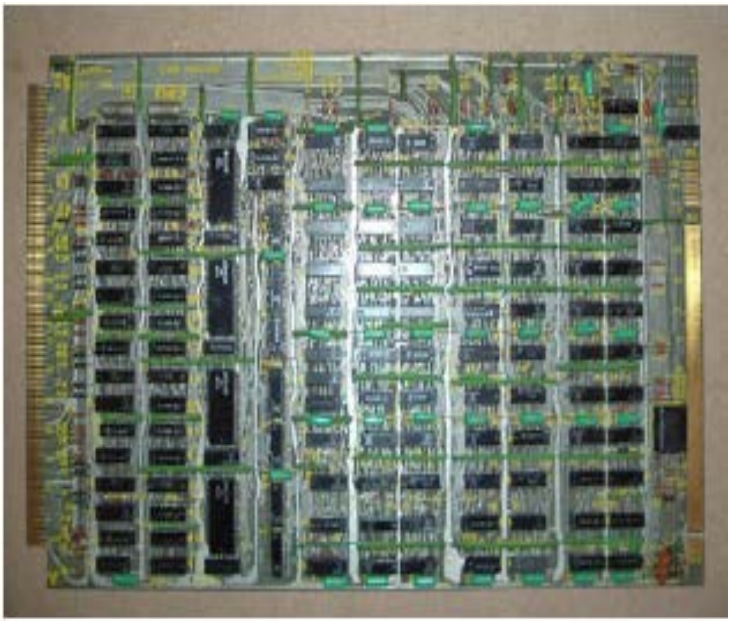
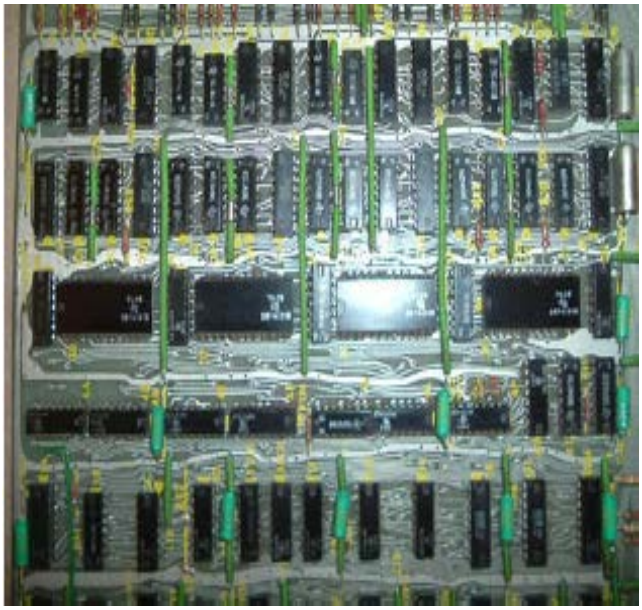
Lab. AC II – Exercício Prático 03

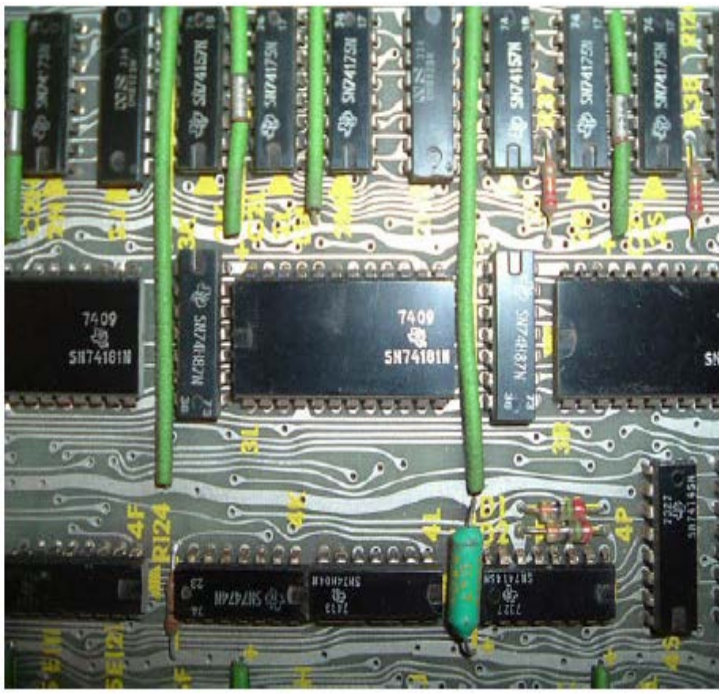
ULA 4 bits (programa montador) + Arduino

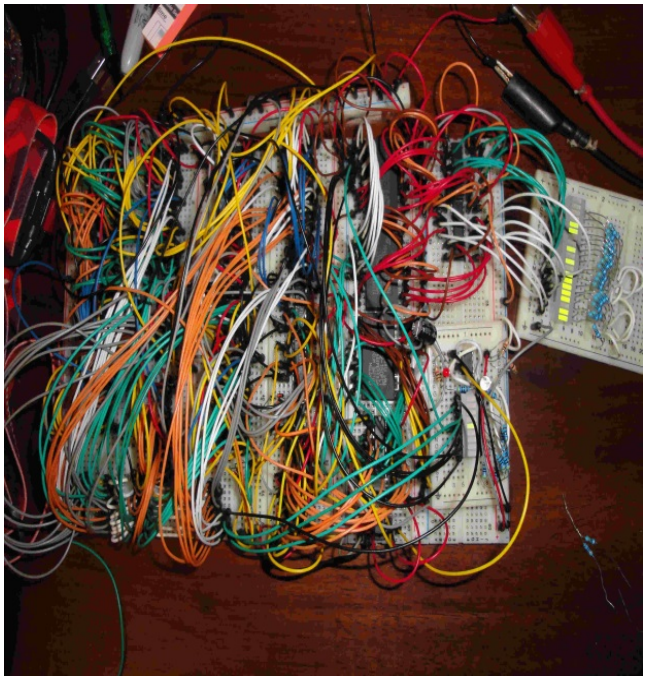
Introdução

Nesta experiência usaremos um circuito semelhante ao 74181 como base, que foi inicialmente utilizado para a construção de computadores de 8 e 16 bits (conforme as figuras abaixo). Iremos implementar uma ULA similar dentro do Arduino, por isso é importante conhecê-la.







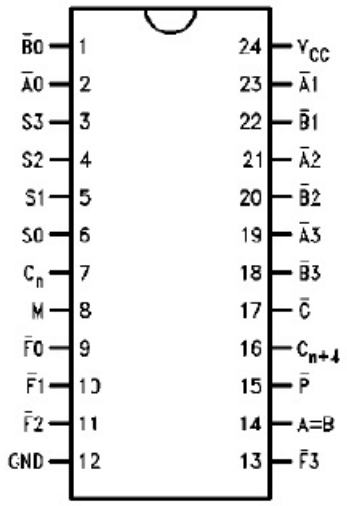


Como a ULA funciona.

A ULA a ser utilizada é a 74LS181, que possui 4 bits de controle e é uma ULA de 4 bits (saída). Portanto, opera sobre duas entradas de 4 bits. A distribuição dos pinos pode ser vista a seguir:

SELECTION				M = H	ACTIVE-HIGH DATA M = L; ARITHMETIC OPERATIONS	
S3	S2	S1	S0	LOGIC FUNCTIONS	$\overline{C_n}$ = H (no carry)	$\overline{C_n}$ = L (with carry)
L	L	L	L	$F = \overline{A}$	F = A	F = A PLUS 1
L	L	L	H	$F = \overline{B}$	F = A + B	F = (A + B) PLUS 1
L	L	H	L	F = 1	$F = A + \overline{B}$	$F = (A + \overline{B})$ PLUS 1
L	L	H	H	F = 0	F = MINUS 1 (2's COMPL)	F = ZERO
L	H	L	L	$F = \overline{AB}$	$F = A$ PLUS $A\overline{B}$	$F = A$ PLUS $A\overline{B}$ PLUS 1
L	H	L	H	$F = \overline{A + B}$	$F = (A + B)$ PLUS $A\overline{B}$	$F = (A + B)$ PLUS $A\overline{B}$ PLUS 1
L	H	H	L	$F = A \oplus B$	F = A MINUS B MINUS 1	F = A MINUS B
L	H	H	H	$F = A\overline{B}$	$F = A\overline{B}$ MINUS 1	$F = A\overline{B}$
H	L	L	L	$F = \overline{A} + B$	F = A PLUS AB	F = A PLUS AB PLUS 1
H	L	L	H	$F = \overline{A \oplus B}$	F = A PLUS B	F = A PLUS B PLUS 1
H	L	H	L	$F = A + B$	$F = (A + \overline{B})$ PLUS AB	$F = (A + \overline{B})$ PLUS AB PLUS 1
H	L	H	H	F = AB	F = AB MINUS 1	F = AB
H	H	L	L	F = 0	F = A PLUS A	F = A PLUS A PLUS 1
H	H	L	H	$F = A + \overline{B}$	F = (A + B) PLUS A	F = (A + B) PLUS A PLUS 1
H	H	H	L	F = B	$F = (A + \overline{B})$ PLUS A	$F = (A + \overline{B})$ PLUS A PLUS 1
H	H	H	H	F = A	F = A MINUS 1	F = A

Connection Diagram



Pin Descriptions

Pin Names	Description
$\overline{A}0$–$\overline{A}3$	Operand Inputs (Active LOW)
$\overline{B}0$–$\overline{B}3$	Operand Inputs (Active LOW)
S0–S3	Function Select Inputs
M	Mode Control Input
C_n	Carry Input
$\overline{F}0$–$\overline{F}3$	Function Outputs (Active LOW)
A = B	Comparator Output
G	Carry Generate Output (Active LOW)
$\overline{P}$	Carry Propagate Output (Active LOW)
C_{n+4}	Carry Output

Nessa primeira parte do experimento você deverá entender como esta ULA funciona pois você irá utilizá-la nas partes seguintes do exercício

Você também deverá utilizar o conceito de barramento para cada entrada e/ou saída, isso evitará um número muito grande de conexões.

Iremos testar todas as funções lógicas da ULA da seguinte forma:

- criaremos uma palavra de 12 bits (os primeiros 4 bits para A0, A1, A2 e A3), os próximos 4 bits para B (B0, B1, B2 e B3) e os 4 bits finais para a operação desejada (S0, S1, S2 e S3). O valor a ser preenchido da tabela será o resultado da operação.

Exemplo:

Instrução	Binário	Resultado da operação
4CB	**010011001011**	4

O significado da instrução é o seguinte (observe que escrevemos os valores em Hexadecimal para simplificar):
- O valor de A = 4 (ou **0100** em binário)
- O valor de B = C (ou **1100** em binário)
- A operação será B (ou **1011** em binário)

O que deveremos então fazer será a operação **1011** sobre os dados **0100** (que é o valor de A ou o primeiro operando) sobre **1100** (que é o valor de B ou o segundo operando).

Quando olhamos na tabela da ULA, a operação 1011 (ou H L H H) corresponde a F = AB, ou seja, a saída da ULA será o AND de A com B. Como A=0100 e B=1100, o AND de A e B será 0100, que é o resultado da operação e que deverá ser colocado na tabela (0100 = 4).

Complete agora a tabela a seguir onde todas as instruções que a ULA pode fazer serão testadas.

Instruções	Binário	Resultado da operação
450		
CB1		
A32		
C43		
124		
785		
9B6		
CD7		
FE8		
649		
D9A		
FCB		
63C		
98D		
76E		
23F		

Arquitetura proposta

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

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

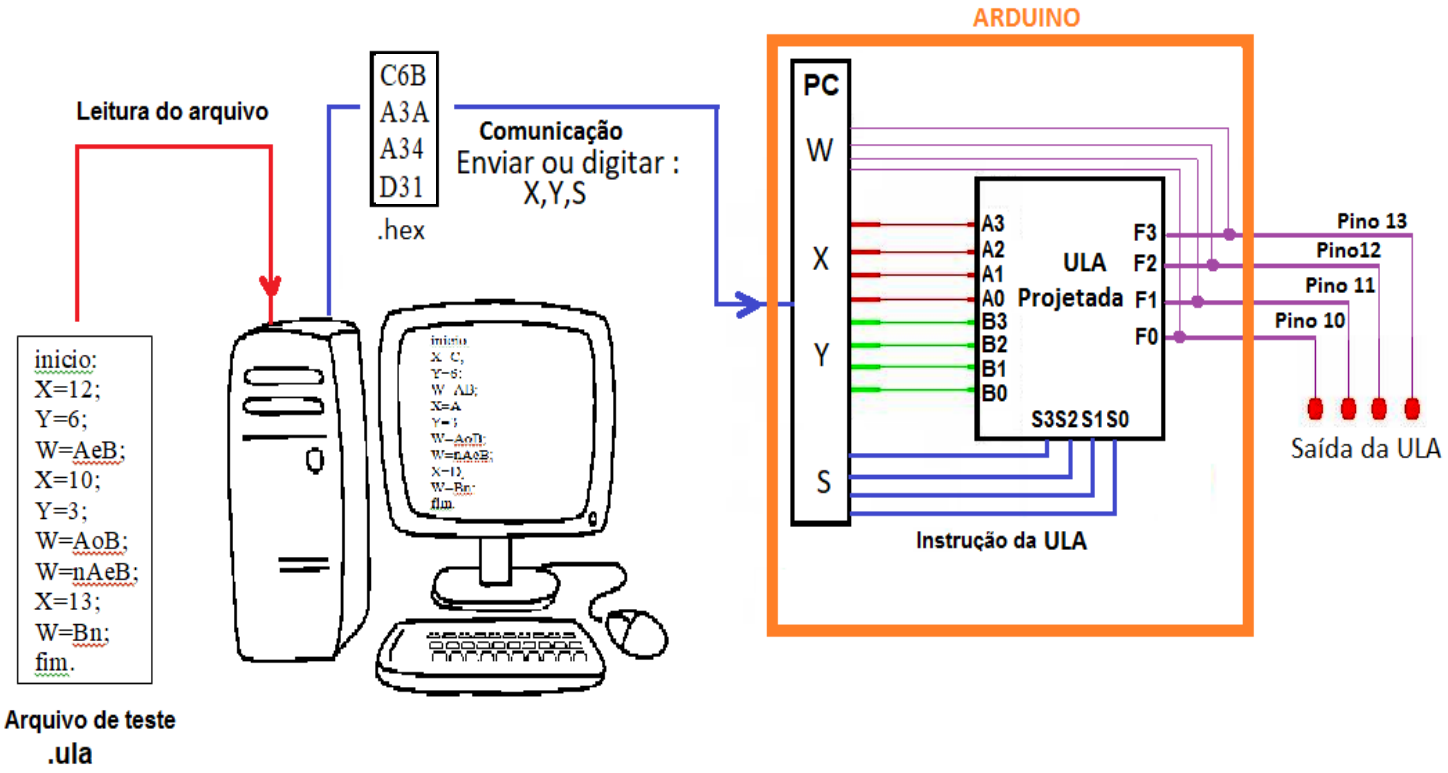


Figura 1: Arquitetura do sistema proposto

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 seguinte conjunto de instruções para a ULA:

Função	Mnemônico	Código Hexa
$F = \overline{A}$	An	0
$F = \overline{B}$	Bn	1
F = 1	umL	2
F = 0	zeroL	3
$F = \overline{A \cdot B}$	nAeB	4
$F=\overline{A + B}$	nAoB	5
$F = A \oplus B$	AxB	6
$F = A \cdot \overline{B}$	AeBn	7
$F = \overline{A} + B$	AnoB	8
$F = \overline{A \oplus B}$	nAxB	9
F = A + B	AoB	A
F = A . B	AeB	B
$F = \overline{A} \cdot B$	AneB	C
$F = A + \overline{B}$	AoBn	D
F = B	copiaB	E
F = A	copiaA	F

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

A Figura 3 ilustra um pequeno exemplo de código a ser transformado ou o programa fonte. A Figura 4 ilustra o programa a ser gerado ou o programa hex. Os nomes dos arquivos indicados nas Figuras 3 e 4 correspondem aos nomes que você deverá utilizar no programa para leitura e escrita.

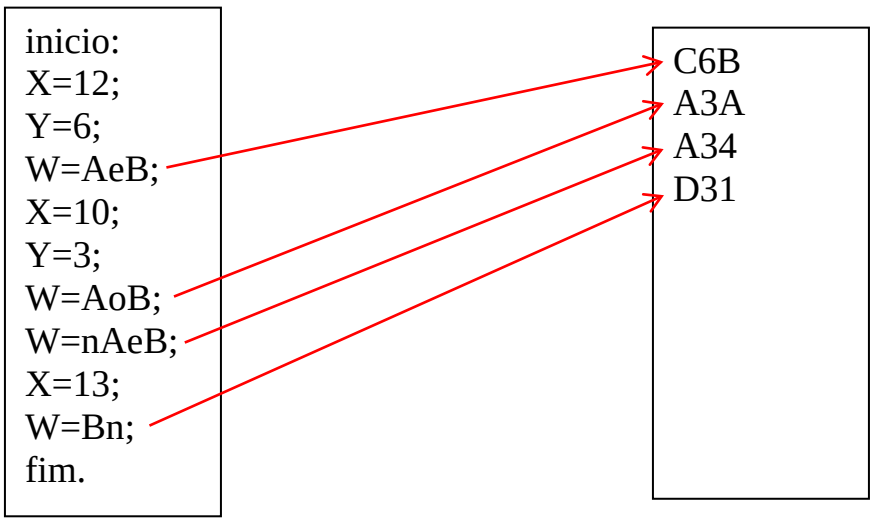


Figura 3: Exemplo do programa de teste "testeula.ula"

Figura 4: Programa gerado "testeula.hex"

Como se vê, o programa fonte (testeula.ula) é convertido no programa executável (testeula.hex).

O ciclo de execução da máquina pode ser entendido através da Figura 5 a seguir e que é executado sobre o programa hex. Imagine que cada linha do programa hex esteja em uma posição da memória e que aconteça a busca de uma instrução de cada vez.

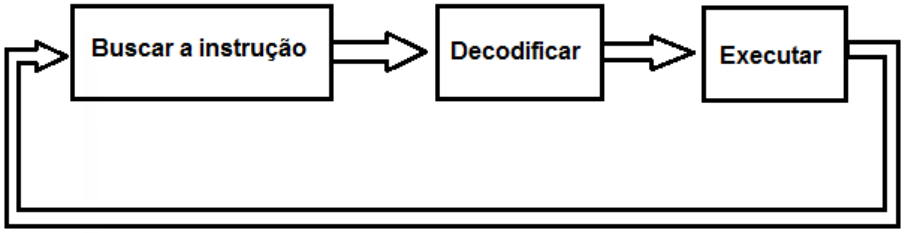


Figura 5: Ciclo de execução de uma instrução

O Programa no Arduino

A ideia é executar exatamente o ciclo de instruções proposto na figura 5 dentro do Arduino.

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).

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 (nAeB), ou seja (A.B)' 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.

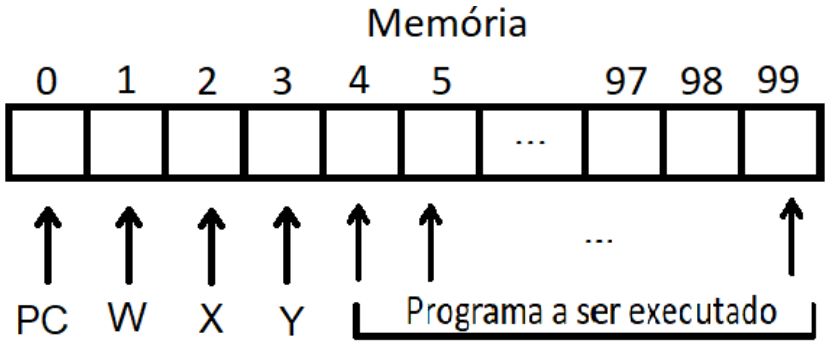
Para não haver confusão nos valores, deveremos usar os números em Hexadecimal, assim, se passarmos ao Arduino os seguintes dados AAA, o significado será:
Valor de X = 10, valor de Y=10 e a instrução desejada ou S=10. A ULA projetada no arduino deverá então realizar, conforme o conjunto de instruções 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.

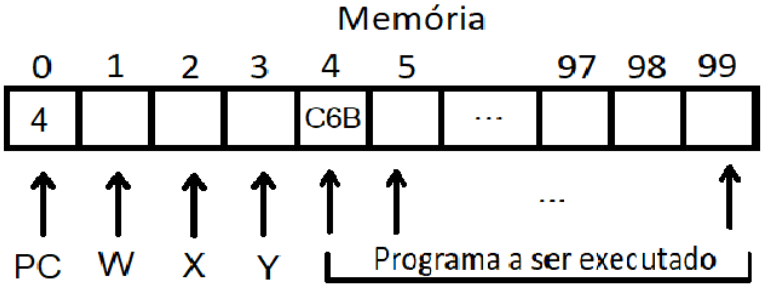
Deveremos ainda acompanhar a evolução do programa observando 4 leds indicadores dos resultados ou seja, a saída da ULA deverá estar presente nos seguintes pinos:

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:

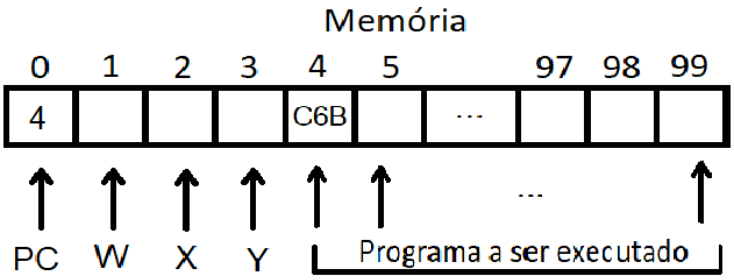
Em um primeiro momento faremos a carga do programa, que no nosso caso será executar apenas a instrução C6B. Assim, a instrução será colocada na primeira posição do vetor onde o programa tem início, ou seja o índice 4 do vetor. A primeira posição (PC) deverá indicar qual o índice do vetor onde esta instrução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



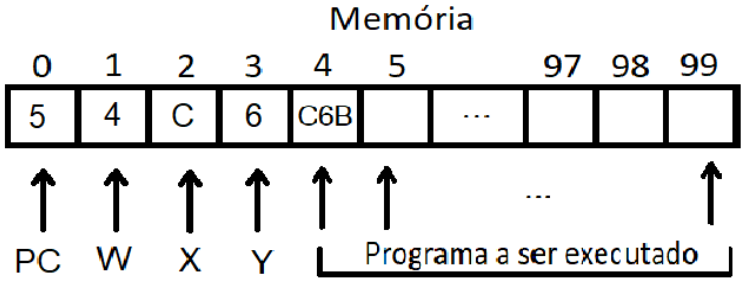
Em um segundo momento deveremos executar a instrução ou seja, verificar no PC qual a posição do vetor que contem a instrução, ler esta instrução, atribuir os valores de X, Y e após decodificar e executar a instrução escrever o valor de W.

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 AB, ou seja como S=1011 indica que queremos a instrução AB (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):



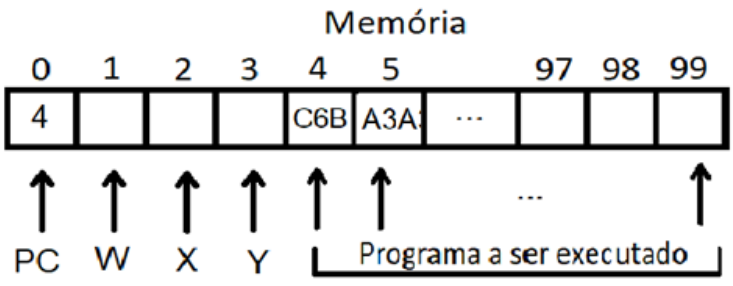
Após a execução da instrução(após o segundo momento):



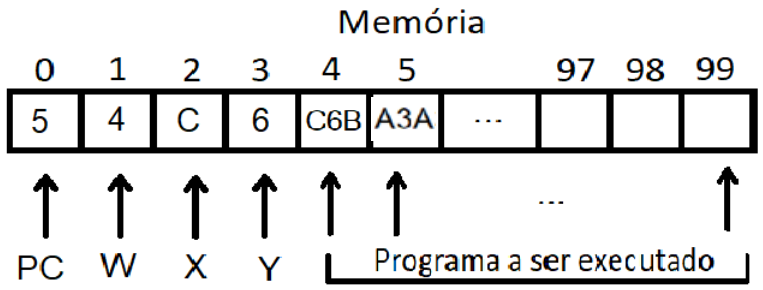
Observe que agora o PC está indicando que a próxima instrução está na posição 5, que no nosso caso não possui nenhuma instrução.

Exemplo 2: Vamos supor que iremos executar agora duas instruções, C6B e logo a seguir A3A. 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:

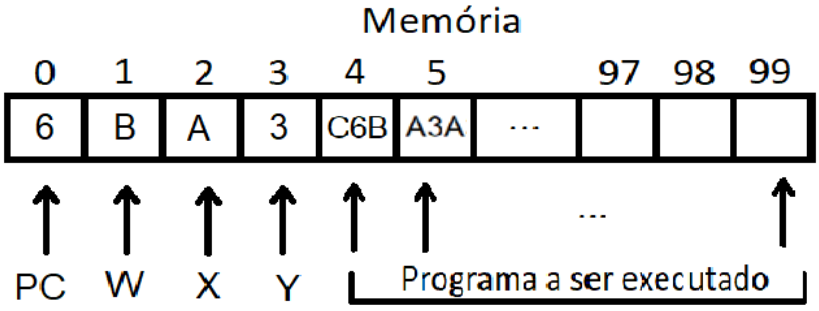


2) Após a execução da primeira instrução:



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=A(1010). A operação A, 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.

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 | A3A |

Após a execução da primeira instrução:

- >| 5 | 4 | C | 6 | C6B | A3A |

Após a execução da segunda instrução:

- >| 6 | B | A | 3 | C6B | A3A|

Um possível formato da tela que irá aparecer no arduino, com um intervalo de 2 segundos entre cada linha:

- >| 4 | 0 | 0 | 0 | C6B | A3A | | |

- >| 5 | 4 | C | 6 | C6B | A3A | | |

- >| 6 | B | A | 3 | C6B | A3A | | |

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

Como o programa no PC e o programa no Arduino se completam:

O que será executado no arduino deverá ser o programa testeula.hex, Figura 4, (Não é o programa com os mnemônicos).

Inicialmente todo o programa em hexa deverá ser passado ao Arduino. Não passar uma instrução de cada vez.

ATENÇÃO : Não é para digitar uma instrução e esta instrução ser imediatamente executada, neste momento apenas deveremos preencher o vetor com todas as instruções que estão no programa testeula.hex.

Após esta carga da memória o programa do Arduino terá início, executando uma instrução de cada vez e mostrando os resultados no Dump de memória e nos Leds de saída.

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 (no tinkercad através do "Monitor Serial").
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**

   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.

Para o teste de todo o sistema deveremos copiar o texto do programa gerado "testeula.hex" no Monitor Serial do Arduino e executar todas as linhas acompanhando a execução através do Dump de memória.

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 no relatório, o mesmo acontecendo com trabalhos copiados.

Comece já, você nunca terá tanto tempo!