

第14章 エミッタ混合回路を利用した 中波帯AM用ソフトウェアラジオ

本稿掲載のWebページ

http://www.mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Radio_note/index.html

目次

第 14 章 エミッタ混合回路を利用したソフトウェアラジオ	2
14.1 組み立て	2
14.2 ソフトウェア	5
14.2.1 main 関数内の処理	5
14.2.2 IC モジュール内の処理	6
14.2.3 IC1Interrupt() 関数内の処理	6
14.2.4 ADC1Interrupt() 関数内の処理	6
14.3 各部の波形	8

第14章

エミッタ混合回路を利用したソフトウェアラジオ

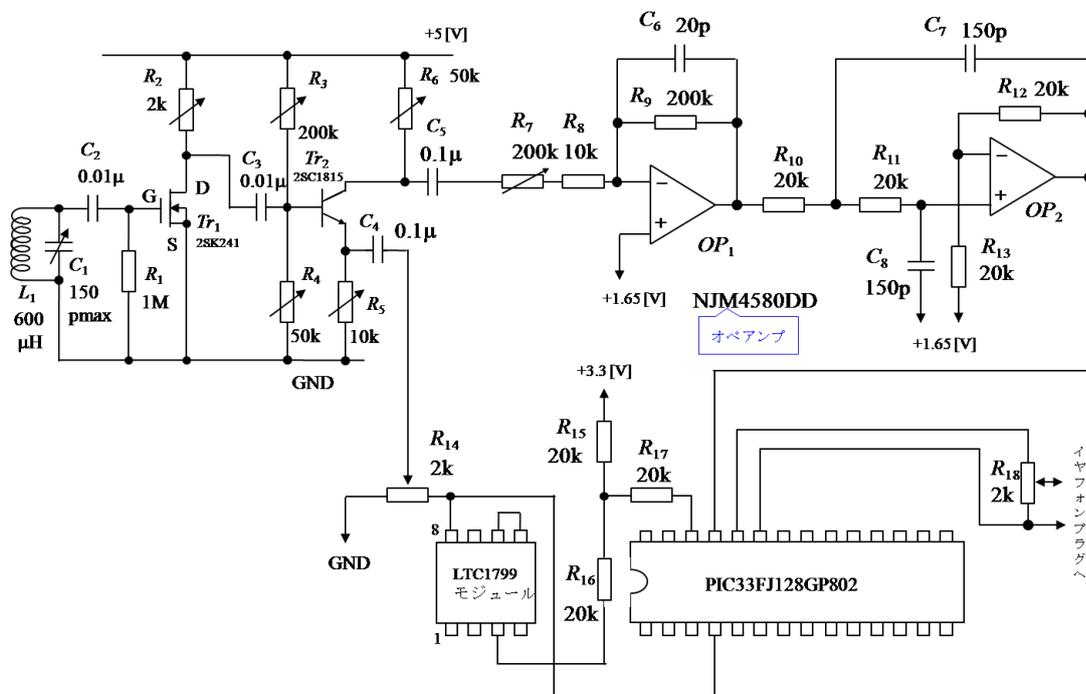


図 14.1: エミッタ混合回路を利用した中波帯 AM 用ソフトウェアラジオ (パート I)

14.1 組み立て

図 13.2 のスーパーヘテロダイナミックラジオの混合回路を利用したソフトウェアラジオの難点は、受信できる放送局がほぼ1局に限定されてしまうことである。ポリバリコン C_1 , C'_1 とバーアンテナ L_1 および局部発振用コイル OSC は中間周波数が 455 [kHz] でつねに一定となるように設計されている (9.1 節の記述を参照されたい)。図 13.2 の回路ではポリバリコンのコンデンサ C'_1 と並列に C_6 を接続して、中間周波数を 15 [kHz] とし、ポリバ

リコンの本来の設計とは異なる使い方をしている。このため、選局の際には *OSC* の上面のネジによりコイルのインダクタンスも併せて調整しなければならない。

本稿では、局部発振周波数をマイコンにより制御することで、選局を容易にする回路方式を示す。図 13.2 の混合回路ではトランジスタ Tr_2 のエミッタに局部発振回路の発振電圧を印加して、 Tr_2 のスイッチングを行っている。混合回路を用いた周波数変換の原理は 10.1 節を参照されたい。この回路では Tr_2 のエミッタに印加される電圧は正弦波である。トランジスタにスイッチングを行わせるには正弦波である必要はなく、矩形波を印加することでもできる。そこで、本節では矩形波の発振器でしかもその発振周波数を制御可能な VCO (Voltage Controlled Oscillator) を外部に設ける。

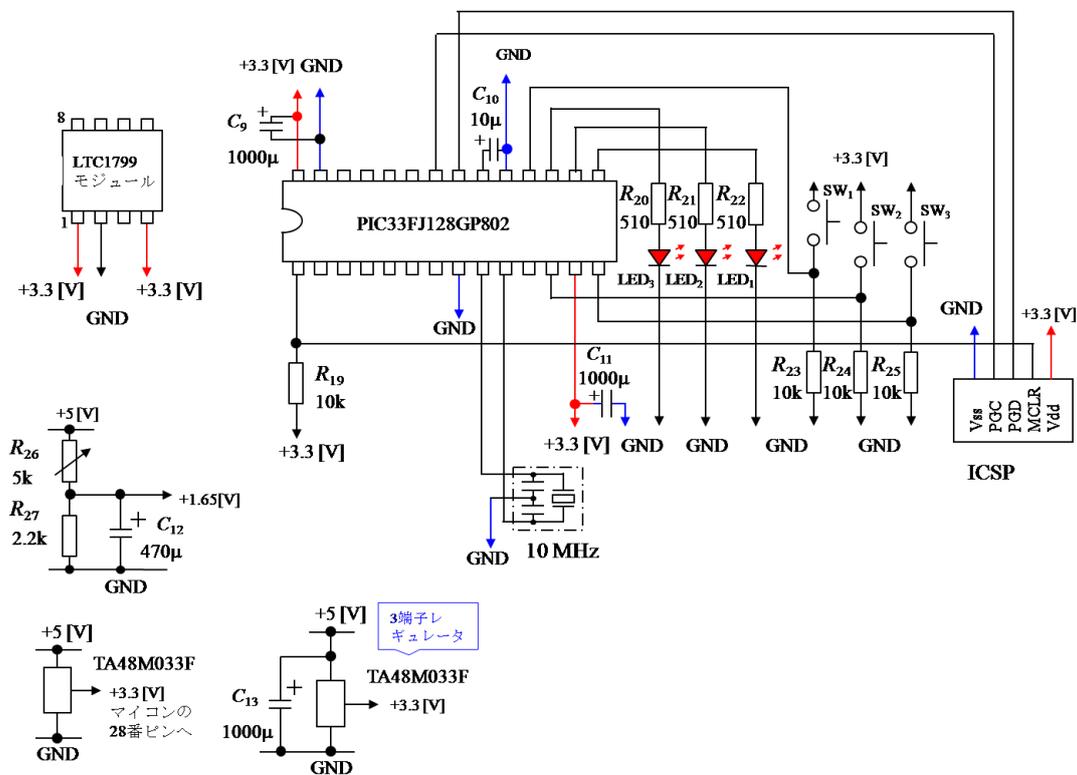


図 14.2: エミッタ混合回路を利用した中波帯 AM用ソフトウェアラジオ (パート II)

中波帯の VCO には LTC1799 がある。秋月電子通商からはブレッドボードに挿入できる LTC1799 モジュールが提供されている。これを使った回路を図 14.1, 14.2 に示す。エミッタ混合回路を利用した中波帯 AM用ソフトウェアラジオの回路図である。図 14.1 にラジオの放送信号を処理する回路を示し、図 14.2 に電源の配線とマイコンの周辺回路を示す。図 13.2 の回路との最も大きな相違点は、局部発振用コイル *OSC* をなくし、新たに LTC1799 の発振モジュールを追加した点である。

発振モジュールの 8 番ピンの出力矩形波電圧をコンデンサ C_4 を通して Tr_2 のエミッ

タに印加している。この出力電圧をマイコンの4番ピンにも入力し、マイコンの Input Capture 機能により発振周波数を計測する。マイコン内では指定周波数との差分を用いて I (Integral) 制御を行い、16番ピンの D/A 変換出力を通して発振モジュールの発振周波数を指定周波数に一致させる。ディップスイッチ SW_1, SW_2, SW_3 によりあらかじめ登録しておいた周波数を指定し、 LED_1, LED_2, LED_3 により周波数の登録番号を2進数により表示する。

図 14.3 はブレッドボード上に製作したエミッタ混合回路を利用したソフトウェアラジオである。ブレッドボードを2枚つなぎ合わせてある。

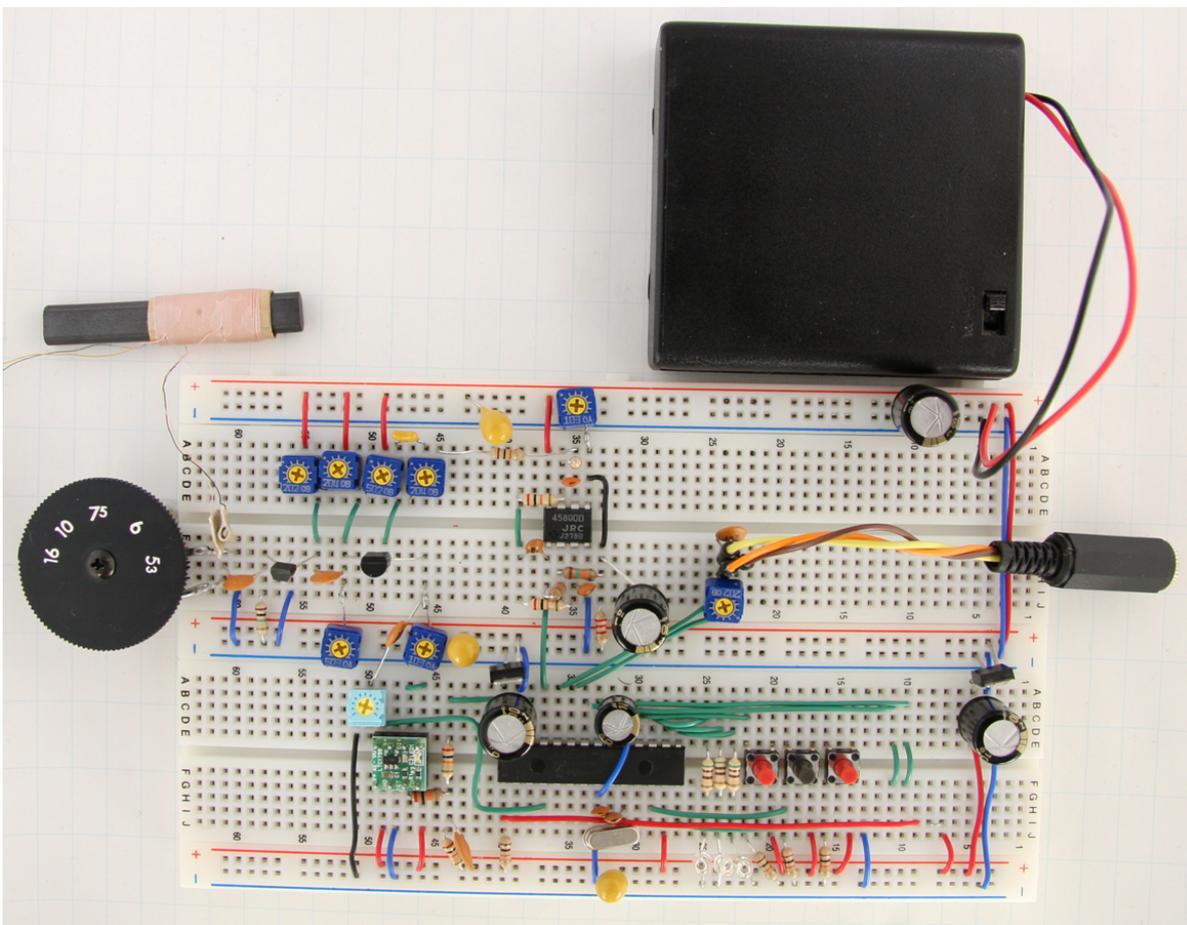


図 14.3: エミッタ混合回路を利用した中波帯 AM 用ソフトウェアラジオ (写真)

趣味の域により深く入った感があるので、本稿の記述は概要程度にとどめることとする。

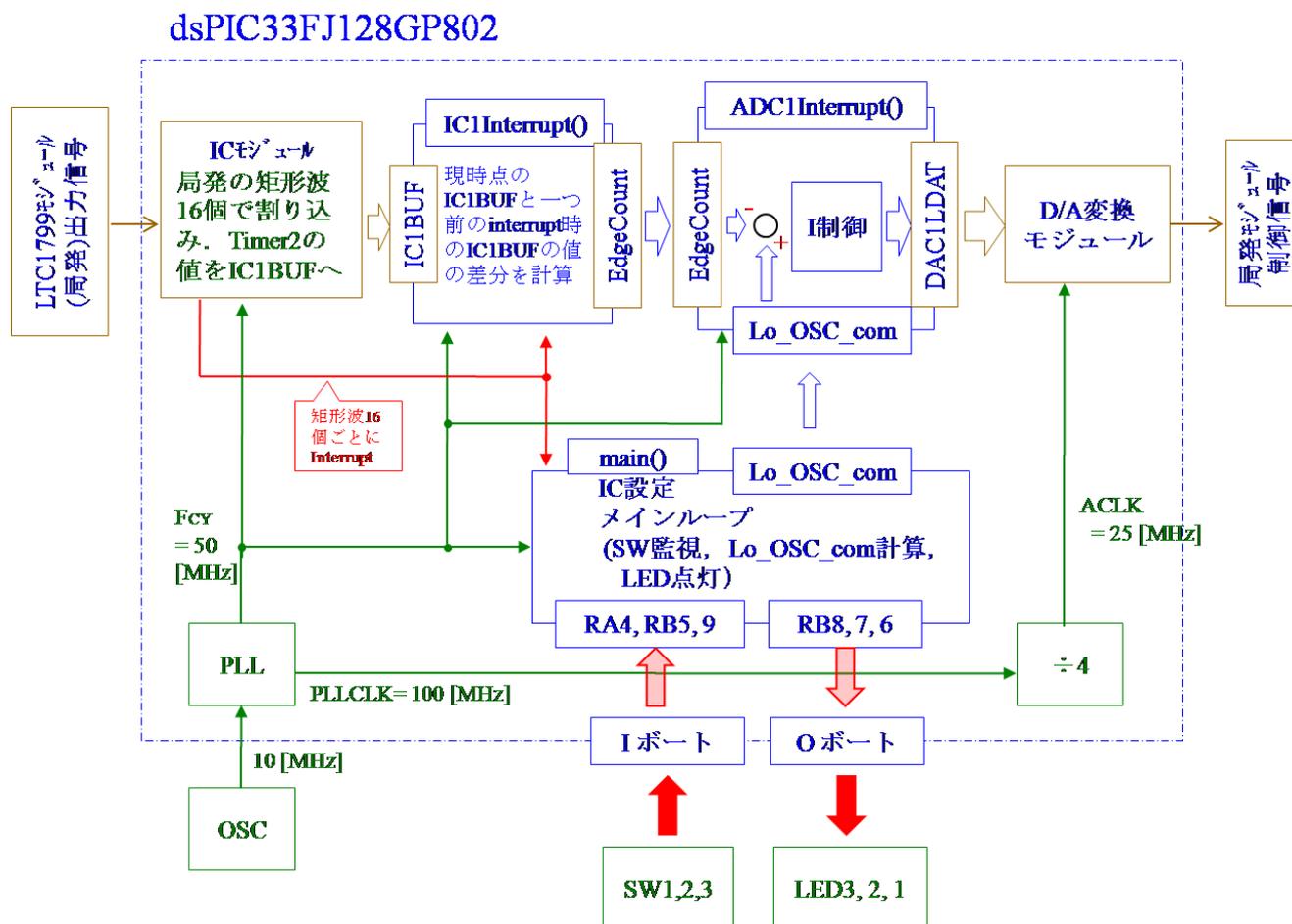


図 14.4: 局部発振周波数制御ブロック図

14.2 ソフトウェア

図 14.4 は、局部発振周波数の制御ブロック図を示す。図 13.21 のマイコン内部の構成において、復調後の音声信号を DAC1RDAT に出力する設定に変え、その他は全てそのまま用い、新たに図 14.4 のブロックを追加している。各ブロックの概要は以下の通りである。なお、マイコンのプログラムを本稿と同じ Web ページ上にアップしておくので、そのコメントも参照されたい。

14.2.1 main 関数内の処理

main 関数内では以下の設定を追加している。

入出力ポート (I/O port) 設定では、4 番ピン RB0 を入力設定とし、4 番ピンの RP0 (Remappable Pin 0) を IC1 に割り当てている。また、RA4(SW2), RB5(SW3), RB9(SW1), RB14(AN10) を入力ポート、RB6(LED3), RB7(LED2), RB8(LED1) を出力ポートに設定

している。

IC (Input Capture) 設定では、入力信号 (局部発振信号 (LTC1799 モジュールの8番ピン出力信号) の16回の立ち上がりを検出して、main関数に割り込みをかけ、IC1Interrupt()関数を起動する設定としている。この割り込み時のTimer2の値がIC1BUFに格納される。

main ループは、以上の初期設定を行った後に、SWの監視、LoOSCの指令値の計算、LED点灯の無限ループを実行し続ける。

SW1がON後にOFFとなった瞬間に freq indicator をカウントアップ、freq indicator = 4 となったら0にリセットする。

SW2がON後にOFFとなった瞬間に Lo OSC com + 1 とする。また、SW3がON後にOFFとなった瞬間に Lo OS Ccom - 1 とする。

SW1は選局用であり、SW2, 3はLoOSCの微調整用である。選局結果に応じてB8, B7, B6 (LED3, LED2, LED1) に2進数で局表示を行う。2進数と放送局の対応は、001: NHK名古屋, 010: NHK教育, 011: CBCラジオ, 100: 東海ラジオである。

ループの最後に何も実行しないfor文によりループの先頭に戻る時間を遅らせ、プッシュスイッチのチャタリングによる誤動作を防止している。

14.2.2 IC モジュール内の処理

ICモジュールはLoOSCの16個のパルス毎にmain関数に割り込みをかけ、IC1Interrupt()関数を起動する。この割り込み時のTimer2の値をIC1BUFに格納する。

14.2.3 IC1Interrupt() 関数内の処理

IC1Interrupt()関数内では、一つ前の割り込み時のTimer2の値と現割り込み時のTimer2の値の差分をとり、LoOSC16個の間のシステムクロックFCYのクロック数を求め、その結果を変数EdgeCountに格納している。

14.2.4 ADC1Interrupt() 関数内の処理

ADC1Interrupt()関数内では、AD変換結果のフィルタリング、復調処理に加えて、新たにLoOSCの指令値(LoOSCcom)と検出値(EdgeCount)の差分を積分してDAC1LDATに出力する処理を行っている。これにより、LoOSCの積分制御を実行している。

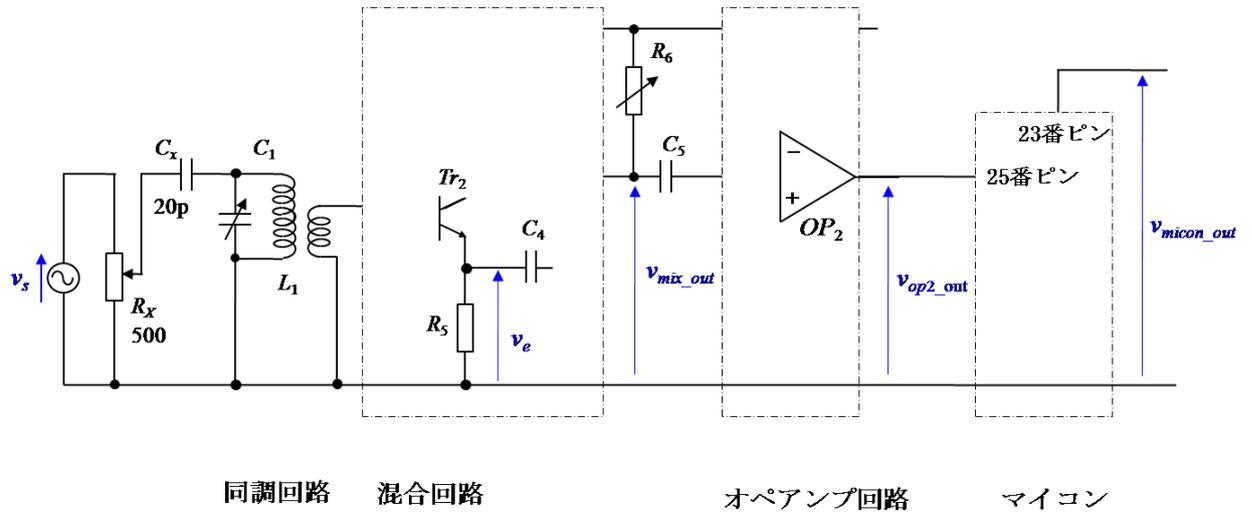


図 14.5: 電圧の測定箇所

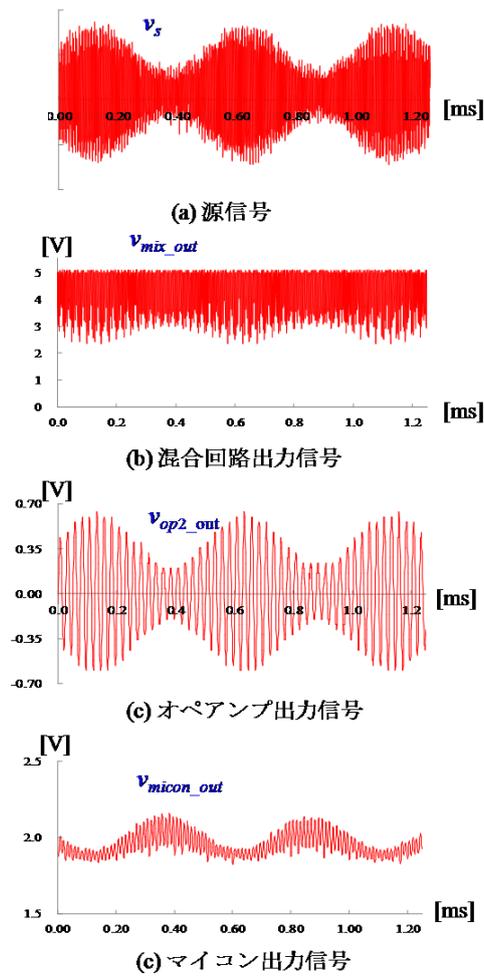


図 14.6: ラジオの各部の電圧波形例

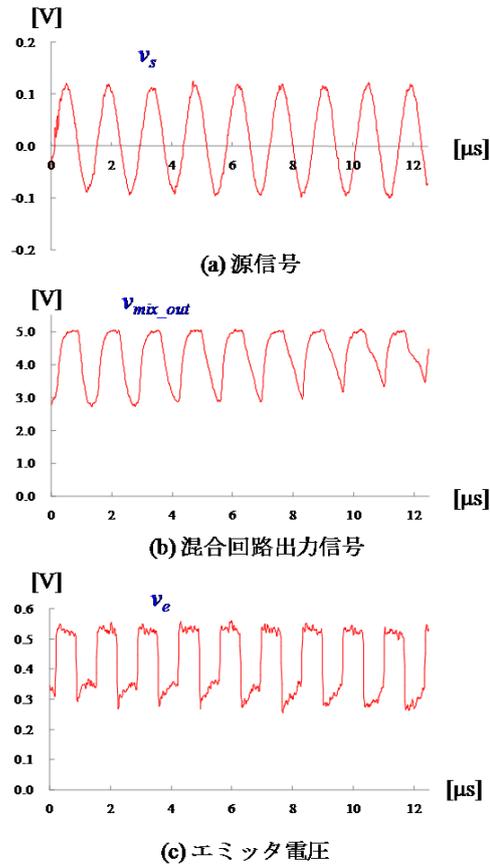


図 14.7: 混合回路の電圧波形例（時間軸を拡大）

14.3 各部の波形

各部の波形を測定した。測定箇所を図 14.5 に示す。測定結果の例を図 14.6 に示す。(a) 放送信号 v_s , (b) 混合回路の出力電圧 v_{mix_out} , (c) オペアンプの出力電圧 v_{op2_out} , (d) マイコンの出力電圧 v_{micon_out} である。放送信号はキャリアの周波数 $f_c = 700$ [kHz], 音声信号の周波数 $f_{voice} = 2$ [kHz] とし, 変調度 $V_{voice}/V_c = 0.5$ とした。この信号を抵抗 R_x とコンデンサ C_x を介してラジオの同調回路に印加した。局部発振周波数 $f_{Lo_OSC} = 740$ [kHz] に調整した。 v_s の 700[kHz] 成分, v_{mix_out} の 740 [kHz] 成分は赤く塗りつぶされている。 v_{mix_out} においてはトランジスタ Tr_2 のスイッチングによる電圧変動に音声信号成分が重畳されている。この v_{mix_out} をオペアンプによるフィルタ回路に通した結果が v_{op2_out} である。ただし, この波形からは直流成分を除いてある。40 [kHz] の中間周波成分と 2 [kHz] の音声信号成分が取り出されている。この信号をマイコンに取り込み, バンドパスフィルタを通した後, 全波整流を行い, さらにローパスフィルタを通した結果が v_{micon_out} である。 v_{micon_out} には 40 [kHz] の中間周波成分が除去されきれずに残っていることがわかる。これは, Lo OSC 制御を追加したために, ADC1Interrupt() 関数の実行時間に余裕が

無くなり、ローパスフィルタのタップ数を10としたことによる。

図14.7は放送信号 v_s と出力電圧 v_{mix_out} および混合回路のエミッタ電圧 v_e の波形を時間軸を拡大して示す。 v_s には700 [kHz]のキャリア信号、 v_{mix_out} 、 v_e には740 [kHz]の局部発振信号成分が見える。音声信号成分はこの時間軸ではゆっくりと変化している。 v_e が低い期間においてトランジスタ T_{r2} が導通し、抵抗 R_6 の電圧降下により v_{mix_out} が低下している。逆に v_e が高い期間において T_{r2} が非導通となり、 v_{mix_out} が電源電圧の値となっていることがわかる。

表14.1は本章において初めて購入する電子部品の購入先を示す。

表 14.1: 電子部品購入先

部品	型式・定格	単価(円)	数量	購入先
1kHz~30MHzオシレータ	LTC1799モジュール	600	1	秋月電子通商 http://akizukidenshi.com
タクトスイッチ		10	1	同上

2011年1月

著者

古橋武

名古屋大学工学研究科情報・通信工学専攻

furuhashi at nuee.nagoya-u.ac.jp