

ピンポンブー Ver.1.0

1. 概要

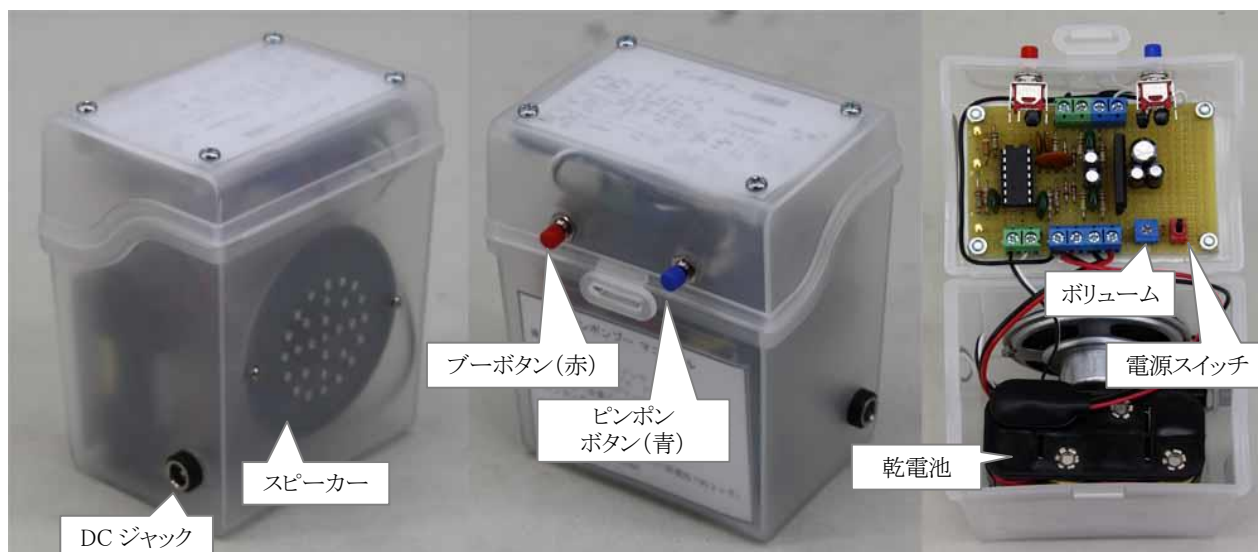
どの教室にもPCや電子黒板が配置されるようになってきました。通常は授業に効果音は必要ありません（むしろ邪魔）。しかし、活動内容によっては、効果音が欲しい場面もあるでしょう。雰囲気もりあがって、楽しい活動ができる可能性もあります。

効果音を出すだけなら、Windows Media Player や「効果音 Ver.1.0」を使えばよいのですが、PCとExcelの起動、電子黒板など音響機器など準備が大変です。欲しいときに、すぐには使えないのが欠点です。また、(株)ジグから「ピンポンブー」という宴会グッズが、Amazon 経由で1000円前後で発売されています。しかし、これは音量が足りません。10人程度の小グループならよいのですが、とても20人以上の教室では物足りません。

そこで、簡単な回路を考えて効果音発生器「ピンポンブー」を自作することにしました。次のような方針で開発してみました。

- ・片手で、移動・操作できる。
- ・スイッチを入れればすぐ使える。
- ・教室内に聞こえる音量を発生できる。単三乾電池8個(12V)にして、音量を稼ぎ、寿命を延ばす。
- ・回路を簡単にするため、「ピンポン」音と「ブー」音だけに限定する。
- ・材料は、通販で入手可能な範囲で、2000円以内で制作できる。

2. 名称と使い方



(1).電源ボタン

上に上げると、DC ジャックに繋いだ AC アダプタが電源となります。
下に下げると、ケース内部の乾電池が電源となります。
電源が入った時、「ポ〜ン」の音が出て、通電したことが確認できます。

(2).ボリューム

時計回りに回すと、音量が上がります。精密ドライバが必要で、予め設定しておきます。

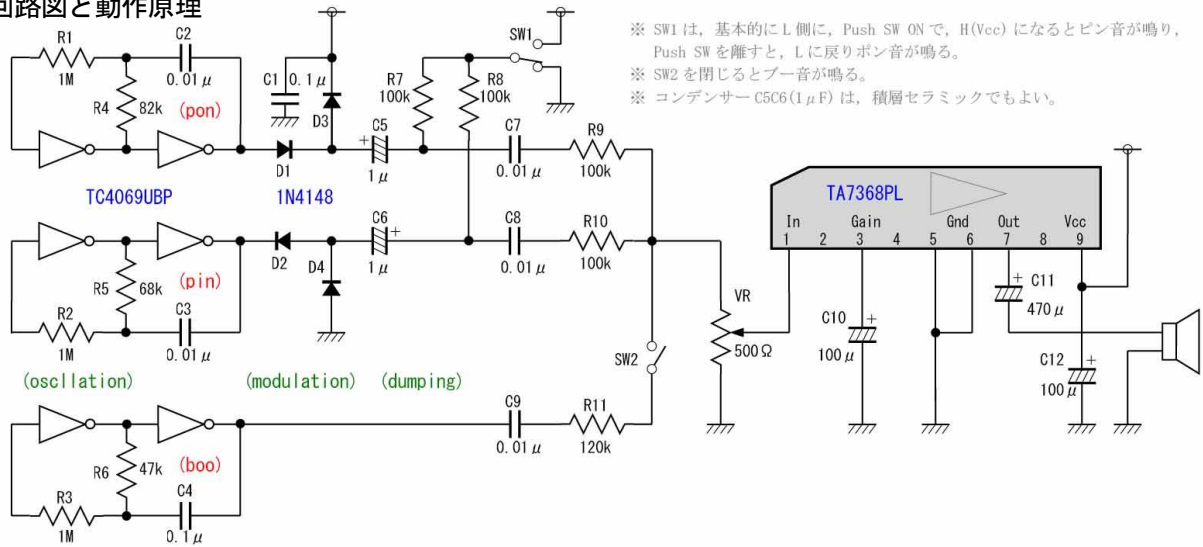
(3).ピンポンボタン (青)

ボタンを押したときに「ピ〜ン」、離すと「ポ〜ン」と鳴ります。

(4).ブーボタン (赤)

ボタンを押している間「ブー」と鳴ります。

3. 回路図と動作原理



※ SW1は、基本的にL側に、Push SW ONで、H(Vcc)になるとピン音が鳴り、Push SWを離すと、Lに戻りポン音が鳴る。
 ※ SW2を閉じるとブー音が鳴る。
 ※ コンデンサー C5C6(1μF)は、積層セラミックでもよい。

TC4069UBPのインバータ2個(3組)で発振回路(非安定マルチバイブレーター)を形成しています。上から「ポーン」「ピン」「ブー」の部分です。その周波数は、約550Hz, 660Hz, 110Hzになります。この周波数は各々 $R4 \times C2$, $R5 \times C3$, $R6 \times C4$ の時定数に反比例しますので、この値を変えれば音の高さも変わります。

ダイオード2個(2組)は変調部分ですが、電源とアースの接続とダイオードの方向を変えれば、「ピンポン」が「ポンピン」となるでしょう。これは、SW1の繋ぎ方を変えても同じです。

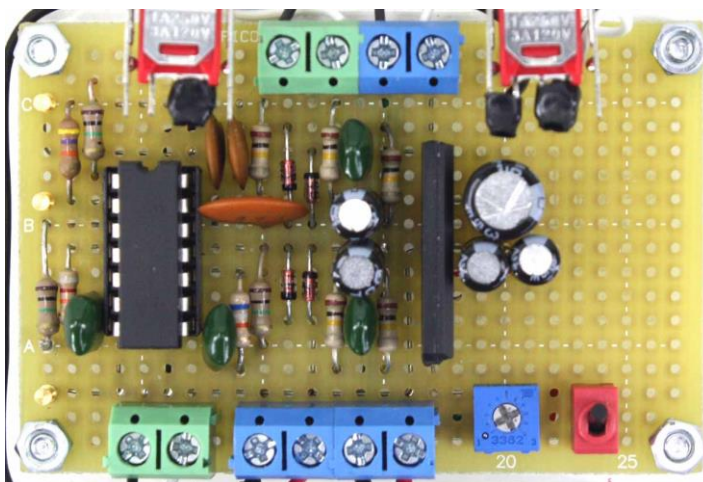
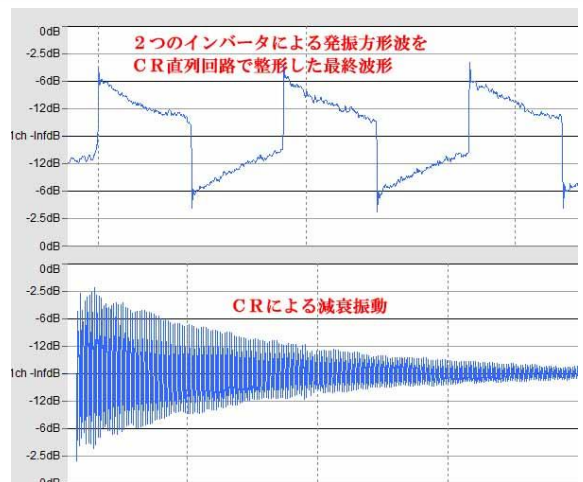
右図(下)のようなゆっくりとした減衰波形の減衰率は $C5 \times R7$, $C6 \times R8$ の時定数に依存します。

さらにCR直列回路で個々の波形を右図(上)のように整形し、増幅される波形となります。

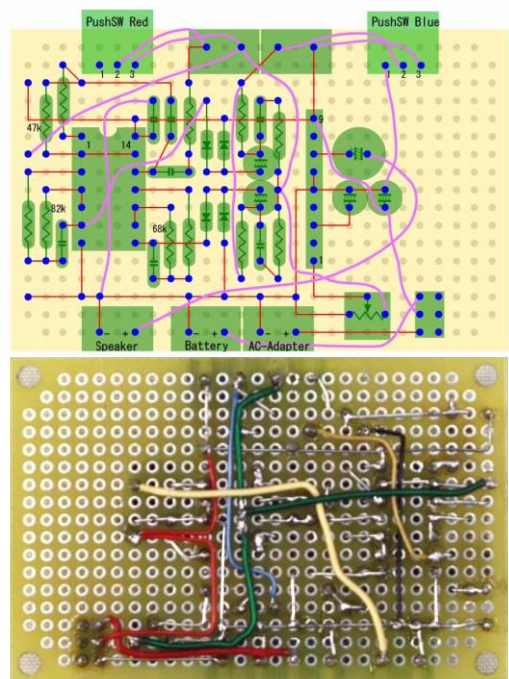
R9, R10, R11で、それぞれの音の音量バランスを取ってください。ブー音の回路には減衰部分がありませんので、音量が大きく感じますので、R11を120~150Ωにしておくとういでしょう。

TA7368PはオーディオアンプICです。基本は2~10V駆動のICですが、データシートによれば定格14Vとなっています。電源を6Vくらいに落としても、音量以外では問題にならないでしょう。

C1とC10のバイパスコンデンサは、個人的にはなくてもよいかとも思いますが、ノイズやリップル対策用で常識的に入れられるようです。



▲部品配置例 (部品表とは別の部品を使っています)



▲裏面 (ジャンパー線は裏面に接続すべきではありませんが…)

4. 部品表 (回路図に従ったパーツを使った場合の例です。金額は2013年同時のものです。)

番	分類	材料	規格	入手	単価	数量	購入金額	必要数	実質金額
1	素子	ロジック IC (6 インバータ)	TC4069UBP	共立	80	1	80	1	80
2	素子	オーディオパワーアンプ IC	TA7368PL	秋月	60	1	60	1	60
3	素子	汎用小信号高速スイッチング・ダイオード	1N4148 50 本入	秋月	100	1	100	4	8
4	素子	IC ソケット (なくても OK)	14pin	秋月	10	1	10	1	10
5	素子	コンデンサー (アルミ電解)	470 μ F	秋月	20	1	20	1	20
6	素子	〃	100 μ F	秋月	10	2	20	2	20
7	素子	〃 (積層セラミックでも可)	1 μ F	秋月	10	2	20	2	20
8	素子	コンデンサー (マイラが積層セラコン)	0.1 μ F(104) 10 個入	秋月	100	1	100	2	20
9	素子	〃	0.01 μ F(103) 10 個入	秋月	100	1	100	5	50
10	素子	半固定可変抵抗	500 Ω 基板用横向き	共立	54	1	54	1	54
11	素子	カーボン抵抗	1M Ω 10 本入	共立	40	1	40	3	12
12	素子	〃	120k Ω 10 本入	共立	40	1	40	1	4
13	素子	〃	100k Ω 10 本入	共立	40	1	40	4	16
14	素子	〃	82k Ω 10 本入	共立	40	1	40	1	4
15	素子	〃	68k Ω 10 本入	共立	40	1	40	1	4
16	素子	〃	47k Ω 10 本入	共立	40	1	40	1	4
17	基板	ユニバーサル基板	片面ガラス C タイプ メッキ仕上げ (72x47mm)	秋月	60	1	60	1	60
18	基板	ターミナルブロック (なくても OK)	小 2 ピン (縦)	秋月	20	5	100	5	100
19	基板	トグルスイッチ	基板用 1 回路 2 接点 (ON-ON)	秋月	80	1	80	1	80
20	機構	押しボタンスイッチ (青)	パネル用 1 回路 2 接点	秋月	120	1	120	1	120
21	機構	押しボタンスイッチ (赤)	パネル用 1 回路 2 接点	秋月	120	1	120	1	120
22	機構	スピーカー	8 Ω 0.5W 50mm ϕ FA200C	秋月	70	1	70	1	70
23	機構	DC ジャック	2.1mm 標準 MJ-14	秋月	60	1	60	1	60
24	機構	乾電池ケース	単 3 \times 8 本用 スナップ	秋月	100	1	100	1	100
25	機構	バッテリースナップ	B スナップ 縦型	秋月	10	1	10	1	10
26	機構	アルカリ乾電池	単 3 \times 8 個	百均	108	1	108	1	108
27	機構	樹脂ケース	85 \times 65 \times 100mm	百均	108	1	108	1	108
28	機構	小ネジ M3 ボルト・ナット	ナベ頭 M3 \times 12					4	
29	機構	小ネジ M2 ボルト・ナット	ナベ頭 M2 \times 8					2	
		計					1,940		1,322

その他、消耗品、工具、電子工作のスキルが必要です。通販の場合、送料が必要になります。

5. 規格

電源電圧 … 6~12V (定格 : 12V)

待機電流 … 12V 時 12mA (アルカリ乾電池で ON のまま約 2 ヶ月)

最大音量時の電流 … 120mA

スピーカー出力 … 約 1W

大きさ (突出部を除く) … W85 \times D65 \times H100mm

重さ … 約 150g (乾電池 8 個を入れると約 350g)

6. 改造のポイント

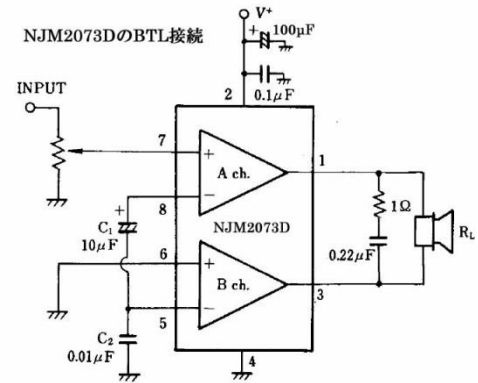
上記写真 (部品配置) は、手持ち部品を優先したため、回路図や部品表とは多少異なるパーツが使っています。一つの例として参考にしてください。

- 乾電池を 4 個(6V)~6 個(9V), 又は 006P(9V)に変えれば, もう少し小型化することができます。内容に見合ったケースを探すのも一苦労です。また, 電源電圧が下がれば, 得られる音量も少なくなります。
- 電源スイッチやボリュームをケースの外側に出すのもよいでしょう。ただし, カバンの中で勝手に ON になっても困りますし, 音量も頻繁に変えなければ基板上の方がよいかも知れません。
- スピーカーのエンクロージャー (箱) は, 木材のような固くて重くて密閉性のあるものが望ましいので, 百均じゃないものがよいかも知れません。
- 省略可能な部品
 - DC ジャック…乾電池のみで使う
 - IC ソケット, ターミナルブロック…直接基板に半田付けする
 - 電源スイッチ…使わないときは乾電池を外す。但し, お勧めはできません。
- ユニバーサル基板の右側が少し空いていますので, ちょっとした回路なら挿入可能です。
- スピーカーの横の空間が多少空いていますので, 3.5mm ミニジャック等を付け, 他のアンプに繋いで大きな会場用出力 (モノラル) にしたり, スマホのイヤホン端子 (4 極) からの入力用にとしたりする可能

- 性もあります。ただし、元々TA7368Pはラジカセ用の電力増幅ICですので、高音質は望めません。
- もっと大きな音量が必要なら、ポータビリティを犠牲にしなければなりません。

A案…パワーアンプICを下記のようなICに変えてもよいでしょう。(LM386はTA7368Pと同等のパワーしかありません)。このような改造の場合、最終段の回路構成や放熱板だけでなく、スピーカーやケースも少し大きなものに変えなければなりません。また、ステレオ用のパワーアンプIC(NJM2073D)をBTL接続してモノラル化する方法(右図：定番だが12V8Ωに耐えられるかは不明)も考えられます。

ただし、ICと回路を変えれば多少の違いは出るでしょうが、1W→3Wでは劇的な変化は期待できないと思います。これらのICは、いずれもヘッドホンやラジカセ程度の器機用に開発されたものです。また、次の表のICは、実際の回路で確かめていませんし、12V8Ωに耐えられずICが破損する可能性もあります。一番下のICはカーステレオ用なので、音量は明らかに上がるでしょう。ただし、スピーカーも10Wクラスのものが必要で、今回のケースには収まらなくなるでしょう。



パワーアンプICの比較 (電源12V, スピーカー8Ω時 … データシートより概算)

IC	周辺部品数	電圧利得	推定出力	無信号時電流	IC単価
TA7368P (今回使用)	3個	40dB(100倍)	約1.3W	8.5mA	60円
LM386 or NJM386	8個	26~46dB(20~200倍)	約1.0W	5mA	50円
μPC2002 (要放熱板)	10個	40dB(100倍)	約1.8W		200円
TA7252AP (要放熱板)	10個(含キット)	53dB(447倍)	約2.4W	35mA	キット500円
LM380 (要放熱)	5個	34dB(50倍)	約1.5W	12mA	162円
NJM2073D (BTL接続)	6個	44dB(158倍)	約2.4W	6.6mA	80円
TA8207K (ステレオ用)	10個	45~56dB(178~631倍)	約2.5W	25mA	200円
TDA7056B (要放熱板)	7個	40dB(100倍)	5.5W	10mA	258円

B案…身近なもので一番安上がりなのは、LINE入力(AUX入力)のある器機(どの教室にもあるTVやCDラジカセ等)につなぐことでしょう。このとき、本回路「ピンポンプー」の出力位置が問題となりますが、まず、パワーアンプIC(TA7252AP)の前(3の効果音信号が合流したところ)から出してみてください。この音量が小さい場合は、ボリュームを9時くらいの位置(わずかに音が出る程度)にして、スピーカー出力から出してください。

少し技術的な話になりますが、本回路のTA7252APの電圧利得は最大の40dB(100倍)になっています。3番ピンとC11(100μF)の間に、100~250Ωの抵抗を挟むと、電圧利得が35~30dB(50~30倍)に下がりますので、ボリュームが多少使えるようになると思います。この抵抗に300Ω以上は使わないようにしてください。これは正しい使い方、電圧利得を下げた分だけ音質が向上します。

C案…さらに大きな音量が必要なときは、ちゃんとしたアンプとスピーカーにつなぐ。どの学校にも、屋外で使うワイヤレスアンプがあるでしょうから、そのAUX入力に入れてやればよいのです。20W程度の出力があるはずで。

余談になりますが、最近の通販で2000円以下のデジタルアンプは優れものです。手のひらサイズの上に、音質面だけをとらえれば、中国製でも20W+20WでS/N比が100dB(ノイズが音声信号の1/100000)もあり、驚異的にクリアな音が出ます。電源(DC12V)やスピーカーとその保護回路が含まれていませんので課題は残りますが…。しかし、こんな「ピンポンプー」程度に音質を求めること自体、ナンセンスですね。

7. 参考サイト

- インバータ2個の発振回路 … <http://bbradio.sakura.ne.jp/7404x2/7404x2.html>
- ピンポン音回路 … <http://www.ne.jp/asahi/monkiti/momo/densi1/densi1-6-7.htm>
- TC4069UBP … <http://www.deliverly.net/product/datasheet/TC4069UBP.pdf>
- 簡単なスピーカーアンプ … http://www.zea.jp/audio/schematic/sc_file/009.htm
- TA7368P … <https://www.kura-denshi.com/datasheet/ic/TA7368P.pdf>
- NJM2073D … http://semicon.njr.co.jp/jpn/PDF/NJM2073_J.pdf
- TDA7056B … <http://www.technobase.jp/eclib/OTHER/DATASHEET/tda7056b.pdf>