



Universidade
de Brasília

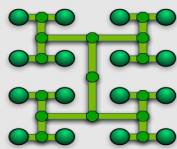
Tipos de Dados em SystemC

Ricardo Jacobi

Departamento de Ciência da Computação

Universidade de Brasília

jacobi@unb.br



LAICO



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

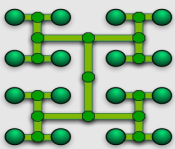
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Tipos de Dados Nativos do C++

<code>bool b;</code>	// verdadeiro/falso (1 bit)
<code>int i;</code>	// 16, 32 ou 64 bit com sinal (complemento a 2)
<code>unsigned int j;</code>	// idem sem sinal
<code>long n;</code>	// 32 ou 64 bit com sinal
<code>short s;</code>	// 16 bit com sinal
<code>char c;</code>	// 8 bits
<code>enum e;</code>	// numeração associado a um inteiro
<code>struct st;</code>	// coleção de tipos
<code>float f;</code>	// ponto flutuante
<code>double f;</code>	// ponto flutuante maior
<code>coisa *p;</code>	// ponteiro



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

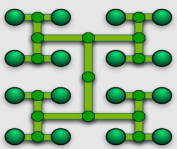
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Tipos de Dados SystemC

sc_bit; // 1 bit podendo valer 0 ou 1
// deprecated, usar bool

sc_logic b; // 1 bit podendo ser 0, 1, X ou Z

sc_int<n> i; // inteiro de n bits com sinal, $n < 65$

sc_uint<n> j; // inteiro de n bits sem sinal

sc_bigint<n> k; // inteiro de n bits com sinal, $n > 64$

sc_biguint m; // inteiro de n bits sem sinal, $n > 64$

sc_lv<n> bv; // n bits podendo ser 0, 1, X ou Z

sc_fixed<wl,iwl>; // ponto flutuante com sinal

sc_ufixed<wl, iwl>; // ponto flutuante sem sinal



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

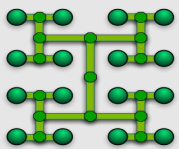
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Literais String

- SystemC suporta uma representação textual de números
- Formato:

```
sc_string name("0 base [sign] number [e[+|- exp]");
```

Onde a base pode ser:

- b : binário
- o : octal
- d : decimal
- x : hexadecimal



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

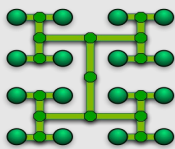
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Literais: exemplo

sc_numrep	Prefixo	Tipo	sc_int<5>(-13)
SC_DEC	0d	Decimal	"-0d13"
SC_BIN	0b	Binário	"0b10011"
SB_BIN_US	0bus	Binário sem sinal	"0bus01101" (+13)
SB_BIN_SM	0bsm	Binário sinal-magnitude	"-0bsm01101"
SC_OCT	0o	Octal	"0o63"
SC_OCT_US	0ous	Octal sem sinal	"0ous15" (+13)
SC_OCT_SM	0osm	Octal sinal-magnitude	"-0osm15"
SC_HEX	0x	Hexadecimal	"0xf3"
SC_HEX_US	0xus	Hexadecimal sem sinal	"0xus0d" (+13)
SC_HEX_SM	0xsm	Hex sinal magnidute	"-0xsm0d"
SC_CSD	0csd	Canonical signed digit	"0csd-010-"

Detalhe: sc_string foi depreciado a partir da versão 2.2



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

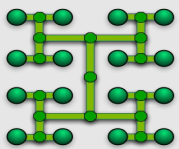
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Concatenações

- É possível concatenar dados vetoriais, utilizando “()”, inclusive na geração de um *lvalue*
- Ex:

```
sc_uint<8> U1 = 2; // "0b00000010"
```

```
sc_uint<2> U2 = 1; // "0b01"
```

```
sc_uint<8> U3 = (true,U1.range(3,0),U2,U2[0]); // U3 = "0b10010011"
```

```
(U2[0],U1[0],U1.range(7,1)) = (U1[7],U1); // concatena atribuição
```



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

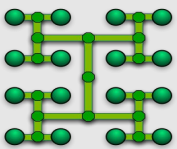
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Exemplos I

- Operações e atribuições são tipadas:

```
sc_lv<4> a, b, c;
```

```
a = "0101";
```

```
b = "0011";
```

```
c = a + b;           // erro, '+' não definido
```

```
c = a ^ b;           // 0110
```

```
c = (sc_int<4>)a + (sc_int<4>)b; // correto
```

Problema: operador '+' não definido para
o tipo logic_vector.



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

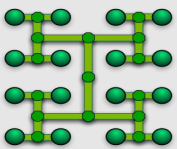
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Operadores Lógicos Unários

z é tratado como x

~ negação bit por bit

! negação lógica

| ou bit por bit

^ ou exclusivo

- negativo

Ex:

```
sc_lv<16> opx = "00001111xxxxzzzz";
```

```
sc_lv<16> opy = "01xz01xz01xz01xz";
```

```
cout << "Tabela AND: " << (opx & opy) << endl;
```

```
cout << "Tabela OR: " << (opx | opy) << endl;
```

```
cout << "Tabela XOR: " << (opx ^ opy) << endl;
```




Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

Ponto Fixo

Exemplos III

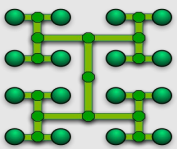
Seleção Tipos

Operadores

Exercícios

Lógica de Redução

- **and_reduce()**
e lógico bit a bit \Rightarrow zero se um bit é zero
- **or_reduce()**
ou lógico bit a bit \Rightarrow um se um bit for um
- **xor_reduce()**
ou exclusivo bit a bit \Rightarrow um se # uns for ímpar



LAICO



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

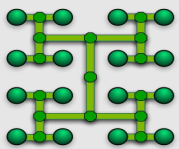
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Exemplos II

```
sc_bit flag(SC_LOGIC_1); // melhor bool
sc_bv<5> positions = "01101";
sc_bv<6> mask = "100111";
sc_bv<5> active = positions & mask; // 00101
sc_bv<1> all
                = active.and_reduce(); // SC_LOGIC_0
positions.range (3,2) = "00"; // 00001
positions [2] = active[0] ^ flag;
sc_logic b('1');
sc_lv<7> data("zZXX011");
sc_lv<9> fio = "0101xxxZZ";
```



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

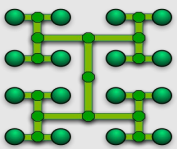
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Operações Aritméticas

- Os valores x ou z em vetores lógicos não são válidos – converte com *warning*
- * multiplicação
- / divisão
- % resto da divisão
- + soma
- subtração



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

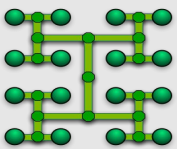
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Ponto Fixo

- Ponto fixo:
 - `sc_fix<wl, iwl [, qtd [, ov [, nbits]]] >`
 - `sc_ufix<wl, iwl [, qtd [, ov [, nbits]]] >`
 - Ponto fixo com e sem sinal, parâmetros podem ser variáveis
 - `sc_fixed<wl, iwl [, qtd [, ov [, nbits]]] >`
 - `sc_ufixed<wl, iwl [, qtd [, ov [, nbits]]] >`
 - -ed: parâmetros constantes em tempo de compilação
 - `sc_fix_fast var_name(wl, iwl [, qtd [, ov [, nbits]]])`
 - `sc_ufix_fast var_name(wl, iwl [, qtd [, ov [, nbits]]])`
 - _fast: implementados com double, mais rápidos



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

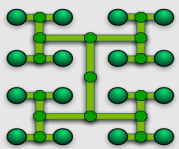
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

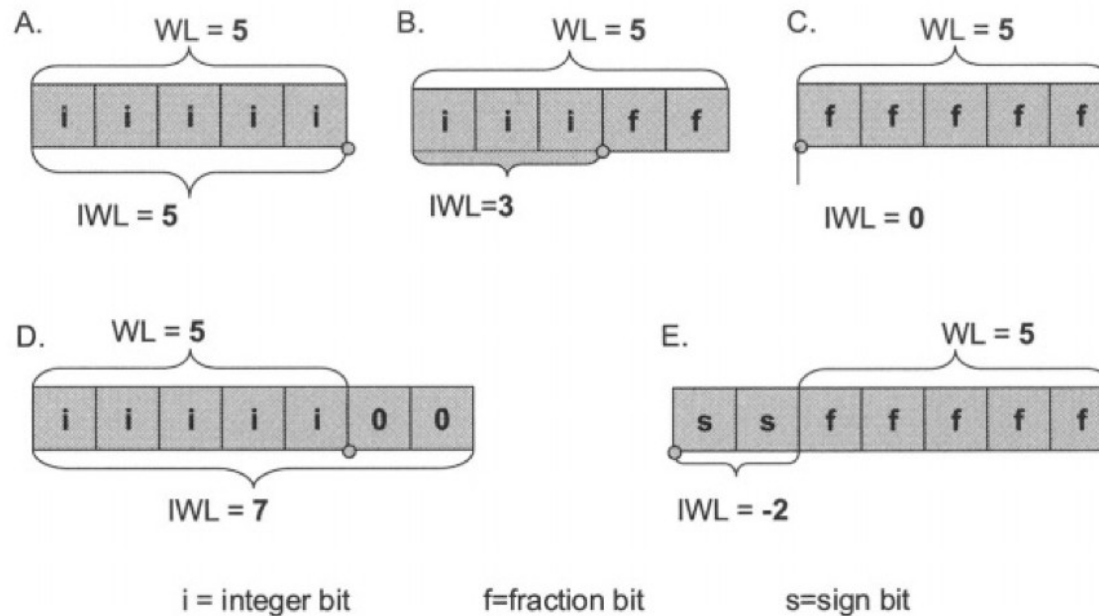
Exercícios



LAICO

Ponto Fixo...

- Ponto fixo:
 - WL : tamanho da palavra - QTD: modo quantização
 - IWL: tamanho parte inteira - OV: modo overflow
 - NBITS: número de bits de saturação





Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

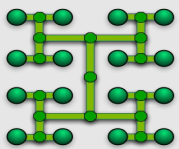
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Exemplos III

- `sc_fix pf(9, 5);`
- `const sc_ufixed<19,3> PI ("3.141592654");`
- Ex:
 - `pf = -12.34`
 - Imprimindo:
 - `Pf = -12.375`



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

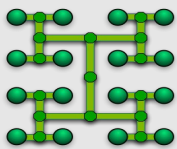
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Operações sobre Dados

List of all operations SystemC allows on types

Types	Bitwise	Arith- metic	Logical	Equal- ity	Rela- tional	Assign- ment	Auto- incre- ment or dec- rement	Arith- metic if	Concat enation	Index
sc_bit	~ & ^			all		=. &=, =, ^=			yes	
sc_logic	~ & ^			all		=. &=, =, ^=			yes	
sc_int	all	all	all	all	all	all	all	yes	yes	yes
sc_uint	all	all	all	all	all	all	all	yes	yes	yes
sc_bigint	all	all	all	all	all	all	all	yes		yes
sc_biguint	all	all	all	all	all	all	all	yes		yes
sc_bv sc_lv	~ & ^			all		=. &=, =, ^=			yes	yes



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

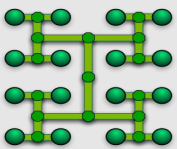
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Operadores Lógicos-Aritméticos

- Unários:
 - z é tratado como x
 - ~ negação bit por bit
 - ! negação lógica
 - - negativo
 - ++ auto-incremento
 - -- auto-decremento
- Binários
 - Se um dos bits envolvidos for x ou z, todo o resultado é x.
 - * multiplicação
 - / divisão
 - % resto da divisão
 - + soma
 - - subtração



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

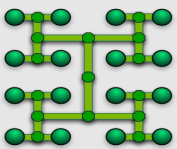
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Operadores Lógico-Aritméticos

- Lógicos binários
 - >> desloca direita
 - << desloca esquerda
 - Preenche com zeros
 - Negativo não permitido
 - Comparação:
 - == != < > <= >=
 - & “e” lógico
 - | “ou” lógico
 - ^ “ou-exclusivo” lógico



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

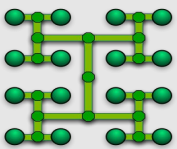
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Que tipo de dados usar?

- Utilizar tipos nativos C++ sempre que possível
 - `sc_int<>` e `sc_uint<>`
 - Dados com menos de 64 bits, com tamanho arbitrário
 - Operações lógicas e aritméticas
 - `sc_bit`, `sc_bv<>`
 - Operações booleanas, quando não puder usar `bool`
 - `sc_logic`, `sc_lv<>`
 - Modelagem de alta impedância, lógica multivalorada
 - `sc_bigint<>`, `sc_biguint<>`
 - Dados com mais de 64 bits
 - `sc_fix<>`, `sc_ufix<>`
 - Ponto fixo

+ rápido

+ lento



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

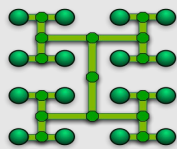
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Exercícios

```
sc_lv<4> a, x, v;  
a = "0010"; x = 3; v = 0;
```

a) $a \&\& x$

b) $x \parallel v$

c) $\neg v \&\& a$

d) $\neg a \parallel v$

```
sc_lv<4> x,y; sv_lv<2>  
z;
```

$x = "0010"; y = 7; z =$
 $"00"$

a) $x \wedge y$

b) $y \mid z$



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

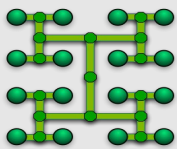
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Exercícios

```
sc_lv<4> x,y;
```

```
x = "0010";
```

```
y = "1000"
```

```
a) x << 2
```

```
b) x >> 2
```

```
d) x << 1
```

```
sc_lv<4> x,y;
```

```
sc_lv<2> z;
```

```
x = "0010";
```

```
y = "X010";
```

```
z = "00";
```

```
a) x < z
```

```
b) (x >> 2) > z
```

```
c) x != Y
```

```
d) x == y
```



Universidade
de Brasília

Dados C++

Dados
SystemC

Literais

Concatena

Exemplos I

Op. Unários

Op. Redução

Exemplos II

Op. Aritmét.

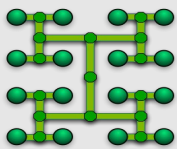
Ponto Fixo

Exemplos III

Seleção Tipos

Operadores

Exercícios



LAICO

Exercícios

```
sc_lv<4> x,y;  
sc_lv<2> u;  
sc_bit v;  
x = "0010";  
y = "0111";  
u = "00";  
v = "x";  
a) (u == 0) ? x : y  
b) u ? x : y  
c) x == y
```

```
sc_uint<8> a, b;  
a = -12;  
a) a / 3  
b) b = -12 / 3;
```