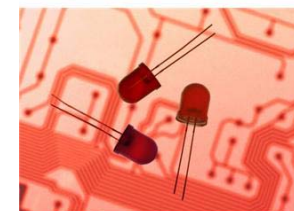


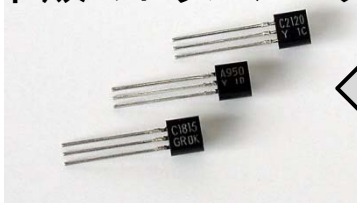
2.2 トランジスタのデータシート

集積回路と電子回路の設計の違い

- 市販部品を用いる電子回路設計
 - 電子部品のデータシートを利用して選定および手計算
 - 公開されているデバイスパラメータでシミュレーション
 - ブレッドボードまたは試作基板による実測試験
- 製造ラインを用いる集積回路設計
 - シミュレーションのみが頼り(製造後の変更はできない)
 - デバイスの特性も自分で設計するためトランジスタのデータシートはない
 - 高精度なデバイスモデルを使用する(製造ばらつきまで考慮する)
 - デバイスの形状から設計するフルカスタム設計が可能
 - 形状パラメータからデバイスの特性が決定されるデバイスモデルを使用する
 - 設計自由度が高いが設計手順はやや複雑(専門知識が要求される)



市販のトランジスタ



1. SPECIFICATIONS

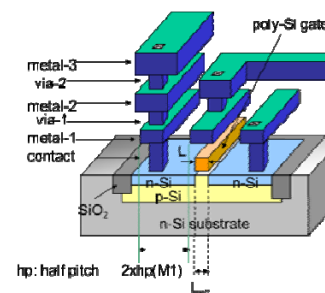
(1) Absolute Maximum Ratings (T_a=25°C)

Item	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
Forward Current	I _F	25	mA
Pulse Forward Current	I _{FP}	80	mA
Reverse Voltage	V _R	5	V
Power Dissipation	P _D	100	mW
Operating Temperature	T _{OP}	-30 ~ +85	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-40 ~ +100	°C
Soldering Temperature	T _{HT}	Reflow Soldering: 260°C for 10sec. Hand Soldering: 350°C for 3sec.	

I_{FP} Conditions: Pulse Width ≤ 10msec. and Duty ≤ 1/10

(2) Initial Electrical/Optical Characteristics (T_a=25°C)

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V _F	I _F =20[mA]	-	3.6	4.0	V
Reverse Current	I _R	V _R =5[V]	-	-	50	nA



集積回路内のトランジスタ

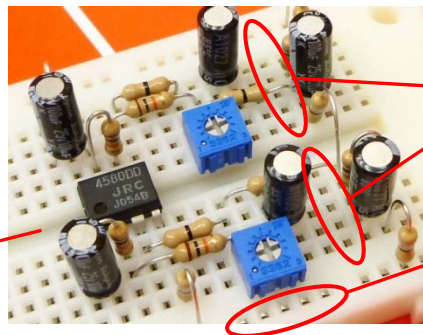
(参考)集積回路技術の一般化

- 現在:集積回路技術の大衆化(民主化)が進行し始めている
 - 集積回路の分野では、常に最先端技術が開発されているため、少し世代の古い製造技術は、桁違いに低価格化する
 - 既に、1 μ m世代の製造価格は、プリント基板に近づいている
 - 1990年代後半から、製造技術と設計技術の分業化が進行
 - 集積回路の設計は一般企業が行い、製造を専門とする企業(ファウンドリ)に発注する形態が一般化している
- 近い将来:個人が集積回路を設計する時代がやってくる
 - モノではなく、設計データを個人が売買できる(半導体メーカーに発注すれば、設計どおりのものが製造できる)
 - 1人では設計できないほどの部品数を1チップに搭載できる(イメージセンサなどの巨大数のセンサアレイも搭載できる)
 - プリント基板では扱えない高周波を簡単に扱える
 - 超小型、超低消費電力、超低雑音の回路が作れる

(参考)ブレッドボード

- Solder-less breadboard : 日本語では単にブレッドボード
 - はんだ付けしないで、回路を手軽に試作するためのボード
 - Solderは、日本語では、はんだの意味(電子部品などを接続するための錫合金・・・はんだは信じられないくらい歴史が古いので調べてみよう)
- ブレッドボードによる測定
 - 実測には、ブレッドボードが便利。ただし、ブレッドボードは、部品のピンを穴に差し込んで接続するので、表面実装部品(ピンがない)は使用できない。
 - 数MHz以上の高い周波数、数100mA以上の大きな電流には使用できない

DIP(Dual Inline Package)形状の部品を挿すライン。



横の配線(この穴が内部で結線されている。)

縦の配線(電源ラインとして使用することが多い。)

トランジスタのデータシート

型番 { **2N3904 / MMBT3904 / PZT3904**
タイプと用途 { **NPN General Purpose Amplifier**

特長 { **Features**
• This device is designed as a general purpose amplifier and switch.
• The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.



左側からECBの配置となっているものと、EBCの配置になっているものがあるので、データシートによる確認が必要。

絶対最大定格

この値を超えると破損する

Absolute Maximum Ratings* $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	200	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

印加電圧に対する制限

V_{CEO} : ベース電流を流さないときの V_{CE} の限界値
 V_{CBO} : エミッタ電流を流さないときの V_{CB} の限界値
 V_{EBO} : コレクタ電流を流さないときの V_{EB} の限界値

電流に対する制限

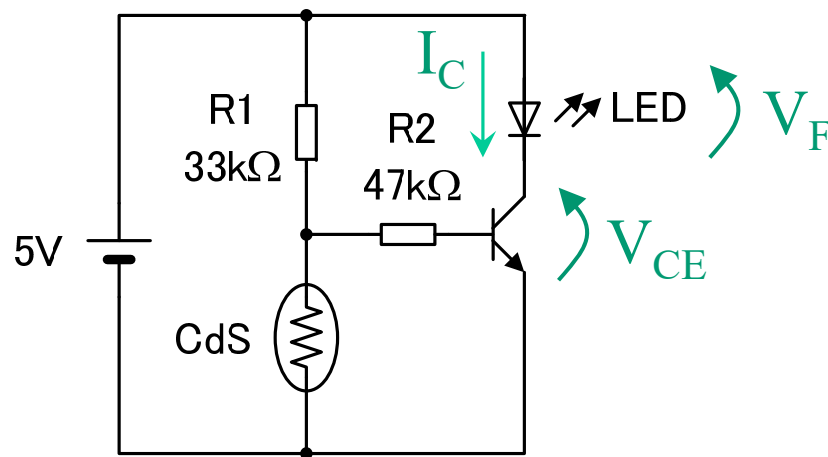
入力信号を加えた状態で、この値を超えていないこと。

熱的特性

トランジスタは、主に発熱によって破損するため、電流または電圧だけでなく、トランジスタの消費電力(=単位時間の発熱量)を確認する必要がある。



消費電力の絶対最大定格(Total Device Dissipation) $P_D \doteq I_C \cdot V_{CE}$
(通常の使用法では、 I_C 以外の電流は小さいため無視してよい。)



LEDのデータシートを調べる。
($V_F = 3.6V$, $I_F = 20mA$ とする。)

$$\begin{cases} I_C = I_F = 20mA \\ V_{CE} = 5.0V - V_F = 1.4V \end{cases}$$

$$P_D = I_C \cdot V_{CE} = 28mW$$

となり、問題ないことがわかる。

(Thermal Characteristics欄を確認。) 7

電気的特性

○ 性能に関する値

Electrical Characteristics $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
ON CHARACTERISTICS*					
h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 1.0\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 10\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 50\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 100\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{mA}, I_B = 1.0\text{mA}$ $I_C = 50\text{mA}, I_B = 5.0\text{mA}$		0.2 0.3	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{mA}, I_B = 1.0\text{mA}$ $I_C = 50\text{mA}, I_B = 5.0\text{mA}$	0.65	0.85 0.95	V V
SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS					
f_T	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10\text{mA}, V_{CE} = 20\text{V},$ $f = 100\text{MHz}$	300		MHz
C_{obo}	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0\text{V}, I_E = 0,$ $f = 1.0\text{MHz}$		4.0	pF
C_{ibo}	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5\text{V}, I_C = 0,$ $f = 1.0\text{MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure	$I_C = 100\mu\text{A}, V_{CE} = 5.0\text{V},$ $R_S = 1.0\text{k}\Omega,$ $f = 10\text{Hz to } 15.7\text{kHz}$		5.0	dB
SWITCHING CHARACTERISTICS					
t_d	Delay Time	$V_{CC} = 3.0\text{V}, V_{BE} = 0.5\text{V}$ $I_C = 10\text{mA}, I_{B1} = 1.0\text{mA}$		35	ns
t_r	Rise Time			35	ns
t_s	Storage Time	$V_{CC} = 3.0\text{V}, I_C = 10\text{mA},$ $I_{B1} = I_{B2} = 1.0\text{mA}$		200	ns
t_f	Fall Time			50	ns

増幅率に関係

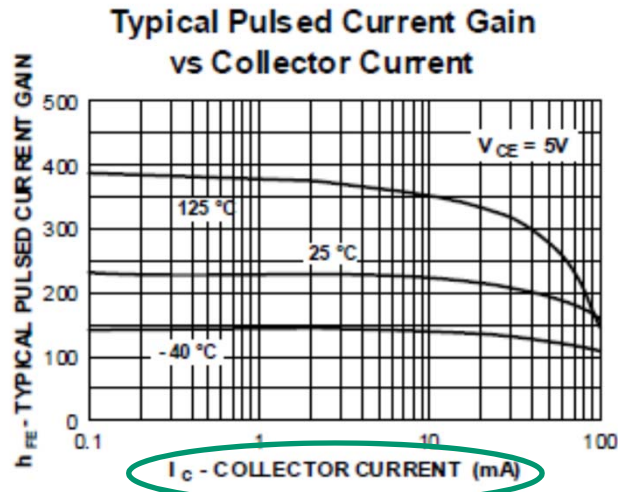
これより高い周波数では電流増幅率が1以下になる。

周波数特性や雑音に関係する。

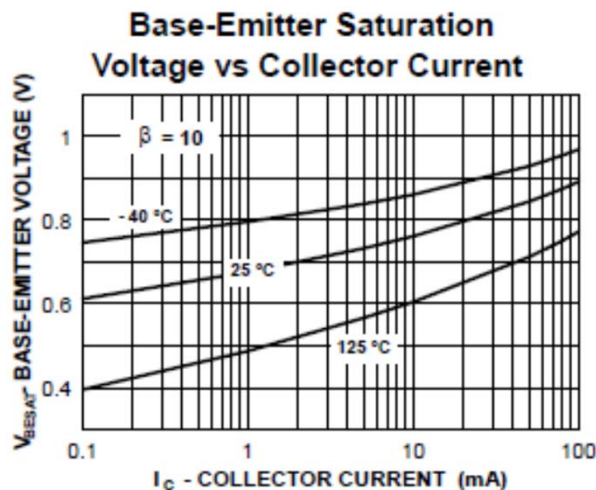
スイッチングのスピードに関係する。

* Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$

性能特性(標準)



電気特性の表では $I_C = 0.1\text{mA} \sim 100\text{mA}$ の数点で h_{FE} の値が示されているが、実際には温度によっても大きく変化するためグラフで表されている。



これらの特性グラフは、回路シミュレータで求めてもよい。ただし、データシートは、実測値なので、信頼性が高い。回路シミュレーションの結果は、数式モデルによる計算であり、全ての特性をシミュレーションしているわけではない。

2.2節のまとめ

- 集積回路設計とディスクリート電子回路設計の違い
 - 集積回路の設計は複雑なため、多くのCADツールが必要
 - ディスクリート電子回路の設計では、回路シミュレータが必要
- ディスクリート部品の特ダシートの内容
 - 電極配置
 - PCB(プリント基板)を設計する際に必要となる
 - 絶対最大定格(Absolute Maximum Ratings)
 - この値を超えるとデバイスが破損する
 - 特に消費電力の最大絶対定格 P_D 、またはコレクタの損失 $P_C = I_C \cdot V_{CE}$ を超えないように注意が必要
 - 電氣的特性(Electrical Characteristics)
 - 回路設計の際に必要となる
 - 絶対最大定格と合わせて、採用する部品の選択にも必要
 - 主な特性のグラフ
 - 電氣的特性の表では表せない詳細な挙動を示している