
えとせとら

高知工科大学 工学部 システム工学群（電子系）

橘 昌良

初版 2013-04-04

Chapter 1

変数と略号

電子回路をあつかうときにはいろいろな物理量を表現するために数々の変数や略号を使用する。ある物理量をあらわす変数／略号は慣習により決まったものが用いられることが多い。このような変数は1文字だけでなく、複数の文字の組み合わせになっていることもある。ここでは、このような変数／略号の一般的に用いられる名前の付け方について説明する。

1.1 回路で使われるいろいろな量を表す変数／略号

まず、英文字1文字の場合、または複数文字の一文字目はプライマリ・シンボルと呼ばれ、Table.1.1 に示すような量を表す。プライマリシンボルは、大文字は直流、小文字は交流または小信号変動を表すのに使われることが多い。ここで、Eが電圧とエネルギーを表すように、同じ文字が異なる量を表すために使用されることがあるので注意すること。大文字は直流である場合に、小文字は交流または小信号で場合に使われることが多いが、決まっているわけではない。たとえば、大文字のTは温度を表す記号として使われるが、小文字のtは時間を表すに使われる。また、ギリシャ文字に関しては、Table.1.4 にまとめてある。ギリシャ文字は大文字の場合、英文字のアルファベットと区別が付けにくいものが多いので、主に小文字が使われる。

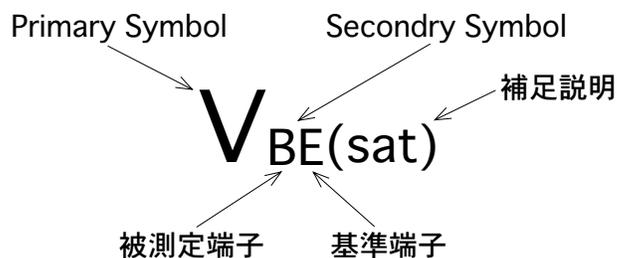


Fig. 1.1 変数の名付け方

2文字以上の場合、2文字目以降をセカンダリ・シンボルと呼ぶ。このような場合、1文字目がTable.1.1で示されるような量を表し、2文字目以降がその量を限定して、説明するために使用される場合と2文字目以降も量を表す場合に分けられる。2文字目以降も量を表す場合は、二つの量の積を表す場合が多い。ただし、NF(雑音指数)、BW(帯域幅)の

Table. 1.1 プライマリ・シンボル

プライマリ・シンボル	項目	測定単位	単位記号
b	サセプタンス	シーメンス	S
C,c	キャパシタンス	ファラッド	F
E	エネルギー	ジュール	J
	電圧	ボルト	V
f	周波数	ヘルツ	Hz
G	ゲイン	デシベル	dB
g	コンダクタンス	シーメンス	S
I,i	電流	アンペア	A
L,l	インダクタンス	ヘンリー	H
P,p	電力	ワット	W
Q,q	電荷	クーロン	C
R,r	抵抗	オーム	Ω
T	温度	度	$^{\circ}\text{C}$ または $^{\circ}\text{F}$ または K
t	時間	秒	s
V,v	電圧	ボルト	V
Y,y	アドミッタンス	シーメンス	S
Z,z	インピーダンス	オーム	Ω

ように2文字で1つの量を表す場合もある。

量を限定，説明するために使用される場合は，2文字目以降は添字（サフィックス）として小さく記述され，全体として Fig.1.1 のような表記になる．セカンダリ・シンボルは Table.1.2, 1.3 に示されるような端子や条件をあらわすために使用される．複数のセカンダリ・シンボルが並べられるときは，Fig.1.1 に示されるように，被測定端子，基準端子，補足説明の順に並べられることが多い．ここで，1.3 に示される補足説明は括弧で囲まれているが，括弧が無くても紛らわしくない場合は，括弧で囲わないこともある．

Fig.1.1 はエミッタ端子を基準としたベース端子の電圧の飽和した状態での値を表している．

1.2 電源端子の名前

電源端子の名前は，供給する能動素子の端子名を繰り返すことによりあらわす．例えば， V_{CC} , V_{EE} , V_{DD} , V_{SS} はそれぞれ，BJT のコレクタ，エミッタ，FET のドレイン，ソースに供給される電源であることをあらわす．なお，接地（グランド）は GND とか 0（数字のゼロ）であらわすことが多い．

1.3 ギリシャ文字（アルファベットと読み方）

Table.1.4 のギリシャ文字のアルファベットの表を示す．ギリシャ文字の大文字は，英文字の大文字と区別の付けにくいものが多いので注意が必要である．

Table. 1.2 セカンダリ・シンボル

シンボル	英文説明	説明
A,a	anode terminal	アノード端子 (ダイオード等)
A	ambient (temperature)	周囲温度
B,b	base terminal	ベース端子 (BJT)
C,c	collector terminal	コレクタ端子 (BJT)
D,d	drain terminal	ドレイン端子 (FET)
d	delay (time)	遅延時間
E,e	emitter terminal	エミッタ端子 (BJT)
F,f	forward direction	順方向
f	fall (time)	立ち下がり時間
G,g	gate terminal	ゲート端子 (FET など)
H,h	holding (time)	保持 (時間)
I,i	input	入力
J	junction (temperature)	接合温度
K,k	cathode terminal	カソード端子 (ダイオード等)
M,m	maximum (waveform peak) value	最大 (波形尖頭 (せんとう)) 値
O,o	output, open circuit	出力 (端子), 開放回路 (開路)
P	peak point	ピーク点 (尖頭点)
p	pluse (time)	パルス時間
R,r	reverse direction	逆方向
	repetitive (as 2nd subscript)	(第2番目の添字で) 繰り返し
	resistive termination	抵抗終端
S,s	source terminal	ソース端子 (FET)
	stored (charge)	蓄積 (電荷)
	short circuit(as 2nd subscript)	(第2番目の添字で) 短絡回路
U,u	bulk (substrate)	バルク (サブストレイト)
V	voltage termination, valley point	電圧終端, 谷点電圧
W	working	動作
w	duration (width) of pulse	パルスの持続 (時間)

Table. 1.3 セカンダリ・シンボルに使う略号の例

シンボル	英文説明	説明
(AV),(avr)	average	平均
(OV)	overload	過負荷
(PP)	peak-to-peak	ピーク・ツー・ピーク
(RMS),(rms)	root-mean-square	実効値
(TO),(th)	threshold	スレッシユホールド
(sat)	saturation	飽和

Table. 1.4 ギリシャ文字の表と電気/電子回路における主な用途

小文字	大文字	読み	読み	小文字の主な用途	大文字の主な用途
α	A	alpha	アルファ	角度, 係数, 温度係数, 減衰率	
β	B	beta	ベータ	角度, 係数, 位相定数, 帰還率	
γ	Γ	gamma	ガンマ	角度, 係数	電圧反射係数
δ	Δ	delta	デルタ	微小変化, 密度, 損失角	微小変化
ε	E	epsilon	イブシロン	誘電率	
ζ	Z	zeta	ゼータ (ツェータ)	減衰定数	
η	H	eta	イータ	効率	
θ	Θ	theta	シータ	角度, 位相, 熱抵抗	
ι	I	iota	イオタ		
κ	K	kappa	カップ	磁化率	
λ	Λ	lambda	ラムダ	波長	透磁率
μ	M	mu	ミュー	透磁率	
ν	N	nu	ニュー	周波数	
ξ	Ξ	xi	クサイ (グザイ)		
\omicron	O	omicron	オミクロン		
π	Π	pai	パイ	円周率	
ρ	P	rho	ロー	抵抗率, 体積電荷密度	
σ	Σ	sigma	シグマ	導電率, 表面電荷密度	
τ	T	tau	タウ	時定数, 時間, トルク	
υ	Υ	upsilon	ウブシロン		
φ	Φ	phi	ファイ	磁束, 位相, 角度	電位
χ	X	chi	カイ		
ψ	Ψ	psi	プサイ	位相, 角度, 電束	
ω	Ω	omega	オメガ	角速度, 角周波数	電気抵抗, 立体角

Chapter 2

その他 雑多なこと

2.1 デシベル

デシベルは量の比を対数で表す単位 B (ベル) に 1/10 をあらず接頭語 d がついたもの。B (ベル) は電話を発明したアレクサンダー・グラハム・ベルにちなんだ単位である。

電力比は、

$$\frac{X}{Y} \rightarrow 10 \log_{10} \frac{X}{Y} = 10(\log_{10} X - \log_{10} Y) \quad (2.1)$$

であらわし、電圧比、電流比は、

$$\frac{X}{Y} \rightarrow 20 \log_{10} \frac{X}{Y} = 20(\log_{10} X - \log_{10} Y) \quad (2.2)$$

であらわす。

対数を使うため、比率の計算を乗算、除算ではなく、加算、減算で行うことができるようになる。なお、ここでは電力、電圧、電流の比をあらわしているが、音圧比などでも使用される。

なぜ電圧、電流比は $20 \log(X/Y)$ で、電力比は $10 \log(X/Y)$ であるかは、電圧源 V に負荷抵抗 Z が接続されているときに、負荷 Z で消費される電力を考える理解しやすい。電圧 V が 6dB (2 倍) 増えると、負荷抵抗に流れる電流 I も 6dB (2 倍) 増えることになる。したがって、負荷抵抗 Z で消費される電力は 4 倍になり、6dB 増えることになる。つまり、負荷抵抗が同じ時電圧と負荷抵抗で消費される消費される電力のデシベル値が等しくなる。(Fig.2.1)

よく使われるデシベル値と比率の対応を Table.2.1 と Table.2.2 に示す。この値の中で、最も良く使われるのは 3dB (電力比) または 6dB (電圧/電流比) である。電力比 3dB は正確には 1.99526... 倍であり、2 倍は正確には 3.01029...dB であるが、切りの良い値であるため 3dB を 2 倍としてあつかう。

B は底が 10 である常用対数を使用しているが、比を表す単位としては自然対数の底 e を使用した N_p (neper ネーパ) という単位もある。

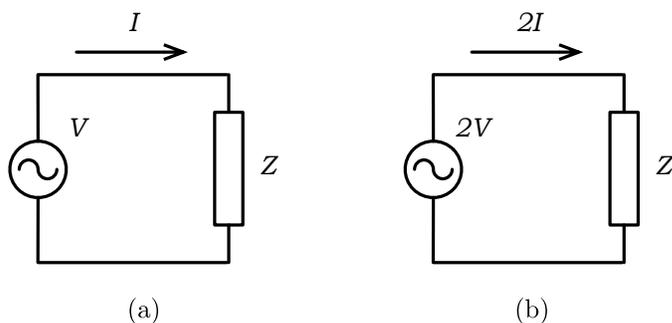


Fig. 2.1 電圧比，電流比と電力比の関係

Table. 2.1 よく使われる比率 (電圧比，電流比)

dB	比率	dB	比率
6	2	-6	1/2
20	10	-20	1/10
3	$\sqrt{2}$	-3	$1/\sqrt{2}$
10	$\sqrt{10}$	-10	$1/\sqrt{10}$
14	5	-14	1/5
12	4	-12	1/4
40	10^2	-40	10^{-2}
60	10^3	-60	10^{-3}
80	10^4	-80	10^{-4}
100	10^5	-100	10^{-5}
120	10^6	-120	10^{-6}

Table. 2.2 よく使われる比率 (電力比)

dB	比率	dB	比率
3	2	-3	1/2
10	10	-10	1/10
1.5	$\sqrt{2}$	-1.5	$1/\sqrt{2}$
5	$\sqrt{10}$	-5	$1/\sqrt{10}$
7	5	-7	1/5
6	4	-6	1/4
20	10^2	-20	10^{-2}
30	10^3	-30	10^{-3}
40	10^4	-40	10^{-4}
50	10^5	-50	10^{-5}
60	10^6	-60	10^{-6}

2.1.1 絶対値としてのデシベル

デシベル (dB) は2つの量の比を表す次元のない量であるが，絶対的基準値を定めて単位として用いることがある。

- dB_{SPL} (Sound Pressure Level)
音を構成する空気の圧力の実効値である音圧のレベルを表し， 2×10^{-5} Pa(20 μ PA) を基準値 (0dB) とする。20dB で10倍。この値を人間の聴覚特性に合わせて補正したものがホン (phon) である。
- dBm
1mW を0dBとしたもの。例えば、600 Ω の抵抗負荷に1mWの電力を供給するのに必要な交流電圧は、約0.775V_{rms}である。電力比なので10dBで10倍。
- dBv
0.775V_{rms}を0dBとし、電圧をdBで表したもの。負荷のインピーダンスは無関係。主に業務用オーディオ機器で利用される音声信号レベルの基準。電圧比なので20dBで10倍。
- dBV

$1V_{\text{rms}}$ を 0dB とし，電圧を dB で表したもの. 負荷のインピーダンスは無関係. 主に家庭用オーディオ機器で使われる音声信号レベルの基準. 電圧比なので 20dB で 10 倍 .

- dB μ

$1\mu V_{\text{rms}}$ を 0dB としたもの. 主に無線通信の分野で使用される . 電圧比なので 20dB で 10 倍 .

2.2 oct, dec について

周波数，角周波数の比には oct や dec が使用される . oct は音程のオクターブと同じで 2 倍または 1/2 をあらわし，dec は 10 倍または 1/10 をあらわす . デシベル表示と組み合わせると， -6dB/oct と書くと周波数（また角周波数）が 2 倍になると（電圧比，電流比が）1/2 になることをあらわす . 周波数の比率にはデシベル（dB）は使用されない . また，

$$-6\text{dB/oct} = -20\text{dB/dec} \quad (2.3)$$

である .

2.3 ...tance

ここでは，レジスタンスとかインピーダンスなどの... タンスという名前について簡単にまとめる .

Table. 2.3 ...tance の表

名称	name	記号	単位	意味
キャパシタンス	capacitance	C	F (ファラッド)	静電容量
インダクタンス	inductance	L	H (ヘンリー)	誘導係数
レジスタンス	resistance	R	(オーム)	電気抵抗
コンダクタンス	conductance	G	S (シーメンス)	電気伝導度
インピーダンス	impedance	Z	(オーム)	複素抵抗
アドミッタンス	admittance	Y	S (シーメンス)	複素伝導度
リアクタンス	reactance	X	(オーム)	impedance の虚数部分
サセプタンス	susceptance	B	S (シーメンス)	admittance の虚数部分
イミッタンス	immittance			impedance, admittance の虚数部分

キャパシタンス，インダクタンスはそれぞれ C, L の値，レジスタンスは抵抗 (R) の値を表す . レジスタンスは実数であるが，これが周波数特性を持ち複素数に拡張されたものがインピーダンスである . コンダクタンスは抵抗の逆数で電気伝導度を表し，インピーダンスのように複素数に拡張されたものがアドミッタンスである .

インピーダンス，アドミッタンスの実数部分，つまり，周波数により変わらない部分もレジスタンス，コンダクタンスと呼ばれる . 一方，インピーダンス，アドミッタンスの虚数部分はそれぞれ，リアクタンス，サセプタンスと呼ばれる . この虚数部分をまとめてイミッタンスと呼ぶ .

キャパシタンス，インダクタンス以外の相互の関係を Fig.2.2 に示す．

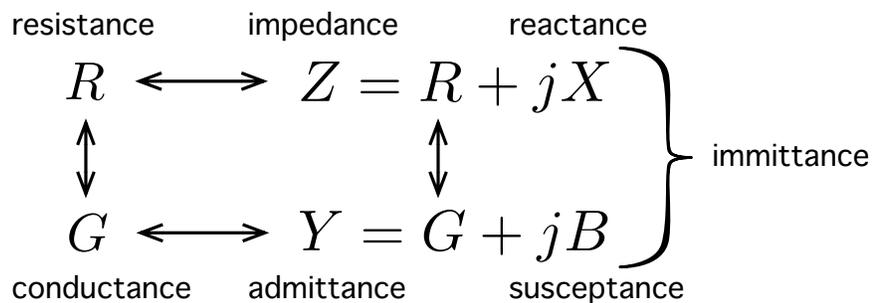


Fig. 2.2 ...tance

なお，相互インダクタンス，相互コンダクタンスのように相互（mutual）がつく場合もある．相互インダクタンスは複数のインダクタが磁氣的に結合している時に結合の度合いをインダクタンスとして表したもので，相互コンダクタンスは，トランジスタや FET などの能動素子で，入力信号に応じて電流値が変わる場合にその度合いをコンダクタンスとして表したものである．

2.4 E 系列

抵抗，キャパシタ，インダクタなどの電子部品の定数には E 系列と呼ばれる標準数が使用されている。これは 10 の E 乗根 ($E = 3, 6, 12, 24, 48, 96$) の等比数列を扱いやすい値に丸めたものになっている。

これらの系列は，定数の誤差範囲が E6 は $\pm 20\%$ ，E12 は $\pm 10\%$ ，E24 は $\pm 5\%$ ，E48 は $\pm 2\%$ ，E96 は $\pm 1\%$ のときに隙間なく値が埋まるように作られている。

Table. 2.4 E 系列 (JIS C5063 1997 年)

E3	E6	E12	E24	E48		E96					
1	1	1	1	100	105	100	102	105	107		
			1.1	110	115	110	113	115	118		
		1.2	1.2	121	127	121	124	127	130		
			1.3	133	140	133	137	140	143		
	1.5	1.5	1.5	147	154	147	150	154	158		
			1.6	162	169	162	165	169	174		
		1.8	1.8	178	187	178	182	187	191		
			2	196	205	196	200	205	210		
			2.2	2.2	2.2	215	226	215	221	226	232
					2.4	237	249	237	243	249	255
2.7	2.7	261		274	261	267	274	280			
	3	287		301	287	294	301	309			
2.2	3.3	3.3	316	332	316	324	332	340			
		3.6	348	365	348	357	365	374			
	3.9	3.9	383	402	383	392	402	412			
		4.3	422	442	422	432	442	453			
		4.7	4.7	4.7	464	487	464	475	487	499	
				5.1	511	536	511	523	536	549	
5.6	5.6		562	590	562	576	590	604			
	6.2		619	649	619	634	649	665			
4.7	6.8	6.8	681	715	681	698	715	732			
		7.5	750	787	750	768	787	806			
	8.2	8.2	825	866	825	845	866	887			
		9.1	909	953	909	931	953	976			