



# 超音波 デジタル 距離計キット

測定距離：0.1m～3m（標準）〔最大10mまで可能〕

測定回数：40回/秒（3m計測時）

15回/秒（10m計測時）

## 製作・技術マニュアル

☆超音波(40kHz)の空中伝搬・反射時間を利用したデジタル距離計キットです。

超音波トランスデューサ部〔送信スピーカ/受信マイク〕を個別利用して、高感度・高精度計測を可能にしています。

☆標準計測距離は0.1～3mです。

〔送信スピーカ/受信マイク〕に超音波音響ホーン(自作可能)を取り付けた場合、10m程度まで計測距離を延ばすことができます。

☆計測表示には超高輝度赤色7セグメントLEDを3個使用しています。

測定分解能は1cm、3桁で最大999cm表示です。

☆電源電圧はDC8.5～12V、単一電源作動です。

携帯用距離計として電池駆動が可能です(NiCd充電電池または鉛蓄電池等)。

※表示部にLEDを使用しているため、006P等の乾電池動作は不可です。

☆送信パルスの立ち上がりから、反射パルスの立ち上がりまでの時間差を距離として表示しています。

基準発振17.2kHz(58.14 $\mu$ S)を送受反射波距離時間差によってゲートして、その通過パルス数(1パルス時間は超音波1cm往復距離と等価：測定空間温度20℃の場合)をカウント・表示しています。

測定誤差は $\pm 1$ cm以内(0.1～3m計測時)です(但し、音波の空中伝搬時間は、温度依存特性[331.5+0.6t m/秒, t:摂氏]をもっていますので、温度一定の条件を満たしている必要があります)。温度による係数補正、または、基準発振の校正(微調整)により、音速の温度補正が可能です。

《パーツリスト》 ※特に指定のないものは各1個です

- 555 × 2 : タイマーIC (CMOSタイプ7555の場合あり)
- 4011 (14011) : CMOSロジックIC, 4回路入2入力NANDゲート
- 4069 (14069) × 2 : CMOSロジックIC, 6回路入インバータ
- 4511 (14511) : CMOSロジックIC, BCD-7セグメントデコーダ
- 4553 (14553) : CMOSロジックIC, 3桁BCDカウンタ
- NJM4580D : 2回路入ロ-ノイズ高速オペアンプ (μPC4570Cの場合あり)
- LM358N : 2回路入汎用単電源動作オペアンプ
- 2SA1015 × 3 : PNP小信号汎用トランジスタ (2SA1048等の場合あり)
- 1S1588 × 3 : 小信号汎用スイッチングダイオード
- 1SS106 × 2 : 小信号用ショットキーダイオード
- NKR161 × 3 : 超高輝度7セグメントLED (カソードコモン) [STANLEY]
- 7809 : 9V, 1A出力三端子レギュレータ  
7809は、基板には取り付きません。  
電源の説明を参考に9Vの電源部としてご使用ください。
- T40-16 : 超音波送信器 (fo=40kHz, 高出力スピーカ) [日本セラミック]
- R40-16 : 超音波受信器 (fo=40kHz, 高感度マイク) [日本セラミック]

- 1kΩ × 8 : 「茶黒赤金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 10kΩ × 8 : 「茶黒橙金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 33kΩ : 「橙橙橙金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 47kΩ × 2 : 「黄紫橙金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 75kΩ : 「紫緑橙金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 100kΩ × 3 : 「茶黒黄金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 150kΩ : 「茶緑黄金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 1MΩ × 4 : 「茶黒緑金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 3.3MΩ : 「橙橙緑金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 9.1MΩ : 「白茶緑金」 ±5% 1/4Wカーボン抵抗
- 1.3kΩ : 「茶橙黒茶茶」 ±1% 1/4W金属皮膜抵抗
- 1.5kΩ : 「茶緑黒茶茶」 ±1% 1/4W金属皮膜抵抗
- 1.6kΩ : 「茶青黒茶茶」 ±1% 1/4W金属皮膜抵抗
- 15kΩ : 「茶緑黒赤茶」 ±1% 1/4W金属皮膜抵抗
- 10kΩ : 半固定抵抗、「103」または「10k」の表示

- 1000pF × 2 : フィルムコンデンサ、「102」の表示
- 2200pF : フィルムコンデンサ、「222」の表示、(2200~4700pF)
- 0.01μF × 2 : フィルムコンデンサ、「103」の表示
- 1000pF × 4 : セラミックコンデンサ、「102」の表示、(1000~2200pF)
- 0.01μF × 3 : セラミックコンデンサ、「103」の表示
- 0.1μF × 8 : セラミックコンデンサ、「104」の表示
- 10μF 16V × 2 : 電解コンデンサ、耐圧16V以上
- 100μF 16V : 電解コンデンサ、耐圧16V以上、(100~470μF)

AE-40RM : 72×95mm専用基板

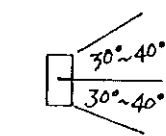
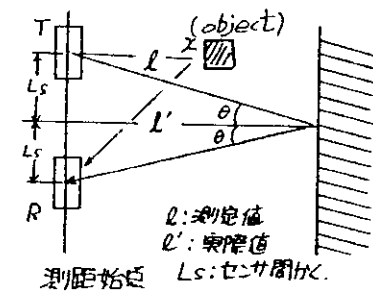
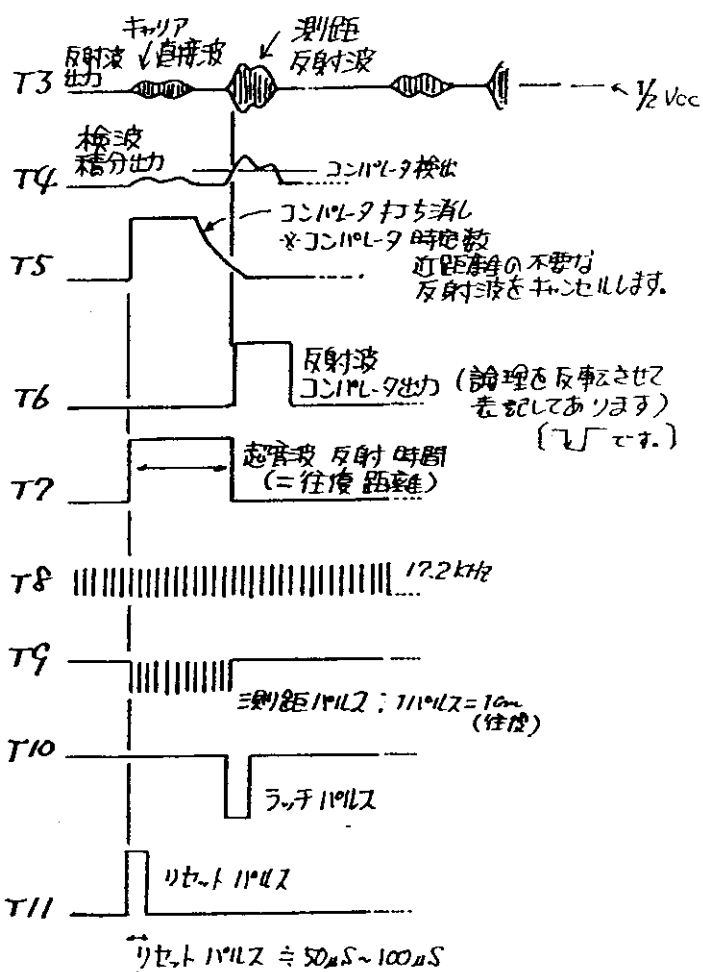
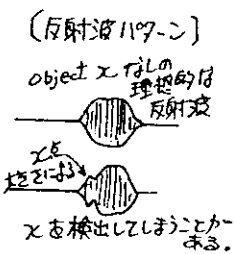
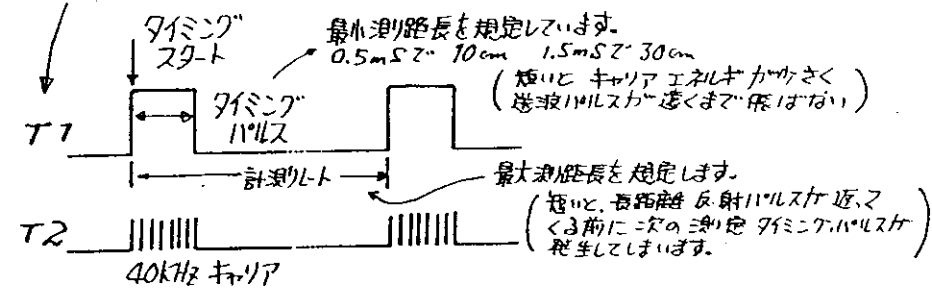
※製作前に必ず部品のチェックを行なってください。万一不足があった場合にはお手数ですがお申し出ください。

※各部品は許容範囲内で各社相当品・上位品の場合があります。

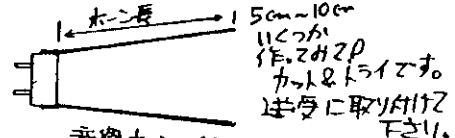
※部品は微調整用のためなどに多めに入っている場合があります。



回路図内テストポイント  
御質問はこのテストポイントを  
具体的に指定していただき  
状態をおきかせ下さい。④

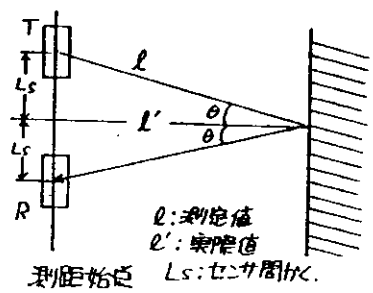


長距離測距の場合、(3~5m以上)  
エネルギーが拡散してしまったり  
側面の物体からの反射波を  
測り定してしまいます。



音響ホーン(紙で製作)  
ホーン長は、タイミングパルス長との  
関係で決め下さい。  
タイミングパルス長に対して  
短いホーン長を測定して  
しまいます。

近距離測距補正をかねておきます。




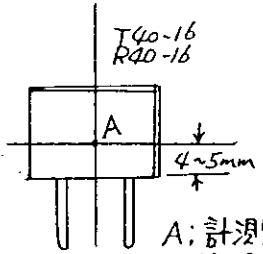
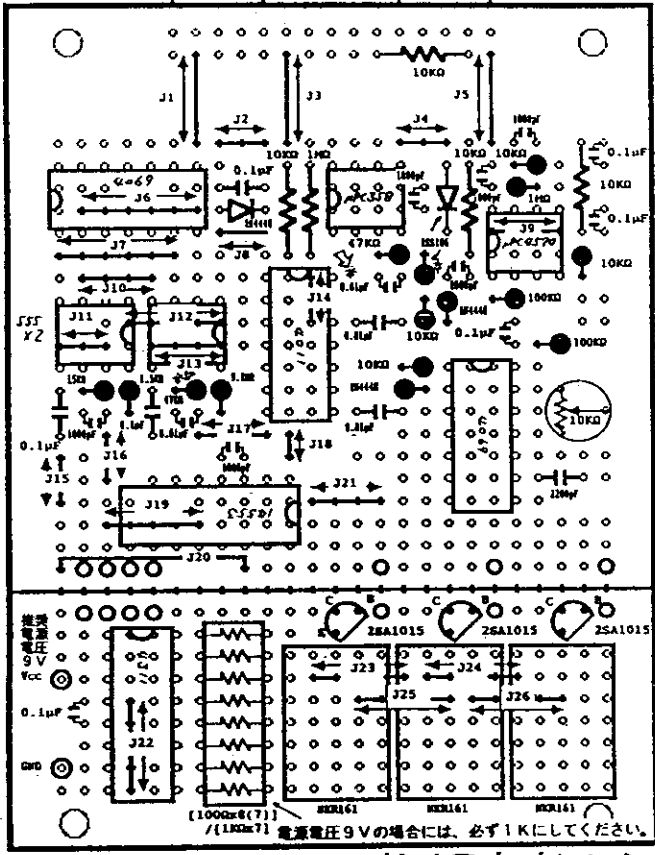
theta が充分小さければ (30cm以上)  
 $L' \approx L \times \cos \theta$  ( $\cos \theta \approx 1$ )  
theta が大きい (近距離測距の場合)  
 $L' < L \times \cos \theta$   
となります。  
そこで、パルスカウントスタート時に  
リセットパルス幅 (50μs~100μs)  
を差し引いて補正します。

又は、  
 $L^2 - L_s^2 = L'^2$   
より  
 $L' = \sqrt{L^2 - L_s^2}$   
↓  
L: Ls ほど  
大きければ  
 $L' \approx L$   
となる。

校正を 1m でおこなって。  
1m (100パルス) に対して、1.2パルスを  
補正 (-0.07~0.02 全体比) します。

の調整のめんどうは、  
 \* 0.01μFと0.02μF  
 (0.01μFと0.02μF  
 \* 390Ωと10kΩに  
 して下さい。  
 印刷部は、  
 色は、10μm~3mmです。

MIN  
  
 ダイオード  
 基板は、  
 立型に取付ます。

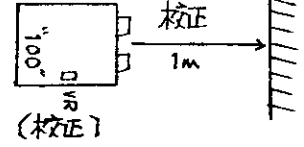


A; 計測開始点  
 (論理中心)  
 (セラミックセンサーの  
 中心)

← 1mで"100"校正  
 このVRで常に1m校正を  
 して下さい。  
 カバから7mのとこで  
 校正するのが正確です。

← 表部分離する場合はこ  
 で切断できます。

2SA1015  
 (上から目と) 音の反射  
 しやすい  
 ↓ 平らなカバ



別紙にて、上記の拡大図があります。  
 (御参照下さい)。

10cm~3mの測距の場合上記推奨定数は、ほぼ無調整でOKです。  
 (この場合、Vccは9Vとして下さい)。

10m程度の測距を必要とする場合は、オシロ等で測定ポイントを  
 確認してから各定数を追い込んで行って下さい。

Caution/ 超音波(40kHz)は、「音」として空気を伝播します。

音速は、毎秒 331.5m + 0.6t (tは℃) m であらわされます。  
 tは0℃での値は 331.5m/s です。  
 20℃ での音速は、331.5m + (0.6 × 20)m = 343.5m/s です。  
 したがって、20℃で校正し、1mを 0℃で測定すると、  
 (331.5m / 343.5m) × 7m = 0.96m 又は 0.97m と表示さずはなりません。

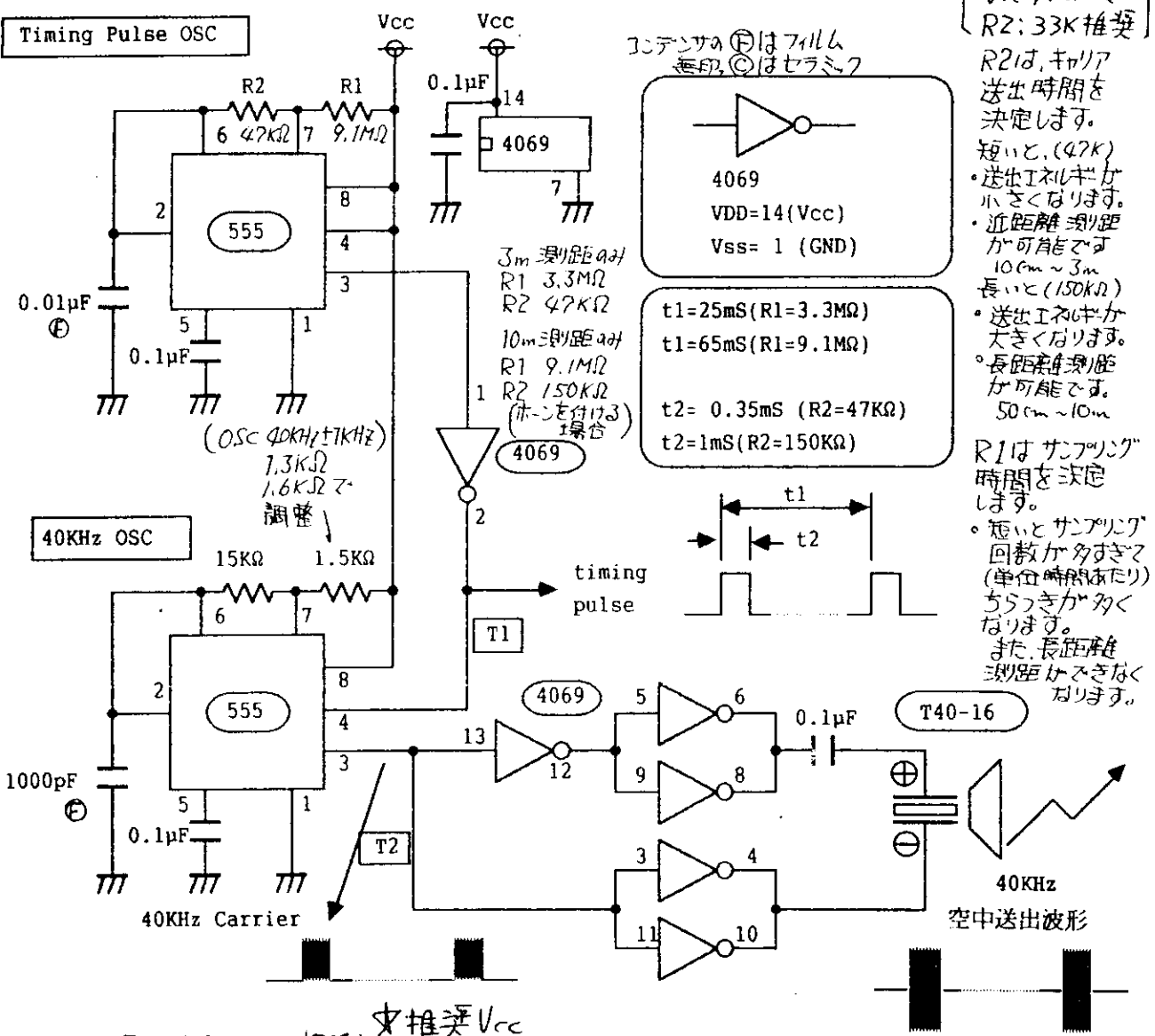
校正は、温度が異なるときその都度上記(左~右)の  
 校正をするか、20℃で校正して、右図推奨で補正して下さい。

検算計数は、  
 (20℃校正)

0℃	0.965
5℃	0.974
10℃	0.983
15℃	0.991
20℃	0
25℃	1.001
30℃	1.017
35℃	1.026

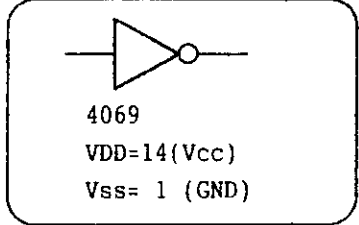
±1cm  
以内

Timing Pulse OSC



[Vcc 9Vのとき]  
R2: 33K推奨

コンデンサ①はフィルム  
②はセラミック



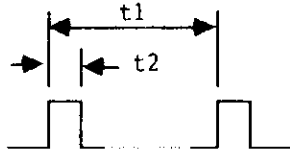
4069  
VDD=14(Vcc)  
VSS=1(GND)

t1=25mS (R1=3.3MΩ)  
t1=65mS (R1=9.1MΩ)

t2=0.35mS (R2=47KΩ)  
t2=1mS (R2=150KΩ)

R2は、キャリア  
送出時間を  
決定します。  
短いと、(47K)  
・送出エネルギーが  
小さくなります。  
・近距離測距  
が可能です  
10cm~3m  
長いと(150KΩ)  
・送出エネルギーが  
大きくなります。  
・長距離測距  
が可能です。  
50cm~10m

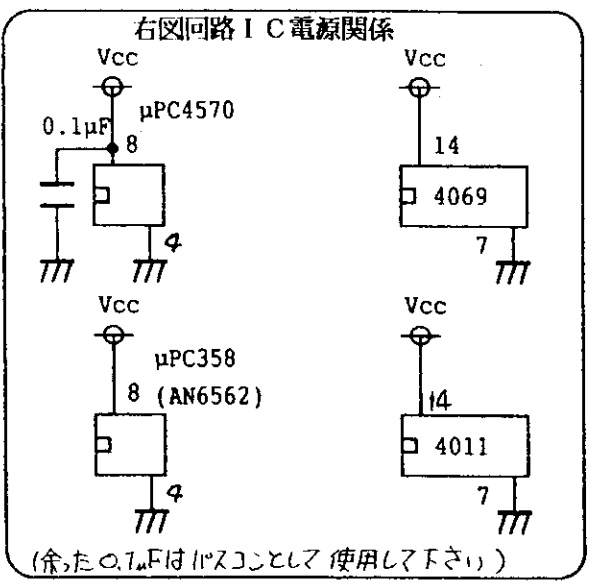
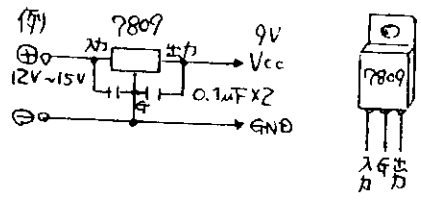
R1はサンプリング  
時間を決定  
します。  
・短いとサンプリング  
回数が多すぎて  
(単位時間あたり)  
うたつきが大き  
くなります。  
また、長距離  
測距が小さく  
なります。



★推奨Vcc  
Vcc (電源は、9V~12V 標準)  
5V作動可 (3m 測距 あり)  
(安定化 直流電源を用意して下さい。)  
150mA max (9V)

▷ 低消費電力にする場合 (電池駆動)  
LEDの電流制限抵抗を 1KΩ にして  
下さい。(50mA (9V) 程度になります)

▷ ACアダプタ等の 非安定化電源の場合、  
端子抵抗を 9V~12V を使います。



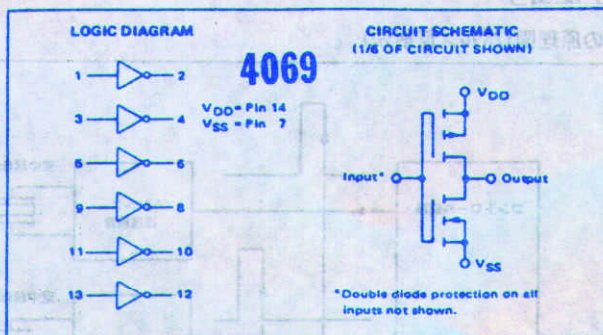
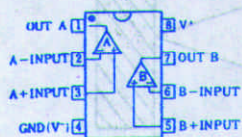




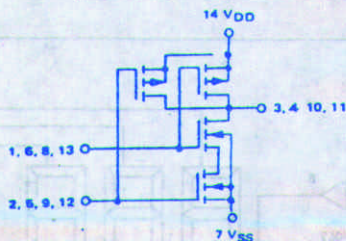
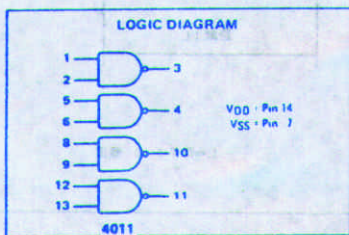
# 《使用半導体データ》

## μPC358 μPC4570C デュアルオペアンプ

電子接続/Connection Diagram (Top View)



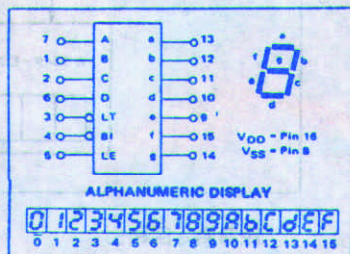
## 4011



**CMOS MSI**  
(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)  
**4311**  
BCD-TO-SEVEN SEGMENT  
LATCH/DECODER/DRIVER

**TRUTH TABLE**

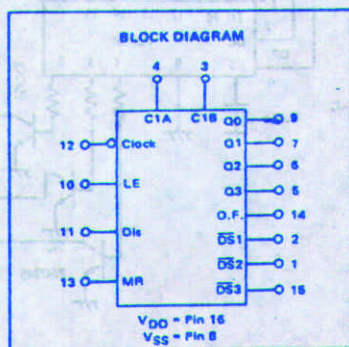
INPUTS				OUTPUTS							VCR	DISPLAY	
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g			h+i
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	Open	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	Open	1
0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	Open	2
0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	Open	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	Open	4
0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	Open	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	Open	6
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Open	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	Open	8
1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	Open	9
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	Open	A
1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	Open	b
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	Open	C
1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	Open	d
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	Open	E
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	Open	F



## 4553

### CMOS LSI

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)  
THREE-DIGIT BCD COUNTER

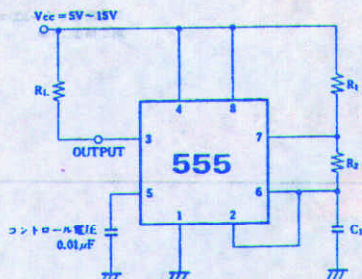


**TRUTH TABLE**

INPUTS				OUTPUTS
MASTER RESET	CLOCK	DISABLE	LE	
0		0	0	No Change
0		0	0	Advance
0	X	1	X	No Change
0	1			Advance
0	1	0	0	No Change
0	0	X	X	No Change
0	X	X		Latched
0	X	X	1	Latched
1	X	X	0	Q0 = Q1 = Q2 = Q3 = 0

X = Don't Care

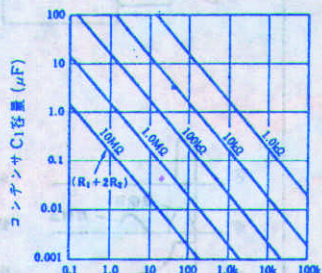
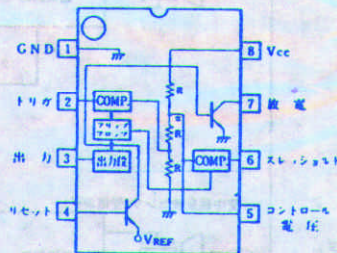
無安定発振回路



(図d) 無安定発振回路例

## 555

高性能タイマー回路



(図f) R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, C<sub>1</sub> による発振周波数相関図

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C_1$$

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C_1$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) C_1}$$

# 調整方法 (テストのみ使用) (オシロで調整する時)

(オシロで調整する時) 参考にどうぞ  
(#はICのピン番 555 #5は5番ピン)

## ① 40kHz 送受テスト

40kHz OSC 555の #4を  $V_{CC}$ に直接つなぐと、40kHzの連続発振が得られます。  
(テストが終わったら必ず切ります)

[T3] に連続受信波形が出ます。(カベに超音波を反射させます) (簡易700-A)

D 簡易700-Aにより、テスト表示が最大になる

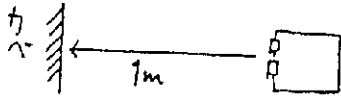
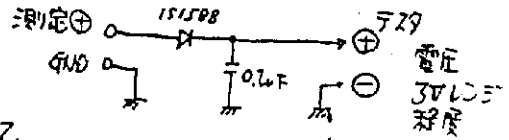
抵抗を選びます (1.3kΩ 1.5kΩ 1.6kΩ)

555 #7に接続された抵抗。(微調整する時は、

抵抗は1.5kΩにして、

555の#6.7に接続された抵抗15kΩを

#VRにします。(7.5kΩ 10kΩ)

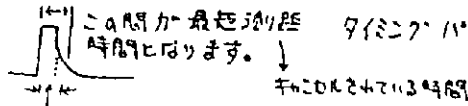


(3m以上)  
(遠くまで測距する時は必ずこの調整をして下さい。)

\*送受の40kHz合わせ以外の周波数は、40,000kHzではなく、  
それらの圧電素子の固有共振周波数で決まります。  
(40kHzとは、便宜的に40と11,211,211と書かれています)

## ② 最短・最長測距について

a: 最短測距はJ2116-7 uPC358a #3に52543。J2116-7 キャピタリ時間決定させます。



uPC358 #3の 1MΩ, 47kΩ 0.01μFを  
15kΩに決定させ

この113時間 送信時間 [T1]

40kHzのキャリア送信時間を変えることができます。

送信時間OSC 555 R2 (47kΩ) で決まります。最短 最長  
この113時間を短くすると 最短は 33kΩ 10cm 6cm  
(最長は) 20kΩ 5cm 9cm  
10kΩ 3cm 3cm となります。

(送信時間を短くすると、  
キャリアの送信電力も  
小さくなるので、  
超音波が遠くまで飛ばない)

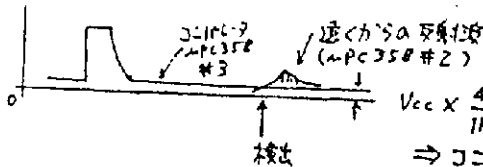
(長くすると 150kΩ, 50cm-10m程度、但し、uPC358a #3 0.01μFを 0.1μFにします)

最短測距の確認の方法



近づけていき、表示が止まる時にこれが最短測距の位置です

b: 最長測距 (遠くから返ってくる反射波のレベルは小さい) とこのことを理解して下さい。



$$V_{CC} \times \frac{47k\Omega}{1M\Omega + 47k\Omega} = 0.20 \sim 0.20V$$

112番ピンに電圧が加わると  
uPC358 #2に動作が起きます。

⇒ J2116-7 uPC358 #3番 電圧を越えるレベルで

[T4] 信号が uPC358 #2にかけられると検出される。

\* J2116-7電圧を下けると、低いレベルの信号にも応答するから  
(uPC358 #3) 112番の動作の原因は、2.55Vの  
47kΩの抵抗は 33kΩまでです。

送信時間長くとすると、送信電力も大きくなります。

送信時間OSC 555の 47kΩを150kΩまで大きくできます。

但し、周囲IC-等による影響を除く為

uPC358 #3の 0.01μFを 0.1μF程度にします。

## ③ 電源について

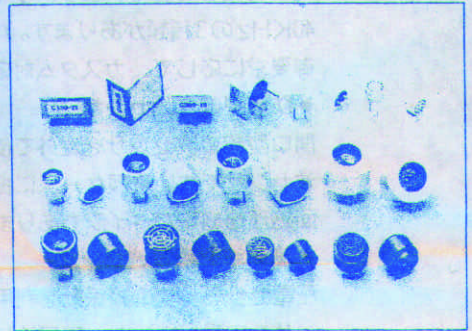
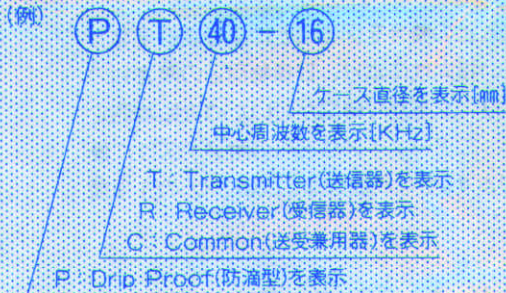
電源が変動すると、Ampの出力電圧、J2116-7比較電圧、各オシロの周波数が  
変わり、ズレが生じます。安定化定電圧電源として下さい。

\* デジタルアナログ混在回路となり、LEDの高光輝度点灯による電源ノイズを受け  
やすいため、注意して下さい。特別な電源対策なしの場合、LEDの電流制限抵抗は  
1kΩ x 2として下さい。(1kΩの抵抗を2本使えば、下さい。) LEDは超高光輝度型のため、  
充分な電流が得られます。



空中用超音波センサは、振動子として圧電セラミックを用い、超音波を発生、それを空中に放射あるいは逆に空中からの超音波信号を検知するセンサで、物体の存在判別や物体までの距離の測定等広い分野において利用できます。

## ■コード名の説明

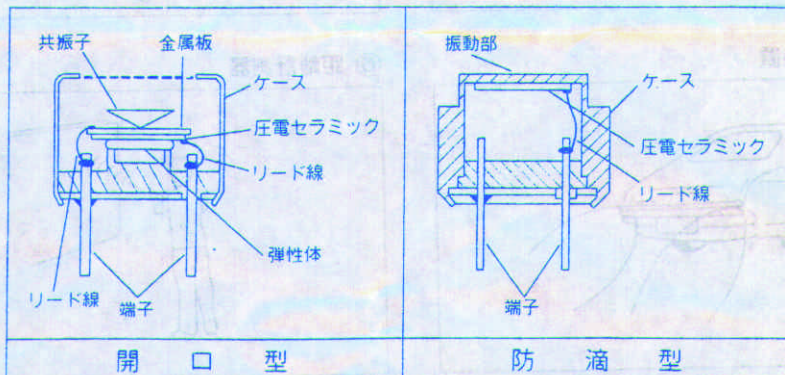
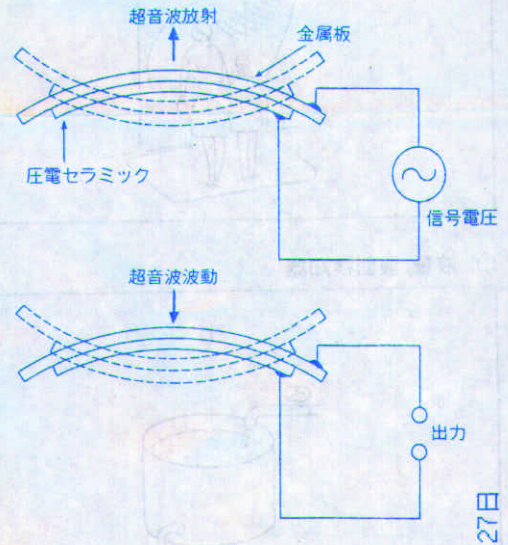


## ■基本構造と動作

電極をもうけ分極された圧電セラミックにおいて、電極間に電圧を加えると、この電圧に対応した機械的な変形を生じ又圧電セラミックに外部から応力を加えると電極間に電荷を発生します。

本超音波センサは、この圧電現象を利用したものでその基本構造は、圧電セラミックに金属板を貼り合せたユニモルフ構造の振動子で形成されています。

この振動子に信号電圧を加えると振動子が屈曲振動を起こし、この機械振動周波数と信号電圧の周波数とを一致させた時に最も効率的に超音波を空中に放射します。又振動子に空中から超音波の波動が加わると、振動子が屈曲振動を生じ振動子電極間に波動に応じた電気出力を発生します。前者を送信器、後者を受信器として用います。



## ■ 超音波センサの種類

### ● 開口型超音波センサ

ユニモルフ振動子と共振子を結合して構成されています。開口型ですので、非常に感度が高い特徴を有しています。サイズは、外径 $\phi 10\sim\phi 24\text{mm}$ で、主な周波数は、 $25\text{KHz}\cdot 32\text{KHz}\cdot 40\text{KHz}$ の3種類があります。パルス駆動に最適な低残響タイプも取り揃えており、また、御要求に応じて、カスタム対応も致します。

### ● 防滴型超音波センサ

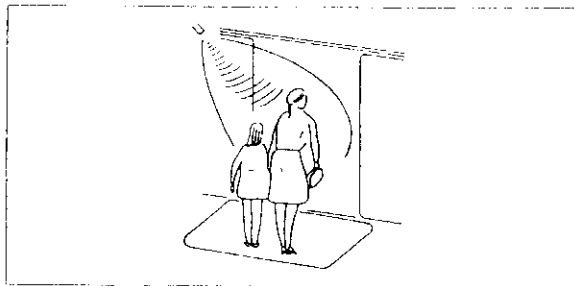
開口型超音波センサを屋外で使用する場合に問題となる、雨滴や塵の影響を解決した超音波センサです。金属ケースに振動子を封じ込んだ密閉型構造です。耐候性を考慮して、表面処理を施したタイプもあります。サイズは外径 $\phi 16\text{mm}$ 。周波数は $40\text{KHz}$ です。

### ● 高周波型超音波センサ

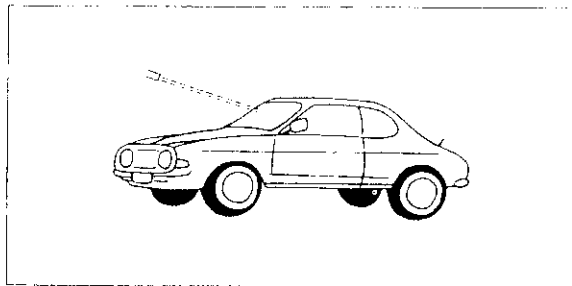
圧電セラミックの縦振動を利用し、特殊材料で空気との整合を図ることにより高感度なセンサを実現しました。高周波特有の短い波長と鋭い指向性により、目標物周辺の障害物の影響を受けにくく、しかもパルス駆動時の立上がり、立下がり時間が短いため近距離測定を高精度で行なうことが可能です。また、衝撃音、エアノイズなどへの耐ノイズ性に優れるため実装ユニットにおいて、誤動作がなくなります。主な周波数は、 $200\text{KHz}$ の1種類です。(特許申請中)

## ■ 応用例

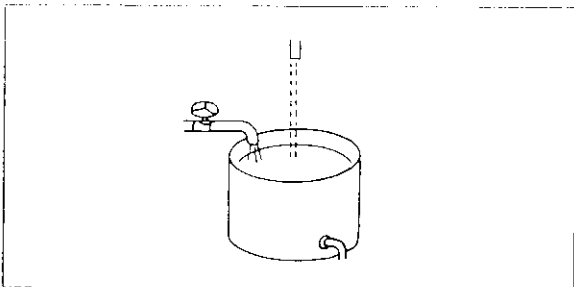
### ① 自動ドア、来客検知器



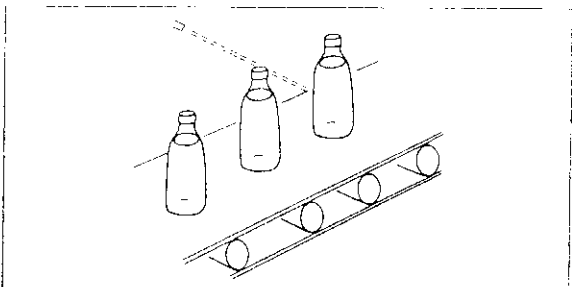
### ② パーキングメーター、車輛検知器



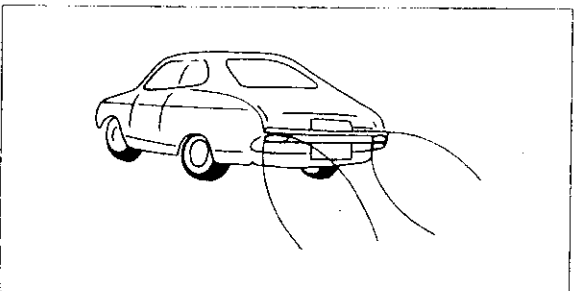
### ③ 液量、液面検知器



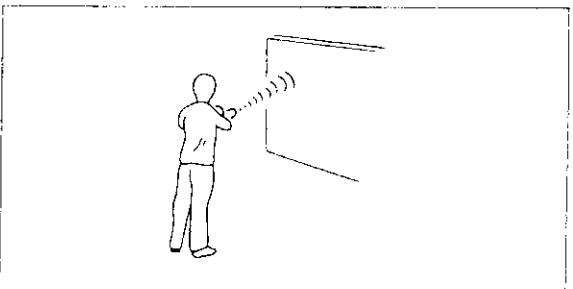
### ④ コンベアー上の物体検知器



### ⑤ 自動車後方警戒装置



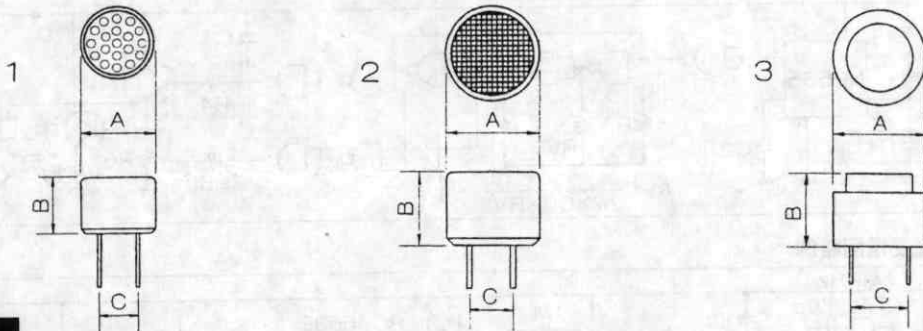
### ⑥ 距離計測器



超音波センサの仕様

TYPE	送信 / 受信器						
	汎用型				防滴型	低残響型	
	T/R25-16	T/R40-10	T/R40-12	T/R40-16	P T/R40-16	C40-16	
中心周波数 [KHz]	25	40					
音圧レベル [dB]	110<	107<	112<	115<	106<	-	
感 度 [dB]	-65<	-70<	-67<	-64<	-78<	-	
反 射 感 度 [dB]	-	-	-	-	-	-68<	
-6dB指向性*[deg]	80	100	80	50	90	50	
静電容量 [pF]	2.500	1.100	2.500	2.400	2.000	1.300	
許容入力電圧 [Vrms]	20						
外形寸法 [mm]	A	16.2	9.8	12.6	16.2	16.2	16.2
	B	12.2	6.8	9.5	12.2	12.3	12.2
	C	10.0	5.0	8.5	10.0	8.5	10.0
ケース外観	2	1	2	2	3	2	

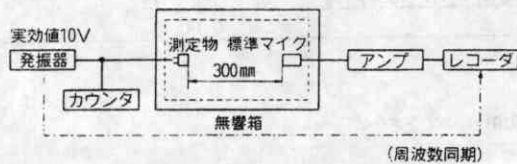
\*半減全角



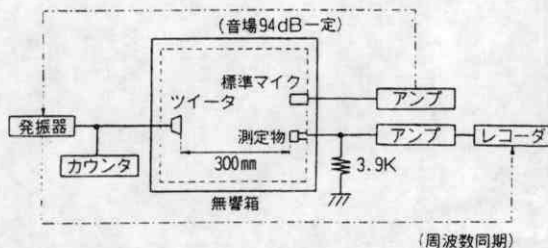
測定回路

●周波数特性

送信側(音圧レベル測定) : 0 dB = 0.0002 μbar

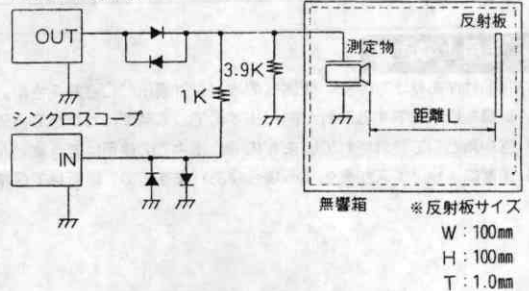


受信側(感度測定) : 0 dB = 1 V/μbar



●反射感度測定

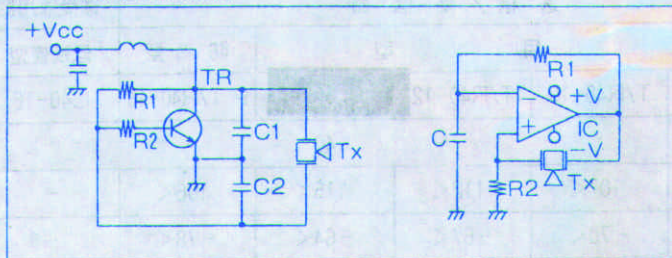
パルスバースト波



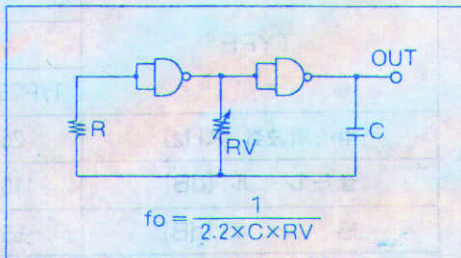
TYPE	C40-16
距離 L	300mm
基準レベル =印加電圧	0dB =10Vpp

参考回路

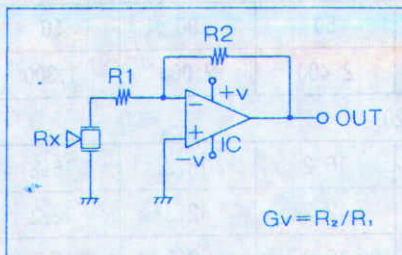
1) 自動振送信回路例



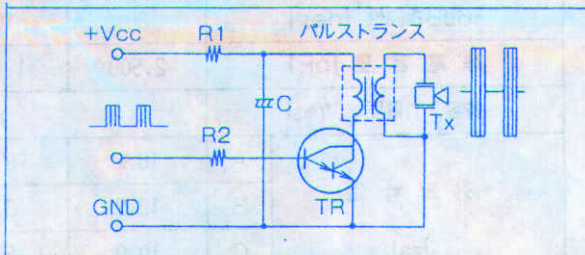
2) 発振回路例



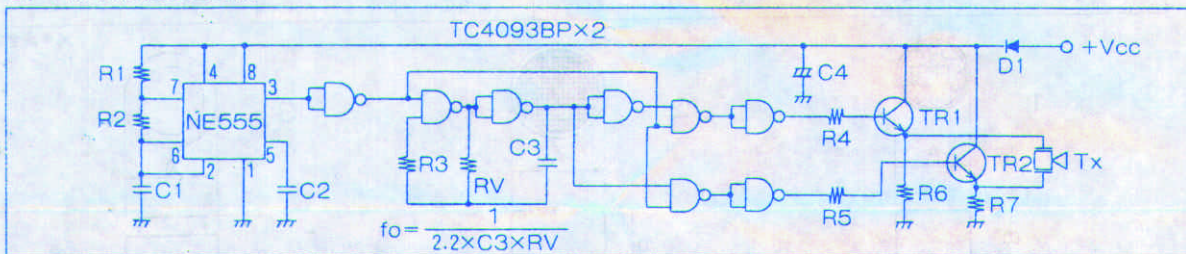
3) 受信回路例



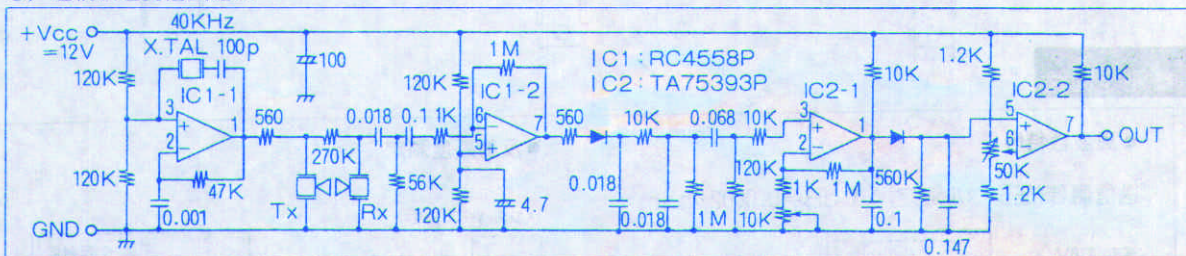
4) 昇圧(送信)回路例



5) パルス波送信回路例



6) 連続波送受信回路例



■ご使用上の注意

- 1) 指向性がありますので、機器への取り付け場所にご注意下さい。
- 2) 絶縁抵抗が低下する恐れがありますので、長時間にわたって直流電圧を印加しないで下さい。
- 3) 空中用として設計されていますので、水中での使用はできません。
- 4) 衝撃によりノイズが発生する場合がありますので、緩衝材で保持してご使用下さい。