Disciplina:
Programação Computacional

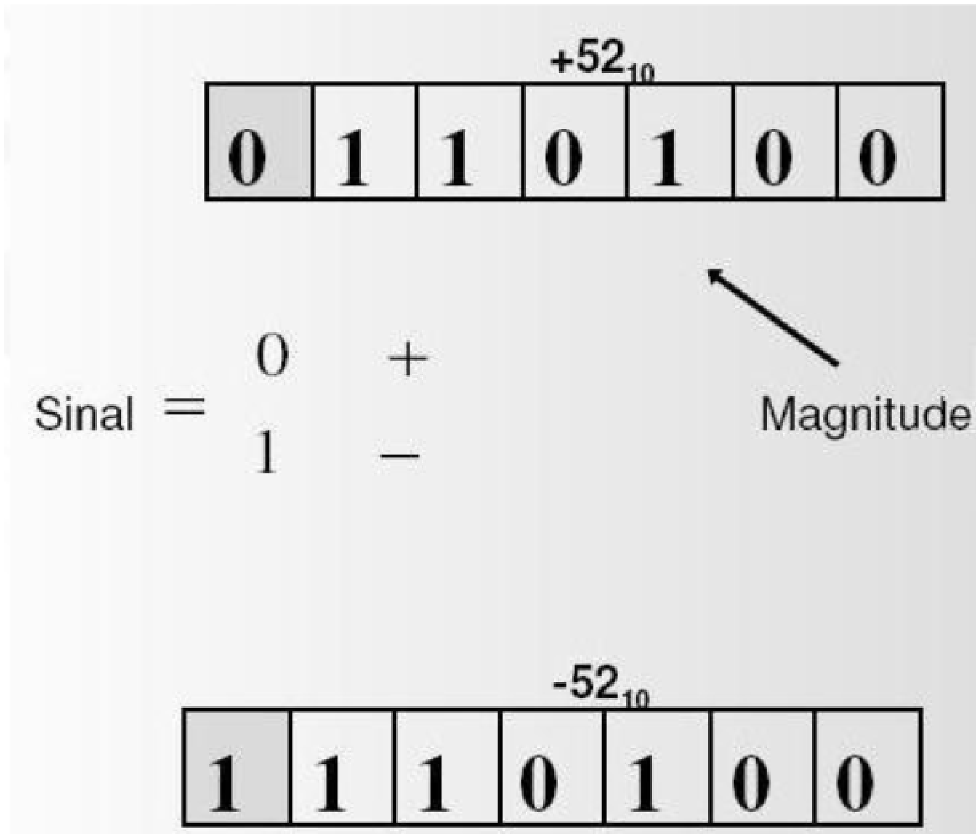
Prof. Fernando Rodrigues
e-m@il: fernandorodrigues@sobral.ufc.br

Aula 04_C: Sistemas de numeração:

- Representação de Números Binários com Sinal:
- Sistema Sinal-Magnitude (ou Representação Direta);
- Sistema de Representação Binário em Complemento de 2 (dois).

Representação de Números Binários com Sinal

Sistema sinal-magnitude



Sistema sinal-magnitude

- Algoritmo de soma (números com sinal):
  - Sinais diferentes
    - Encontra número com maior magnitude
    - Subtrai menor do maior
    - Atribui ao resultado o sinal do número de maior magnitude
  - Sinais iguais
    - Soma e atribui sinal dos operandos
    - Atenção deve ser dada ao estouro de magnitude
    - Algoritmo de soma (números com sinal)

Questões de projeto de circuitos lógicos

- Algoritmo do sistema sinal-magnitude: lógica complexa por conta das diversas condições (requer vários testes) e leva a aritmética complicada em termos de hardware.
- Também a multiplicação em computadores é feita por um artifício: para multiplicar um número A por n, basta somar A com A, n vezes. Por exemplo, 4 x 3 = 4 + 4 + 4.
- E a divisão também pode ser feita por subtrações sucessivas.

Complemento a Base

- Nos computadores, a subtração em binário é feita por um artifício: o "Método do Complemento a Base“.

- Consiste em encontrar o complemento do número em relação a base e depois somar os números.

- Os computadores funcionam sempre na base 2, portanto o complemento a base será complemento a dois.

Representação de números em complemento

- Complemento é a diferença entre o maior algarismo possível na base e cada algarismo do número.

- Através da representação em complemento, a subtração entre dois números pode ser substituída pela sua soma em complemento.

- A representação de números positivos em complemento é idêntica à representação em sinal e magnitude.

Sistema de Representação Binário em Complemento de 2

Complemento de 2: Conceito

- A representação de Complemento de 2 é usada para representar números negativos (bit de sinal (ou MSB) = 1).
- O complemento de dois de um número de N bits é definido como o complemento em relação a 2^N.
- Para calcular o complemento de dois de um número, basta subtrair este número de 2^N, que em binário é representado por 1 (um) seguido de N zeros.
- Por exemplo: 0110 (6 em binário com N=4 bits)
- Pegamos 2^N, que é 10000_ e subtraímos

$$
\begin{array}{r}
10000 \\
\underline{\quad 0110} \\
1010
\end{array}
$$

1010 e então fazemos o MSB ser 1:

11010 (-6 em complemento de 2)

Complemento de 2: sinal e magnitude

- Definimos números positivos como aqueles que possuem o MSB igual a 0.
- Números negativos são definidos da seguinte forma: inverte todos os bits do número positivo e soma 1 ao resultado (Conversão mais usada).
  - Ex: 6_{10} na base 2 = 00110_2 => - 6 ??
  - Complemento de 1 = 11001 (Inverte todos os bits)
  - Complemento de 2 = ____1 (+) (Soma 1 ao resultado)
  - 11010
- Existe outra maneira de calcular o complemento de dois:
  - Dado o número binário 00110.
  - Começando da direita para esquerda você vai repetindo o número (para a esquerda) até encontrar o número 1, depois que encontrá-lo repita-o e passe a inverter o restante. Então temos: 11010, ou seja, bits repetidos e bits invertidos.

Complemento de 2: Observações

- Por que usar complemento de 2?
  - Operações de subtração implementadas como soma binária com números negativos:
    - Sistemas computacionais mais simples, que apresentam somente circuito somador binário, sem a necessidade de um circuito subtrator.
  - Muita atenção para o tamanho da representação!!!
  - O complemento do complemento é sempre igual ao número original. P. ex.: O complemento de 0110 é igual a 1010. Por sua vez, o complemento de 1010 é 0110. Ou seja, volta ao valor original.

Complemento de 2 – Exemplo prático

- Ex:
  - 10_{10} na base 2 = 1010_2
  - 6_{10} na base 2 = 0110_2
- Em Complemento de 2:
  - $+10 = 01010_2$
  - $-6 = 11010_2$
- Faça (+10) + (-6)
- Se resultado vai 1, resultado positivo;
- Se resultado não vai 1, resultado negativo: para converter para número decimal, precisa tirar complemento antes.

Complemento de 2 – Notação

Decimal	Sem sinal	Sinal-e-magnitude	Complemento para um	Complemento de dois
+16	–	–	–	–
+15	1111	–	–	–
+14	1110	–	–	–
+13	1101	–	–	–
+12	1100	–	–	–
+11	1011	–	–	–
+10	1010	–	–	–
+9	1001	–	–	–
+8	1000	–	–	–
+7	0111	0111	0111	0111
+6	0110	0110	0110	0110
+5	0101	0101	0101	0101
+4	0100	0100	0100	0100
+3	0011	0011	0011	0011
+2	0010	0010	0010	0010
+1	0001	0001	0001	0001
+0	–	0000	0000	–
0	0000	–	–	0000
−0	–	1000	1111	–
−1	–	1001	1110	1111
−2	–	1010	1101	1110
−3	–	1011	1100	1101
−4	–	1100	1011	1100

Complemento de 2

- 5 – 3 = 2
- 3 – 5 = -2

Decimal	Sem sinal	Sinal-e-magnitude	Complemento para um	Complemento de dois
+16	–	–	–	–
+15	1111	–	–	–
+14	1110	–	–	–
+13	1101	–	–	–
+12	1100	–	–	–
+11	1011	–	–	–
+10	1010	–	–	–
+9	1001	–	–	–
+8	1000	–	–	–
+7	0111	0111	0111	0111
+6	0110	0110	0110	0110
+5	0101	0101	0101	0101
+4	0100	0100	0100	0100
+3	0011	0011	0011	0011
+2	0010	0010	0010	0010
+1	0001	0001	0001	0001
+0	–	0000	0000	–
0	0000	–	–	0000
−0	–	1000	1111	–
−1	–	1001	1110	1111
−2	–	1010	1101	1110
−3	–	1011	1100	1101
−4	–	1100	1011	1100

Decimal	Binário s/ sinal	Binário (Compl. 2)
-8	-	1000
-7	-	1001
-6	-	1010
-5	-	1011
-4	-	1100
-3	-	1101
-2	-	1110
-1	-	1111
0	000	0000
1	001	0001
2	010	0010
3	011	0011
4	100	0100
5	101	0101
6	110	0110
7	111	0111

Conclusões

- Qualquer operação aritmética pode ser realizada em computadores apenas através de somas (diretas ou em complemento)!

- Em circuitos lógicos, será visto como essas propriedades serão úteis para os engenheiros que projetam os computadores.

Referências

- https://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Introducao_a_Computacao/Aritmetica_binaria_Complemento.pdf

Fim