

# パラメトリック・スピーカー・キット

## ■ 概要

- ★ 超音波を使用した、単一指向性可聴スピーカーの実験キットです。
- ★ 超音波搬送波は、50個の超音波発振子から発振され、低周波音声で変調され送出されます。従来のスピーカーの概念とは全く異なります。超音波は非常に直線性が良い為正面で最大の音声となり、少し離れると聞こえなくなります。光に近い性質を持つため、音がシヤに反射しますので壁に向けると壁から反射した音が聞こえます。数 10m 先からでも正面では音声を聞く事ができます。実験キットとはいえ十分実用に使用可能、アイデア次第で色々な場所で使用が可能です。
- ★ PIC16F819 使用で、面倒な周波数調整も測定器無しで行なえます。
- ★ 音質は、超音波発振子の性質から HiFi では有りません。音声周波数(400Hz～5KHz程度) ですから、音声アナウンス等が最適です。
- ★ 入力は、音源機器のイヤホン又はスピーカー出力から入力します。入力はステレオ対応。(但し内部では左右混合のモノラルになります)
- ★ 本キットには 50 個の超音波発振子が付属しています。本キットの制御基板は 100 個までの超音波振動子をドライブする能力が有りますのでオプションで 50 個追加して使用可能です。あくまでも実験キットですから、パーソナルユースな音量仕様を前提としています。超音波発振子を増やす事により、音量(音圧)を増やす事が可能です。(後述補足参照)
- ★ これまでのスピーカーの概念を変える音の感触と、音響効果を実感する事が出来ます。
- ★ 電源、12V の DC 電源 (AC アダプタ等)。

推奨 AC アダプター: 秋月電子(通販コード M-812) LTE(GFP)101U-1210(12V1A) 1 個 550 円

- ◎ 用途: 特定方向にのみ音声を伝えたい放送。商品ディスプレイ。博物館、美術館等の説明・ガイド。視覚障害者向けのガイド。パーソナルなスピーカーとして。等々アイデア次第で用途は無限です。

## ■ 結 元

CPU	PIC16F819 20MHzクロック (周波数カウンター、超音波出力コントロール)
超音波発振子	SPL社製 UT1007-Z325Rトランスデューサー 50個パラレル接続 (100個まで可)
出力周波数	搬送波発振周波数 40.3KHzセンター±0.1KHz
入 力	モノラル。3.5mmステレオ・ミニ・プラグにて入力。
変調方式	FM (周波数変調)
無変調時	約5秒で搬送波停止機能
使用環境条件	室内 (屋外で使用する場合は防滴、結露対策を十分行う事)
電 源	12VDC 約300mA平均, ピーク600mA (12V1A程度の電源をご使用下さい)
基板寸法	制御基板: 98mm x 65mm 1.6t両面ガラススルホール基板 スピーカー基板: 98mm x 55mm 1.6t両面ガラススルホール基板

## 注 意

- ・ 当キットの製作は、必ず最後までこのマニュアルに目を通してから行ってください。
- ・ 本キットに使用する超音波発振子は、強い衝撃には物理的に非常に弱い構造になっております。取り扱いには十分ご注意下さい。又、使用する音源により、スピーカー面が温かく熱を持つ事が有りますが、発振素子自体の発熱によるもので異常では有りません。連続使用可能。但し、単一周波数の連続音やホワイトノイズ、ピンクノイズ等の連続音、過大な入力はしないで下さい。高価な発振子を劣化又は破損の恐れがあります。
- ・ スピーカー面からは耳には聞こえませんが、強力な超音波が放出されています。耳に何らかの影響が出る場合も有りますので、耳の直近でのご使用はなさらないように、個人責任でご使用頂くようお願いいたします。
- ・ 製作に関しましては、当社ホームページ(<http://www.tristate.ne.jp/tsjb007.htm>) も合わせてご覧下さい。

<免責事項> 当キットを使用すること、及び利用方法で生じた損害・損失は、直接・間接を含め如何なるものでも保証・責任を負うものではありませんのでご了承下さい。

## ■ パラメトリック・スピーカー・キット部品表

名称	基板上記号	実装	型番/値	数	Description	
IC	IC1	●	78L06	1	6V 3端子レギュレーター	
	IC2	●	ICM7555	1		
	IC3	●	74HC04	1	C-MOSロジック	
	IC4		LMC662又はNJU7095D	1	デュアル・オパ・アンプ	
	IC5	●	78L05	1	5V 3端子レギュレーター	
	IC6		PIC16F819	1	プログラム書き込み済みマイコン	
	Q1,5	●	2SC2712 等	2	トランジスタ	
	Q2,3	●	FDS4935A	2	デュアル Pチャンネル・パワー-MOS FET	
	Q4,8	●	2SA1162 等	2	トランジスタ	
	Q6,7	●	μ PA2753GR	2	デュアル Nチャンネル・パワー-MOS FET	
	ダイオード	D2,4		LED (赤色)	2	Over,Under表示用
		D3,5		LED (緑色)	2	Good,FET ON表示用
		D6,7,9	●	1SS184 等	3	
音声入力ジャック	J1			1	ステレオ	
DC入力ジャック	J2		MJ-179	1	DC12V電源入力用	
セラミック発振子	OSC1		20MHz	1	CPU用	
半固定抵抗	R7		10KΩ/B ポテンショメーター	1	発振周波数調整用	
タクトスイッチ	S1			1	発振周波数テスト用	
コンデンサ	C6,15,23,24	●	390PF	4	積層セラミック	
	C7	●	0.01 μ F (103)	1		
	C3,5,11,17,18	●	0.1 μ F (104)	5		
	C9	●	4.7 μ F	1		
	C1,10,16,21,22	●	1 μ F	5		
	C13,14	●	3.3 μ F	2		
	C2		10 μ F	1	電解コンデンサ	
	C4		100 μ F/16V	1	電解コンデンサ	
	C12		3,300 μ F/16V	1	電解コンデンサ	
	抵抗	R1,17,18,33	●	10Ω	2	
		R17,18	●	2.2Ω	2	
		R5,6	●	36Ω	2	
R36		●	56Ω	1		
R35		●	100Ω	1		
R28		●	180Ω	1		
R13,16		●	220Ω	2		
R11,12		●	270Ω	2		
R2,4,23,26,27,29		●	1KΩ	6		
R14,15		●	3.3KΩ	2		
R37		●	4.7KΩ	1		
R19,21,24,34		●	10KΩ	4		
R3		●	39KΩ	1		
R20		●	100KΩ	1		
R30		●	1MΩ	1		
ICソケット		(IC6)		18ピンDIP	1	CPU用
	(IC4)		8ピンDIP	1	オパ・アンプ用	
インダクター	L1-1,L1-2		LHL13NB101K 100 μ H	2	超音波発振子50個用インダクタンス (L2はオプション)	
超音波発振子	SP1		UT1007-Z325R	50		
専用基板 制御用			TS-ParameSP1	1	両面ガラスエポキシ基板	
専用基板 スピーカー用			TS-ParameSP2	1	両面ガラスエポキシ基板	

● の部品は、工場出荷時基板に実装済みです

## ■ 製作前の注意事項

★ 製作前に上記部品・数料をご確認下さい。万が一、不足等ございましたら、お手数でも製作前にお申し出下さいますようお願い致します。

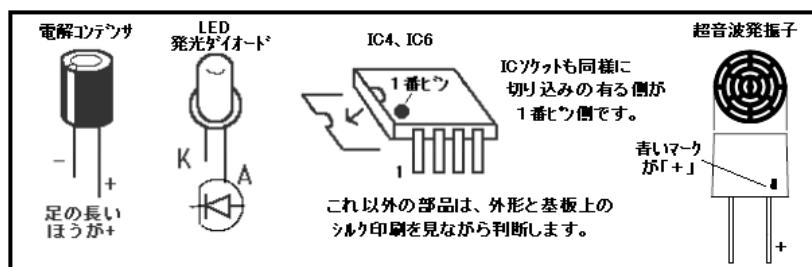
改良の為、予告無く基板、部品等が変更になる場合がございます。その際は変更・訂正のデータが折り込まれておりますので、それらを必ずお読みになってから本文をお読みくださいますようお願いいたします。

★ このキットは、両面ガラス・スルホール基板※を使用しています。間違って部品をハンダ付けしますと、専用工具でなければ部品を取外すことが大変難しい場合があります。回路図、パーツリスト等を十分に確認してからハンダ付けしてください。

※スルホール基板とは、基板にある穴は筒状のメッキを施した導電性で、基板表面と裏面とを電氣的に導通させております。

半田後むりやり部品を抜いたり、むやみに穴を大きくしたりすると導通が無くなり動作しなくなったりします。

## ■ 向きが有り間違えやすい部品実体図



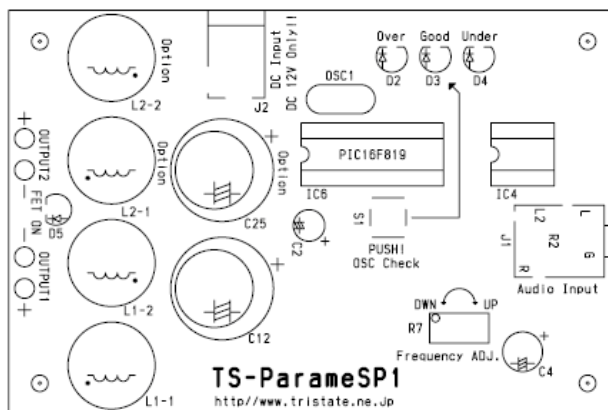
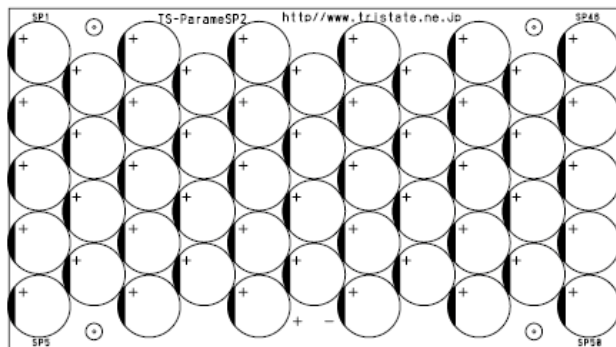
キットの部品には、向きがある部品が含まれて居ます。図の部品には注意して下さい。部品リストの部品番号と基板上のシルク印刷された部品番号の所に印刷された形状等に合わせて取り付けます。後頁に基板実体図も用意していますので合わせて参考にして下さい。

## ■ 基板

基板外形寸法: SP1 制御基板 98mm x 65mm : SP2 スピーカー基板 98mm x 55mm

基板仕様: ガラスエポキシ 1.6mm厚 両面スルホール 基板

四隅の取り付けネジ穴寸法: SP1 88mm x 55mm 3.5mmΦx4 : SP2 70.6mm x 49mm 3.5mmΦx4



## ■ 組み立て (組み立てに関しては6ページの実体図と当社ホームページ該当ページを参考にしてください)

基本的には背の低い部品よりハンダしていきます。前項にも有る様に注意としてはスルホール基板を使用していますので、一度ハンダすると外しにくい場合十分確認してからハンダする事をお勧めいたします。

1. 組み立てにあたって、前のページに有りますパーツリストと部品を確認します。パーツリストに有る[基板上記号]の記号と基板上の同じ記号に部品をハンダ付けしていきます。基本的には背の低い部品から取付けて行きますが、上記図の向きの有る部品は特に注意してハンダしてください。このキットに使用しています基板は両面ガラス・スルホールという基板で、ハンダ後に部品を取り外す場合、専用工具等では取れない場合があるからです。良く確認してからハンダ付け作業を行なってください。
2. 【制御基板の作成】  
このキットでは、制御基板ではIC1,2,3,5,D6,7,9と抵抗、一部を除くコンデンサの61個の部品は既に機械で実装されています(パーツリストで●マークの部品)。  
初めに取り付ける部品の順番としては、まず背の低い部品、CPU(IC5)用とIC4のICソケット、タクトスイッチ(S1)、OSCセラミック発振子、4個のLED(発光ダイオード、色を間違えないように)を順番に取り付けて行きます。向きの有る部品に注意します。(前述の部品実体図と基板実体図とを併せて参照下さい)
3. 最後に大物部品を取り付けて行きます。電源用DCコネクタ(J2)、半固定抵抗(R7)、ステレオ・ジャック(J1)、電解コンデンサ(C2,4,12、向きに注意)、インダクター(L1-1,L1-2、向きに注意)を取り付けます。
4. 完成しましたら、電源を入れる前に十分回路を目視点検を行ってから投入してください。テスターがあれば電源投入時、約15mA程度(投入時1回のみ、4個のLEDが順次流れる様に点灯しますので消灯してから測定)ですから、これ以上に流れた場合は、即電源を切り点検してください。
5. 【制御基板の発振周波数調整】  
発振周波数の調整を行いません。測定器は不要です。PICマイコンが最適な周波数を教えてくれます。音源を接続する前に電源を入れタクトスイッチ(S1 OSC Check)を押しながらR7の半固定抵抗の上にあるネジをカネ用等の小さなマイクドライバーで回し、「Good」の緑LEDが点灯する所で止めます。周波数が高い場合は「Over」LEDが点灯、周波数が低い場合は「Under」LEDが点灯して導きます。半固定抵抗は、一方方向に回しすぎると「カチカチ」とクラッチが働きますので、その時点から逆に回し戻します。  
尚、この調整は音源を入力しながら行なうと正確に調整できませんので、無音状態で行なってください。

一度調整すると、以後ほぼ調整する必要は有りませんが、時々スイッチを押して「Good」を確認して下さい。調整が完了しましたら、電源を切っておきます。

注意： 制御基板組み立て後周波数調整前に、通電しスピーカー基板を絶対に接続しないで下さい。  
スピーカー基板の超音波発振子が壊れる事が有ります。

#### 6. 【スピーカー基板の作成】

スピーカー基板に 50 個の超音波発振子を取り付けます。超音波発振子には極性が有ります(青いマークが付いている方が「+」になります)ので基板の印刷に合わせ注意して下さい。発振子の密着度を上げる為に基板パターンが精密になっています。ハンダする前に基板の下に発泡スチロールを敷き、全ての発振子を差込み、平らな板を載せてから基板ごとひっくり返し、発泡スチロールを外してからハンダ付けするようにしてください。発振子のリード(約 10mm)は、放熱も兼ねていますので切断せずにそのままご使用ください。

注意： 制御基板組み立て後周波数調整前に、通電しスピーカー基板を絶対に接続しないで下さい。  
スピーカー基板の超音波発振子が壊れる事が有ります。

7. スピーカー基板と制御基板をリード線(少々太めがお勧め)で接続します。「+」「-」に注意。

8. 制御基板とスピーカー基板の接続が終わりましたら、音源入力に音源を接続、電源を入れます。

注意：音源のボリュームは十分絞った状態から、徐々にボリュームを上げていって下さい。

スピーカー基板より音が出るのを確認します。音を確認できない場合は、組み立てを確認してください。

過大入力の制限回路を持ちませんので、出力が歪まないように注意して入力調整してください。

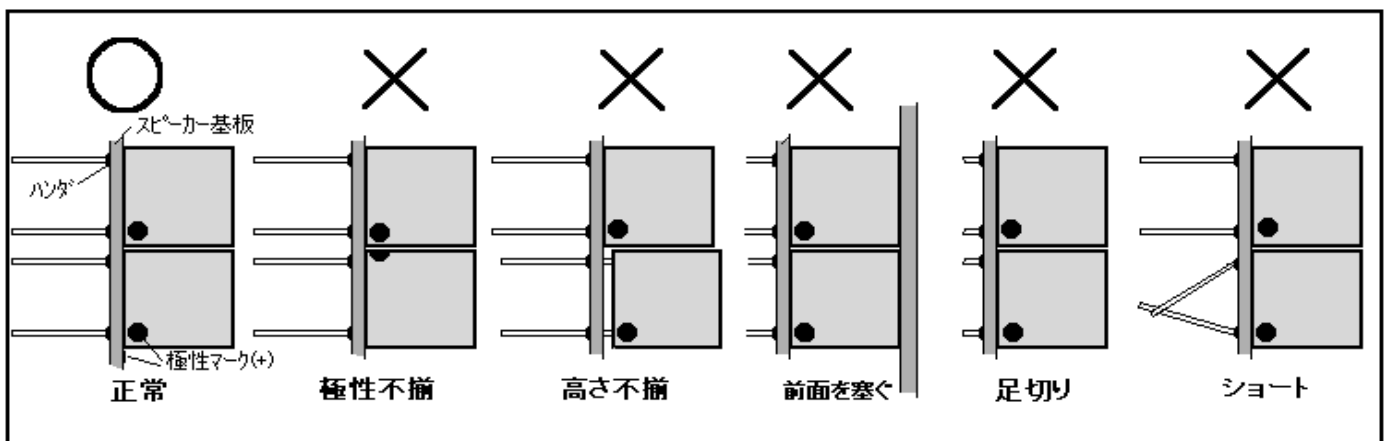
注意： 過大入力超音波発振子を劣化させたり、破損の原因と成りますのでご注意下さい。

< 以上で組み立て、調整は完了です >

#### ■ 超音波発振子の取扱い注意事項 (必ず読んで下さい <<重要>> )

1. 制御基板に電源が入った状態で、スピーカー基板を接続しない事。超音波発振子が壊れる事が有ります。
2. 超音波発振子には前述の様に、極性が有ります。極性を間違わない様に注意して取り付けてください。間違えて取り付けますと、正しい極性と逆の極性の超音波発振子との超音波の位相が逆になり、音圧を打ち消しあう事になり、音圧を下げてしまいます。
3. 超音波発振子の取り付けは、可能な限り高さを揃えて取り付けてください。これも、超音波の位相のズレにより、音圧を下げてしまいます。超音波 40KHz の波長は、8.1mm です。
4. 電源投入後、音源入力がある無しに関わらず、超音波発振子のスピーカー面を塞がない様にしてください。無音が5秒間続くと、超音波キャリアは停止する様に成っていますが、かなりの音圧の超音波が出ていますので超音波発振子に負荷が掛かり劣化を進める恐れが有るからです。普通のスピーカーと異なり、発振子の前面にサランネット等で塞ぐと超音波はほぼ吸収され通過しません。目の大きい金網等をお勧め致します。
5. 述の様に、超音波発振子の取り付けの際、超音波発振子の余分な長さの足を切断しないで下さい。超音波振動子が連続で稼働すると熱が発生しますので、長い足は放熱を兼ねています。
6. 超音波発振子の+-の足をショートしないで下さい。この足は、50個全て並列に接続されています。1個でもショートしますと、超音波発振子をドライブしているFETが破損します。  
組み立て後、スピーカー基板の裏側は、ショート防止の工夫が必要です。

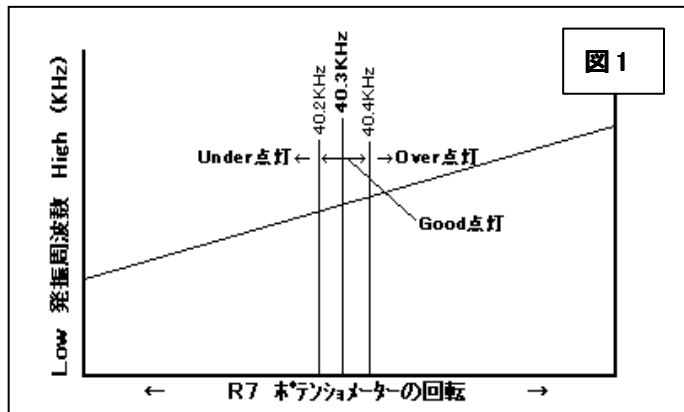
#### 【超音波振動子のスピーカー基板への実装時の注意点図説】



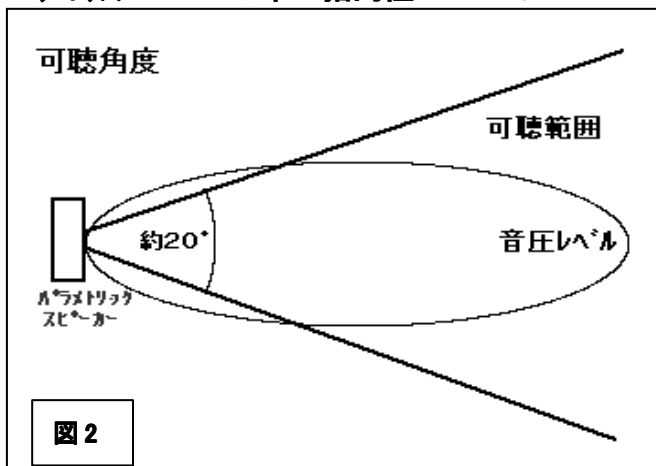
音圧(音量)やボード自体のトラブルの原因と成る事項ですから、必ずお守りください。

■ 当キットの周波数調整について

当キット使用の超音波発振子は、40.0KHzを中心に±1KHzに共振点を持っています。当キットでは、40.3KHz±0.1KHzを発振し超音波発振子に加え発振させます。発振周波数の調整は基板上的のR7（ポテンシオメータ）とPICマイコンの周波数カウンター機能で簡単に行なえます。電源を入れ基板上的のS1「OSC Check」の外スイッチを押すと「Under」又は「Over」の何れかの赤いLEDが点灯します。外スイッチを押しながらポテンシオメータを回していきますと有る所で「Good」の緑LEDが点灯しますので、それで規定範囲(図1)の周波数に合った事になります。



■ パラメトリックスピーカーの単一指向性について



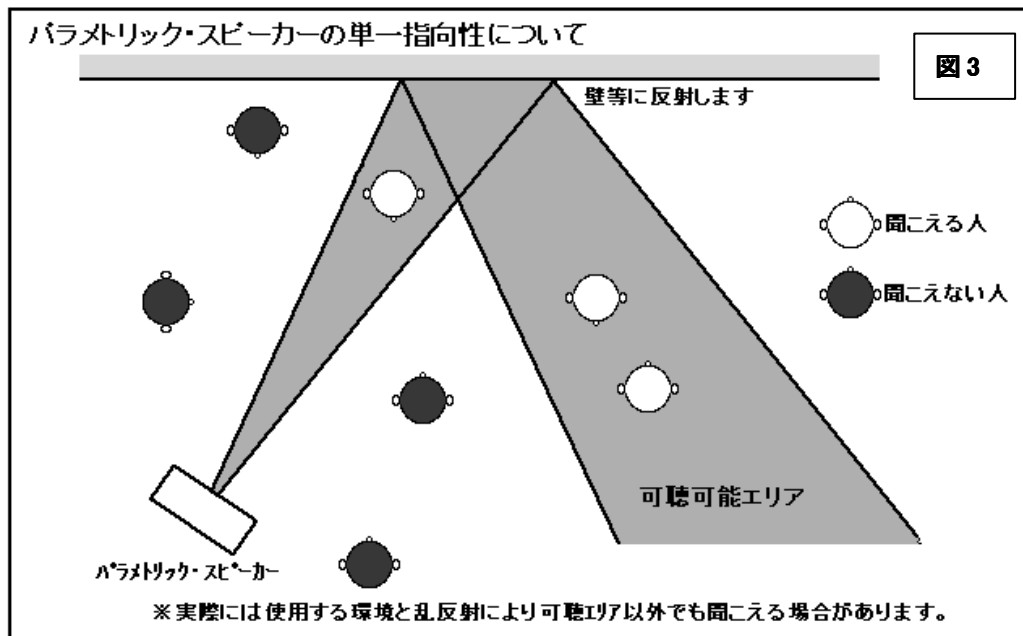
パラメトリック・スピーカーは、一般のコーンを振動させて音を伝える物と概念が全く異なります。図2の様に低周波音声に変調された超音波は、超音波振動子の前面よりそのエネルギーは、正面で最大の音圧となり直進します。

ですから従来のスピーカーとは異なり、パラメトリック・スピーカーの裏面やサイドでは超音波キャリアが届きませんので、音自体回り込んで聞こえるという事はありません。

実際には、正面では最大で聞こえますが、中心より約20°の範囲となります。

指向特性を図3で説明いたします。

音声変調された超音波キャリアは、前述の様に光に近く直進しますので、壁や天井等に音がシビアに反射します。これも一般のスピーカーには無い特徴といえます。ですから、直接的に音を聞く用途に加え、間接的に反射を利用する事が出来ますので、絵画、ディスプレイモニター等に向けて、反射を領すると絵画やモニターから音が出ている様な効果が得られます。図3は理論上の可聴できるエリアですが、実際は壁等の突起物にも反射しますので、スポット的に可聴できる範囲は広がります。



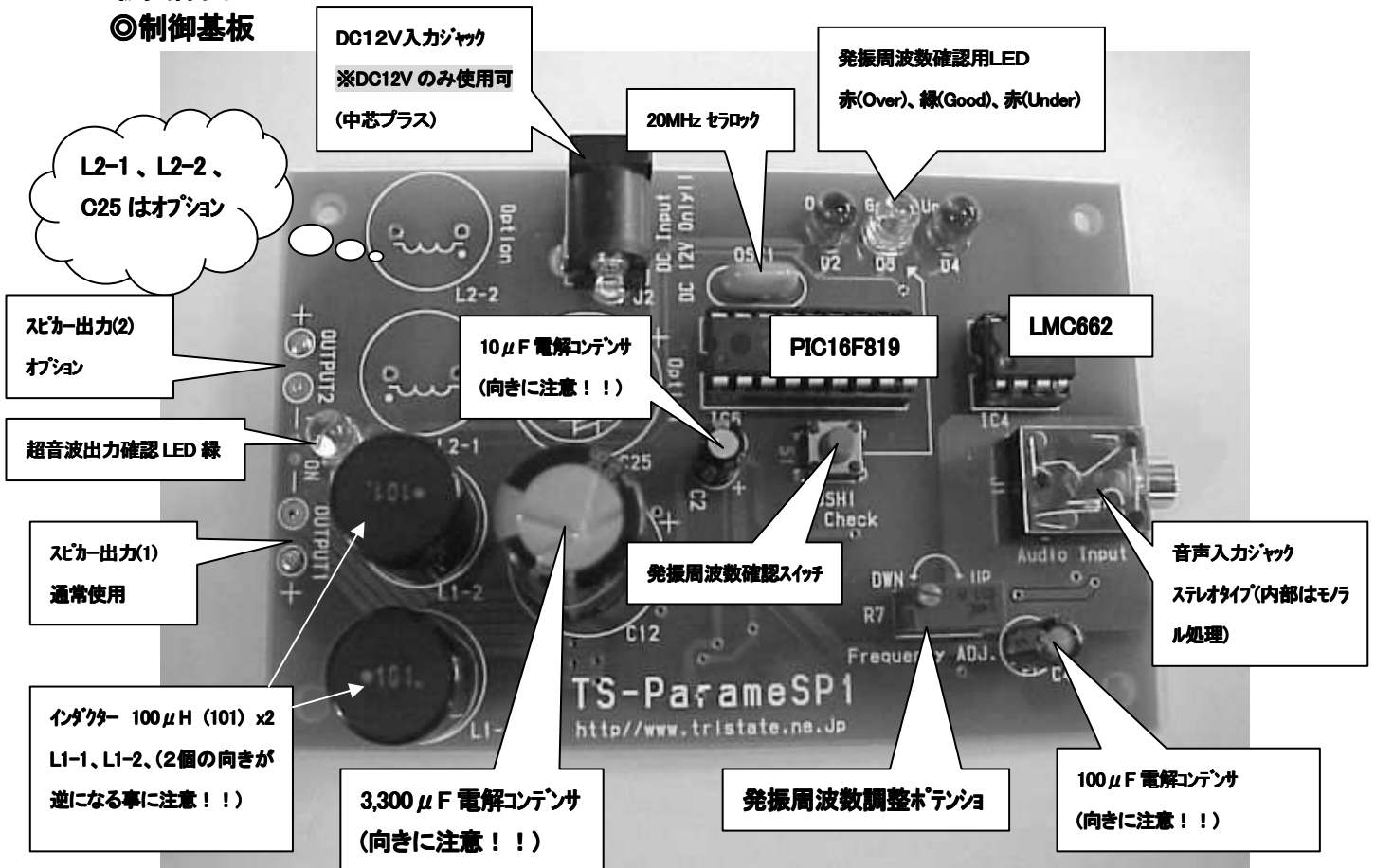
※実際には使用する環境と乱反射により可聴エリア以外でも聞こえる場合があります。

ガラスの様な均一な面での反射は、図3の様な理想的な反射が望めます。



■ 基板実体図

◎制御基板

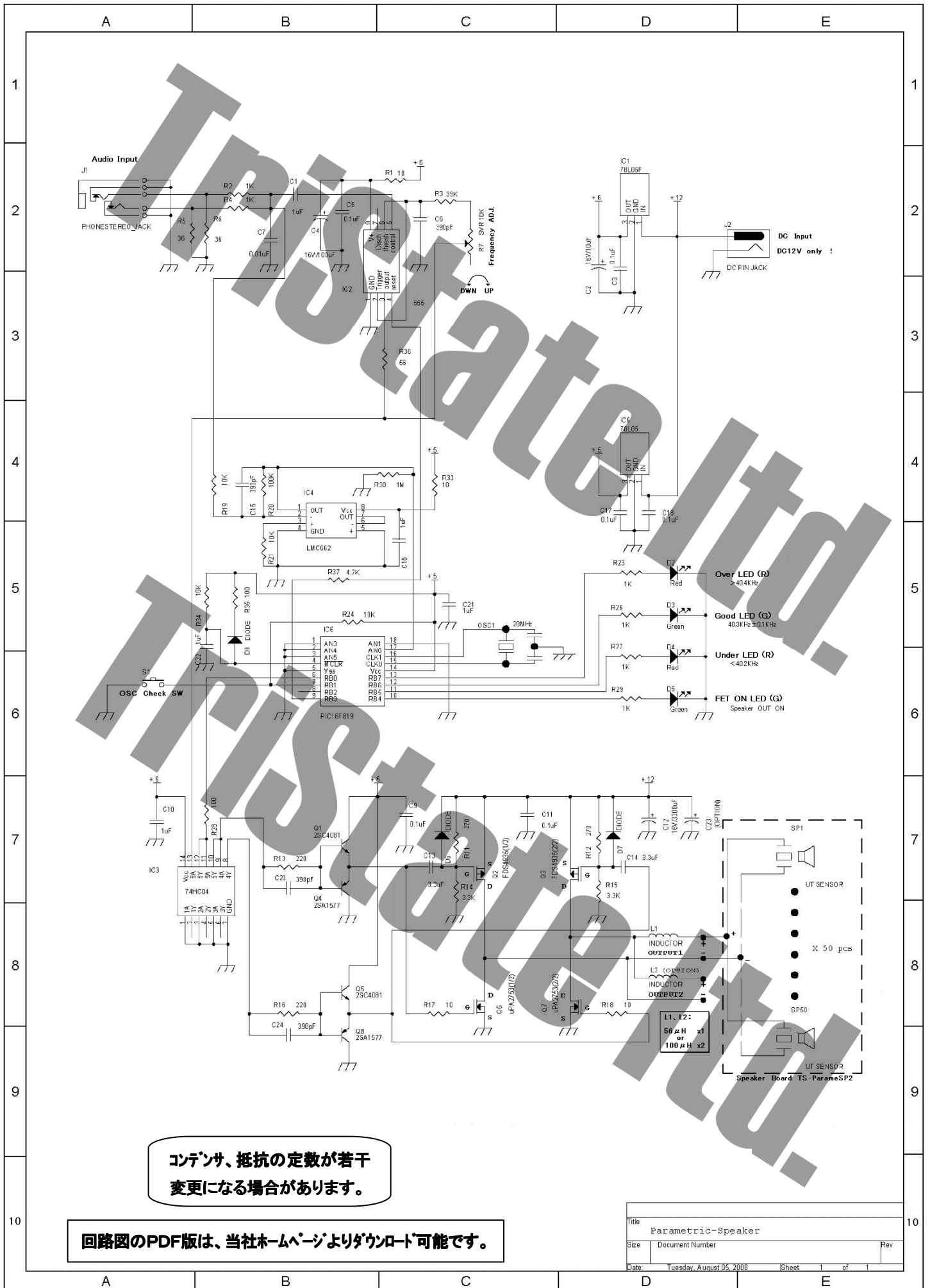


◎スピーカー基板



足は切らず、発振子の表面が平らに成る様にハンダします。

■ 回路図



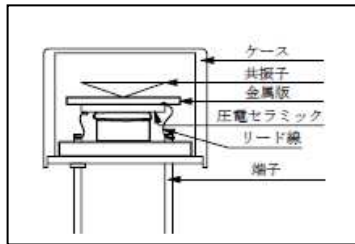
コンデンサ、抵抗の定数が若干  
変更になる場合があります。

回路図のPDF版は、当社ホームページよりダウンロード可能です。

Title	Parametric-Speaker	
Size	Document Number	Rev
Date:	Tuesday, August 05, 2008	Sheet 1 of 1

## ■ 補足説明

### ◎ 超音波発振子について



日本セラミック㈱のカタログより転載

SPL社製 超音波帯域用トランスジューサー UT1007-Z325R

中心周波数: 40.0±1.0KHz 送信音圧: MIN 116dB(40KHz)

静電容量 : 2,700pF±20% 連続許容入力電圧: 10V rms

瞬間許容入力電圧: 20V rms

構造上、強い衝撃、振動、高温、多湿、腐食性ガス、潮風等には性能劣化を招きますので、扱いには十分ご注意ください。

※防水/防塵では有りませんので、使用環境により対策が必要です。

### ◎ インダクター L1(L2)について(各 2 個使い)

スピーカー出力のインダクタンスは、超音波発振子 50 個並列の静電容量計算に基づき計算されたインダクタンス値になっております。超音波発振子を50個以外の数にする場合は、そのまま使用できません。当キットは、超音波発振子を最大 100 個まで接続する能力が有りますが、50個単位で増設して下さい。その際は、L2 にオプションのインダクター 2 個(L2-1,L2-2)と電解コンデンサ 1 個(C25)(現行と同じもの)を増設し、OUTPUT2 に接続して下さい。

### ◎ パラメトリック・スピーカーの音圧(音量)について

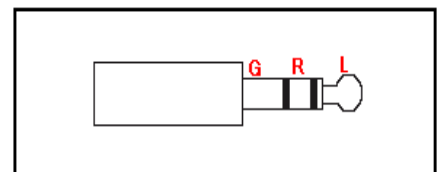
パラメトリック・スピーカーの音圧は、超音波発振子の音圧により決まります。当キットに使用している超音波発振子は 10mm 径の送信音圧が大きい物を使用しています。小さい径ですが、多くの発振子を密着して並べる事により面積当たりの音圧効率を最大限にする為です。音圧を上げる為にはこの面積をに比例します。当キットは、実験キットの為、50個の発振子を使用していますが、オプションで最大100個までドライブが可能です。より大きな音圧にする為には、入力信号を見合った大きさにする事と、大量の発振子を使用すれば良い事になります。外部に更に大きなドライブ回路と大きな面積の発振子アレーを使用すると大音量のスピーカーも可能となります。

100個用推奨 AC アダプター: 秋月電子(通販コード M-2194) GF18-US1215-T(12V1.5A) 1 個 840 円

### ◎ 音声入力について

音声の入力は、モノラルですが 3.5mm ステレオ・ミニ・プラグをご使用下さい。ステレオ・ヘッドホンと同じもので、結線は右図を参照下さい。

推奨: 秋月電子 (通販コード: C-2402)ステレオ・ミニプラグ金属 1 個 90 円  
市販のステレオ・ミニジャック付きのコード・アセンブリーが使用できますのでご使用下さい。ステレオ入力された音声は、基板上でマッチング混合されてモノラルに成り入力されます。音声入力がある程度以下になると出力は停止します。(FET ON ランプ消灯)



## ■ 最後 に

パラメトリック・スピーカーという名前すら一般的では有りませんが、単一指向性スピーカーや音声スポットライト等の名称で、業務用には高価ではあります但し販売されております。安価で一般に普及できないかと実験してはいたが、意外と簡単な方法で実現する事が出来たのでキットを発売する運びとなりました。色々な場面でお使い頂き、普及に一役貢献できれば幸いと存じます。

発売に先立ち関係諸氏のご協力に、この場を借りてお礼申し上げます。

今後共、末永くご使用頂きます様お願い申し上げます。

◎お問い合わせは下記までメールか往復ハガキにてお願い致します。

パラメトリック・スピーカー・キット マニュアル 第 4 版  
2015 年 10 月 TriState Ltd. by Y. YOSHIKAWA  
キットの情報/詳細は、下記当社 URL にて。  
— 不許転載 —

〒053-0852  
苫小牧市北光町4-11-19 様永ビル1F  
有限会社 トライステート  
E-mail : [info@tristate.ne.jp](mailto:info@tristate.ne.jp)



TriState  
有限会社 トライステート

<http://www.tristate.ne.jp>