



～ 早押しボタンと判定器 ～

取扱説明書 & 自作・改造マニュアル



0. はじめに (経緯)

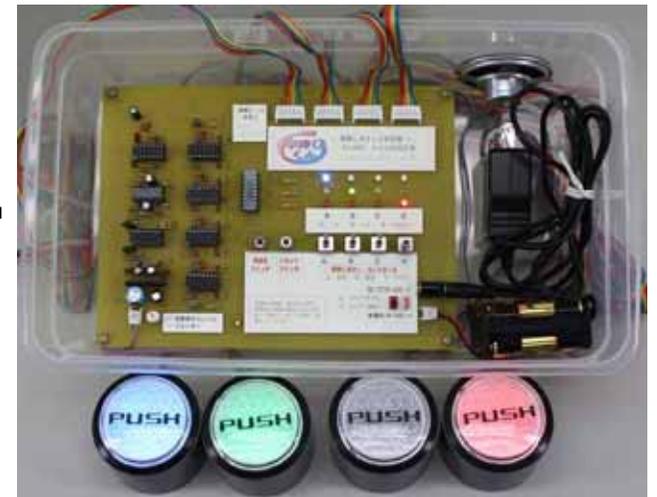
テレビのクイズ番組に使われているような早押しボタンがあると、盛り上がると思いませんか。いろいろと構想を練るうち、欲が出てきました。レストランの注文などで使われるワイヤレスチャイムは、どのボタンが押されたのかが分かって、順位が分かりません。順位とどのボタンかが分かるものは20万円近くかかってしまいます。それでも、ボタンを押した本人は自分が1位なのかは分かりません。結局、WEBで偶然見つけた、押しボタン Omron W5GF-A12 を有線で使うことになりました。ボタン数を増やすことも可能な(順位判定回路を中心に必要な回路ブロックを増やすだけの)構成を考えてみました。

1. 各部の名称

早押しボタンと判定器「早押しくん」には、次のようなパーツから構成されています。

- ・ ボタンコード
- ・ ケース
- ・ 回路基板
- ・ LED
- ・ スイッチ類

・ 早押しボタン ・ ACアダプター ・ 乾電池ケース ・ スピーカー



2. 使い方

2-1. コネクタの接続

導入時に、各ケーブルを次の手順で基板に接続します。

- (1) スピーカーコードと早押しボタン

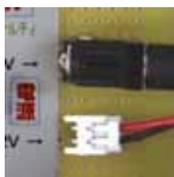
右図のようにコネクタ



を水平方向に差し込みます。一度接続した後は、外す必要はないでしょう。外したいときは、コードを引っ張るのではなく、先のとがった千枚通しのようなもので隙間を広げてください。

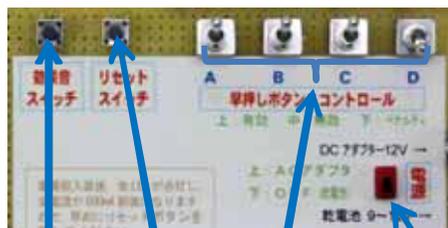
(2) 電源

AC アダプターや乾電池は、右図のように接続します。移動する場合や使わないで長期間放置する場合は、勝手にスイッチが ON になったり、乾電池から液漏れを起こさない様、乾電池や DC プラグをはずしておくとい良いでしょう。



2-2. スイッチ類

電源は、AC アダプターと乾電池から選択できます。次の「電源スイッチ」の方向を確認してから、AC アダプターをコンセントに差し込むか、乾電池を入れてください（詳細は後述）。



効果音 リセット 制御コントロール 電源

(1) 電源スイッチ

「電源」スイッチは、どちら側も ON になります。上図の上側が電源アダプターの ON、その反対（上図の下側）が乾電池の ON になります。電源アダプターをコンセントに差し込まなければ上側 OFF になります。乾電池を入れなければ下側が OFF になります、あらかじめ電源が OFF になるように確認してから、電源アダプターや乾電池をつないでください。

電源が ON になると、早押しボタン内の LED やスイッチ類の上にある LED が一時的に点灯します。そのまま放置すると 500mA 程度の電流が流れたままになりますので、乾電池の減りが早まります。早めにリセットボタンを押してください。「リセットボタン」を押しても、赤い LED が点灯したままになることがあります、LED コントロール用のトグルスイッチによって、点灯/消灯を選択することができます（詳細は後述）。

(2) 効果音スイッチ

このスイッチを押すと「ピン」、離すと「ポーン」の音が発生します。本来、テストのために取り付けられたものですが、クイズの正解時等に使用できるので残しておきました。

(3) リセットスイッチ

早押しボタンを押すと、順位に応じた LED（青や緑）が点灯したままになりますが、それをクリアして元に戻すのが「リセットボタン」です。ゲーム中では問題を出題する前に押すようにします。

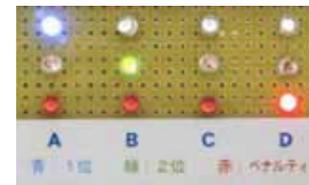
(4). LED コントロール（トグル）スイッチ

4つのトグルスイッチが各早押しボタンに対応しています。このスイッチは、各早押しボタンの「有効」「無効」「ペナルティ」の3つの状態を設定できます。

「有効」（電源ボタンの反対側、つまり上側）にすると、早押しボタンが使えるようになります。早押しの順位に対応して青や緑が点灯します。

「無効」（真ん中）にすると、早押しボタンを押しても反応しません。使わない早押しボタンがある（人数が少ない）場合は無効にしておくとい良いでしょう。

「ペナルティ」（電源ボタン側、つまり下側）にすると、赤い LED が点灯したままになり、早押しボタンを押しても反応せず「無効」と同じ状態になります。つまり、誤答したとき「次の1問はお休み」などのルールがある場合は、単に無効にするだけでなく、赤色の LED で明確に表示したい場合に使います。



2-3. 各 LED 類

早押しボタンの LED と基板上の LED と 1対1の対応をしています。つまり、基板上の



LED は、早押しボタンの LED をモニタとして表示しています。

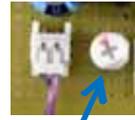
青...リセットボタンを押された後、最初に押されたことを意味します。つまり、1番に押した人が誰かが青い色で分かります。ゲーム中では、最初の解答権をもつことを意味します。

緑...2番目に早押しボタンを押したことを意味します。1番（青）の次に解答権をもつことを意味します。

赤...基板上の LED コントロール（スライド）スイッチをペナルティの位置にしたときに表示される色です。赤が点灯している間は、早押しボタンを押しても、青や緑は点灯しません。従って、誤答したときなどに1~2回の「お休み」を意味する色です。

2-4. 効果音の音量

基板の左手前（スピーカー用コネクタの右）に半固定の効果音ボリュームがあります。右に回せば音量が大きくなります。



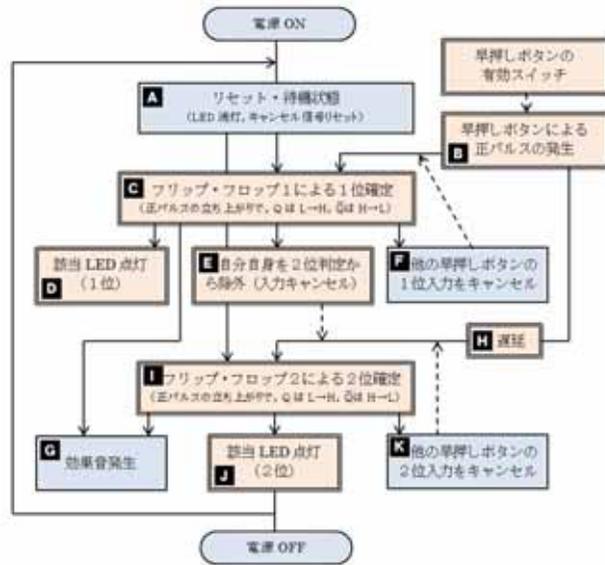
ボリューム

3. 動作原理

単純に、電源スイッチ（早押しボタン）LEDの回路を4つ（複数）並べた状態を基本とすると、そこに次の機能が必要となります。

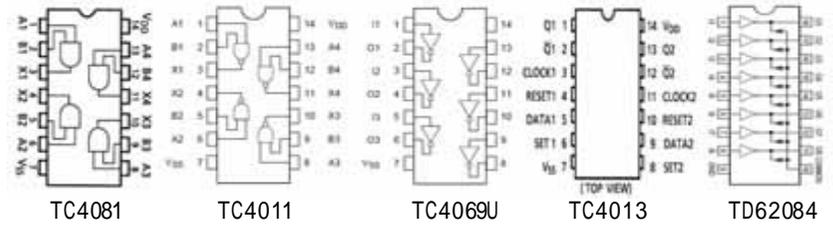
- 早押しボタンが押されると1～2位の場合、LEDの点灯だけでなく、効果音も出る機能（右図D, G, J）
- 早押しボタンを一瞬押しして離しても、押した状態（電氣的に）を維持する機能（C, I）
- 1位（2位）で押されたボタン以外ボタンによるパルス入力、同じ1位（2位）の判定をしないよう入力をキャンセルする機能（F, K）
- 1位で押されたボタンは、2位判定から除外する機能（E）

そこで、それらの機能を関係付けたのが右図です。各ブロックが1つのまとまった回路となります。背景が茶色の回路は、押しボタンの数だけ必要となりますが、背景が青い回路は全体で1つです。



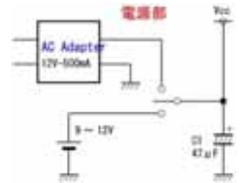
3-1. C-MOS ロジック IC

本器では、74シリーズではなく、4000シリーズのC-MOSロジックICを採用しています。早押しボタン Omron W5GF-A12 の定格電圧が12Vであることや、効果音にある程度の音量を確保するにはより高い電圧の方がよいと考えたからです。



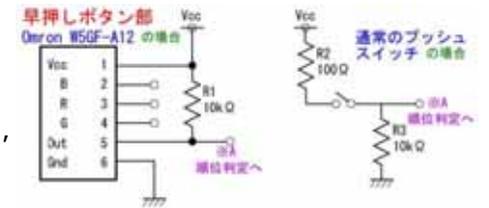
3-2. 電源部

電源アダプターと乾電池を単純にトグルスイッチで切り変えるだけです。電解コンデンサは、電圧を安定させ、ノイズを除去するために入れています。

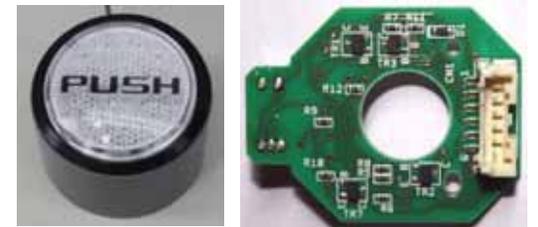


3-3. 早押しボタン

早押しボタンを押したときに正パルスが発生させればよいので、右図（通常のプッシュスイッチの場合）のように接続すればよい。どちらも正パルスが発生します。



但し、Omron W5GF-A12 という LED 内蔵のプッシュスイッチ（右図）の場合は、データシートに従って、図のように Vcc 側と抵抗で



Omron W5GF-A12 塩ビ管 内部回路

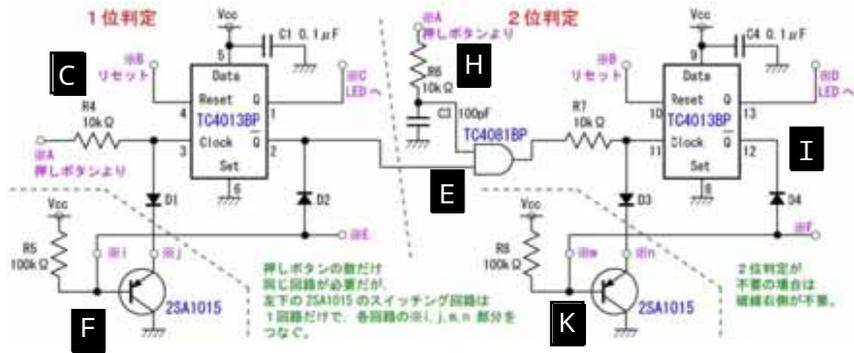
つなぎます。コネクタは PAP-06V-S と BPHD-001TP0.5 が必要です。

3-4. 順位の判定

早押しボタンが一瞬だけの On で、すぐに Off になっても、電氣的に押された状態を維持するためにフリップフロップ回路（双安定マルチバイブレーター）を使います。（待機状態とボタンが押された状態の2つの状態を維持すればよいので、ラッチ回路かフリップフロップ回路が必要ですが、価格や入手しやすさから TC4013BP（D-フリップフロップ）を使います。）

早押しボタンの Out(5番)から出た正パルスは TC4013BP の Clock に入力され、入力正パルスの立ち上がりで、出力 Q は L、 \bar{Q} は H、L となりま

す。早押しボタンが戻っても (Off), フリップフロップはこの状態を維持します。その出力 Q が LED の点灯信号に, \bar{Q} は他の残り 3 つの早押しボタン入力をキャンセルし, 自分自身を 2 位判定から除外し, 効果音を出すために使います。



トランジスタ 2SA1015 によるスイッチング回路は, 1 組を 4 判定回路で共有しますが, 4 回路の \bar{Q} のうちどれか 1 つが L になると, エミッタ電流が流れ, その後の早押しボタンのパルス入力を吸収します。つまり, 1 位 (2 位) が確定すると, フリップフロップへの信号入力をキャンセルし, リセットされるまで戻るとはなりません。

一方で, この \bar{Q} 出力と早押しボタン入力との TC4081BP の AND 出力を 2 位判定に使います。こうすることで, 1 位のボタンで 2 度目を押しても 2 位判定から除外されます。

AND の前にある R_6 と C_3 は, ローパスフィルタではなく, パルス信号遅延のためのものです。

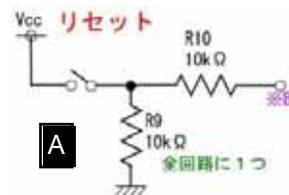
2 位の信号は, 遅延, AND ゲートを通して, もう 1 つのフリップフロップの clock に入力され, 1 位と同様に 2 位判定の処理がなされます。

参考 URL

- フリップフロップ <http://www.e-ele.net/DataSheet/TC4013.pdf>
- スイッチング http://www.binzume.net/library/robo/e_tr.html
- CR 遅延 <http://www001.upp.so-net.ne.jp/FITDESIGN/manu1.htm>

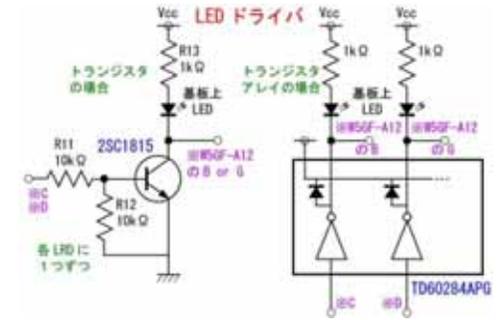
3-5. リセット

リセットは TC4013 (フリップフロップ) の Reset を H にするだけです, 右図のようにします。



3-6. LED

1 位の判定結果も 2 位の判定結果も, LED を点灯するという点で同じ回路構成です。TC4013 の出力で直接 LED を点灯するのはせいぜい 1 個 (10mA) 程度です。原理は右図のトランジスタ 2SC1815 を用いた一般的なスイッチング回路ですが, 実際は, この回路が 8 組必要となりますので, 8-ch トランジスタアレイ (C-MOS IC) TD62084APG を使います。



LED の電流制限抵抗は, 使用する LED によって抵抗値を変えます。計算方法は WEB に数多く掲載されています。

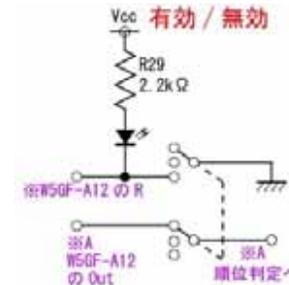
早押しボタン Omron W5GF-A12 の場合は, スイッチ内部に抵抗をもっていますので電流制限抵抗は必要ありません。各色 90mA 程度が流れます。

参考 URL

- スイッチング <http://www.geocities.jp/zattouka/GarageHouse/micon/circuit/TR.htm>
- 電流制限抵抗 <http://bake-san.com/led012.htm>
- トランジスタアレイ http://akizukidenshi.com/download/ds/toshiba/TD62083AFG_TD62084APG_ja_datasheet_091001.pdf

3-7. 早押しボタンの有効 / 無効

早押しボタンを無効にするには Omron W5GF-A12 の Out 信号を開くだけです。この回路では赤色の LED の点灯と連動するよう, 6P のトグルスイッチを使っています。

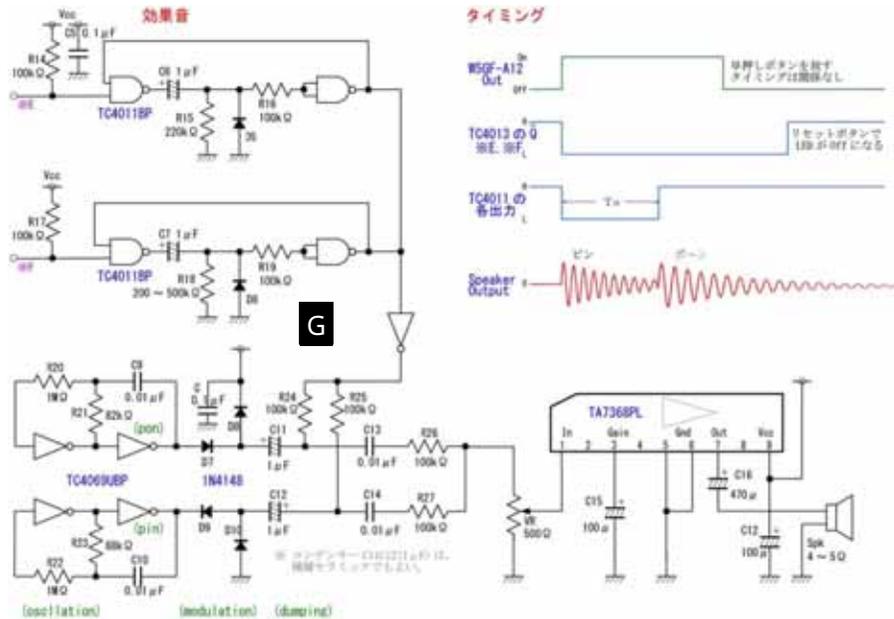


3-8. 効果音

早押しボタンを押したとき短めのピンポン音 (ピボン) を発生します。

TC4011 の NAND $\times 2$ は, 負パルスを発生する単安定マルチバイブレーターです。早押しボタンを押してパルスが入ると, TC4013 の \bar{Q} が H L になり (E や F を経由して), これがトリガーとなって負パルスの発生が開始します (下図)。このときの T_0 は, ピンポンのピンの時間間隔を意味します。 T_0 は, $C_6 \times R_{15}$ 及び $C_7 \times R_{18}$ に比例します。上図では 0.2 ~ 0.3 秒になります。2 回路あるのは, 1 位と 2 位で別の T_0 が設定できるようにするためです。最後に NOT ゲートのインバータで正パルスに整形します。

TC4069 の NOT ゲート(インバータ) 2つずつでピンやボーンが発振(非安定マルチバイブレーター)を行っています。周波数は、それぞれ C_9, R_{20}, R_{21} と C_{10}, R_{22}, R_{23} に依存します。減衰率はそれぞれ $C_{12} \times R_{25}$ 及び $C_{11} \times R_{24}$ に反比例し、2つずつのダイオードで振幅変調します。



ピンボンの効果音をスピーカーで鳴らすには、電力増幅しなければなりません。それを担当するのが C-MOSIC の TA7368P です。定格 10V ですが、データシートによれば Max.14V ですので 12V のまま使いました。1W 程度の出力が得られます。

参考 URL

単安定マルチバイブレーター

http://hp.hana-neko.com/electro/electro/oneshot/nand_oneshot.htm

http://www.cqpub.co.jp/hanbai/books/30/30261/30261_5syo.pdf

非安定マルチバイブレーター

http://hp.hana-neko.com/electro/electro/not_multi/not_multi.htm

ピンボンチャム回路

<http://www.ne.jp/asahi/monkiti/momo/densi1/densi1-6-7.htm>

TA7368P

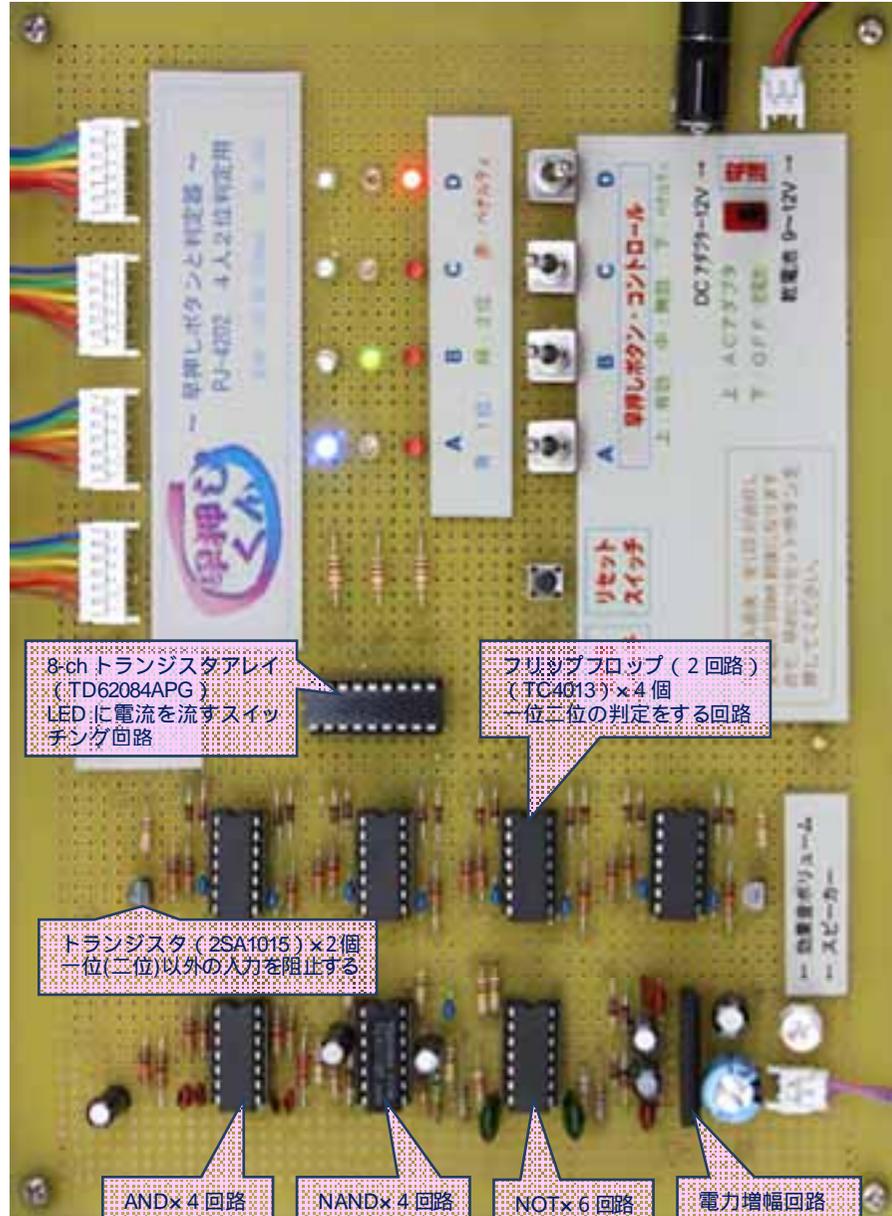
<http://www.kura-denshi.com/datasheet/ic/TA7368P.pdf>

4. 部品表 (4 ボタン 2 位までの判定の場合)

パーツ名	型番/規格	規格/数量	およその単価/ロット数
ケース		早押しボタンや基板が収まる程度の大きさ	105 円/個
片面ガラスユニバーサル基板		2.54mm ピッチ 210×155mm×1 枚	550 円/個
スペース		ねじ付 15~20mm×4 個	4 個で 50 円
電源アダプタ		12V 1A - 5.5×2.1×1 個	600~1000 円/個
電源ジャック		2.1mm (メス)×1 個	60~100 円/個
電池ケース		単三 6~8 本用×1 個	100 円/個
電池スナッチ		×1 個	10 円/個
トグルスイッチ		基板用(On-On)6P×1 個	100 円/個
タクトスイッチ		基板用×2 個	10 円/個
トグルスイッチ		基板用 6P(On-Off-On)×4 個	100~120 円/個
早押しボタン	Omron W5GF-A12	4 個	150 円/個
フラットケーブル	6 芯以上	LAN ケーブルでも代用可 必要な長さ×4 本	100~170 円/m
早押しボタン側コネクタ()	PAP-06V-S	早押しボタン Omron W5GF-A12 用	170 円/10 個
専用コンタクトピン	BPFD-001TP0.5	4 組	420 円/50 個
基板側コネクタ()	S2B-EH サイド型 6 極	早押しボタンと基板を接続 6 極 4 組	270 円/10 個
コード側コネクタ()	EHR-6		90 円/10 個
専用コンタクトピン	BEH-001TP0.6	電池とスピーカー用 2 極 2 組 コンタクトピンは上と同じ	60 円/100 個
基板側コネクタ()	S2B-EH サイド型 2 極		130 円/10 個
コード側コネクタ()	EHR-2	50 円/10 個	
塩ビパイプ	UV-50	4cm×4 個	350 円/m
C-MOS-IC	TC4011BP	1 個	30~50 円/個
ロジック	TC4013BP	4 個	
	TC4069UBP	1 個	
	TC4081BP	1 個	
オーディオパワーアンプ	TA7368P	1 個	90~100 円/個
IC ソケット	なくてもよいが、交換しやすい。	2 列 14pin×7 個, 18pin×1 個 1 列 9pin×1 個	10 円/個
トランジスタ	2SA1015	2 個	100 円/10 個
ダイオード	1N4148	小信号ダイオード×22 本	100 円/50 本
LED		青、緑、赤 3mm 各 4 本	100 円/10 個
電解コンデンサ	470µF	C16...1 個	20 円/個
	100µF	C15...1 個	
	47µF	C1...2 個	
	1µF	C6,C7,C11,C12...4 個	
積層セラミック	0.1µF	C2,C4,C5...9 個	10 円/個
マイラコンデンサ	0.01µF	C9,C10,C13,C14...4 個	
セラミックコンデンサ	100pF	C3...4 個	
可変抵抗	500Ω	基板用 VR...1 個	50 円/個
	1MΩ	R22,R24...2 本	40 円/10 本 ~ 100 円/100 本
	220kΩ	R15,R18...2 本	
	100kΩ	R5,R8,R14,R16,R17,R19,R24, R25,R26,R27...9 本	
	82kΩ	R21...1 本	
	68kΩ	R23...1 本	
	10kΩ	31 本	
	2.2kΩ	R29...1 本	
	1kΩ	R13...2 本	
8Ω			
スピーカー	8Ω	1 個	100 円/個

単価は秋月電子通商や共立電子産業を参考にしていますが、送料・代引き手数料は含まれていませんので、結局部品だけでも 1 万円くらいになるでしょうか。その他、テスターなどの検査器具、半田ごて、ハンダ吸取り、ラジオペンチ、ニッパーなどの工具、はんだ、錫メッキ線、耐熱被膜線などの消耗品が必要です。

5. ユニバーサル基板



8-ch トランジスタアレイ
(TD62084APG)
LED に電流を流すスイッチング回路

フリップフロップ (2 回路)
(TC4013) × 4 個
一位二位の判定をする回路

トランジスタ (2SA1015) × 2 個
一位 (二位) 以外の入力を阻止する

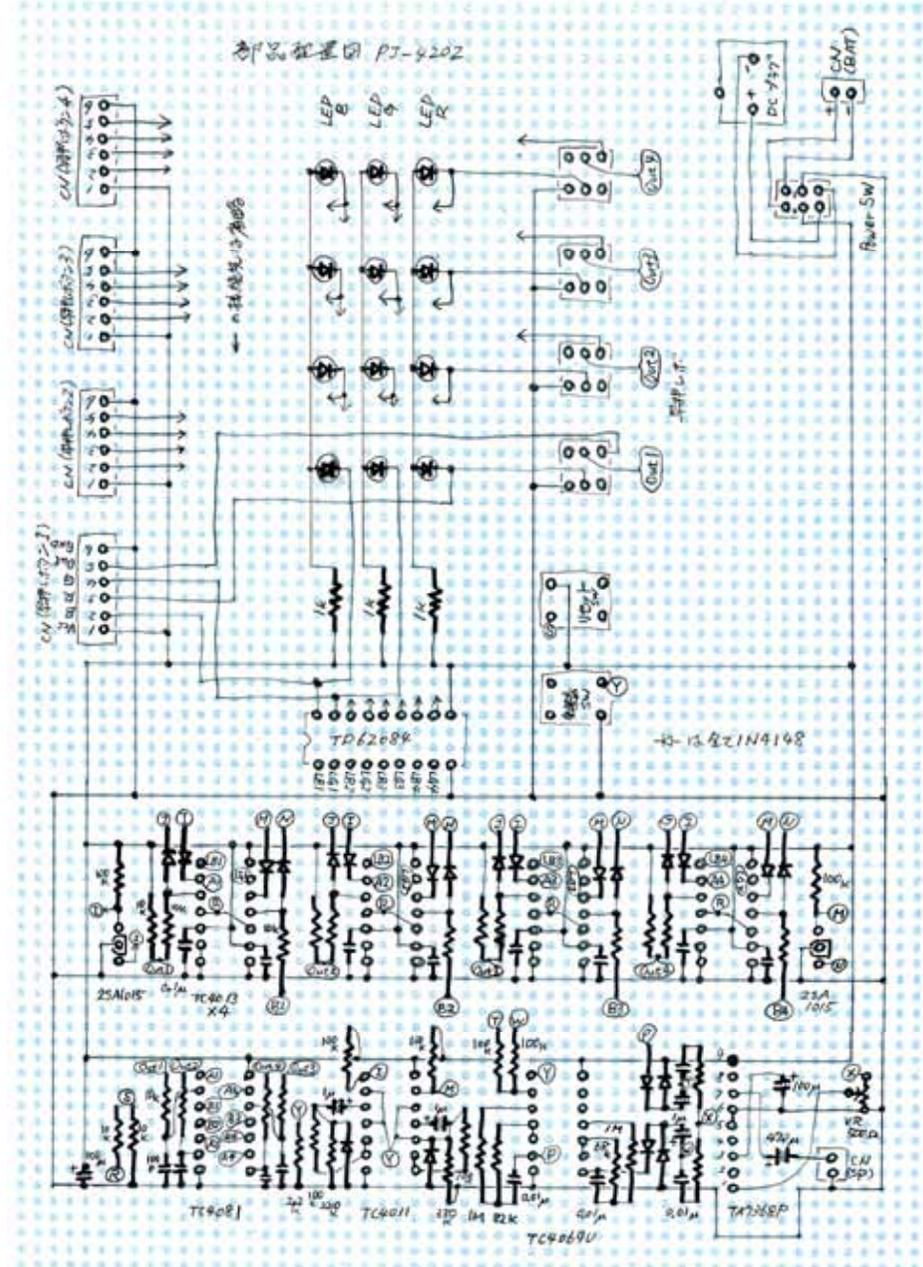
AND × 4 回路
(TC4081)
1 位は 2 位判定から除外するための回路

NAND × 4 回路
(TC4011)
効果音のパルスを発生する回路

NOT × 6 回路
(TC4069)
効果音のピンポン音を作る回路

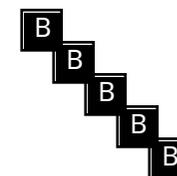
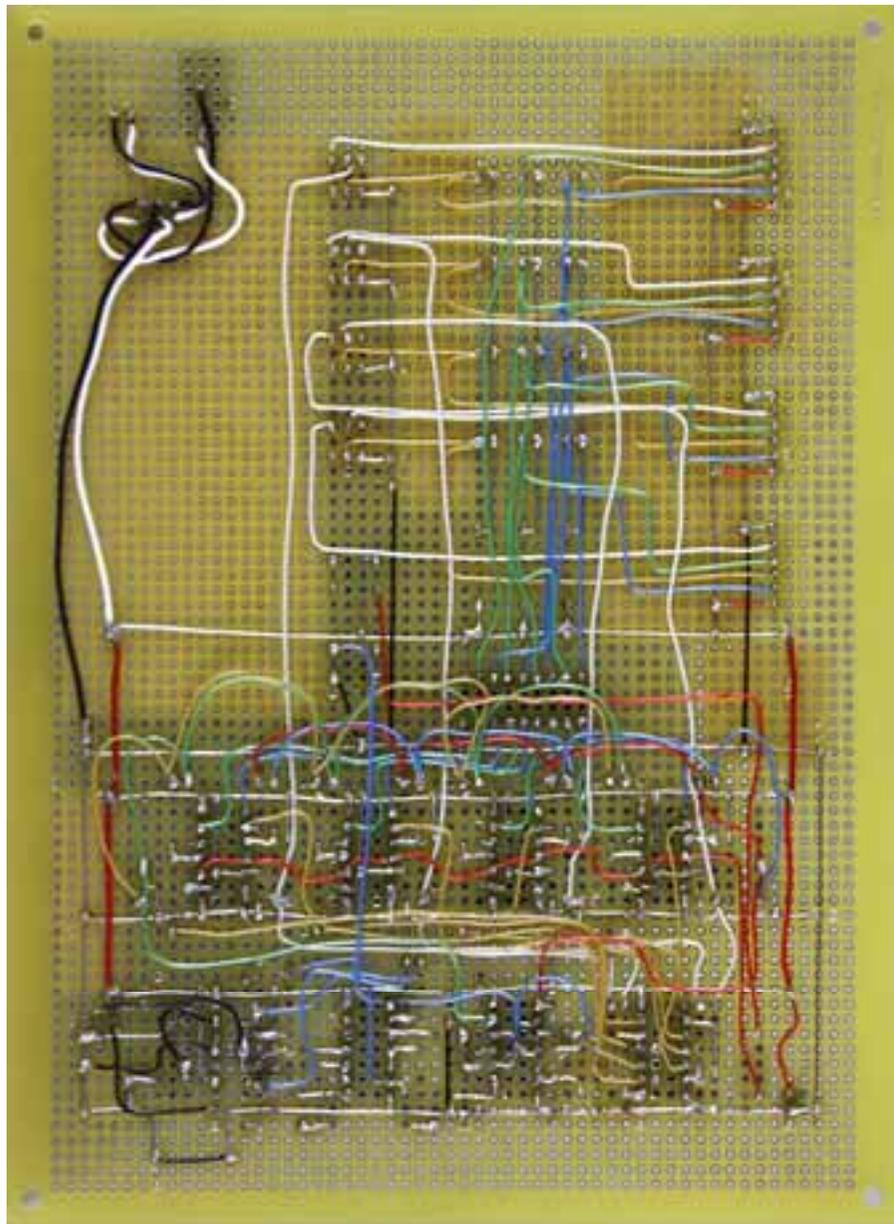
電力増幅回路
(TA7368P)
効果音をスピーカーで鳴らすためのアンプ

6. 部品接続図 (表側から見た図)



配線図の素子番号とは関係ありません。太線は表側、細線は裏面の配線です。

7. 裏面



本来、このように裏面に配線するのはよくないのですが、表側は、早押しボタンの収納やボタン類の操作に使用しますので、引っかかりやすい配線は全て裏に回した結果です。