

琉球大学学術リポジトリ

電気工作実習の題材に関する研究（2石インタホン）

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部附属教育実践研究指導センター 公開日: 2008-11-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 梅谷, 誠 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/7907

電気工作実習の題材に関する研究 (2石インタホン)

梅谷 誠*

(1993年6月30日受理)

技術教育科の電気工作実習の題材として採用してきた2石インタホンについて、その回路定数を検討し、定数を一部変更することにより特性が改善させることがわかった。また、この2石インタホンが題材として適当であることを、改めて確認した。

1. 概要

中学校技術・家庭科電気領域の指導内容の一つとして、「電気回路の設計と製作」が、中学校学習指導要領に示されている¹⁾。この内容に対応する科目として、技術教育科では「電気工作実習」を開講している。近年、この題材として、中学校技術・家庭科教科書（以下、教科書という）の実習例から2石インタホンを選定し、この設計・製作を行ってきた。この中で、回路

定数を一部変更することによって特性が改善されることがわかった。本研究では、適切な定数を選定し、特性を測定し、学年の作品の特性をこれと比較し、最後に、題材としての適合性を検討した。

2. 回路構成

題材として採用した2石インタホンの回路を図1に示す。

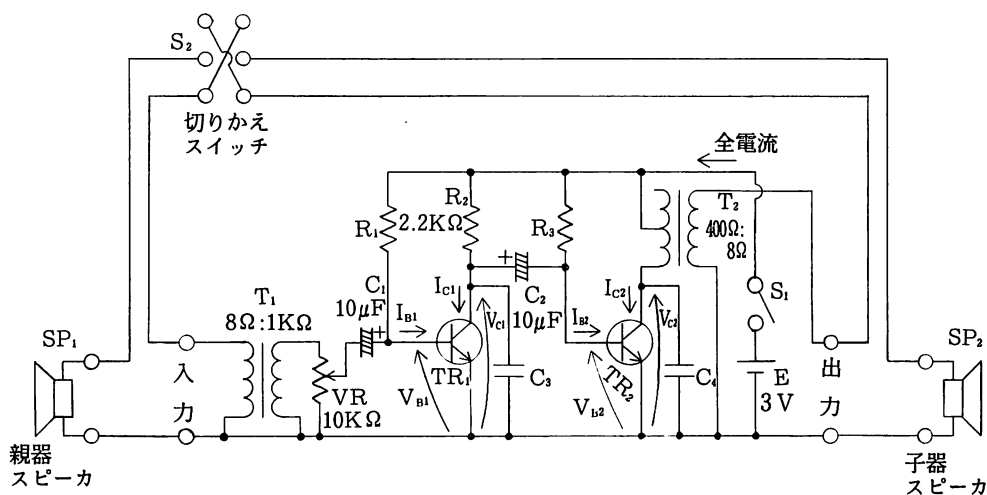


図1 2石インタホンの回路

(C_3 、 C_4 は教科書の回路には含まれていない)

* 琉球大学教育学部（技術教育科）

この回路は、沖縄県内でひろく使用されてきた教科書に実習例として掲載されているものである²⁾。インタホンは、増幅器に切替スイッチ、親器及び子器スピーカを組み合わせた装置であるので、回路定数を検討する場合は、増幅器の部分のみを考慮すればよい。

この中の増幅回路では、入力信号を入力変成器 T_1 でインピーダンス変換してトランジスタ TR_1 のベースに加えて増幅し、その出力を抵抗 R_2 とコンデンサ C_2 によって取り出している(抵抗容量結合)。更に、この信号をトランジスタ TR_2 のベースに加えて増幅し、その出力を出力変成器 T_2 によって取り出し(変成器結合)、同時に T_2 でスピーカと整合するようにインピーダンス変換を行って、出力としている。

3. 設計と動作

(1) トランジスタの選定

指導書³⁾では、2SC形小信号用トランジスタで直流電流増幅率 h_{FE} が120から240のトランジスタを選ぶとしている。ここでは、広く市販されている東芝製2SC1815Y($h_{FE}=120\sim 240$)を使用することとし、2SC1815GR($h_{FE}=200\sim 400$)を使用する場合についても併せて検討した。

(2) 電力増幅回路

図1の回路中のトランジスタ TR_2 による電力増幅回路において、 TR_2 の交流負荷 R_{L2} は、負荷抵抗 $R_L=8[\Omega]$ を出力変成器 T_2 によってインピーダンス変換(1次側は中間タップを使用)しているので、 $R_{L2}=100[\Omega]$ となる。尚、 T_2 には山水製ST-46($400\Omega:8\Omega, 0.7W$)を使用した。

ここで、 TR_2 がその特性の全範囲を使用でき、 T_2 の巻線抵抗及び漏れ磁束がない理想的な場合を仮定すると、最大出力を得るためには、動作点が交流負荷線を2等分していることが必要である。電源電圧 E は3[V]と定められているから、最適な動作点と交流負荷線は図2のようになり、コレクタ電流 I_{C2} を30[mA]とすればよ

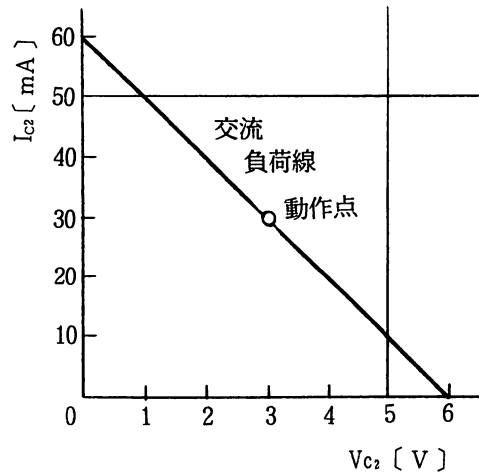


図2 電力増幅回路の動作点と負荷線

い。このとき、 T_2 の1次側での信号振幅は3[V]、巻数比はインピーダンス比の平方根になるから、

$$\sqrt{100/8} \approx 3.5$$

となり、2次側での信号振幅は、

$$3/3.5 \approx 0.86[\text{V}]$$

実効値は、

$$0.86/\sqrt{2} \approx 0.61[\text{V}]$$

最大出力は、

$$0.61^2/8 = 0.47[\text{W}] = 47[\text{mW}]$$

となる。

尚、 I_{C2} は R_3 によりベース電流 I_{B2} を調整して設定する。

(3) 電圧増幅回路

図1の回路中のトランジスタ TR_1 による電圧増幅回路において、 TR_1 の交流負荷 R_{L1} は抵抗 R_2 と次段の入力インピーダンスとの並列合成抵抗となる。この入力インピーダンスは抵抗 R_3 と TR_2 の h_{ie} (ベース・エミッタ間の等価抵抗)との並列合成抵抗となる。ここで、 h_{ie} は TR_2 に2SC1815YまたはGRを使用し、 I_{C2} を30[mA]としたときは、300から500 $[\Omega]$ 程度となり、一方、4.で示すように、 R_3 は10から20[K Ω]とするので、 R_{L1} を求める場合は R_3 は無視できる。ここで、 R_2 を2.2[K Ω]、 h_{ie} を400 $[\Omega]$ とすれば、

$$R_{L1} \approx 340[\Omega]$$

となる。また、直流負荷は $R_2 (=2.2 [K \Omega])$ のみである。

動作点、直流負荷線、交流負荷線を図3に示す。TR₁が理想的に動作するとき、理論的には直流負荷線が交流負荷線を2等分する点が最適な動作点であり、この点が動作点①である。しかし、この点では、TR₁のコレクタ・エミッタ間電圧 V_{C1} が0.5 [V]以下で実際のトランジスタの特性では飽和特性に近くなるため、歪を生ずるおそれがある。このため、ここでは V_{C1} が1.5 [V]程度となる動作点②を選定した。図3により、TR₁のコレクタ電流 I_{C1} は0.7 [mA]程度であればよく、 R_1 によりTR₁のベース電流 I_{B1} を調整して I_{C1} を設定する。入力変成器T₁は、入力信号源とTR₁のベース回路とのインピーダンスを整合させるはたらきをし、山水製ST-81 (1K Ω : 8 Ω 、0.2W) を使用した。

(4) 並列容量

5. (2)で述べる理由から、各トランジスタのコレクタ・エミッタ間に並列容量 C_3 及び C_4 を付加し、不必要な高域での増幅度を低下させている。

4. 測定

図1の回路中、増幅回路の部分を図4に示す展開板に製作し、表1のようにトランジスタ及び抵抗 R_1 、 R_3 を変えて次の測定を行った。

(1) 各部電圧等の測定

各トランジスタのベース・エミッタ間及

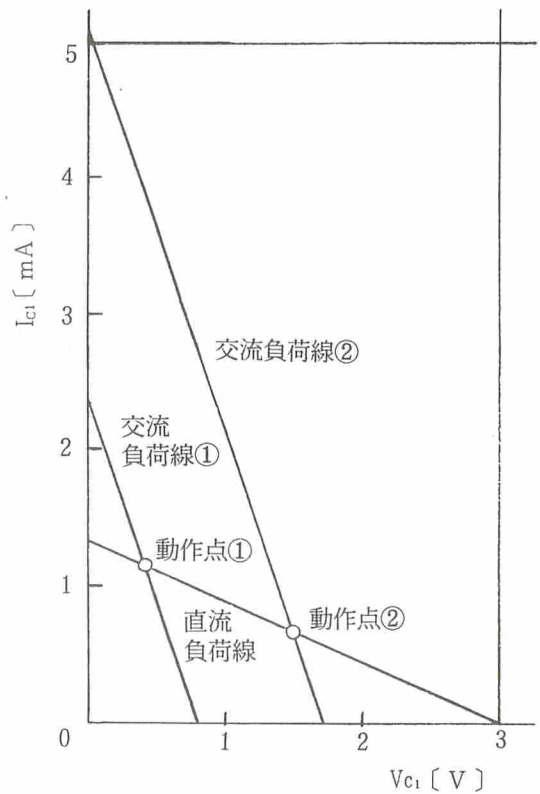


図3 電圧増幅回路の動作点と負荷線

表1 測定条件

トランジスタ TR1, TR2	抵 抗		備 考
	R [K Ω]	R [K Ω]	
2SC1815Y	220	22	教科書の値
	510	10	変更後の値
2SC1815GR	220	22	教科書の値
	1000	22	変更後の値

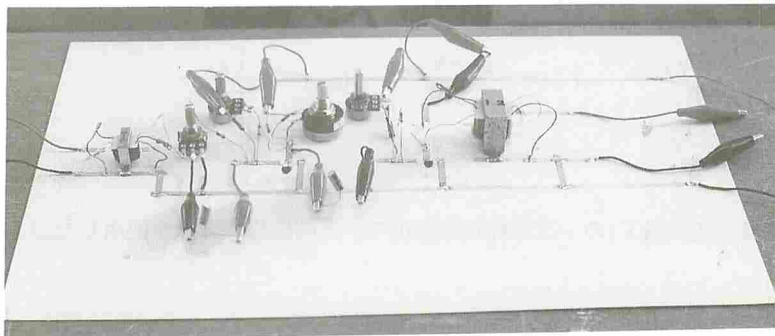
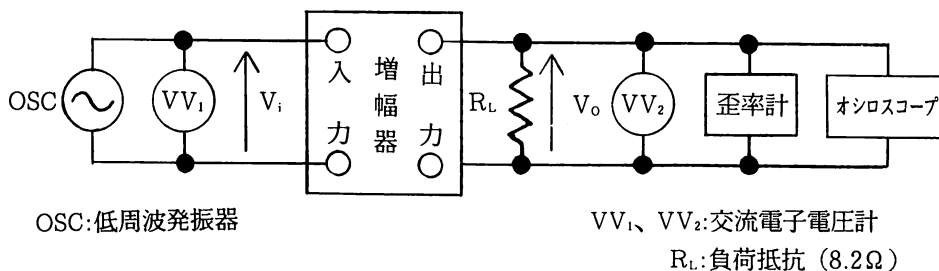


図4 増幅回路の展開板

びコレクタ・エミッタ間電圧、全電流を回路計で測定し、ベース電流、コレクタ電流及び直流電流増幅率を計算で求めた。尚、回路計を使用した理由は、製作中は主に回路計で測定するので、これに対応するデータを得るためである。

(2) 特性測定

図5に示す測定回路を構成して、入出力特性及び周波数特性を測定した。



5. 結果と考察

(1) 各部電圧等の測定

測定及び計算結果を表2に示す。表2から抵抗値を変更した場合の方が各トランジスタの動作点が、3. で述べた動作に適合した値となっていることがわかる。尚、抵

抗R₁が510及び1000〔KΩ〕のとき、TR₁のV_{B1}が過小な値を示しているが、これは回路計の内部抵抗(使用したレンジでは60〔KΩ〕)の影響によるものであり、デジタルテスタ(内部抵抗12〔MΩ〕)で測定したところ各々0.65及び、0.64〔V〕となり、適当な値を示した。

表2 測定結果

電源電圧E=3〔V〕

トランジスタ	抵抗〔KΩ〕		TR ₁					TR ₂					全電流〔mA〕
	R ₁	R ₃	V _{B1} 〔V〕	V _{C1} 〔V〕	I _{B1} 〔μA〕	I _{C1} 〔mA〕	h _{FE1}	V _{B2} 〔V〕	V _{C2} 〔V〕	I _{B2} 〔μA〕	I _{C2} 〔mA〕	h _{FE2}	
2SC1815 Y	220	22	0.59	0.15	11.0	1.30	118	0.72	2.82	104	15.0	144	15.2
	510	10	0.32	1.32	5.25	0.764	146	0.74	2.59	226	34.2	151	35.0
2SC1815 GR	220	22	0.59	0.12	11.0	1.31	119	0.72	2.60	104	33.3	320	34.0
	1000	22	0.15	1.71	2.85	0.586	206	0.71	2.60	104	33.3	320	33.0

$$\text{但し、} I_{B1} = \frac{E - V_{B1}}{R_1} \quad I_{B1} = \frac{E - V_{C1}}{R_2} \quad h_{FE1} = \frac{I_{C1}}{I_{B1}}$$

$$I_{B2} = \frac{E - V_{B2}}{R_3} \quad I_{C2} = \frac{E - V_{C2}}{R_T} \quad h_{FE2} = \frac{I_{C2}}{I_{B2}}$$

(R_Tは、変換器T₂の一次巻線直流抵抗で、実測値12〔Ω〕を使用した。)

(2) 特性測定

入出力特性の測定結果を図6に示す。図6から、抵抗値を変更することによって直線性が大きく改善されることがわかる。

また、抵抗値を変更した増幅器の周波数特性を測定した結果を図7に示す。図7から、増幅度が100〔KHz〕以上の高域周波数にまで及んでいることがわかる。この増幅回路は、音声信号の増幅が目的であるから、高域周波数は20〔KHz〕程度迄で充分であり、図7のような広帯域特性は異常発振等動作を不安定にする原因となり、不

適当である。そこで、高域での増幅度を低下させるために並列容量 C_3 及び C_4 を付加した。この容量値は実験的に決定し、0.047〔 μF 〕のセラミックコンデンサを使用することとした。並列容量を接続した場合の周波数特性を図8に示す。図8では、周波数10〔KHz〕程度以上で増幅度が低下し、適切な周波数特性となっている。

尚、図7、図8共低域周波数での増幅度が低下しているが、これは、変成器に小型のものを使用したためと考えられる。

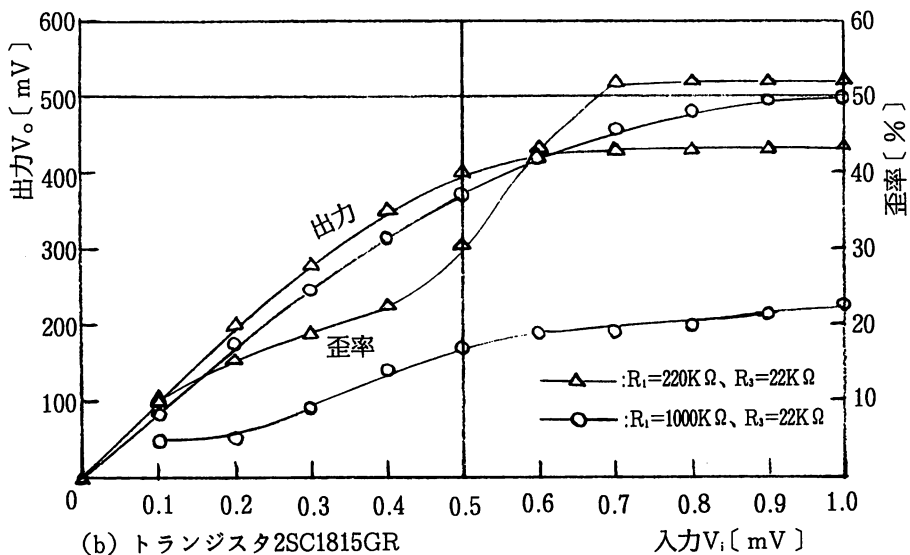
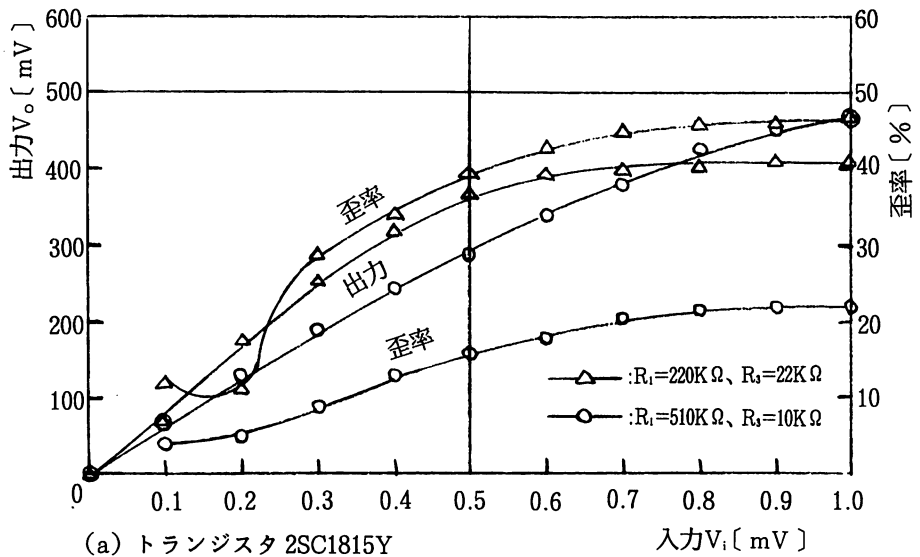


図6 入出力特性の測定結果 (周波数1〔KHz〕)

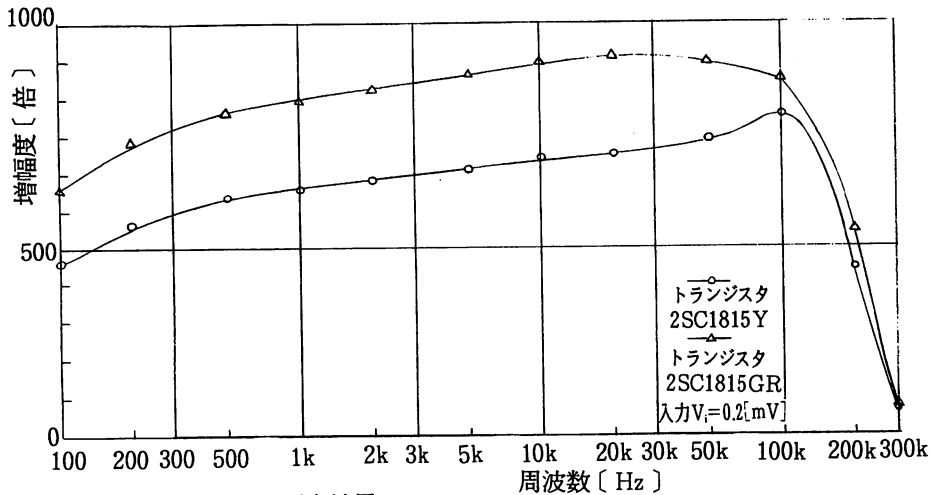


図7 周波数特性の測定結果

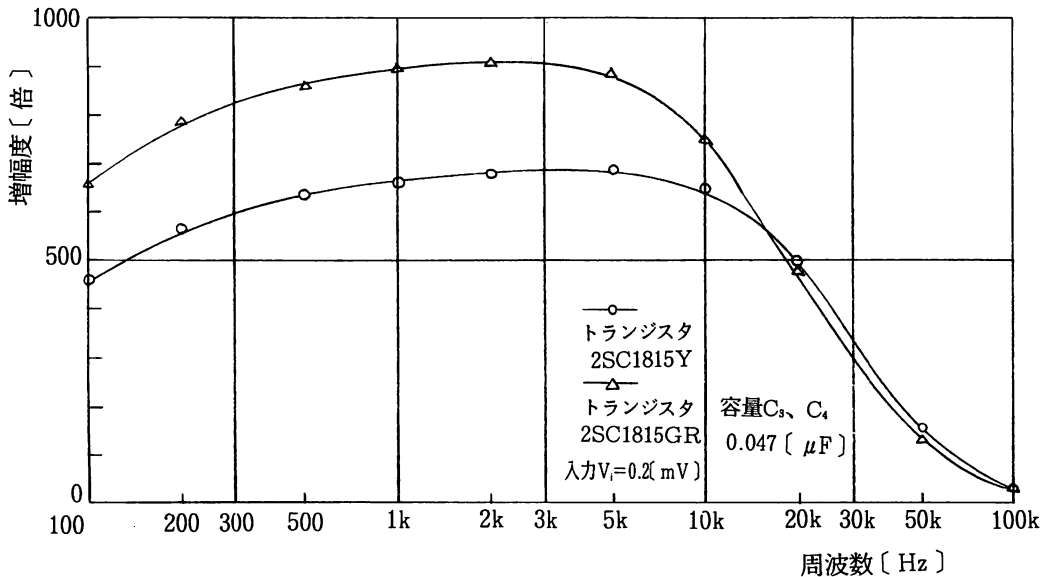


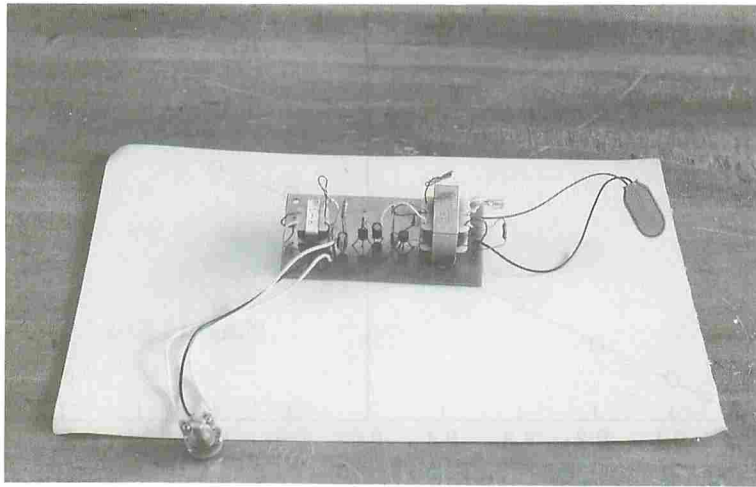
図8 並列容量を接続した場合の周波数特性

6. 題材としての適合性

本学科3年次後期に開講した電気工作実習の授業に於ける学生の作品及び測定状況を図9に示す。また、この作品の特性測定結果を図10に示す。図10は、図6及び図8と同様の特性を示している。

また、製作に要した授業時間は、回路図、部品表等の作成も含めて30時間前後、部品・材料代は容器を含めて3千円程度であった。

これらの特性、所要時間及び経費の点から、また、回路が抵抗容量結合と変成器結合の2つの方式から構成され、部品としてトランジスタの他固定抵抗器、可変抵抗器、電解コンデンサ、セラミックコンデンサ、変成器等が含まれており、学生に各種の回路や部品を体験させる意味からも、この2石インタホンが電気工作実習の題材として適当であることが確認できた。



(a) 増幅回路基板

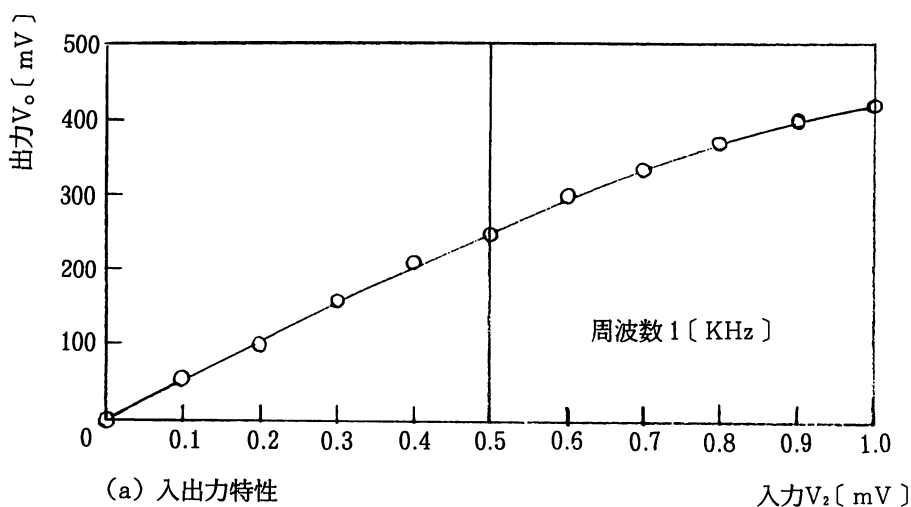


(b) 特性測定



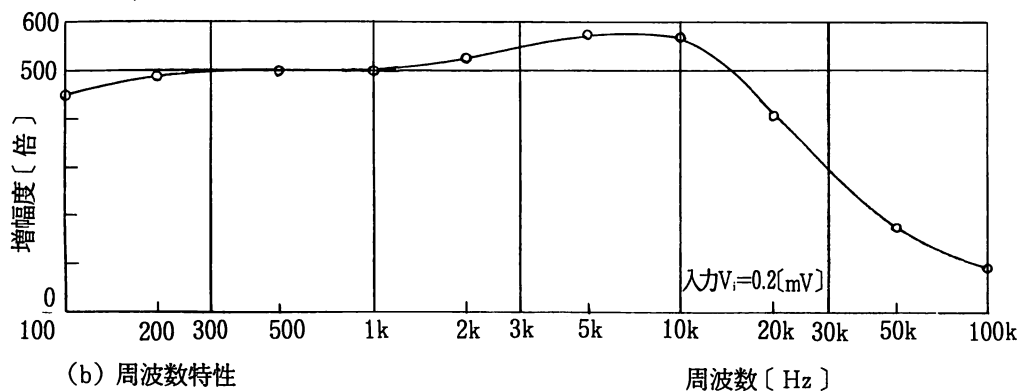
(c) 作品

図9 学生による製作例



(a) 入出力特性

入力 V_2 [mV]



(b) 周波数特性

周波数 [Hz]

図10 学生の作品の特性

(トランジスタ:2SC1815GR、 $R_1=1000K\Omega$ 、 $R_3=22K\Omega$ 、 $C_3=C_4=0.047\mu F$)

7. 結び

これまで電気工作実習の題材として採用してきた2石インタホンについて、その回路定数の一部を変更することによって、特性が改善されることがわかった。また、題材として適当であることが改めて確認できた。

謝辞

本研究を行うに当たり、協力頂いた本学科平成4年度3年次学生各位に感謝します。

参考文献

- 1) 技術・家庭科研究会編 技術・家庭学習指導書指導計画編 75頁 開隆堂 平成5年
- 2) 技術・家庭科研究会編 技術・家庭① 88頁 開隆堂 平成2年
- 3) 技術・家庭科研究会編 技術・家庭①学習指導書実践編 92頁 開隆堂 平成2年