

F. 部品を集めてラジオを作ろう

電波はラジオ、テレビ、携帯電話をはじめとして、宇宙通信など多くの通信に広く使われている。ただし、最近のラジオはICを使用し、動作がよくわからない。ここでは、簡単な回路を用いて基本的なラジオを作る。ラジオ伝送では、変調と検波と呼ばれる操作があり、これを理解しておこう。

1. ラジオによる音声信号の送受信

1.1 ラジオ送信の考え方（変調）

ラジオなどに利用される電波は音声に比較するとはるかに高い周波数です（たとえばNHK第1放送では666kHz）。音声信号を送りたい場合、高い周波数の電波（搬送波と呼ばれる）を音声信号により一種の加工をして送信する。

搬送波を加工(変調)する方法として、たとえばその振幅を変える振幅変調(Amplitude Modulation, 簡単にAMと呼ぶ)、搬送波の周波数を変える周波数変調(FMと呼ぶ)や信号を記号に換えて送信する方法などがある。振幅変調では、図1(c)のように送信される搬送波の大きさ(振幅)を音声信号に合わせて放送局から送信している。

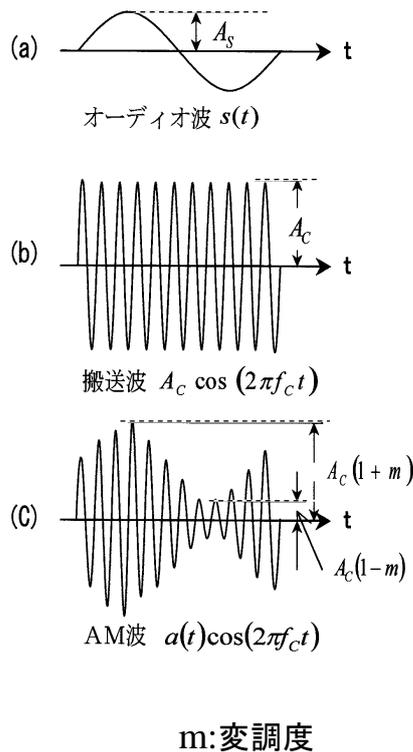


図1 振幅変調

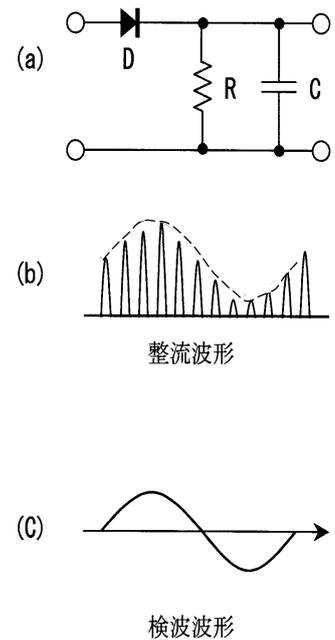


図2 検波

1.2 ラジオ内で送信信号を音声信号にもどす（検波）

受信信号をそのままでは聞くことはできない。ラジオ内で受信信号を音声信号にもどす操作を検波と呼ぶ。これにはダイオードを用いた図 2(a)のような検波回路を用いる。ダイオード D は電流を矢印の方向(右側)にのみ流し、反対向きに流さない。ダイオードに通した波形は 2(b)のように、+側だけに流れ、このため平均は 0 でない。その出力にコンデンサ C が接続されている。コンデンサは信号をため込む(平均化する)性質があるので、高周波の搬送波は平均化して取り除かれ、同図(c)のように音声信号だけが取り出される。

1.3 ラジオによる電波の受信（共振回路の利用）

多数の放送局が異なった周波数により、異なる放送をしている。どうして受信したい電波だけを受信できるのかわかるかな。性能を高めるため、より複雑なスーパーヘテロダインと呼ばれる方法がよく用いられるが、ここでは共振回路だけの基礎的な方法を使う。

ところで、図 3(a)のような LCR 回路において、抵抗 r が小さい場合、この回路の周波数に対する電流の関係は同図(b)のように特定の周波数（共振周波数）

$$f_r = 1 / \{2\pi\sqrt{LC}\}$$

でかなり高い値をとり、少し離れた周波数では低い。この動作は共振と呼ばれ、音叉

の共振と似ている。この周波数を受信電波の周波数に合わせると、目的の電波だけを受信でき、他は受信されない。ただし、受信する放送を切り替えるため、容量 C を可変にしたバリコンと呼ばれるコンデンサを用いる。

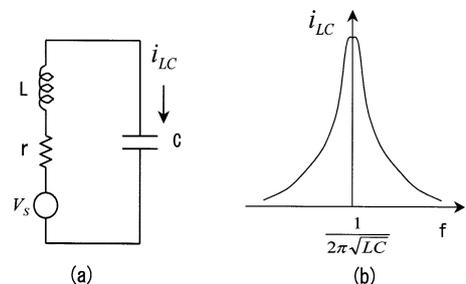


図3 共振回路

1.4 ラジオによる信号の増幅と音声への変換

アンテナから受信される電波はきわめて弱いため、信号の増幅が必要である。コンピュータなどの電子機器の複雑な動作の大半はトランジスタなどの

半導体が行っている。作成するラジオでは、2個のトランジスタを用いて信号を増幅する。この信号をイヤホンに通して空気振動に変える。

トランジスタはエミッタ、ベース、コレクタの3個の端子を持つ。図4にトランジスタの動作を示す。回路の左側（ベース側）を入力側、右側（コレクタ側）を出力側とする。適当な電圧を与えると、入力電流（ベース電流） i_b に比較てはるかに大きい（たとえば100倍）出力電流（コレクタ電流） i_c が流れ、増幅される。ただし、電流は逆向きに流れない。

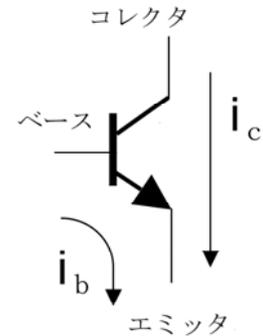


図4 トランジスタの動作

2. ラジオの製作

2.1 使用部品

図5に主な使用部品を示す。アンテナコイルは磁気コアにコイルを巻いたものであり、受信のための共振回路のLとなる。コアのコイルへの入り具合はLの値に影響する点に注意。バリコンはケース内に2個のコンデンサがあるが、一方だけを使用して共振回路を構成する。電源として乾電池を用いる。

No.	名称	記号	外観	説明
1	抵抗 (抵抗器)			抵抗値〔単位：オーム（Ω）〕を持つ素子。抵抗値はカラーコードで表示される場合が多い。直流電圧の降下、電圧の分圧、インピーダンスの整合などに使用される。
2	コンデンサ (キャパシタ)			静電容量（キャパシタンス）〔単位：ファラッド（F）〕を持つ素子。対向する電極間に電圧が加わると電荷が蓄積される性質を持ち、耐圧が指示されている。大きな静電容量が得られる電解コンデンサには極性があり、リード線の長い方がプラス（+）、本体にはマイナス（-）側に帯マークが表示されている。
3	電解コンデンサ			
4	バリコン (可変コンデンサ)			静電容量（F）を、軸の回転操作などによって変化させる素子。発振や同調あるいは、それらの微調整に使用する。
5	コイル			インダクタンス〔単位：ヘンリー（H）〕を持つ素子。導線を巻いたもので、流れる電流によって磁束ができる性質を利用する。

6	アンテナコイル (バーアンテナ)			電波を受信するコイルで、受信周波数の選択や、インピーダンス整合を行う。図示のものは2個のコイルがあり、フェライト製のコアを抜き差ししてコイルとの位置関係を変化させることで、インダクタンスの値をある程度変更できるようになっている。
7	ダイオード	(+側) (-側) 	アノード (A) (+) カソード (K) (-) 	一方向にのみ電流を流し、逆方向には流れない半導体素子。プラス (+) 側をアノード (A)、マイナス (-) 側をカソード (K) と呼び、A→Kが電流が流れる。マイナス側 (カソード側) に帯マークが付けられている。
8	LED (発光ダイオード : Light Emitting Diode)	(+側) (-側) または 	アノード (A) (+) カソード (K) (-) 	電気を光に変換する半導体素子。ダイオードと同様に、プラス (+) 側のアノード (A) からマイナス (-) 側のカソード (K) に電流が流れて発光する。リード線の長い方がプラス (+) である (電解コンデンサと同じ)。
9	トランジスタ (npn型)	(C) (E) (B) 	アノード (A) (+) カソード (K) (-) F C R 	増幅機能を持つ半導体素子。記号の円はしばしば省略される。エミッタ (E: Emitter)、コレクタ (C: Collector)、ベース (B: Base) の3個の端子がある。本実験のトランジスタの端子区分は図のとおり。
10	イヤホン			電気信号を機械的振動に変える。
11	電池	(+側) (-側) 		乾電池等の直流電源携帯型電子回路の電源としてよく利用される。

図5 主な使用部品と記号

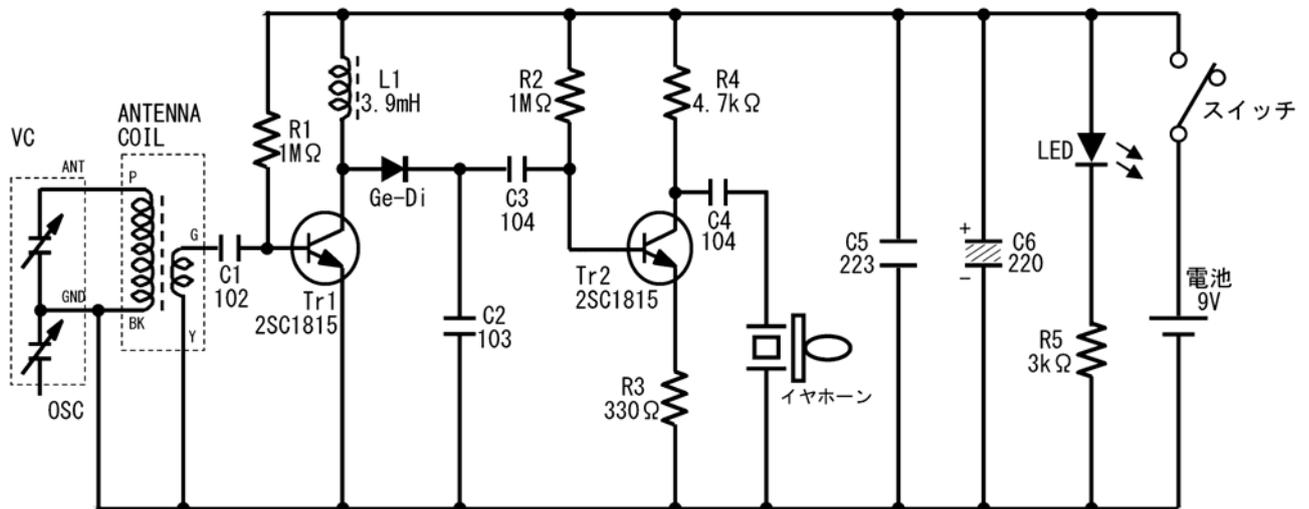


図6 作製するラジオの回路

2.2 使用回路

作成する回路の図面を図6に示す。信号は基本的には左から右に流れる。左端のVCとANTENNA COILが共振回路である。Tr1でアンテナで受信した

信号を1段増幅する。Ge-Diは検波用ダイオードであり、C2で音声信号を取出す。これをTr-2で増幅し、イヤホーンを用いて音声を得る。なお、市販のラジオでは、さらに増幅してスピーカを用いることが多い。LEDは動作表示用であり、C5とC6は電源電圧を一定にするために用いる。

2.3 配線手順

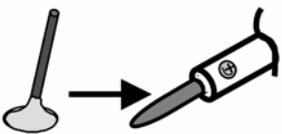
タイミング (秒)	はんだ付け方法	
1 2 3		<p>はんだは溶けると熱いところへ流れていく性質があるので、はんだが付きやすいよう基板の銅箔と部品の足をいっしょにあたためる。</p>
4 5		<p>あたためた基板の銅箔と、部品の足にはんだを溶かす。</p>
6		<p>はんだを離す。 (はんだごての先はそのまま。)</p>
7		<p>はんだごての先を離す。</p>

図7 はんだ付けの手順

最初にはんだ付けの練習をしよう。はんだ付けは加熱したはんだこてを右手に、はんだを左手に持ち、図7のように銅箔と端子線を同時に1、2秒ほど加熱し、続けてはんだを適量添える。溶けるはんだ量は主にはんだを添える時間で決まる。溶けたはんだをこてで練りまわさないこと。はんだこては高温であり、やけどに注意せよ。

以下では、回路を基板上に配線する。基板は銅の薄板が貼り付けられてい

る側がはんだ面であり、反対側が部品面である。各部品は部品面側から基板の適当な穴に端子線を差込み、はんだ面側ではんだ付けする。素子の配線は基本的には互いの接続関係が正しければよいが、できれば、実体配線図を参考にして、素子の配線位置を指定した基板を用いる。抵抗や通常のコンデンサは素子値は異なるがどちら向きに配線してもよい。トランジスタ、ダイオードと電解コンデンサの端子線は決まった向きを持つことに注意。

2.3.1 基板上に各自の名前を記入し、4個のゴム足をねじ付けする。

2.3.2 各素子の端子を基板に差し込む。バリコンは基板にさす前に端子に5cm程のリード線をはんだ付けしておき、基板に両面テープで貼り付ける。

2.3.3 差し込んだ端子が抜けないように先を折り曲げ、まとめてはんだ付けする方が短時間で終了する。トランジスタ本体は基板に接触させず、10mm程度離れるように配線する。

2.3.4 その後、配線の余分な部分をニッパで除去する。

2.3.5 イヤホンとアンテナコイルの作業を最後に行う。コイル部分を両面テープで貼り付け、さらにコアが抜けないようにセロテープで固着する。リード線を切らないようにし、先端をはんだ付けする。回路図のアンテナのP(ピンク)、Y(イエロー)、G(グリーン)、BK(ブラック)はリード線の色である。

2.3.6 電池は電池スナップを配線し、本体は両面テープで貼り付ける。

2.3.7 配線が終了した場合、配線に間違いが無いか調べた後、電池を接続する。配線を間違のまま電池を接続すると、素子を壊すかもしれない。

2.3.8 電池を接続して、バリコンのダイヤルを調整すると、いくつかの放送の音声を聞き取れるはずである。

3. ラジオ内の信号の観測

時間に余裕のある者は作成した回路の信号波形をオシロスコープで見よう。オシロスコープはラジオの波形を見るように各ダイヤルをすでに調整している。画面は横軸が時間の経過を表し、縦軸が電圧を示す。測定端子(プローブ)の先端の一つをダイオード Ge-Di の入力端子に、他方を出力側に接続し、アース(クリップ)を回路のアース(電池の一侧)に接続する。この場合、図 1(c)の変調された受信波と、図 2(c)の検波された音声信号を見ることができる。