

コンピュータ・サイエンス1

第6回 コンピュータでの情報の扱い方(3)

人間科学科コミュニケーション専攻
白銀 純子

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

第6回の内容

- コンピュータでの情報の扱い方(3)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

前回の出席問題の解答

- 設問1: 12個の情報を表現するためには、最低何ビットの0と1が必要か

nビットで2ⁿ個の情報を表現できるので...

$$\begin{aligned} 2^2 &= 4 & \rightarrow & \text{足りない!} \\ 2^3 &= 8 & \rightarrow & \text{足りない!} \\ 2^4 &= 16 & \rightarrow & \text{足りる!} \end{aligned}$$

解答: 4ビット

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

前回の出席問題の解答

- 設問2: 「やってみよう!」の10進数⇔2進数の変換問題の4. と6. の計算結果を報告すること

- 4. の問題: 10進数の「135」を10桁の2進数に

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 135} \\ \underline{67} \dots \text{余り: } 1 \\ 2 \overline{) 33} \dots \text{余り: } 1 \\ \underline{16} \dots \text{余り: } 1 \\ 2 \overline{) 8} \dots \text{余り: } 0 \\ \underline{4} \dots \text{余り: } 0 \\ 2 \overline{) 2} \dots \text{余り: } 0 \\ \underline{1} \dots \text{余り: } 0 \\ 0 \dots \text{余り: } 1 \end{array}$$

「10桁」の指定がついているので...

(135)₁₀ = (10000111)₂ → 解答: (0010000111)₂

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

前回の出席問題の解答

- 設問2: 「やってみよう!」の10進数⇔2進数の変換問題の4. と6. の計算結果を報告すること

- 6. の問題: 2進数の「001010101010」を10進数に

$$\begin{array}{cccccccccccc} 2^{11} & 2^{10} & 2^9 & 2^8 & 2^7 & 2^6 & 2^5 & 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 \\ \times & \times & \times & \times & \times & \times & \times & \times & \times & \times & \times & \times \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

$$\begin{aligned} &0 + 0 + 2^9 + 0 + 2^7 + 0 + 2^5 + 0 + 2^3 + 0 + 2^1 + 0 \\ &= 512 + 128 + 32 + 8 + 2 \\ &= 682 \end{aligned}$$

解答: (682)₁₀

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

前回の出席問題の解答

- 設問3: 「やってみよう!」の2進数の足し算の3. の計算結果を報告すること

- 3. の問題: 10010010 + 11001100の結果を10進数で(8ビットでオーバーフローも考慮)

$$\begin{array}{r} 10010010 \\ + 11001100 \\ \hline 21011110 \end{array}$$

10(2進数で表記) → 繰り上がり

この桁(8桁目)に残すもの

$$\begin{array}{r} 10010010 \\ + 11001100 \\ \hline 10010010 \\ + 11001100 \\ \hline 10101110 \end{array}$$

(10101110)₂ → (01011110)₂ (8桁に桁あわせ)

解答: (94)₁₀

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

前回の質問の解答

- 前回の復習とあわせて

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

7

Question!

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

8

前回の復習

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

9

2進数[1](p. 4)

- n進数: 数をn個の文字で表す方法
 - 10進数: 数を10個の文字で表す方法(普段使っている数の表現方法)
 - 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9の10個の文字
 - 2進数: 数を2個の文字で表す方法
 - 0, 1の2個の文字

コンピュータ: 「0」と「1」で全ての情報を表現

➡ 「2進数で情報を表現している」、と言える

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

10

2進数での情報の表現

- 数: 10進数⇄2進数の計算が可能
- 文字や色: 人間が番号を設定

数

- (50)₁₀ = (110010)₂
- (100)₁₀ = (1100100)₂

計算することが可能

文字

- 半角アルファベットの「N」: 01001110
- 日本語の「ん」: 1010010011110011

人間が番号のつけ方のルールを作成

色

- 赤: 111111110000000000000000
- 青: 00000000000000000011111111

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

11

10進数を2進数に変換

- 10進数の数は、2進数の表現に直すことができる

2)10進数の数

2)商1...余り1

2)商2...余り2

...

2)商n-1...余りn-1

商n...余りn

1. 10進数の数を2で割って商1と余り1を計算する

2. 商1を2で割って商2と余り2を計算する

3. 商2を2で割って商3と余り3を計算する

4.

商が0になるまで繰り返す

※小数の計算はしない

余り1

余り2

...

余りn-1

余りn

時計回りに倒す

余りn

余りn-1

...

余り2

余り1

余りを余りnから余り1の順に左から並べたものが2進数

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

12

10進数を2進数に変換(例)

10進数の13を2進数に変換

$$\begin{array}{r} 2 \overline{)13} \\ 2 \overline{)6} \cdots \text{余り:1} \\ 2 \overline{)3} \cdots \text{余り:0} \\ 2 \overline{)1} \cdots \text{余り:1} \\ 0 \cdots \text{余り:1} \end{array}$$

$(13)_{10} = (1101)_2$

10進数の50を2進数に変換

$$\begin{array}{r} 2 \overline{)50} \\ 2 \overline{)25} \cdots \text{余り:0} \\ 2 \overline{)12} \cdots \text{余り:0} \\ 2 \overline{)6} \cdots \text{余り:0} \\ 2 \overline{)3} \cdots \text{余り:0} \\ 2 \overline{)1} \cdots \text{余り:1} \\ 0 \cdots \text{余り:1} \end{array}$$

$(50)_{10} = (110010)_2$

※矢印の方向に余りを並べる

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

13

2進数の桁数[1]

- コンピュータでは、2進数の各桁の0と1をそれぞれ箱に入れて扱うイメージ
- 箱の数は32または64が多い

箱の数が5個のコンピュータだとすると... $(2)_{10} = (10)_2$

各桁を箱に入れると...

(各桁は右詰めで入れる)

$\boxed{}\boxed{}\boxed{}\boxed{}\boxed{10}$

箱が余ることもある!

余った箱には「0」を入れる

つまり $(10)_2$ を $(00010)_2$ と表現する

コンピュータの世界で数を2進数で表現するとき:
数の左側に、足りない分だけ0をつけて表現する

※授業や書籍の説明、問題などでは32桁や64桁は書ききれないので、もっと短い桁数で扱う

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

14

2進数の桁数[2]

- コンピュータ関係の問題では、2進数の桁数を指定されることが多い

- Ex. 10進数の50を8桁の2進数で表しなさい。

$(50)_{10} = (110010)_2$

答え: $(110010)_2$

もらえても△
(つまり、○はもらえない)

なぜ? → 問題文に「8桁」と指定されているのに、6桁で答えているから

答え: $(00110010)_2$

桁数を気にしなければならない場面は多いので注意!

※問題文に桁数を書いていなければ気にしないでOK

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

15

2進数を10進数に変換

- 2進数の各桁の上にそれぞれ「2」を書く
1. で書いた「2」の右肩に、右から0, 1, 2, ...と書いていく

- $2^0, 2^1, 2^2, \dots$ ができていく

右から左に、0, 1, 2, ...と番号をつける

1. $\begin{array}{cccccc} 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array}$

※ 2^n : 2をn回かけ算する

Ex. $2^2: 2 \times 2 \times 2 = 8$

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

16

2進数を10進数に変換

- 各桁の上の「 2^n 」と、それぞれの桁の数をかけあわせる
2. の結果を足し合わせる

2. $\begin{array}{cccccc} 2^5 & 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array}$

3. $\begin{array}{cccccc} 2^5 & 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 \\ \times & \times & \times & \times & \times & \times \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline 2^5 & 2^4 & 2^3 & 0 & 2^1 & 0 \end{array}$

4. $\begin{array}{cccccc} 2^5 & 2^4 & 2^3 & 0 & 2^1 & 0 \\ \hline 2^5 & + & 2^4 & + & 2^3 & + & 0 & + & 2^1 & + & 0 & = & 58 \end{array}$

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

17

足し算をする方法[1](p. 6)

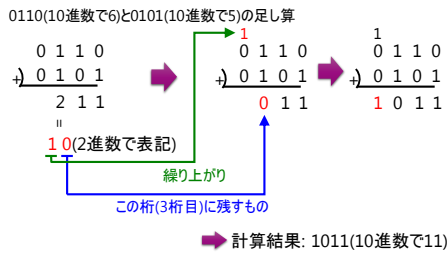
- 10進数での1桁の足し算
 - たくさん $(10 \times 10 = 100)$ のパターンが存在
 - $1+1, 1+2, 1+3, \dots, 2+1, 2+2, 2+3, \dots, 8+6$ (繰り上がりが1), $8+7$ (繰り上がりが1), ...
- 2進数での1桁の足し算
 - 4通り
 - 足した結果が2になると繰り上がりが1(2進数では10進数の2を「10」と表すため)
 - $0+0, 0+1, 1+0, 1+1$ (繰り上がりが1)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

18

足し算をする方法[2](p. 6)

- 基本的な2進数の足し算の方法は10進数と同じ



Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

19

桁あふれ(オーバーフロー)[1]

- コンピュータでは数を表すビット数(2進数の桁数)は固定されている
 - 計算の結果、決まった桁数を超えると...?

Ex. 数を4ビット(4桁)で表す場合:
1110(10進数で14)と0101(10進数で5)の足し算

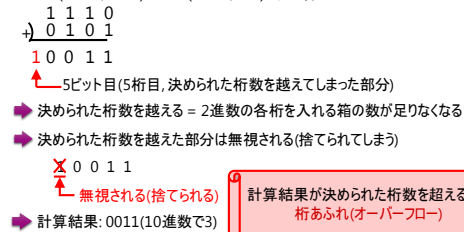
$$\begin{array}{r} 1110 \\ + 0101 \\ \hline 10011 \end{array}$$

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

20

桁あふれ(オーバーフロー)[2]

Ex. 数を4ビット(4桁)で表す場合
1110(10進数で14)と0101(10進数で5)の足し算



Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

21

桁あふれ(オーバーフロー)の扱い[1]

- コンピュータでは、2進数の各桁を、1つずつ箱に入れて扱っている、というイメージ
 - 各桁を入れる箱の数に限りがある
 - Ex. 数を4ビットで表す = 数を4桁で表す(2進数の各桁を入れる箱の数が4個)
 - どのような計算をしたとしても、箱の数は変更されない
 - 計算結果を入れるための箱は、計算に使う数と同じ個数しか用意されない
 - Ex. 数を4ビットで表すときに、 $(1110 + 0101)_2$ の計算結果も4ビットでしか表現できない(計算結果を入れるための箱は4個しか用意されない)

桁あふれ(オーバーフロー): 本来の計算結果(人間が自分の手で行った計算結果)とコンピュータが行った計算結果(Ex. 電卓などの計算結果)が違ってしまふ現象

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

22

桁あふれ(オーバーフロー)の扱い[2]

- 2進数の各桁を入れる箱は、小さい桁(右の桁)の分から用意される
 - 大きい桁が箱に入れずにあふれてしまい、なくなってしまう
 - 1つの箱に2つ以上の桁を入れることはできない
 - あふれても、コンピュータは余分の箱を用意してくれない(用意できない)



5桁目は無視されるので計算結果は(0011)₂

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

23

桁あふれ(オーバーフロー)の扱い[3]

- コンピュータ関係の問題では、2進数の桁数を指定されることが多い
 - Ex. 2進数4桁の数1110(10進数で14)と0101(10進数で5)を足した結果を10進数で答えなさい。

$$(1110 + 0101)_2 = (10011)_2 = (19)_{10}$$

答え: (19)₁₀ ✗

なぜ? → 問題文に「4桁」と指定されているのに、2進数の計算結果が5桁になっている
そのまま10進数に直しているから

$$(1110 + 0101)_2 = (10011)_2 \rightarrow (0011)_2 \text{ (桁数あわせ)} = (3)_{10}$$

答え: (3)₁₀ ○

2進数の段階で常に桁数を気にしよう!

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

24

シフト算でもオーバーフロー

オーバーフローが起こるのは...

- 足し算
- かけ算(左にシフトする計算)

かけ算の場合... Ex. 4ビットの数: $(1011)_2 \times (8)_{10}$

$$(1011)_2 \times (8)_{10} = (1011)_2 \times (2^3)_{10}$$

$$= (1011)_2 \times (1000)_2$$

$$= (1011000)_2$$

7ビット(7桁)になってしまった

but... 各桁を入れる箱は、小さい桁から4桁分

大きい桁(左の桁)から3桁分が無視されるので、計算結果は $(1000)_2$

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

32

やってみよう! [3]

- 10010を左に4ビットシフトした数
- 11001を左に7ビットシフトした数
- 1110101を左に2ビットシフトした数
- 10100000を右に3ビットシフトした数
- 11010100000を右に5ビットシフトした数
- 10101000を右に2ビットシフトした数

※すべて2進数のままで良い

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

33

コンピュータでの情報量

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

34

バイト[1](p. 8)

コンピュータでの情報量:

情報を表現する「0」と「1」の数 = **ビット**

コンピュータの世界では、「0」と「1」を8個単位で扱うことが多い

Ex.:

半角英数の文字: 8個の「0」と「1」で構成 (8個 × 1)

全角の文字: 16個の「0」と「1」で構成 (8個 × 2)

画像などの色: 24個の「0」と「1」で構成 (8個 × 3)

8ビットで1つの単位: **バイト(byte)**

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

35

バイト[2](p. 8)

1バイト(byte) = 8ビット(bit)

- 半角英数1文字(8ビット): 1バイト
- 全角1文字(16ビット): 2バイト
- 画像などの色1つ(24ビット): 3バイト

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

36

バイト[3](p. 8)

現実世界: 1000で1つの単位

- 1000: 1K (1000m = 1Km)

コンピュータの世界では 2^{10} で1つの単位

- 1Kbyte(キロバイト, KB): 1024byte
- 1Mbyte(メガバイト, MB): 1024Kbyte
- 1Gbyte(ギガバイト, GB): 1024Mbyte
- 1Tbyte(テラバイト, TB): 1024Gbyte

便宜上、1KB = 1000byte, 1MB = 1000KB, etc. とすることもある

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

37

8進数と16進数

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

38

8進数と16進数[1]

- コンピュータでの情報: 2進数で扱われる
情報量が多くなると桁数が大きくなって、人間には扱いにくい

Ex.
アルファベットの「N」: 01001110 (8桁)
日本語の「ん」: 1010010011110011 (16桁)
赤色: 111111110000000000000000 (24桁)

人間にとっては扱いにくい
(コンピュータの制御を考えると、人間もコンピュータのように考える必要)

↓
8進数&16進数

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

39

8進数と16進数[2]

- 8進数: 数を0～7の8つの数字で表現
- 16進数: 数を0～9とA～Fの16個の文字で表現

A: 10
B: 11
C: 12
D: 13
E: 14
F: 15
覚えよう!

※いろいろな試験で、電卓の持ち込みはできないので、きちんと自分で計算できるようになろう!

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

40

8進数と16進数[3]

Ex.
アルファベットの「N」
2進数: 01001110
8進数: 116
16進数: 4E
日本語の「ん」:
2進数: 1010010011110011
8進数: 51163
16進数: 5273
赤色:
2進数: 111111110000000000000000
8進数: 77600000
16進数: FF0000

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

41

16進数

- 16進数が特によく使われる
- コンピュータの世界では0～255の数値で表現されるものが多い

Ex. 色
色は赤・緑・青の濃淡を混ぜ合わせて表現する
赤・緑・青を0～255の256段階の濃淡を混ぜ合わせる
赤成分: 255, 緑成分: 102, 青成分: 153 →

0～255を16進数で表すと0～FFで、ちょうど2桁で表せる

※色のほかに、文字も16進数で表すことが多い
(半角英数: 16進数2桁, 全角: 16進数4桁)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

42

16進数がよく使われる例

- 色の表現: 赤・緑・青の256段階の濃淡で表現
- それぞれの濃淡の度合いを0～255の数値で表現
- 濃淡の度合いの数値を16進数で表現
- 16進数の数値を赤・緑・青の順に並べ、先頭に「#」をつけて色を表現 (色の名前として利用)

16進数で「FF」 16進数で「99」
Ex. 赤成分: 255 緑成分: 102 青成分: 153 →
16進数で「66」
「#FF6699」と表現
※Webページ作成などのときによく使う

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

43

やってみよう!

授業の資料のページに行って...

1. 「PECO STEP」のページに行く
2. 「カラーコード」の入力欄に、16進数の色の名前を入力する
 - 色の名前は適当で良い(1文字目が「#」、2文字目が以降が「a～f」の文字)
 - 色の名前のアルファベットは大文字でも小文字でも良い
3. 下側の領域に、その色が表示される
 - R・G・Bの欄に、赤・緑・青の濃淡の10進数
 - 「色の見本」の欄に、2.で入力した色

※必要な色を探すときは、「色見本」などのキーワードで検索すると良い

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

10進数を16進数に変換

16進数を求める計算方法

1. 10進数の数を16で割って商1と余り1を計算する
2. 商1を16で割って商2と余り2を計算する
3. 商2を16で割って商3と余り3を計算する
4.

16) 10進数の数
 16) 商1...余り1
 16) 商2...余り2
 .
 16) 商n...余りn

商が0になるまで繰り返す
 小数の計算はしない

時計回りに倒す

余り1 余り2 余りn-1 余りn
 余り1 余り2 余りn-1 余りn
 余り1 余り2 余りn-1 余りn

余りを余りnから余り1の順に左から並べたものが16進数
 (ただし10～15の余りは、A～Fに置き換えること)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

10進数を16進数に変換(例)

10進数の255を16進数に変換

16) 255
 16) 15...余り: 15
 0...余り: 15

$(15)_{10} = (F)_{16}$

$(255)_{10} = (FF)_{16}$

10進数の2000を16進数に変換

16) 2000
 16) 125...余り: 0
 7...余り: 13
 0...余り: 7

$(13)_{10} = (D)_{16}$

$(2000)_{10} = (7D0)_{16}$

→ の方向に余りを並べる

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

16進数を10進数に変換

16進数→10進数の変換

1. アルファベットを10進数の数になおす
2. 2進数の各桁の上にそれぞれ「16」を書く
3. 1. で書いた「16」の右肩に、右から0, 1, 2, ...と書いていく
4. 16^0 , 16^1 , 16^2 , ...ができていく

1. 7D0 → 7 13 0

2. 16 16 16
 7 13 0

右から左に、0, 1, 2, ...と番号をつける

3. 16^2 16^1 16^0
 7 13 0

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

16進数を10進数に変換

16進数→10進数の変換

5. 各桁の上の「16ⁿ」と、それぞれの桁の数をかけあわせる
6. 2. の結果を足し合わせる

3. 16^2 16^1 16^0
 7 13 0

4. 16^2 16^1 16^0
 × × ×
 7 13 0
 7 × 16^2 13 × 16^1 0

5. 7×16^2 13 × 16^1 0
 足し合わせる
 $7 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 0 = 2000$

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

やってみよう!

1. 10進数の「240」を16進数に
2. 10進数の「3000」を16進数に
3. 10進数の「50000」を16進数に
4. 16進数の「64」を10進数に
5. 16進数の「FA0」を10進数に
6. 16進数の「4E20」を10進数に
7. 16進数の「A3」を10進数に
 (2012年度ITパスポート秋季試験問題)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

Question!

8進数

8進数

- 16進数ほどではないが、知っておくべき数の表現方法
 - 情報処理技術者試験などには出ることも

10進数を8進数に変換

8進数を求める計算方法

1. 10進数の数を16で割って商1と余り1を計算する
2. 商1を16で割って商2と余り2を計算する
3. 商2を16で割って商3と余り3を計算する
4.

8) 10進数の数
8) 商1...余り1
8) 商2...余り2
.
8) 商n...余りn

商が0になるまで繰り返す
小数の計算はしない

余り1
余り2
.
余りn-1
余りn
時計回りに倒す
余り3
余り2
余り1

余りを余りnから余り1の順に左から並べたものが8進数

※10進数→X進数の計算は、割る数がXになるだけで、やり方はどのX進数でも同じ

10進数を8進数に変換(例)

10進数の255を8進数に変換

8) 255
8) 31...余り: 7
8) 3...余り: 7
0...余り: 3

(255)₁₀ = (377)₈

10進数の2000を8進数に変換

8) 2000
8) 250...余り: 0
8) 31...余り: 2
8) 3...余り: 7
0...余り: 3

(2000)₁₀ = (3720)₈

→ の方向に余りを並べる

8進数を10進数に変換

8進数→10進数の変換

- 8進数の各桁の上にそれぞれ「8」を書く
1. で書いた「8」の右肩に、右から0, 1, 2, ...と書いていく
 - 8⁰, 8¹, 8², ...ができていく

右から左に、0, 1, 2, ...と番号をつける
1. 8 8 8 8
3 7 2 0
2. 8³ 8² 8¹ 8⁰
3 7 2 0

8進数を10進数に変換

- 8進数→10進数の変換
- 3. 各桁の上の「8ⁿ」と、それぞれの桁の数をかけあわせる
- 4. 2. の結果を足し合わせる

2.
$$\begin{array}{cccc} 8^3 & 8^2 & 8^1 & 8^0 \\ 3 & 7 & 2 & 0 \end{array}$$

↓

3.
$$\begin{array}{cccc} 8^3 & 8^2 & 8^1 & 8^0 \\ \times & \times & \times & \times \\ 3 & 7 & 2 & 0 \\ \hline 3 \times 8^3 & 7 \times 8^2 & 2 \times 8^1 & 0 \end{array}$$

→

4.
$$\begin{array}{l} 3 \times 8^3 + 7 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 0 \\ \text{足し合わせる} \\ \hline 3 \times 8^3 + 7 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 0 = 2000 \end{array}$$

※X進数→10進数の計算は、累乗する数がXになるだけで、やり方はどのX進数でも同じ

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

やってみよう!

- 10進数の「200」を8進数に
- 10進数の「1000」を8進数に
- 10進数の「555」を8進数に
- 8進数の「100」を10進数に
- 8進数の「2734」を10進数に
- 8進数の「55」を16進数に
(2009年度ITパスポート秋季試験問題)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

負数の表現方法

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

負の数の表現[1](p. 9)

- コンピュータでの計算は、全て足し算
 - コンピュータでの計算は、電気回路で実行
 - 電気回路: 電気が通る線を組み合わせて、様々な処理をするためのもの (コンピュータを構成する最も基本的な部品)
 - 足し算, 引き算, かけ算, 割り算をするには、それぞれのために専用の回路が必要
 - 足し算専用回路, 引き算専用回路, かけ算専用回路, 割り算専用回路
 - 経済的に良くない

足し算専用回路(加算器)を組み合わせて他の計算をカバー

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

負の数の表現[2](p. 9)

- 足し算の組み合わせで他の計算も行う
 - 引き算: 「a-b」を、「a+(-b)」(bを負数と考える)
 - かけ算: 足し算の繰り返しとして計算
 - 割り算: 引き算の繰り返しとして計算

コンピュータでも負数を扱う

- 方法1: 真数表現
- 方法2: 2の補数表現

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

真数表現(p. 9)

- 数を表す2進数に符号(+ or -)を表す1ビットを付加
 - 数の先頭のビットで符号を表す
 - 0が「+」、1が「-」を表す
 - 「符号ビット」と呼ぶ

10進数	2進数	符号ビット
-3	1 0 1 1	
-2	1 0 1 0	
-1	1 0 0 1	
-0	1 0 0 0	
+0	0 0 0 0	
+1	0 0 0 1	
+2	0 0 1 0	
+3	0 0 1 1	

0が「+0」と「-0」の2種類できてしまう

具合が悪いので 真数表現はあまり使われない

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

2の補数表現[1](p. 9)

- 負の数Nを、正の数N(2進数)の0と1を反転させて1を加えた数で表現する方法
 - 0と正の整数(自然数)は、そのまま表現(この計算はしない)

Ex.

$$(-10)_{10} = (-01010)_2$$

→ $(10101 + 1)_2 = (10110)_2$

「10」を2進数にして「-」をつけたもの

「-01010」の「-」をとって「1」と「0」を逆にしたもの

$(-10)_{10}$ の2進数(2の補数表現)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

2の補数表現[2](p. 9)

- 2の補数 = 負の数を2進数で表現したもの(コンピュータの世界では)
- 計算方法(例: -20を10桁の2進数に直す)
 - 2の補数に直したい10進数のマイナスを取り除く
 - $(-20)_{10} \rightarrow (20)_{10}$
 1. の結果を2進数に直す
 - $(20)_{10} = (0000010100)_2$
 2. の結果の0と1を逆にする(0の桁を1、1の桁を0にする)

$$0000010100$$

$$\downarrow$$

$$1111101011$$

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

2の補数表現[2](p. 9)

- 2の補数 = 負の数を2進数で表現したもの(コンピュータの世界では)
- 計算方法(例: -20を10桁の2進数に直す)
 3. の結果に1を足し算する

$$\begin{array}{r} 1111101011 \\ + 1 \\ \hline 1111101100 \end{array}$$

2進数で負の数の表現では、「-」の記号はつけない

-20を2進数に直した結果(2の補数 = 2進数での負の数の表現)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

2の補数表現の利点(p. 10)

- 引き算(符号付きの足し算)をそのまま足し算として処理できる(自然数と同様に処理できる)

Ex.

$$(10 + 3)_{10} = (01010 + 00011)_2 = (01101)_2$$

$$(-6 + 3)_{10} = (11010 + 00011)_2 = (11101)_2$$

真数表現: 符号付きの足し算を処理するには、別の回路が必要(単純に足すことはできない)

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

2の補数を10進数に変換[1]

- 2の補数から1を引き、0と1を反転させて10進数におおして「-」をつける
 - 負の数を2の補数に変換するときの逆
 - この計算は、負の数だけ

Ex.

$$(110110)_2$$

$$- (110110 - 1)_2 = (110101)_2$$

$$= (-001010)_2$$

$$= (-10)_{10}$$

2の補数から1を引いたもの

「110101」の0と1を逆にしたもの

(110110)₂(2の補数)の10進数

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

2の補数を10進数に変換[2]

- 計算方法(例: 1111101100を10進数に直す)
 - 2の補数から1を引き算する

$$\begin{array}{r} 1111101100 \\ - 1 \\ \hline 1111101011 \end{array}$$

$$1111101011$$

$$\downarrow$$

$$0000010100$$

※2の補数→10進数の方法は、10進数→2の補数の逆

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

2の補数を10進数に変換[2]

■ 計算方法(例: 1111101100を10進数に直す)

1. 2. の結果を10進数に直す

▪ $(0000010100)_2 = (20)_{10}$

2. 3. の結果に-(マイナス)をつける

▪ $(20)_{10} \rightarrow (-20)_{10}$

1111101100を
10進数に直した数

※2の補数→10進数の方法は、10進数→2の補数の逆

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

69

2進数の引き算[1]

■ 10進数の引き算だと...

- ある桁の引かれる数が引く数より小さければ、1つ大きな桁から10を借りる
- 10を借りる: 貸した桁から1を引き、借りた桁に10を足す

$$\begin{array}{r}
 \text{10を借りる} \\
 \begin{array}{r}
 100 \\
 -) 1 \\
 \hline
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{r}
 \text{10を借りる} \\
 \begin{array}{r}
 010 \\
 -) 1 \\
 \hline
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{r}
 0910 \\
 -) 099 \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}$$

引き算の答え: 99

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

69

2進数の引き算[2]

■ 2進数の引き算だと...

- ある桁の引かれる数が引く数より小さければ、1つ大きな桁から $(10)_2$ (10進数で2) を借りる

▪ 2を借りる: 貸した桁から1を引き、借りた桁に2を足す

$$\begin{array}{r}
 \text{2(2進数で10)を借りる} \quad \text{2(2進数で10)を借りる} \\
 \begin{array}{r}
 100 \\
 -) 001 \\
 \hline
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{r}
 020 \\
 -) 001 \\
 \hline
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{r}
 012 \\
 -) 001 \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}$$

引き算の答え: 011

※コンピュータ的には引き算はしないので、人間が2の補数→10進数の計算をするための引き算

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

70

やってみよう!

- 25を2の補数10桁で表現
- 32を2の補数10桁で表現
- 2の補数10000を10進数で表現
- 2の補数1011000を10進数で表現

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2015. All rights reserved.

71

Question!

Copyright (C) Junko Shirogane, Tokai Women's Christian University 2016. All rights reserved.

72