

## 基礎コンピュータ工学 第2章 情報の表現 (パート4：2の補数の和差)

<https://github.com/tctsigemura/TecTextBook>

本スライドの入手：



基礎コンピュータ工学第2章 情報の表現 (パート4)

1 / 9

## 2進数の和差の計算 (復習)

2進数の場合は以下になる。

- 1より大きくなる時に桁上げが発生する。

$$\begin{array}{r} 010 \\ + 001 \\ \hline 011 \end{array} \quad \begin{array}{r} 001 \\ + 001 \\ \hline 010 \end{array} \quad \begin{array}{r} 010 \\ + 011 \\ \hline 101 \end{array} \quad \begin{array}{r} 011 \\ + 001 \\ \hline 100 \end{array} \quad \begin{array}{r} 011 \\ + 011 \\ \hline 110 \end{array}$$

- 桁借りでは2借りてくる。

$$\begin{array}{r} 011 \\ - 001 \\ \hline 010 \end{array} \quad \begin{array}{r} 010 \\ - 001 \\ \hline 001 \end{array} \quad \begin{array}{r} 101 \\ - 011 \\ \hline 010 \end{array} \quad \begin{array}{r} 100 \\ - 001 \\ \hline 011 \end{array} \quad \begin{array}{r} 110 \\ - 011 \\ \hline 011 \end{array}$$

基礎コンピュータ工学第2章 情報の表現 (パート4)

2 / 9

## 2進数の和差の計算 (復習)

10進数の計算と2進数の計算をこなさい。

$\begin{array}{r} 3+8 \\ 10 \text{ 進} \quad 2 \text{ 進} \\ 3 \quad 0011 \\ + 8 \quad + 1000 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 5+7 \\ 10 \text{ 進} \quad 2 \text{ 進} \\ 5 \quad 0101 \\ + 7 \quad + 0111 \\ \hline \end{array}$
$\begin{array}{r} 11-8 \\ 10 \text{ 進} \quad 2 \text{ 進} \\ 11 \quad 1011 \\ - 8 \quad - 1000 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 12-7 \\ 10 \text{ 進} \quad 2 \text{ 進} \\ 12 \quad 1100 \\ - 7 \quad - 0111 \\ \hline \end{array}$

基礎コンピュータ工学第2章 情報の表現 (パート4)

3 / 9

## 負数の表現 (復習)

- 2の補数による負数の表現

2の補数 ( $2^n - x$ ) を負数の表現に使用する。

4ビット2進数の2の補数 ( $2^4 - x = y$ )

もとの数 (x)	補数へ変換	補数 (y)
0	$1\ 0000_2 - 0000_2 = 1\ 0000_2$	
1	$1\ 0000_2 - 0001_2 = 1\ 1111_2$	
2	$1\ 0000_2 - 0010_2 = 1\ 1110_2$	
3	$1\ 0000_2 - 0011_2 = 1\ 1101_2$	
4	$1\ 0000_2 - 0100_2 = 1\ 1100_2$	
5	$1\ 0000_2 - 0101_2 = 1\ 1011_2$	
6	$1\ 0000_2 - 0110_2 = 1\ 1010_2$	
7	$1\ 0000_2 - 0111_2 = 1\ 1001_2$	
8	$1\ 0000_2 - 1000_2 = 1\ 1000_2$	

基礎コンピュータ工学第2章 情報の表現 (パート4)

4 / 9

## 負数の表現 (復習)

- 2の補数の求め方

ビット反転 + 1

$$x = +3_{10} = 0011_2 \text{ (もとの数)}$$

$$y = -3_{10} = 1100_2 + 1 = 1101_2 \text{ (2の補数)}$$

元に戻るのもビット反転 + 1

$$y = -3_{10} = 1101_2 \text{ (2の補数)}$$

$$y = +3_{10} = 0010_2 + 1 = 0011_2 \text{ (もとの数)}$$

- 表現できる数値の範囲

$$4 \text{ ビット} : -8 \sim +7 \text{ } (-2^3 \sim + (2^3 - 1))$$

$$n \text{ ビット} : -2^{n-1} \sim + (2^{n-1} - 1)$$

- 正負の判定

最上位ビットが

0 : 正の値を表現している。

1 : 負の値を表現している。

基礎コンピュータ工学第2章 情報の表現 (パート4)

5 / 9

## 負の数を含む計算

2の補数表現の負数は符号無し2進数と同じ手順で計算できる！！

- 最上位ビットからの桁上げは無視する。

$$\begin{array}{r} 0010 \text{ (+2)} \quad 1011 \text{ (-5)} \quad 1101 \text{ (-3)} \\ + 1111 \text{ (-1)} \quad + 0101 \text{ (+5)} \quad + 1101 \text{ (-3)} \\ \hline 0001 \text{ (+1)} \quad 0000 \text{ (+0)} \quad 1010 \text{ (-6)} \end{array}$$

- 仕組み

- 正の数と負の数の和 ( $-b$  を2の補数 ( $2^n - b$ ) と表現する)

正の値  $a$  と負の値  $-b$  の和を計算し  $2^n$  (最上位の桁上げ) を無視する

$$a + (-b) = a + (2^n - b) = 2^n + a - b = a - b$$

- 負の数と負の数の和 ( $-a, -b$  を2の補数で表現する)

$2^n$  (最上位からの桁上げ) を一つ無視すると

$$(-a) + (-b) = (2^n - a) + (2^n - b) = 2^n - (a + b)$$

基礎コンピュータ工学第2章 情報の表現 (パート4)

6 / 9

## 負の数を含む計算

2の補数表現の負数は符号無し2進数と同じ手順で計算できる！！

- 最上位ビットの桁借りは制限なしとする、

$$\begin{array}{r} 0010 \quad (+2) \quad \quad 0000 \quad (+0) \quad \quad 1101 \quad (-3) \\ - \quad 1111 \quad (-1) \quad - \quad 0101 \quad (+5) \quad - \quad 1010 \quad (-6) \\ \hline 0011 \quad (+3) \quad \quad 1011 \quad (-5) \quad \quad 0011 \quad (+3) \end{array}$$

- 仕組み

- 正の数と負の数の差 ( $-b$  を2の補数  $(2^n - b)$  と表現する)  
正の値  $a$  と負の値  $-b$  の差を計算し  $-2^n$  (最上位の桁借り) を許す  
 $a - (-b) = a - (2^n - b) = -2^n + a + b = a + b$
- 負の数と負の数の差 ( $-a, -b$  を2の補数で表現する)  
 $2^n$  (最上位からの桁上げ) を一つ無視すると  
 $(-a) - (-b) = (2^n - a) - (2^n - b) = (-a) + b$

## 負数を含む計算 (問題1/2)

問題1 1: 次の計算を2進数と10進数でしなさい。  
(ただし、2進数は2の補数表現形式になっている)

$$\begin{array}{l} 1) \quad \begin{array}{r} 0011 \ 0010_2 \\ + \quad 0011 \ 0010_2 \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} \phantom{00} \phantom{00} \\ + \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline \end{array} \\ 2) \quad \begin{array}{r} 1111 \ 1111_2 \\ + \quad 1111 \ 1111_2 \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} \phantom{00} \phantom{00} \\ + \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline \end{array} \end{array}$$

## 負数を含む計算 (問題2/2)

$$\begin{array}{l} 3) \quad \begin{array}{r} 0110 \ 0100_2 \\ + \quad 1001 \ 1100_2 \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} \phantom{00} \phantom{00} \\ + \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline \end{array} \\ 4) \quad \begin{array}{r} 1111 \ 0000_2 \\ + \quad 1110 \ 1111_2 \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} \phantom{00} \phantom{00} \\ + \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline \end{array} \\ 5) \quad \begin{array}{r} 0001 \ 0000_2 \\ - \quad 1110 \ 1111_2 \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} \phantom{00} \phantom{00} \\ - \phantom{00} \phantom{00} \\ \hline \end{array} \end{array}$$