UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ELETRICIDADE
LABORATÕRIO DE SISTEMAS DIGITAIS

MONTADOR DO "PATINHO FEIO"

Antonio Marcos de Aguirra Massola
João José Neto
Moshe Bain

Julho
1977

Em memória de
Laís Costa Ortenzi

INDICE

1 - INTRODUÇÃO

O ante-projeto do minicomputador Patinho Feio nasceu de um curso de pós-graduação dado pelo Professor Glen George Langdon Jr., em 1972. A seguir, os engenheiros e estagiários do Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) da EPUSP terminaram o projeto e montaram o Patinho Feio que, dessa forma, se tornou o primeiro computador projetado e construído no Brasil.

Os circuitos do Patinho Feio são totalmente constituídos por circuitos integrados da família TTL (“transistor - transistor logic”), apresentando uma memória de núcleos de ferrite, e tendo um ciclo de máquina de dois microsegundos.

O Patinho Feio foi destinado a pesquisas no LSD, tanto na área de programação (“software”) como dos circuitos eletrônicos (“hardware”).

Cuidou-se do desenvolvimento de um “software” que permitisse um uso mais eficiente do minicomputador, já que, de início só se podia programá-lo em linguagem de máquina, manualmente, através do seu painel. Em particular, foi definida uma linguagem de montador (“assembly language”), que associa a cada instrução de máquina um mnemônico, e um programa montador (“assembler”), cuja função é traduzir programas escritos em linguagem de montador para linguagem de máquina, os quais são os assuntos tratados neste manual.

Este manual foi escrito de forma a tratar cada tópico de forma mais ou menos extensa, na suposição de que o leitor tenha tido previamente apenas um pequeno contato com a área de computação, e pouco ou nenhum conhecimento de linguagens de baixo nível, como um montador. Por causa disso,tentou-se fazer com que o manual fosse o mais auto-explicativo e independente possível de outros textos. Naturalmente é impossível que um texto seja completamente independente de outros; por isso, recomenda-se consultar outros textos, tais como manuais de operação do Patinho Feio e de seus equipamentos periféricos(de entrada/saída), textos sobre números binários, etc.

Foi feito um bom esforço para apresentar os conceitos com clareza e para padronizar as notações, com o objetivo de tornar o manual realmente útil. Contudo, certamente muitas falhas subsistem, de forma que são bem recebidas quaisquer sugestões e críticas de modo a melhorar o manual em futuras edições.

Observações:

a) As informações contidas neste manual são as melhores que se pôde obter na época em que o manual foi escrito (setembro de 1975). Contudo, devido ao constante desenvolvimento de novos projetos de "hardware" e "software" para o Patinho Feio, alguns detalhes podem ter sofrido alterações até a presente data.

b) Os programas e trechos de programa existentes no manual foram aí colocados por estarem sintaticamente corretos, mas não representam necessariamente exemplos de boa técnica de programação.

2 - ARITMÉTICA BINÃRÍA E HEXADECIMAL
(Com números inteiros)

1. Bases de Numeração

Utiliza-se, na vida diária, a base decimal de numeração para representar os números. Isto significa duas coisas:

a) existem dez algarismos com os quais todos os números são representados (pois a base de numeração é dez), a saber: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

b) emprega-se uma notação posicional onde está subentendido que, quando um algarismo é deslocado de uma posição para a esquerda, seu valor é multiplicado por dez. Por exemplo: $295 = 2 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 5 \times 10^0$

Generalizando, quando se escreve o número $N = d_n\ d_{n-1} \ldots d_2\ d_1\ d_0$ (sem sinal), onde os d_i $(i = 0, 1, 2, \ldots, n)$ são os seus algarismos (ou dígitos), está-se querendo dizer que: $N = d_n \times 10^n + d_{n-1} \times 10^{n-1} + \ldots + d_2 \times 10^2 + d_1 \times 10^1 + d_0 \times 10^0$.

Nada obriga a que se use apenas a base dez. Na verdade, qualquer base b(inteira) pode ser escolhida para representar um número. Para tanto, escolhem-se b símbolos distintos (os algarismos da base) que representam os números de zero a (b - 1). Escrevendo-se agora n + 1 algarismos adjacentes $d_n d_{n-1} \ldots d_1 d_0$ e subentendida a notação posicional descrita acima, tem-se o número N representado por essa notação:

$$N = d_n \cdot b^n + d_{n-1}\, b^{n-1} + \ldots + d_1\, b^1 + d_0\, b^0$$

Inversamente, pode-se provar que cada número N tem uma única representação, numa dada base b, que satisfaz as condições mencionadas acima.

Exemplo: Escolhendo b = 3, têm-se três algarismos;

convencionalmente usa-se 0, 1, 2. Então tem-se:

$$(1202)_3 = 1 \times 3^3 + 2 \times 3^2 + 0 \times 3^1 + 2 \times 3^0 = (47)_{10}$$

Pode-se começar a perceber a importância do que foi dito acima quando se considera que os computadores modermos trabalham sempre, em última análise, com a base dois.

2. Bases mais empregadas em computação

Além da base dez, que é de uso geral, empregam-se comumente as seguintes bases:

a) base dois (binária) - necessita dois algarismos distintos para representar os números zero e um. Por convenção utilizam-se os símbolos 0 e 1, Um algarismo binário é também chamado "bit" (do inglês "binary digit").

A base dois é extremamente importante pois, como já foi citado, os computadores só entendem sequências de zeros e uns , que são usadas tanto para representar as instruções dadas à máquina quanto números prop iamente ditos.

b) base oito (octal) - utiliza os algarismos de 0 a 7. Não será aqui tratada com mais detalhes porque não é utilizada no Patinho Feio, embora o seja em vários outros computadores.

c) base dezesseis (hexadecimal) - os dígitos hexadecimais são: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F; usados para representar os números de zero a quinze.

Exemplo: $(AB)_{16} = 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 = (171)_{10}$

A correspondência entre os valores binários, decimais e hexadecimais é apresentada na tabela seguinte (note-se que são necessários quatro bits para representar todos os dígitos hexadecimais na base dois).

Decimal	Hexadecimal	Binário
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

3. Conversão de números entre as bases dois, dez e dezesseis

Conforme já se deve ter percebido, surge frequentemente a necessidade de converter números escritos em uma base psta outra. Para isso existem algoritmos gerais, dos quais são apresentados abaixo alguns casos particulares:

a) Conversão para a base dez de números escritos em outra base. Basta escrever o número na forma $d_n \cdot b^n + \ldots + d_0$ e efetuar as operações indicadas.

Exemplos: 1º) $(101111100001)_2$ para a base 10

$$= 1.2^{11} + 0.2^{10} + \ldots + 0.2^1 + 1 = (3041)_{10}$$

2º) $(BE1)_{16}$ para a base 10

$$= 11 \times 16^2 + 14 \times 16 + 1 = (3041)_{10}$$

Uma forma conveniente de fazer isso é dada nos diagramas abaixo:

$(BE1)_{16}$ para a base 10

	11	14	1
base original=16 $\xleftarrow{x}$	11	190	$(3041)_{10}$

Método usado: $11 \times 16 + 14 = 190$

$190 \times 16 + 1 = 3041$

$(10110)_2$ para a base 10

	1	0	1	1	0
base original= 2	1	2	5	11	$(22)_{10}$

Método usado: $1 \times 2 + 0 = 2$ $\quad 5 \times 2 + 1 = 11$

$2 \times 2 + 1 = 5$ $\quad 11 \times 2 + 0 = 22$

b) Conversão de números escritos na base dez para uma outra base. Divide-se repetidamente o número dado pela base de destino até que o quociente seja zero. Os restos obtidos são a representação desejada, em ordem invertida. Ver os esquemas abaixo:

$(3041)_{10}$ base 16

	3041	1	resto de 3041 : 16
3041 : 16 $\longrightarrow$	190	14	resto de 190 : 16
190 : 16 $\longrightarrow$	11	11 14 1	resto de 11 : 16
11 : 16 $\longrightarrow$	0	$(BE1)_{16}$	