

Programa para Excelência em Microeletrônica

Módulo: Nivelamento

Matéria: Sistemas Digitais

Desenvolvimento de um Microcomputador

Aluno: Laerty Santos da Silva

Sumário

Introdução	3
Teoria	3
Desenvolvimento do Projeto	3
1. Contador de Programa	3
2. Acumulador	4
3. Registrador de Saída	4
4. Registrador de Instruções	4
5. Registrador B	4
6. Somador / Subtrator	4
7. Memória RAM	4
8. Controlador / Sequencializador	5
Conclusões	5
Anexos:	
Figura 1	6
Figura 2	6
Figura 3	7

Introdução

Um microcomputador (uC) SAP-1 (Simple As Possible) é uma versão simplificada de um computador, que tem por finalidade expor e entender a estrutura organizacional. Embora apresente algumas limitações, o SAP contém praticamente a mesma arquitetura e organização dos computadores de maior escala, podemos encontrar, por exemplo, a Unidade Lógico-Aritmética, Registradores, Contadores, Gerador de Clock, Barramento, entre outros componentes. Este documento é fruto de uma atividade educacional de um projeto de aprendizagem sobre microprocessadores e microcontroladores. O trabalho foi desenvolvido com o intuito de entender de forma prática o funcionamento dos principais componentes de um computador. Para tanto foi utilizada a ferramenta de implementação e Simulação Quartus Prime da Altera Corporation®.

Teoria

A arquitetura SAP-1 foi utilizada como ponto de partida para o entendimento da arquitetura básica de um computador. Este dispõe de conjuntos de blocos e sinais de controle que se comunicam através de um barramento W de 8 bits. Os blocos são o Contador de Programa (PC), Acumulador (A), Registrador de Saída, Registrador de Instruções, Registrador B, Somador / Subtrator, Memória RAM e Controlador / Sequencializador. Este computador realiza 5 instruções, tais quais podem ser observadas na tabela 1.

Na implementação do SAP-1 na plataforma Quartus, as instruções estão armazenadas em arquivos .HEX, com representação em binário, octal ou hexadecimal. Cada arquivo desse tem capacidade para armazenar até 16 palavras de 8 bits, onde os quatro bits mais significativos representam as instruções e os quatro menos significativos representam os dados a serem manipulados. Exemplo: **0010 0011** indica a execução da instrução de subtração do valor acumulado por 3.

Tabela 1

Mnemônico	Código	Função
LDA (Load)	0000	Carrega um valor da Memória RAM para o Acumulador.
ADD (Addition)	0001	Soma um valor da Memória RAM com o do Acumulador.
SUB (Subtraction)	0010	Subtrai um valor da Memória RAM com o do Acumulador.
OUT (Output)	1110	Disponibiliza o valor acumulado no registrador de saída.
HLT (Halt)	1111	Indica o fim da execução de um programa.

Desenvolvimento do Projeto

Durante o desenvolvimento, foi necessário montar a estrutura de circuitos e blocos lógicos de cada componente do microprocessador. A seguir serão apresentados cada unidade lógica e seu funcionamento.

1. Contador de Programa

Integrante da unidade de controle, o Contador do Programa é um contador de 4 bits responsável por fornecer o endereço da instrução a ser executada. Sua contagem varia de

0000 (Load) até 1111 (Halt). O sinal de entrada Cp em nível lógico alto indica que a contagem continua sequencialmente e em nível baixo indica que se mantém até que Cp seja ativado novamente, continuando a contagem do momento em que tinha parado. O sinal de controle Ep é ativo durante as etapas de endereçamento das instruções.

2. Acumulador

O Acumulador é um registrador que armazena valores temporários utilizados como operandos pelas instruções. Quando La' (O símbolo ' indica que o sinal de controle é ativado em nível lógico baixo) estiver em nível lógico baixo, o acumulador recebe o valor que está no barramento (W) e quando Ea for alto, seu valor será disponibilizado para o barramento.

3. Registrador de Saída

É o registrador responsável por transmitir o valor armazenado no acumulador para o meio externo. Após o Acumulador disponibilizar seu resultado no barramento, este registrador espera mais uma transição do clock, Ea entrar em nível lógico alto e Lo' em baixo, para receber o conteúdo do Acumulador e disponibilizar o resultado para o mundo externo através dos pinos de saídas.

4. Registrador de instruções

É o registrador que recebe a palavra da instrução e divide sua saída em duas partes: os 4 bits mais significativos são encaminhados para o Controlador Sequencial para que este decodifique e indique a instrução a ser realizada e os 4 bits menos significativos são encaminhados para o barramento para logo em seguida serem utilizados durante a execução das instruções. A entrada CLR (Clear) é utilizada para limpar o valor do registrador, Ei' em nível baixo autoriza o registrador a buscar uma palavra no barramento e Li' indica a gravação dos dados deste registrador no barramento.

5. Registrador B

Este registrador fornece o segundo operando para as instruções ADD e SUB. Ele armazena os dados disponíveis no barramento e os envia para que o Somador / Subtrator manipule esses dados em conjunto com os que já estão contidos no Acumulador. Quando Lb' está em baixo o valor do barramento é salvo nesse registrador.

6. Somador / Subtrator

É um circuito somador/subtrator de 8 bits que trabalha em complemento de dois. O sinal Su é que indica o tipo de operação a ser realizada, se Su for baixo, a operação será de soma, caso contrário, será uma subtração. O circuito é combinacional e se comportará conforme a variação de suas entradas, no entanto, é preciso que o sinal Eu esteja ativado para que seu conteúdo seja transferido ao barramento.

7. Memória RAM

É o componente que armazena toda a programação e os dados a serem processados pelo microcomputador. A RAM projetada neste trabalho possui 16 palavras de 8 bits cada.

Obteve-se esta configuração associando flip-flops tipo D com suas saídas ligadas em tri-states, que funcionam como chave para transmitir ou não um conjunto de dados. Temos ainda um sinal de CLK (Clock) e uma chave Enable (Ativação) nas entradas de cada bit dos dados, para permitir ou não a gravação nos flip-flops.

Neste SAP-1, a RAM foi montada de modo que o Registrador de Endereçamento de Memória (REM) seja projetado dentro do mesmo bloco que as células de memória. O REM é um circuito auxiliar da Memória RAM e seus endereços podem ser de três tipos: endereço de instrução vinda do Contador de Programa, endereço dos dados de uma instrução de LDA, ADD ou SUB e endereço onde ocorrerá a gravação de um dado ou instrução durante a fase de programação. Sendo que apenas este último não estará disponível no barramento e precisa ser inserido através de entradas específicas. Em sua implementação, foram utilizados um registrador (74173) de quatro bits que armazena os dados vindos do barramento numa borda de subida do CLK quando o sinal Lm' está em baixo, e um MUX 2-1 de 4 bits (74157) que seleciona qual dos endereços deve ser enviado para a RAM.

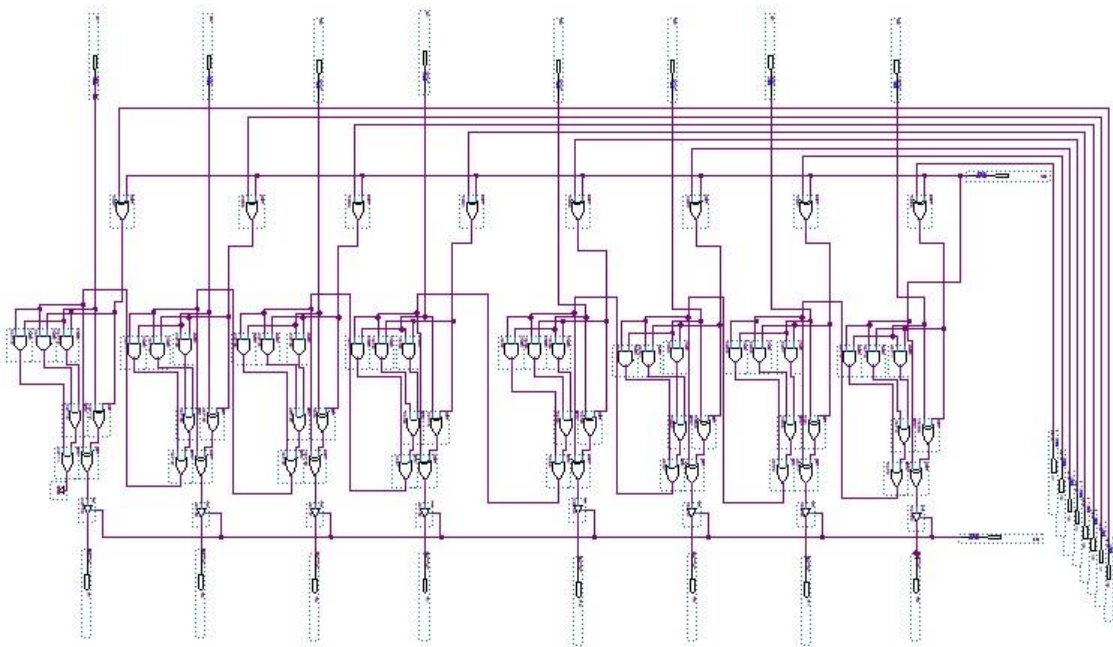
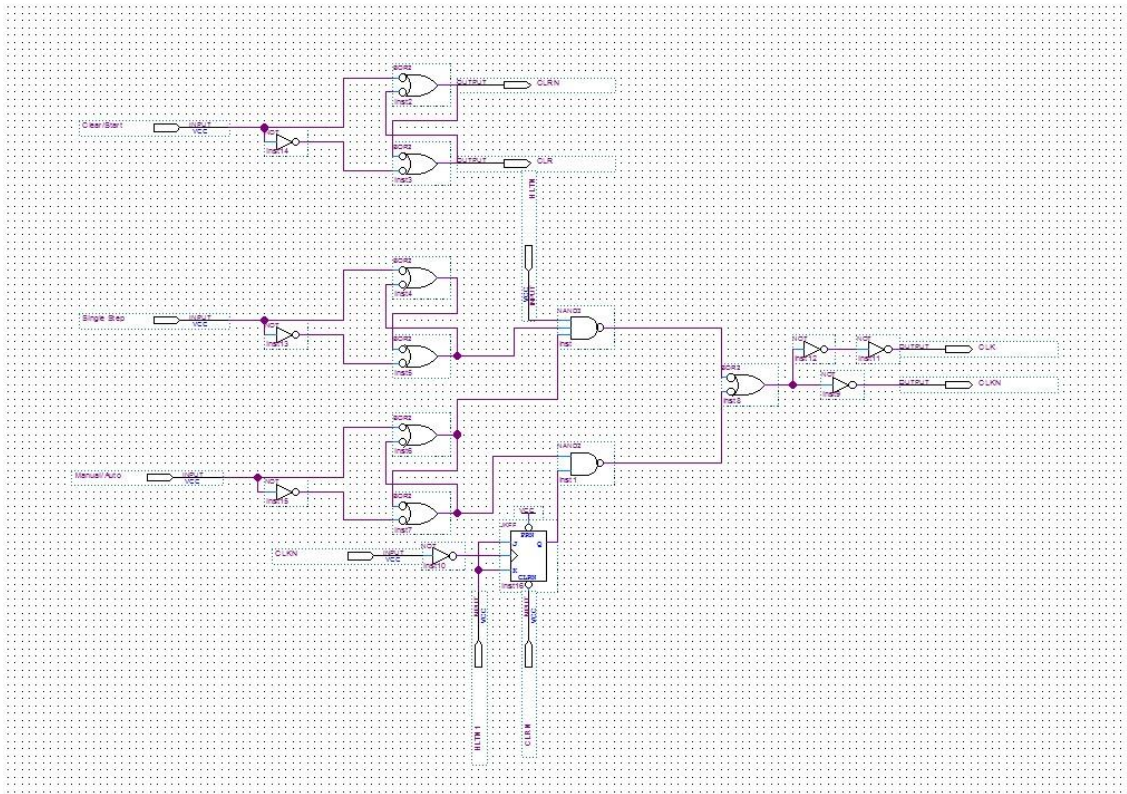
8. Controlador / Sequencializador

É o circuito mais complexo do SAP-1, pois tem as funções de: limpar o conteúdo dos registradores no início da execução, decodificar as instruções do Registrador de Instruções e enviar para os demais componentes os sinais de controle adequados para seu funcionamento. Possui seis sinais de controle, sendo um CLK, um Clear e os quatro bits que indicam o código da instrução a ser executada. Esses bits se unem aos 4 bits enviados pelo Contador em Anel e formam a palavra necessária para executar as instruções.

Um contador em Anel divide cada ciclo de Clock em seis estados, dos quais os três primeiros são o ciclo de busca e os demais formam o ciclo de execução. Para evitar conflitos de dados entre os registradores, em cada subciclo ou estado T, os registradores esperam meio ciclo antes da transição positiva do Clock para preparação e mais meio ciclo depois para a fase de retenção.

Conclusões

Sendo assim, ao final desse projeto, tivemos a oportunidade de entender melhor o funcionamento de um microprocessador, desde sua montagem até a interligação de seus componentes internos. É uma forma trabalhosa, mas muito proveitosa de aprender, pois nos condiciona a usar conteúdos de múltiplas disciplinas do nosso curso, bem como nos incentivar a buscar conhecimentos extracurriculares. Outro ponto inovador foi a inserção da ferramenta Quartus, uma plataforma altamente poderosa, até então desconhecida para nós, que nos obrigou a se dedicar mais para entender e tentar organizar os esquemáticos de cada circuito componente do microcomputador. Montamos cada unidade, seja registrador, contador ou memória em blocos de circuitos para organizar a montagem, mas infelizmente, não foi possível fazer o sistema funcionar de forma integrada. O sistema compila normalmente em cada bloco componente, mas durante a execução e a simulação do sistema completo não foi possível obter o comportamento esperado. Acredito que foi e será uma experiência válida, pois nos próximos trabalhos, com mais familiaridade com a plataforma, teremos condição de fazer soluções mais complexas e em perfeitas condições de funcionamento.



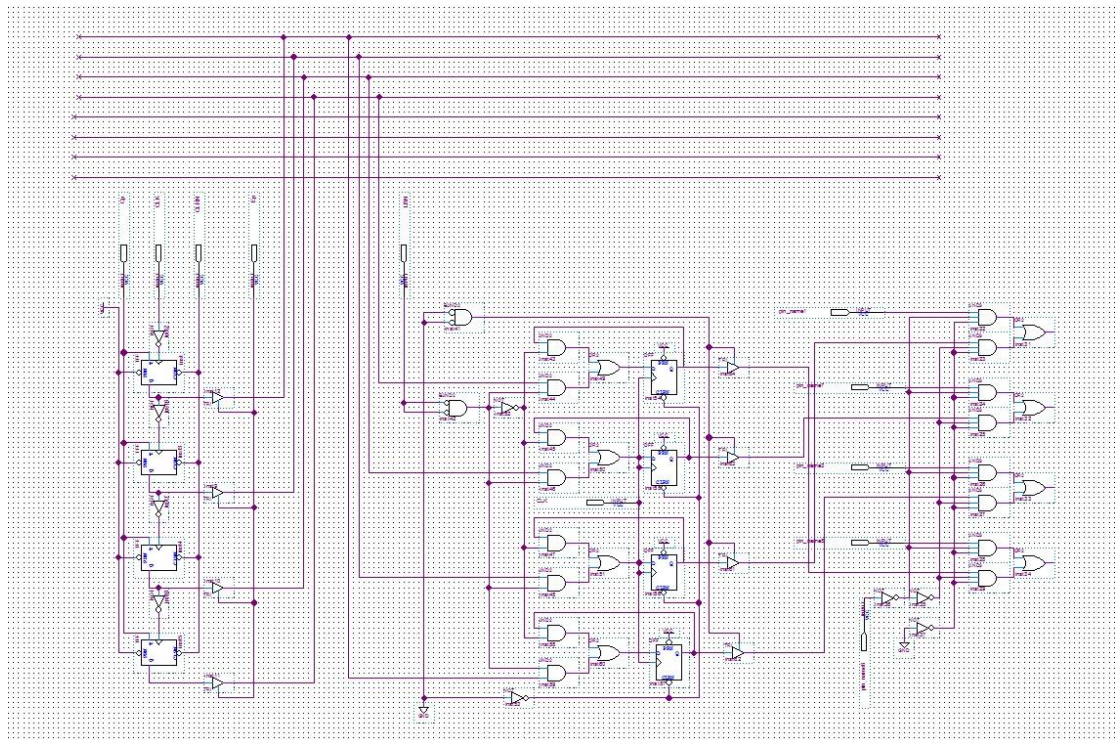


Figura 3 – Contador / Registrador de Instruções