PROJETO 2017

(PCS3446 - Sistemas Operacionais)

Professor: João José Neto

Autor: Victor Funabashi

NUSP: 8992221

Sumário

1.	Introdução	2
2.	Inclusão do ponteiro de 16 bits	2
3.	Modificação das instruções para abrigar endereçamento indireto	3
4.	Multiprogramação e Extensão da Memória Física	5

1. Introdução

O objetivo deste projeto é a elaboração de uma simulação da operação de um sistema operacional multiprogramado em uma versão modificada da Máquina de von Neumann (MVN).

Para isso, utilizou-se a MVN projetada na disciplina PCS3216 – Sistemas de Programação na linguagem Java, modificando-a para aceitar as necessidades.

2. Inclusão do ponteiro de 16 bits

Para a inclusão do conceito do ponteiro de 16 bits, criou-se uma classe em Java que recebe os dois byes e já os separa nas duas características:

- z Processo: Os 4 bits mais significativos indicam um dos 16 possíveis processos do programa
- z Endereço: Os outros 12 bits (os menos significativos) representam a posição de memória em que se encontra o processo indicado

Realizou-se os seguintes testes para verificar o funcionamento correto do ponteiro:

- Passagem correta: um número hexadecimal de 4 algarismos
- Erro tipo 1: Processo inválido o primeiro caractere não corresponde a um valor hexadecimal
- ⊕ Erro tipo 2: Endereço inválido os 3 últimos caracteres não correspondem a um número hexadecimal
- Tro tipo 3: Passa-se um valor para o ponteiro que não contenha 2 bytes

A Figura 1 contém os valores testados e os resultados. Ressalta-se que os erros aqui considerados muito provavelmente não ocorrerão, devido ao uso deste ponteiro. Contudo foram formas defensivas planejadas, principalmente pelo fato de se utilizar Strings para o número em hexadecimal (sendo simples separar em/concatenar bytes).

Entrada: a0d8 Número do processo = 10 Endereco de memória = 0d8 Não existe esse processo Entrada: ybcd Número do processo = 0 Endereço de memória = bcd Não existe esse endereco Entrada: agf2 Número do processo = 10 Endereço de memória = null Erro! Tentiva de passar passar conteudo errado Entrada: abd Número do processo = 0 Endereço de memória = null Erro! Tentiva de passar passar conteudo errado Entrada: abd05 Número do processo = 0 Endereco de memória = null

Figura 1 - Resultado do teste do ponteiro de 16 bits

3. Modificação das instruções para abrigar endereçamento indireto

Como recomendado no enunciado do projeto, eliminou-se a instrução RS (código de instrução B), substituindo-a por IND.

Essa nova instrução transforma a instrução seguinte em endereçamento indireto, por exemplo:

Endereço de memória	Instrução (memoria[endereço]+memoria[endereço+1])	PC
010	D000	012
012	B000	014
014	43A2	3A2
016	3002	
3A2	9066	3A4

A Figura 2 apresenta o resultado dessa implementação. O programa ("sqrtN.txt") se inicia no endereço 00E. Lá se tem a instrução B000. Isso implica que a instrução seguinte (contida no endereço 010) será agora um ponteiro de 16 bits para o operando. Exatamente o que ocorre, dado que ao fim do que se tem na figura, o endereço atual (PC) é justamente o conteúdo dos 12 bits menos significativos do conteúdo de memória em 010 (região destacada).

```
000
          00
               00
                    00
                        00
                             00
                                  00
                                      00
                                           00
                                                00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                  00
                                                                       00
                                                                            B0
                                                                                00
001
          40
               3E
                    00
                        00
                             00
                                  00
                                      00
                                           00
                                                00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                  00
                                                                       00
                                                                            00
                                                                                00
002
          00
               00
                    00
                        00
                             00
                                  00
                                      00
                                           00
                                                00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                  00
                                                                       00
                                                                            00
                                                                                00
003
          00
               00
                    00
                        00
                             00
                                  00
                                      00
                                           00
                                                00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                  00
                                                                       00
                                                                            DØ
                                                                                00
004
          90
               67
                    90
                        69
                             80
                                  64
                                      90
                                           66
                                                90
                                                    68
                                                         80
                                                              69
                                                                  50
                                                                       66
                                                                            10
                                                                                62
005
           20
               62
                    90
                        69
                             80
                                  68
                                      40
                                           64
                                                90
                                                    68
                                                         80
                                                              66
                                                                  40
                                                                       65
                                                                            90
                                                                                66
006
          00
               4A
                    CØ
                        32
                             01
                                  02
                                      00
                                           00
                                                00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                  00
                                                                       00
                                                                            00
                                                                                00
007
          00
               00
                    00
                        00
                             00
                                  00
                                      00
                                           00
                                                00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                  00
                                                                       00
                                                                            00
                                                                                00
acc = 0
                     PC = 00E
4) adicionar interrupcao
5) desligar o passo-a-passo
Manter
O que desejas fazer? 0
000
               00
          99
                   aa
                        99
                             99
                                 99
                                      99
                                          99
                                               99
                                                    99
                                                        99
                                                             aa
                                                                  aa
                                                                       aa
                                                                           BØ
                                                                                aa
001
          40
               3E
                   00
                                           00
                                               00
                                                         00
                                                             00
                                                                       00
                                                                                00
                        aa
                             99
                                 99
                                      aa
                                                    99
                                                                  aa
                                                                           aa
002
          00
                   00
                                                                                00
               aa
                        aa
                             99
                                 99
                                      aa
                                           99
                                               aa
                                                    99
                                                         99
                                                             aa
                                                                  aa
                                                                       aa
                                                                           aa
993
          aa
               aa
                   aa
                        aa
                             99
                                 99
                                      aa
                                           99
                                               aa
                                                    99
                                                         aa
                                                             aa
                                                                  aa
                                                                       aa
                                                                           DØ
                                                                                aa
994
          90
               67
                   90
                             80
                                 64
                                      90
                                           66
                                               90
                                                         80
                                                             69
                                                                  50
                                                                       66
                                                                           10
                                                                                62
                        69
                                                    68
995
               62
                   90
                             80
                                 68
                                      40
                                           64
                                               90
                                                         80
                                                             66
                                                                  40
                                                                       65
                                                                           90
                                                                                66
          20
                        69
                                                    68
996
               4Δ
                   CØ
                             91
                                 92
                                           99
                                               aa
                                                         aa
                                                             aa
                                                                  aa
                                                                           aa
                                                                                aa
          99
                        32
                                      aa
                                                    99
                                                                       aa
997
               aa
                   aa
                             aa
                                 99
                                           aa
                                               aa
                                                    99
                                                        aa
                                                             aa
                                                                  aa
                                                                       aa
                                                                           aa
                                                                                aa
          99
                        aa
                                      99
acc = 0
              ı
                    PC = 010
4) adicionar interrupcao
desligar o passo-a-passo
Manter
O que desejas fazer? 0
000
          aa
               aa
                   00
                        00
                             00
                                 00
                                      00
                                          00
                                               99
                                                    00
                                                        00
                                                             00
                                                                  00
                                                                       aa
                                                                           BØ
                                                                                00
001
          40
               3E
                   00
                        00
                             00
                                 00
                                      00
                                           99
                                               aa
                                                    00
                                                         aa
                                                             aa
                                                                  00
                                                                       aa
                                                                           00
                                                                                00
002
          00
               aa
                   00
                        00
                             00
                                 00
                                      00
                                           00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                             00
                                                                  00
                                                                       aa
                                                                           00
                                                                                00
003
          00
               00
                   00
                        00
                             00
                                 00
                                      00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                        00
                                                             00
                                                                  00
                                                                       00
                                                                           DØ
                                                                                00
          90
               67
                   90
                        69
                             80
                                 64
                                      90
                                           66
                                               90
                                                    68
                                                         80
                                                             69
                                                                  50
                                                                       66
                                                                           10
                                                                                62
004
                                 68
005
               62
                   90
                             80
                                      40
                                               90
                                                         80
                                                                  40
                                                                       65
                                                                           90
          20
                        69
                                           64
                                                    68
                                                             66
                                                                                66
               4A
                   CØ
                             01
                                      00
                                               00
                                                             00
                                                                  00
                                                                           00
                                                                                00
006
          00
                        32
                                 02
                                           00
                                                    00
                                                         00
                                                                       00
007
               00
                        00
                             00
                                 00
                                               00
                                                    00
                                                             00
                                                                  00
                                                                           00
                                                                                00
          00
                   00
                                      00
                                           00
                                                        00
                                                                       00
acc = 0
                    PC = 03E
```

Figura 2 - Resultado do teste de instrução de endereçamento indireto

Para se verificar isso, carregou-se a lista inicial de eventos (opção 0), ligou-se o modo passo-a-passo (opção 2), iniciou-se a simulação (opção 4). Em seguida foi-se seguindo os passos (digitando qualquer número que não fosse 4 ou 5), carregou-se, no meio do processo, o programa "sqrtN.txt" (digitou-se o conteúdo entre as aspas) até chegar no instante da Figura 2.

4. Multiprogramação e Extensão da Memória Física

Para essa seção faz-se duas ações: partição (lógica) da memória em 16 bancos (cada banco com 256 espaços cada); tabelas, uma para cada programa alocado, que realizam o mapeamento entre a posição lógica (definida no programa) com a física (posição absoluta) de memória de cada instrução.

Para tal, para cada programa, tem-se um endereço base a partir do qual ele será alocado (000, 100, 200, assim por diante). Assim, caso um programa ultrapasse 256 instruções ele alocará outro banco.

Uma desvantagem desse método é que, caso ele não tenha um número de instruções superior a 256 e próximo de um múltiplo (por exemplo, 512) ter-se-á desperdício de espaço de memória. Em contrapartida, é possível alocar mais de um programa que estivesse com os mesmos endereços lógicos, tendo-se assim, uma memória física aparente maior.

Para se testar este módulo carregou-se dois programas (apresentados na Figura 3).

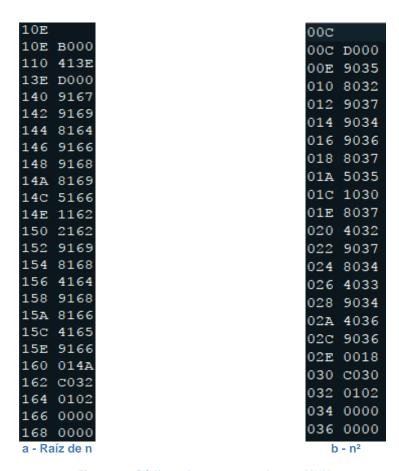


Figura 3 - Códigos-fonte carregados na MVN

O resultado da carga desses programas na memória deu nas tabelas de mapeamento mostradas na Figura 4.

00E	10E	B000	10C	00C	D000
010	110	413E	10E	00E	9035
03E	13E	D000	110	010	8032
040	140	9167	112	012	9037
042	142	9169	114	014	9034
044	144	8164	116	016	9036
046	146	9166	118	018	8037
048	148	9168	11A	01A	5035
04A	14A	8169	110	01C	1030
04C	14C	5166	11E	01E	8037
04E	14E	1162			
050	150	2162	120	020	4032
052	152	9169	122	022	9037
054	154	8168	124	024	8034
056	156	4164	126	026	4033
058	158	9168	128	028	9034
05A	15A	8166	12A	02A	4036
05C	15C	4165	12C	02C	9036
05E	15E	9166	12E	02E	0018
060	160	014A	130	030	C030
062	162	C032	132	032	0102
064	164	0102	134	034	0000
066	166	0000	136	036	0000
068	168	0000			
a -	mapa de raíz	de N		b - mapa de	n²

Figura 4 - Mapas de memória (por programa)

Para se testar esse mapeamento, executou-se os dois programas. Dessa forma já se implementou uma forma de *Multithreading*: *Multithreading* com Granularidade Grossa (CGMT), que opera da forma apresentada na Figura 5.

Num processador com suporte à "multithreading":



Figura 5 - CGMT (Fonte: Slide de aula de PCS3422 - Organização e Arquitetura de Computadores II)

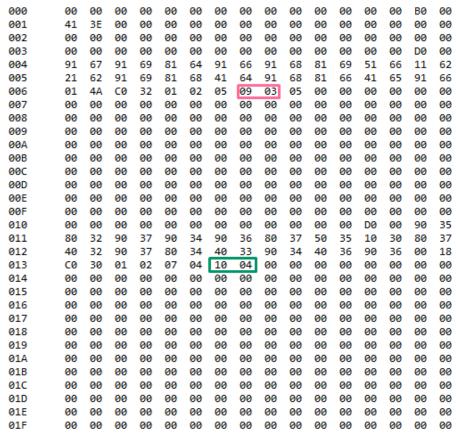
A Figura 6 apresenta a memória com os dois programas devidamente carregados, um em cada banco. Na Figura 6.a tem-se apenas os dois programas carregados.

Por outro lado, a Figura 6.b tem-se após a execução, a qual foi devidamente encerrada. Os dois bytes destacados em (–) tem-se o resultado de "raíz de n", sendo que o byte à esquerda contém o dado fornecido e o à direita, o resultado.

Já os bytes destacados em (-), o byte à direita contem o dado fornecido e o à esquerda, o resultado (n² em hexadecimal).

A visibilidade, tanto do mapa quanto da memória ocorreu por carregar a lista inicial de eventos (0), iniciar a simulação (4), carregar os dois programas ("sqrtN.txt" e "n2.txt") e colocar os dados, no caso "9" para o primeiro programa e "4" para o segundo.

```
000
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               В0
                                                                                    00
001
           41
               3E
                    99
                         99
                              99
                                   99
                                        99
                                             99
                                                  99
                                                       99
                                                            99
                                                                 99
                                                                      99
                                                                          99
                                                                               99
                                                                                    99
002
           00
               00
                         00
                              00
                                   00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                    00
                                        00
                                                            99
                                                                                    00
003
           00
               00
                              00
                                                                          00
                    00
                         00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                               DØ
                                                                                    00
004
           91
               67
                    91
                         69
                              81
                                   64
                                        91
                                             66
                                                  91
                                                       68
                                                            81
                                                                 69
                                                                      51
                                                                          66
                                                                               11
                                                                                    62
005
           21
               62
                    91
                         69
                              81
                                   68
                                        41
                                             64
                                                  91
                                                       68
                                                            81
                                                                 66
                                                                      41
                                                                          65
                                                                               91
                                                                                    66
006
           01
               4A
                         32
                              01
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
                    CØ
                                   02
                                                            00
007
           00
               00
                    00
                         99
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
998
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
009
                              99
                                                                          99
           99
               99
                    99
                         99
                                   99
                                        99
                                             99
                                                  99
                                                       99
                                                            99
                                                                 99
                                                                      99
                                                                               99
                                                                                    99
00A
           00
               00
                    00
                         00
                              99
                                   99
                                        99
                                             99
                                                  99
                                                       99
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
00B
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                     00
                                                                          00
                                                                                    00
                                                                               00
00C
           00
               00
                    00
                         99
                              00
                                   99
                                        00
                                             99
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               99
                                                                                    99
00D
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
00E
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                     00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
99F
           00
               00
                    00
                         99
                              00
                                   99
                                        00
                                             99
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    99
010
           00
                00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                     DØ
                                                                          00
                                                                               90
                                                                                    35
                    90
                         37
                              90
                                                  80
                                                       37
                                                            50
                                                                 35
                                                                      10
                                                                          30
                                                                                    37
911
           80
               32
                                   34
                                        90
                                             36
                                                                               80
012
           40
               32
                    90
                         37
                              80
                                   34
                                        40
                                             33
                                                  90
                                                       34
                                                            40
                                                                 36
                                                                      90
                                                                          36
                                                                               00
                                                                                    18
013
           CØ
                30
                    01
                         02
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
014
           99
               99
                    99
                         99
                              99
                                   99
                                        99
                                             99
                                                  99
                                                       99
                                                            99
                                                                 99
                                                                      99
                                                                          99
                                                                               99
                                                                                    99
015
           00
                00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
           00
                              00
                                                                          00
016
               00
                    00
                         00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                               00
                                                                                    00
017
           00
               00
                    00
                         99
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
018
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
                              99
                                                                          99
019
           99
               99
                    99
                         99
                                   99
                                        99
                                             99
                                                  99
                                                       99
                                                            99
                                                                 99
                                                                      99
                                                                               99
                                                                                    99
01A
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
01B
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
91C
           99
               99
                    99
                         99
                              99
                                   99
                                        99
                                             99
                                                  99
                                                       99
                                                            99
                                                                 99
                                                                      99
                                                                          99
                                                                               99
                                                                                    99
01D
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                 00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
01E
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                00
                                                                     00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
01F
           00
               00
                    00
                         00
                              00
                                   00
                                        00
                                             00
                                                  00
                                                       00
                                                            00
                                                                00
                                                                      00
                                                                          00
                                                                               00
                                                                                    00
                            a. Memória pré-execução
```



b. Memória pós-execução

Figura 6 - Memória com os dois programas testados

4.1 Alocação paginada

Para melhor testar-se essa função de extensão da memória, utilizou-se dos mesmos programas, contudo com algumas modificações, de modo que o programa de cálculo de \sqrt{n} ocupe duas páginas de memória lógica e n², 3 páginas (Figura 7).

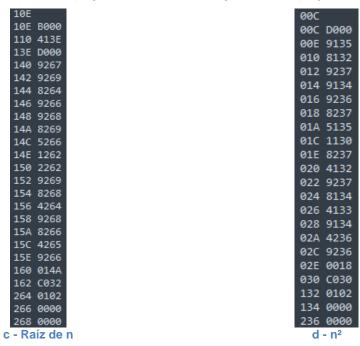


Figura 7 - Códigos-fonte carregados na MVN

A verificação da carga desses programas foi feita analisando suas tabelas de mapeamento (Figura 8). Essas, a menos dos endereços lógicos, são idênticas às contidas na Figura 4. Esse fato era esperado pois a mudança neste teste é para o comportamento de diversas páginas em um mesmo programa.

00E	10E	B000	10C	00C	D000
010	110	413E	10E	00E	9135
03E	13E	D000	110	010	8132
040	140	9267	112	012	9237
042	142	9269	114	014	9134
044	144	8264	116	016	9236
046	146	9266		:	
048	148	9268	118	018	8237
04A	14A	8269	11A	01A	5135
04C	14C	5266	11C	01C	1130
04E	14E	1262	11E	01E	8237
050	150	2262	120	020	4132
052	152	9269	122	022	9237
054	154	8268	124	024	8134
056	156	4264	126	026	4133
058	158	9268	128	028	9134
05A	15A	8266	12A	02A	4236
05C	15C	4265	120	02C	9236
05E	15E	9266			:
060	160	014A	12E	02E	0018
062	162	C032	130	030	C030
064	264	0102	132	132	0102
066	266	0000	134	134	0000
068	268	0000	136	236	0000
c - m	apa de ra	íz de N	d	I - mapa de	2 n ²

Figura 8 - Mapas de memória (por programa)

Por fim, averiguou-se o resultado obtido da execução desses programas, do mesmo modo descrito anteriormente, obtendo-se o resultado da Figura 9. Como pode-se reparar, não apenas teve-se os resultados corretos ($\sqrt{9}=3$ e $4^2=16_{10}=10_{16}$) como a carga foi feita de modo sequencial, como implementado, independente da página em que a instrução se encontra. Isso implica que a alocação foi correta, bem como sua tradução de endereços.

```
99
                                                                        99
aaa
           aa
                99
                     00
                          99
                                    99
                                          99
                                               aa
                                                    99
                                                         99
                                                              99
                                                                   aa
                                                                             99
                                                                                  R0
                                                                                       aa
                3E
001
           41
                     00
                          00
                               00
                                    aa
                                          00
                                               aa
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   aa
                                                                        aa
                                                                             aa
                                                                                  aa
                                                                                       aa
992
           99
                99
                     99
                               99
                                    99
                                                    99
                                                         99
                                                                   99
                                                                        99
                                                                                       99
                          99
                                          99
                                               99
                                                              99
                                                                             99
                                                                                  99
003
                00
                               00
                                                                   00
                                                                                       00
           00
                     00
                          00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  DØ
004
           92
                67
                     92
                          69
                               82
                                    64
                                          92
                                               66
                                                    92
                                                         68
                                                              82
                                                                   69
                                                                        52
                                                                                       62
                                                                             66
                                                                                  12
995
           22
                62
                     92
                          69
                               82
                                    68
                                          42
                                               64
                                                    92
                                                         68
                                                              82
                                                                   66
                                                                        42
                                                                             65
                                                                                  92
                                                                                       66
006
           01
                4A
                     C<sub>0</sub>
                          32
                               01
                                    02
                                          05
                                               09
                                                    03
                                                         05
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
007
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                                    00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                       00
                                               00
                                                         00
                                                                                  00
008
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                         00
                                               00
                                                    00
                                                         99
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
009
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                         00
                                              00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
                99
                               99
                                                    99
                                                                                       99
00A
           00
                     00
                          00
                                    99
                                         00
                                               00
                                                         99
                                                              00
                                                                   99
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  99
00B
           aa
                aa
                     aa
                          00
                               aa
                                    00
                                         00
                                               00
                                                    aa
                                                         aa
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             aa
                                                                                       aa
                                                                                  aa
aac
           99
                99
                     99
                          99
                               99
                                    99
                                          99
                                               99
                                                    99
                                                         99
                                                              99
                                                                   99
                                                                        99
                                                                             99
                                                                                  99
                                                                                       99
           00
                00
                               00
                                                                   00
                                                                                       00
00D
                     00
                          00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
00E
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
00F
           00
                99
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          99
                                               00
                                                    99
                                                         00
                                                              00
                                                                   99
                                                                        99
                                                                             99
                                                                                  00
                                                                                       99
010
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        DØ
                                                                             00
                                                                                  91
                                                                                       35
011
           81
                32
                     92
                          37
                               91
                                    34
                                          92
                                               36
                                                    82
                                                         37
                                                              51
                                                                   35
                                                                        11
                                                                                  82
                                                                                       37
                                                                             30
012
           41
                32
                     92
                          37
                               81
                                    34
                                          41
                                               33
                                                    91
                                                         34
                                                              42
                                                                   36
                                                                        92
                                                                             36
                                                                                  00
                                                                                       18
                                               04
                                          10
013
           C0
                30
                     01
                          02
                               97
                                    04
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
                               00
                                          99
                                               00
                                                                   99
014
           00
                99
                     99
                          00
                                    99
                                                    00
                                                         99
                                                              99
                                                                        99
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       99
                               00
                                    99
                                         00
                                                                   00
015
           00
                00
                     00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                        00
                                                                                       aa
                          00
                                               00
                                                                             00
                                                                                  00
           99
                99
                     99
                               99
                                    99
                                                         99
                                                                   99
                                                                        99
                                                                                       99
916
                          99
                                          99
                                               99
                                                    99
                                                              99
                                                                             99
                                                                                  99
017
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                              00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
018
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
019
           99
                99
                     99
                          99
                               99
                                    99
                                          99
                                               99
                                                    99
                                                         99
                                                              99
                                                                   99
                                                                        99
                                                                             99
                                                                                  99
                                                                                       99
01A
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
01B
           00
                00
                          00
                                               00
                                                    00
                                                              00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
                     00
                               00
                                    00
                                          00
                                                         00
                                                                   00
01C
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
01D
           00
                00
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    00
                                                         00
                                                              00
                                                                   00
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  00
                                                                                       00
01F
           00
                99
                     99
                          00
                               00
                                    00
                                          00
                                               00
                                                    99
                                                         00
                                                              00
                                                                   99
                                                                        00
                                                                             00
                                                                                  aa
                                                                                       00
01F
           aa
                     00
                          00
                               00
                                    00
                                         00
                                              00
                                                   00
                                                         00
                                                              00
                                                                   aa
                                                                        00
                                                                             aa
                                                                                  99
                                                                                       aa
                00
```

Figura 9 - Memória pós-execução dos programas

5. Memória Virtual e suas Interrupções

O primeiro passo para se realizar a memória virtual foi implementar uma estrutura de dados que corresponda ao disco. Segundo o enunciado seu tamanho deve ser tal que comporte 16 programas (16 bancos físicos disponíveis), cada um podendo endereçar 16 bancos lógicos de 4kB. Assim que a memória deve ter um tamanho de 1MB, que, para se assimilar à memória, simulou-a como sendo uma matriz de 64kB x 16B

```
String[][] disk; // matriz que simula o disco da maquina
this.disk = new String[65536][16]; // 64kB x 16B
```

O passo seguinte foi simular uma memória parcialmente cheia, isto é, um caso em que determinada página do programa não pode ser alocada. Isto foi necessário pois até o momento a carga de programa era feita completa. E a simulação se deve por estar carregando poucos programas de uma memória recém iniciada, logo vazia.

Para um dos programas anteriores ("sqrtN.txt") foi-se testada essa nova funcionalidade, o resultado (Figura 10) está conforme esperado, o qual, se comparado

com o obtido na seção 4, possui diferenças nas instruções contidas em diferentes páginas (do endereço lógico).

fisico	lo	gic		valu	e											
					-											
00E	1	0E		B00	0											
010	1	10		413	E											
03E	1	3E		D00	0											
040	1	40		926	7											
042	1	42		926	9											
044	1	44		826	4											
046	1	46		926	6											
048	1	48		926	8											
04A	1	4A		826	9											
04C	1	4C		526	6											
04E	1	4E		126	2											
050	1	50		226	2											
052	1	52		926	9											
054	1	54		826	8											
056	1	56		426	4											
058	1	58		926	8											
05A	1	5A		826	6											
05C	1	5C		426	5											
05E	1	5E	ĺ	926	6											
060	1	60		014	A											
062	1	62		C03	2											
NULL	2	64	ĺ	010	2											
NULL	2	66		000	0											
NULL	2	68	ĺ	000	0											
000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	BØ	00
001	41	3E	99	99	99	00	99	99	00	00	99	00	99	00	00	99
002	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
003	00	00	00	00	99	00	99	99	00	00	00	00	99	00	DØ	00
004	92	67	92	69	82	64	92	66	92	68	82	69	52	66	12	62
005	22	62	92	69	82	68	42	64	92	68	82	66	42	65	92	66
006	01	4A	C0	32	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Figura 10 - Carga de apenas uma página de um programa

Conforme informado no enunciado do projeto, a memória virtual (o disco) opera sobre blocos de 4kB, ou seja, o tamanho equivalente a uma memória. Logo, caso uma página não esteja presente, será necessário substituir todo o conteúdo da memória para executar a instrução.

Para isso, o primeiro passo é realizar a carga, no disco, de diferentes páginas do programa em diferentes blocos do disco. A fim de se identificar o bloco que aquela instrução se encontra, será adicionada essa característica à PMT (Page Map Table).

A verificação foi feita em duas etapas: escrita de um programa e escrita de mais de um programa (no caso dois programas).

Para ambos os casos, visando ter melhor visibilidade, apresenta-se apenas os blocos dos discos que são preenchidos e as posições vazias possuem "..", dado que podem haver blocos preenchidos apenas com "00" (o que impossibilitaria distinguir).

Também para simplificação fez-se que o bloco do disco ao qual a página é alocada é definido pelo algarismo hexadecimal (4 bits) mais significativo da posição lógica de memória.

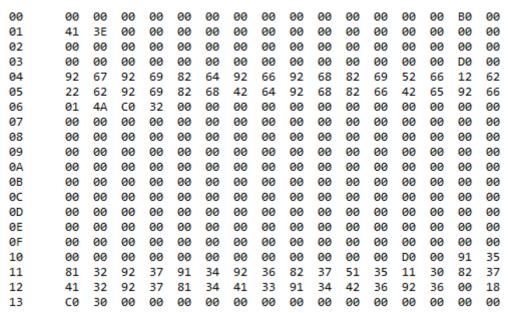
No primeiro caso, o resultado obtido é apresentado na Figura 11.

				fisio	o	log	ic	va	lue	1	loco					
					j					j -						
				00E	İ	10	E	В	000	İ	1					
				010	ĺ	110	0	4	13E	ĺ	1					
				03E	ĺ	13	E	D	000	ĺ	1					
				040		140	0	9	267		1					
				042		143	2	9	269		1					
				044		144	4	8	264		1					
				046		14	6		266		1					
				048	ļ	14			268	ļ	1					
				04A	. !	14			269	ļ	1					
				04C	. !	140			266	!	1					
				04E	. !	14			262	!	1					
				050	- !	150			262		1					
				052	-	15:			269		1					
				054	- !	154			268		1					
				056 058	-	150			264	-	1					
				05A	- 1	15 15			268 266	l	1					
				05C	- 1	150			265	- 1	1					
				05E	- 1	15			266	- 1	1					
				060	- 1	160			14A	l	1					
				062	i	16			032	i	1					
				NULL	i	26			102	i	2					
				NULL	i	26			000	i	2					
				NULL	i	26			000	i	2					
					- ·-											
								a - Pl	VI I							
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	В0	00
01	41	3E	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	DØ	00
04	92	67	92	69	82	64	92	66	92	68	82	69	52	66	12	62
05	22	62	92	69	82	68	42	64	92	68	82	66	42	65	92	66
06	01	4A	CØ	32	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
								nória								
100	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •	• • •	• •	• •	• •	• •	В0	00
101	41	3E	• •	• •	• •	• •	• • •	• • •	• •		• • •		• •	• •	• •	• •
102																
103															DØ	00
104	92	67	92	69	82	64	92	66	92	68	82	69	52	66	12	62
105	22	62	92	69	82	68	42	64	92	68	82	66	42	65	92	66
106	01	4A	CØ	32												
200																
201																
202																
203																
204																
205																
206					01	02	00	00	00	00						
	••	• •	••	••				ia Vi			:co)	•	•	• • •	••	•
						, - IA16		ia VI	ıudl	נטו	.00)					

Figura 11 - Carga de um programa em memória e disco

fisico	logic	value	bloco	fisico	logic	value	bloco
00E	10E	B000	1	10C	00C	D000	0
010	110	413E	1	10E	00E	9135	0
03E	13E	D000	1	110	010	8132	0
040	140	9267	1	112	012	9237	0
042	142	9269	1	114	014	9134	0
044	144	8264	1	116	016	9236	0
046	146	9266	1	118	018	8237	0
048	148	9268	1	11A	01A	5135	0
04A	14A	8269	1	11C	01C	1130	0
04C	14C	5266	1	11E	01E	8237	0
04E	14E	1262	1	120	020	4132	0
050	150	2262	1	122	022	9237	0
052	152	9269	1	124	024	8134	0
054	154	8268	1	126	026	4133	0
056	156	4264	1	128	028	9134	0
058	158	9268	1	12A	02A	4236	0
05A	15A	8266	1	12C	02C	9236	0
05C	15C	4265	1	12E	02E	0018	0
05E	15E	9266	1	130	030	C030	0
060	160	014A	1	NULL	132	0102	1
062	162	C032	1	NULL	134	0000	1
NULL	264	0102	2	NULL	236	0000	2
NULL	266	0000	2				
NULL	268	0000	2				

a - PMT (sqrtN à esquerda | n² à direita)



b - Memória Principal

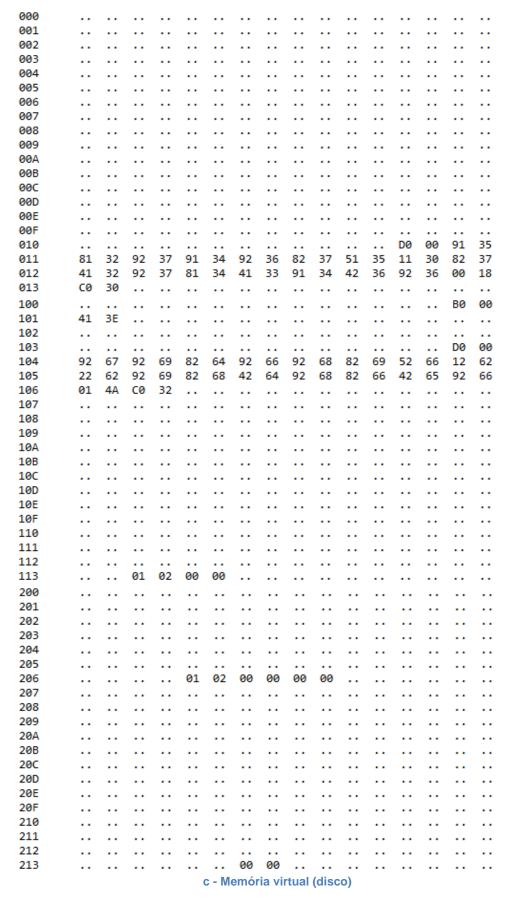


Figura 12 - Carga de dois programas em memória e disco

Já o segundo caso, foi feito para verificar a integridade do que estava feito, ou seja, sem sobrescrever conteúdo de memória que poderiam se sobrepor e manter mais de um programa na memória (e no disco). O resultado, como esperado e desejado, pode ser visto na Figura 12.

O passo seguinte foi criar um tratamento para o caso de o bloco necessário não ser o contido na memória. Para isso criou-se uma variável "blocoAtual" que indica a qual bloco do disco corresponde o conteúdo da memória.

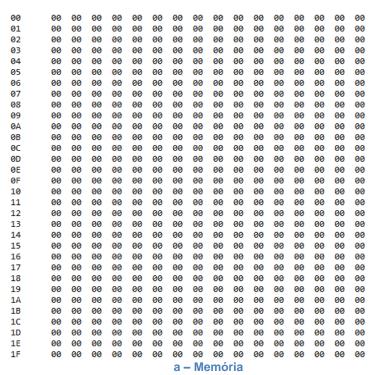
Então fez-se os seguintes passos:

- Armazenar o conteúdo da memória no bloco correspondente do disco;
- Puxar o conteúdo do bloco desejado do disco para a memória;

Como o objetivo desta etapa era apenas o tratamento, fez-se como condições iniciais (anteriores à substituição dos blocos):

- Conteúdo da memória vazio (todas as posições com "00");
- Conteúdo do disco vazio, para visualização se fez
 - o Bloco '1' com "**"
 - Blocos restantes com ".." (mas mostrar-se-á somente o bloco '0' pelo uso no teste)
- blocoAtual = 0 e 'blocoDesejado' = 1

Ao executar o tratamento, repara-se que foi executado corretamente, pois o conteúdo da memória foi devidamente armazenado no disco, enquanto o conteúdo desejado do disco foi colocado na memória.



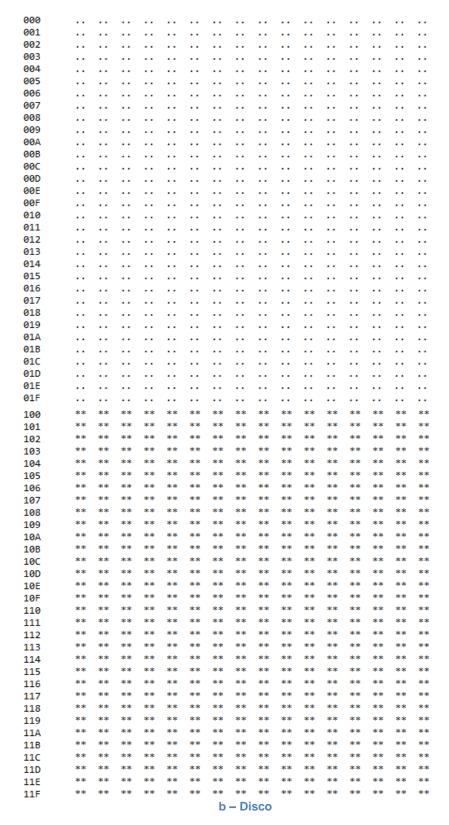
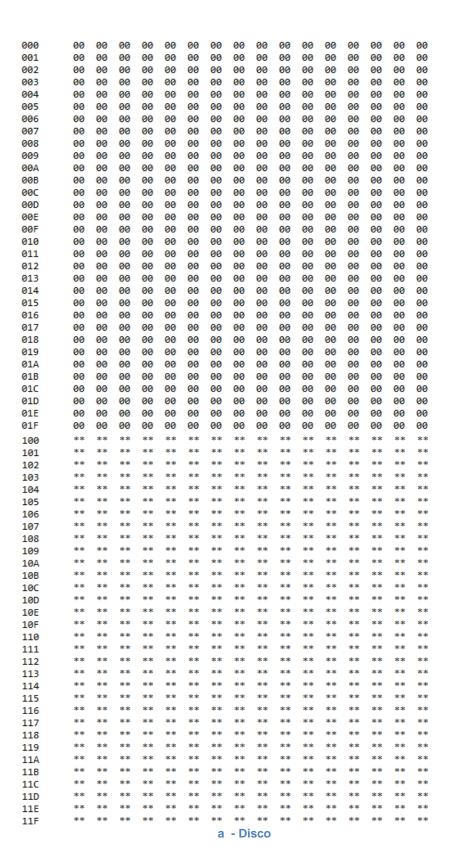


Figura 13 - Estado das Estruturas de Armazenamento priori à substituição de conteúdo



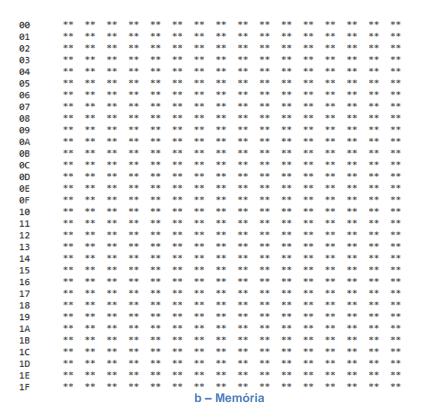
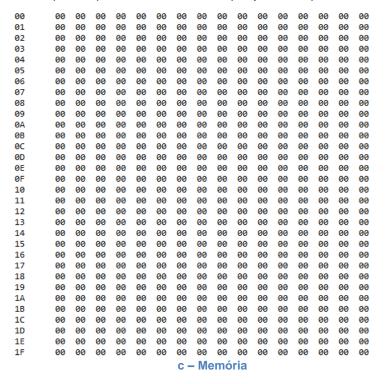


Figura 14 - Estado das Estruturas de Armazenamento posteriori à substituição de conteúdo

Então, para utilizar essa troca de blocos criou-se um evento de código "C". Para testá-lo fez-se que a lista inicial de eventos teria três eventos: "Início"; "Troca"; "Fim". Ao executar a simulação obteve-se o resultado da Figura 16. Se comparado com o da Figura 14, pode-se reparar que são idênticos, o que já era esperado.



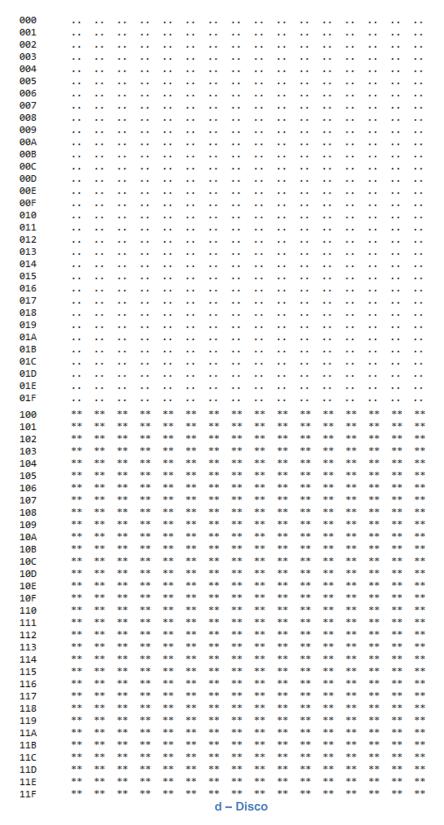
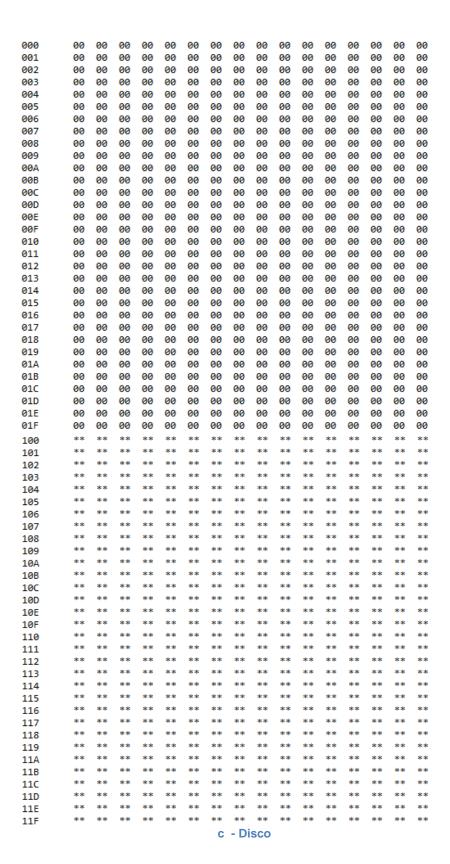


Figura 15 - Estado das Estruturas de Armazenamento priori à substituição de conteúdo



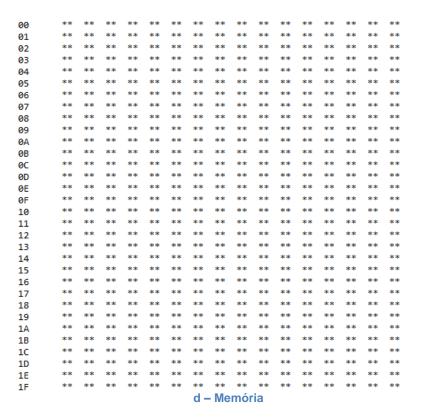
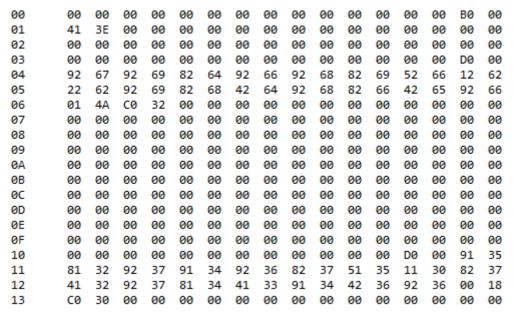


Figura 16 - Estado das Estruturas de Armazenamento posteriori à substituição de conteúdo

Com o sistema de execução multipaginado foi necessário salvar em uma variável qual a instrução atual, pois para casos de instrução de acesso à memória em que o endereço a ser acessado está em bloco diferente da instrução lida, ainda é necessário saber a ação. Assim colocou-se também uma variável booleana que indica esse estado, para que não se leia uma outra instrução (totalmente não relacionada, lixo).

fisico	logic	value	bloco	fisico	logic	value	bloco
00E	10E	B000	1	10C	00C	D000	0
010	110	413E	1	10E	00E	9135	0
03E	13E	D000	1	110	010	8132	0
040	140	9267	1	112	012	9237	0
042	142	9269	1	114	014	9134	0
044	144	8264	1	116	016	9236	0
046	146	9266	1	118	018	8237	0
048	148	9268	1	11A	01A	5135	0
04A	14A	8269	1	11C	01C	1130	0
04C	14C	5266	1	11E	01E	8237	0
04E	14E	1262	1	120	020	4132	0
050	150	2262	1	122	022	9237	0
052	152	9269	1	124	024	8134	0
054	154	8268	1	126	026	4133	0
056	156	4264	1	128	028	9134	0
058	158	9268	1	12A	02A	4236	0
05A	15A	8266	1	12C	02C	9236	0
05C	15C	4265	1	12E	02E	0018	0
05E	15E	9266	1	130	030	C030	0
060	160	014A	1	NULL	132	0102	1
062	162	C032	1	NULL	134	0704	1
NULL	264	0102	2	NULL	236	1004	2
NULL	266	0509	2				
NULL	268	0305	2				

d - PMT (sqrtN à esquerda | n² à direita)



e - Memória Principal

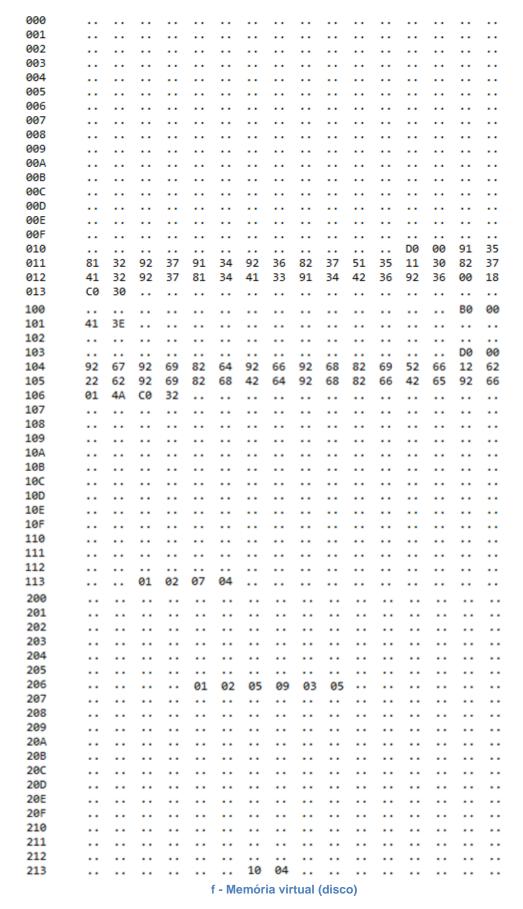


Figura 17 - Execução de dois programas em memória e disco

6. Sistema de Interrupção

O sistema de interrupções a ser incorporado à arquitetura do processador deve implementar um mínimo de funcionalidades dos sistemas de interrupção geralmente encontrados nos processadores usuais:

- Permite/Inibe interrupção Um bit de estado indica se pedidos de interrupção podem ser atendidas ou não pelo processador. É necessário que haja uma instrução para ligar e desligar este bit. Ao iniciar o processamento, este bit deve estar desligado (interrupção inibida).
- Supervisor/Usuário o modo "supervisor" é o modo de operação em que o sistema operacional opera: ao início do processamento e durante o atendimento de uma interrupção. Passa-se do modo supervisor para o modo usuário executando-se uma instrução de retorno de interrupção. Passa-se do modo usuário para supervisor:

 (a) quando se executa uma instrução de chamada de sistema;
 (b) quando a interrupção estiver permitida, algum pedido interrupção estiver ligado e o processador estiverem modo usuário;
- Um bit de estado do processador indica se está em curso ou não um tratamento de algum pedido de interrupção. Importante: interrupções são sempre tratadas em modo supervisor. Nesta proposta, só uma interrupção pode ser tratada de cada vez, ficando eventuais outros pedidos de interrupção aguardando até que o processador volte ao modo usuário antes que mais um deles possa ser atendido.
- O tratamento de interrupções é feito inicialmente passando o peocessador para modo supervisor, salvando o endereço de retorno na posição 0 do bloco 0 de memória, e desviando para o programa de atendimento da interrupção, que reside a partir da posição 2 do bloco 0 de memória. Este é também o endereço de partida do sistema, quando acionado pela primeira vez.

7. Entrada e Saída e Suas Interrupções

- Dois bits de estado (em uso ou não; terminou ou não) são usados para cada dispositivo de entrada/saída: um para indicar se o dispositivo está sendo utilizado (ou seja, que uma operação está em curso no dispositivo) ou não, e outro, para indicar que o dispositivo já terminou a última operação iniciada, mas que o processador ainda não fez o respectivo tratamento.
- Pedidos de interrupção da parte dos dispositivos ocorrem quando os bits de estado do dispositivo estiverem ambos ligados ao mesmo tempo (ou seja, estando o dispositivo em uso, terminou a operação nele iniciada anteriormente).
- A rotina de tratamento de interrupção de entrada/saída deve desligar os dois bits de estado após tratar a interrupção, deixando o dispositivo livre e pronto para a sua próxima tarefa.

- As duas operações mais usuais correspondem às tarefas de leitura e de escrita.
 Dispositivos convencionais efetuam a entrada ou a saída de um byte por vez. O dispositivo deve ter à sua disposição um registrador de oito bits onde o dado que se está transferindo deve ser depositado.
- Se for dispositivo de entrada, o dado lido é depositado nesse registrador pelo dispositivo assim que estiver pronto, e deve ser retirado pela rotina de tratamento de interrupção para ser transferido para a memória do processador.
- Se for dispositivo de saída, esse dado deve ser colocado no registrador do dispositivo antespage dispositivo der acionado era efetuar a operação de escrita no meio externo.

8. Chamada de Supervisor e a Interrupção Correspondente

- Deve ser implementada a instrução de chamada de supervisor e pelo menos alguns de seus serviços essenciais.
- A execução de uma instrução de chamada de supervisor se resume essencialmente a provocar um pedido de interrupção, cujo atendimento deve tirar o processador do modo usuário, mudando seu estado para modo supervisor, salvando na posição 0 do bloco 0 de memória o endereço de retorno, e forçando a execução da rotina de tratamento geral de interrupção do sistema, presumidamente presente a partir da posição 2 do bloco 0.
- Implemente as chamadas de sistema essenciais, coletando as necessidades apresentadas neste texto. Um conjunto mínimo é o seguinte:
 - · leitura e escrita em dispositivos de entrada/saída,
 - solicitação de final de processamento,
 - operações de create/delete, open/close, read/write aplicados a arquivos de texto.