

即戦力! 研究や実務に役立つエレクトロニクスの参考書

2016
Autumn
No.136

トランジスタ技術 SPECIAL

どこから始めたらいいかわからないエレクトロニクス1年生に贈る

電気の単位から! 回路図の見方・読み方・描き方

IoT時代の世界常識

答えが
パツと見つかる!
数式&規格
便利帳
付き



ご購入はこちら .

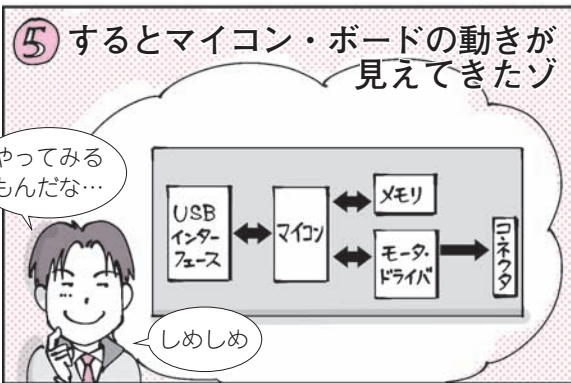
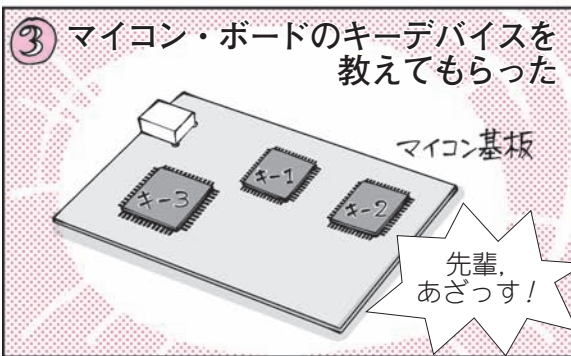
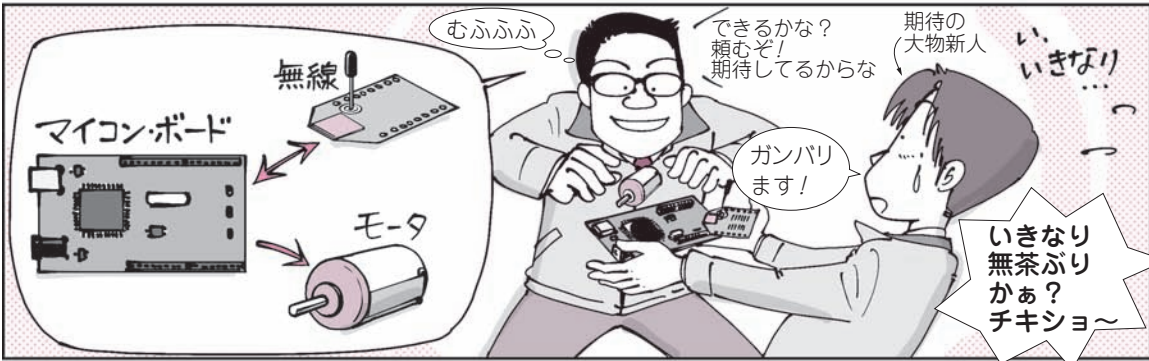
<http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MSP/MSP201610.htm>

CQ出版社

見本

Introduction

一流目指してスタートダッシュ！今すぐ！



⑦ 今ごろ回路記号を知る...

本書で紹介

どうだ!

V_{CC} ⇒ 電源

抵抗 ⇒ 抵抗

スイッチ ⇒ スイッチ

LED ⇒ LED

グラウンド ⇒ グラウンド

コンデンサ ⇒ コンデンサ

トランジスタ ⇒ トランジスタ

先輩 意外とやるなあ...

わかりやすいッス

⑧ すると回路図上の記号の流れが見えた

⑨ わかった! ...つもりになって動かしてみたら...

おれって天才かもしれない

回路がすけてみえぞ

アホかつ!

頼むからやめてくれえ~

ちよろい ちよろい

ざっとこんなもんす

⑩ 僕の代わりに先輩がやられた

⑪ 今度は回路の作り方を教わる

ガンバロー!!

先輩! 次いきましょー

とほほ...

仕事書

しっかり教育せんかい!

最近の若いモンは...

本書で紹介

新米! ちゃんと勉強したまえ

さすが先輩!

ホントにわかってる?

また怒られますよ...

こりない二人

⑫ ようやく完成! これでゆっくり眠れる...

先輩あしがどう...

朝らせ~

カデンオープン!

(初出:「トランジスタ技術」2011年4月号)

見本

第1章 素子・部品の特性や使い方がわかる!

回路図記号マメ辞典

今関 雅敬 Masataka Imazeki

1. 抵抗

● 固定抵抗

【記号と構造】 抵抗は誰でも知っている**オームの法則**に欠かせない要素です。通常、端子は両端に一对あります。抵抗はオームの法則が教えるとおり、電流に抵抗し電流を流れにくくする性質を持ちます。

記号は図1のようにギザギザの記号であり、電流を流れにくくしている抵抗感を表しているように見えます。巻き線抵抗器の巻き線の部分にも似ていますね(図2)。

【用途や種類】 抵抗の用途は主に、**電流の制限**や**電圧の分割**、**電流を電圧に変換**することに用いられます。理論上、抵抗には周波数特性はありません。しかし寄生インダクタンス成分や容量成分もわずかに持つので、高い周波数に対しては純然たる抵抗としては扱えなく

なります。

構造は主に**カーボン**、**金属皮膜**、**酸化金属膜**など抵抗体を面としているものと、線状の抵抗体を円筒などに巻きつけた構造の巻き線抵抗器があります。

外形は円筒形の本体の両端にリード線が付いているアキシアル抵抗、表面実装用のチップ抵抗、大損失に用いるセメント抵抗やメタル・クラッド抵抗、ホーロー抵抗などがあります。また大電流測定用の微小抵抗は電流端子一对と測定端子一对の4端子を持つものもあります。

高い周波数での特性は、巻き線タイプよりも面形状タイプのほうが良く、アキシアル抵抗よりもチップ抵抗が利用されています。

【単位など】 抵抗の単位は $[\Omega]$ です。よく使用するカーボンや金属皮膜タイプは、数百 $m\Omega$ から数十 M



写真1 固定抵抗器のいろいろ

右から：メタル・クラッド抵抗(75 W、大きさの割りに大きな損失が取れるが放熱器が必須)、セメント抵抗(5 W、比較的大きな損失が取れて熱に強い。発熱に注意)、酸化金属抵抗(2 W、少し大きな損失向け。発熱に注意)、カーボン抵抗(1/4 W、普通の基板に乗せたりする抵抗)、チップ抵抗(1/8 W、3.2 mm × 1.6 mm、ゴマ粒ほどの大きさ)



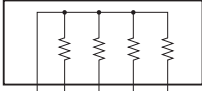
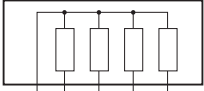
本書	IEC
 (a) 本書：抵抗	 04-01-01 (c) IEC：抵抗
 (b) 本書：抵抗アレイ	 (d) IEC：抵抗アレイ

図1 抵抗の記号

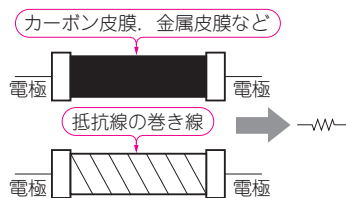
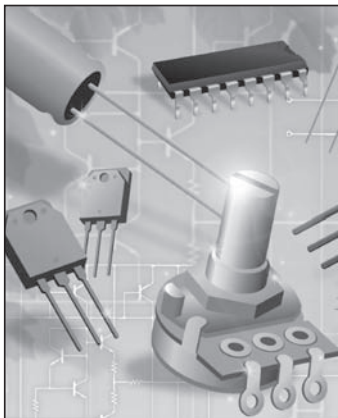


図2 固定抵抗器の構造

見本



第2章 電子回路設計の現場でよく使われている!

回路図のお供に! 電気の単位と定数

藤田 雄司 Yuuji Fujita

アナログ回路を設計するエンジニアにとって、さまざまな単位や数式、部品のパラメータなどが記載された教科書やマニュアルは、基礎を理解する上で重要です。しかし、教科書に書かれた内容をもとに講義を受け、試験のときには丸暗記だけ、ということはありませんでしたか？

いざ社会に出て実用回路を目の当たりにすると、多くの単位や数式、部品のパラメータが当たり前に使われているので、丸暗記の知識とのギャップに戸惑い、不安になる方も多いでしょう。

本章ではアナログ回路を設計する上で必須の単位や定数をおさらいします。

1. 単位系の基本

● 単位はその構造を知ることが理解の早道

電子回路は L 、 C 、 R を基本に組み立てられます。ここでは L 、 C 、 R の単位の成り立ちを説明します。

表1に電子回路設計の現場でよく使われる基本単位

と組立単位を示します。

もともと単位というのはわかりやすい基準となるものから作られたものでした。ところが、これらの古典的定義はさまざまな要素の影響を受け、また経時変化もします。

■ 2種類ある…「基本単位」とそれらを組み合わせた「組立単位」

● 基本単位

現在では種々の影響を排除できるものを基本単位として、SI国際単位で定義付けされています。

基本単位は次に示す七つです。

- (1) 時間 [s]
- (2) 長さ [m]
- (3) 質量 [kg]
- (4) 電流 [A]
- (5) 温度 [K]
- (6) 物質質量 [mol]
- (7) 光度 [cd]

電流だけじゃなく「電圧」と「抵抗」も基本単位ならスッキリしていいのに **Column 1**

研究機関はすでに採用中! 物理屋が集う国際度量総会で定義済み

SI国際単位の定義では電流 [A] が基本単位で、電圧 [V] や抵抗 [Ω] はそこから誘導される組立単位です。しかし、電気分野において電圧や抵抗は電流 [A] と並ぶ事実上の基本単位といってもよいでしょう。

国際単位系の維持のために4年に一度開催される国際度量総会(CGPM)において、次のように報告されており、多くの研究機関ですでに1990年から採用されています。

SI国際単位における電流 [A]、電圧 [V]、抵抗 [Ω]

の定義が改定されるのも、そう遠い日ではないのかもしれない。

- 電圧 [V] は、ジョセフソン効果で発生する周波数と電圧の比で決める。ステップ $n=1$ に相当する電圧に対して周波数が483597.9 GHz/Vで変化する
- 抵抗 [Ω] は量子ホール効果のホール電圧を量子化次数 $i=1$ のプラトに相当した電流で割った値が25812.807 Ω

第3章

アナログ回路を速く正確に設計するための三種の神器！

知っておきたい 電気回路の三大法則

藤田 雄司 Yuuji Fujita

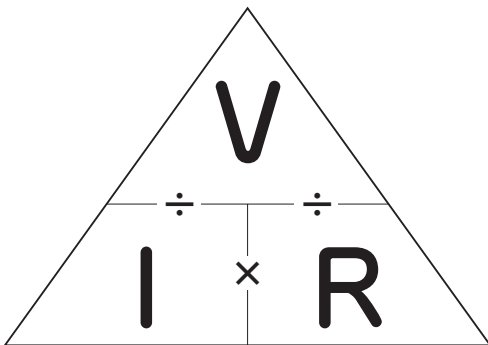
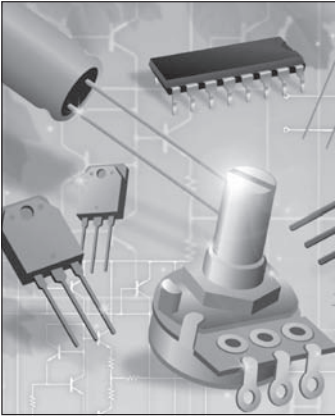


図1 オームの法則のイメージ
電圧Vが分子とだけ覚えておけば間違えることはない

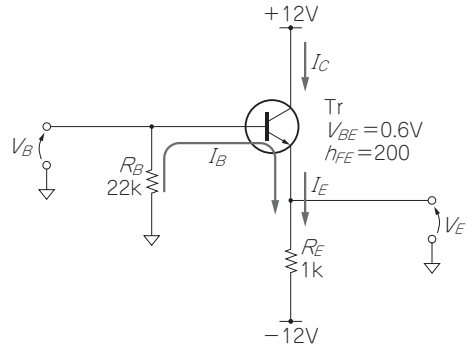


図2 オームの法則がわかっていれば回路の動作点や動作電流を求めることができる(エミッタ・フォロウ回路)

回路定数を計算する上でどうしても理解しておかねばならないのが、オームの法則とキルヒホッフの法則です。

風-テブナンの法則は、使わなくても定数を計算できますが、知っている素早く計算でき、また回路動作を多角的にとらえる上でも役立ちます。

これらの法則は時間や位相のパラメータを加えれば、直流回路だけでなく交流回路にも適用できるので、広範囲にわたって非常に有効なものです。

1. オームの法則 実際の回路動作と関連付けて理解する

図1にオームの法則を表すイメージを示します。

今さらの感はありますが、意外に使い所がわかっていない人が多いように感じます。デバイスの振る舞い、電圧源・電流源の意味などと関連付けができていれば使える場面が広がります。

例えば図2のようなエミッタ・フォロウ回路で $V_{BE} = 0.6\text{V}$ 、 $h_{FE} = 200$ とした場合のベース電圧 V_B やエミッタ電圧 V_E を計算してみましょう。

ベース電流 I_B は R_B を通じて流れます。式(1)で表せます。

$$V_B = R_B I_B = 22\text{ k}\Omega \times I_B \dots\dots\dots (1)$$

V_{BE} が 0.6V です。エミッタ電圧 V_E は式(2)で表せます。

$$V_E = V_B - V_{BE} = V_B - 0.6\text{V} \dots\dots\dots (2)$$

エミッタ電流 I_E は -12V 電源と V_E 間の電位差が R_E に加わります。式(3)で表せます。

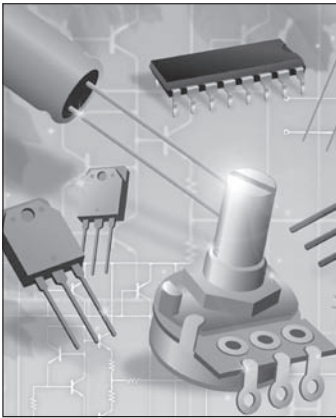
$$I_E = \frac{-12\text{V} - V_E}{R_E} = \frac{-12\text{V} - V_E}{1\text{ k}\Omega} \\ = -0.012 - 0.001V_E \dots\dots\dots (3)$$

h_{FE} は 200 なので、 I_B と I_E の関係は、式(4)で表せます。

$$I_E = I_C + I_B = h_{FE} I_B + I_B = I_B (h_{FE} + 1) \\ = I_B \times 201 \dots\dots\dots (4)$$

式(1)~式(4)の連立方程式を解けば、次の値が求まります。

見本



第4章 世界中のエンジニアが知っている！

回路図の描き方コモンセンス

黒田 徹 / 馬場 清太郎 / 下間 憲行

Tooru Kuroda / Seitaro Baba / Noriyuki Shimotsuma

1. 配線図のルール 回路図全体の構図を決める

- **ルール1 電位の高いほうを上**に描く
振幅 $\pm 1\text{V}$ の信号を入力すると、 $\pm 10\text{V}$ に増幅して出力する回路を図1に示します。
電源電圧は電位の高いほうを紙面の上部に配置します。
電源は電荷がたまった貯水池みたいなもので、電源電圧は、貯水池の場所の標高に相当します。そして電流は電圧の高いところから低いほうに向かって流れます。これは水が高い場所から低い場所に向かって流れるのと同様です。
- **ルール2 信号は左から右へ**
図1を見ると、信号は入力から出力まで、左から右

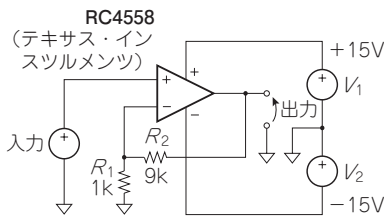


図1 電源電位は高い方のラインを上とし、信号は左から右に流すようにする
 $\pm 1\text{V}$ を $\pm 10\text{V}$ に増幅する回路の例

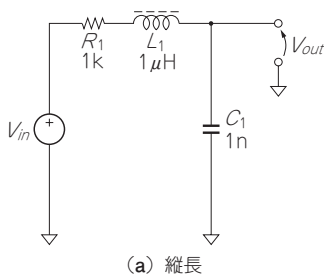
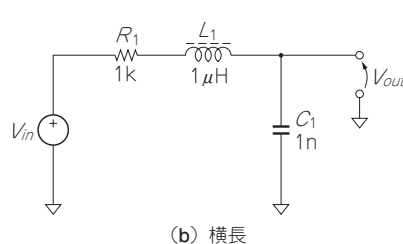


図2 縦・横比は横長の黄金比が美しい



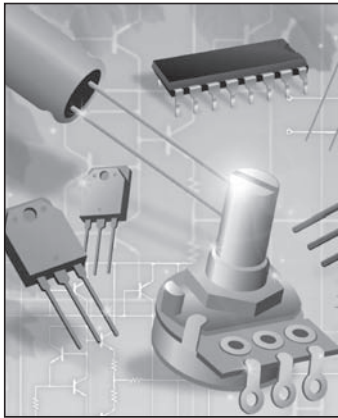
に流れていることがわかります。
これは横書きの文章を左から右へ書くのと同様です。

- **ルール3 縦長の回路図は間延びする**
図2(a)は回路を縦長に描いたとき、図2(b)は横長に描いたときです。
図2(b)のほうが美しいと思いませんか。
一般に、縦・横の比が黄金比率(1:1.6181)になっていると、人は美しいと感じるらしいです。

- **ルール4 グラウンドを描き分ける**
グラウンド(アース)は、大別すると次の3種があり、記号が違います。表1にグラウンドの回路記号を示します。
① 信号グラウンド
② シャーシ・グラウンド(フレーム・グラウンド)
③ 大地アース
アナログとデジタルの両方を含む回路は、アナロ

表1 グラウンドにも種類があるので描き分ける必要がある

種類	記号
信号グラウンド	↓
コモン・グラウンド	↓
大地アース	⊥
シャーシ・グラウンド	⦶



第5章 デジタル時代のモヤモヤを大整理!

オーディオ便利帳

河合 一 Hajime Kawai

1. 音の性質と定量化 音の3要素から室内音響まで

■ 音波の定義

ギターを弾いているところを観察すると、弦が振動しているのを見ることが出来ます。これは周期的な往復運動、すなわち「振動」です。この振動が空気という媒体を介して伝わります。この伝播する空気の振動を「音波」と定義しています。

● 伝播速度

音波の伝播速度は温度により異なりますが、空気中では340 m/sが標準伝播速度です。正確には、伝播速度 S は温度が T [°C] とすると次の通りです。

$$S \text{ [m/s]} = 331.5 + 0.6T$$

音は振動なので空気以外も媒介とします。主な材質(媒体)における標準的な音波の伝播速度を表1に示します。ゴム系材質は伝播速度が遅いので、防振材料として用いられています。

表1 音(振動)の伝わる速度

媒体	標準伝播速度 [m/s]
空気	340
水中	1500
木材	4500
金属 (鉄)	5950
ゴム	35~70

表2 音の3要素

要素	物理特性
大きさ	音圧
高さ	周波数
音色	波形

表3⁽¹⁾ 音程と周波数

音階	オクターブ1	オクターブ2	オクターブ3	オクターブ4	オクターブ5	オクターブ6	オクターブ7
C	65.4064	130.8128	261.6256	523.2511	1046.5023	2093.0045	4186.0090
C#	69.2957	138.5913	277.1826	554.3653	1108.7305	2217.4610	4434.9221
D	73.4162	146.8324	293.6648	587.3295	1174.6591	2349.3181	4698.6363
D#	77.7817	155.5635	311.1270	622.2540	1244.5079	2489.0159	4978.0317
E	82.4069	164.8138	329.6276	659.2551	1318.5102	2637.0205	5274.0409
F	87.3071	174.6141	349.2282	698.4565	1396.9129	2793.8259	5587.6517
F#	92.4986	184.9972	369.9944	739.9888	1479.9777	2959.9554	5919.9108
G	97.9989	195.9977	391.9954	783.9909	1567.9817	3135.9635	6271.9270
G#	103.8262	207.6523	415.3047	830.6094	1661.2188	3322.4376	6644.8752
A	110.0000	220.0000	440.0000	880.0000	1760.0000	3520.0000	7040.0000
A#	116.5409	233.0819	466.1638	932.3275	1864.6550	3729.3101	7458.6202
B	123.4708	246.9417	493.8833	987.7666	1975.5332	3951.0664	7902.1328

● 音の3要素

音の基本3要素を表2に示します。

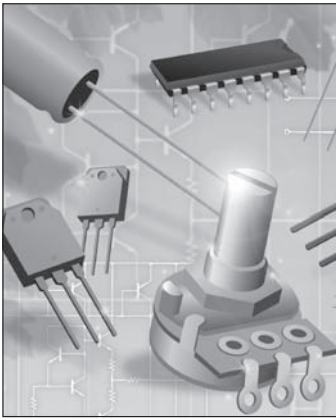
音程は音楽用語ではピッチと呼ばれます。実際の楽器の音は、一番周波数が低い基本波(基音)と、基本波の整数倍(倍音)で構成されます。一般的な楽器では、ほとんどが倍音成分です。基本波の周期 t [s] で音の高さ周波数 f [Hz] が決定され、基本波と倍音の組み合わせで音色がほぼ決定されます。

音楽における12平均律(ドレミファソラシド、CDEFGABC)と基本周波数の関係は、表3に示すように厳密に規定されています。

同じ音名、例えば同じ「ド(C)」でも、低いドと高いドがあります。この違いはオクターブ(Octave)で表現し、1オクターブは周波数比で2倍です。音程は $A = 440 \text{ Hz}$ から定義されています。

● 音圧レベル

音波の大きさは音圧レベルで規定されます。音波を気圧の変化する波としての物理量で表現するもので、基準の音圧レベル(聴感可能な1 kHzの最小レベル)を規定し、実際の測定音圧との比をdBで表現するものです。本来dBは相対値なのに対し、音圧は基準の決



第6章 周波数の割り当てから測定法まで 早見表満載!

無線便利帳

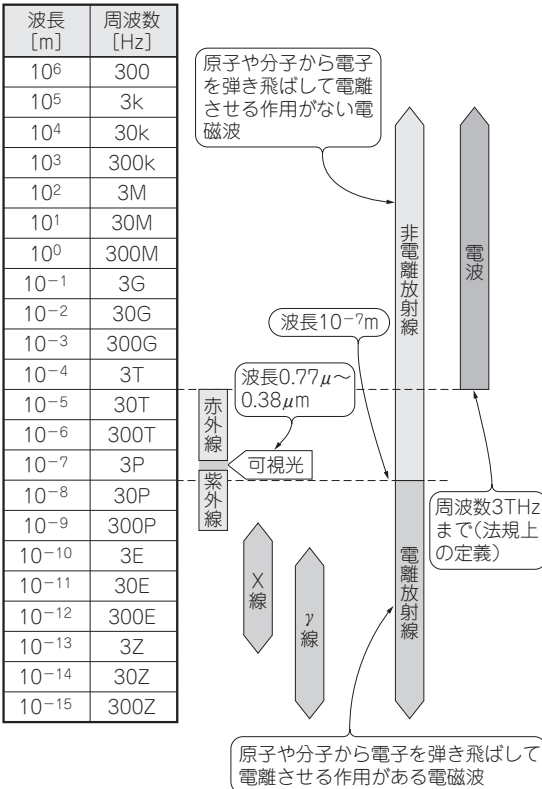
藤田 昇 Noboru Fujita

1. 周波数による電波と電磁波の分類 呼称, 特徴, 用途, 国内での割り当て

■ 周波数による分類とそれぞれの特徴

● 電磁波の周波数と呼称

図1に電磁波の周波数による分類と、それによる呼称の違いを示します。光や電波、X線なども電磁波の



※1. PHz = 10^{15} Hz, EHz = 10^{18} Hz, ZHz = 10^{21} Hz
 ※2. X線(電荷の加減速)とγ線(核分裂/核融合)は発生機構の区分なので、周波数帯は重なる

図1 電磁波の周波数による分類

一種です。日本の電波法では、3 THz以下の電磁波が電波とされています。

● 電波の周波数と呼称

周波数が3 THz以下の電磁波、いわゆる電波の周波数による分類とその呼称を表1に示します。

周波数1 GHz程度以上の電波は、一般にマイクロ波と呼ばれていて、表2のようなバンド名で呼ばれます。

電波法上の呼び名は、表1とはまた少し異なり、表3のように分類されています。ラジオなどで使う帯域は、表4のように特別な呼び名が付けられています。

● 電波の利用形態

電波(電磁波)にはさまざまな利用価値がありますが、

表1 電波の周波数で分けたとときの呼称

周波数	波長	略称	呼称(英)	呼称(和)
3 ~ 30 Hz	10 Mm ~ 100 Mm	ELF	Extremely Low frequency	-
30 ~ 300 Hz	1 M ~ 10 Mm	SLF	medium Low Frequency	-
300 ~ 3 kHz	100 k ~ 1000 km	ULF	Ultra Low Frequency	極超長波
3 k ~ 30 kHz	10 k ~ 100 km	VLF	Very Low Frequency	超長波
30 k ~ 300 kHz	1 k ~ 10 km	LF	Low Frequency	長波
300 k ~ 3 MHz	0.1 k ~ 1 km	MF	Medium Frequency	中波
3 M ~ 30 MHz	10 ~ 100 m	HF	High Frequency	短波
30 M ~ 300 MHz	1 ~ 10 m	VHF	Very High Frequency	超短波
300 M ~ 3 GHz	0.1 ~ 1 m	UHF	Ultra High Frequency	極超短波
3 G ~ 30 GHz	1 ~ 10 cm	SHF	medium High Frequency	センチ波
30 G ~ 300 GHz	1 ~ 10 mm	EHF	Extremely High Frequency	ミリ波
300 G ~ 3 THz	0.1 ~ 1 mm	-	-	サブミリ波

トランジスタ技術バックナンバーのご案内

◆「トランジスタ技術」年間予約購読のお知らせ◆

「トランジスタ技術」は、年間予約購読を承っております。基板付録号等を確実にお手元にお届けする年間予約購読をぜひご利用ください。お申し込みは、CQ出版WebShopをご利用いただけます。詳細は下記をご覧ください。

http://shop.cqpub.co.jp/year_shop/

トランジスタ技術：毎月10日発売
年間予約購読料金：10,200円(税/年間12冊/特別号定価含む)
※予約購読料金の中には、年間の定価合計金額および送料荷造り費が含まれております。

トランジスタ技術 2016年10月号 特別号定価：本体907円+税

特集 Liイオン/eneloop/コインIoT電池入門

別冊付録 電波/光/音で遊ぶ！ポケット電池回路集

トランジスタ技術 2016年9月号 特別号定価：本体926円+税

特集 Web脳接続！Wi-Fi×3G/LTEでIoT製作

別冊付録 お話「電波法」入門

トランジスタ技術 2016年8月号 特別号定価：本体926円+税

特集 付録×ホビー・スパコンで科学の実験

付録 IoT実験コンピュータ製作用プリント基板 [ラズベリー・パイ用]

トランジスタ技術 2016年7月号 特別号定価：本体926円+税

特集 誰でもキマル！プリント基板製作DVD

トランジスタ技術 2016年6月号 定価：本体787円+税

特集 脳ガジェット‘Pi’でラピッド・プログラミング

トランジスタ技術 2016年5月号 特別号定価：本体926円+税

特集 はんだ付けから！何でも屋の電子工房DVD

付録CD-ROM ALL鉛フリー！何でも屋の電子工房ムービー70

トランジスタ技術 2016年4月号 特別号定価：本体926円+税

特集 バーチャル実験室で電子回路入門

付録CD-ROM LTSpice電子回路マラソン データCD
別冊付録 トラ技エンジニア手帳2016

トランジスタ技術 2016年3月号 特別号定価：本体907円+税

特集 緊急実験！5ドルI/Oコンピュータ上陸

別冊付録 全ズバイ対応！楽々I/O関数セットWiringPi虎の巻

トランジスタ技術 2016年2月号 定価：本体787円+税

特集 衛星クロック搭載GPS電子工作

トランジスタ技術 2016年1月号 特別号定価：本体907円+税

特集 技100選！妥協なし情熱のトランジスタ回路

別冊付録 バーチャル電子工房LTSpice使いこなし事典

トランジスタ技術 2015年12月号 定価：本体787円+税

特集 飛行実験ずみ！最新モータ&電池

トランジスタ技術 2015年11月号 定価：本体787円+税

特集 FPGAキットで体験！チップ内電子工作

雑誌バックナンバーCD-ROM版

CD-ROM版 トランジスタ技術 2015

1999～2014年度版も
あります

Windows用 CD-ROM
定価：本体13,000円+税

CQ出版社

<http://shop.cqpub.co.jp>

雑誌 16711-10



4910167111067
02200

見本