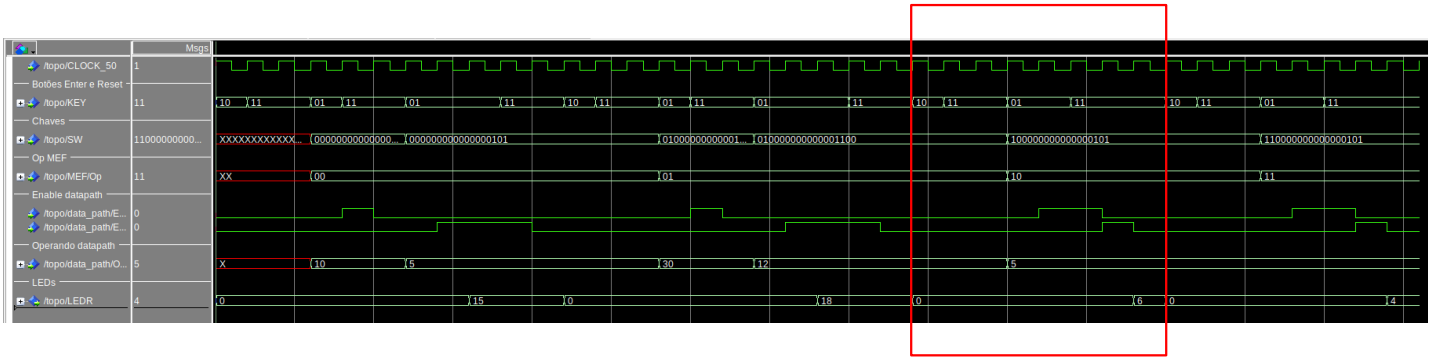
Inicialmente, é realizada a simulação da soma de dois operandos, no caso, 5 mais 10:



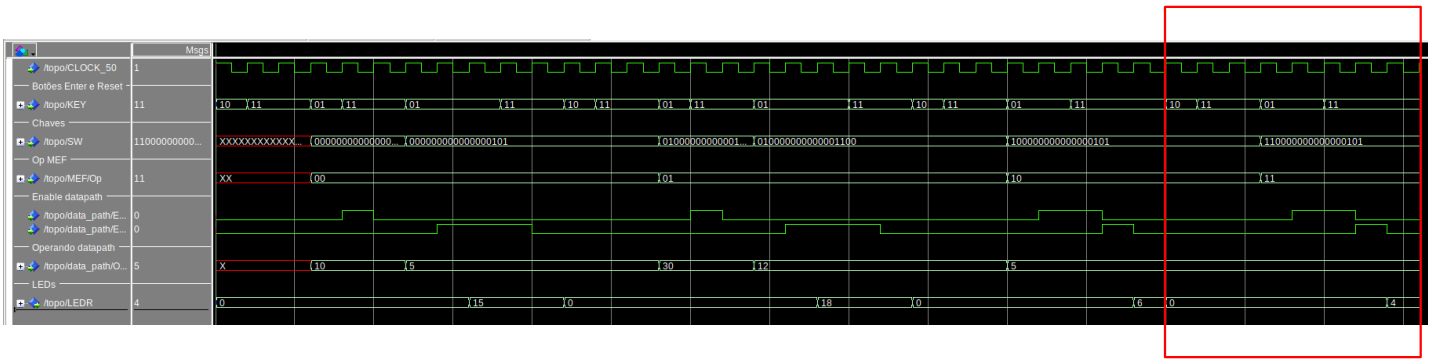
A segunda operação a ser simulada foi a subtração, o qual foi subtraído 12 de 30 (30-12):



A terceira operação simulada foi o incremento, o qual o operando foi o valor 5, que foi incrementado para 6:



Por fim, foi simulada a operação de decremento, o qual 5 foi decrementado para 4:



Na simulação, "Enter" pressionado é representado por "01" na entrada "KEY". "Reset" é representado por "10" na entrada "KEY". Quando nenhum dos botões está pressionado, "KEY" assume o valor "11".