

シュミット回路

v1.1 Jan.2009

【目的】

シュミット回路の振幅弁別特性を習得する。

【原理】

図1にシュミット回路を示す。いま入力を開放して入力電圧 $V_i=0$ とすると、 Tr_1 のベース電圧 V_{B1} はエミッタ電圧 V_E (PNPトランジスタのため $V_E < 0$) より高くなり、 Tr_1 は遮断となる。一方、 Tr_1 のコレクタ電圧 V_{C1} は R_1 と R_2 で分割されるので、 Tr_2 のベース電圧 V_{B2} は次式で表される。

$$V_{B2} = -\frac{R_2 // R_{in}}{(R_{C1} + R_1 + R_2 // R_{in})} V_{CC} \quad (1)$$

ここで、 R_{in} は Tr_2 のベース端子からみたトランジスタ T_2 の入力抵抗であり、電流増幅率 h_{fe} を使って近似的に次式で表される。

$$R_{in} = h_{fe} R_E \quad (2)$$

h_{fe} : 電流増幅率

同様に、このときのコレクタ電圧 V_{C1} は次式で表される。

$$V_{C1} = -\frac{(R_1 + R_2 // R_{in})}{(R_{C1} + R_1 + R_2 // R_{in})} V_{CC} \quad (3)$$

式(1)で表される V_{B2} は、 $V_{B2} < V_E$ となるように抵抗値が決められているので Tr_2 は導通している。

次に入力電圧 V_i を負方向に大きくしてゆく。 $V_i > V_E$ ならば、 Tr_1 遮断、 Tr_2 導通の状態は変わらない。しかし、 V_i が V_E に近くなると Tr_1 は導通し始め、 Tr_1 のコレクタ電圧 V_{C1} は正の方に持ち上げられる。この変化は R_1 を経由して Tr_2 のベース電圧 V_{B2} を正の方に持ち上げるから、 Tr_2 のエミッタ電流が減少し、エミッタ電圧 V_E は正の方に持ち上がる。さらにこの変化は Tr_1 のベース-エミッタ間をさらに順バイアスにするので、コレクタ電流が増大する。これは正帰還であり、この一巡利得が1を超えると電流が急激に変化し、 Tr_1 が導通、 Tr_2 が遮断となって安定する。

今度は負方向に大きくなった入力電圧 V_i を再び正方向に変化させてゆく場合を考える。 V_i がある電圧 $-E_2$ になると Tr_1 のエミッタ電流が減少し、 Tr_1 のコレクタ電圧 V_{C1} が負方向に大きくなる。このとき、 Tr_2 のベース電流が増加するとともに Tr_2 のエミッタ電流が増加し、 V_E は負方向に大きくなって Tr_1 のベース電流を少なくする。これも正帰還であり、一巡利得が1を越すと電流が急激に変化し、 Tr_1 が遮断、 Tr_2 が導通となって安定する。

Tr_1 が遮断状態から導通になる入力電圧レベル $V_i = -E_1$ と、導通状態から遮断になる電圧レベル $V_i = -E_2$ は、 $|E_1| > |E_2|$ となっており、図2に示すように入力電圧を負方向に大きくしていったとき、正方向に持ち上げていったときとで Tr_2 のコレクタ電圧 V_{C2} の変化にヒステリシスが生じる。

図3に入力を正弦波としたときの出力波形を示す。シュミット回路は入力電圧があるレベル以上であるか否かを知る操作(振幅弁別)に使用することが可能であり、正弦波や形が崩れた波から整った方形波を作る波形整形回路としても用いられている。

【測定系】

図4にシュミット回路の実験回路を示す。

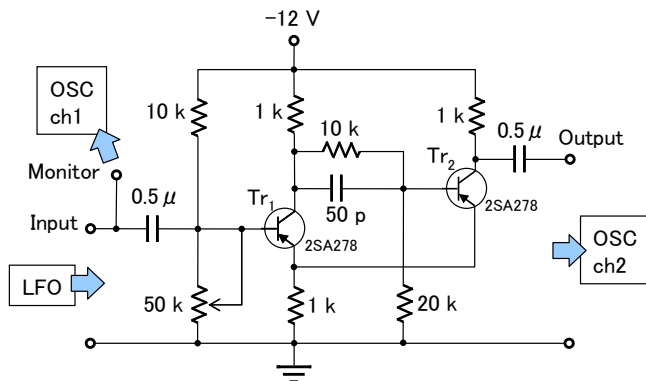


図4. 実験回路

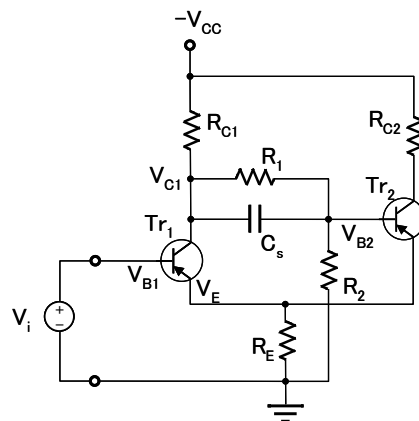


図1. シュミット回路

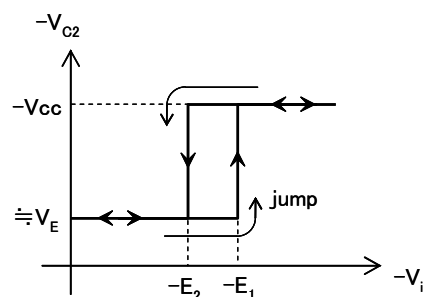


図2. ヒステリシス特性

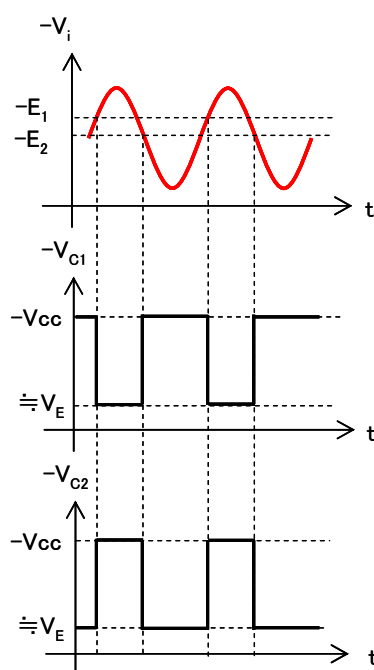


図3. 正弦波入力時の時間波形

【使用機材】

表. 使用機材一覧 (実験は2グループで行う)

品目	オシロスコープ	直流電源	オーディオジェネレータ	デジタルマルチメータ	シュミット回路		
個数	1×2グループ	1×2グループ	1×2グループ	1×2グループ	1		
メーカー	HITACHI	KENWOOD	LEADER	FLUKE			
型番	V1560		LAG120B				
その他	100 MHz						

【測定方法】

1. シュミット回路

- (1) 図4の測定回路を組む。
- (2) バイアス電圧 $= -12\text{ V}$ は、測定回路のグランド端子に直流電源のHigh(赤)、測定回路のバイアス端子に直流電源のLow(黒)を接続する。
- (3) 入力端子を開放した状態で可変抵抗 $50\text{ k}\Omega$ を変化させ、GNDに対するB1、B2、C1、C2、Eの各点における直流バイアス電圧をマルチメータで測定し、表1に記録する。
- (4) $4\text{ V}_{\text{p-p}}$ の正弦波を加え、最良の方形波が得られるB1の直流電圧を測定する。このときの入出力波形をDual表示して記録する。

表1. 可変抵抗の変化に対するバイアス電圧の変化

可変抵抗目盛り ダイヤル	バイアス電圧				
	V_{B1} [V]	V_{B2} [V]	V_{C1} [V]	V_{C2} [V]	V_E [V]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
8.8					

【考察・研究事項】

- (1) 可変抵抗の目盛りを横軸にとり、各点(GNDに対するB1、C1、C2、B2、E)のバイアス電圧を示す図を描け。
- (2) ヒステリシスの原因について考察せよ。

【考察文献】

清水、鴻田「パルス回路の考え方 改訂2版」pp.82-83, オーム社
 内山「パルス回路」pp.109-111, コロナ社
 菅谷、中村「パルス回路」pp.73-76, オーム社
 矢崎「半導体パルス回路」pp.167-175, コロナ社

【レポートについて】

- (1) 実習結果や測定結果に関する表やグラフは必ず各自で作成すること。Excelの使用可。
- (2) 本実験テキストのワードファイルはダウンロードできるが、目的、原理、測定系については単なるコピー貼り付けは不可。手書き又は式の導出過程等を確認して自分のレポートを作成すること。数式エディタソフトの使用可。
- (3) 実験テキストの改善点提案や間違い箇所の指摘など、以降の学生実験にとって有益なアドバイスがあれば加える。