Exercício Prático 04 - ULA 4 bits + Arduino

Neste exercício você deverá criar 2 programas. Um no hardware externo (Arduino) e outro no PC, que será a interface com o usuário. A idéia é ler um programa escrito pelo usuário, transformá-lo em mnemônicos gerando outro programa e finalmente passá-lo ao Hardware externo através da porta serial e realizar algum processamento nesse Hardware. O resultado será observado nos 4 Leds conectados no Hardware externo.

O Hardware externo

Você deverá projetar uma ULA com 4 bits para um dado A, 4 bits para um dado B e 4 bits para a instrução desejada. O funcionamento é similar à ULA anteriormente estudada.

Uma arquitetura do sistema proposto pode ser vista na Figura 1.

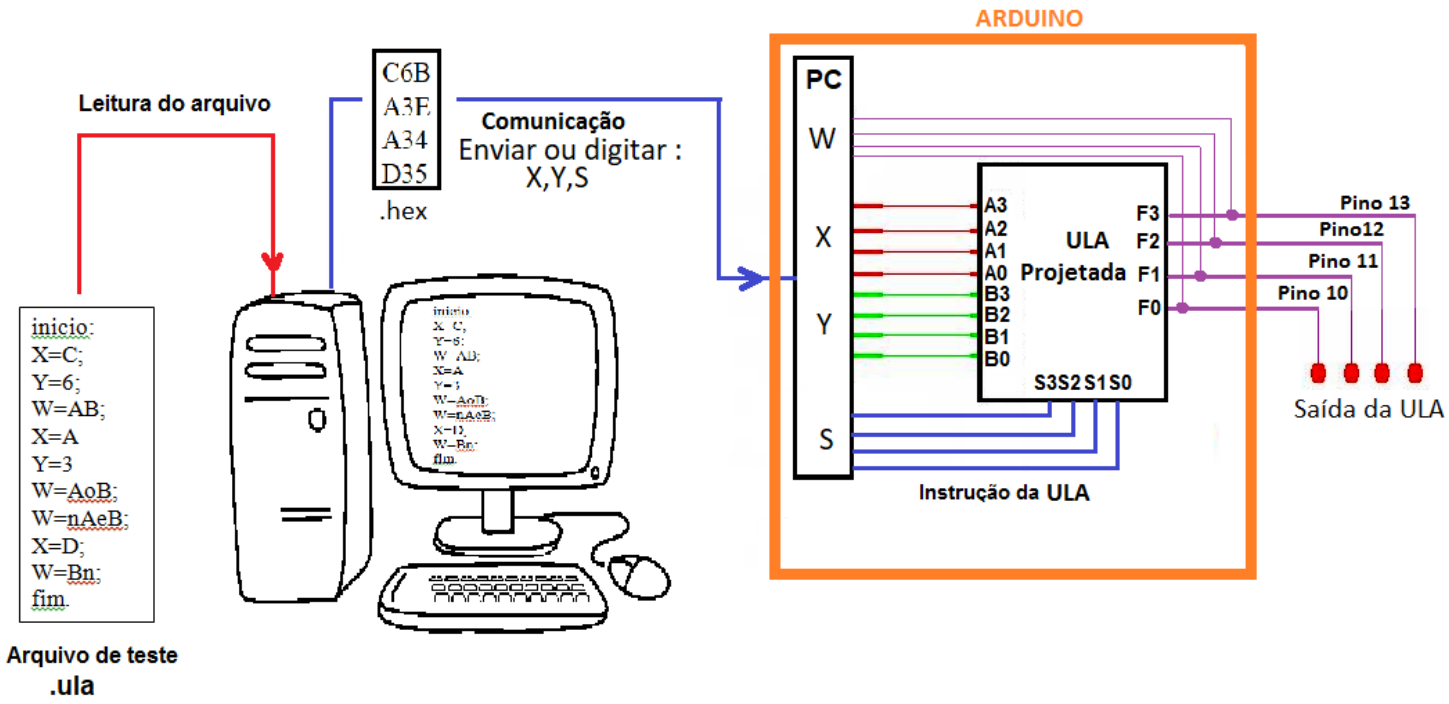


Figura 1: Arquitetura do sistema proposto

Você deverá elaborar um programa no Arduino que utilize a entrada serial para receber as entradas necessárias ao funcionamento da ULA (dados e instruções) e as saídas deverão ser 4 Leds ligados aos pinos 13, 12, 11 e 10 (o bit mais significativo no pino 13 e o menos significativo no pino 10).

A figura 2 a seguir mostra o conjunto de instruções da ULA e que você deverá inserir no Arduino.

Função	Mnemônico	Código Hexa
1 lógico	umL	0
A+B’	AonB	1
A	copiaA	2
A’⊕B’	nAxnB	3
(A.B)’	AeBn	4
A’	nA	5
A.B’	AenB	6
A’+ B’	nAonB	7
A⊕B	AxB	8
0 Lógico	zeroL	9
B	copiaB	A
A.B	AeB	B
B’	nB	C
(A’.B)’	nAeBn	D
A+B	AoB	E
A’.B	nAeB	F

Figura 2: Instruções e Mnemônicos
(ativos em 1- high)

O programa no Arduino

Seu programa no arduino deverá ser capaz de receber 3 dados da seguinte forma:
Um primeiro valor representando a entrada X (X0, X1, X2 e X3).
Um segundo valor representando a entrada Y (Y0, Y1, Y2 e Y3).
Um terceiro valor representando a instrução desejada S (S0, S1, S2 e S3).

Assim, se fornecermos pela comunicação serial na IDE do Arduino os seguintes 3 valores:
124, estaremos passando para a ULA as seguintes informações:
Valor de X=1, valor de Y=2 e a instrução desejada=4 ou S=4. A ULA projetada no arduino deverá então realizar, conforme o conjunto de instruções da ULA (de acordo com a Fig. 2), a instrução (AeBn), ou seja (AB)’ que sobre as variáveis X e Y ficaria (XY)’.
Observe que as operações sempre serão realizadas sobre as variáveis X e Y e o resultado sempre será em W.

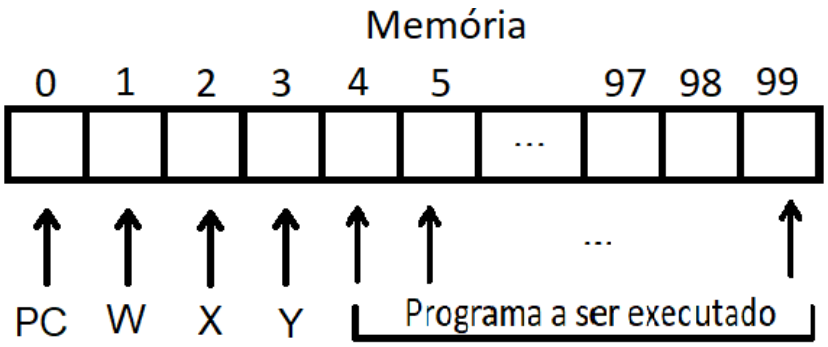
Para não haver confusão nos valores, deveremos usar os números em Hexadecimal, assim, se passarmos ao Arduino os seguintes dados AAA, o significado será:
Valor de X = 10, valor de Y=10 e a instrução desejada ou S=10. A ULA projetada no arduino deverá então realizar, conforme o conjunto de instruções da ULA (e de acordo com a Fig. 2) a instrução B, atenção que a instrução B apenas coloca o valor da entrada Y na saída (não confunda a instrução B com a entrada tendo o valor de B).

Deverá existir internamente no Arduino um vetor que será a memória (e também os registradores) da Unidade.

Este vetor deverá conter nos quatro primeiros campos (que serão os registradores da máquina) os seguintes valores:

Primeira posição = o índice do vetor onde a instrução está armazenada, que chamaremos de PC
Segunda posição = o conteúdo da variável W (que contém os resultados das operações)
Terceira posição = o conteúdo da variável X
Quarta posição = o conteúdo da variável Y

Vamos considerar que iremos utilizar um espaço relativo a 100 posições (esta será a nossa área de memória) onde as quatro primeiras posições serão as variáveis e as 96 restantes o programa a ser executado.



Se, durante o programa a ser executado, houver uma alteração no valor das variáveis X, Y ou W este valor deverá ser alterado na memória (nas respectivas posições do vetor). A alteração se dá através da atribuição de valores no programa fonte original.

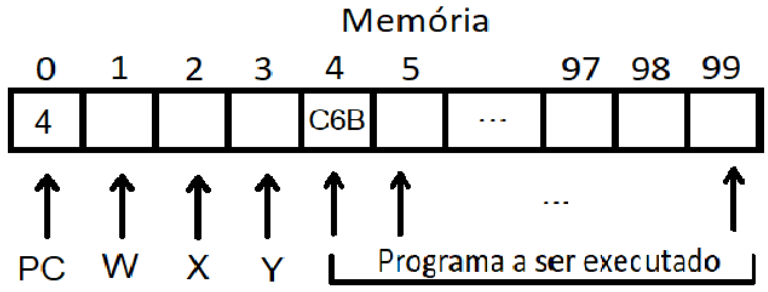
Deveremos ainda acompanhar a evolução do programa observando 4 leds indicadores dos resultados ou seja, a saída da ULA deverá estar presente nos seguintes pinos:

Pino 13 = F3
Pino 12 = F2
Pino 11 = F1
Pino 10 = F0

Exemplo 1: Qual seria o significado de passarmos para o Arduino os seguintes valores “C6B”, como ficariam os LEDs ligados na saída e a memória antes e após a execução da instrução?

Resp:

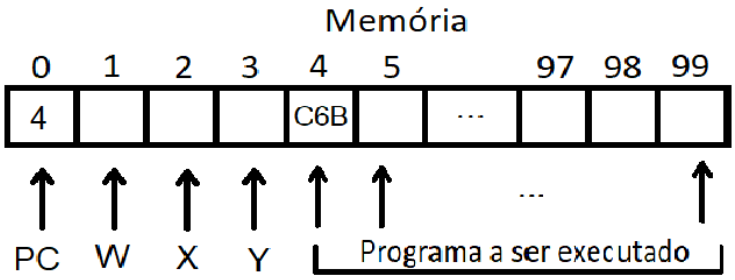
Em um primeiro momento faremos a carga do programa, que no nosso caso será executar apenas a instrução C6B. Assim, a instrução será colocada na primeira posição do vetor onde o programa tem início, ou seja o índice 4 do vetor. A primeira posição (PC) deverá indicar qual o índice do vetor onde esta instrução está (como é a primeira deverá indicar o valor 4). Assim o vetor deverá ficar da seguinte forma:



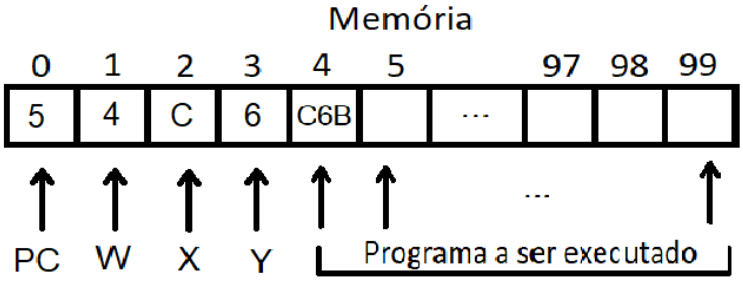
Em um segundo momento deveremos executar a instrução ou seja, verificar no PC qual a posição do vetor que contem a instrução, ler esta instrução, atribuir os valores de X, Y e após decodificar e executar a instrução escrever o valor de W.

1) X = 1100 ou C;
2) Y = 0110 ou 6;
3) Como deveremos executar a instrução B, de acordo com a tabela de instruções, a instrução B (11) é AeB, ou seja como S=1011 indica que queremos a instrução AeB (and das entradas), a saída F seria 0100, o and bit a bit entre X e Y e cuja resposta é 0100 (4 em hexadecimal) ou o led do pino 12 ligado.
4) Além disso a memória deverá ser atualizada ou seja, deveremos escrever os valores de W, X, Y e atualizar o PC, isto é apontar para a próxima instrução a ser realizada (no caso 5).

Antes da execução da instrução (primeiro momento):



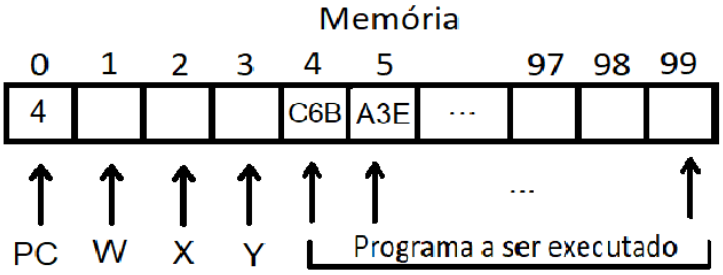
Após a execução da instrução (após o segundo momento):



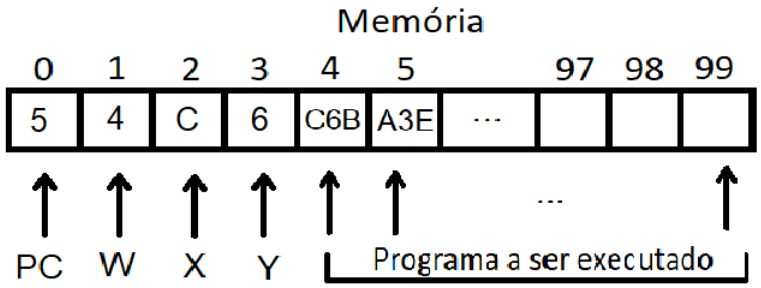
Observe que agora o PC está indicando que a próxima instrução está na posição 5, que no nosso caso não possui nenhuma instrução.

Exemplo 2: Vamos supor que iremos executar agora duas instruções, C6B e logo a seguir A3E. Como iremos executar 2 instruções, os valores de PC, W, X e Y variarão duas vezes. A sequencia será a seguinte:

1) Carga do programa no vetor:

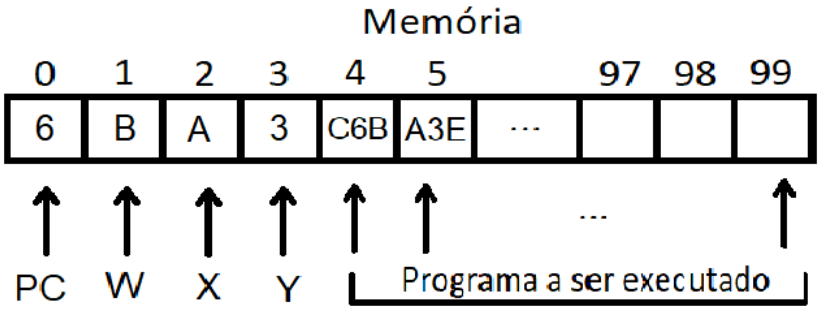


2) Após a execução da primeira instrução:



E o Led do pino 12 ligado, já que o resultado em W é 4 ou 0100 e o PC apontando para a próxima instrução (5).

3) Após a execução da segunda instrução



Para a execução desta segunda instrução, o valor de X=A (1010), o valor de Y=3(0011) e a operação desejada S=E(1110). A operação E, pela tabela é o "ou" de X com Y, ou seja (1011) e que corresponde ao valor B.
O PC também deverá ser incrementado de 1 indicando a próxima instrução a ser realizada.
Além disto, os Leds dos pinos 13, 11 e 10 ligados.

Atenção (detalhe de projeto 1): Fica a critério do grupo a utilização do vetor para armazenar os valores, quer seja números na base decimal, binária ou mesmo String. Da mesma forma, fica a critério do grupo determinar uma forma de indicar que o programa acabou (não existem instrução a ser realizada).

Funcionamento:

1)

Ao iniciarmos o Arduino, inicialmente deveremos fazer a carga do programa no vetor que representa a memória.

Atenção (detalhe de projeto 2): O grupo deverá propor uma forma de entrar com os dados que estarão no formato descrito pelo arquivo testeula.hex e que será descrito posteriormente nesta especificação. Esta carga poderá ser realizada digitando-se cada instrução no Arduino e completando o vetor ou selecionando-se todo o código e copiando no campo "Enviar" do Arduino.

Neste momento não é para executar as instruções, apenas fazer a carga do vetor.

2)

Ao iniciarmos a execução do programa, o Arduino deverá ler as instruções da memória a partir do local indicado pelo valor armazenado na primeira posição (ou o PC, como é a primeira instrução ele deverá conter o valor 4), decodificar a instrução, executar a instrução, escrever os valores das variáveis X e Y na memória e o resultado em W, incrementar o PC de 1(posição 0 do vetor) assim como mostrar o valor do resultado nos leds.

Posteriormente passar para a próxima instrução e assim sucessivamente. Vamos considerar inicialmente um intervalo de 2 segundos entre cada instrução, para podermos acompanhar as respostas nos LEDs.

Ao final da execução de cada instrução deveremos ter um DUMP da memória, ou seja, o Arduino mostrará todos os valores contidos na memória para acompanharmos a execução. Esta opção poderá estar continuamente ativa ou ser ativada caso o usuário deseje. Procure mostrar neste DUMP apenas as posições onde existem valores na memória e não toda ela. A cada linha executada uma nova linha deverá ser mostrada exatamente como a memória está. Para o exemplo 2, poderíamos ter a seguintes respostas:

Carga do vetor:

- >| 4 | 0 | 0 | 0 | C6B | A3E |

Após a execução da primeira instrução:

- >| 5 | 4 | C | 6 | C6B | A3E |

Após a execução da segunda instrução:

- >| 6 | B | A | 3 | C6B | A3E |

Um possível formato da tela que irá aparecer no arduino, com um intervalo de 4 segundos entre cada linha:

- >| 4 | 0 | 0 | 0 | C6B | A3E | | |

- >| 5 | 4 | C | 6 | C6B | A3E | | |

- >| 6 | B | A | 3 | C6B | A3E | | |

Observe que não mostramos todo o vetor (ou a nossa memória), apenas até onde temos alguma coisa na memória.

O Software no PC

O software no PC poderá ser escrito em C, C++, C# , Java ou Python.

Você deverá criar um programa que transforme um texto lido de um arquivo nas instruções a serem executadas e permita a sua execução linha a linha através do console. Para isso, o programa deverá inicialmente ler um arquivo contendo um texto original com os mnemônicos (instruções a serem executadas) e gerar um segundo texto, onde cada linha seja transformada nos valores que serão disponibilizados para a porta USB/serial (ou digitados) no Arduino. Esse segundo texto deverá ser um arquivo gravado com os respectivos valores a serem enviados para a porta USB/serial (ou digitados) porém no formato hexadecimal.

Você deverá utilizar o conjunto de instruções que a ULA possui ilustrado na Figura 2. A Figura 3 ilustra um pequeno exemplo de código a ser transformado. A Figura 4 ilustra o programa a ser gerado. Os nomes dos arquivos indicados nas Figuras 3 e 4 correspondem aos nomes que você deverá utilizar no programa para leitura e escrita.

```
inicio:
X=C;
Y=6;
W=AeB;
X=A;
Y=3;
W=AoB;
W=AeBn;
X=D;
W=nB;
fim.
```

Figura 3: Exemplo do programa de teste "testeula.ula"

```
C6B
A3E
A34
D35
```

Figura 4: Programa gerado "testeula.hex"

Como se vê, o programa fonte (testeula.ula) é convertido no programa executável (testeula.hex) e que deverá ser carregado no arduino para posterior execução.

O que será executado no arduino deverá ser o programa no formato .hex, Figura 4 e não o programa fonte original (programa no formato .ula, Figura 3).

O ciclo de execução da máquina pode ser entendido através da Figura 5 a seguir.

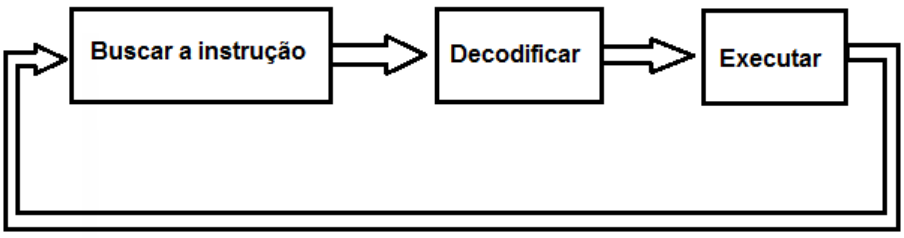


Figura 5: Ciclo de execução de uma instrução

2. O que apresentar ao final do projeto

1) Um programa no Arduino que simule uma ULA e receba os valores dos dados e instruções através da porta serial ou sejam digitados.
2) Um programa de acesso em C/C++/Java/Python (com muitos comentários!) que:
   a) **leia um programa fonte (com os dados e os mnemônicos), você deverá criar um programa fonte de teste. Durante a aula um outro programa será utilizado para verificação do trabalho.**
   b) **gere um arquivo hexa correspondente aos dados e instruções** e
   c) **envie dados e instruções** para a ULA (Arduino)

   O programa de teste possuirá o nome "testeula.ula" e você só terá acesso a ele no momento do teste. O formato será o mesmo descrito na Figura 3 e os mnemônicos da Figura 2. O programa gerado deverá possuir o nome "testeula.hex".
   Para o seu teste crie seu próprio programa fonte, lembre-se de procurar testar todas as instruções possíveis.

Cada grupo fará a apresentação dos programas, **(será a nota desse relatório, não haverá entrega pela internet, apenas a apresentação.)**

Cada grupo deverá estar com os programas disponíveis e fazer a apresentação do trabalho.

Eu irei avaliar/ testar individualmente os programas de cada grupo durante a apresentação, alunos que participaram do trabalho mas ausentes na apresentação, não terão nota.
Grupos que não estiverem com os programas não terão nota, o mesmo acontecendo com trabalhos copiados.

Principais situações onde se pode perder pontos:

1) O programa .hex ser executado conforme as instruções serem inseridas e não após copiar todas as instruções para a memória (ou o vetor memória).
2) Não usar o valor da posição PC para indexar no vetor memória a instrução a ser executada.
3) O formato da execução mostrado no Arduino não mostrar o vetor memória de forma clara (PC, W, X, Y e as instruções) e não for mostrado conforme a execução instrução por instrução.
4) Algum mnemônico não for interpretado corretamente.
5) Alguma instrução não for executada corretamente.
6) Os códigos tanto do Arduino quanto do PC não estiverem comentados.

Comece já, você nunca terá tanto tempo!