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

<u>Assunto</u> <u>Pá</u>	ágina	<u>1</u>
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO		1
CAPÍTULO 2 - ARITMÉTICA BINÃRÍA E HEXADECIMAL		1
Bases de Numeração		1
Bases mais empregadas em computação		2
Conversão de números entre as bases dois,dez	z e	
dezesseis		3

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 per mitisse um uso mais eficiente do minicomputador, já que, de início só se podia programá-lo em linguagem de máquina, manual mente, 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 lingua gens de baixo nível, como um montador. Por causa disso, tentouse 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 i \underline{s} so, 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. <u>Bases de Numeração</u>

Utiliza-se, na vida diária, a base decimal de numer \underline{a} ção 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 <u>notação posicional</u> onde está subentendido que, quando um algarismo é deslocado de uma posição para a esque<u>r</u> da, 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} ... d_2 d_1 d_0 (sem sinal), onde os d_i (i= 0, 1, 2,...,n) são os seus algarismos (ou dígitos), está-se querendo dizer que: N = d_n x 10^n + d_{n-1} x 10^{n-1} + + d_2 x 10^2 + d_1 x 10^1 + d_0 x 10^0 .

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

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

Inversamente, pode-se provar que cada número N tem uma única representação, numa dada base \underline{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 $tr\underline{a}$ balham 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 utilizamse 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 cita do, 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 hexa decimais na base dois).

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

3. <u>Conversão de números entre as bases dois, dez e dezes-</u> seis

Conforme já se deve ter percebido, surge frequente - mente 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 ${\bf d}_n$. ${\bf b}^n$ + ...+ ${\bf d}_0$ e efetuar as operações indicadas.

Exemplos: 19)
$$(1011111100001)_2$$
 para a base 10
= $1.2^{11} + 0.2^{10} + ... + 0.2^1 + 1 = (3041)_{10}$

29)
$$(BE1)_{16}$$
 para a base 10
= 11 x 16² + 14 x 16 + 1 = $(3041)_{10}$

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

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

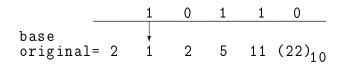
base original=16
$$\stackrel{x}{\leftarrow}$$
 11 190 (3041)₁₀

Método usado: 11 x 16 + 14 = 190

$$\downarrow$$

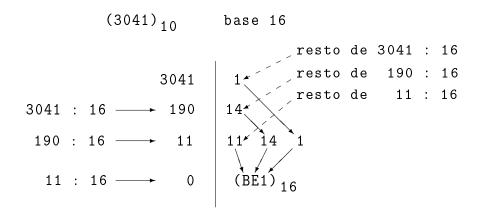
 190 x 16 + 1 = 3041

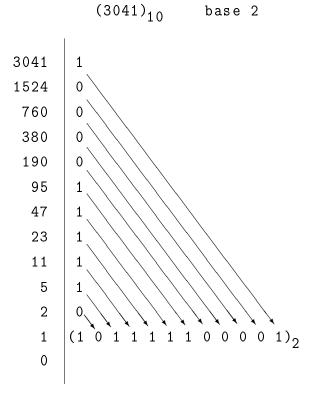
(10110) $_2$ para a base 10



Método usado:
$$1 \times 2 + 0 = 2$$
 $5 \times 2 + 1 = 11$ \downarrow \downarrow $11 \times 2 + 0 = 22$

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:





- c) Conversão entre as bases dois e dezesseis.
 - c-1) Da base dois para a base dezesseis. Basta agrupar os dígitos binários de quatro em quatro (a partir da direita) e substituí-los pelo respectivo dígito hexadec<u>i</u> mal, conforme a tabela apresentada mais atrás (item 2. c).

Exemplo: