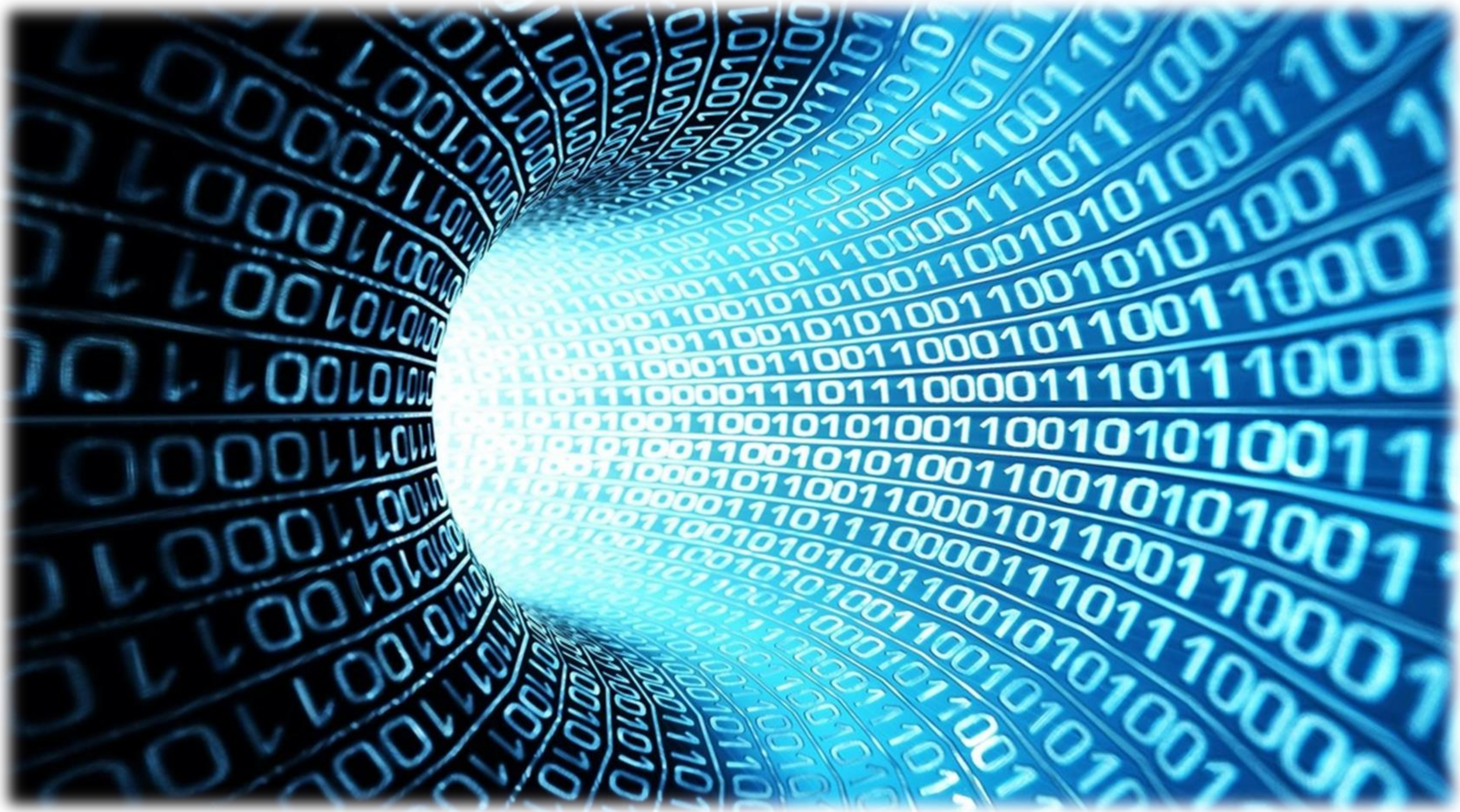
Organização e Arquitetura de Computadores



Fonte da imagem: https://cutt.ly/D4jVvQY

OBJETIVOS (continuação)

→ Compreender os conceitos do que seria a aritmética computacional:

- Representação de números - ✓;
- Conversões entre bases - ✓.

→ Como trabalhar com a aritmética não decimal ou aritmética binária - ✓.

→ Aritmética Octal, Hexadecimal - ✓.

→ Representação Numérica:

- Binário mais significativo e menos significativo;
- Conhecer os números fracionários na arquitetura de computadores;
- Ser capaz de realizar a representação numérica computacional;
- Forma dos complementos de 1 e de 2 de um número binário.

→ Divisão e Multiplicação.

→ Ponto Fixo e Ponto Flutuante.

Como Representar o Sistema Decimal

Já foram analisados e treinados alguns pontos relacionados as conversões de bases sem a vírgula, agora veremos essas conversões com o uso da vírgula binária.

O **sistema decimal** é **similar** ao sistema binário, **então**, ambos são de valor posicional e cada dígito binário possui um valor próprio expresso pela **potência de 2 na base "b"**.

Vamos analisar a imagem:

Valores Posicionais →	**8**	**4**	**2**	**1**		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
Expoente de "b^" →	2^3	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓
Valor Binário →	1	0	1	1	•	1	0	1
	↑				↑			↑
	MSB				**Vírgula Binária**			**LSB**
Valores posicionais de Base 2 ⇒ Binário com vírgula								

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

→ **MSB (*Most Significant bit*):** Posição mais à esquerda do *bit* binário **mais significativo**.

→ **LSB (*Less Significant bit*):** Posição mais à direita do *bit* binário **menos significativo**.

Organização e Arquitetura de Computadores

Sistema Binário – Como Representar o Sistema Decimal

O **ponto**, considerado a vírgula binária, possui a mesma função da vírgula decimal: separar a parte **inteira** do número de sua parte **fracionária**.

Valores Posicionais →	**8**	**4**	**2**	**1**		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
Expoente de "b^" →	2^3	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓
Valor Binário →	1	0	1	1	•	1	0	1
	↑				↑			↑
	MSB				**Vírgula Binária**			**LSB**
Valores posicionais de Base 2 ⇒ Binário com vírgula								

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

→ À esquerda (MSB) da vírgula binária estão as potências de base 2 com expoente positivo (+) e início em "**0**".

→ À direita (LSB) da vírgula binária estão as potências de base 2 com expoente negativo (-) com início em "**- 1**", não existindo expoente em **zero negativo**.

Organização e Arquitetura de Computadores

Sistema Binário – Como Representar o Sistema Decimal

Para descobrir o número decimal equivalente ao binário $(1011{,}101)_2$ soma-se os resultados parciais de cada dígito pelo seu valor posicional (**valor do expoente ou peso**).

Valores Posicionais →	**8**	**4**	**2**	**1**		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
Expoente de "b^" →	2^3	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓
Valor Binário →	1	0	1	1	•	1	0	1
	↑				↑			↑
	MSB				**Vírgula Binária**			**LSB**
Valores posicionais de Base 2 ⇒ Binário com vírgula								

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

Passo 1 – Analisando os valores posicionais positivo e negativo em "N = n * b^" e convertendo para:

→ Valores positivo ⇒ $2^3 = 8$ | $2^2 = 4$ | $2^1 = 2$ | $2^0 = 1$

→ Valores negativos ⇒ $2^{-1} = ½ = 0{,}5$ | $2^{-2} = ¼ = 0{,}25$ | $2^{-3} = ⅛ = 0{,}125$

Entendo o Passo 1:

Os expoentes positivos e negativos foram convertidos para a base 10 (decimal) separadamente.

Passo 2 – Encontrar o valor de "N":

Valores Posicionais →	8	4	2	1		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
Expoente de "b^" →	2^3	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
	↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓
Valor Binário →	1	0	1	1	•	1	0	1
	↑				↑			↑
	MSB				Vírgula Binária			LSB
Valores posicionais de Base 2 ⇒ Binário com vírgula								

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

⇒ **N = n * b^** ⇒ O **expoente** poderá ser **negativo** (LSB), direita da vírgula, ou **positivo** (MSB), esquerda da vírgula.

⇒ $N = (1011.101)_2 = ((1 * 2^3) + (0 * 2^2) + (1 * 2^1) + (1 * 2^0)) + ((1 * 2^{-1}) + (0 * 2^{-2}) + (1 * 2^{-3})) =$

⇒ $N = (1011.101)_2 = (8 + 0 + 2 + 1) + (0{,}5 + 0 + 0{,}125) =$

⇒ $N = (1011,.101)_2 = 11 + 0{,}625 = 11{,}625$

⇒ $\mathbf{N = (1011.101)_2 = (11{,}625)_{10}}$

Treino 1:

→ Fazer a conversão de base 2 para base 10 do binário $(1\,0\,1\,1\,0\,1\,.\,0\,1\,1\,)_2$:

Valores Posicionais →										
Expoente de "b^" →										
Valor Binário →							•			
Soma dos Decimais →							•			
Resultante N = n * b^ →	**O valor de "N" é $(45{,}375)_{10}$**									
	MSB	**Vírgula Binária**								**LSB**
Valores posicionais de Base 2 ⇒ Binário com vírgula										

Resposta da resultante "N" = $(101101.011)_2 = (45{,}375)_{10}$

Treino 1 – Cálculo desenvolvido:

→ Fazer a conversão de base 2 para base 10 do binário $(1\,0\,1\,1\,0\,1\,.\,0\,1\,1)_2$:

Valores Posicionais	32	16	8	4	2	1		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
Expoente de "b^"	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
Valor Binário	1	0	1	1	0	1	•	0	1	1
Soma dos Decimais	32	0	8	4	0	1	•	0	0,25	0,125
Resultante N = n * b^	**O valo de "N" é $(4\,5\,,\,3\,7\,5)_{10}$**									
	MSB	**Vírgula Binária**								**LSB**
Valores posicionais de Base 2 ⇒ Binário com vírgula										

Calcular a resultante de base 10 para a conversão do Sistema Posicional:

⇒ **N = n * b^** ⇒ O **expoente** poderá ser **negativo** (LSB), direita da vírgula, ou **positivo** (MSB), esquerda da vírgula.

$\Rightarrow N = ((1*2^5) + (0*2^4) + (1*2^3) + (1*2^2) + (0*2^1) + (1*2^0)) + ((0*2^{-1}) + (1*2^{-2}) + (1*2^{-3})) =$

$\Rightarrow N = (32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 1) + (0 + 0{,}25 + 0{,}125) =$

$\Rightarrow N = 45 + 0{,}375$

$\Rightarrow N = (101101.011)_2 = (45{,}375)_{10}$

Adição Binária

→ Os computadores realizam diversas **operações aritméticas** binárias, sendo a **soma** a operação aritmética mais importante.

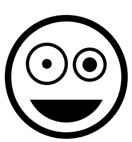
→ Inicialmente trabalharemos apenas com dois valores binários na adição, mas o processo é **igual** aos números decimais.

Então, como seria fazer o mesmo para os sistemas de base 2, base 8 e base 16**?**

→ Nos computadores os números binários são representados por um conjunto de **dispositivos de armazenamento** ao qual chamamos de "***flip-flops***".

→ Cada símbolo está representado por **um *bit***, então, um registrador de **seis *bits*** poderá armazenar valores binários até **seis *bits***.

→ Nas operações com **dígitos na posição LSD**, *binário menos significativo*, o cálculo é iniciado pela primeira coluna.



Mas o que seriam "flip-flops"????

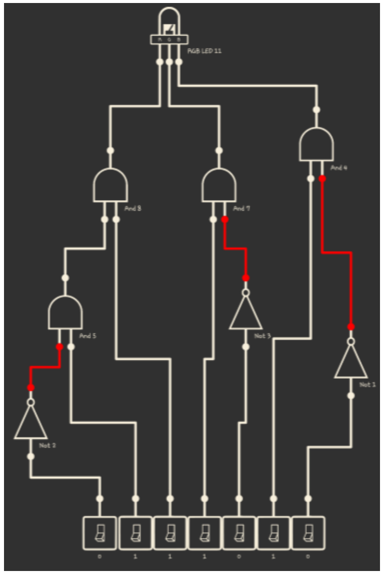
Flip-Flops – Apenas para conhecimento

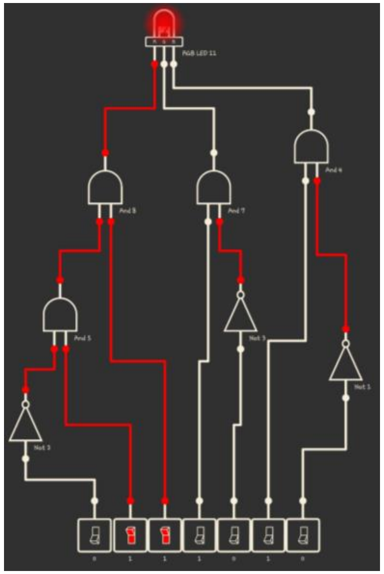
→ São **circuitos digitais que pulsam**, por exemplo: leds apagando e acendendo, conforme passa ou não uma corrente de sinal pelas portas lógicas.

→ Também são usados como uma **memória de um *bit***, que por padrão inclui:

- zero, um ou dois sinais de entrada;
- um sinal de relógio;
- um sinal de saída.

→ A **pulsação ou mudança no sinal de relógio** faz com que o *flip-flop* **mude** ou **retenha** o sinal de saída pela porta lógica resultante.





Compreendendo a Soma – Modelo Humano

→ Na primeira coluna a operação apresenta uma soma igual a 7 (6 + 1);

→ Na segunda coluna, dígitos **7 + 6**, são somados após a primeira coluna com resultado igual a **13** onde, o valor de **3 permanece** na segunda coluna como resultado parcial, e tem-se a **elevação de 1** para a terceira coluna, isso gera um "***carry***" ou "***vai um***" para a **terceira coluna**.

→ A terceira coluna recebe o "***vai um***" da segunda coluna, produzindo uma soma **igual** a "**1 + 3 + 4 = 8**".

	1		
	3	7	6
+	4	6	1
	8	3	7

→ Apesar dos mesmos passos da adição decimal serem seguidos em uma adição binária, por padrão temos cinco regras que precisam serem seguidas para obter a soma dos *bits* relacionado as posições em que se encontram:

- **Regra 1** = 0 + 0 = 0 ⇒ Sem ***vai um*** para a coluna a esquerda.
  - ⓘ **Para conhecimento: "0 + 0" na matemática avançada é igual a "1".**
- **Regra 2 e 3** = 1 + 0 ou 0 + 1 = 1 ⇒ Sem ***vai um*** para a coluna a esquerda.
- **Regra 4** = 1 + 1 = 0 ⇒ Com ***vai um*** para a coluna a esquerda.
- **Regra 5 =** 1 + 1 + 1 = 1 ⇒ Com ***vai um*** para a próxima coluna a esquerda.

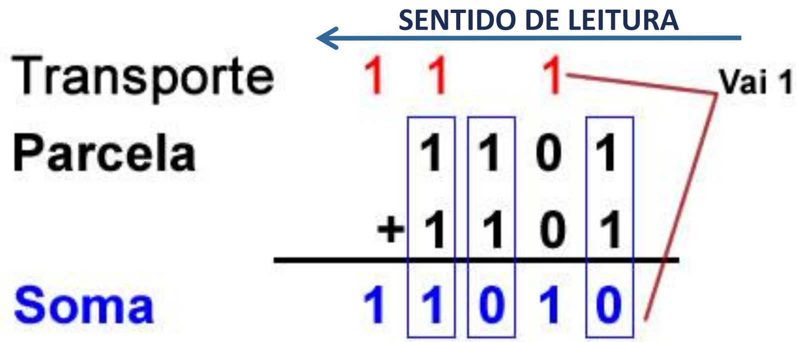
REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	**Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.**
0 + 1 = 1	⇒	**Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.**
1 + 0 = 1	⇒	**Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.**
1 + 1 = 0	⇒	**Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.**
1 + 1 + 1 = 1	⇒	**Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.**

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

Exemplo – Somar **$(1101)_2$** + **$(1101)_2$** para uma melhor compreensão:

REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
0 + 1 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 0 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 = 0	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 + 1 = 1	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)



→ Na **primeira** coluna temos **1 + 1 = 0**, regra 4, com vai um para a **segunda** coluna.

→ Na **segunda** coluna temos o "**vai um**" da primeira coluna ou "**1 + 0 + 0**", gerando um resultado de "**1**" sem transporte para a **terceira** seguinte, **regra 3**.

→ Na **terceira** coluna temos **1 + 1 = 0**, regra 4, com vai um para a **quarta** coluna.

→ Na **quarta** coluna temos o "**vai um**" da terceira coluna ou "**1 + 1 + 1**", gerando um resultado de "**1**" com *vai um* para a **quinta** coluna, **regra 5**.

→ A **quinta não existe**, o valor será transportado para a linha do resultado.

Organização e Arquitetura de Computadores

Treino 2:

→ Calcular a adição: $(\mathbf{1100})_2 + (\mathbf{110})_2$

REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
0 + 1 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 0 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 = 0	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 + 1 = 1	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

	Soma de Binário base 2										Valor do Decimal
Carry ou Vai um											
Parcelas da Soma											
	+										
Resultado da Soma											

Resultado da adição: $(1100)_2 + (110)_2 = \mathbf{(XXXXX)_2 = (XX)_{10}}$

Treino 3:

→ Calcular a adição: **$(11101100)_2$ + $(10010110)_2$ = $(XX)_2$ = $(XX)_{10}$**

REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
0 + 1 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 0 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 = 0	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 + 1 = 1	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

	Soma de Binário base 2										Valor do Decimal
Transporte ou Vai um											
Parcelas da Soma											
	+										
Resultado da Soma											

Resultado da adição: $(11101100)_2$ + $(10010110)_2$ = **$(XXXXX)_2$ = $(XX)_{10}$**

Treino 3:

→ Calcular a adição: 11001100_2 + 111011_2:

REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
0 + 1 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 0 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 = 0	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 + 1 = 1	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

	Soma de Binário base 2										Valor do Decimal
Transporte ou Vai um											
Parcelas da Soma											
	+										
Resultado da Soma											

Resultado da adição: $(11001100)_2 + (111011)_2 = \mathbf{(XX)_2 = (XX)_{10}}$

Treino 4:

→ Calcular a adição: 01011100_2 + 00111011_2

REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
0 + 1 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 0 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 = 0	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 + 1 = 1	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

	Soma de Binário base 2											Valor do Decimal
Transporte ou Vai um												
Parcelas da Soma												
	+											
Resultado da Soma												

Resultado da adição: $(01011100)_2$ + $(00111011)_2$ = **$(XX)_2$ = $(XX)_{10}$**

Soma com Vírgula

Na soma de valores binários **com vírgula é igual** ao processo de soma sem vírgula com as mesmas regras da soma binária.

REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
0 + 1 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 0 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 = 0	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 + 1 = 1	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

Somar o binário de base 2 com vírgula => $(11,011)_2 + (10,110)_2$											
Transporte ou Vai um				1	1	1		1			Decimal
Parcelas da Soma					1	1	,	0	1	1	$3,375_{10}$
Transporte ou Vai um					0	0		1			
Parcelas da Soma	+				1	0	,	1	1	0	$2,75_{10}$
Somatória				1	1	0	,	0	0	1	$6,125_{10}$

A soma de $(11,011)_2 + (10,110)_2 = (110,001)_2$ ou $(6,125)_{10}$

Treino 5:

Somar os binários com vírgula para $(0\,1\,1\,1\,,0\,0\,1\,)_2 + (1\,1\,1\,,1\,1\,1\,)_2$.

REGRAS DA SOMA BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 + 0 = 0	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
0 + 1 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 0 = 1	⇒	Sem carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 = 0	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.
1 + 1 + 1 = 1	⇒	Com carry ou vai um para a próxima coluna/posição.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

Somar o binário de base 2 com vírgula => $(0\,1\,1\,1\,,0\,0\,1\,)_2 + (1\,1\,1\,,1\,1\,1\,)_2$											
Transporte ou Vai um											Decimal
Parcelas da Soma			0	1	1	1	,	0	0	1	
Transporte ou Vai um											
Parcelas da Soma	+			1	1	1	,	1	1	1	
Somatória											

A soma de $(11,011)_2 + (10,110)_2 = (110,001)_2$ ou $(6,125)_{10}$

Subtração Binária

→ Na subtração de dois valores binários o cálculo é parecido com a subtração decimal;

→ O **minuendo** nunca será menor que o **subtraindo**, para que não seja encontrado resultados negativos:

- **Regra 01:** 0 – 0 = 0 ⇒ Sem empréstimo de 1.
- **Regra 02:** 1 – 1 = 0 ⇒ Sem empréstimo de 1.
- **Regra 03:** 1 – 0 = 1 ⇒ Sem empréstimo de 1.
- **Regra 04:** 0 – 1 = 1 ⇒ Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	**Sem empréstimo ou empresta 1.**
1 – 1 = 0	⇒	**Sem empréstimo ou empresta 1.**
1 – 0 = 1	⇒	**Sem empréstimo ou empresta 1.**
0 – 1 = 1	⇒	**Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.**

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

→ Agora o “Novo Minuendo” da **coluna 4** é **igual a “0”** devido ao empréstimo para col

3 e precisamos fazer um **novo empréstimo da coluna 5**.

Entendo o Cálculo:

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

← Sentido de Leitura									
Empréstimos			2						
		0	~~0~~	2					
Minuendo	–	~~1~~	~~1~~	~~0~~	1	1			
Subtraindo		0	1	1	0	1			
Diferença									

Passo 1: Fazer os empréstimos necessários antes iniciar o cálculo:

→ Nas **colunas 1 e 2** , em laranja, o cálculo é simples, apenas uso da tabela.

→ Na **coluna 3**, em azul, será necessário fazer um empréstimo da coluna 4 para a coluna 3.

- O **Minuendo** atual da coluna 4 e 3 serão anulados, e teremos na linha **“Empréstimo”** um **novo minuendo** com os valores de **“0”** para coluna 4 e **o valor da base de “2”** para a coluna 3.

→ Na **coluna 4** precisamos “emprestar” da **coluna 5** o valor da base **“2” para a coluna 4**.

→ A coluna 5, **após o empréstimo para coluna 4**, terá seu valor em **“0”.**

Entendo o Cálculo:

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

← Sentido de Leitura									
Empréstimos			2						
		0	~~0~~	2					
Minuendo	–	~~1~~	~~1~~	~~0~~	1	1			
Subtraindo		0	1	1	0	1			
Diferença		~~0~~	1	1	1	0			

Passo2: Fazer os cálculos conforme a tabela:

→ Após as alterações faz-se os cálculos nas colunas 1 e 2 seguindo a tabela em suas regras onde: "**1 – 1 = 0**" e "**1 – 0 = 1**", sem empréstimo.

→ Para as demais colunas 3 e 4 calcula-se a diferença, onde **"2 – 1 = 1"**, exceção para a coluna 5 que aplicamos a primeira regra da tabela.

→ A resultante será igual $\mathbf{(1\,1\,1\,0)_2}$, lembrando que zero à esquerda deverá ser anulado.

→ Até o momento foram demonstrados cálculos computacionais de **4 *bits* significativos**.

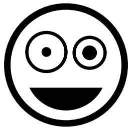
→ A soma, subtração, divisão e multiplicação costumam serem realizados em grupos de **8 *bits* ou mais**.

→ Se tivermos um grupo binário de 8 *bits* no **subtraindo** e 9 *bits* no **minuendo** acrescenta-se **zeros (0)** a esquerda do binário para que ambos tenham **9 *bits***, sendo válido como regra **para outras formas de cálculos**.

Exemplo ⇒ Calcular uma subtração com dos valores abaixo na calculadora e manualmente pela tabela:

⇨ Pela calculadora temos:

☺ $\mathbf{100110001_2}$ (9 bits) **–** $\mathbf{10101101_2}$ (8 bits) **=** $\mathbf{10000100_2}$ **ou** $\mathbf{132_{10}}$



MUITO FACÍL!

⇨ Pela tabela será necessário calcular em etapas/passos:

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

Empréstimo			↓				↓	↓		
Minuendo		1	0	0	1	1	0	0	0	1
Subtraindo	-	0	1	0	1	0	1	1	0	1
Diferença										

Verificando as colunas:

→ Temos 0 e 1 na terceira, quarta e oitava coluna, isso nos dará um pouco mais de trabalho, então precisamos calcular passo à passo a subtração.

⇨ Pela tabela será necessário calcular em etapas/passos:

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

Empréstimo										
Minuendo		1	0	0	1	1	0	0	0	1
Subtraindo	-	0	1	0	1	0	1	1	0	1
Diferença									0	0

Iniciando os cálculos:

→ Nas **colunas 1 e 2** será aplicada as **regras 1 e 2** da tabela, sem empréstimos ou empresta 1.

1. Nas colunas 3 e 4 temos **o minuendo em 0 e o subtraindo em 1**, isso impossibilita o empréstimo de valores entre as colunas.
2. Para resolver a questão, emprestamos da **coluna 5** o valor de “**base 2**” para a **coluna 4** e altera-se o valor da **coluna 5** para “**0**”, com isso anulamos o valor de “**0**” da coluna 4 que passa-se a valer “**2**”.
3. Mas **colunas 3 e 4** ainda estão incompletas, será necessário que seja feito um processo de subdivisão do cálculo.

Empréstimo							2			
						0	↓			
Minuendo		1	0	0	1	~~1~~	~~0~~	0	0	1
Subtraindo	-	0	1	0	1	0	1	1	0	1
Diferença									0	0

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

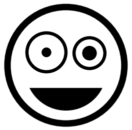
4. Para a subdivisão do cálculo será necessário **dividir pela metade** o valor emprestado a **coluna 4** pela **coluna 5**, que passará a ter um valor igual a “**1**”.
5. A outra metade do binário da **coluna 4** será emprestada a **coluna 3** com o valor de “**base 2**” e anula-se o valor anterior que era de “**0**”.
6. Com o empréstimo para a **coluna 3** já será possível continuar com o cálculo para obter o valor parcial da subtração, onde:
   a) Para a coluna 4 aplica-se a **regra 2**;
   b) Para a coluna 3 faz-se a subtração de “**2 – 1 = 1**”.

Empréstimo						0	~~2~~ 1	2		
Minuendo		1	0	0	1	~~1~~	~~0~~	~~0~~	0	1
Subtraindo	-	0	1	0	1	0	1	1	0	1
Diferença							0	1	0	0

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

7. Na **coluna 5** será aplicado **regra 1**.
8. Na **coluna 6** será aplicado **regra 2**.
9. Na **coluna 7** será aplicado **regra 1**.



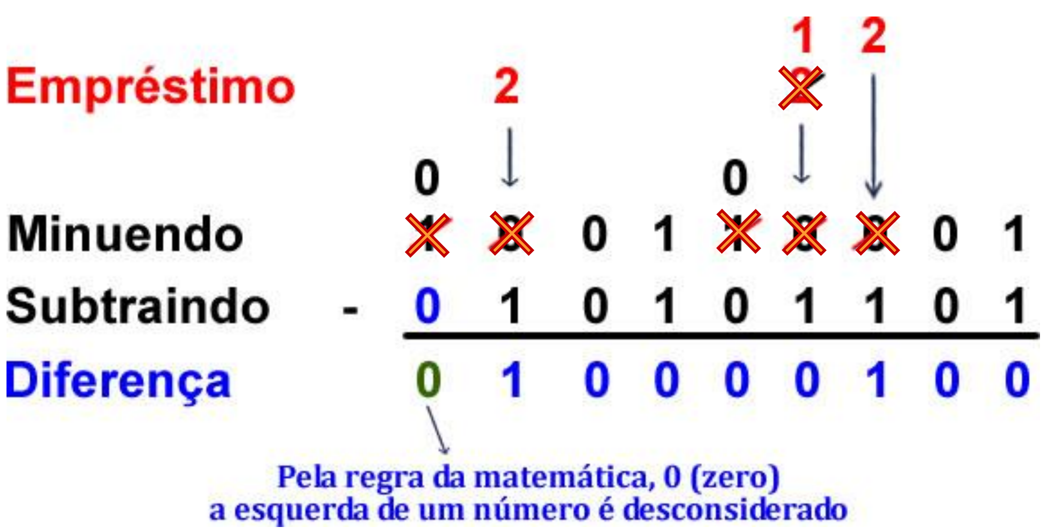
FACÍL!

Empréstimo							1	2		
							~~2~~			
						0				
Minuendo		1	0	0	1	~~1~~	~~0~~	~~0~~	0	1
Subtraindo	-	0	1	0	1	0	1	1	0	1
Diferença				0	0	0	0	1	0	0

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

10. A **coluna 8** está com seu **minuendo em “0” e o subtraindo em “1”**, será necessário emprestar da **coluna 9** o valor da “**base = 2**” para a **coluna 8**, que após o empréstimo, a **coluna 9** para a ter o valor de “**0**” em seu minuendo, anulando o valor anterior de “**1**”.
11. Com o empréstimo da **coluna 9** já pode-se calcular a **coluna 8** que será “**2 – 1 = 1**”.
12. Na **coluna 9**, agora igual a “**0**” no minuendo e no subtraindo, aplica-se a **regra 1** e obtem-se o resultado final da subtração.



REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 1 = 0	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
1 – 0 = 1	⇒	Sem empréstimo ou empresta 1.
0 – 1 = 1	⇒	Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

Valores finais do binário e do decimal:

→ Em binário o valor de **$(10000100)_2$**.

→ Em decimal o valor de **$(132)_{10}$**.

Minuendo		1	0	0	1	1	0	0	0	1	=	305
Subtraindo	-	0	1	0	1	0	1	1	0	1	=	173
Diferença		0	1	0	0	0	0	1	0	0	=	132

**Pela regra da matemática, 0 (zero)
a esquerda de um número é desconsiderado**

REGRAS DA SUBTRAÇÃO BINÁRIA – TABELA PADRÃO		
0 – 0 = 0	⇒	**Sem empréstimo ou empresta 1.**
1 – 1 = 0	⇒	**Sem empréstimo ou empresta 1.**
1 – 0 = 1	⇒	**Sem empréstimo ou empresta 1.**
0 – 1 = 1	⇒	**Com empréstimo ou empresta 1 da coluna a esquerda para a coluna da direita.**

Fonte: Adaptada pelo autor (2023)

		Subtração de Binário Base 2										Decimal Base 10
Transporte ou "vai um"												
Minuendo					1	1	0	1	1	0	1	109
Subtraindo	-					1	1	1	0	0	1	57
Diferença												

Bibliografia Básica

TANENBAUM, A. S. Organização estruturada de computadores. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2013 (e-book).

MONTEIRO, M. A. Introdução à organização de computadores. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

STALLINGS, W. Arquitetura e organização de computadores: projeto para o desempenho. 5. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2002.

Bibliografia Complementar

CORRÊA, A. G. D. [org.]. Organização e arquitetura de computadores. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016 (e-book).

DELGADO, J.; RIBEIRO, C. Arquitetura de computadores. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017 (e-book).

PAIXÃO, R. R. Arquitetura de computadores - PCs. São Paulo: Érica, 2014 (e-book).

WEBER, R. F. Fundamentos de arquitetura de computadores. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012 (e-book).

WIDMER, N. S.; MOSS, G. L.; TOCCI, R. J. Sistemas digitais: princípios e aplicações. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018 (e-book).

Conteúdo elaborado por:

Prof. Ms. Celso Candido
celsoc@unicid.edu.br

OneDrive: https://cutt.ly/Alunos_Unicid_Aulas

Fim da Apresentação