

勉強会 ロボットの作り方（回路編）

ロボット設計・制御研究室

羽根田 友希

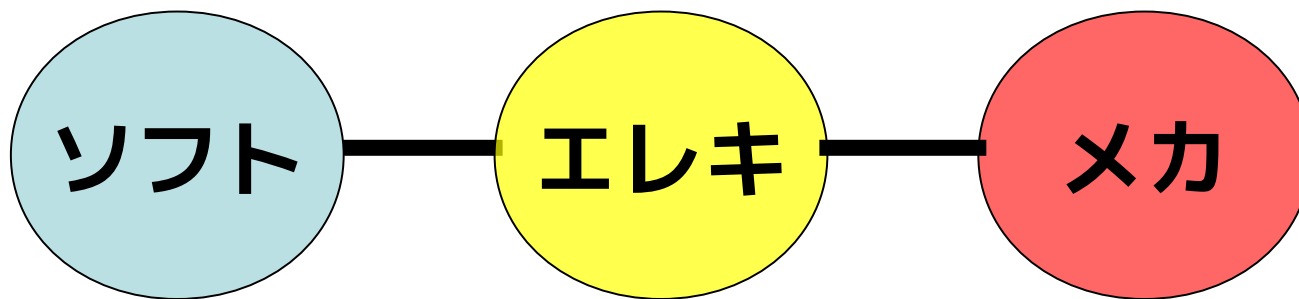
2012年8月9日(木)

※8/9に行った勉強会では使用しなかった資料です。
ほぼ同様の内容を扱った改訂版です。

- ㊦ 回路の重要性
 - 回路の設計
- ㊦ デジタル回路
 - CMOSとTTL
 - プルアップ, プルダウン
 - オープンコレクタ
- ㊦ インピーダンス
 - 入力/出カインピーダンス
 - GND
- ㊦ データシート
- ㊦ まとめ

回路の重要性

㊦ ロボットの3要素

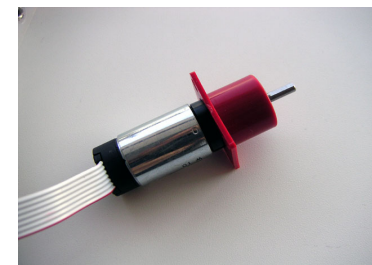


㊦ ソフトとメカの間で橋渡し役

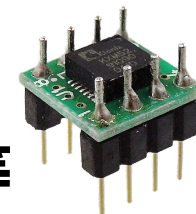
メカを完全に支配できる能力が必要！

回路の重要性

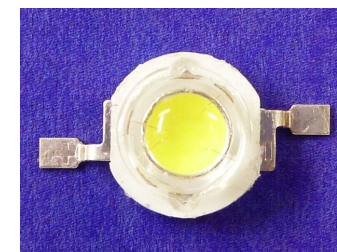
- ㊦ **DCモータ**を動かすために
→Hブリッジ回路, モータードライバIC等
位相計数 (ロータリーエンコーダ用)



- ㊦ **加速度センサ**を読むために
→A/D変換入力, オペアンプ, シリアル通信機能等



- ㊦ **高輝度パワーLED**を点灯させるために
→定電流回路, スイッチング回路等



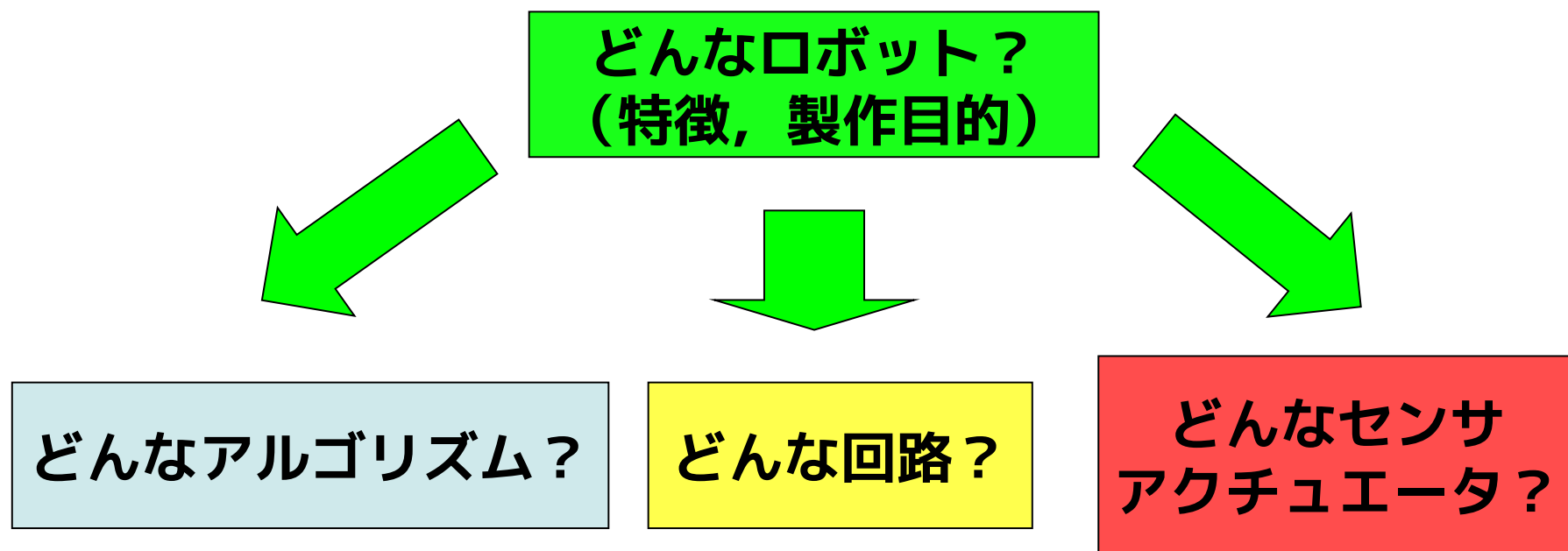
- ㊦ **それぞれのデバイスを動作させる回路群が必要**

モータ <http://www.f-palette.org/sample/2423/>

加速度センサ <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-01425/>

LED <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gI-03778/>

- …の前にロボットの大まかな設計から



- 作りたいロボットに合わせて、各要素を当てはめていく

※それぞれの要素について
リサーチする必要がある

㊦ パターン1

- 動かしたいアクチュエータ，センサに合わせる
- （前述の通り）

㊦ パターン2

- パターン1 + 使いたいアルゴリズムに合わせる
- モータを使ってトルク制御をする → 電流検出回路を搭載する

㊦ パターン3

- デバッグ用途に取り付ける
- テストピン，ディップスイッチ，インジケータLED等

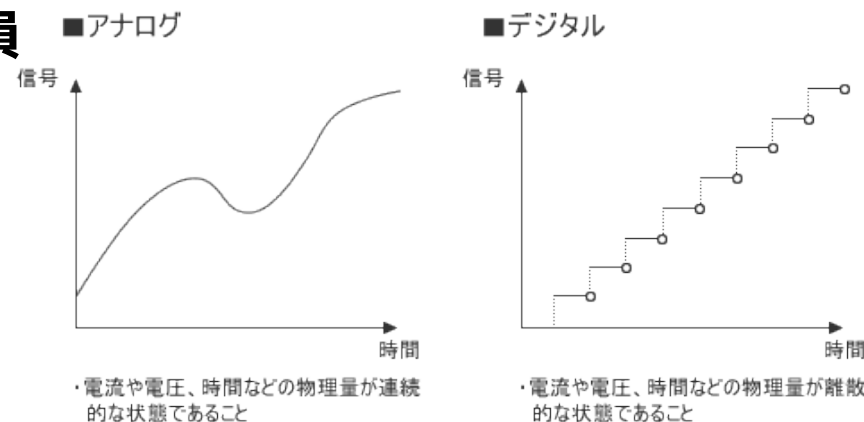
- ㊦ その他，電源回路，保護回路（安全上の理由）等が組み合わさる

デジタル回路

4 デジタル

- 離散的な情報
- ノイズに強い
- コンピュータもデジタル信号を扱う
 - 親和性が高い, 比較的データの扱いが楽
- × サンプルングによるデータの欠損
 - 量子化誤差の発生

今回はデジタル回路
を中心に説明します



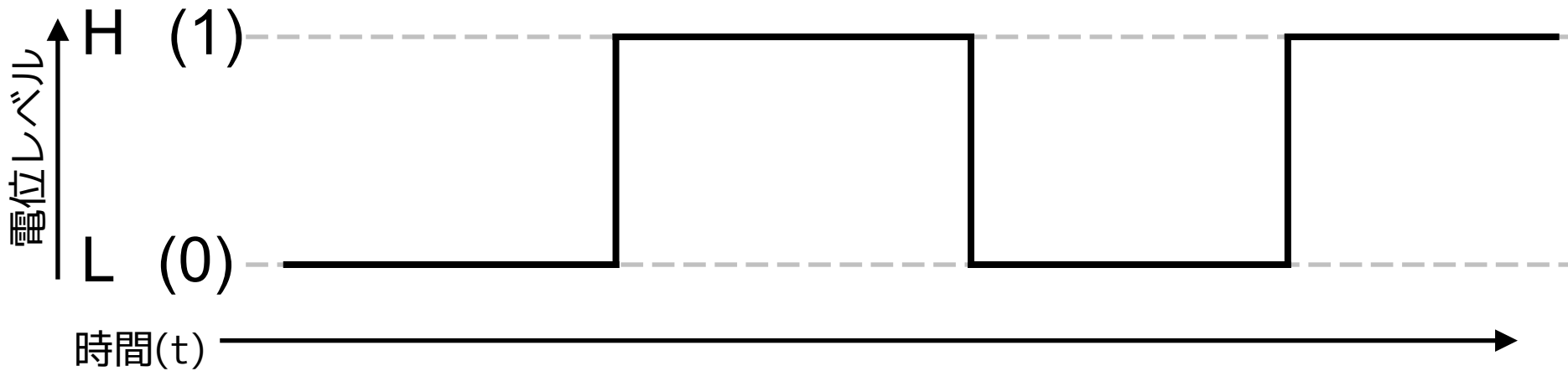
・連続的な信号を扱う回路はアナログ回路
・離散信号を扱う回路はデジタル回路

4 アナログ

- 連続的な情報
- 情報量が多い
- × ノイズに弱い
- × コンピュータで扱うにはA/D変換, D/A変換が必要
 - 比較的データの扱いが難しい

(学部2年後期 ディジタル信号処理で既出)

- デジタル回路には 2つの電位レベルが存在



- コンピュータ内部で「1」と「0」として処理

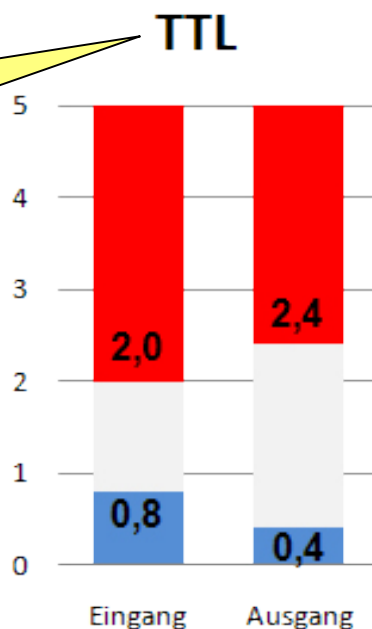
- 両者の具体的な電圧はコンピュータに依存

??

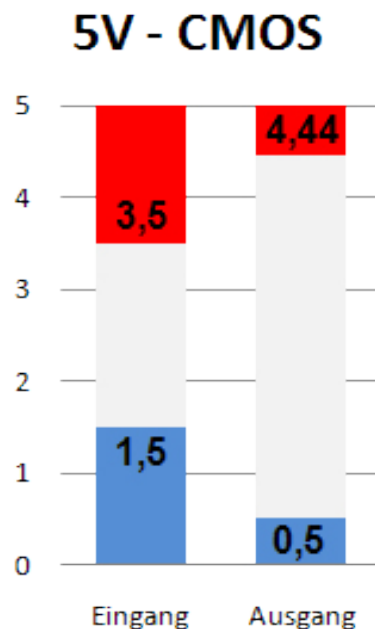
“H”電圧と“L”電圧

4 どのぐらいの電圧があればいいの？

??

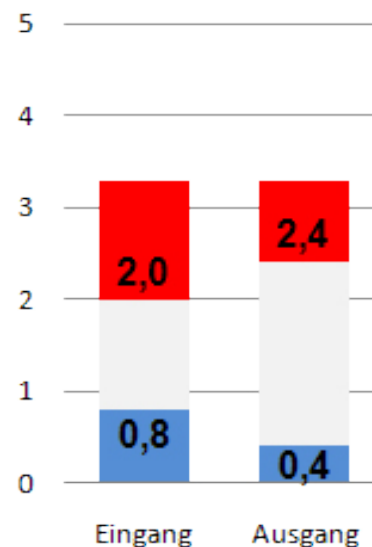


■ Low ■ High



■ Low ■ High

3,3V - CMOS



■ Low ■ High

??

Eingang : 入力に必要な電圧範囲

Ausgang : 出力で保証される電圧範囲

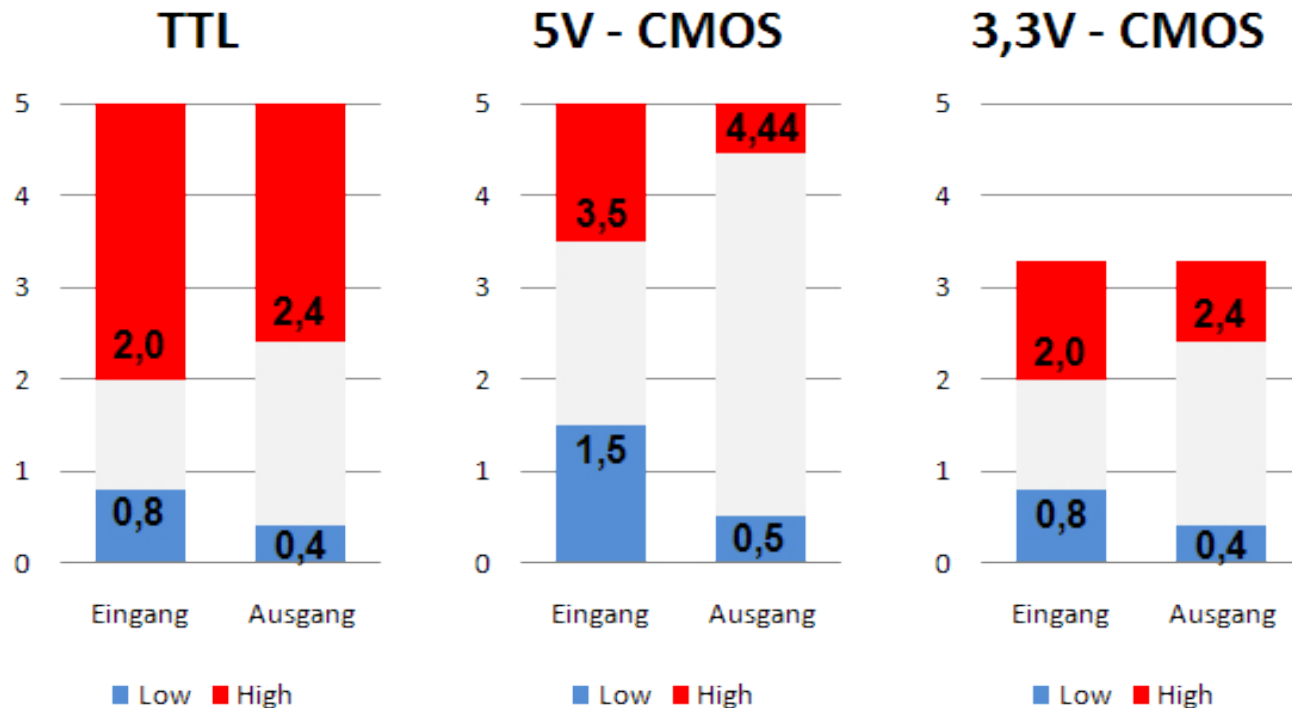
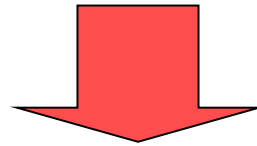
© 2009 – www.ne555.at

空白の電圧域は→未定義 誤作動の原因

※デバイスによって多少の違い有り. データシートをよく確認すること.

- ㇏ **TTL** (Transistor-transistor logic)
 - 主に**トランジスタ**で構成された構造を持つ回路
 - トランジスタが電流駆動のため, **消費電流大**
 - 比較的低スイッチング速度
 - 電源入力可能電圧範囲が狭い (5V)
- ㇏ **CMOS** (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
 - 主に**FET**で構成された構造を持つ回路
 - FETが電圧駆動のため, **消費電流小**
 - 比較的高スイッチング速度
 - 電源入力可能電圧範囲が広い(3V~15V)

CMOSとTTLの両者に電圧レベルの差が存在 (ロジック電圧レベル)



㍻ ロジックICの場合

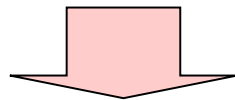
- TTLレベル 74LS,74AS,74F,...
- CMOSレベル 74HC,74AC,74LVX...
- ㇿ ※CMOSで, TTLレベル入力できるタイプも有り
(HCT, ACT)

㍻ その他ICの場合

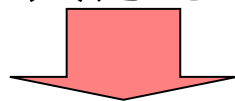
- データシートにHレベルとLレベルの電圧が記載
- 最近ではCMOSレベルが殆ど

同じ種類：そのまま直結できる場合が多い（電源電圧による）
違う種類：TTL出力+CMOS入力で動作しない可能性も

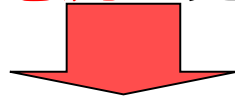
④ CMOS (FET) の構造上**寄生素子**が存在



④ 電源電圧以上の電圧の入力で「**ラッチアップ**」が発生



④ 意図しない動作で**大電流**の発生, 定格外の**熱**が発生

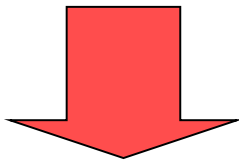


IC破損

**電源電圧を超える電圧を入力しない
電源が入っていないICに信号を入力しない**

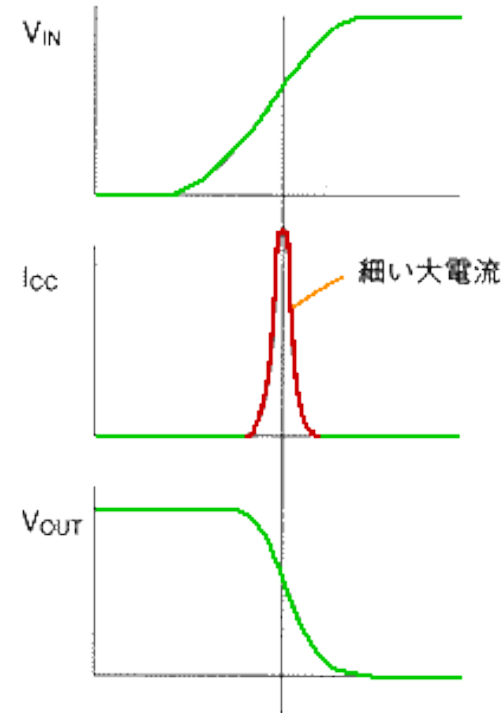
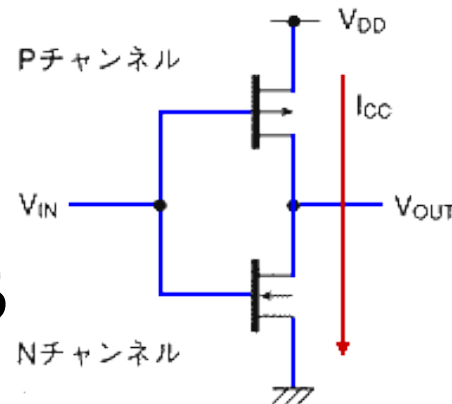
※寄生素子：物理的な構造による，設計者が意図しない回路成分
寄生ダイオード，寄生サイリスタ等

半端な電圧の入力で**排他動作**するFETが**同時に動作**



電源とGNDがショートする可能性も **(貫通電流)**

(Hブリッジ回路と同様の現象)



<http://www.miyazaki-gijutsu.com/series4/densi0523.html>

中途半端な電圧を入力しない
未使用端子はプルアップorプルダウン

プルアップ, プルダウン

電圧レベルをはっきり区別させる
プルアップ, プルダウン処理

未使用端子の静電気, 電磁誘導の影響を排除

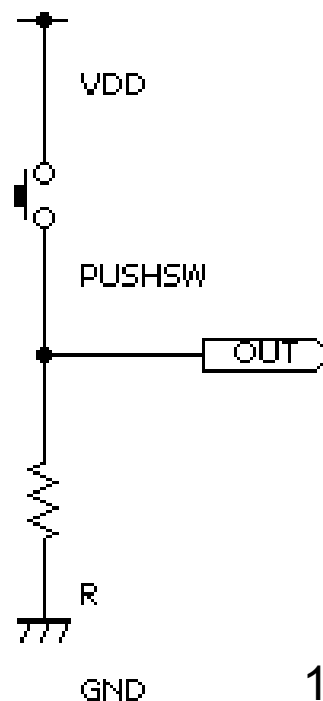
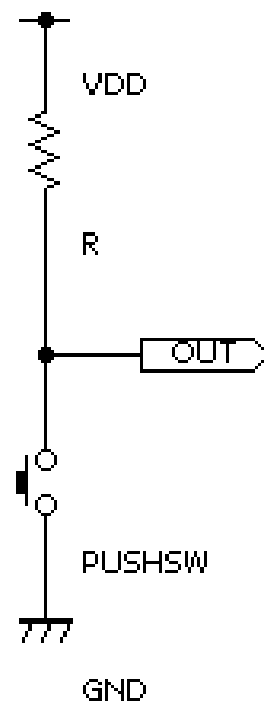
オープン（開放）状態の防止

- コネクタが外れている時
- オープンコレクタ出力の時

回路タイプ スイッチ状態	プルアップ	プルダウン
OFF	H	L
ON	L	H

プルアップ

プルダウン



④ CMOSレベルであれば**通常数K Ω ～数百K Ω**

④ 電流から決定する

電源電圧 / プルアップ抵抗値 = 出力電流値

ex. 5(V) / 1m(A) = **5K(Ω)***

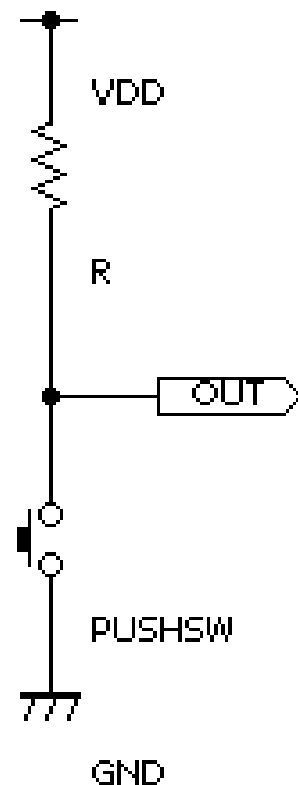
④ 立ち上がり時間から決定する

◦ 通信速度に関係する場合の決定方法

◦ 内部コンデンサ(浮遊容量)とのCR回路

立ち上がり時間 / 浮遊容量 = プルアップ抵抗値

ex. 1u(sec) / 200p(F) = **5k(Ω)***



※通常はE12系列の数値にするため、一番近い4.7kオームを選択する。

オープンコレクタ

オープンコレクタ

- トランジスタのコレクタ端子がICの出力

出力電圧がIC内部に依存しない

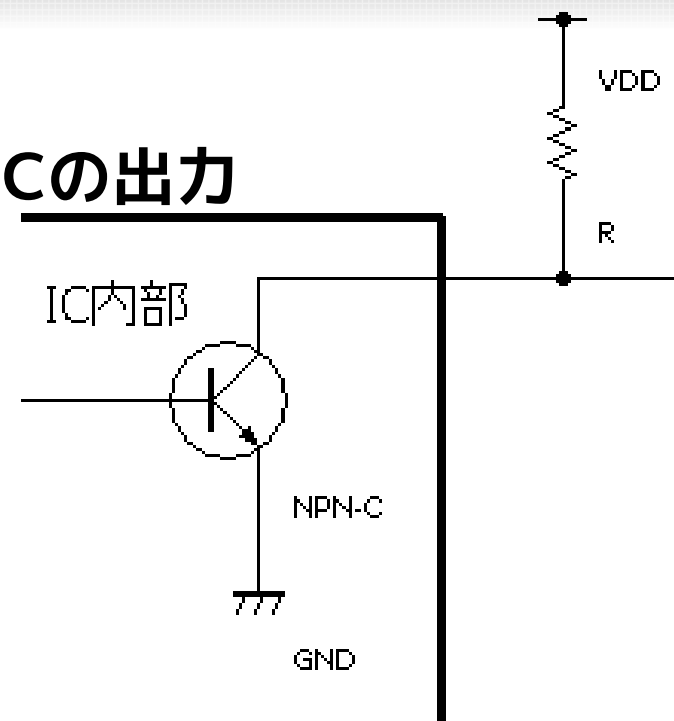
- プルアップ抵抗で決定できる
→ **電圧レベル変換**が可能

欠点

- 電流消費大
- インピーダンス高

??

??



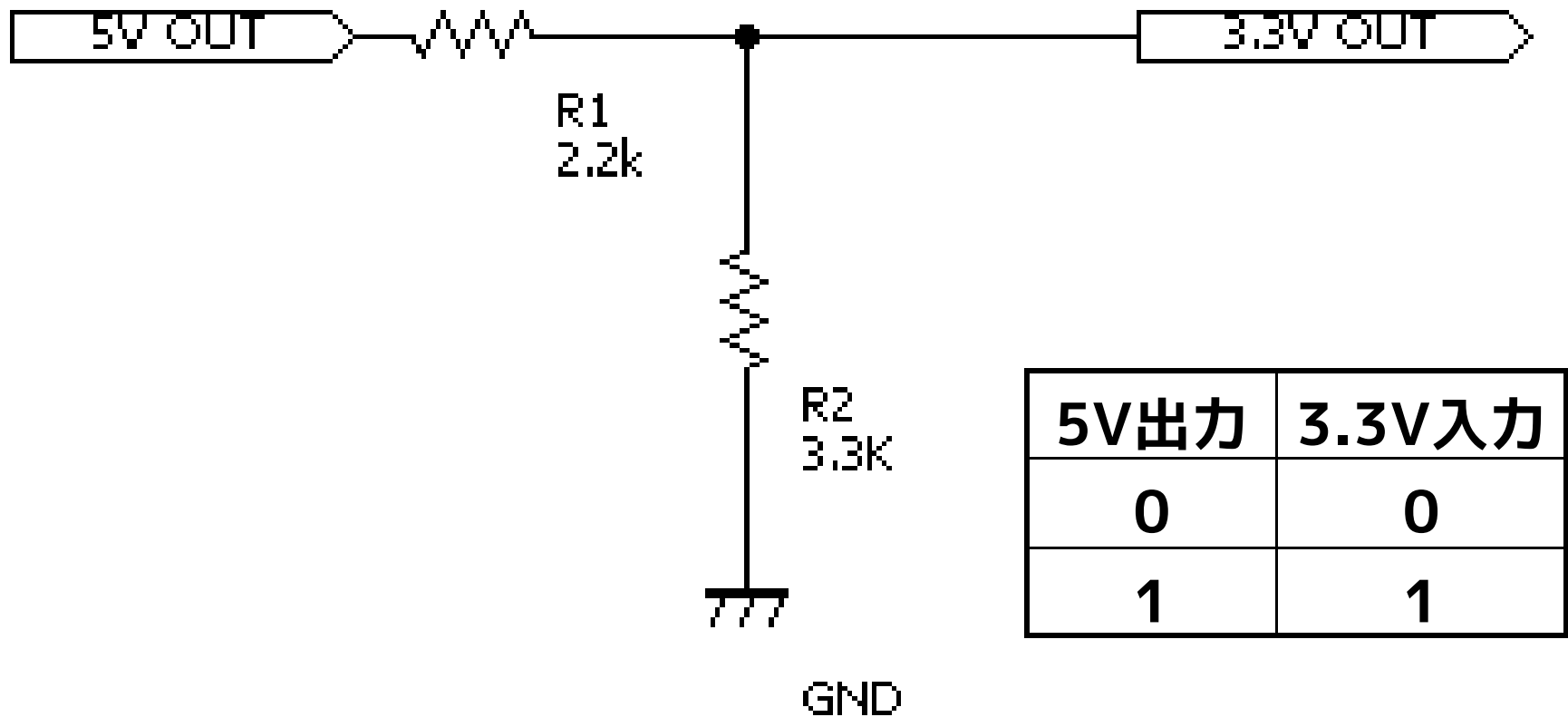
内部 トランジスタ	出力
OFF	開放 (ハイインピーダンス)
ON	L

※オープンコレクタでも、耐圧制限があるものも存在する。
その場合電圧レベル変換ができないので注意。
(データシートに記載) 例：74HC07等

- ㍿ CMOSレベル, TTLレベルとは別に, **電源電圧の違い**も
- ㍿ マイコンと電子部品間の電源電圧の違い
→場合によっては**電子部品の破損**も！
- ㍿ 回避方法（レベル変換回路）
 - 分圧抵抗で降圧, トランジスタで昇圧
 - レベル変換ICを挟む（双方向レベル）
 - 5Vトレラント機能を使用する
 - ㍿ AHC, VHCタイプのロジックICを挟む

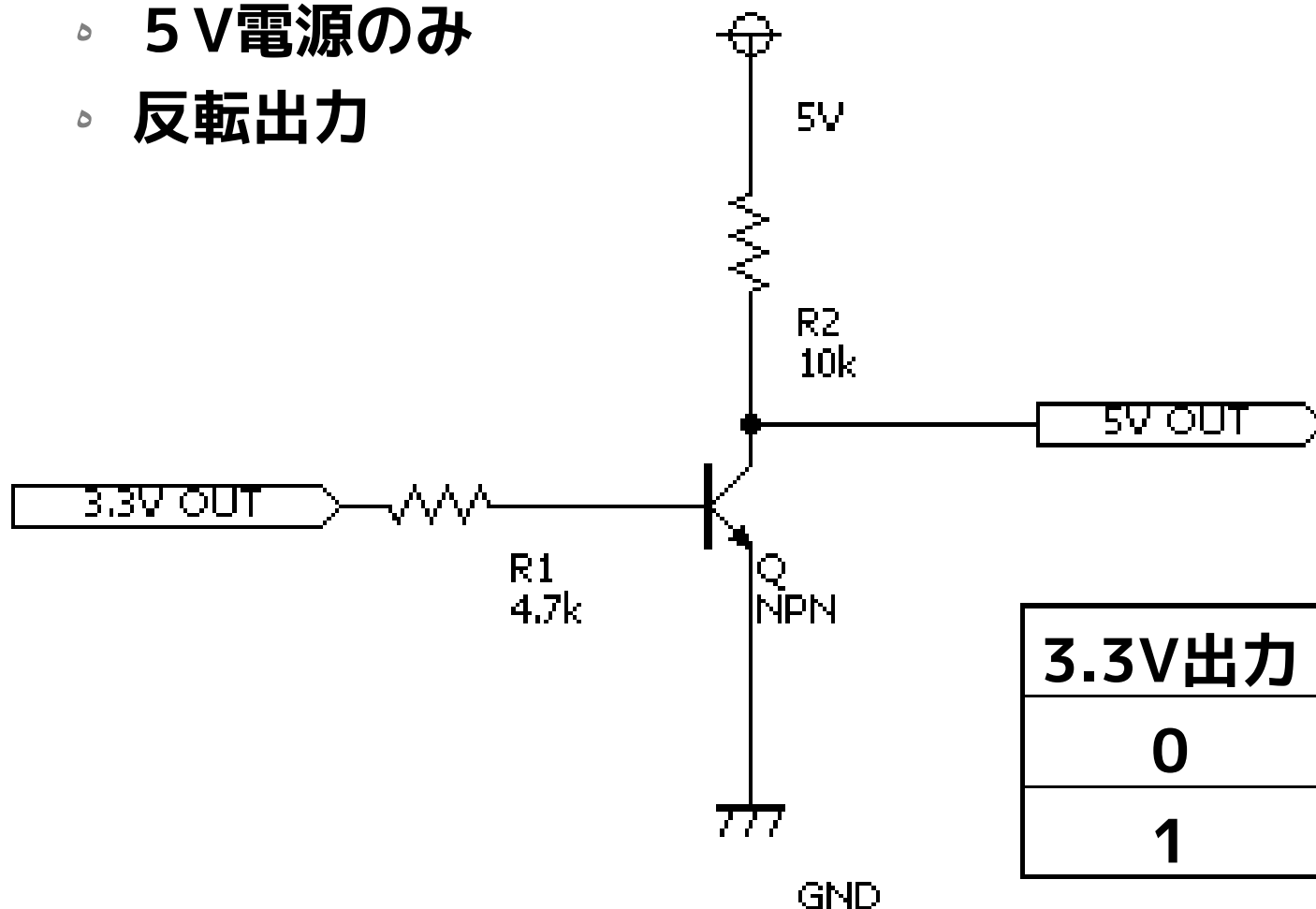
5V出力 → 3.3V入力レベルシフタ

分圧回路



3.3V出力 → 5V入力レベルシフタ（反転型）

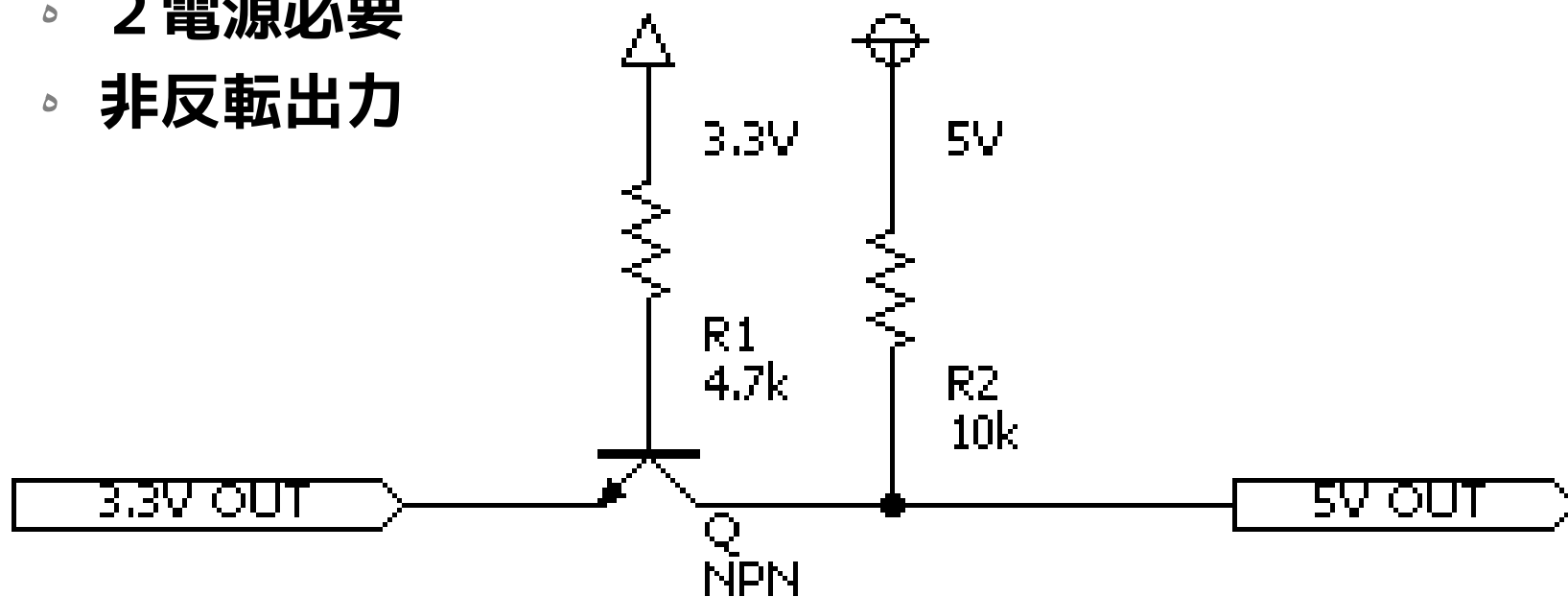
- 5V電源のみ
- 反転出力



3.3V出力	5V入力
0	1
1	0

3.3V出力 → 5V入力レベルシフタ（非反転型）

- 2電源必要
- 非反転出力



3.3V出力	5V入力
0	0
1	1

入力トレラント機能

- トレラント：耐性のある
- データシートの「入力電圧」の欄を参照

5.5Vまで入力可

動作範囲 (注 1)

項 目	記 号	定 格	単位
電 源 電 圧	V_{CC}	4.5~5.5	V
入 力 電 圧	V_{IN}	0~5.5	V
出 力 電 圧	V_{OUT}	0~5.5 (注 2)	V
		0~ V_{CC} (注 3)	

電気的特性

DC特性

2V以上で「H」認識

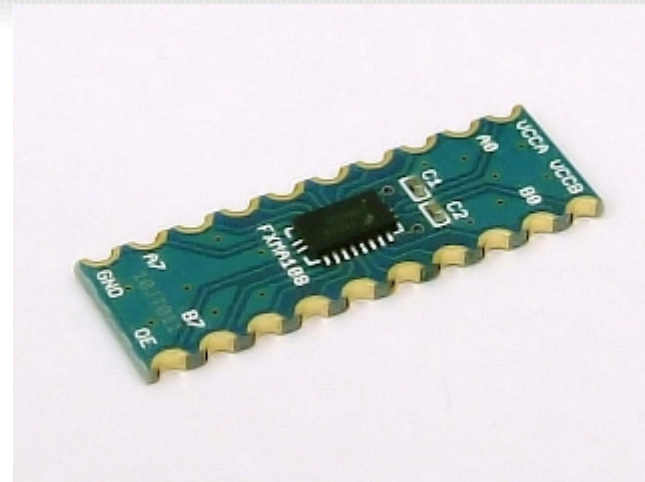
項 目		記 号	測 定 条 件	$T_a = 25^{\circ}\text{C}$			$T_a = -40 \sim 85^{\circ}\text{C}$		単位
				V_{CC} (V)	最小	標準	最大	最小	最大
入力電圧	“H” レベル	V_{IH}	—	4.5~5.5	2.0	—	—	2.0	—
	“L” レベル	V_{IL}	—	4.5~5.5	—	—	0.8	—	0.8

㊦ ロジックレベル変換IC

- 各社，多種取り扱いあり

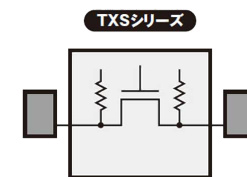
㊦ 秋月電子取り扱い「FXMA108」 (Fairchild Semiconductor)

- 1.65V～5.5Vで8bitの双方向レベル変換可能

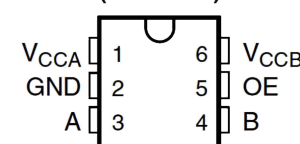


㊦ 共立電子取り扱い「B35415」 (Texas Instruments)

- 1bit双方向レベル変換可能



(TOP VIEW)



インピーダンス

インピーダンス

簡単に説明すると「交流回路における抵抗成分」

- 回路が回路図通りに動いたら気にしなくても良い概念
 - 実際には等価回路のように、余計な成分も働く

コンデンサ

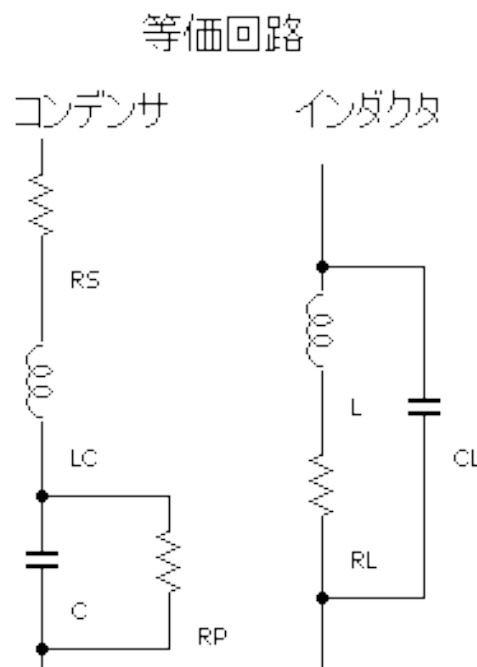
- 交流成分流れやすい

インダクタ

- 交流成分流しにくい

いずれも周波数で変化
→ 交流成分による変化

インピーダンス成分



コンデンサ <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gP-05202/>

インダクタ <http://akizukidenshi.com/catalog/g/gP-04080/> 27

入力/出力インピーダンス

㊦ 入力インピーダンス

- 素子に流れる電流の流れやすさ
 - ㇿ **大きい** → 電流が流れにくい → 電流を余り必要としない
 - ㇿ **小さい** → 電流が流れやすい → 電流を多く必要とする
- **入力インピーダンスは大きいほうが好ましい**
→ 信号への負担減少

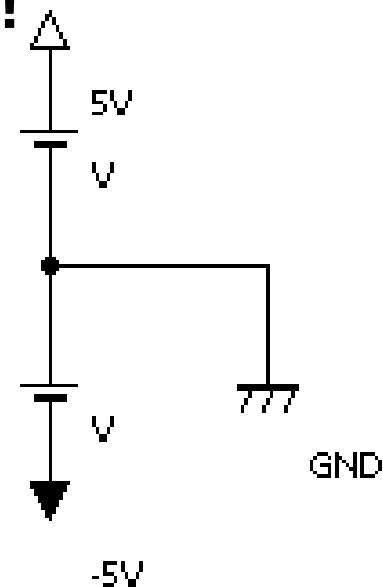
㊦ 出力インピーダンス

- 素子自体の電流を流す能力
 - ㇿ **大きい** → 電流を流しにくい → 電流を流す能力が低い
 - ㇿ **小さい** → 電流を流しやすい → 電流を流す能力が高い
- **出力インピーダンスは小さいほうが好ましい**
→ 信号が歪みにくくなる

回路のGND

- ㍈ グランド（GND）とは？
 - **基準電位点**となる電圧のこと（0V）
 - 回路内で使われた電気は全てGNDに流れ込む
- ㍈ 2つの独立した回路の5Vは同じ電圧ではない！
 - 回路Aの5V \neq 回路Bの5V
 - 基準電位点が違うから

回路において基準電位点は重要なポイント



㊦ GNDは太く， 短く！

- インピーダンス，インダクタンス等の抵抗成分の影響を小さくするため
- 配線が長いと，配線そのものが抵抗に…

㊦ 通常の配線はインピーダンスゼロが理想

→ 実際にはインピーダンス，インダクタンス，浮遊容量等が存在

ex. インダクタンスによって逆起電力の発生＋ノイズ発射 等

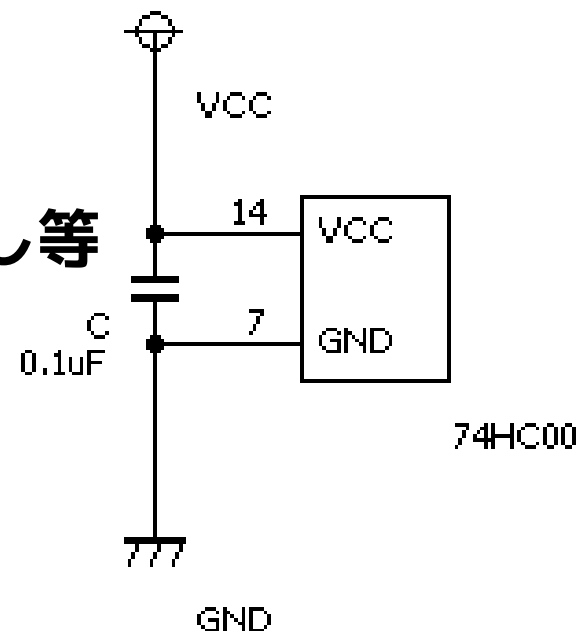
㊦ ベタGND， 1点アースが好ましい

バイパスコンデンサ

- インピーダンスの減少と、電圧の安定化に「**バイパスコンデンサ**」が有効

- 電源電圧の変動で消費電流が変化
- 電源の内部抵抗, 長い配線の引き回し等
→ 電圧降下の発生

不安定な状態, ノイズの発生

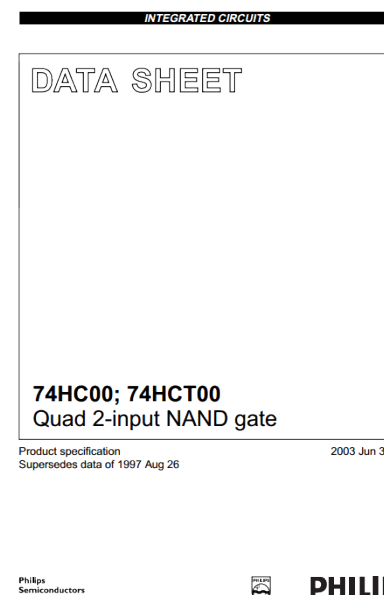


- 瞬間的な電圧変動に対策するには？
 - 配線の抵抗値を減らす（太くする, 短くする）
 - 電源に並列に**コンデンサ**を挿入→「**バイパスコンデンサ**」

- ㊦ 電気的には太ければ太いほど良い
 - 抵抗減, 熱による損失減
- ㊦ 逆に太いと配線が大変, 重量増になる
 - 銅の比重 8.92
 - アルミの比重 2.7
- ㊦ 基板上の配線パターン幅
 - 基本的には1mm/1Aと考える (10倍の電流で溶断)
 - 銅箔を厚くする, 並列にジャンパを引く

データシート

- ㊦ データシートは「説明書」であり「バイブル」である
- ㊦ どのような部品であるかが全て説明
 - 電氣的定格
 - 用途
 - 使用例・応用例
 - 電氣的特性
 - 真理値表
 - ピン配置
 - 寸法 等



- ㊦ どんな部品にもデータシートが存在
 - 設計の際に必要

- ㊦ データシートを読むためにはどのように部品を使うかを把握する
 - トランジスタ回路設計方法
 - Hブリッジ回路設計方法
 - センサ回路設計方法 等
- ㊦ 部品の使い方を知り，データシートから数値を当てはめる

データシートを読みこなすには
まず設計方法を学ぶことから！

㊦ チェックすべきこと

- どのような条件で効率良く動作させられるか

㊦ 絶対最大定格

- この値を**絶対超えてはいけない**
→素子の物理的破壊に繋がる可能性も

㊦ 推奨動作条件

- 破損することなく動作させ続ける為に必要な条件

㊦ 電気的特性

- どのような特性で動作する様に作られているか

まとめ

- ㊦ 回路はコンピュータの演算を実世界に影響させるための橋渡し役
- ㊦ デジタル回路で重要な「H」と「L」の概念とそれに伴う実際の電圧マッチング
- ㊦ インピーダンスの概念を意識
- ㊦ データシートを必ず守って回路を構築

意外と各授業でも扱ったことのある内容

- ロボット電子回路
- センサ工学
- 電気電子回路論
- デジタル信号処理
- 駆動系電子回路
- ロボットシステム学

もっと学んだことを活用しよう！

せっかく時間を使って勉強したんだから…

- ㊦ 初めてのメカトロニクス実践設計, 米田完・中嶋秀郎・並木明夫, 講談社
- ㊦ 図解でわかるはじめての電子回路, 大熊康弘, 技術評論社
- ㊦ イラストでよむアースとノイズのはなし, 伊藤健一, 日刊工業新聞社