

インフォマティクス 1

第一回

2018/6/15

名古屋大学大学院情報学研究科
情報システム学専攻
枝廣 正人

シラバスより抜粋

〔目的〕情報システムを実現するために必要となるさまざまな情報処理技術について俯瞰的に学ぶ。この講義により、情報システム及びそれを構成する要素技術の基礎について理解するとともに、専門科目でそれらの理論と応用について学んでいくためのきっかけとする。

〔内容〕まず、情報システムの中心部分であるプログラミングおよび計算機の仕組みについて学んだ後に、関連技術である、組込みシステム、ハイパフォーマンスコンピューティング、ネットワーク、データベース(Web)、オートマトン・形式言語について、基礎となる理論と具体的な処理方法について学ぶ。

〔参考書〕川合 慧 [編], 「情報」, 東京大学出版会, 2006.

〔成績評価方法・基準〕期末試験は実施せず、講義中に与える課題のみで評価する。合計100点満点で60点以上を合格とする。

情報って何だろう？

- 川合編：情報（本講義の参考書）
 - 情報は形がない。もともと“人の心（情）に働きかける（報）何か”という意味であり、物理的実体のあるものではない
- Wikipediaより
 - 情報（じょうほう、英語: information、ラテン語: informatio インフォルマーティオー）とは、
 - あるものごとの内容や事情についての知らせのこと
 - 文字・数字などの記号やシンボルの媒体によって伝達され、受け手において、状況に対する知識をもたらしたり、適切な判断を助けたりするものこと
 - 生体が働くために用いられている指令や信号のこと
 - （情報理論（通信理論）での用法）価値判断を除いて、量的な存在としてとらえたそれ
- 他に、春木：情報って何だろう（参考文献参照）など

インフォマティクス1で学ぶこと

- 「情報」は、情報システム（コンピュータとネットワーク）によって急速に進歩した
- 2進数で表現された大量の「情報」が、コンピュータで処理され、ネットワークを通して世界中を瞬時に移動する
- インフォマティクス1では、情報システム及びそれを構成する要素技術の基礎について学ぶ

予定

- 6月15日：ガイダンス
 計算機の仕組み1（枝廣）
 - 本日の目標：基本素子から組み立ててプロセッサまで
 - 資料はNUCTにアップロードされている
- 6月22日：計算機の仕組み2（本田）
- 6月29日：データベース（Web）（石川）
- 7月 6日：組込みシステム・
 ハイパフォーマンスコンピューティング（高田）
- 7月13日：ネットワーク（村瀬勉）
- 7月20日：プログラミング（結縁）
- 7月27日：オートマトン・形式言語と総括（酒井）

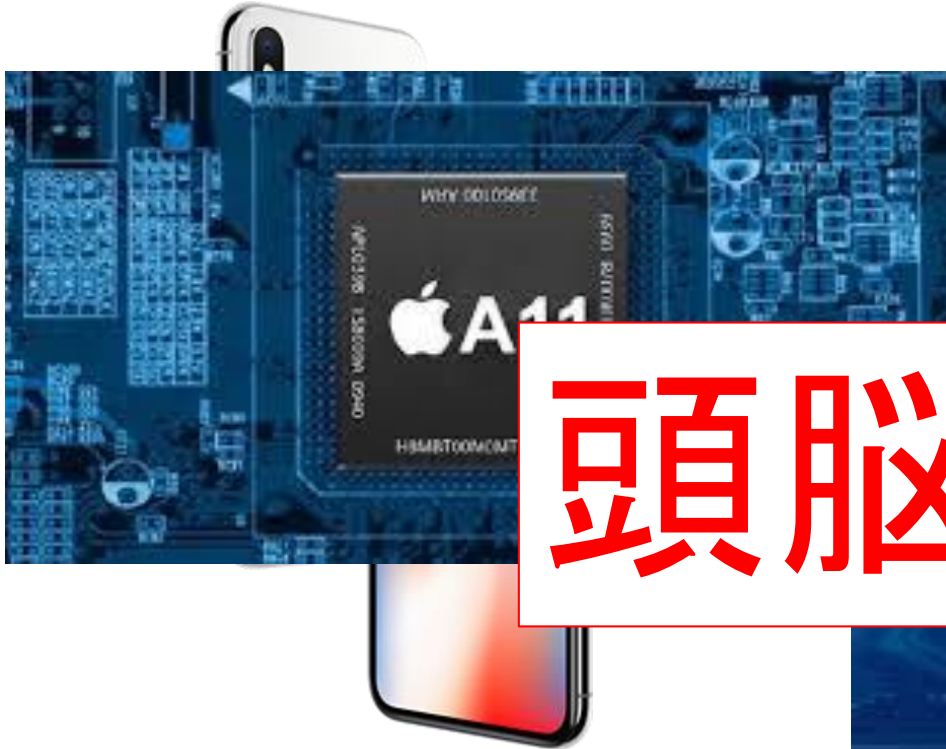
いまどきのスマホやパソコン



<https://appllio.com/20171020-9572-softbank-iphone-x-price>
2019年3月26日

<https://pixabay.com/ja/>
2019年3月26日

CPU（Central Processing Unit、 中央演算処理装置、プロセッサとよばれる）



<https://i.meet-i.com/?p=200692>

2019年3月26日

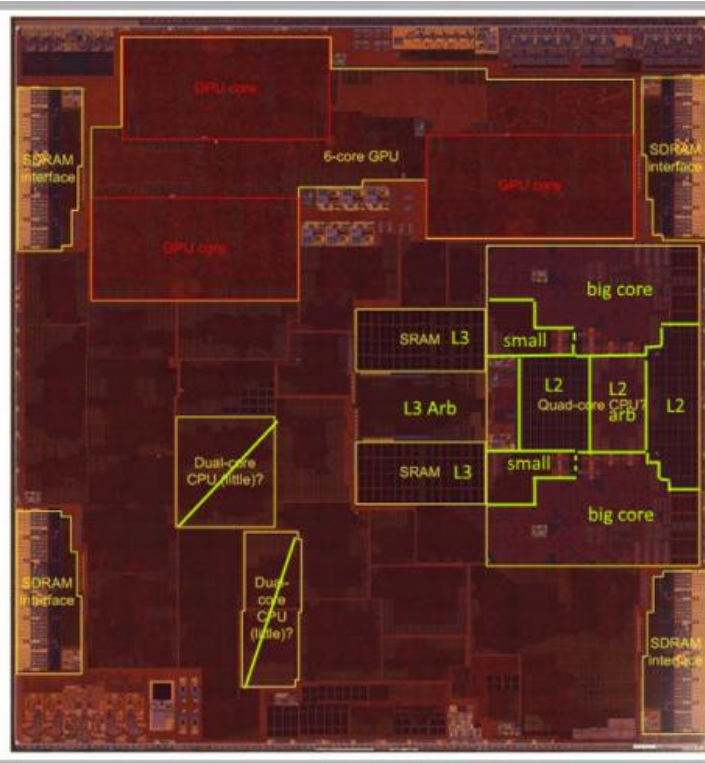
頭脳部！



<https://furien.jp/columns/358/>

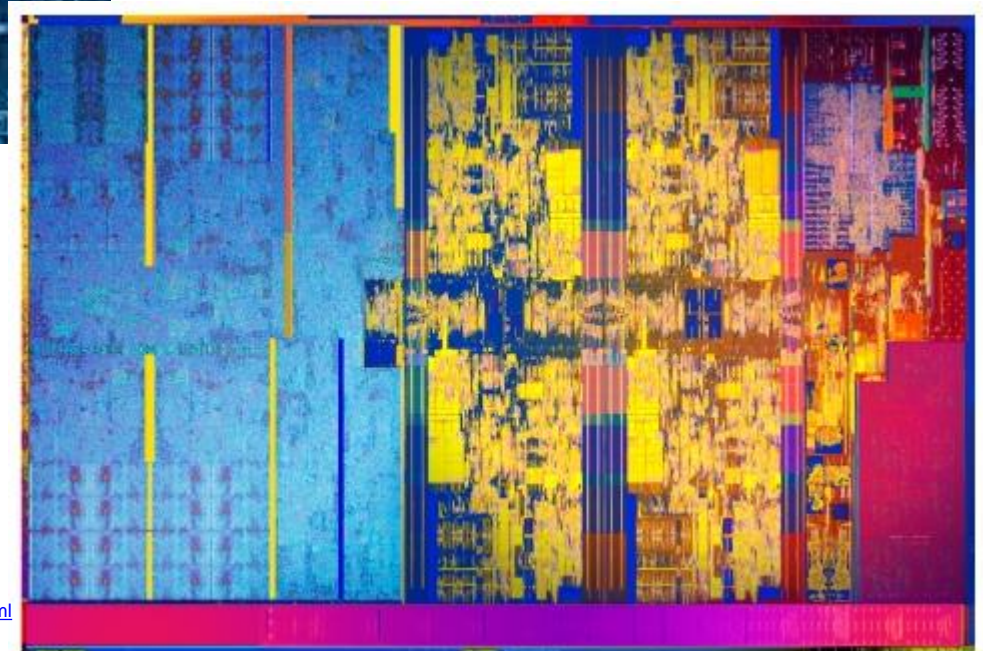
2019年3月26日

中を開けると？



<https://www.macrumors.com/2017/09/12/a11-architecture-heterogeneous-computing/>
2019年3月26日

Intel Core i7 第8世代プロセッサ



Apple A11プロセッサ

<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/ubiq/1076326.html>
2019年3月26日

何でできているの？

A11プロセッサ
面積：90mm²
トランジスタ数
43億個

Apple A11プロセッサ

<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/ubiq/1076326.htm>
2019年3月26日

<https://www.macrumors.com/2017/09/12/a11-architecture-heterogeneous-computing/>

26日

Intel 第8世代

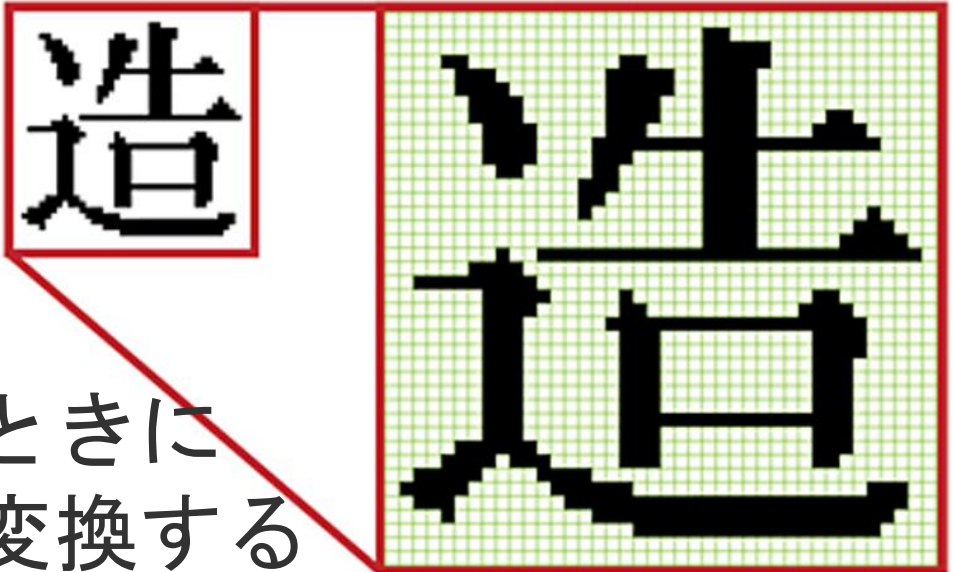
Core i7 第8世代
プロセッサ
面積：151mm²
トランジスタ数：
約35億個？

(突然ですが) デジタルとは？

- すべてのものをとびとびの数値（特に2進数）で表す
 - 白黒：白1、黒0
 - グレーも追加：白255（2進数で11111111）、黒0の256段階
 - 光の三原色：赤、青、黄それぞれ256段階
 - 本当は色は無限にあるはずなのに有限であらわす。それがデジタル。
約1670万色（見分けがつかないでしょ？）
 - 漢字（次のページ）

「造」

- 漢字コード
 - 2進数で16ケタ 1001000110100010
- 画像パターンは別
 - 2進数で（下の例だと） $32 \times 32 = 1024$
- パソコンの文書ファイルでは漢字コードで覚えているが、画面に表示するときには画像パターンに変換する

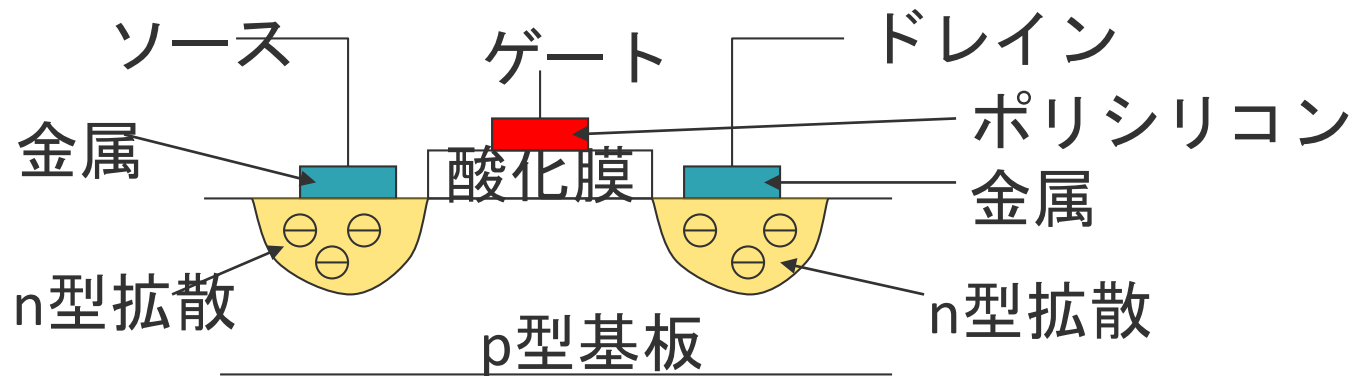


<http://zokeifile.musabi.ac.jp/%E3%83%95%E3%82%A9%E3%83%B3%E3%83%88/>
2019年3月25日

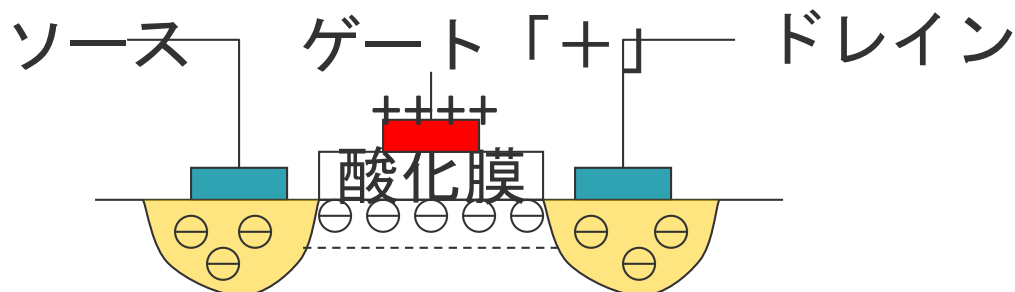
トランジスタ：ON、OFFのスイッチ

N型トランジスタ

半導体



ゲートに「+」を加えると
ソース～ドレイン間がONになる



トランジスタとデジタル処理

- デジタル→2進数
 - 1と0
 - 「+」（今の技術では1V前後）を「1」とする
 - 「-」（多くの場合0V）を「0」とする

(突然ですが) 何故デジタル？

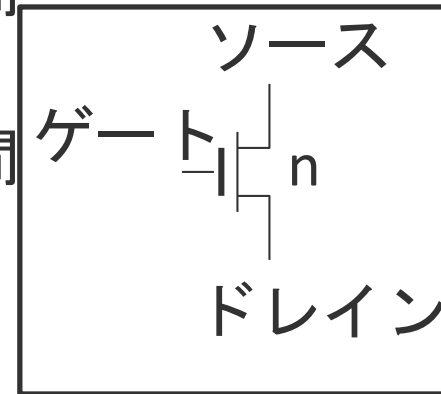
- デジタルでない（アナログの）時、より正確に表現できる
- が、電気信号として、電線を通っていくとき、雑音などの影響で少し変動する
- アナログ
 - 元の信号：1.1, 0.1, 1.0 → 通信先：1.2, 0.2, 0.9（少し変わっても、変わったことがわからない）
名古屋大学駅だったのがホームから落ちていつか本山
- デジタル
 - 元の信号：1, 0, 1 → 通信先：1.2, 0.2, 0.9 → 1 と 0 しかないことがわかっているから元に戻せる
 - 正確でないと言いますが、1670万色もあれば見分けがつかないでしょ？

トランジスタ：ON、OFFのスイッチ

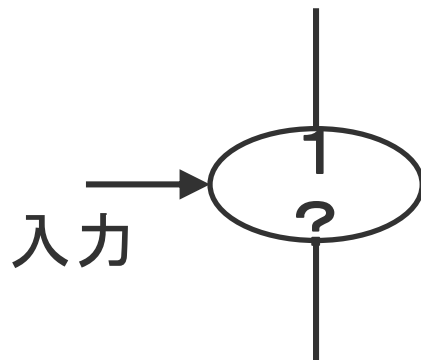
- N型トランジスタ

- ゲートが「1」のときソース・ドレイン間のスイッチは「入」（ONという）
- ゲートが「0」のときソース・ドレイン間のスイッチは「切」（OFFという）

本当の記号



- 今日使う記号



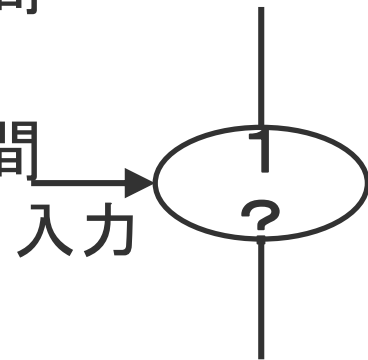
矢印に入力される値が1なら
上下のスイッチはON、
0ならOFF

トランジスタ：ON、OFFのスイッチ

- N型トランジスタ

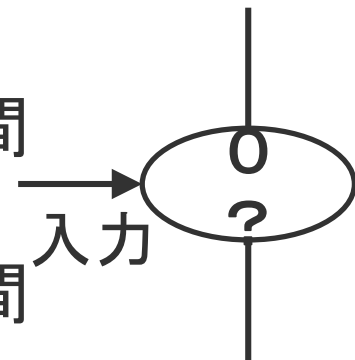
今日の記号

- ゲートが「1」のときソース・ドレイン間のスイッチは「入」（ONという）
- ゲートが「0」のときソース・ドレイン間のスイッチは「切」（OFFという）



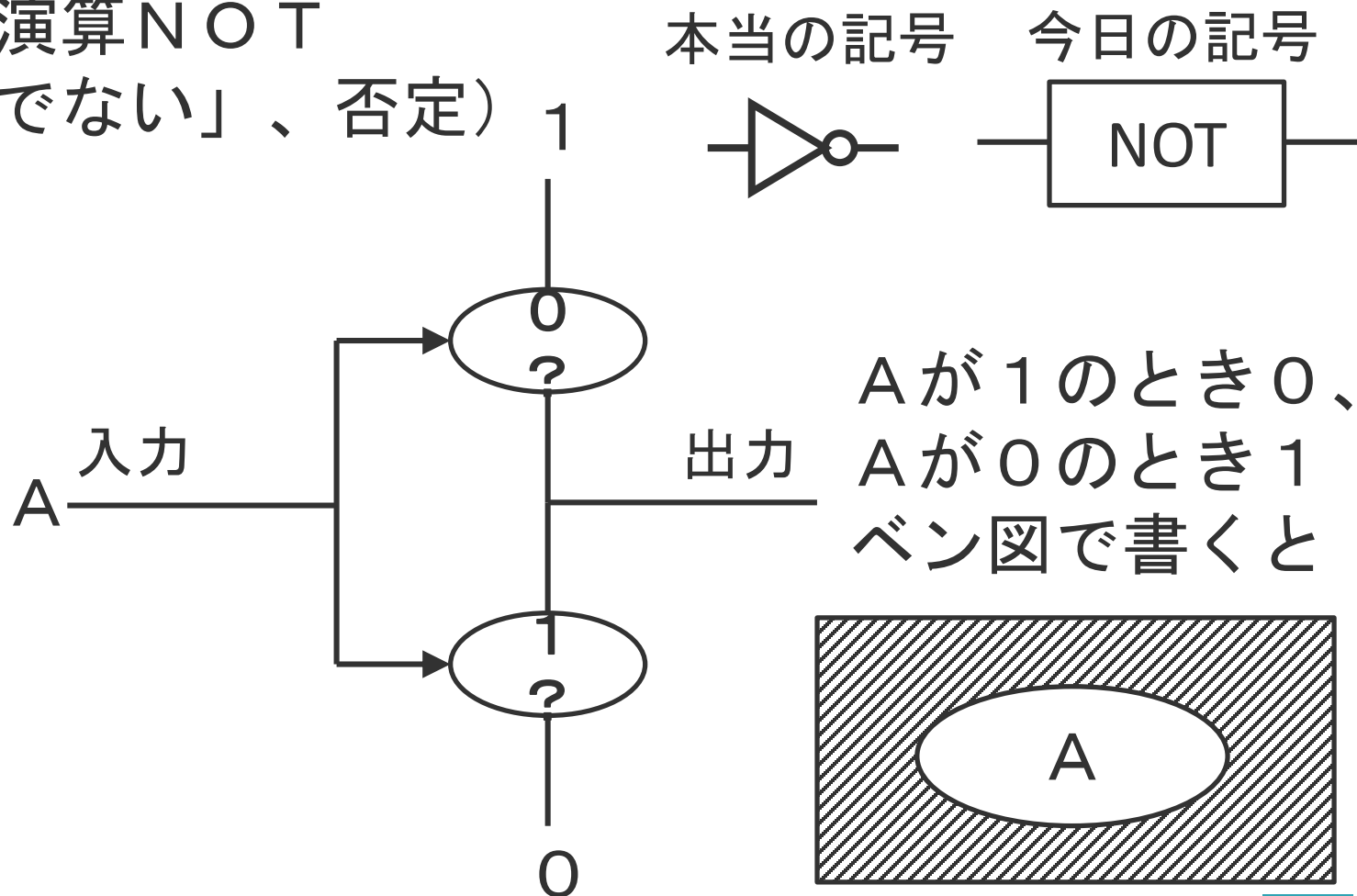
- P型トランジスタ

- N型と+と-が逆の素子
- ゲートが「0」のときソース・ドレイン間のスイッチは「入」（ONという）
- ゲートが「1」のときソース・ドレイン間のスイッチは「切」（OFFという）



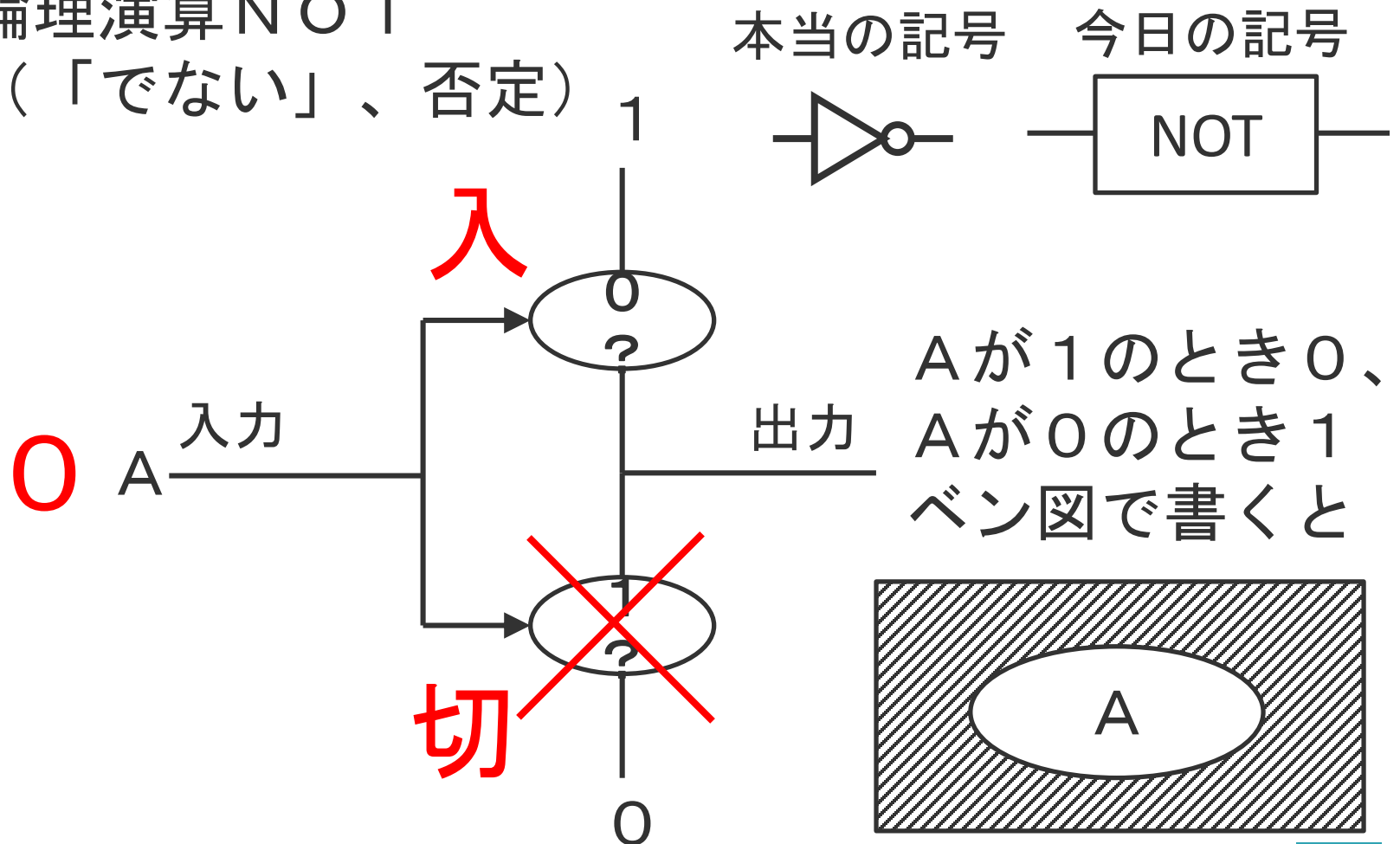
コンピュータはトランジスタでできている

- トランジスタを使ってあらゆる計算
- 論理演算 NOT
（「でない」、否定）



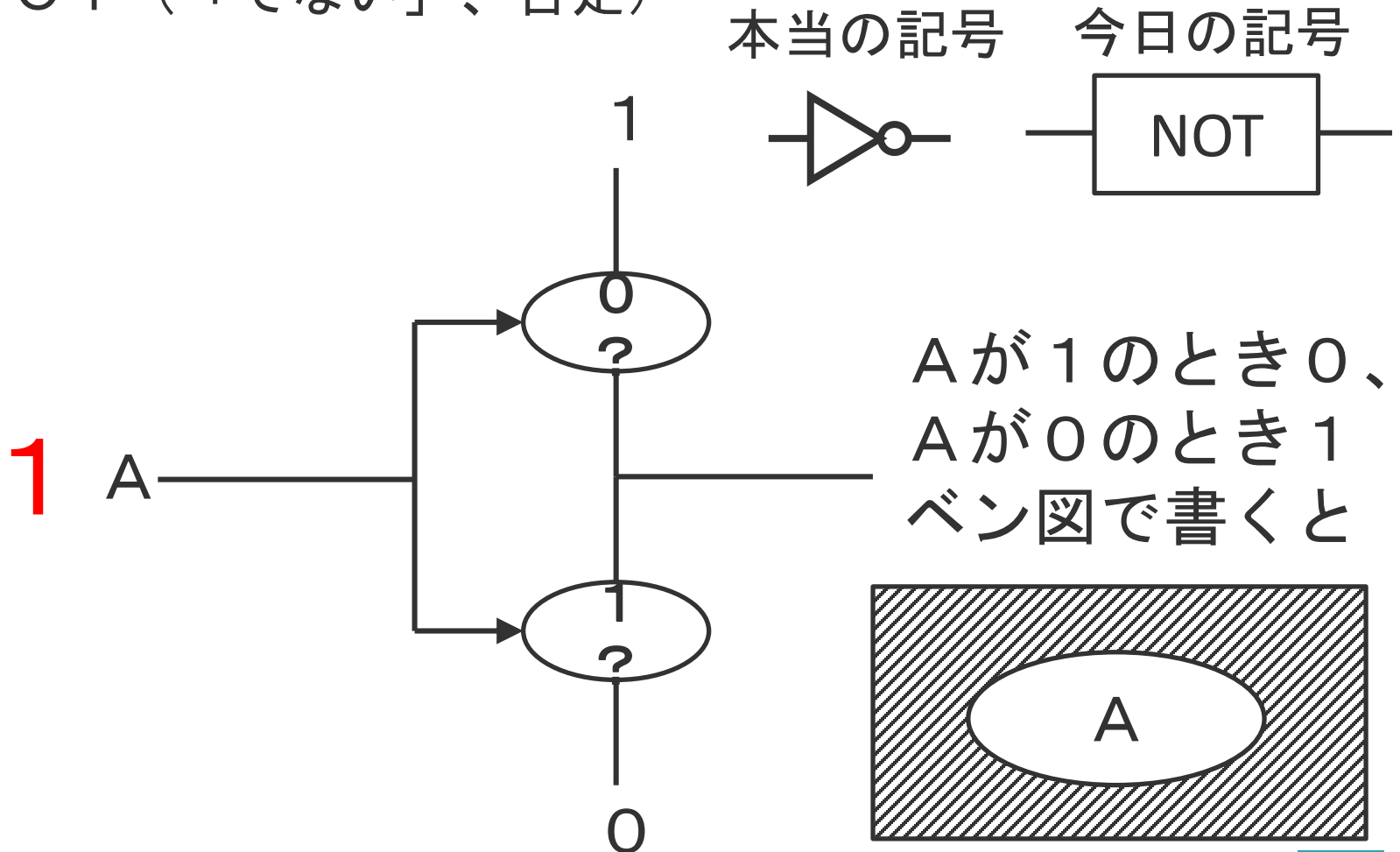
コンピュータはトランジスタでできている

- トランジスタを使ってあらゆる計算
- 論理演算 NOT
（「でない」、否定）



コンピュータはトランジスタでできている

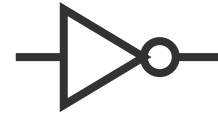
- トランジスタを使ってあらゆる計算
- NOT（「でない」、否定）



コンピュータはトランジスタでできている

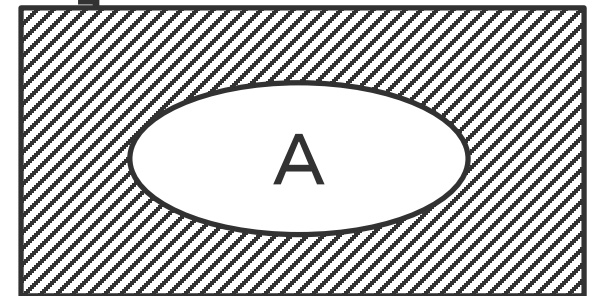
- トランジスタを使ってあらゆる計算
- NOT (「でない」、否定) 本当の記号 今日の記号

1



1 A——

0



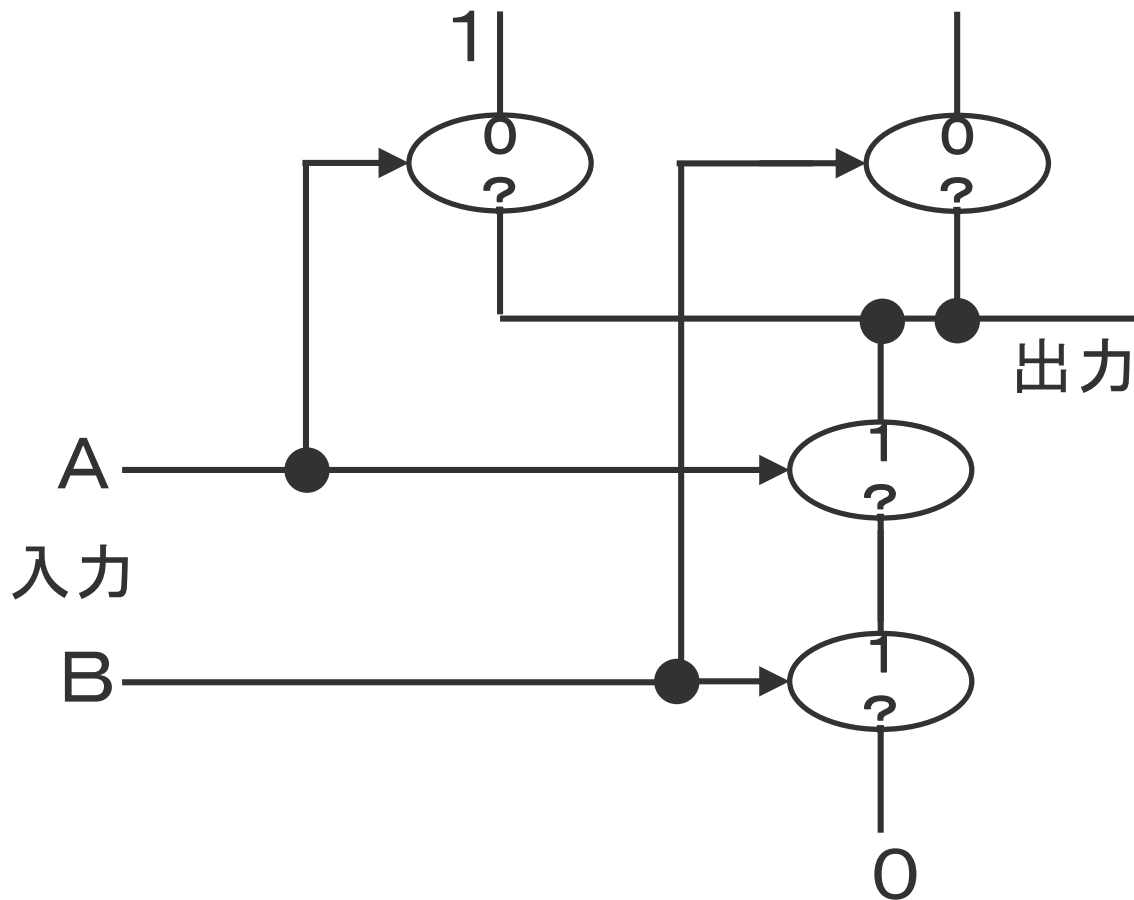
コンピュータはトランジスタでできている

- 論理演算 NAND
(「かつ」の否定)

本当の記号

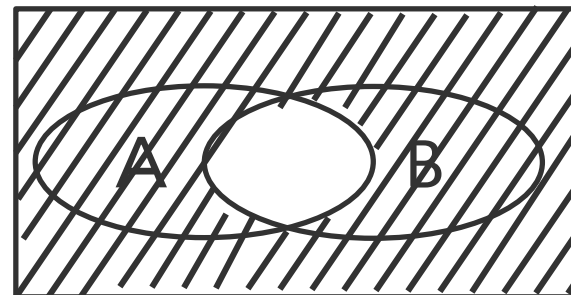


今日の記号



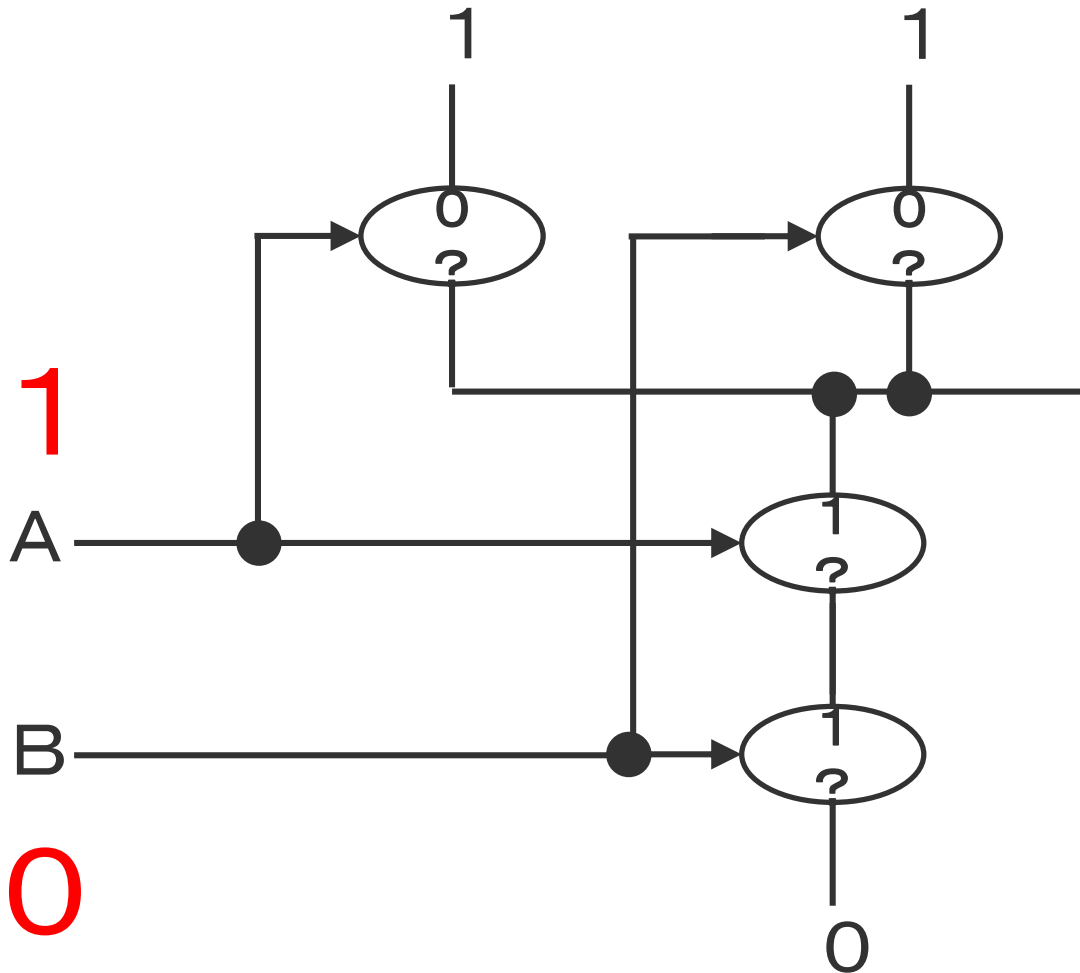
A	B	出力
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ベン図で書くと



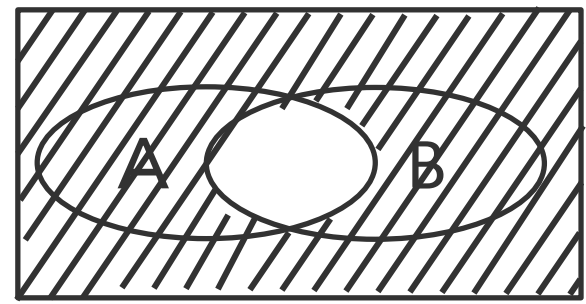
コンピュータはトランジスタでできている

- NAND (「かつ」の否定) 本当の記号 今日の記号



A	B	出力
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ベン図で書くと



コンピュータはトランジスタでできている

- NAND (「かつ」の否定)

本当の記号

今日の記号

1

1



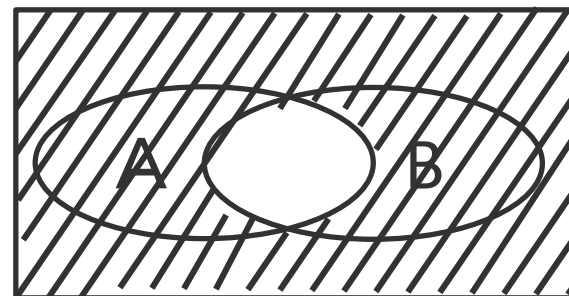
1

A—

B—

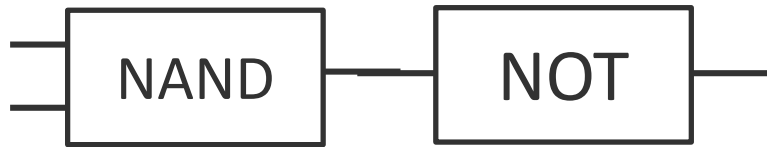
0

ベン図で書くと



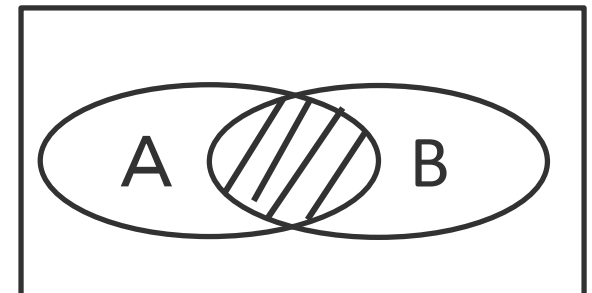
コンピュータはトランジスタでできている

- 論理演算 AND (「かつ」) 本当の記号 今日の記号



A	B	出力
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

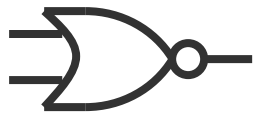
ベン図で書くと



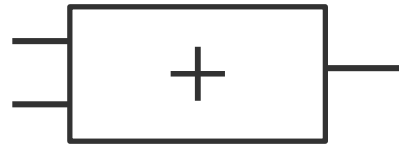
コンピュータはトランジスタでできている

- 論理演算 OR (「または」) XOR (排他的OR)

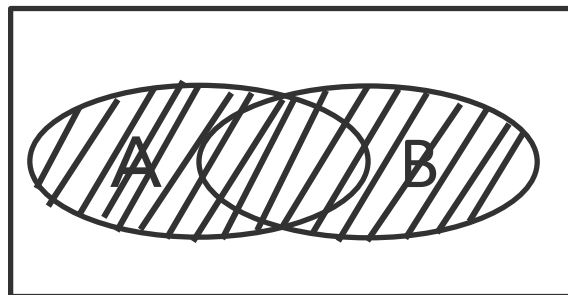
本当の記号



今日の記号



A	B	出力
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



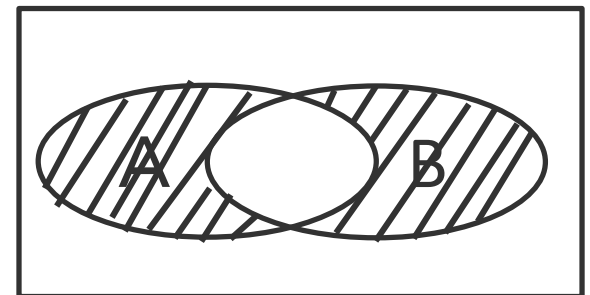
本当の記号



今日の記号

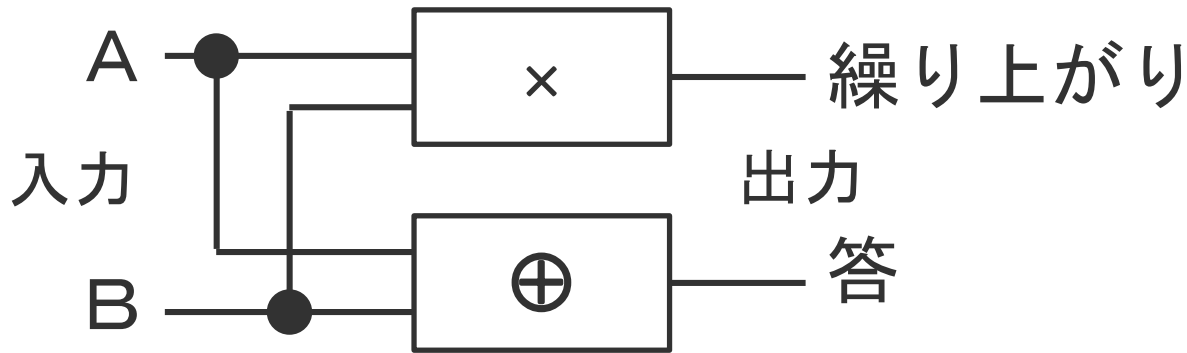


A	B	出力
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

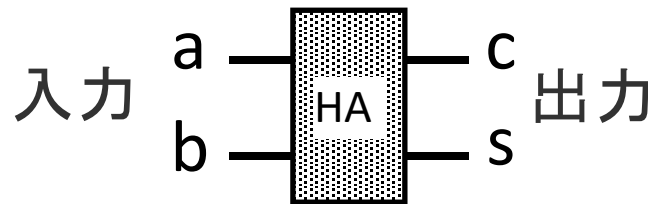


すると、、、計算ができる

- 1ケタの2進数足し算の例 ($A+B=$ 答と繰り上がり)



- 半加算器という。HAと書く (Half Adder)



A	B	繰	答
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

繰り上がりも考える: 全加算器 (Full Adder)

a_i	b_i	c_i	c_{i+1}	s_i
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

- 下から i 番目の桁の足し算は、
 $a_i + b_i + c_i$ (下からの繰り上がり)
 $= s_i$ (答) + c_{i+1} (上への繰り上がり)

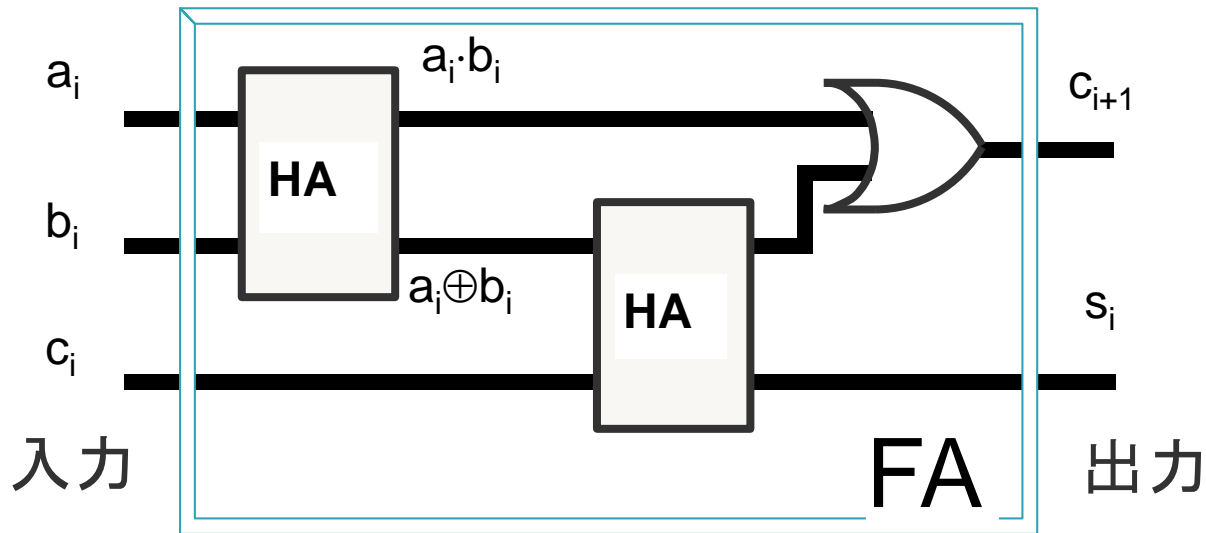
- s_i (答)

$$s_i = a_i \oplus b_i \oplus c_i$$

- c_{i+1} (上への繰り上がり)

$$c_{i+1} = a_i \cdot b_i + c_i (a_i + b_i)$$
$$= a_i \cdot b_i + c_i (a_i \oplus b_i)$$

1ビット全加算器(FA)と4ビット加算器



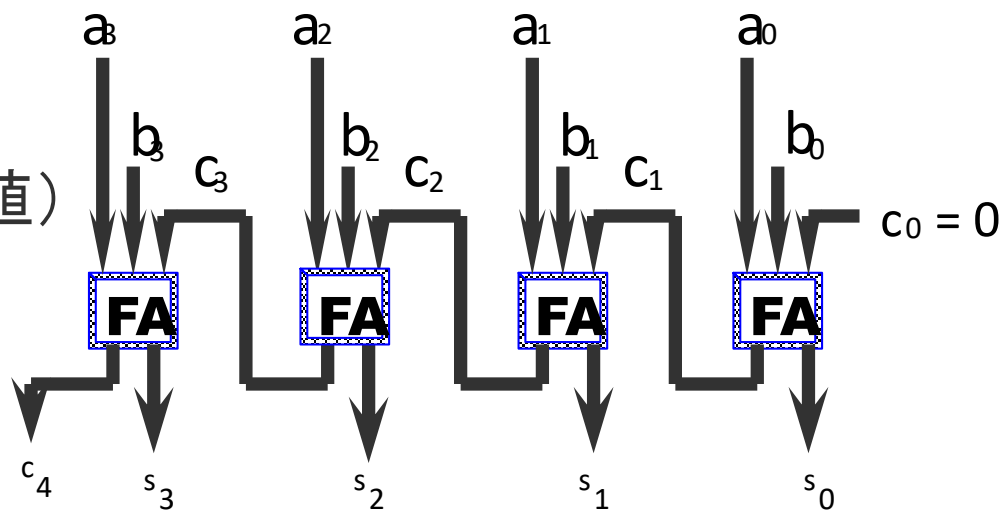
つなげていくと、
大きい数の
加算もできる

用語：ビット

2進数1桁（0と1の2値）

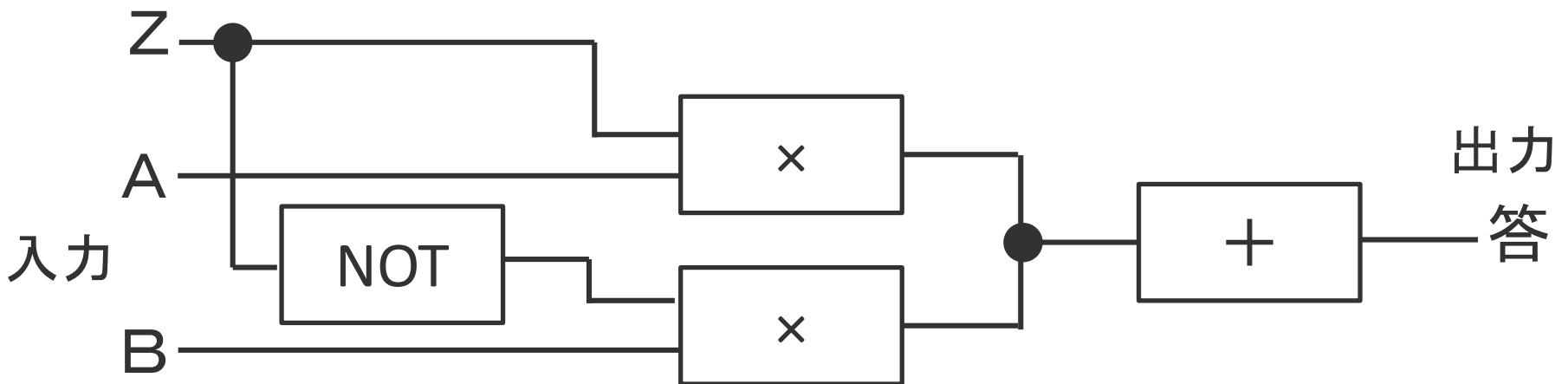
のこと。

つまり4ビットは
2進数4桁のこと。

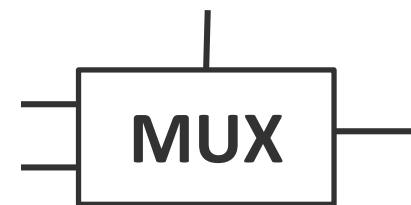


判断もできる

- もし $Z=1$ ならば答=A、 $Z=0$ ならば答=B



- マルチプレクサという。MUXと書く Z



算術論理演算器 (ALU)

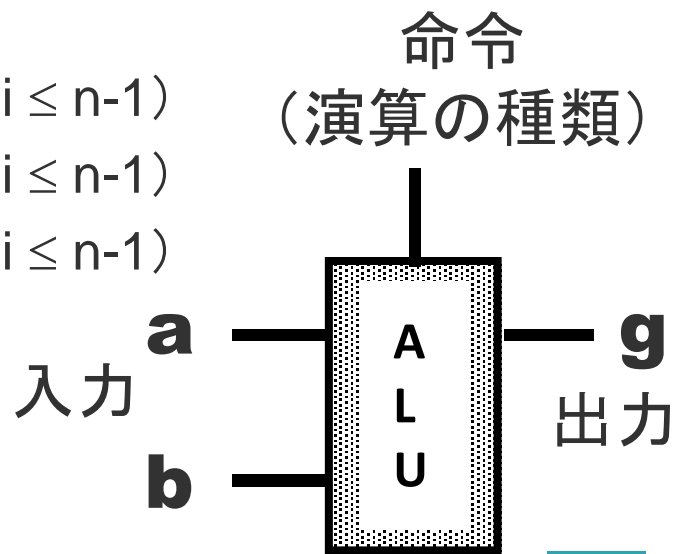
- これまでの要素を組み合わせると、様々な演算を行う回路ができる。ALU (算術論理演算器) という
- Arithmetic Logic Unit ($n = 32$ (bit) や 64 (bit))
- データ入力 : $\mathbf{a} = (a_{n-1} \cdot \cdot \cdot a_0)$, $\mathbf{b} = (b_{n-1} \cdot \cdot \cdot b_0)$
- データ出力 : $\mathbf{g} = (g_{n-1} \cdot \cdot \cdot g_0)$

- ビット毎の論理演算

- AND $g_i = a_i \cdot b_i$ ($0 \leq i \leq n-1$)
- OR $g_i = a_i + b_i$ ($0 \leq i \leq n-1$)
- XOR $g_i = a_i \oplus b_i$ ($0 \leq i \leq n-1$)

- 加減算

- ADD $\mathbf{g} = \mathbf{a} + \mathbf{b}$
- SUB $\mathbf{g} = \mathbf{a} - \mathbf{b}$



一つの計算から複数の計算へ

- これまでの話を組み合わせると、様々な計算ができる
- n 個の入力を与えると、瞬時に計算し、 m 個の値を出力することができる
- しかしそれは「一つの計算」

- 実際に使う時には複数の計算を行い、複雑な処理をしたい
 - 計算をつなげていきたい
- その前に、次の例を考えてみる

一つの計算から複数の計算へ

- カウンタ (counter)
- 2 カウンタ :
 - 入力 $x(t)$ が 1 に 2 回なる度に, 出力 $z(t)$ を 1 にする回路

入力系列

0 1 0 0 1 0 1 0 1 . . .

入力

x



z

出力

0 0 0 0 1 0 0 0 1 . . .

出力系列

保持しておくデータ

- 多くの計算をする場合、前の計算の中間結果を持っておく必要がある場合がある
- また、現在の状況を覚えておく必要がある場合もある
 - 前の例では、これまで1が奇数個だったか、偶数個だったか覚えておく必要がある
 - このようなデータのことを「状態」という
- 計算機では中間結果や状態のようなデータをいくつか保持しておき、複数の計算を行う

レジスタ：データ格納場所

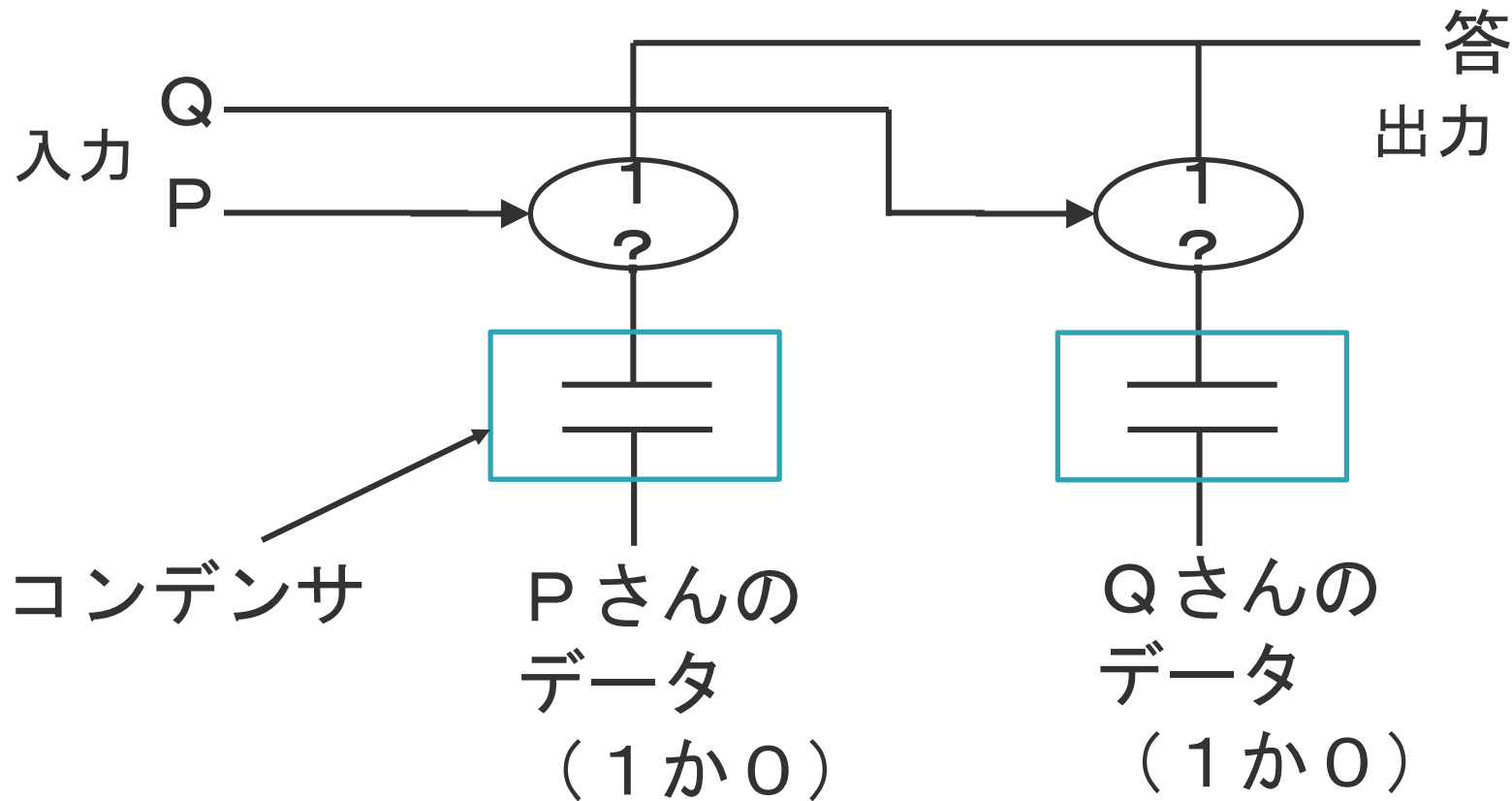
- 計算の中間結果や状態はレジスタとよばれる場所に記憶することが多い



- フリップフロップ(FF)とよばれる回路で作る
- 高速に読み書きでき、回路の中に使われる。ただし、大容量にはできない
- 大容量のデータを置く場所はメモリとよばれる。レジスタよりは読み書きに時間がかかる

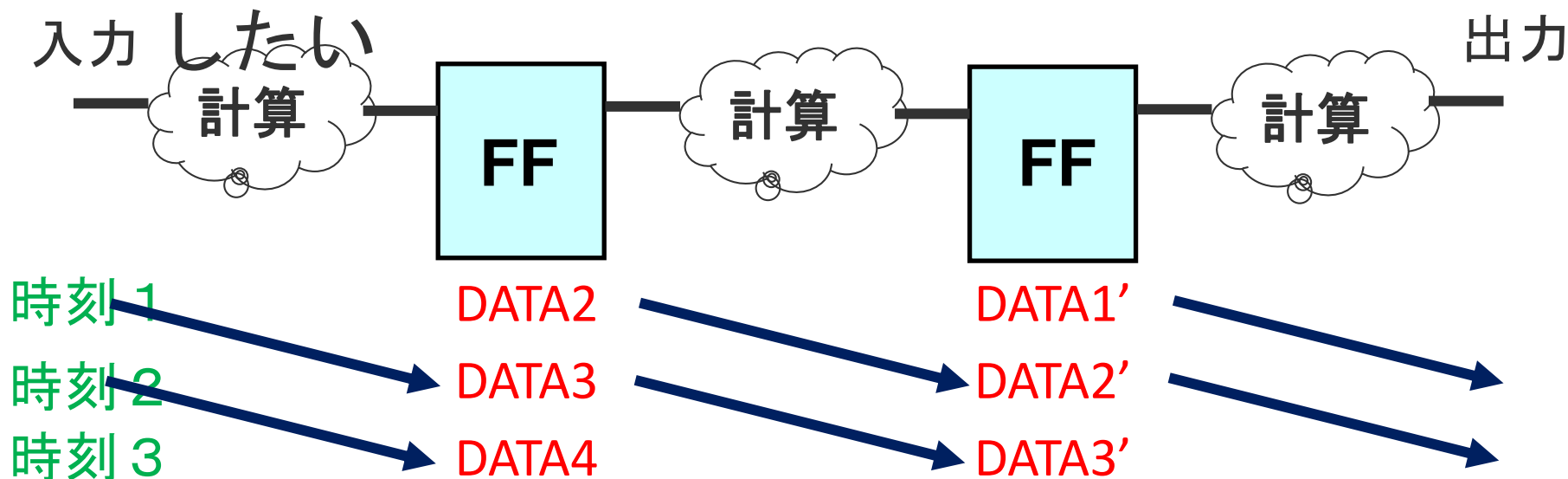
メモリはコンデンサ

- 充電されていれば1、されていなければ0
- PかQをどちらか1にするとデータが読める



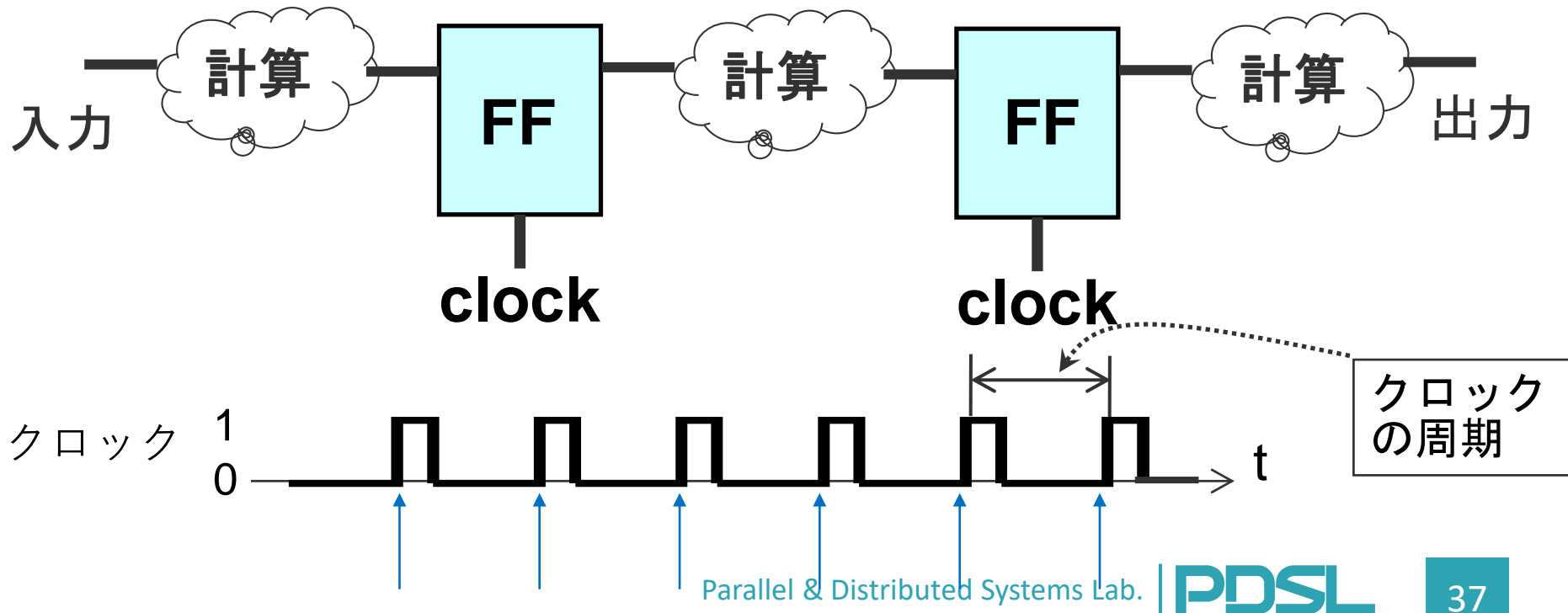
パイプライン：複数の計算を「次々と」

- カウンタの例では「次々と」データが与えられ、計算が行われる
- 複数の計算を下のように重ね合わせると、すべての計算が、同時に前のFFからデータを読んで、次のFFに結果を書くように



クロック：全体の歩調を合わせ次々で行うための信号

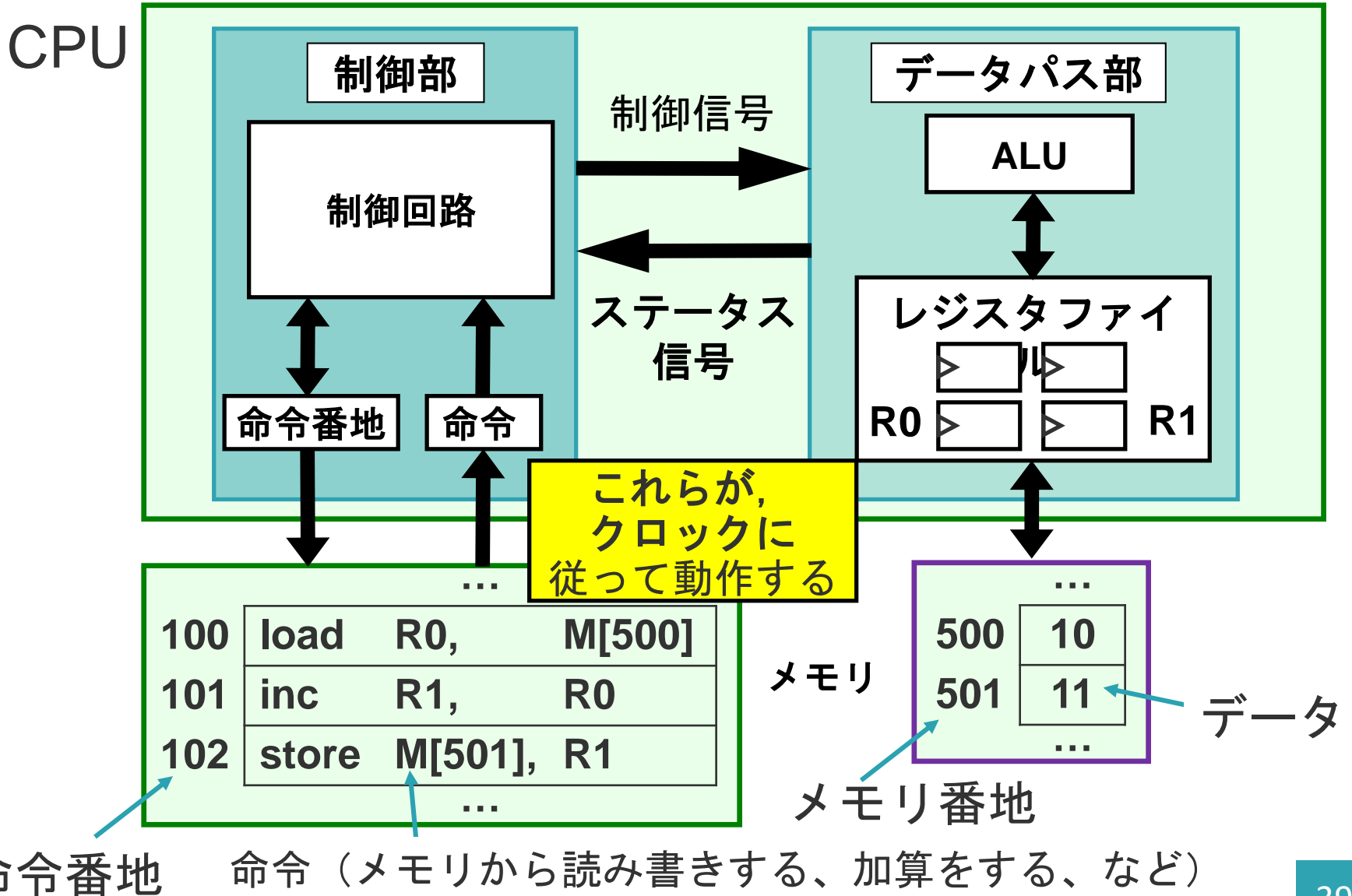
- そのため、クロックという周期信号に同期し、一斉にFFからデータが出力されるようにする
- 1秒間の周期回数をクロック周波数や動作周波数などという。1秒に 10^9 回なら1GHz



CPU

- これまでの要素を組み合わせるとプロセッサが構築できる
- その中で、主たる計算をするプロセッサのことをCPU（Central Processing Unit、中央演算処理装置）という
- 今日は概要だけ。詳細は来週以降をお楽しみに

CPUの作りと動作



いまどきのスマホやパソコン



A11プロセッサ

面積：90mm²

トランジスタ数：43億個

動作周波数：2.39GHz

スマホの記憶容量：256GB



Core i7 第8世代プロセッサ

面積：151mm²

トランジスタ数：約35億個?

動作周波数: 1.8~4.0GHz

PCの記憶容量: 4TB

<https://applio.com/20171020-9572-softbank-iphone-x-price>

2019年3月26日

<https://pixabay.com/ja/>
2019年3月26日

それってどのくらい？

- G（ギガ）：10億、T（テラ）：1兆
 - ちなみに、K（キロ）：千、M（メガ）：100万、
P（ペタ）：1000兆、EXA（エクサ）：100京
- Hz（ヘルツ）：1秒に1回
- B（バイト）：8個（記憶の単位）

つまり、、、

- iPhone7のA11プロセッサは、
 - 43億個のトランジスタが、1秒間に23億9000万回ずつ計算をする
 - 2兆480億個の「1か0」を覚えている
 - ちなみにDVD1枚（テレビ画面サイズの高画質標準的な映画一本分）で4.7GB（376億個）
 - PCの方は4TB（32兆個、DVD800枚分）
- ちなみに脳細胞は、
 - 約1000億個の細胞が1秒間に最大数十回パルスを送る

参考文献

- 川合 慧 [編] : 情報, 東京大学出版会, 2006.
- Apple iPhone Xのページ
 - <https://www.apple.com/jp/iphone-x/> など
- iPhone X, A11プロセッサの解説ページ
 - <https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/kaigai/1083247.html>
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_A11
- NEC Lavieのページ
 - <http://nec-lavie.jp/> など
- Intel Core i7の解説ページ
 - <https://newsroom.intel.com/press-kits/8th-gen-intel-core/>
 - <https://hothardware.com/news/intel-core-i7-8700k-coffee-lake-flagship-deliddd>
 - <https://www.extremetech.com/computing/259576-leaked-details-shed-light-intels-unlaunched-8th-generation-coffee-lake-products>
- 築山他 : ビジュアルに学ぶデジタル回路設計, コロナ社, 2010.
- 春木 : 情報って何だろう, 岩波ジュニア新書 457, 2004.
- Wikipedia

レポート課題

以下の設問に答えよ。回答はNUCTの本講義のテスト&クイズページのテスト1から、6月21日（木）23:59:59までに回答せよ。

注意: 過ぎると再提出でも遅着となる。欄には6万字書けるが、8桁または9桁の半角数字で回答せよ。質問等はeda@ertl.jp（枝廣）に

- 自分の学籍番号を9桁の10進数と考え、2進数になおし、下8桁(2^7 から 2^0 の桁)を答えよ
 - 10進 \rightarrow 2進変換は高校数学の範囲だったはず。。。
- 右下の回路は32頁のカウンタを実現したものである。入力xに、2進数化された自分の学籍番号の下8桁が、 2^0 の桁から1桁ずつ時刻0,1,2,...,7に次々と与えられるとき、各時刻での信号dおよび出力zの値を書け
 - 各時刻tにおいて、入力xとFFの値からdとzが計算され、時刻tのdの値が時刻t+1のFFの値になるものとする。また、FFの値は時刻0において0に初期化されているとする

