



14 非線形回路①～コンパレータ～

馬場 清太郎
Seitaro Baba

OPアンプの重要な応用例として非線形回路があります。非線形回路はひと言でいえないほど広範囲な回路です。今回はその中から、現在でもしばしば使われる代表的な非線形回路「コンパレータ」の動作と使い方について解説しましょう。

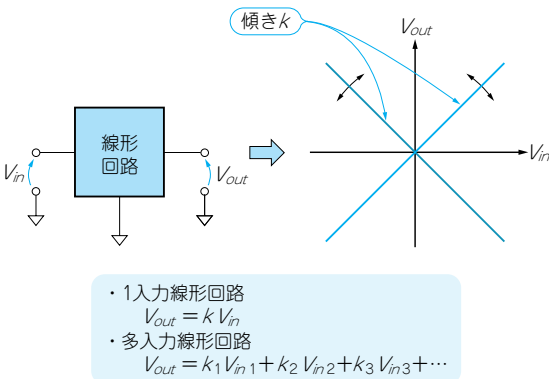
● 線形回路とは

アナログ回路には線形回路と非線形回路があります。非線形回路とは、線形でないアナログ回路のことですが、これでは何のこともわかりませんから、まずは線形回路から説明しましょう。

線形回路とは、図14-1に示すように入出力の関係が直線になる回路です。これまで入出力の関係は、伝達関数 $G(j\omega)$ を使って表してきました。 $G(j\omega)$ は分子と分母が $j\omega$ を使った高次の多項式です。「これじゃ直線にならない!」と思うかもしれませんが、 $j\omega$ を固定、つまり周波数を一定にして入力振幅だけを変化させれば、入出力の関係は直線になります。

要するに、出力が入力の1次関数である回路が線形回路です。線形回路には「重ねの理」が成立するという重要な約束があります。それに対し、非線形回路は出力が入力の1次関数ではない回路で「重ねの理」は成立しません。

〈図14-1〉線形回路とは…入出力の関係が直線になる回路



非線形回路のあらまし

● 非線形回路のいろいろ

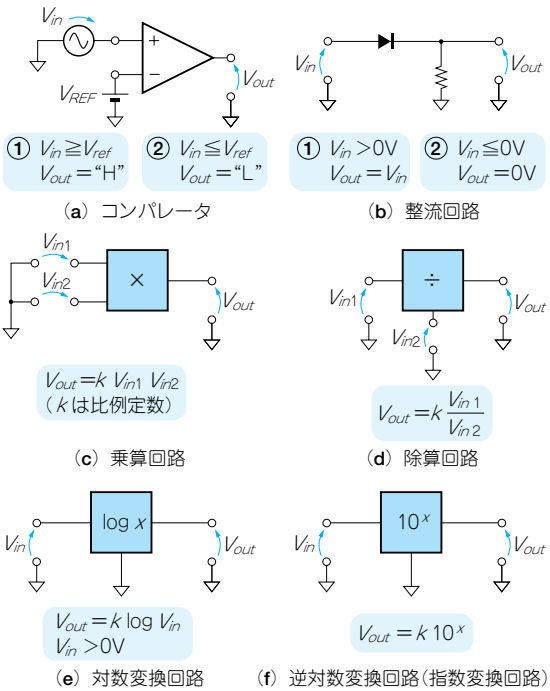
図14-2に現在でもよく使われている代表的な非線形回路を示します。図14-2(a)が今回取り上げるコンパレータ(電圧比較器)です。基本動作はOPアンプと同じで、非反転端子と反転端子間の差動電圧を大きなゲインで増幅し出力します。

図14-2(c)～(f)に示す演算回路は、デジタル演算よりもスピードの点で優れています。

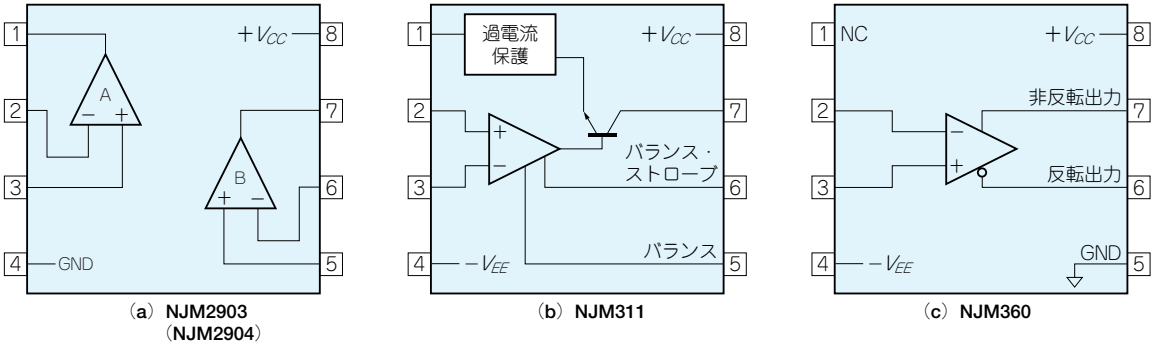
● むだ時間回路

図14-2には示しませんが、むだ時間回路と

〈図14-2〉非線形回路のいろいろ



〈図 14-3〉(2) 取り上げるコンパレータ IC のピン接続図 [新日本無線(株)]



〈表 14-1〉 実際の OP アンプ IC とコンパレータ IC の規格

型名	電源電圧 $V_+/V_-(V_+)$	出力耐圧 V_{O-N}	グラウンド耐圧 V_{G-N}	差動入力電圧 V_{ID}	入力電圧 V_{IN}	消費電力 $P_D^{(2)}$	動作温度 T_{opr}
NJM311	±18 V (36 V)	40 V	30 V	±30 V ⁽¹⁾	±15 V ⁽¹⁾	500 mW	-40 ~ +85 °C
NJM319	±18 V (36 V)	36 V	25 V	±5 V	±15 V ⁽¹⁾	500 mW	-40 ~ +85 °C
NJM360	±8 V	TTL レベル, 最大出力 電流 ±20 mA		±5 V	±8 V ⁽¹⁾	500 mW	-40 ~ +85 °C
NJM2903	±18 V (36 V)	0 ~ V_+		36 V	-0.3 ~ +36 V	500 mW	-40 ~ +85 °C

注▶ (1) 電源電圧が ±15 V (NJM360 は ±8 V) 以下の場合は電源電圧まで。 (2) P_D は外形が DIP8 ピンのとき。

(a) 絶対最大定格 ($T_a = 25 °C$)

型名	NJM311	NJM319	NJM360	NJM2903	NJM2904 (OP アンプ)	単位
電源電圧条件 $V_+/V_-(V_+)$	±15	±15	±5	(+5)	(+5)	V
入力オフセット電圧 V_{IO}	2.0/7.5	2/8	2/5	7	2/7	mV
入力バイアス電流 I_{IB}	100/250	250/1000	5/20000	30/250	25/250	nA
入力オフセット電流 I_{IO}	6.0/50	80/200	0.5/3000	50	5/50	nA
電圧利得 A_V	106	92		106	100	dB
応答時間 t_r	200	80	25	15000	(100 μ s)	ns
出力飽和電圧 V_{sat}	0.75/1.5@ $I_{out} = 50$ mA	0.75/1.5@ $I_{out} = 25$ mA	$V_{OH} = 2.4_{min}/$ $3_{typ}, V_{OL} = 0.25/4$	0.2/0.4@ $I_{out} = 3$ mA	0.1 _{typ} @ $I_{out} = 3$ mA	V
出力リーク電流 I_{leak}	0.0002/0.05	0.2/10		1	—	μ A
最大消費電流 I_{CC}	+7.5, -5.0	+12.5, -5	+32, -16	0.4/1.0	0.7/1.2	mA
出力形式	オープン・コレクタ	オープン・コレクタ	トータム・ボール, TTL レベル	オープン・コレクタ	コンプリメンタリ・エミッタ・フォロウ	
特徴	1個入り, 中速, 大電流	2個入り, 高速	1個入り, 超高速	2個入り, 低速, 単電源用	2個入り, 低速, 単電源用	

注▶ 標準値/最大値

(b) 電気的特性 ($T_a = 25 °C, R_L = 2$ k Ω)

いう非線形回路について少し説明しましょう。

この回路は、ないほうがよい非線形回路の筆頭です。例えば、入力信号を A-D 変換して、デジタル演算を行い、D-A 変換して出力する回路がそうです。

遅れ回路は、ステップ応答を入力した場合、徐々に出力レベルが大きくなりますが、むだ時間回路は、信号を入力しても一定の時間(むだ時間)はまったく出力がなく、その後出力レベルが徐々に大きくなります。デジタル演算は高精度で安価なので、現在のアナログ回路に多用されていますが、演算時間とアナログ・デジタル変換時間がむだ時間になります。

もし、負帰還ループにむだ時間回路が入ると、入力

が変化しても出力が変化せず、負帰還ががんばって出力を変化させようとするため、結果的に大きなオーバーシュートが発生します。このように負帰還ループに非線形回路を含むと、安定度の確保が非常に難しくなります。

コンパレータ IC のあらまし

■ コンパレータの基礎知識

● 電気的特性

表 14-1 に示すのは、代表的なコンパレータ IC の

