

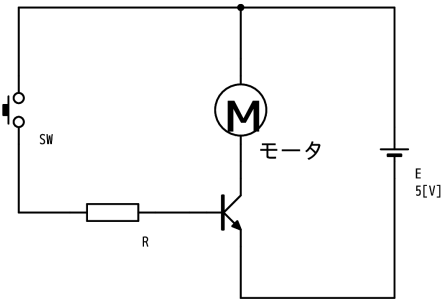
/20 点	第 8 回 トランジスタによるモータ駆動	検 印
	月 日 2S 番 名前	締切遅れ

[修正ペン、修正テープ、修正液等は使用できない 鉛筆は使用できない 黒インクで記入する]
※ 締切遅れに 1 つでも ✓ がつくと、「主体性・自己管理」の 10 点を失います。

[注意]
この実験はテストを使用しません。
モータの回転軸に手を触れてはいけない。
修正ペン、修正テープ、修正液等は使用できない。

1. トランジスタとブラシレスモータについて、つぎの手順で実験をしない。
タクトスイッチを操作し(離す・押す)、タクトスイッチとモータの関係を確認しない。
抵抗 R 3.0 キロオーム

タクトスイッチ	モータの状態	
離したとき	回転	停止
押したとき	回転	停止



2. トランジスタとブラシ付きモータについて、つぎの手順で実験をしない。
タクトスイッチを操作し(離す・押す)、タクトスイッチとモータの関係を確認しない。
抵抗 R 3.0 キロオーム

タクトスイッチ	モータの状態	
離したとき	回転	停止
押したとき	回転	停止

スイッチを 1 分間押した時、トランジスタの温度はどのように変化しましたか。

説明 _____

3. 抵抗を 300 オームに交換し、トランジスタとブラシ付きモータについて、つぎの手順で実験をしない。
タクトスイッチを操作し(離す・押す)、タクトスイッチとモータの関係を確認しない。
抵抗 R 300 オーム

タクトスイッチ	モータの状態	
離したとき	回転	停止
押したとき	回転	停止

4. 以上の実験からわかることを述べてください。

ボーナス課題	第 8 回 トランジスタによるモータ駆動	検 印
/20 点	月 日 2S 番 名前	

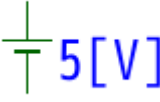
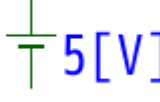
[修正ペン、修正テープ、修正液等は使用できない 鉛筆は使用できない 黒インクで記入する]

[注意]

この実験は、異常過熱・過電流の危険があります。
いきなり実物で実験をしてはいけません。

トランジスタとモータを用いて、タクトスイッチを押したとき、モータが停止する回路を作ってください。
タクトスイッチは NO(押したとき導通)です。

(1) 回路図を描き、動作を検討する。電流の経路を考えるとよいでしょう。抵抗値、電源電圧を忘れずに記入する。正しい図記号(JIS C0617)を使用していますか？

タクトスイッチを離した時(初期状態)	タクトスイッチを押した時
	

回路図を描き、担当教員に動作を説明し、確認印をもらってください。

ノートで確認

(2) 「ノートで確認」印をもらった後、実物で動作を確認する。

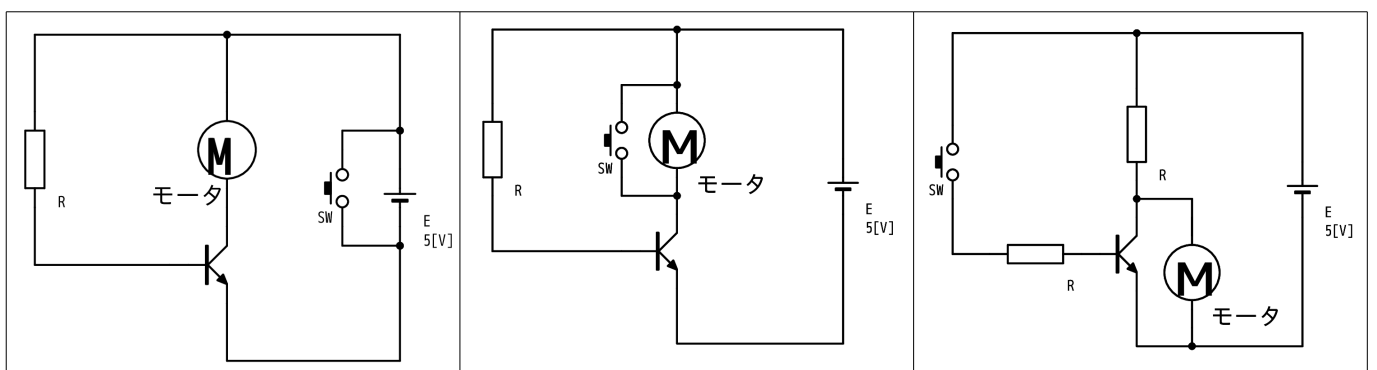
(3) この回路はどのようなところで使用すると便利ですか？

実物で動作を確認した後

実物で確認

[注意]

つぎの回路には重大な問題があります。絶対に作らないでください。



センシング基礎演習(第8回)

トランジスタによるモータ駆動 (担当 高橋)

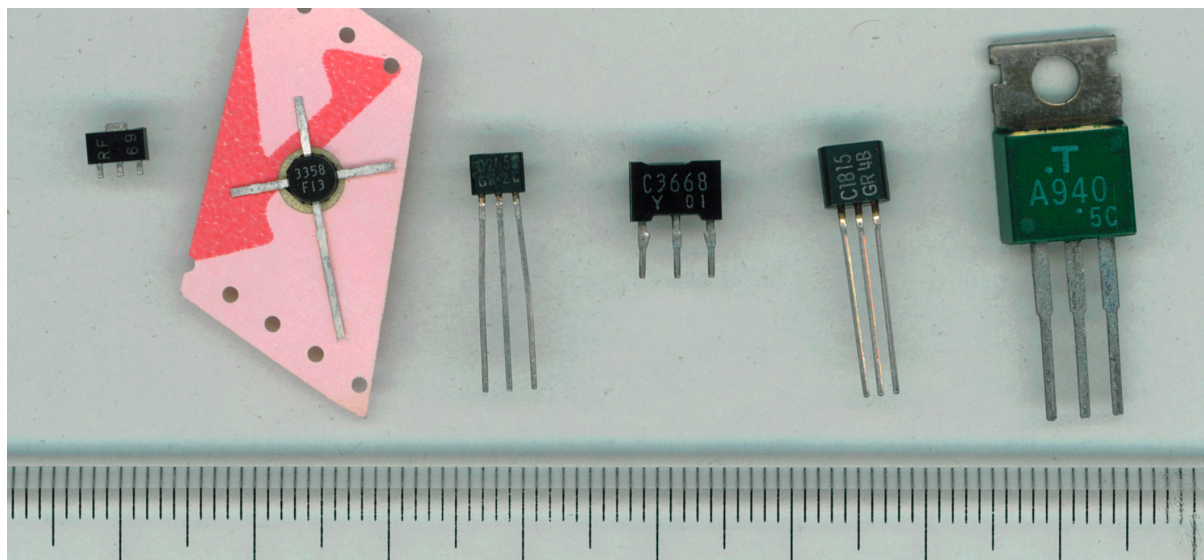


シラバスより(抜粋)

学習内容 トランジスタによるモータ駆動(担当 高橋)

具体的な行動達成目標

小信号用、電力用など、用途に応じた素子があることを説明できる





前提となる知識

この授業では、つぎの知識が必要です

- 生産システム実習基礎
ブレッドボードの使い方
- 抵抗器(カラーコード)の読み方
- 電気回路基礎
オームの法則、キルヒホッフの法則、消費電力
- センシング演習基礎(前回の講義)
トランジスタによるスイッチング
データシートの活用



確認

プリント

実験シート(授業終了時に提出)

実験機材

ブレッドボード ジャンパ

電源装置(ACアダプタ)

トランジスタ DCモータ DCファン

ノート

実験結果や計算方法を記録する---とても重要

筆記用具

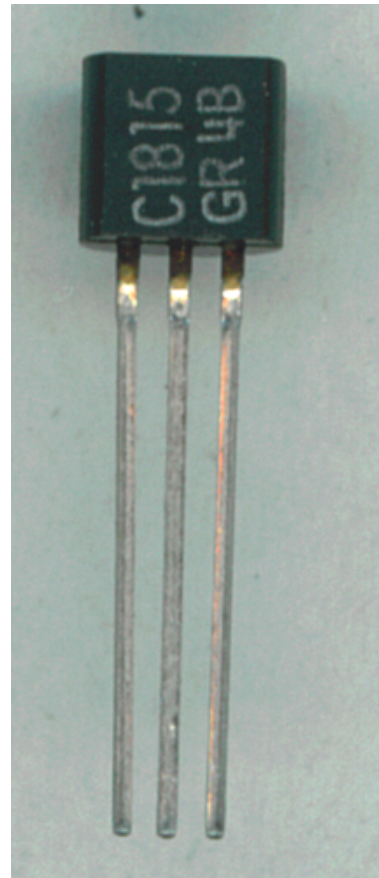
ペンを使用 (鉛筆・シャープペンシルは片付ける)
机上に炭素を持ち込まない



トランジスタとは？

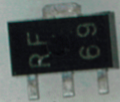
トランジスタは

「第6回 トランジスタによるスイッチング」で
登場しました

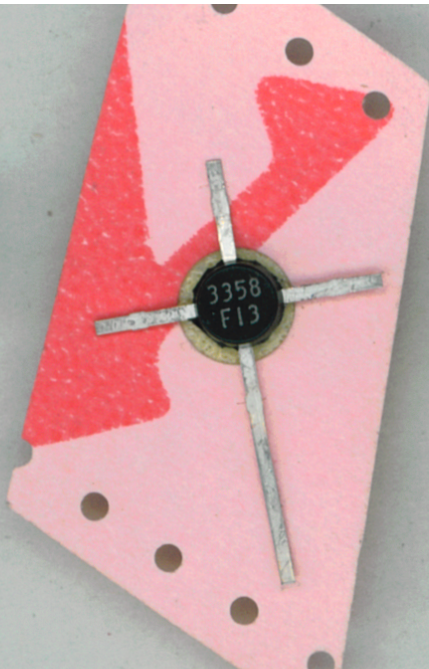


トランジスタいろいろ

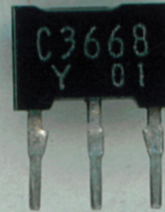
いろいろなトランジスタがあり、
用途により使い分けが必要です



マイクロ波用



高周波用



電力用



小信号用



電力用



トランジスタ

モータの制御には電力用のトランジスタを使用

トランジスタは外観だけで用途を決めることはできない

- 形状の大きいものは「電力用」が多い
- 形状の小さいものは「小信号用」が多い
- 形状が小さくても「電力用」がある

データシートで確認



本日使用するトランジスタ 2SC1815

本来は、小信号用トランジスタ

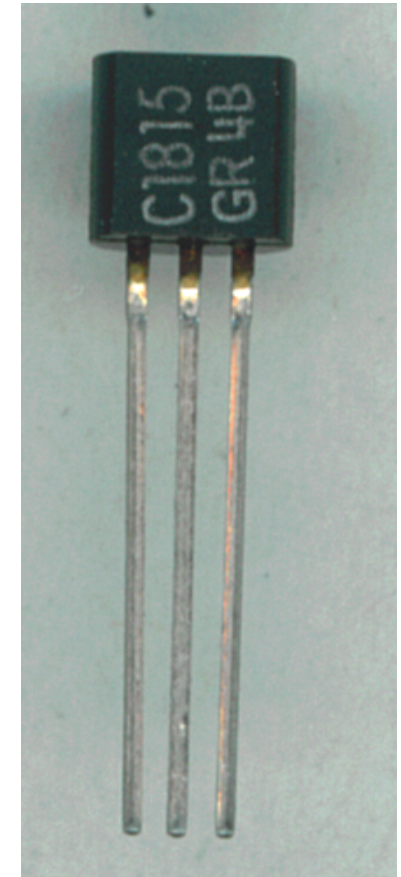
コレクタ耐圧 V_{CEO} 50[V]

コレクタ電流 I_C 150[mA]

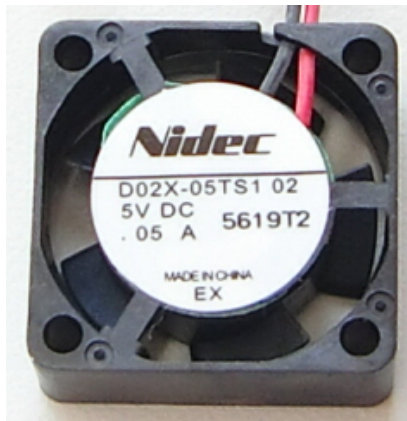
コレクタ損失 P_C 400[mW]

かなりムリな使い方をします

(不適切なトランジスタを選択しています)



モータ



ブラシレスDCモータ
精密機械動力
工業製品に多用



ブラシ付きDCモータ
小規模動力(おもちゃ)



モータについて知っていること

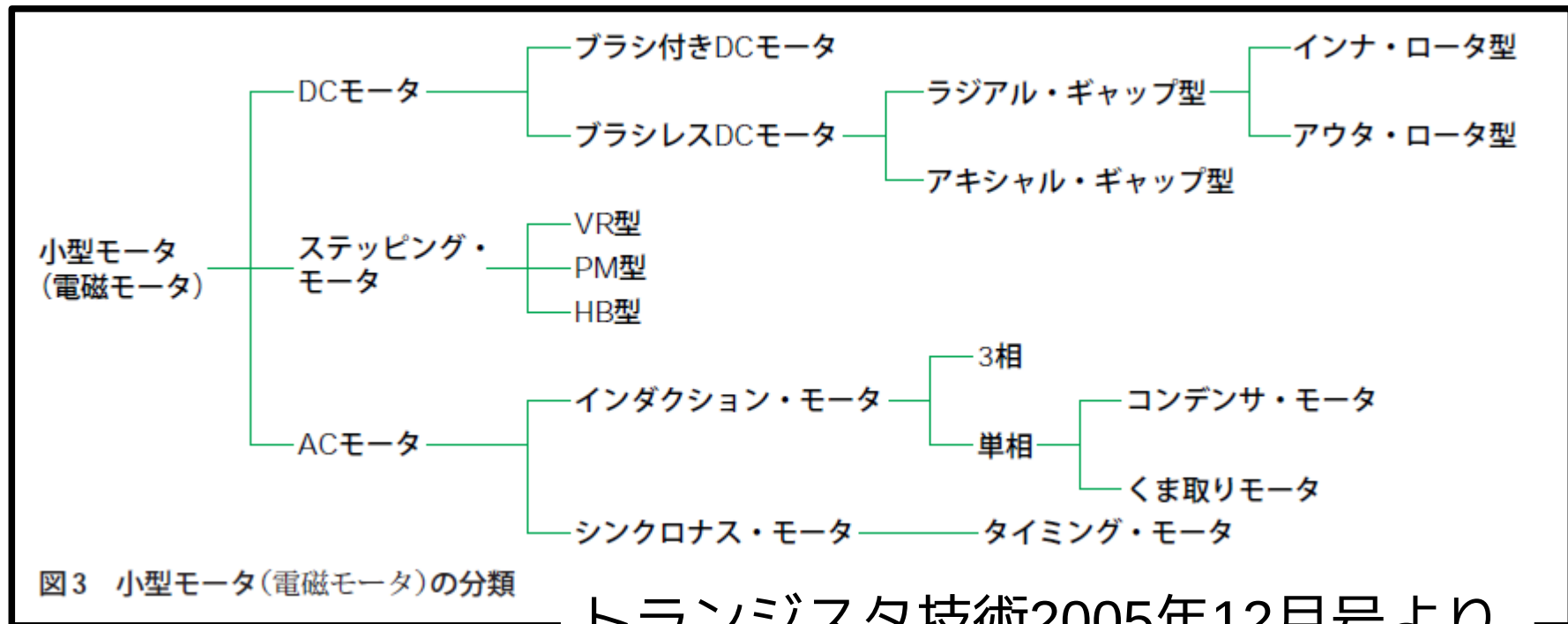
- 電流を流すと軸(シャフト)が回転する
-
-



モータの種類

「モータ」にはいろいろな種類がある

用途に合致したモータを使わなければならない



トランジスタ技術2005年12月号より



私達の周囲にあるモータ

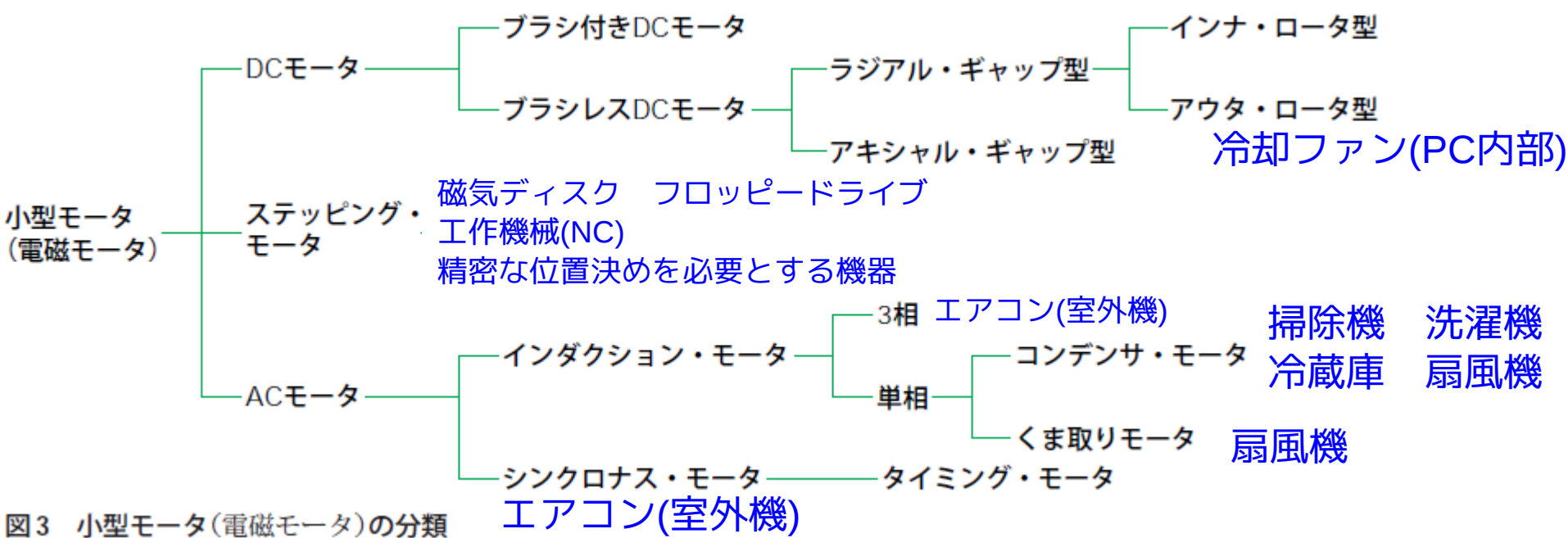


図3 小型モータ(電磁モータ)の分類

最近の家電製品は

- ブラシレスDCモータ(+マイクロコントローラ)
- シンクロナスモータ(+インバータ)

を採用するものが多い



この講義で使用するDCファン

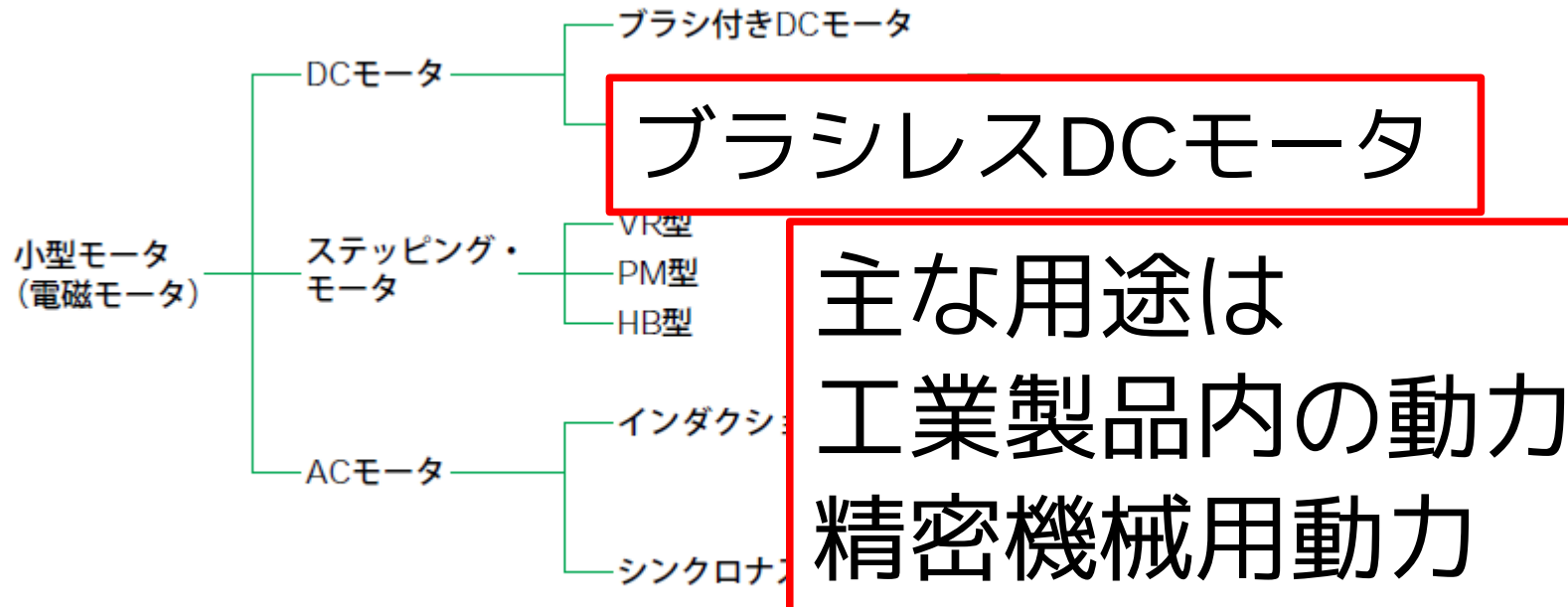
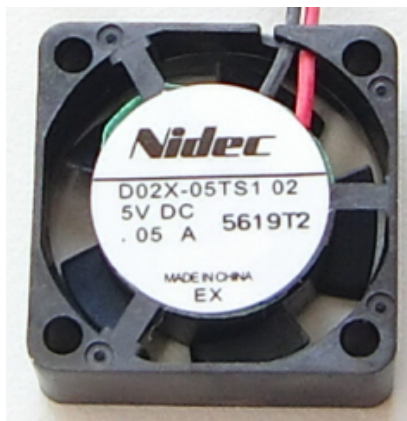


図3 小型モータ(電磁モータ)の分類



詳しくは
ラジアルギャップ アウターロータ型
ブラシレスDCモータ



この講義で使用するモータ



ブラシ付きDCモータ

主な用途は
小規模動力(おもちゃ)

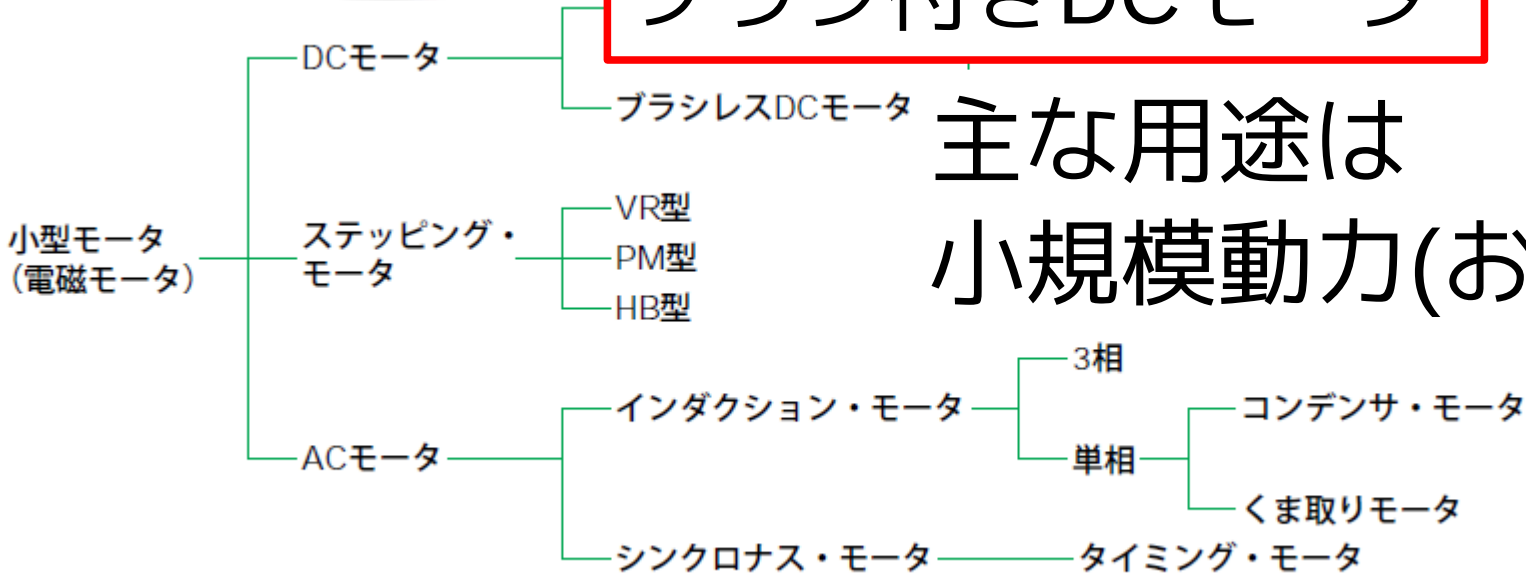


図3 小型モータ(電磁モータ)の分類

トランジスタ技術2005年12月号より抜粋

ブラシレスDCモータ 利点・欠点

<利点>

ブラシがない

摩耗による劣化が少ない

雑音が少ない

長寿命

安価

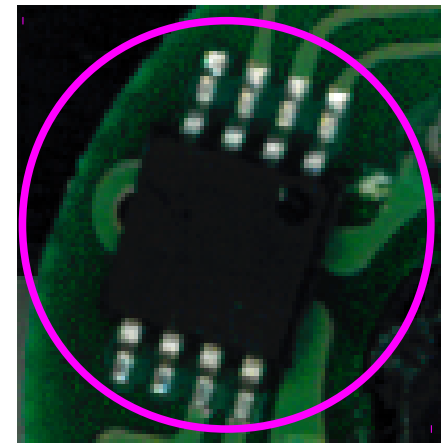
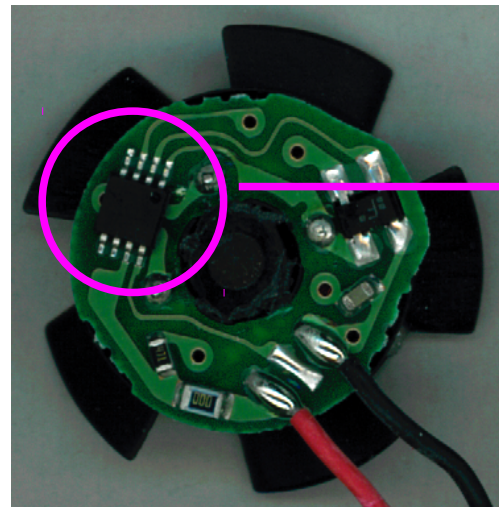


<欠点>

制御回路が必要

(DCファンに内蔵)

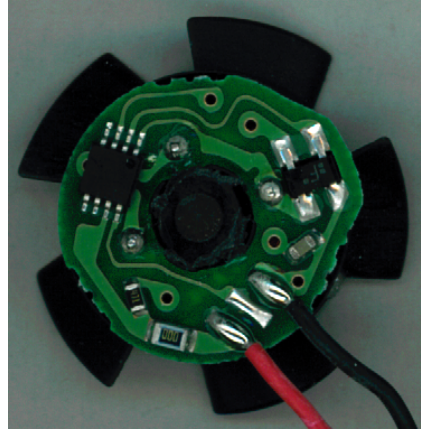
制御回路が別売のことも



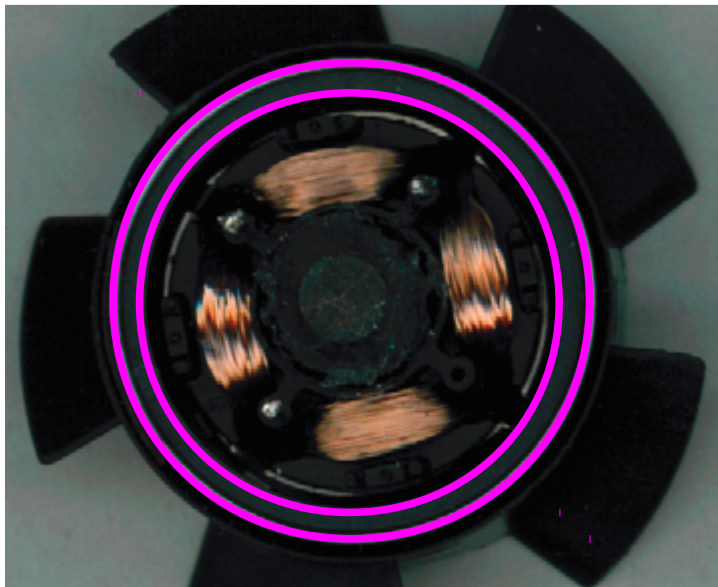
制御回路

ブラシレスDCモータを分解

- ブラシレスDCモータを分解した

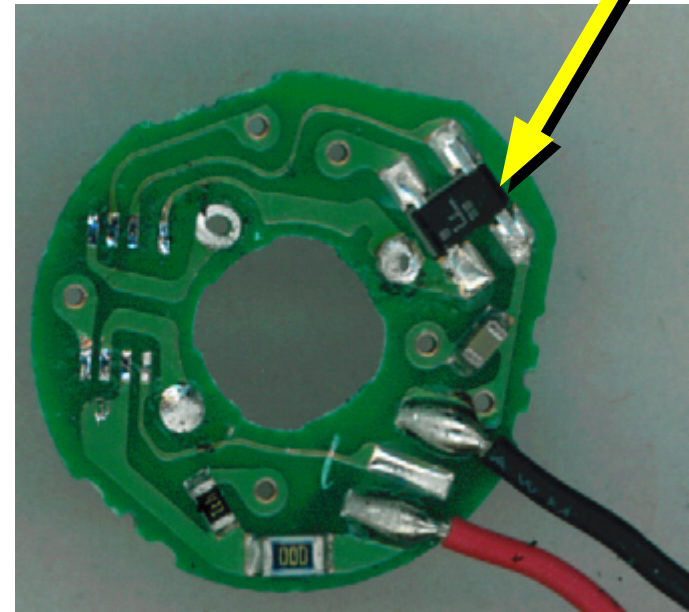


コイル4個



コイルの外側に磁石

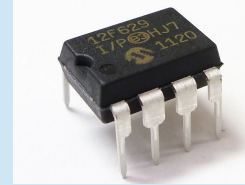
ホール素子
→ 第14回磁気センサ



温度センサと組み合わせて

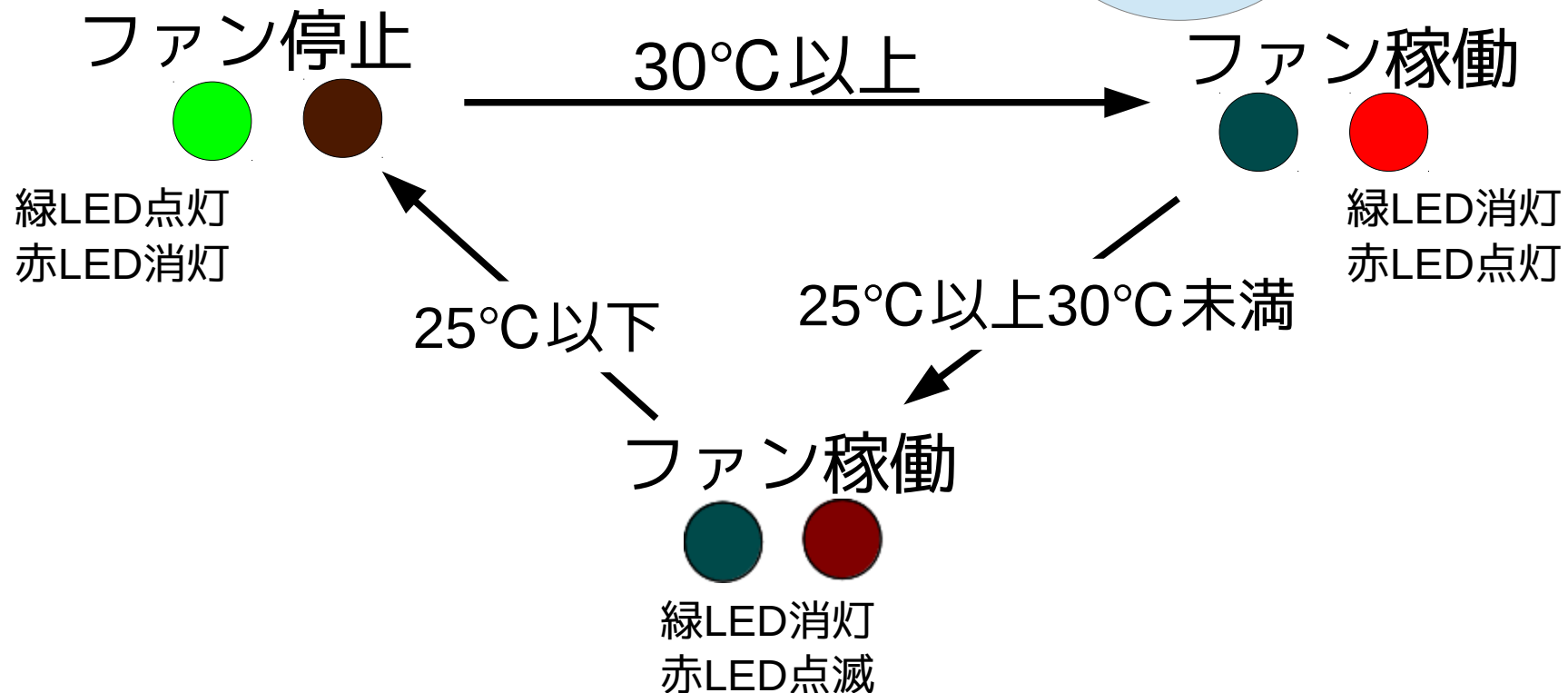
- 状態をLEDに表示
- ファンをON/OFF

マイクロコントローラを
使うと実現できる



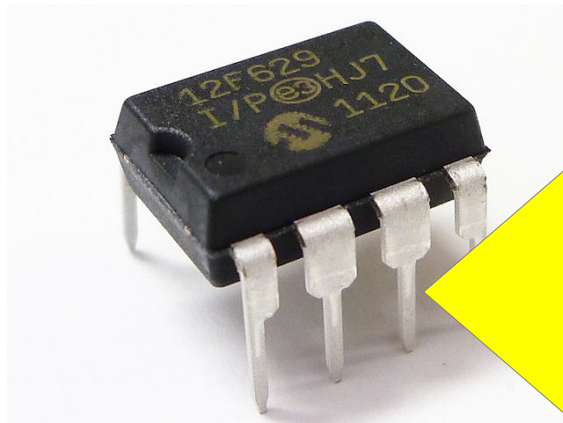
温度センサ→第13回

マイクロコントローラ
→3年生以降



ブラシレスDCモータを回してみよう

マイクロコントローラ



モータを
直接接続する?

<DCファン>

定格電圧5[V]

定格電流50[mA]



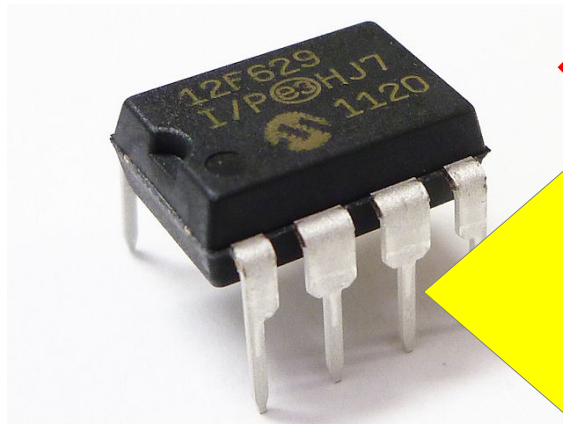
出力電流は20[mA]

(最大定格20[mA])

5[V]で使用してください
電流は50[mA]流れます

ブラシレスDCモータは回らない

マイクロコントローラ



<DCファン>

定格電圧5[V]

定格電流50[mA]



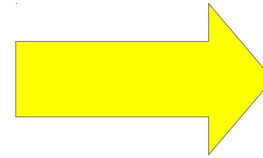
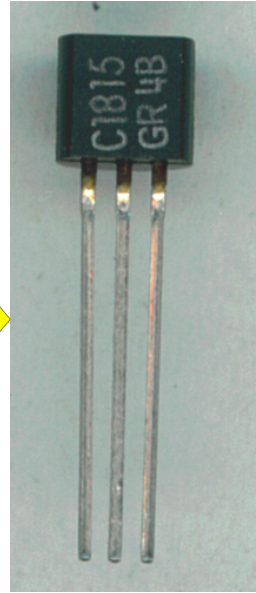
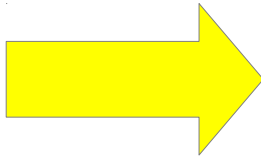
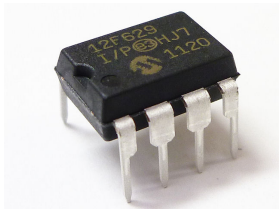
出力電流は20[mA]

(最大定格20[mA])

で使用してください
電流は50[mA]流れます



トランジスタを使う



コントローラで
トランジスタを駆動

ベース電流 1[mA]
=コントローラ出力電流

トランジスタを
ON/OFFして
モータを制御

コレクタ電流 = モータに流れる電流 50[mA]

もうひとつのモータ



ブラシレスDCモータ
精密機械動力
工業製品に多用



ブラシ付きDCモータ
小規模動力(おもちゃ)



ブラシ付きDCモータ 利点・欠点

<利点>

安価
入手が容易
構造が簡単
乾電池で駆動可

<欠点>

小出力
効率が低い
摩耗による劣化
インパルス性雑音を発生

} 電池がすぐになくなる

} いずれはモータを交換

高電圧を発生
無線通信(電波)を妨害
コンピュータが誤動作

実は

このモータを使いこなすのはかなり難しい

R-280 仕様

使用電圧範囲: 1.5~3.0V

適正電圧: 3.0V

適正負荷: 1.47mN·m (15.0gf·cm)

無負荷回転数: 8,700r/min

適正電圧・負荷時の回転数: 5,800r/min

適正電圧・負荷時の消費電流: 650mA

シャフト径: 2.0mm

重量: 44g

外観寸法: 30.5×24.2mm

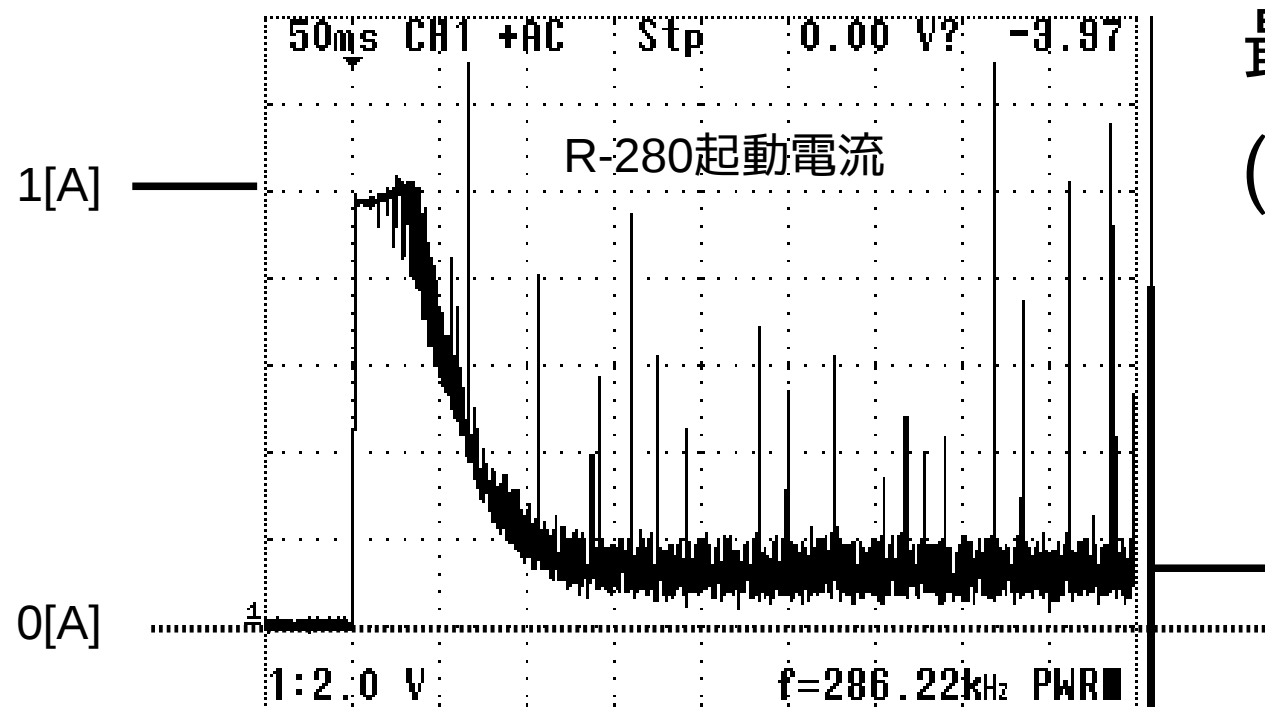


始動電流は
記載がない



ブラシ付きDCモータの性質

- 電池をつなぐとモータ(シャフト)が回転する
- 電池の極性を入れ替えると、モータが逆転する
- モータが回転し始めるときは大きな電流が流れる
- モータに負荷がかかるときは大きな電流が流れる



最初は1[A]

(本当はもっと大きい?)

瞬間的に大きな電流

回転しているときは
110[mA](無負荷時)
(100ミリ秒後に安定)



トランジスタの発熱に注意

トランジスタに電流が流れるとき

ベースエミッタ間電圧 V_{BE} 0.7[V]
コレクタエミッタ間電圧 V_{CE} 0.3[V] } 程度必要

(コレクタ電流により多少変化)

コレクタ電流 I_C が大きいとき

コレクタエミッタ間電圧 V_{CE} は数ボルトになることもある

コレクタ損失 P_C が大きくなる **トランジスタが発熱する**

$$P_C = V_{CE} \times I_C$$



DCモータの制御は難しい

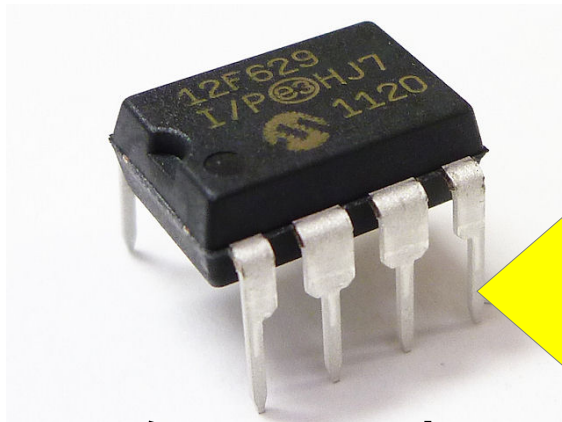
- モータは急に回らないし、急に止まらない
- 回転数を制御するには？
「滑らかな加速、滑らかな減速、静かに停止」
このような制御はとても難しい

今日使うのは模型用モータ(おもちゃ)
→回ればいい
難しいことは考えない

マイクロコントローラで モータを制御する

マイクロコントローラでモータをON/OFFしたい

マイクロコントローラでモータを正回転・逆回転したい

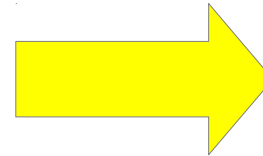
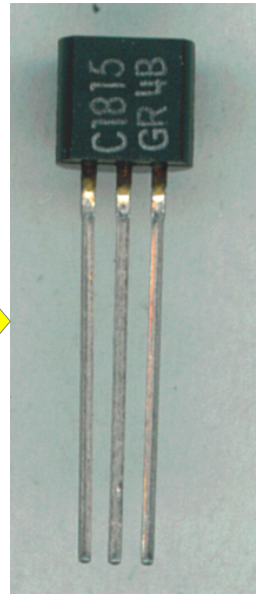
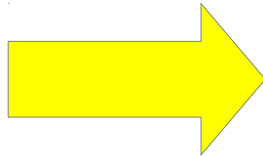
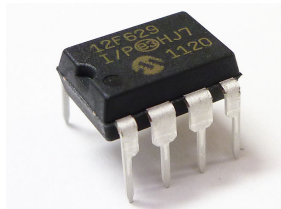


マイクロコントローラ

直接モータを接続する?



トランジスタを使う



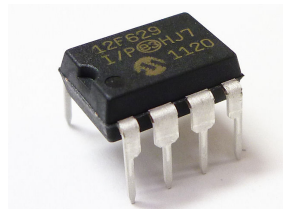
コンピュータで
トランジスタを駆動

ベース電流10[mA]

トランジスタを
ON/OFFして
モータを制御

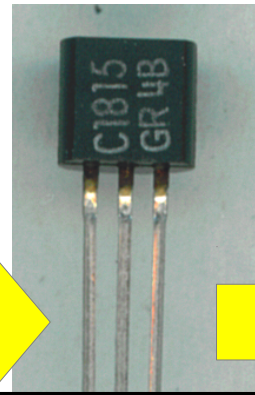
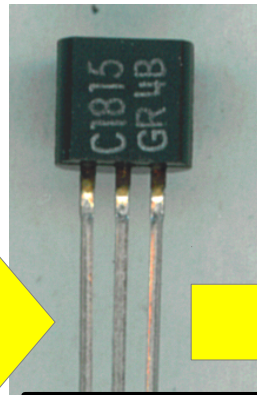
コレクタ電流 = モータに流れる電流 1[A]

コントローラ出力電流を小さくしたい



コントローラで
トランジスタ1を駆動

ベース電流0.1[mA]
コレクタ電流10[mA]



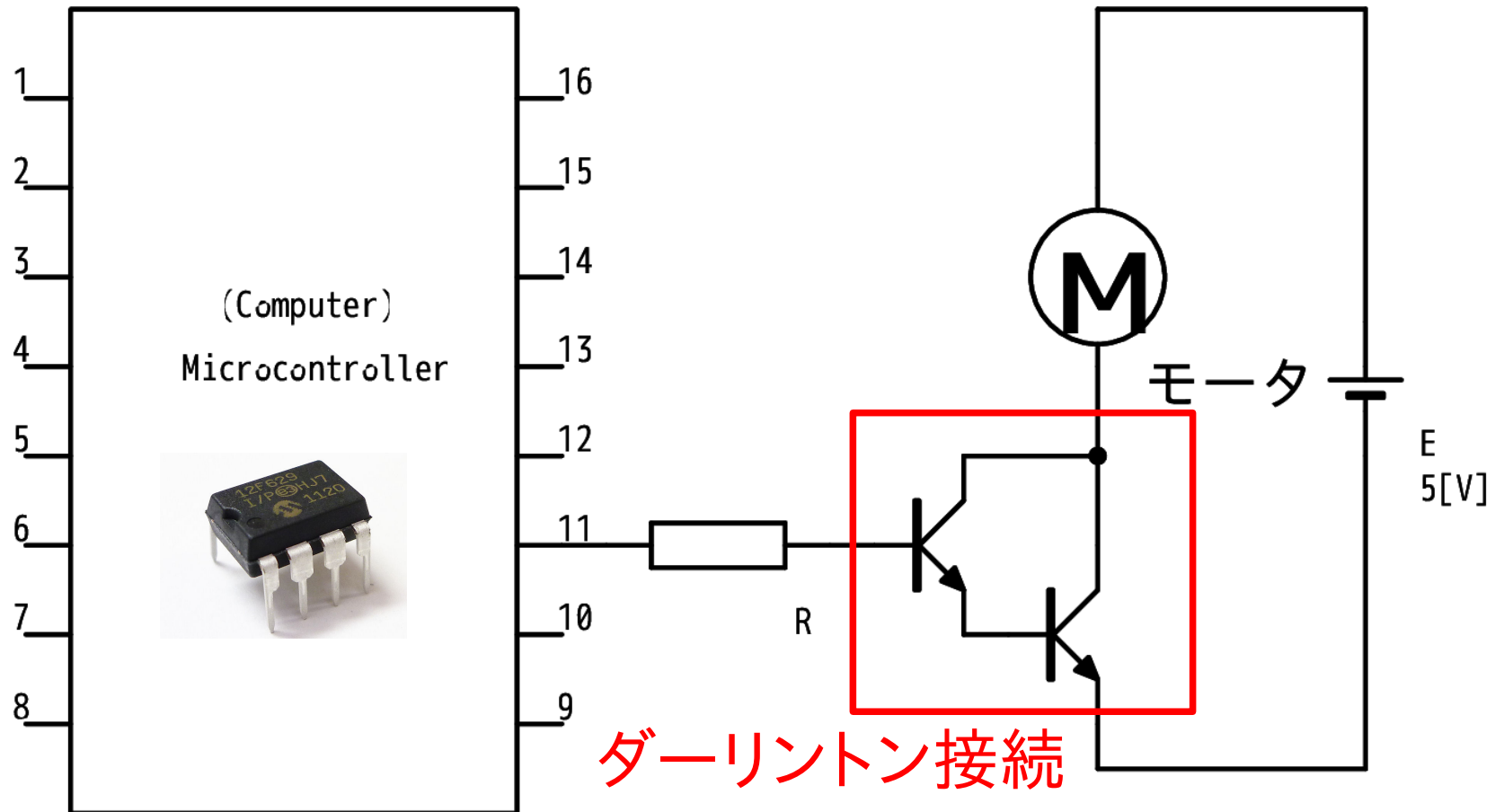
トランジスタ1で
トランジスタ2を駆動

ベース電流10[mA]
コレクタ電流1[A]



トランジスタ2で
モータを制御

トランジスタ2つでダーリントン接続



memo: トランジスタ2つをダーリントン接続はあまり使用しません(おもちゃではときどき見ます)
工業製品では電界効果トランジスタを使用する場合が多い



実験してみよう

[重要]

実験の前に

- 注意事項
- 実験の目的
- 機材

を確認する

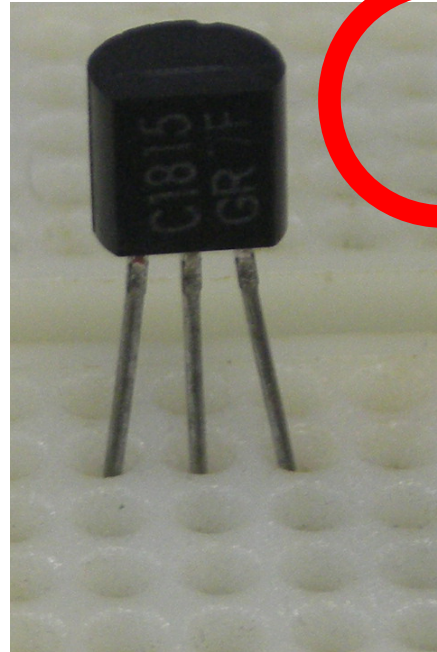
モータシャフト(回転部分)に
手を触れてはいけない



注意事項

トランジスタの端子

- 広げない
- 曲げない
- 端子名を確認



電源

- コンデンサを忘れない
- コンデンサの極性に注意

マイクロコントローラは
使用しない

マイクロコントローラの
代わりにタクトスイッチで
動作をエミュレートする

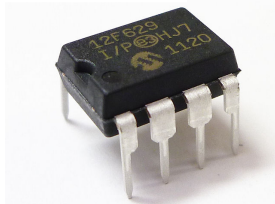


実験1

<実験の目的>

トランジスタを用いて**ブラシレスDCモータ**を制御する

ポイント



マイクロコントローラの出力は
5[V]または0[V]

マイクロコントローラの代わりに
タクトスイッチを使う

タクトスイッチを離す=0[V]を出力
タクトスイッチを押す=5[V]を出力

<使用する機材>

トランジスタ

ブラシレスDCモータ(ファン)

抵抗器 3.0[kΩ]

コンデンサ

タクトスイッチ

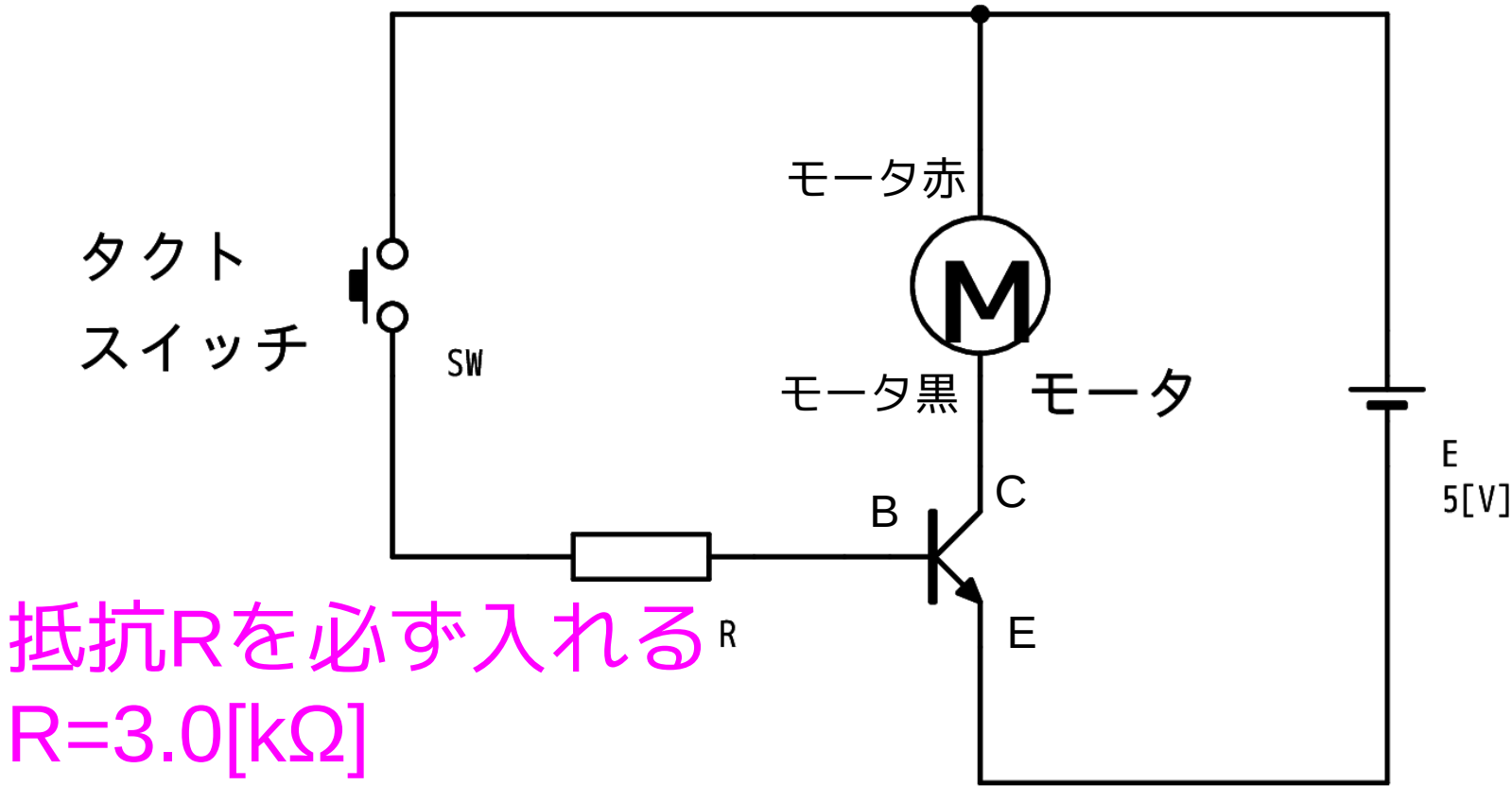
ブレッドボード

ジャンパ線

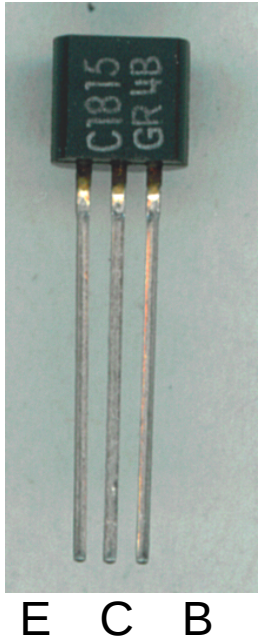
電源(ACアダプタ)



実験回路



トランジスタは
端子に注意

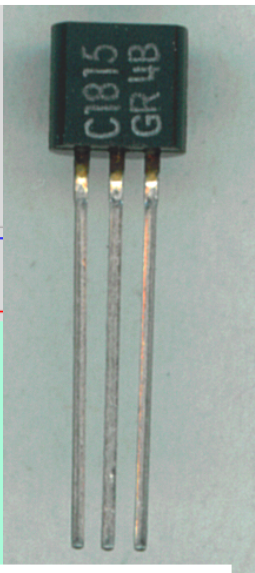
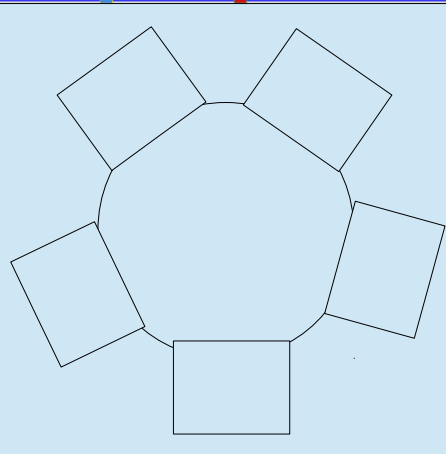


左から
B C E

赤色をプラス側

トランジスタは
端子に注意

3.0キロオーム



E C B

8 トランジスタによるモータ駆動

センシング用光電管(20)

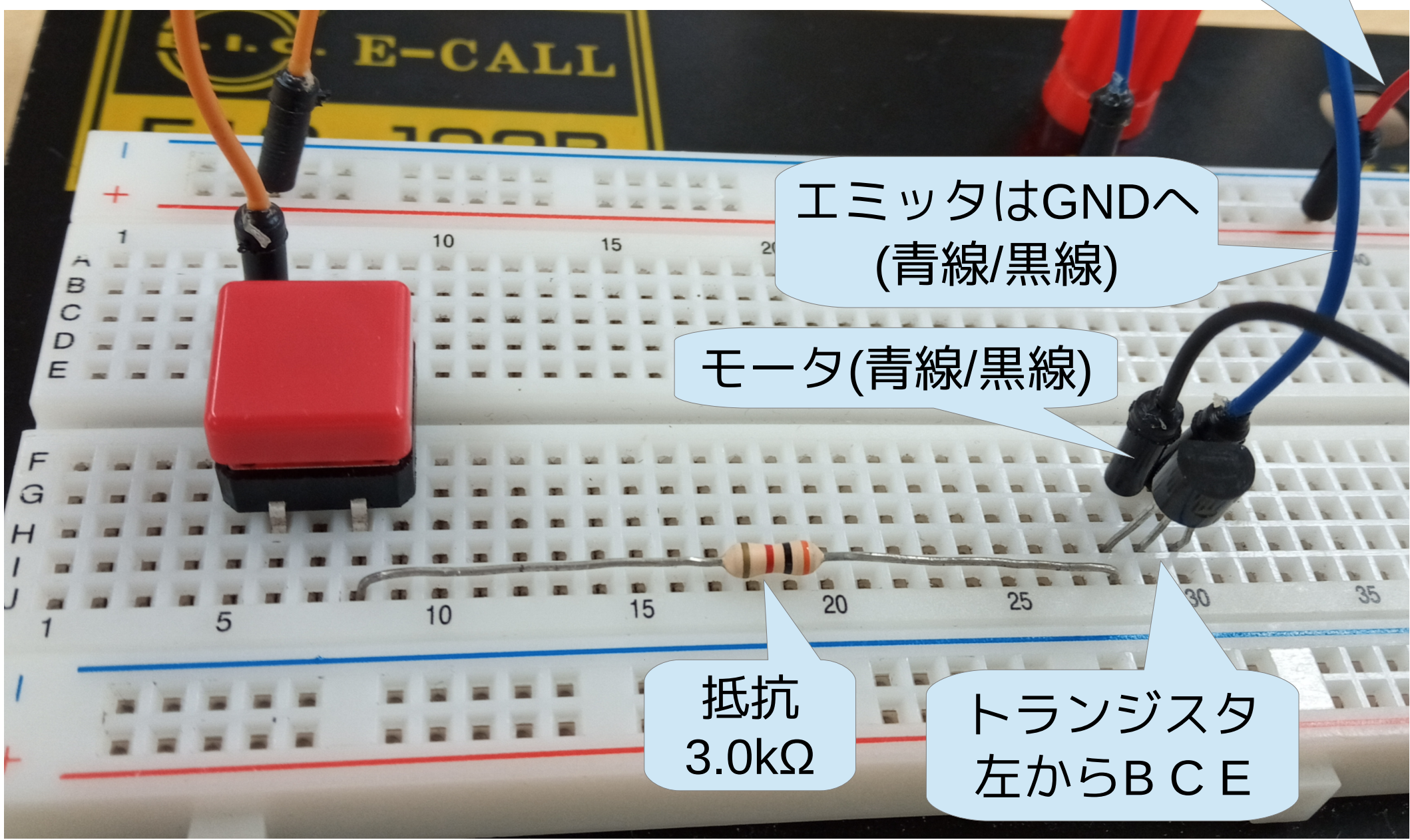
モータ(赤線)

エミッタはGNDへ
(青線/黒線)

モータ(青線/黒線)

抵抗
3.0kΩ

トランジスタ
左からB C E





実験手順

- 1.ブレッドボード上にコンデンサ、タクトスイッチ、抵抗器、トランジスタ、モータを配置し、結線
- 2.電源を接続
- 3.タクトスイッチ(押す・離す)とモータ(回転・停止)を関係を確認

モータシャフト(回転部分)に
手を触れてはいけない



実験結果

タクトスイッチ	モータの状態	
離したとき	回転	停止
押したとき	回転	停止

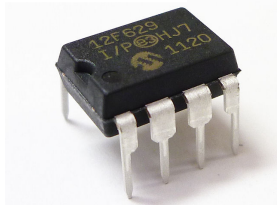


実験2

<実験の目的>

トランジスタを用いて**ブラシ付きDCモータ**を制御する

ポイント



マイクロコントローラの出力は
5[V]または0[V]

マイクロコントローラの代わりに
タクトスイッチを使う

タクトスイッチを離す=0[V]を出力
タクトスイッチを押す=5[V]を出力

<使用する機材>

トランジスタ

ブラシ付きDCモータ

抵抗器 3.0[k Ω]

コンデンサ

タクトスイッチ

ブレッドボード

ジャンパ線

電源(ACアダプタ)

R-280 仕様

使用電圧範囲: 1.5~3.0V

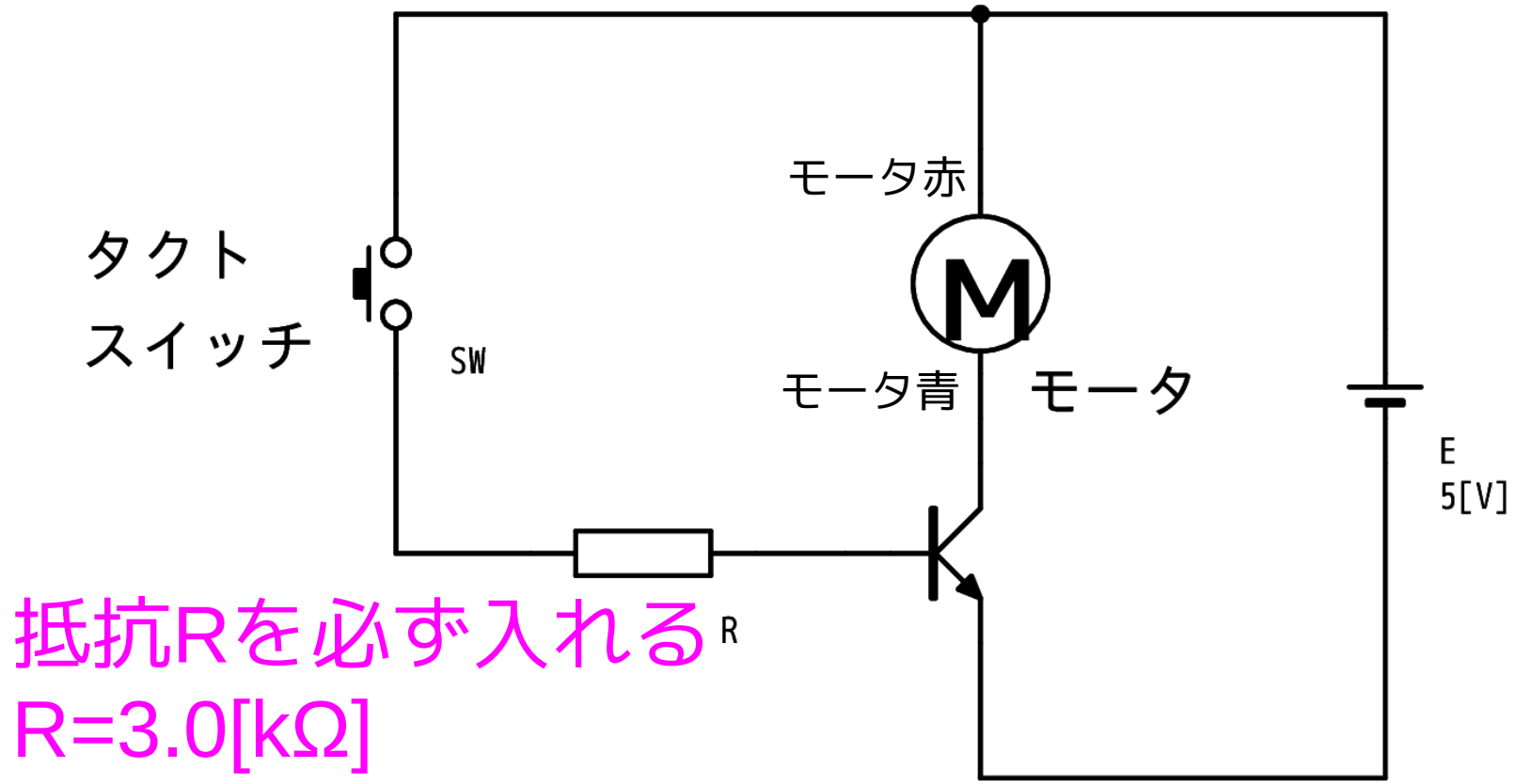
適正電圧: 3.0V



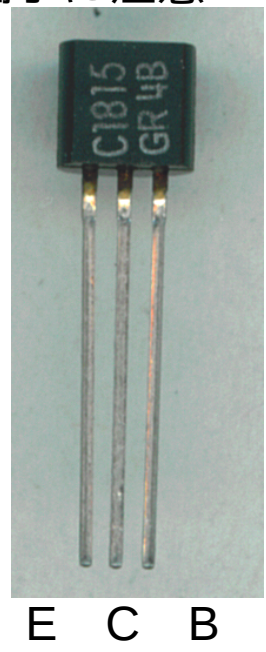
今日は
5[V]で
実験します



実験回路



トランジスタは
端子に注意





実験手順

- 1.ブレッドボード上にコンデンサ、タクトスイッチ、抵抗器、トランジスタ、モータを配置し、結線
- 2.電源を接続
- 3.タクトスイッチを離した時、
モータの状態(回転・停止)を確認
- 4.タクトスイッチを押した時、
モータの回転状態(回転・停止)を確認

モータシャフトに
手を触れない



実験手順

5. タクトスイッチを押した状態を1分間維持した後、タクトスイッチを離す
6. 素早く手でトランジスタに触れ、トランジスタの温度変化を観測する
7. ACアダプタをコンセントから抜く



実験結果

タクトスイッチ	モータの状態	
離したとき	回転	停止
押したとき	回転	停止

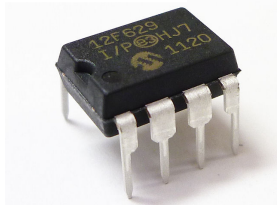
スイッチを1分間押した時、トランジスタの温度はどのように変化しましたか。簡潔に述べてください。

実験3

<実験の目的>

抵抗を交換し、トランジスタを用いてブラシ付きDCモータを制御する

ポイント



マイクロコントローラの出力は
5[V]または0[V]

マイクロコントローラの代わりに
タクトスイッチを使う

タクトスイッチを離す=0[V]を出力
タクトスイッチを押す=5[V]を出力

<使用する機材>

トランジスタ

ブラシ付きDCモータ

抵抗器 300[Ω]

コンデンサ

タクトスイッチ

ブレッドボード

ジャンパ線

電源(ACアダプタ)



実験手順

8. 抵抗を $300[\Omega]$ に交換する

モータシャフトに
手を触れない

9. タクトスイッチを押した時、
モータの回転状態(回転・停止)を確認

10. スイッチを1分間押した後、トランジスタの温度を確認する。



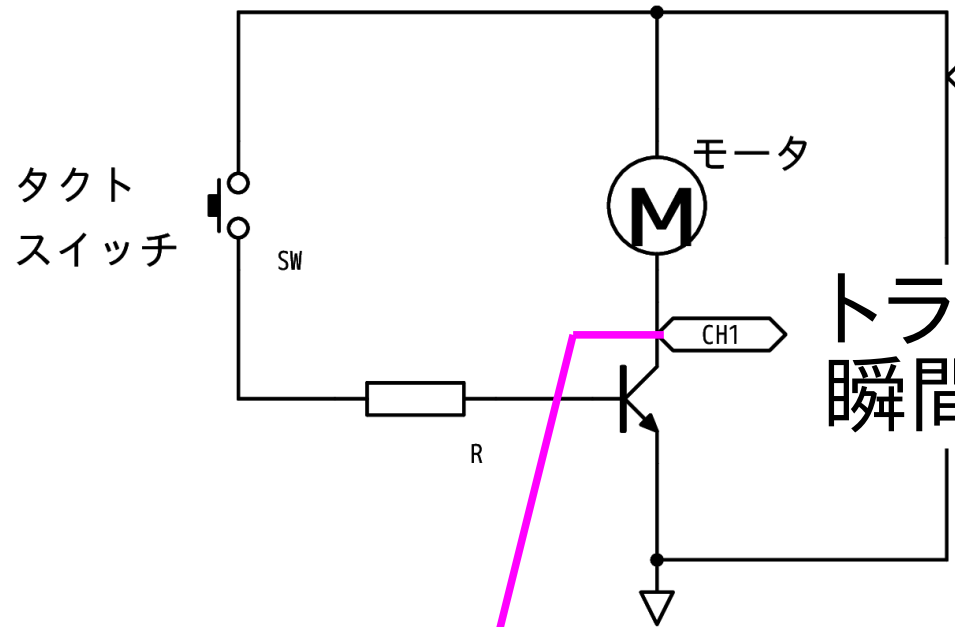
実験結果

タクトスイッチ	モータの状態	
離したとき	回転	停止
押したとき	回転	停止

トランジスタの温度について
わかったことを簡潔に述べてください。

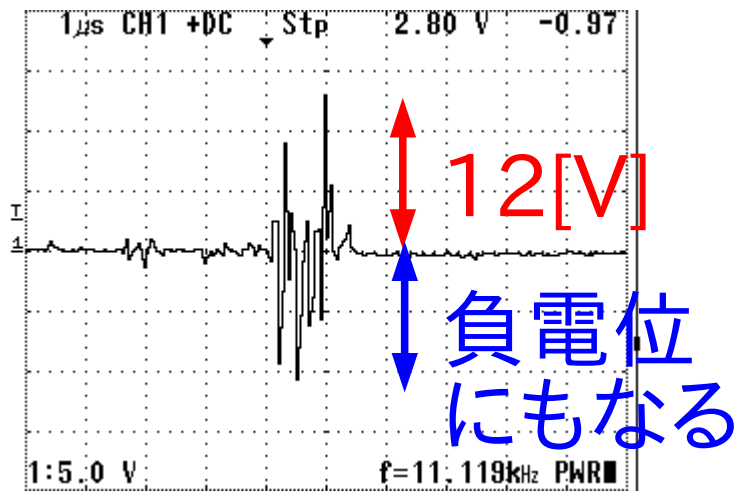
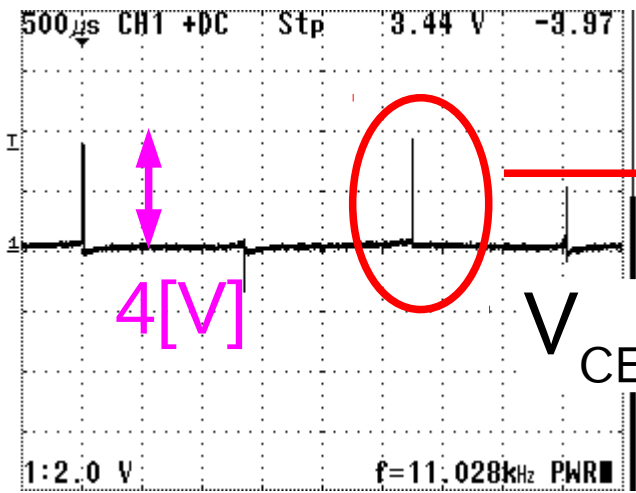


ブラシ付きモータが発生する雑音

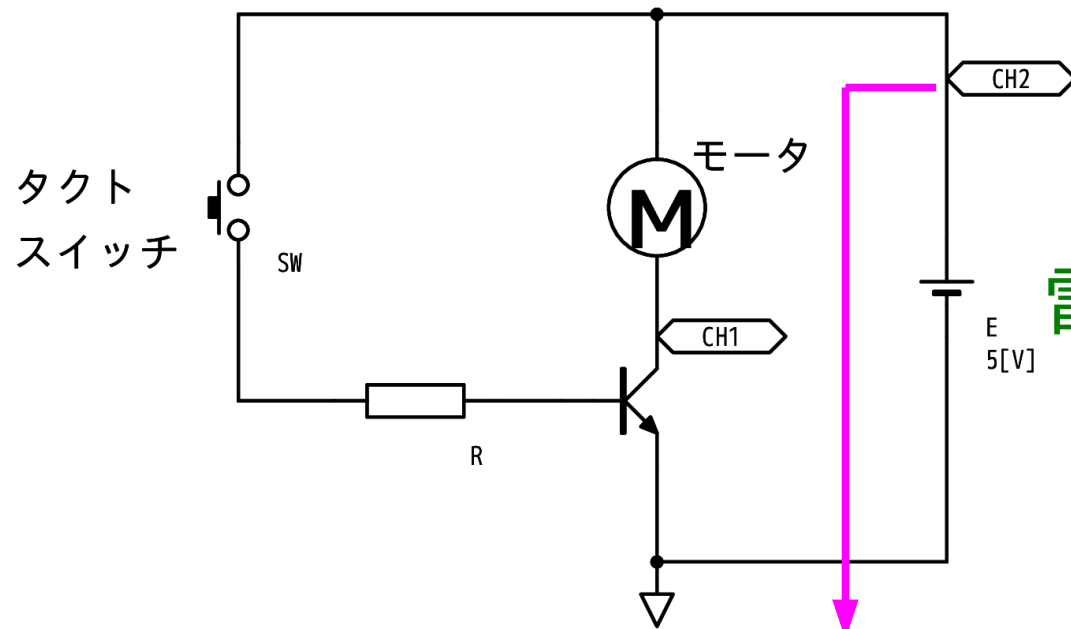


ブラシ付きモータは雑音が発生する

トランジスタ(CE間)には瞬間的に大きな電圧がかかる



電源電圧は5[V]でない

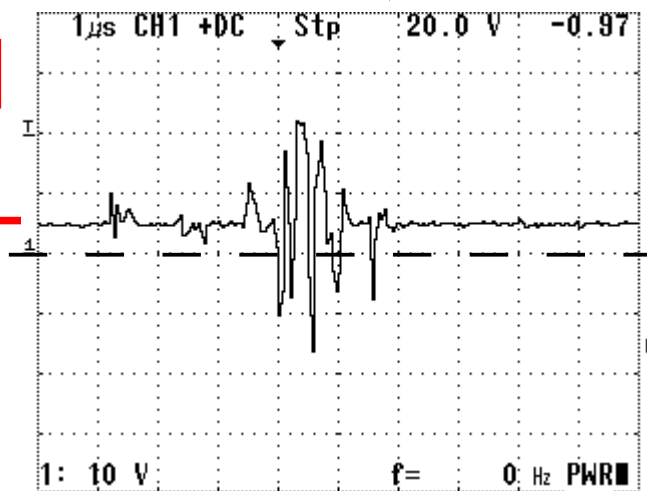


モータが発生した雑音で
電源電圧が変動する

電源電圧は5[V]
だと思っていた

電源電圧は5[V]

基準電位0[V]



瞬間的に20[V]を超える
-16[V]になることもある

コンピュータや
コントローラが壊れる

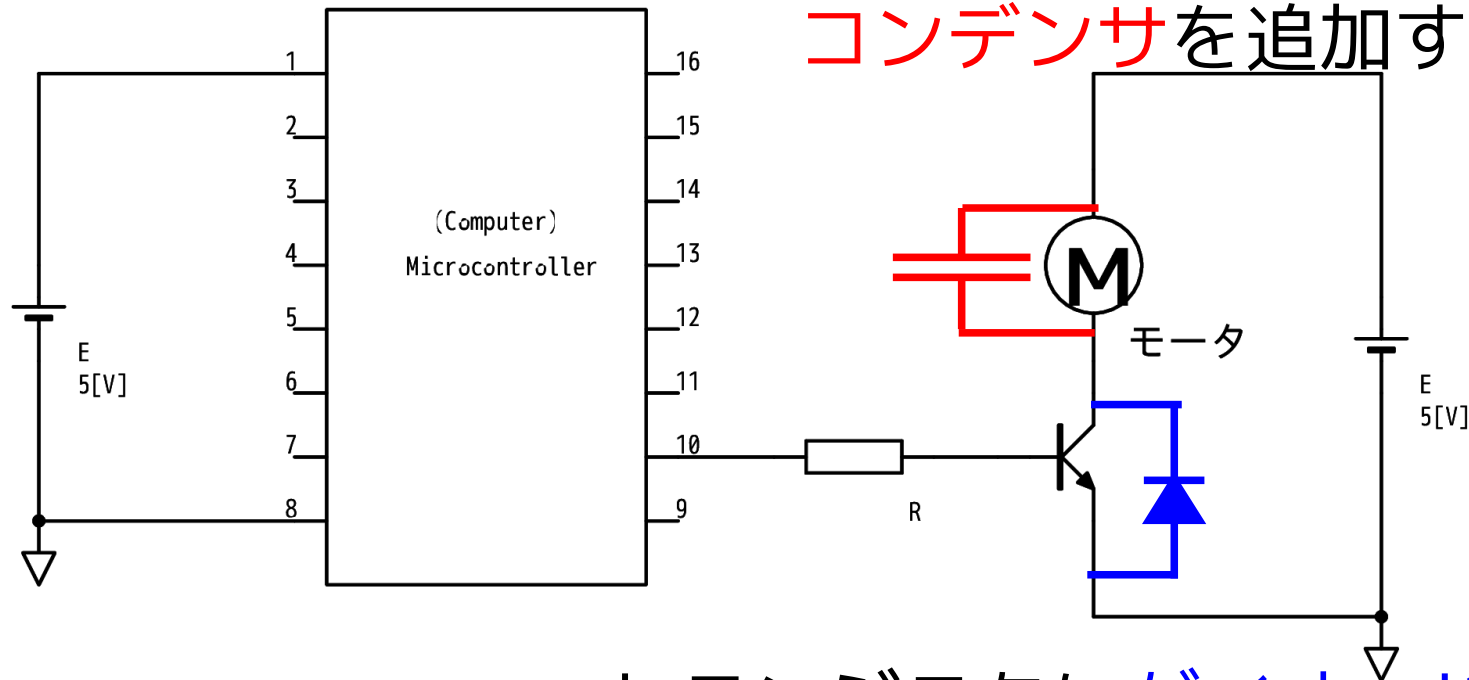


雑音を軽減する

モータが発生する雑音を軽減するためには

- コンデンサ
 - ダイオード
- } 詳しくは3年生以降

雑音を軽減させるために
コンデンサを追加する

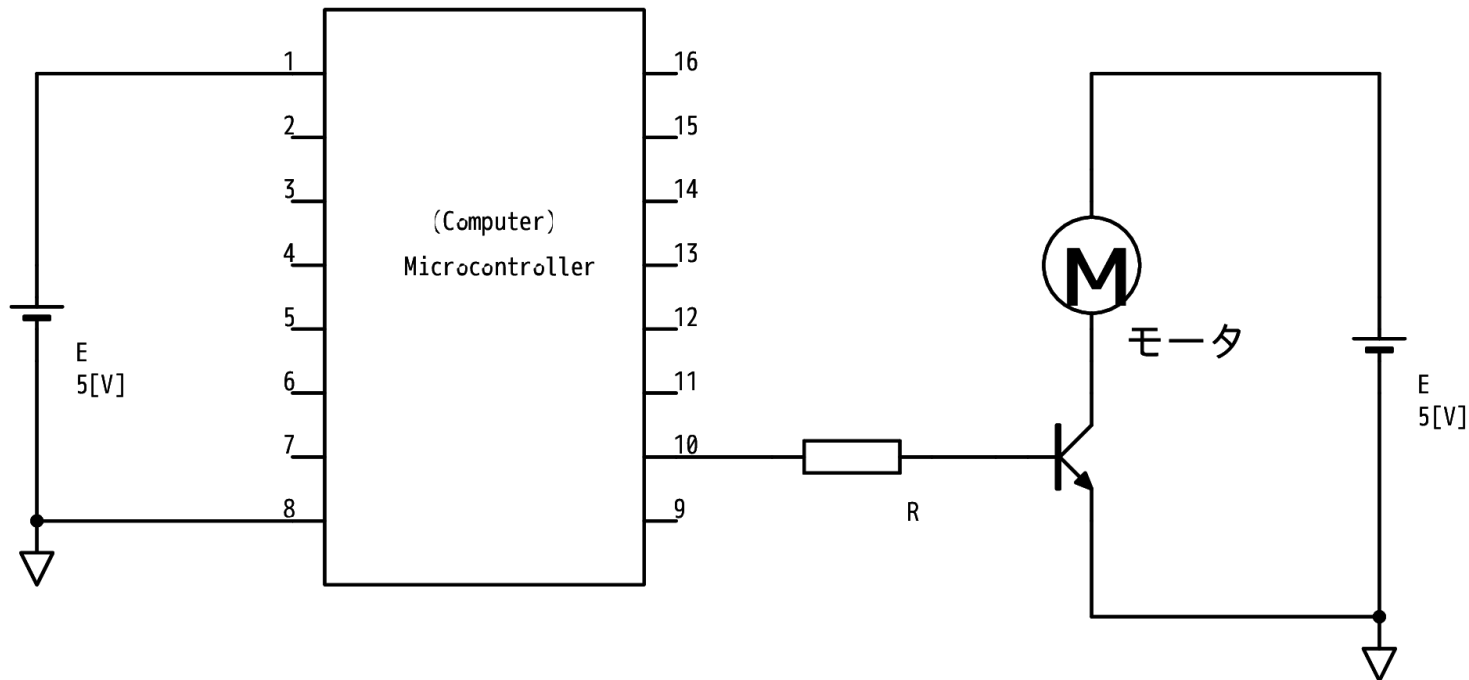


トランジスタに**ダイオード**を追加



モータの電源は分離する

マイクロコントローラ(コンピュータ)の電源は
モータと別に用意する

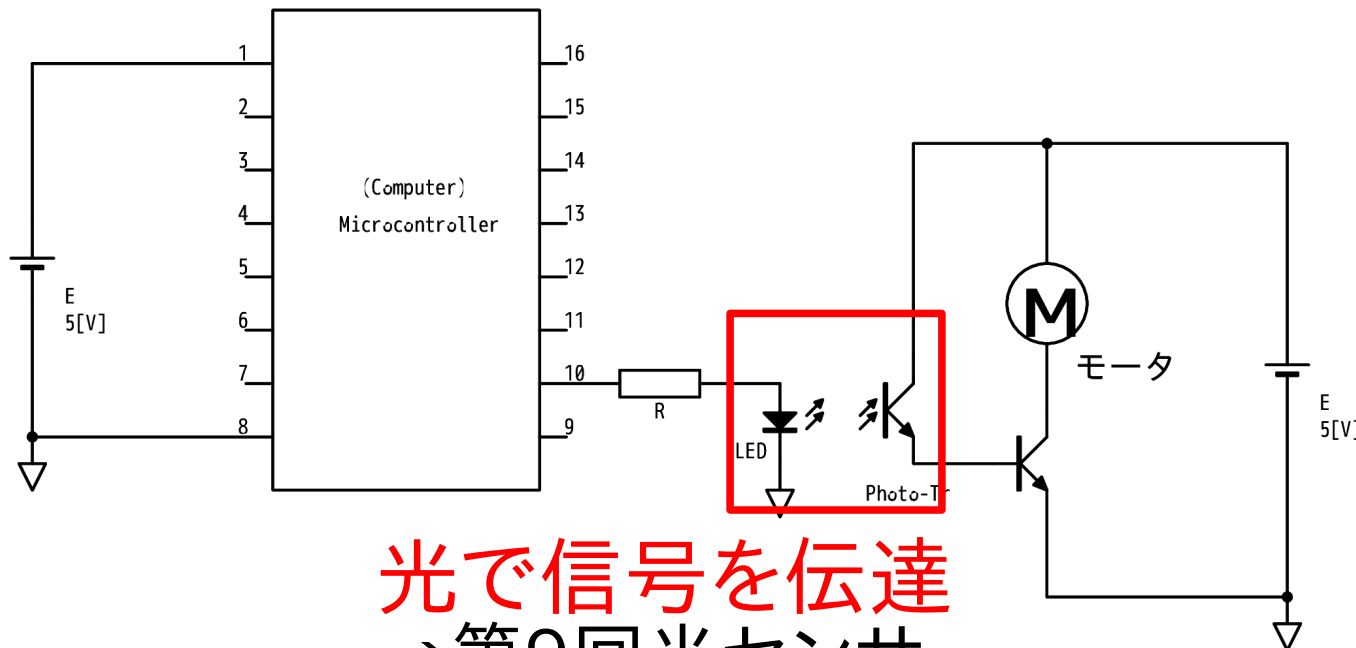




モータとコントローラを絶縁する

最も安全な方法

マイクロコントローラ(コンピュータ)は
モータと電氣的に接続しない



光で信号を伝達
→第9回光センサ



現実:電源を2つ用意できない

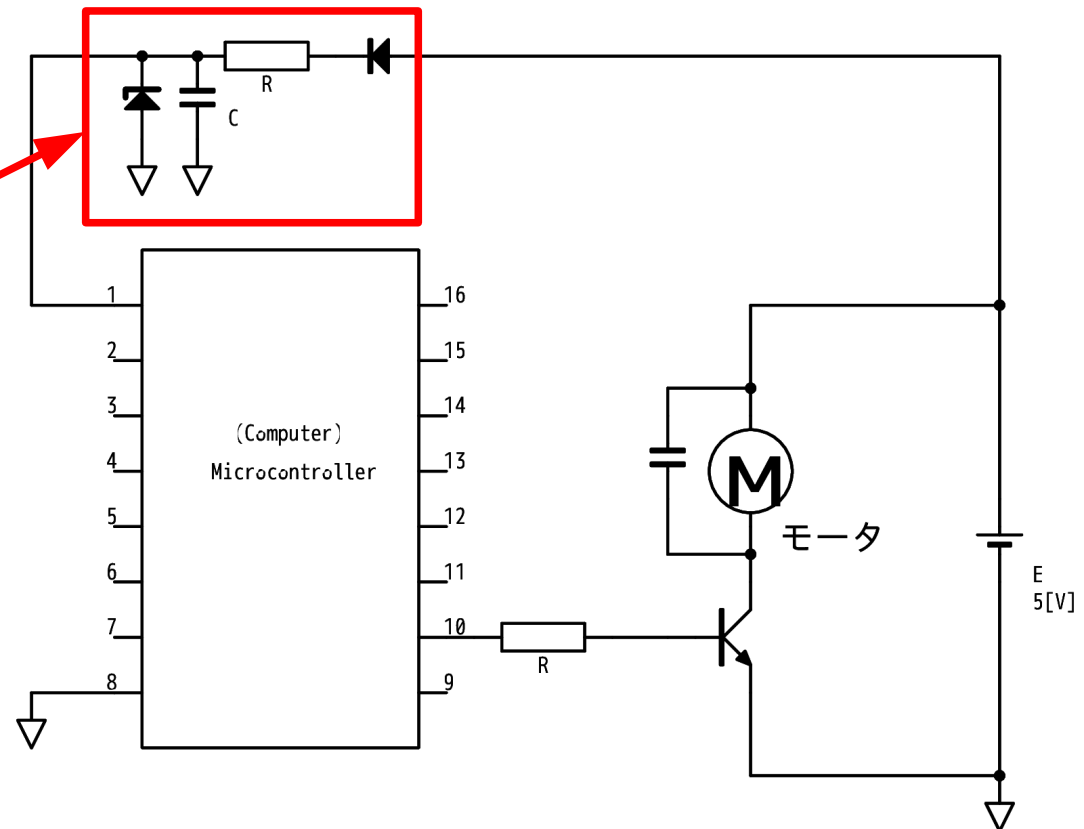
電源を2つ用意できない場合もある

マイクロコントローラの電源電圧を工夫する

(モータが回転しても電源電圧が変動しない)

この回路は3,4年生
で学習してください

生産システム創造実験1,2
で必要になります





まとめ

- マイクロコントローラの出力行は小さいのでモータを直接駆動することはできない
マイクロコントローラで()を駆動する
()でモータを駆動する
- 大きなモータを制御するには()が必要
- モータは()電流が大きい
- モータを制御するには十分な()電流が必要
- ()電流が少ないとモータは回転しない
- モータが回転すると()



まとめ

- マイクロコントローラの出力行は小さいのでモータを直接駆動することはできない

マイクロコントローラで(トランジスタ)を駆動できる

(トランジスタ)でモータを制御することができる

- 大きなモータを制御するには(電力用トランジスタ)が必要
- モータは(始動)電流が大きい
- モータを制御するには十分な(ベース)電流が必要
- (ベース)電流が少ないとモータは回転しない
- モータが回転すると(雑音が発生する)

電源電圧が変動する

東芝トランジスタ シリコンNPNエピタキシャル形 (PCT方式)

2SC1815

○ 低周波電圧増幅用

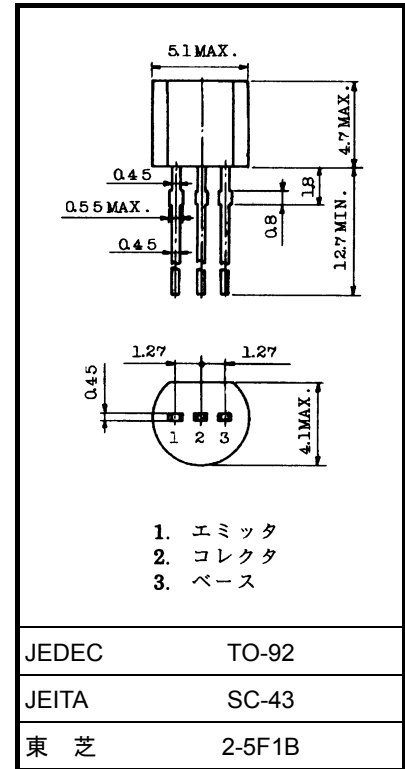
○ 励振段増幅用

単位: mm

- 高耐圧でしかも電流量が大きい。
: $V_{CEO} = 50\text{ V}$ (最小), $I_C = 150\text{ mA}$ (最大)
- 直流電流増幅率の電流依存性が優れています。
: $h_{FE(2)} = 100$ (標準) ($V_{CE} = 6\text{ V}$, $I_C = 150\text{ mA}$)
: $h_{FE}(I_C = 0.1\text{ mA})/h_{FE}(I_C = 2\text{ mA}) = 0.95$ (標準)
- $P_O = 10\text{ W}$ 用アンプのドライバおよび一般スイッチング用に適しています。
- 低雑音です。: $NF = 1\text{ dB}$ (標準) ($f = 1\text{ kHz}$)
- 2SA1015 とコンプリメンタリになります。(O, Y, GR クラス)

絶対最大定格 ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

項 目	記 号	定 格	単位
コレクタ・ベース間電圧	V_{CBO}	60	V
コレクタ・エミッタ間電圧	V_{CEO}	50	V
エミッタ・ベース間電圧	V_{EBO}	5	V
コレクタ電流	I_C	150	mA
ベース電流	I_B	50	mA
コレクタ損失	P_C	400	mW
接 合 温 度	T_j	125	$^\circ\text{C}$
保 存 温 度	T_{stg}	-55~125	$^\circ\text{C}$



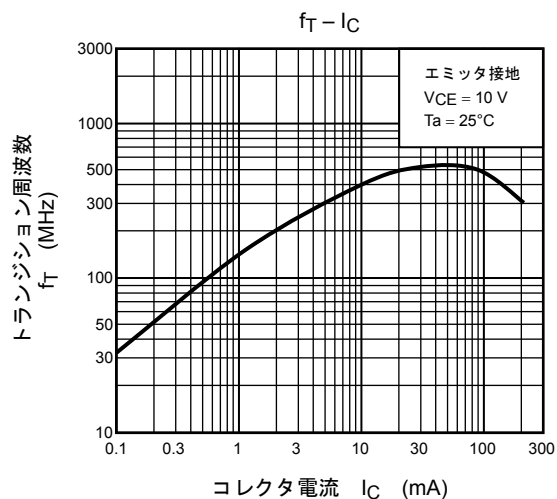
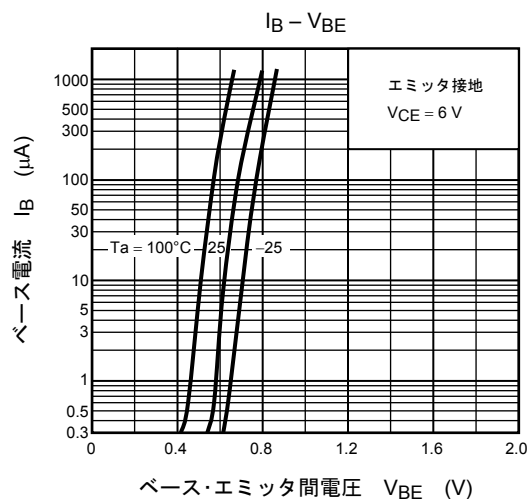
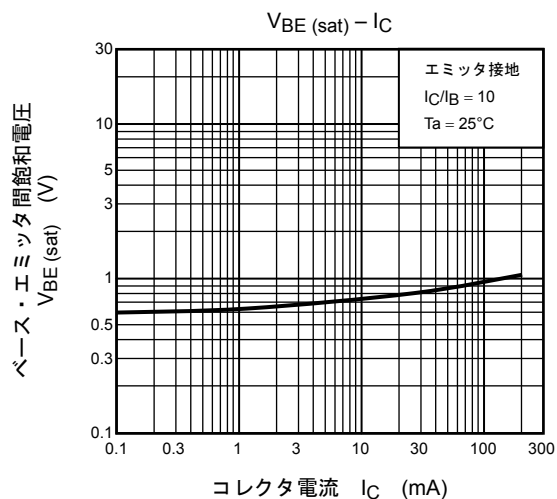
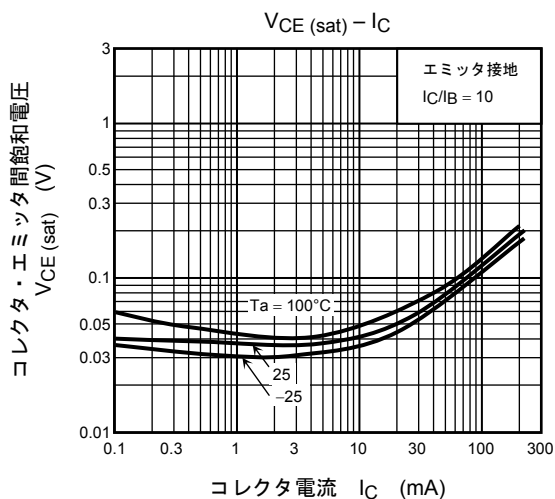
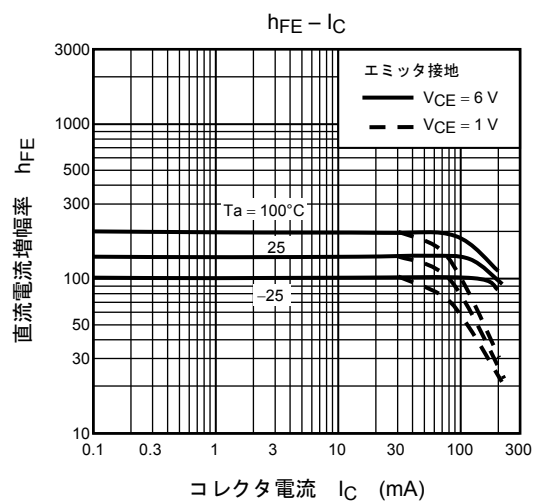
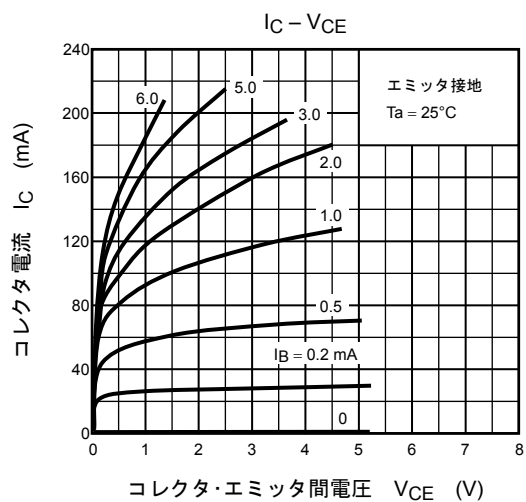
質量: 0.21 g (標準)

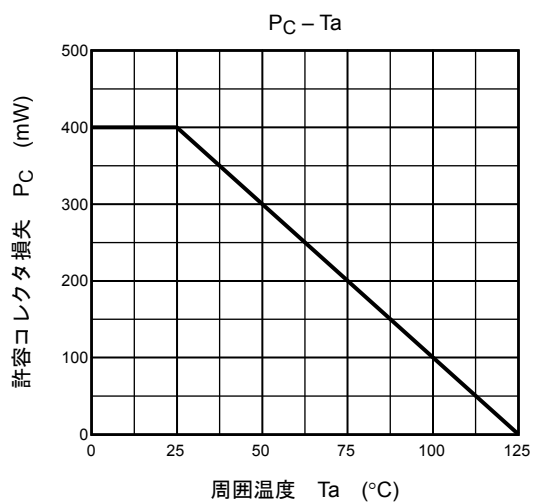
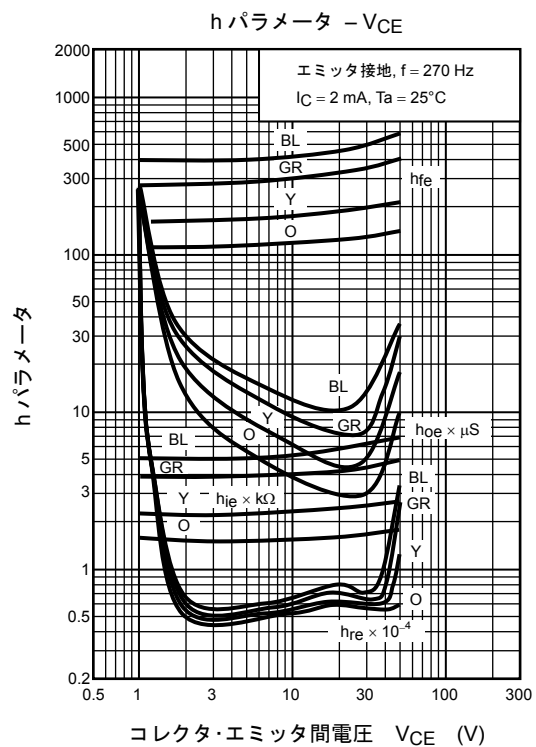
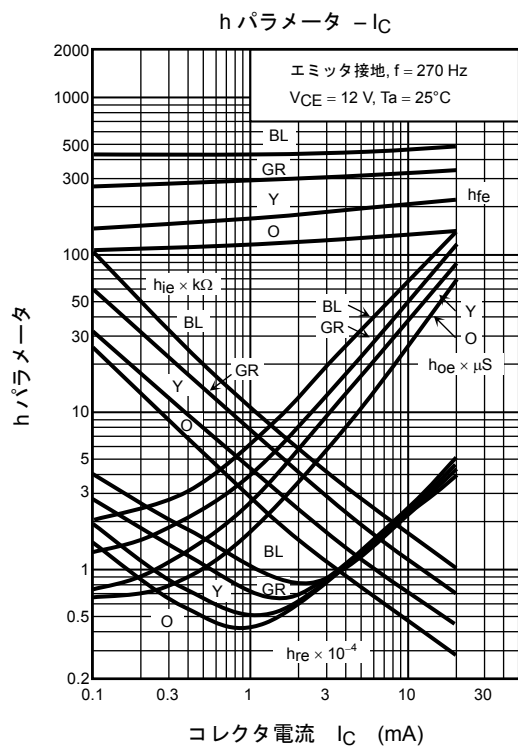
注: 本製品の使用条件 (使用温度/電流/電圧等) が絶対最大定格以内での使用においても、高負荷 (高温および大電流/高電圧印加、多大な温度変化等) で連続して使用される場合は、信頼性が著しく低下するおそれがあります。弊社半導体信頼性ハンドブック (取り扱い上のご注意とお願いおよびディレーティングの考え方と方法) および個別信頼性情報 (信頼性試験レポート、推定故障率等) をご確認の上、適切な信頼性設計をお願いします。

電气的特性 ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

項 目	記 号	測 定 条 件	最小	標準	最大	単位
コレクタしゃ断電流	I_{CBO}	$V_{CB} = 60\text{ V}$, $I_E = 0$	—	—	0.1	μA
エミッタしゃ断電流	I_{EBO}	$V_{EB} = 5\text{ V}$, $I_C = 0$	—	—	0.1	μA
直 流 電 流 増 幅 率	$h_{FE(1)}$ (注)	$V_{CE} = 6\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$	70	—	700	
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE} = 6\text{ V}$, $I_C = 150\text{ mA}$	25	100	—	
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 100\text{ mA}$, $I_B = 10\text{ mA}$	—	0.1	0.25	V
ベース・エミッタ間飽和電圧	$V_{BE(sat)}$	$I_C = 100\text{ mA}$, $I_B = 10\text{ mA}$	—	—	1.0	V
トランジション周波数	f_T	$V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_C = 1\text{ mA}$	80	—	—	MHz
コレクタ出力容量	C_{ob}	$V_{CB} = 10\text{ V}$, $I_E = 0$, $f = 1\text{ MHz}$	—	2.0	3.5	pF
ベース拡がり抵抗	$r_{bb'}$	$V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_E = -1\text{ mA}$, $f = 30\text{ MHz}$	—	50	—	Ω
雑 音 指 数	NF	$V_{CE} = 6\text{ V}$, $I_C = 0.1\text{ mA}$, $f = 1\text{ kHz}$, $R_G = 10\text{ k}\Omega$	—	1	10	dB

注: $h_{FE(1)}$ 分類 O: 70~140, Y: 120~240, GR: 200~400, BL: 350~700





当社半導体製品取り扱い上のお願い

20070701-JA

- 当社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、一般に半導体製品は誤作動したり故障することがあります。当社半導体製品をご使用いただく場合は、半導体製品の誤作動や故障により、生命・身体・財産が侵害されることのないように、購入者側の責任において、機器の安全設計を行うことをお願いします。
なお、設計に際しては、最新の製品仕様をご確認の上、製品保証範囲内でご使用いただくと共に、考慮されるべき注意事項や条件について「東芝半導体製品の取り扱い上のご注意とお願い」、「半導体信頼性ハンドブック」などでご確認ください。
- 本資料に掲載されている製品は、一般的電子機器（コンピュータ、パーソナル機器、事務機器、計測機器、産業用ロボット、家電機器など）に使用されることを意図しています。特別に高い品質・信頼性が要求され、その故障や誤作動が直接人命を脅かしたり人体に危害を及ぼす恐れのある機器（原子力制御機器、航空宇宙機器、輸送機器、交通信号機器、燃焼制御、医療機器、各種安全装置など）にこれらの製品を使用すること（以下“特定用途”という）は意図もされていませんし、また保証もされていません。本資料に掲載されている製品を当該特定用途に使用することは、お客様の責任でなされることとなります。
- 本資料に掲載されている製品を、国内外の法令、規則及び命令により製造、使用、販売を禁止されている応用製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 本資料に掲載されている製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず弊社営業窓口までお問合せください。本資料に掲載されている製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令などの法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様が適用される法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。
- 本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。