

論理回路とは

# 用語定義

- 命題: 真偽を判断できる(事象を表す)文
  - 命題文の例
    - 水は水素と酸素から成る
    - 人間は哺乳類である
  - 命題文でない例
    - 挨拶、感謝、謝罪、労い、祝福
      - おはようございます
    - 命令文や疑問文。
      - 例えば、「食べる！」や「何時？」など

# 用語定義

- 命題: 真偽を判断できる(事象を表す)文
- 論理値・真理値
  - 命題の真偽を表す2値の1,0を論理値(logical value)とよぶ。真理値(truth value)あるいはブール値(Boolean value)とも呼ぶ
  - 命題:「犬は動物である」→ 真:1, 偽:0
- 論理変数
  - 論理値を扱うための、0か1のいずれかの値をとる変数
  - 例:  $x=1, 0$

# 用語定義

- 論理演算

- 命題を結びつける「かつ」「または」「ではない(否定)」「ならば(含意): if A then B,  $A \rightarrow B$ 」が論理演算
- 命題1:「今日は晴れている」→ 真:1, 偽:0
- 命題2:「今日は月曜日である」→ 真:1, 偽:0
- 複合命題:「命題1 **かつ** 命題2」
  - (たとえば) 真(1) **かつ** 偽(0) → 偽(0)
- 含意の命題:「晴れるならば、洗濯をする」

- 論理演算子

- and, or, not,  $\rightarrow$

# 用語定義

- 論理式

- 論理演算子, 括弧(), 論理変数, 定数(0, 1)を組み合わせて論理演算の手順を表した式。ブール式ともよぶ
- 例:  $Y=A \cdot B$  ( $A \cdot B \rightarrow Y$ )

- 真理値表

- 論理式や論理回路について、考えられるすべての入力の組み合わせに対する出力値を列挙した表

- 論理関数

- $\{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$ という形の関数をn-入力(二値)論理関数と呼ぶ。論理式または真理値表(後述)で表される
- 論理式はただ一つの論理関数を表現するが、一つの論理関数を複数の論理式で表現できる(真理値表はただ一つ)
- 本講義では本用語の使用を極力避けるが、論理式と区別せずに用いられるケースもよく見られる

# 演習07-1

- Yes, No問題(命題か、真か)
- manaba, 10分
- 4点を2点に換算

# 論理回路

- コンピュータは論理回路でできている
- 論理回路は0と1を扱う論理ゲート（論理演算素子）によって構成されている
- 論理ゲートの入出力の値は0,1で、入力数は1以上で出力数は1である
- 論理ゲートのできることは論理演算である

# 論理回路

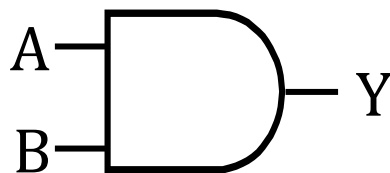
- 論理演算の種類：
  - 論理積 (AND)、論理和 (OR)、論理否定 (NOT)
  - 上記を組み合わせてできるもの。排他的論理和 (XOR)、否定論理積 (NAND)、否定論理和 (NOR)
- 論理回路は組合せ回路と順序回路に分類できる
  - 組合せ回路: 入力に対して一意に出力の決まる回路
  - 順序回路: 入力と回路自身の状態によって一意に出力の決まる回路



# 論理ゲート

# AND論理ゲート

- 回路記号(MIL記号)



- 論理式

$$Y = A \cdot B \quad (Y = A \wedge B)$$

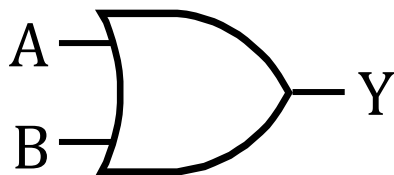
- 真理値表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

論理ゲートのすべての入力組み合わせに対する出力値を列挙した表

# OR論理ゲート

- 回路記号



- 論理式

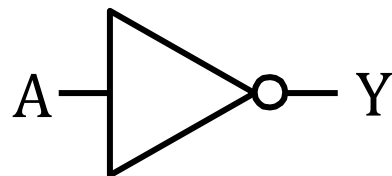
$$Y = A + B \quad (Y = A \vee B)$$

- 真理値表

A	B	Y
0	0	?
0	1	?
1	0	?
1	1	?

# NOT論理ゲート

- 回路記号



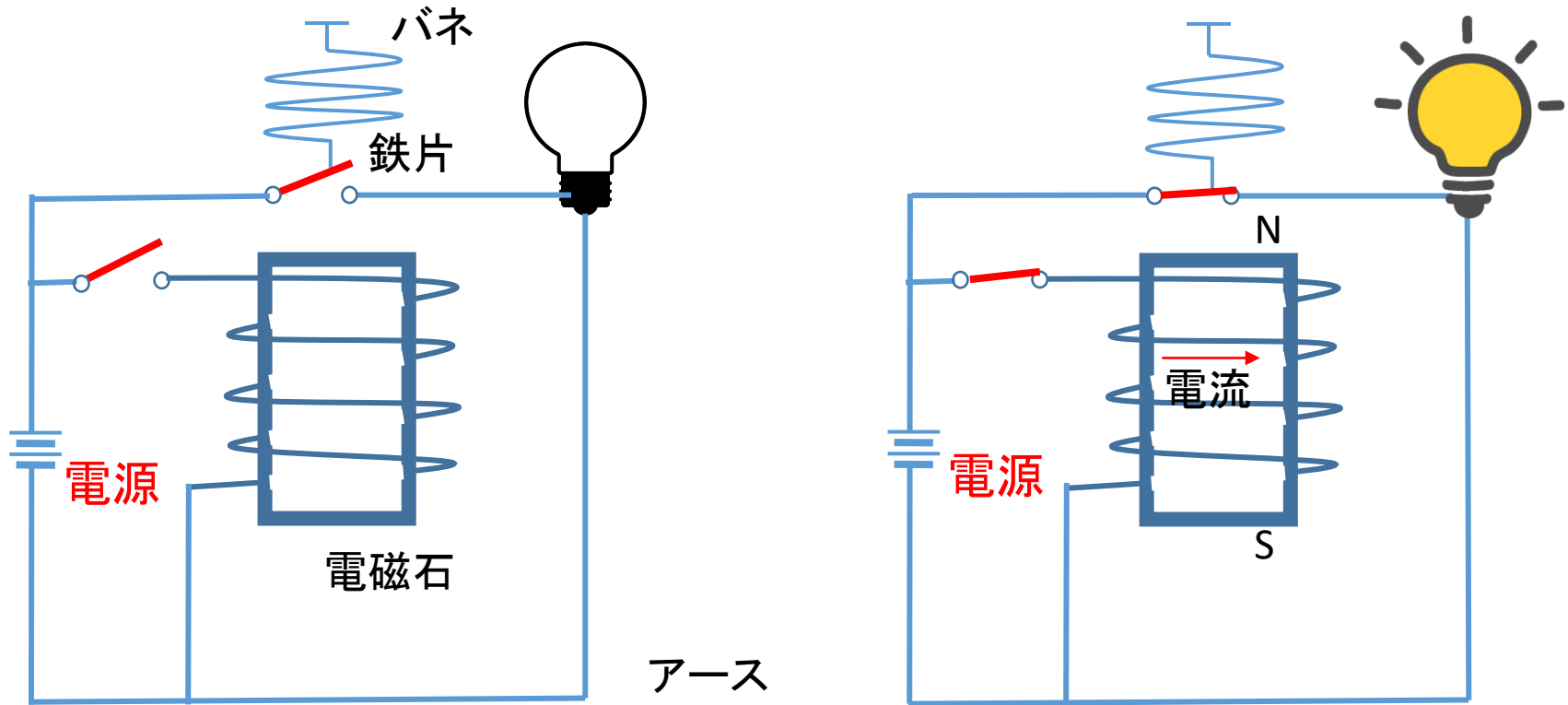
- 論理式

$$Y = \bar{A} \quad (Y = \neg A)$$

- 真理値表

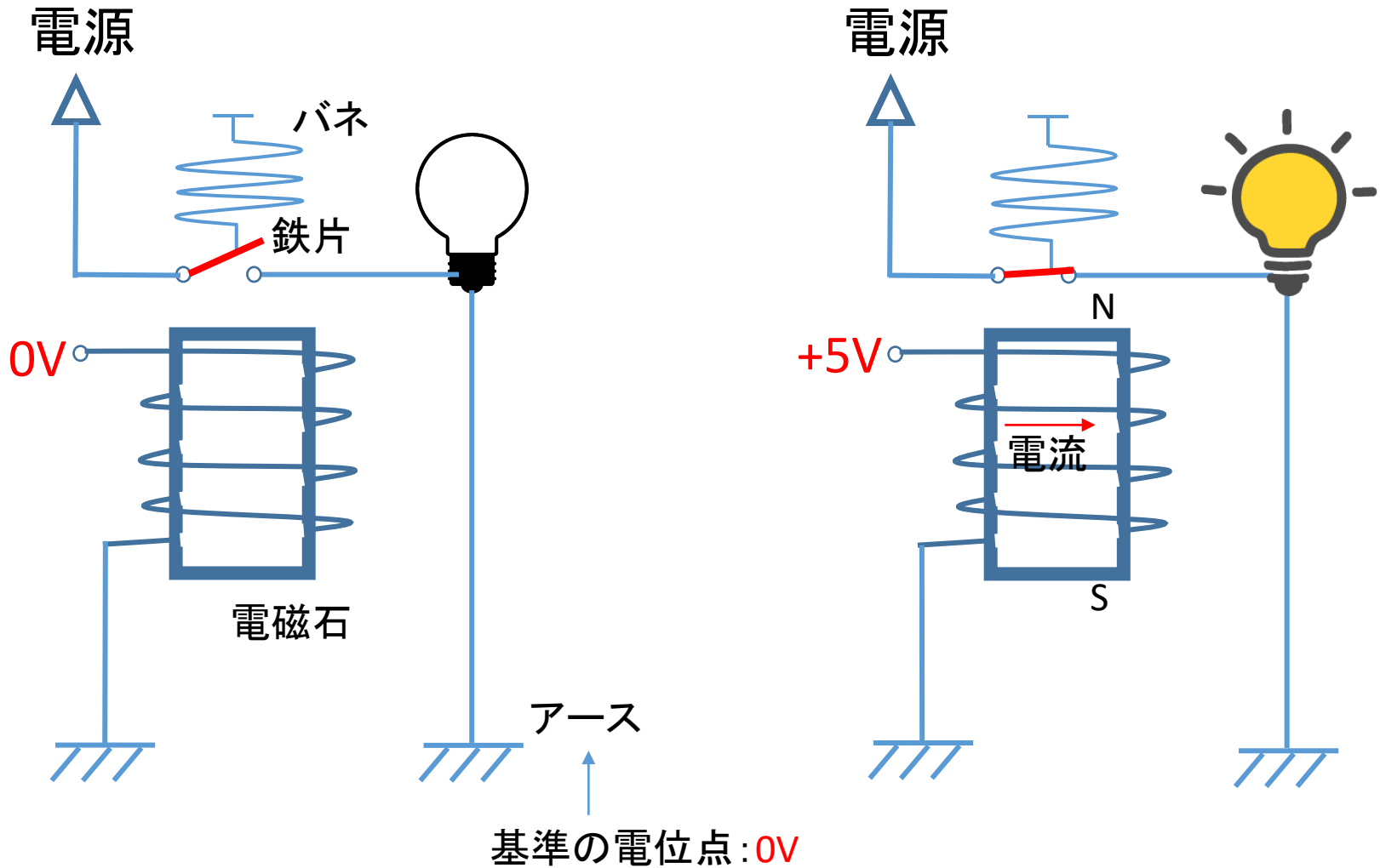
A	Y
0	1
1	0

# リレー回路

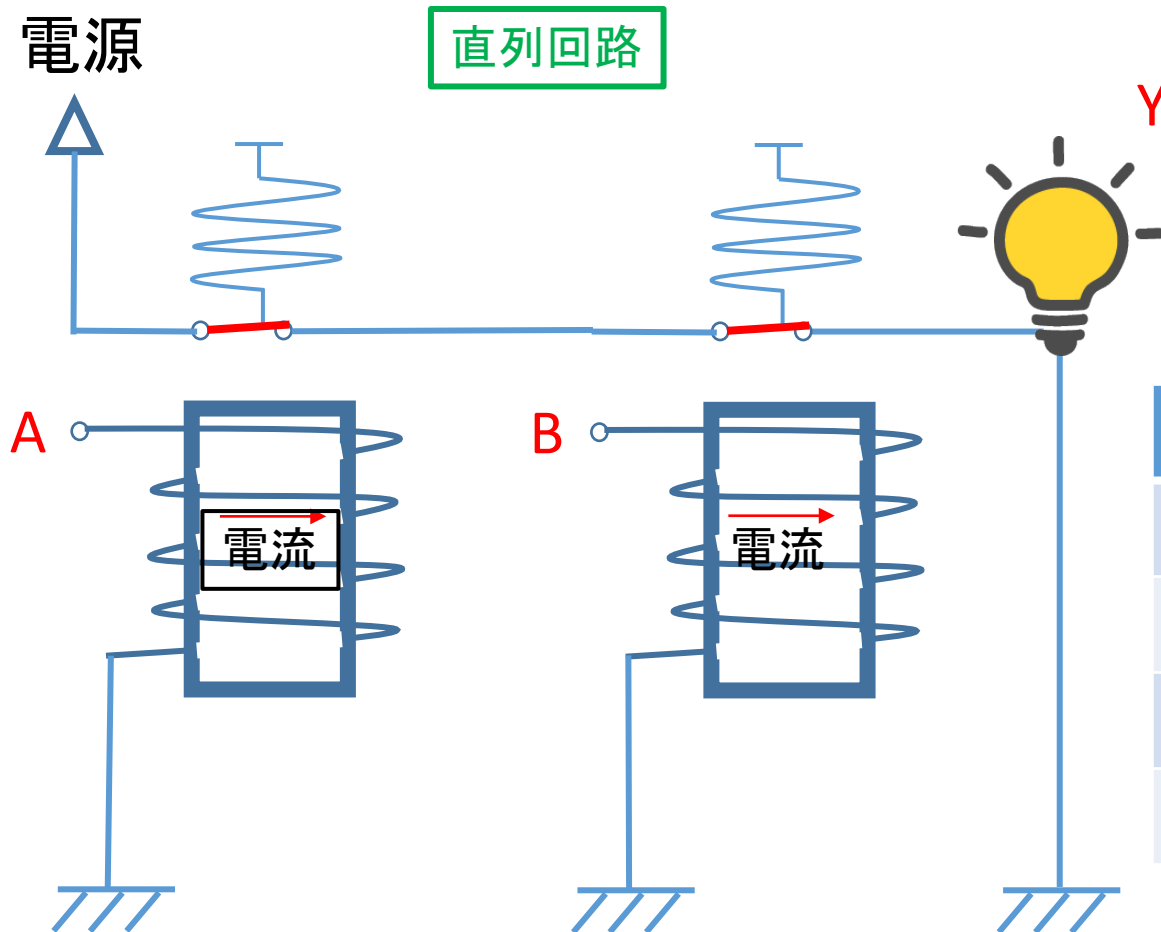


基準の電位点: 基本は0V

# リレー回路(書き直すと)



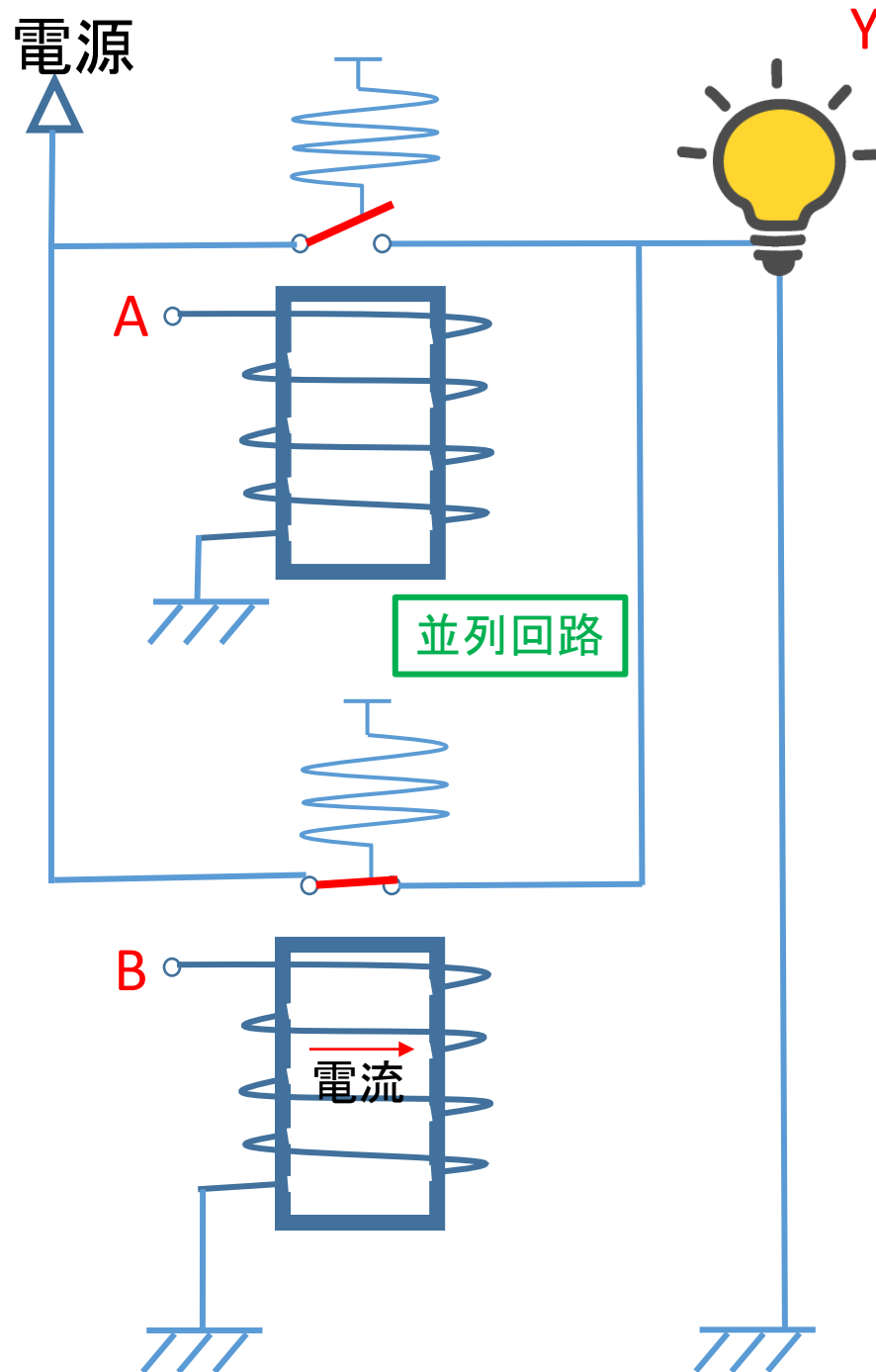
# リレー回路による論理回路AND



A	B	Y
0V	0V	消灯
0V	5V	消灯
5V	0V	消灯
5V	5V	点灯

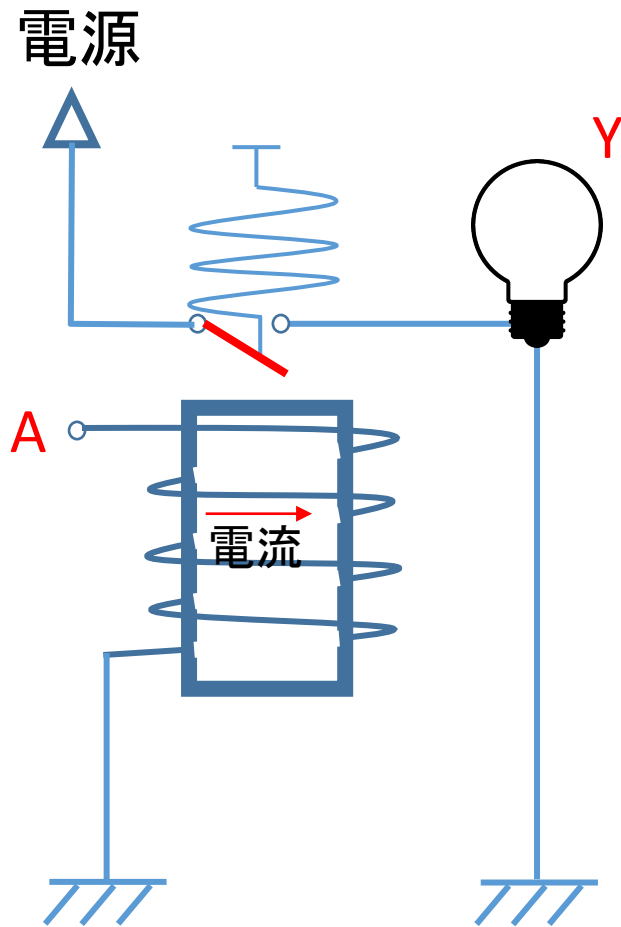
# リレー回路による論理回路OR

A	B	Y
0V	0V	消灯
0V	5V	点灯
5V	0V	点灯
5V	5V	点灯





# リレー回路による論理回路NOT



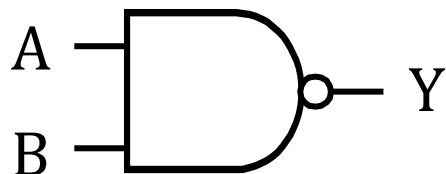
A	Y
0V	点灯
5V	消灯

# 論理ゲートの実装

- TTL(Transistor-Transistor Logic)
  - トランジスタ(半導体素子)を用いた論理回路の代表的なもの1つ。ちょっと勉強したら理解できる
  - 二つのトランジスタでNANDゲートを簡単に実現できる
  - NANDゲートですべての論理ゲートを実現できる。そのため、ICの品種としてNANDゲートが多い
- CMOS
  - 今は主役の座についている
  - CMOS論理回路で容易に実現できる論理ゲートは、NOT, NAND, NORの3種類である
  - 本授業の範囲を超えているので、名前くらい知っておいてもよい程度で結構

# NAND論理ゲート

- 回路記号



- 論理式

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

- 真理値表

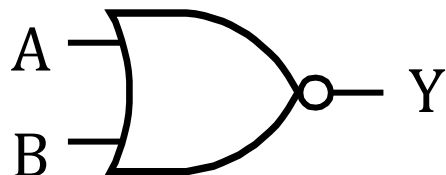
A	B	Y
0	0	?
0	1	?
1	0	?
1	1	?

# Question

- NAND論理ゲートはどうAND, OR, NOTを適当に組み合わせて作れるか

# NOR論理ゲート

- 回路記号



- 論理式

$$Y = \overline{A + B}$$

- 真理値表

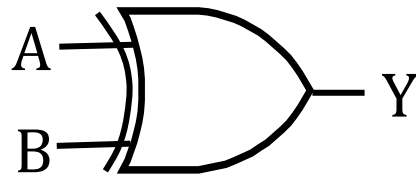
A	B	Y
0	0	?
0	1	?
1	0	?
1	1	?

# Question

- NOR論理ゲートはどうAND, OR, NOTを適当に組み合わせさせて作れるか

# XOR論理ゲート

- 回路記号



- 論理式

$$Y = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B = A \oplus B$$

- 真理値表

A	B	Y
0	0	?
0	1	?
1	0	?
1	1	?

# 演習07-2

- 論理式から真理値をもとめる問題
- ただし、4点を2点に換算
- manaba: 8分



# XORをAND,OR,NOTでどう実現？

- 次回から