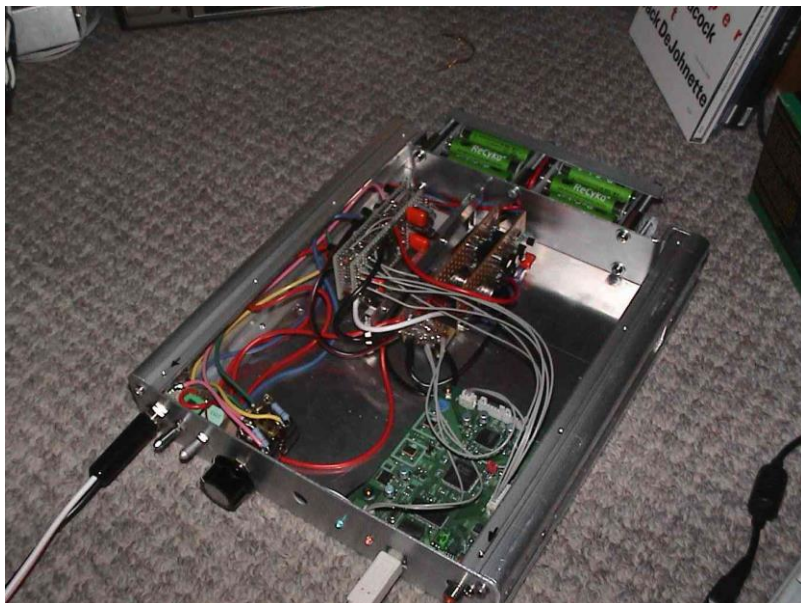


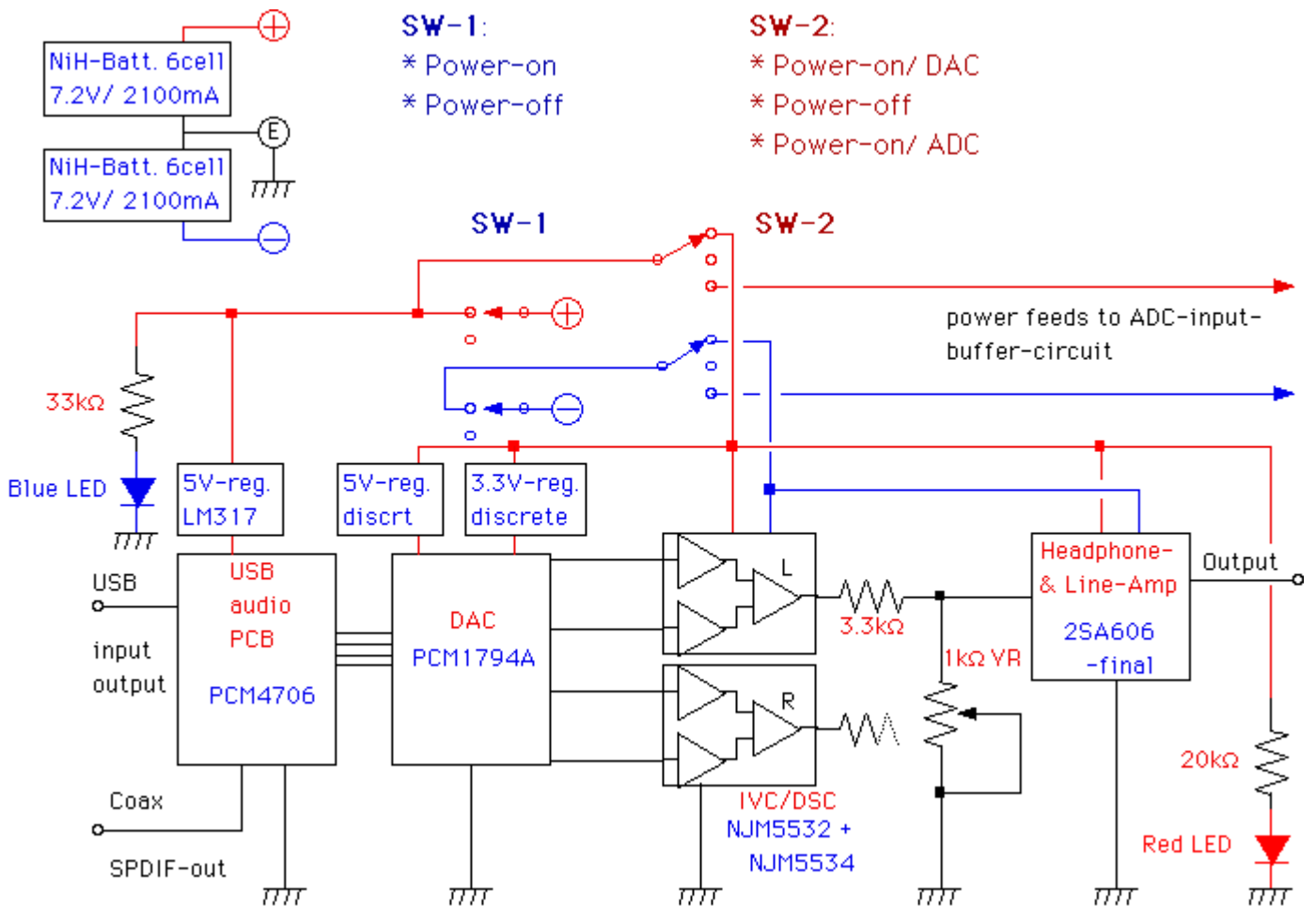
## USB オーディオの夜明けぜよ！の巻



ぜよ！っって気張ってみました、オーディオの世界も変わりつつあります。そのうち、回っているのはハードディスクのみ、という世の中になるかも知れません。半導体メモリが進化すれば、さらにHDDすら要らなくなるかも。記憶メディアのない時代に、「頭の回転」という表現はすでにあつたはずですが、元来記憶と言うのは「巻き戻す」動作が伴うからでしょう。機械的に回さずに記憶を呼び戻す仕組みができれば、これはいよいよ人間の頭脳に近付くってことか……

という奇妙なマエセツは置いておいて…… とおるさん家も「**電腦式蓄音機**」の導入にチャレンジです。K先生のポータブル再生機器にヒントを得ましたが、SPDIFの入出力で接続できる機器は限られます。考えてみたのですが、普段もっとも持ち歩く機器はノートパソコンです。これを中心に据えて、音楽の再生と録音の両方の機能を1つの機器で実現しようと思立ちました。USBによるデータのやり取りを行えるお誂え向きの基板を提供されている、エレクトロアートさんにお世話になることになりました。

上記基本構想のもと、エレクトロアートさんから購入したUSB-Audio回路基板をつらつら眺めながら、約2ヶ月ほど妄想をたくましくしておりましたが、その結果まとめたブロックダイアグラムが下図です。SW1でUSB-Audio基板に電源が入り、SW2でDAC回路またはADC回路に電源が入ります。センターOFFのスイッチになっていますので、DACにもADCにも電源が入らないようにすることもできます。



どんな形に仕上げてやろうか、と悩む期間がこ手の趣味のだいご味ではあります。持ち運びに苦労しない大きさ、機動性、しかし機能は満載、という、欲張った妄想を逞しくしました。

大きさ：最近常用しているパナソニックのノート PC がサイズの基準です。まずは底面積を同じに、つまり B5 サイズ程度で A4 を超えず、といったあたり。厚みは、片手で(日本人の)わしづかみにできる程度、すなわち 45mm 内外、を目指しました。

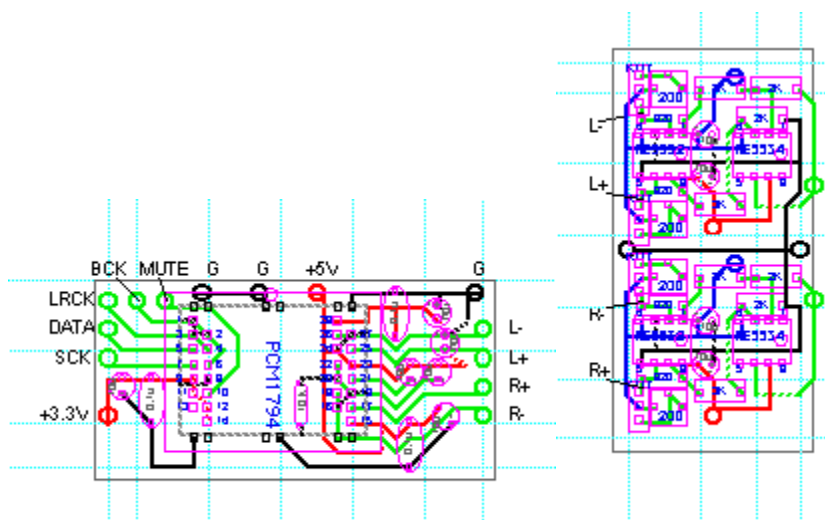
機動性：K 先生が電池帰りしてしまいそうな雰囲気です。巷が騒然としておりますが、AC コードなしに音楽が楽しめる、あるいは好きな時に録音できる環境が欲しくなりました。特に、とおるさんは究極のアナログ録音技術(DC モーターによる磁気テープ記録)を体験しておりません。今回、K 先生その人がついにタブーを破ったデジタル録音から一気に足を踏み入れようと考えました(ん～な、大袈裟な……)。結論から言うと、再生、または録音の作業を数時間連続で持続するだけの電力を大雑把に計算し、プラス・マイナスの電源をそれぞれ6本の単三型ニッケル水素電池で負担することとしました。最近のニッケル水素電池は、最大 2500mAh(公称)程度の容量があり、回路電流を 400mA 程度に抑えれば4ないし 5 時間くらいは持ちそうです。電池の本数(=電圧)をこれ以上に増やしても、デジタル回路の所要電圧(5V または 3.3V)との差はみんな熱エネルギーに化けてしまうだけです。実際、回路ブロック上一番消費電力が大きいのが USB オーディオ基板ご本尊(+5V x 300mA)ですので、プラス側の電池が早めに果ててしまうのは避けられません。この点は、然るべきタイミングでプラス側とマイナス側の電池ブロックを入れ替えることで、延命策が講じられます。(実際にやってみると、面倒臭い作業です……残念！)

機能：先刻申し上げたように、再生と録音両方の回路を目標の筐体サイズに詰め込むというのは容易なことではありません。しかし、本プロジェクトの肝心なところは、「音質には妥協できない」点です。理想は、全ての回路をディスクリート部品で組むことです。しかし、頭の中でどうスケッチを描いても、これは無理そう。特に、DAC のアナログ部分に、都合6つのディスクリート対称増幅回路を配置し、ヘッドフォンもしくはラインアンプにもさらに 2 個の対称回路を詰め込んだら、絶対 ADC のフロントエンド

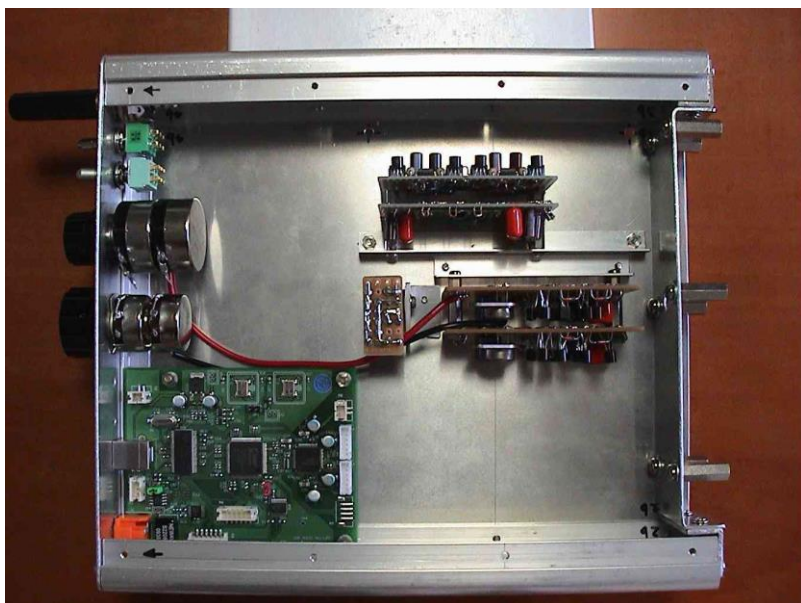
回路は入りません。今回、エレアトさんの基板を用いることで、DAI および ADC が折角コンパクトにまとまったのだから、何とかしたいものです。

DAC: そこで考えてみました。いままで天の邪鬼的に、とおるさん自己流の、IVC+DSC(電流電圧変換+差動合成)回路を採用してきましたが、今度はいっそのこと、オペアンプを使ってオーソドックスなIVC+DSC回路にしてみようと考えました。オーソドックスな回路はどんな音がするのだろう、という比較論に興味が行ってしまったわけです。さらには、先ほど決めた、電源電圧の制約から、今までの回路常数でとおるさん式のIVC+DSC回路を組むと、どうしてもうまく動作点が決まらないのです。(この点に関しては、のちほど思い付いた解決策を適用することにします)。まずは、これまでのとおるさん家の自作DACの実績から比較的音質に好感が持てた、5532 および 5534 型オペアンプを用いてIVC+DSC回路を構成することにしました。5532ファミリは、K式対称回路よりも若干野太い音質だと思います。悪く言えば、荒削り・豪放な鳴り方、というのでしょうか。とおるさん的にはOKなレンジです。

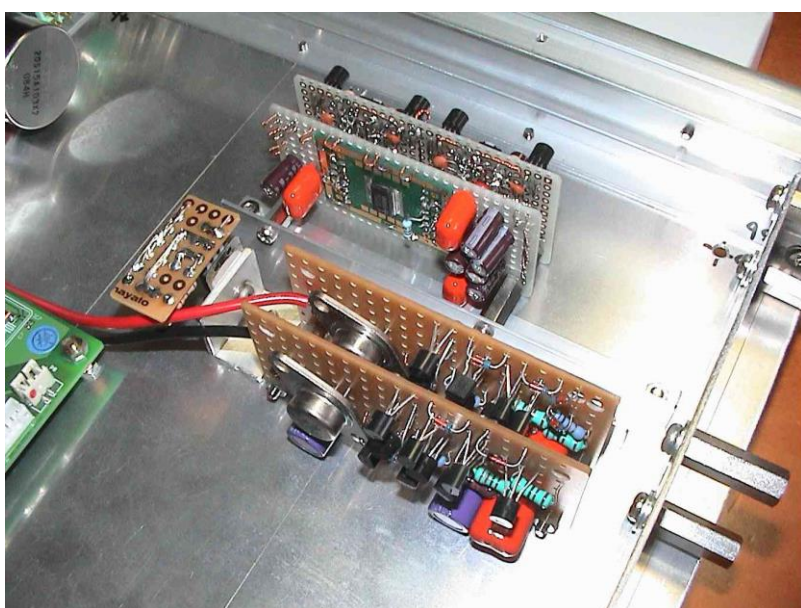
というわけで、「無線と実験」誌 2010年2月号 37ページ、「多機能デジタル再生システム」の図1回路のPCM1794と、それ以降のIVC回路を5532(デュアルオペアンプ)で、DSC回路を5534(シングルオペアンプ)で作り、エレアトさんの基板に接続することにいたしました。下記がそのプリント基板図です。

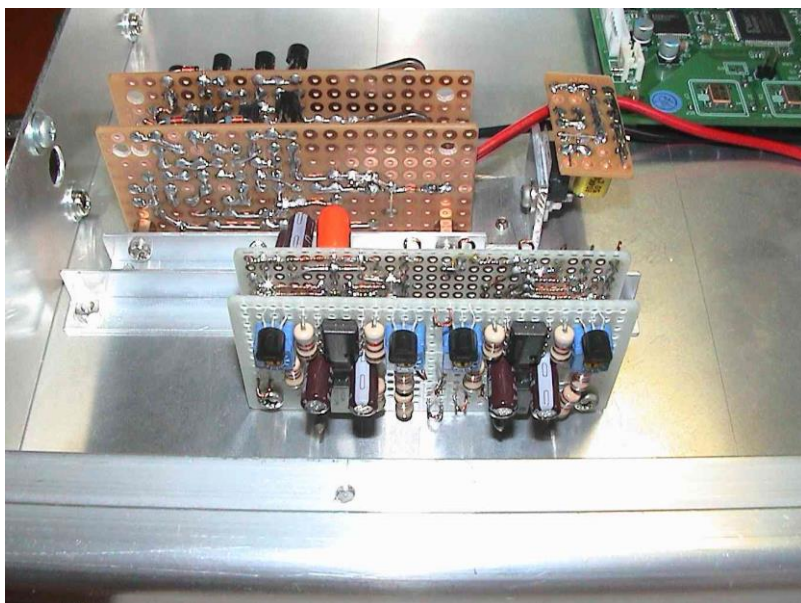


下記はケース内の全体配置です。真中にK式レギュレータ(5Vと3.3V)を持ってきました。そのすぐ隣がPCM1794Aの乗ったDAC基板、さらにその背中合わせが5532=IVC、5534=DSCです。写真で見ると左上のスペースにラインアウト(ヘッドフォンアンプ)基板が入ります。ここはディスクリット構成。右下にADCのフロントエンド(シングル→差動変換)回路が納まる予定。これもディスクリット回路で構成します。



レギュレータ基板の肩ごしに見える、PCM1794A=DAC 基板。次の写真が、その背中合わせに配置された5532=IVC、5534=DSC 基板です。それぞれ、幅37ミリ以下に納めたので、ケース内に立てて配置しても天井にぶつかりません。やっぱりICは現代電子機器のコンパクト化に大いなる貢献をしたのであるなあ……(涙)

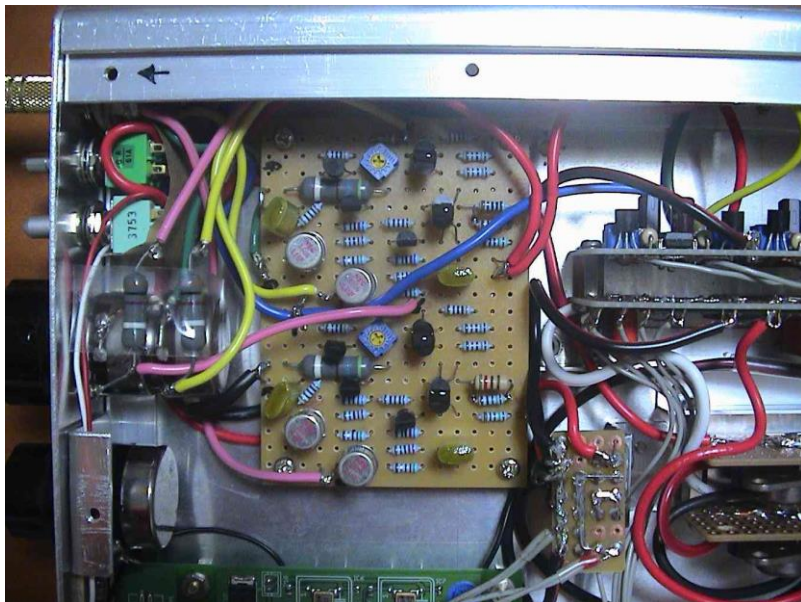




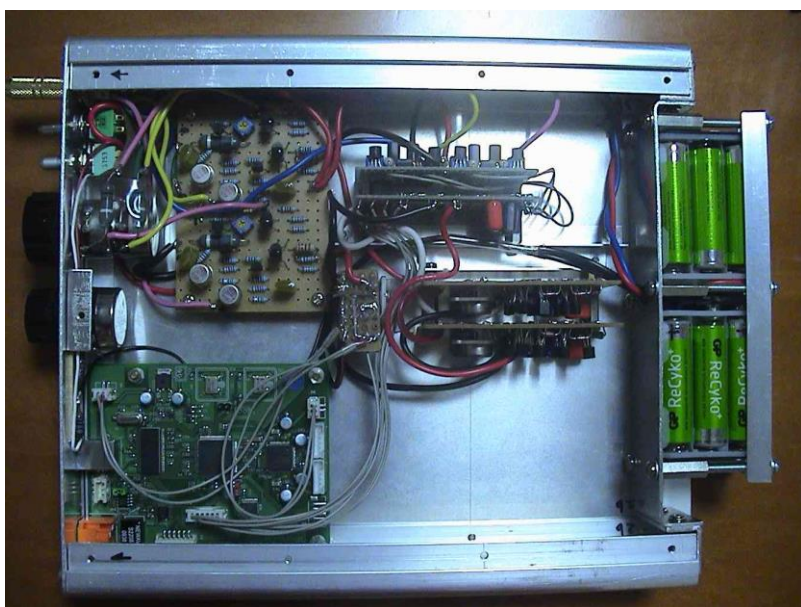
ところで、今回自作したケースの立役者は下記写真の、アルミ製コーナーアングル材です。収納するケースをどのように仕上げようか悩みに悩み、秋葉原界隈を半日近く徘徊して見つけたのがコレです。凹みにちょうど 1.5mm の板材がはまり込みます。これをケースの長辺4本に配置しました。このアングル材を向かい合わせると、厚み方向の内ノリが 38mm ほどになります。全ての基板をこのスペースに納めるために、前述のような基板サイズとしました。



まずは DAC 部分を仕上げて、動作確認したあと、ヘッドフォンアンプ(兼ラインアンプ)を組み立てました。下記は基板のクローズアップ。左右の回路を1枚にまとめました。



下記、とりあえず再生機として仕上がった本機の内部です。さきほどのアングル材調達以降は、ケースの構造案と基板のレイアウトを頭の中でイメージしながら、あとは、うりゃー！とりゃー！%\$&\*?><!!!.....といったもの突貫工事です。自慢じゃ無いが当家にはボール盤も、シャリングマシンも、板材の折り曲げ機も何にも無い。お見せできないのが残念ですが、両手両足を使っての人間ボール盤、金ヤスリ一丁による手動フライス盤、角材とケガキカッターを使った金属疲労式シャリングマシン、リーマに丸ヤスリ、と完全人力式工房です。随所に3mmφのタップを立てましたが、私のタップ立ての腕前はかなりのものだと思います。しかし、夏本番になる前に仕上がって本当に良かった。アルミ板も1.5mmになると急に手強くなるぞよ。

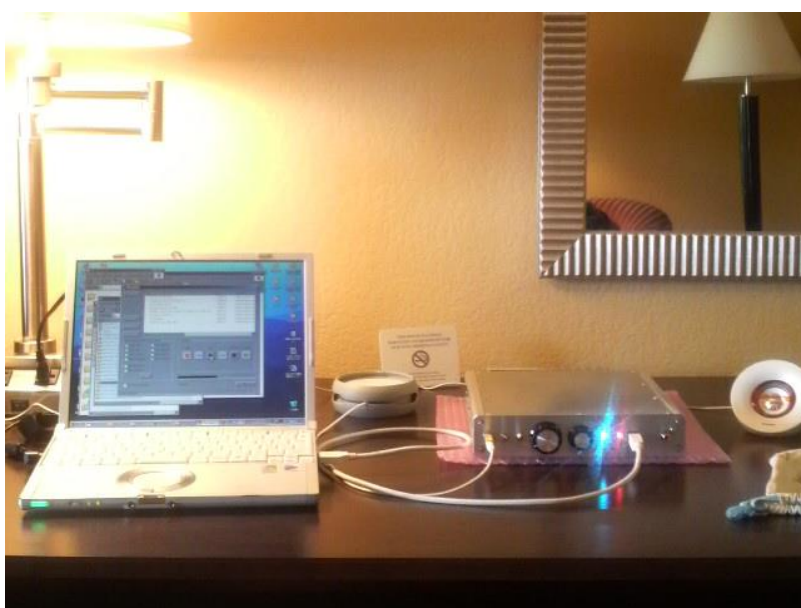


今回一番悩んだのが電池の収納方法です。結局、ケースのリアパネルにアルミアングルを使って固定することにしました。電池の交換頻度を考えると、ケースの中に完全に収納するのは難しいと判断したからです。電池からケースまでをケーブルとコネクタで接続するやり方もあるのですが、片手でさっと持ち上げて運べるようにするには電池ボックスがケース本体に固定されている方が良いでしょう。



ようやく仕上がった本機の音質ですが、常用・常設の真空管 DAC と比較し、キレ・クリアさが際立ちます。心配したオペアンプのクオリティですが、全く安価ながら感服の一言です。とおるさんの的にはこれでオーケーです。ただし、K 式ヘッドフォンアンプ(=ラインアンプ)を通した後の音質はまた格別です。一段と見通し  
が良くなり、最近はやりの3Dテレビみたいになります。ヘッドフォンオーディオも侮れない、印象です。スピーカーシステムに接続しても同様の印象です。真空管 DAC の暖かみは捨てがたいですが、いわゆるハイレゾ志向の方には、この USB オーディオ機は歓迎されることでしょう。

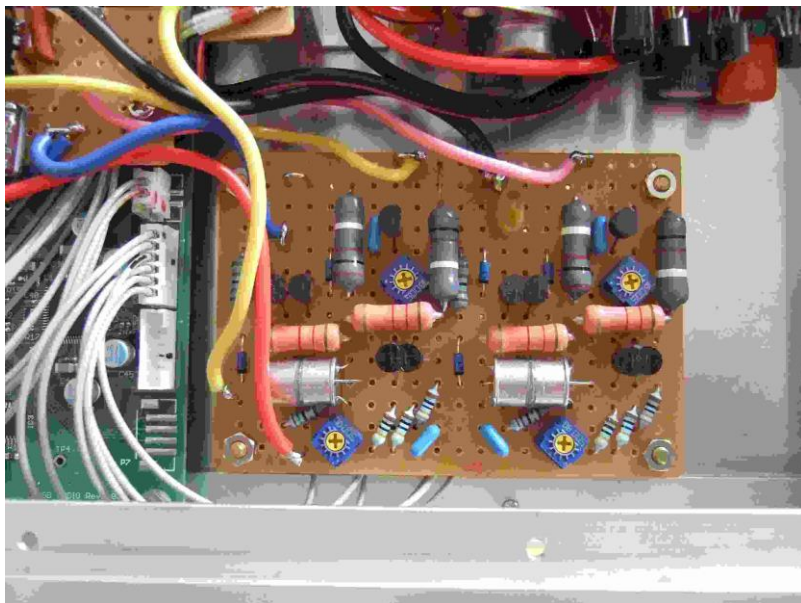
ちなみに、この新生ポータブルオーディオセットはいきなり海外出張を果たしました。手荷物検査も無事突破しました。「君、コレは何かね?」という尋問を恐れたのですが、取越し苦労でした。今回の突貫工事は、実はこの機械を出張中に持ち出し、とおるさんの寂しき旅の空を癒してもらうことを期待したのであります。下記、ボストン郊外、スターブリッジという美しい田舎町のホテルの一室。旅の途中で仕入れた、フィリップスの丸型スピーカー(なんと\$19.99 也)をお供に、本機が楽しく唄っている姿です。



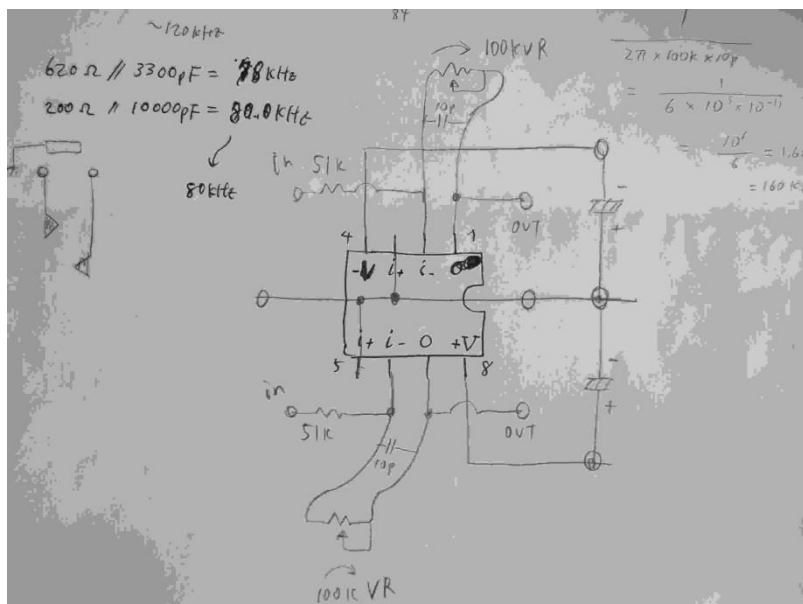
また、仕事相手のお宅にも本機はお邪魔し、米国製 AV アンプと、クリプッシュのスピーカーを堂々と駆動したのであります。レパートリーに選んだジュリーニ指揮、ブルックナー9番の最終楽章は肅々と、かつ朗々と響き渡り、ヤンキーの魂も揺さぶったのであります。曰く、「Nice Music Box!」と。

以上、Part 7.16: 「USB オーディオの夜明けぜよ！の巻き」(2010.7.25)

## USB オーディオ機にレコーディング機能追加

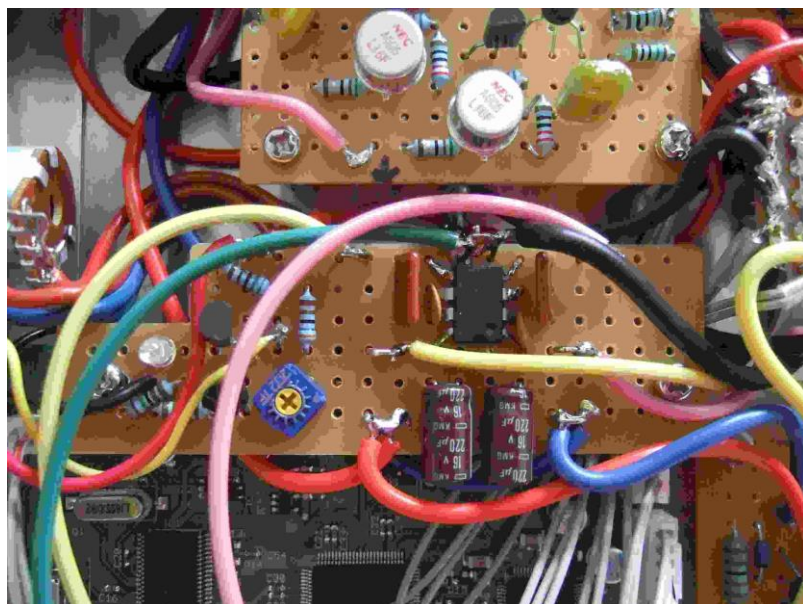


先日完成した USB 再生機の空きスペースに、いよいよ録音機能を詰め込むことにしました。上記写真は、「無線と実験」誌 2009 年 2 月号および 3 月号に掲載の「DC アンプ流 AD コンバーター」の回路を参考に組んだ、シングルエンド・バランス出力変換回路基板です。K 先生発案の本回路は、2.5V のリファレンス電圧を中心に、プラス・マイナスの差動信号を出力しますが、ElectrArt さんの USB 基板荷搭載の ADC チップ(PCM4204)との相性は良さそうです。

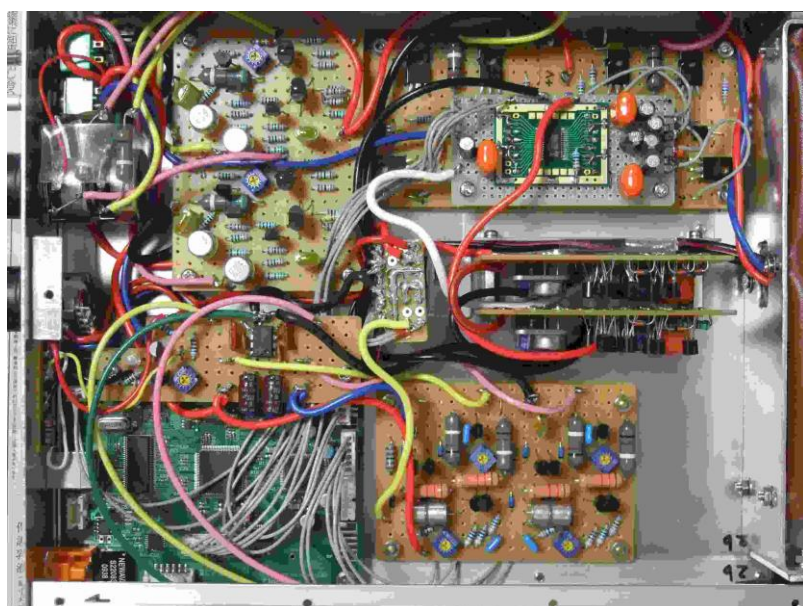




バランス出力回路基板で既にながりのスペースを食ってしまいますので、とりあえず高音質のオペアンプ LME47920(2 回路入り)を使って、入力のゲインコントロールアンプ(反転増幅回路)をコンパクトに作りましました。上記はその回路スケッチです。これを調整用の 100k $\Omega$  2連の VR に近接して配置したのが下記の写真です。この VR はオペアンプの反転入力端子と出力端子の間に接続しますが、発振防止のため、両端子間に 10pF のセラミックコンデンサをパラ接続してあります。



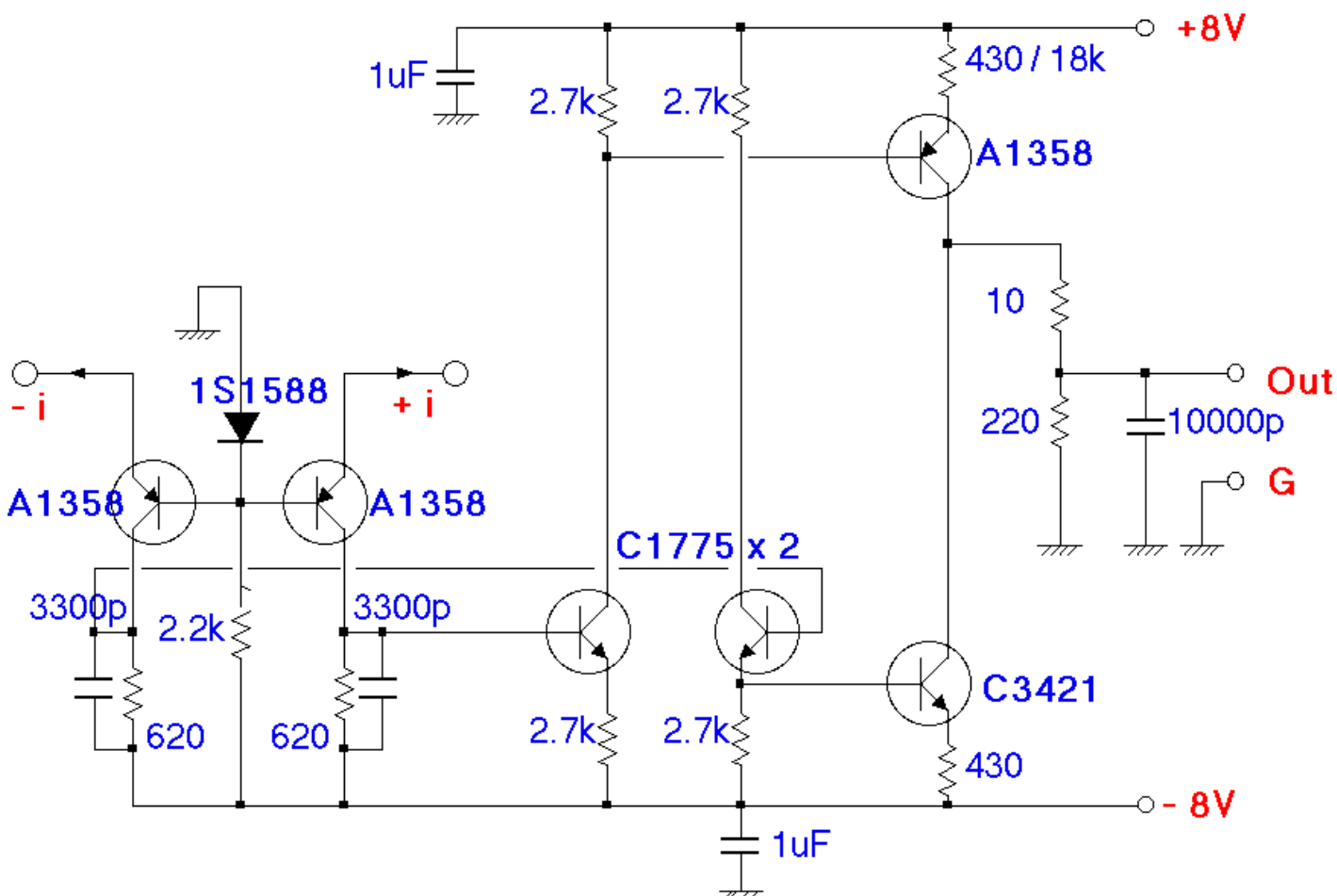
全ての回路を詰め込んだ様子です。これで目一杯ですね。オペアンプで組んだゲインコントロールアンプの背丈を低く作れば、バランス出力回路の上に積み重ねられるかも知れません。そのお楽しみは後日のことにしましょう。



仕上がったところで録音機能を確認しました。実験にはどんな信号を入力しようか、とつらつら考えましたが、思い当たったのは、その昔カセットテープに録音して保管してあった FM の音楽番組です。1997 年ころ、J-Wave で週末朝に放送されたプログラムですが、70 年代のアメリカンヒットチューンを次から次へかけてくれたので気に入っていました。古いカセットと、DENON のコンポスタイルのテープデッキを引っ張りだし、ラインアウト出力を新生 USB 録音機に導き、エレクトさんのドライバソフトを起動。96kHz x 24bit の PCM フ

フォーマットで、まずは数分ほど記録。ゲインコントロールアンプのボリュームを数ポジション換えながら試し録音をしました。USB オーディオ機を再生モードに切り替え、コンピュータ上に記録された WAV ファイルを恐る恐る再生……おおっっ！ちゃんと音が出るではありませんか！今度は、本格的に 60 分のアナログテープ全部をデジタル変換し、コンピュータに取り込んだところ、全部で 2Gbyte の WAV ファイルに化けました。改めてこのファイルを USB 機で再生してみると、とてもいい音です。FM って高音質なんですね。改めて感じ入ると共に、この番組を録音してた頃の記憶やら、思い出やらが蘇り、何だか懐かしい気分になりました。フル充電のバッテリーを使うと、5 ないし 6 時間は動く勘定です。USB 機と組み合わせるためネットブック (ASUS 製 eePC) を購入しましたが、トラブル無く動作することも確認しました。ネットブックはバッテリーの持ちが良く (公称 10 時間強)、これで DC マイクを用意すれば、生録の環境が整います。これも、後々のお楽しみ。ぼちぼちやりましょうかね。

さて、再生環境の方ですが、どうしても試してみたいことがあり、下記の回路を組んでみました。



コンパクトさを追求し、NE5532 および 5534 型オペアンプを組み合わせることでオーソックスな I/V および差動→シングルエンド変換回路としていたわけですが、「いちり屋本舗」の好奇心がむくむくと頭をもたげてしまいました。下記の点を考慮しました。

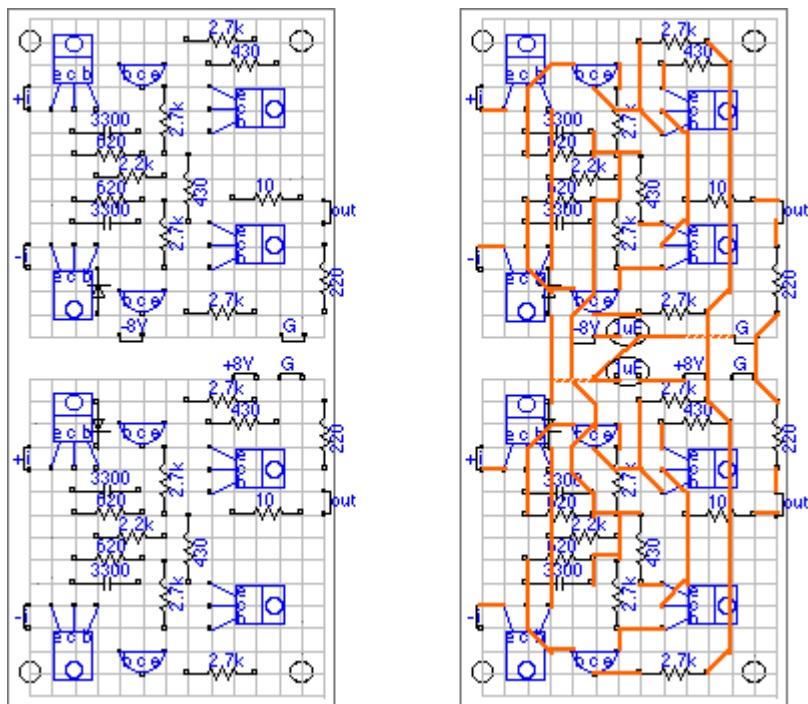
再びベース接地回路の音が聴いてみたい。2 系統の 2SA1358 のエミッタは、PCM1794 からそれぞれ逆相の信号電流 (6.2+/-3.9mA) を受け取ります。コレクタ負荷抵抗 620Ω の両端には、3.7+/-2.5V の電圧が発生します。

従来回路はこれを対称出力段まで持ってゆきました。ところが、限られた電源電圧の範囲内で設計すると、どうやってもうまく行かない。終段 (上側) のトランジスタが飽和してしまうのです。そこで、ちょっと頭をひねってコンプリメンタリー SEPP としました。

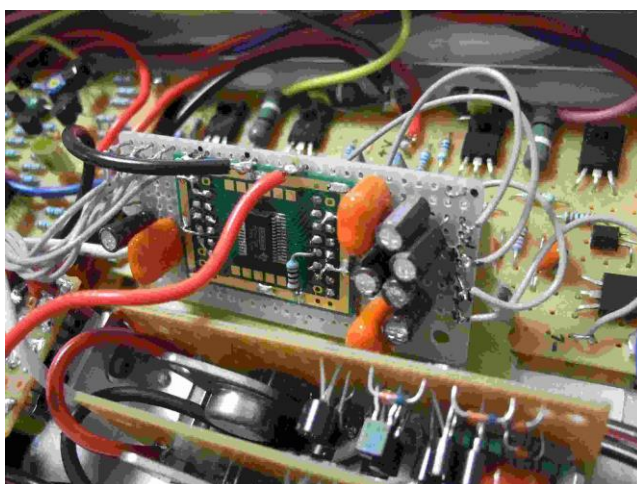
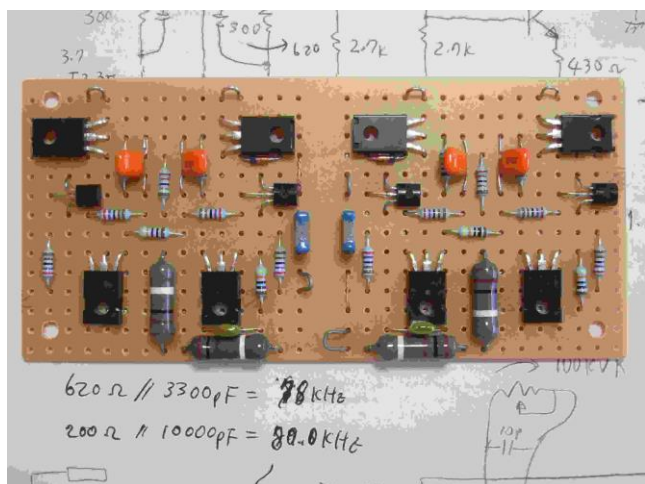
負荷抵抗 220Ω は、上下のトランジスタで A 級ドライブされ、それぞれのトランジスタからの電流出力が並列に加算されます。従って、ゼロクロス歪みは生じないはず。また、上下のトランジスタの特性に多少の差があっても、波形が並列に加算されるだけなので歪みにはならないはず。

御覧のように超シンプル回路です。特に、正電源の消費電流は、2 段目のプッシュプル電圧フォロワーで約 2mA、SEPP で約 5mA、合わせてたったの 7mA ないし 8mA x 2ch = 14~16mA です。先のおペアンプ使用回路も十分低消費電流 (4mA x 6 ユニット = 24mA) でしたが、さらに小さい。USB-Audio 基板本体が 250 ないし 300mA、PCM1794AD1 チップが 50mA 弱の電流を食うので、他の回路は少しでも低消費電流に抑えたいと考えました。

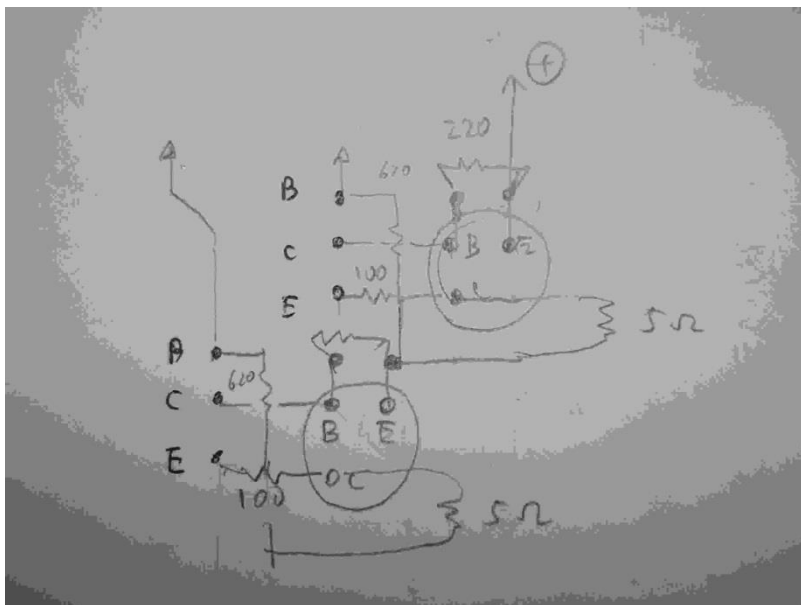
さらに回路図を元に起こしたプリント基板レイアウトが下記の図です。



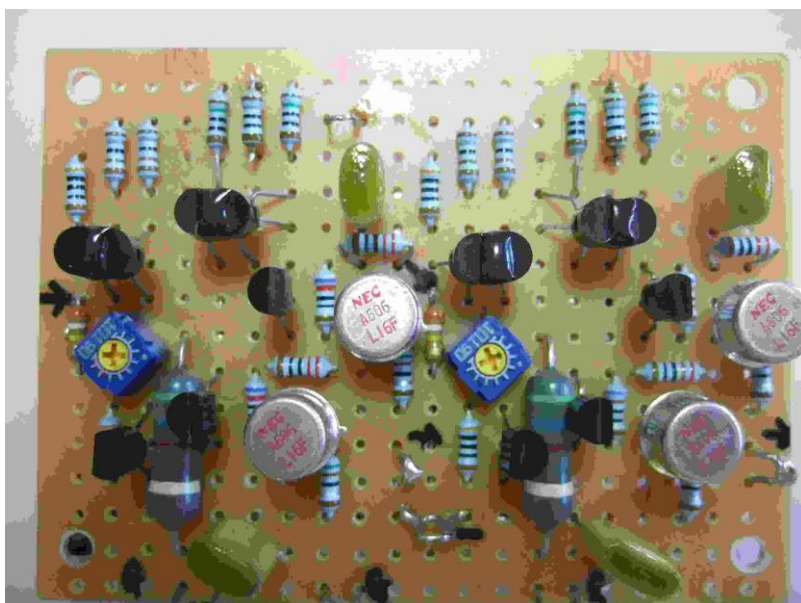
2SA1358 および 2SA3421 をぺったりと平置きしたので、基板上の部品高さを 10mm 以下にすることができました。この基板は ElectrArt さんから別途購入した DSD1794A x 2 用基板と、取り付け穴の位置や基板寸法を全く共通にしてあります。将来 2 段重ねにするかもしれないので。。。下記は、仕上がった基板の写真です。およびそれに 1794A 基板を接続しているところです。

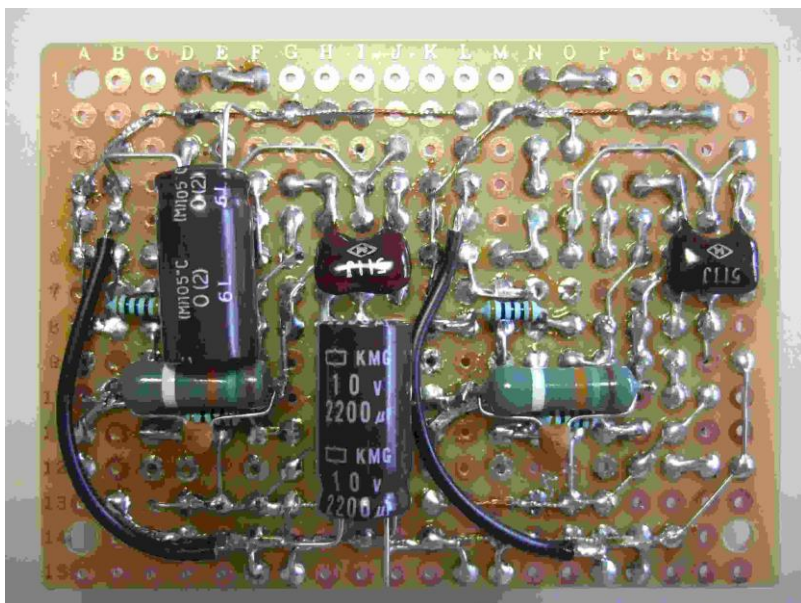


ここまででひとまず試聴。まずは音が出た。動作はした、ってところです。しかし、何やら少し元気があり過ぎて疲れる感じがしました。コレは失敗作か？と思いましたが、「元気印」の傾向はオペアンプ型 IVC の時にも感じられました。さらに、ラインアンプ兼ヘッドホンアンプを付加してからそのように感じたことなので、もしかしたら、このヘッドホンアンプが問題かな？と思いました。そう言えば、ボリュームを絞ったところでがさがさっと音がる。少し発振気味なのかも知れません。ちょっと点検するついでに、今年の MJ10 月号に出ていた新回路(アイドリング電流の安定化)を試してみることにしよう。と、いうわけで下記のスケッチ。

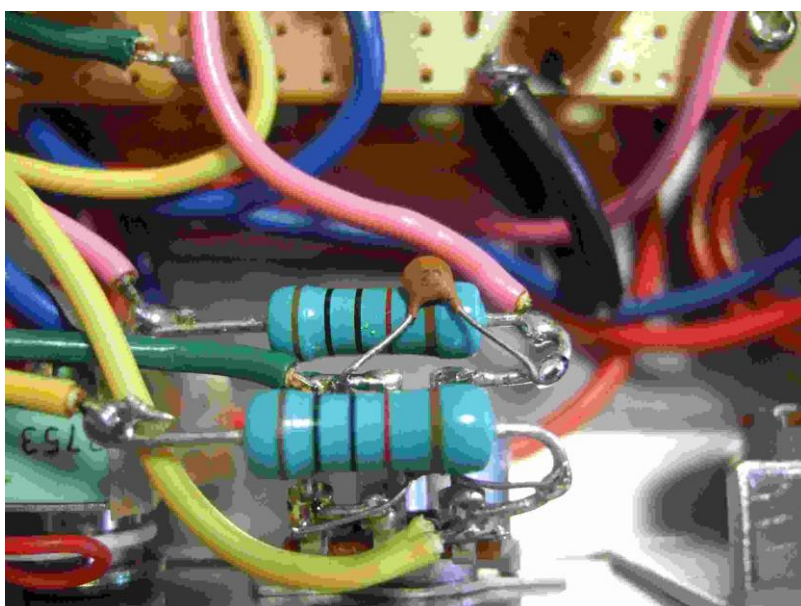


手を加えたライン&ヘッドホンアンプ基板の表および裏です。非反転増幅回路とし、 $5.6k\Omega + 15k\Omega$  の NF 抵抗を用い、4 倍弱の電圧ゲインです。先の寄生発振と思われる現象に対処するため、 $15k\Omega$  に並  $39pF$  のセラミックコンデンサをパラ接続しました。進相型の補正、のつもり。さらに、基板裏側のスペースを利用し、正負電源ラインに  $2200\mu F/10V$  のデカップリングコンデンサを付けました。

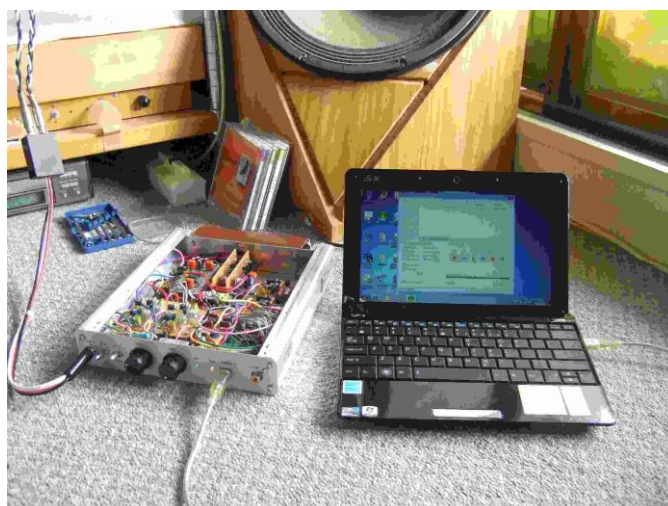
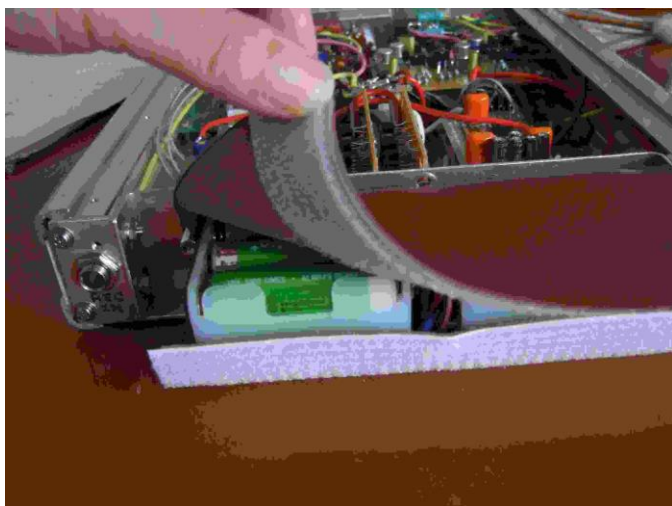




さらに、入力 VR のスライダ端子とグラウンドの間にもセラミックコンデンサ (20pF) を挿入。ラインアンプの入力を小容量のコンデンサでショートし、高周波信号の飛びつきを抑えました。もっと良く見ると、IVC+DSC 回路の出力部のグラウンド端子と、ラインアンプ入力のグラウンドが一本の線で繋がっています。電源からのグラウンド配線はそれぞれの基板に接続されているので、これではいわゆるアースのループを作っていることとなります。くだんの線を外し、VR のグラウンドとラインアンプのグラウンドのみを結線しました。



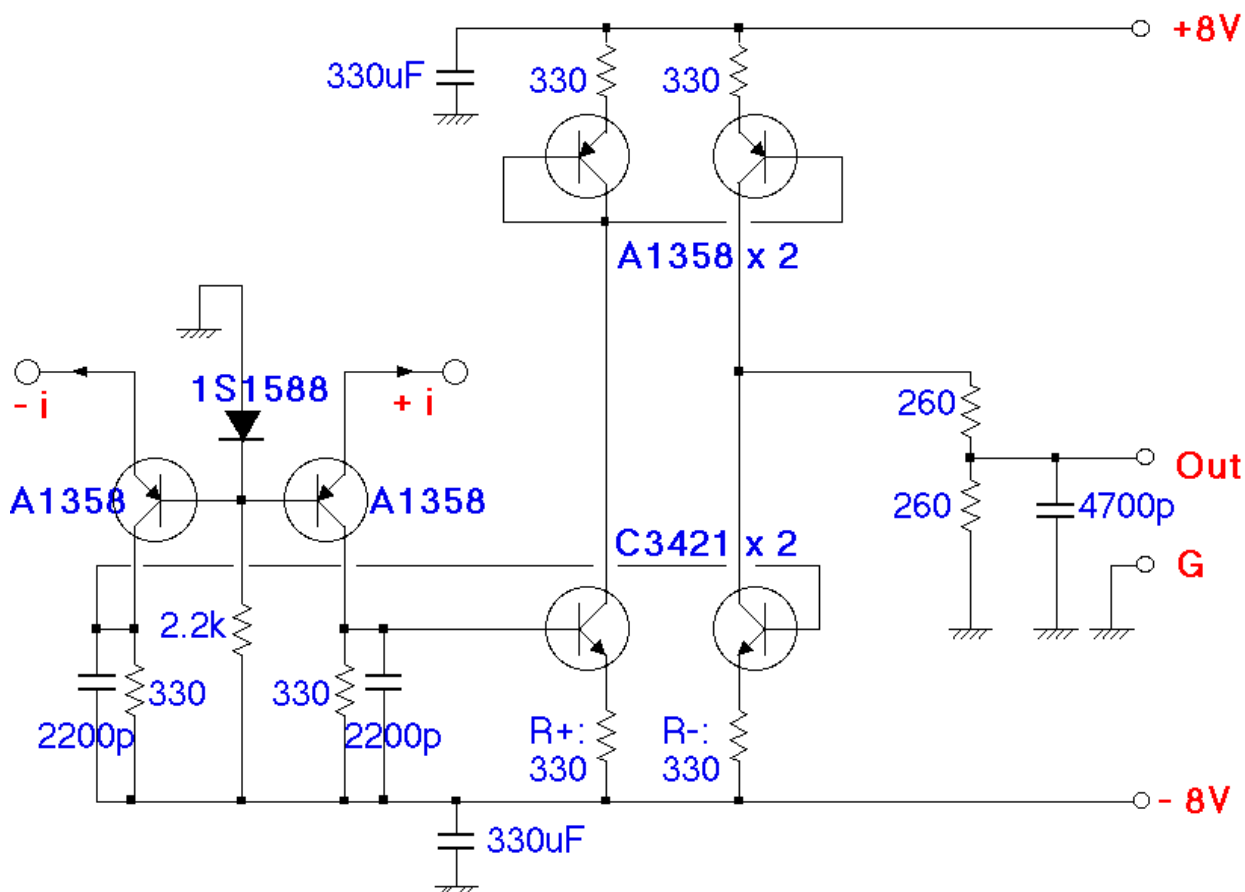
ところで、もうちょっと楽ちな電池交換の方法はないかいな、と考え、工夫したのが下記の写真。東急onzの手芸コーナーで厚めのレザーとマジックテープを買ってきて、御覧のように小細工を。充電済み電池と交換する時は、ベリベリっとレザーのベルトを剥がして中身を入れ替えます。ちなみに、USB 機バックパネル左端に見えるのが、録音用入力ジャックです。表パネルにはもうスペースがありませんでした。ヘッドホン&ライン出力端子と同様、6.5mmφのフォーンジャックを使っています。端子部分がしっかりしているので接触不良が起きにくそうです。



今回手を加えた USB オーディオ機が、ASUS 製ネットブックを相手に動いているところです。刺激的だった「元気印」が解消され、VR を絞り切ったところのがさつきと、音の歪みも無くなりました。やはり寄生発振だったようです。また、ヘッドホン&ラインアンプのアイドル電流はスイッチオン時からぴたりと安定します。ゼロ点のドリフトも減りました。お気に入りの交響曲をとっかえひっかえ聴きましたが、いちいちディスクを出し入れしなくて済むのは大変楽ですね。肝腎の音質ですが、ラインアンプの改善効果と、ディスクリートの新しい IVC+DSC 回路との組合せで、よりクリアかつダイナミックな印象に変ぼうしました。

以上、Part 7.17: 「USB オーディオ機にレコーディング機能追加」(2010.9.20)

## USB オーディオ用 I/V converter の新回路実験



「無線と実験」誌 2011 年 4 月号に掲載の「超多機能アナログ & デジタル再生システム」に新回路が発表されたとの知らせをご同好の方から連絡いただきました。なんと、今度の K 先生の新回路はベース接地入力方式の採用です。思い起こせば、2008 年初頭に K 先生が DC 式 DAC 回路を発表されて以来、アンプ回路都合 6 台を作る手間を何とか省けないものか、と悩んだとおるさんは、ベース接地入力回路を利用してアンプ回路数を大幅に削減し、一人悦に入っていたわけです。(本 HP の Part7.9 として、2008 年 4 月 29 日掲載) とおるさんのアイデアが良かったのかどうか不安だったのですが、K 先生にも採用された、というのは大変うれしいことです。

しかしちょっと引っ掛かるなあ…… PCM1794A の差動出力を、片や(-)ストレート、もう片方(+)はベース接地入力+カレントミラーで受けると、折角の対称性が崩れはしないか、という観点です。電流合成のうち、もう一回トランスインピーダンスアンプによる I/V 変換となるわけですが、ここで天の邪鬼なおるさんの出来心がむくむくと頭をもたげてしまいました。下記の観点で、2011 年版実験回路のアイデアを練り、試作してみました。

とおるさんのベース接地回路受け I/V コンバーター回路は、初代(Part7.9)に始まり、これをリチウムイオンバッテリーの低電圧電源でも駆動できるように工夫したのが、前回(Part7.17)考案の回路です。

これをさらにシンプルにしたのが、本ページ冒頭に掲げた回路です。Part7.17 回路とトランジスタの個数は 6 個で変わりありません。しかし、2 段目は初段 2SA1358 とコンプリメンタリな 2SC3421 を用いました。ボルテージフォロワではなく、初段ベース接地回路の負荷抵抗と同じ抵抗(ともに 330 オーム)をエミッタに配置した、カレントミラー的な回路になっています。二つの C3421 は差動動作しますが、それぞれコレクタ側には A1358 がアクティブ負荷として乗っています。

上側 A1358 の左側は、ベースとコレクタをショートしてありますので、高速のダイオードとして動作しています。1S1588 のようなスイッチングダイオードに置き換えても良いのかもしれませんが、このほうが右側 A1358 とベース・エミッタ間電圧と揃って良いのではないかと考えました。こうすると、ふたつの A1358 には、いつも全く同じコレクタ電流が流れます。

PCM1794A のプラス側電流出力  $6.2+/-3.9\text{mA}$  は、ベース接地回路の負荷抵抗 330 オームで受けられて、両端に  $2+/-1.3\text{V}$  の電圧を発生します。これを C3421 でカレントミラー受けすると、ちょうどベースエミッタ間電圧 0.7V を差し引いて、 $3.9+/-3.9\text{mA}$  の電流変化になります。これが、上側二つの A1358 で再びカレントミラー転写されます。

一方、PCM1794A のマイナス側電流出力  $6.2-/+3.9\text{mA}$  は、そのままもう一つの C3421 のコレクタ電流  $3.9-/+3.9\text{mA}$  の電流変化になります。結局 A1358 と C3421 はプッシュプル動作し、フルスイングで  $+/-7.8\text{mA}$  の電流を負荷抵抗 (260 オーム x2) に出力します。

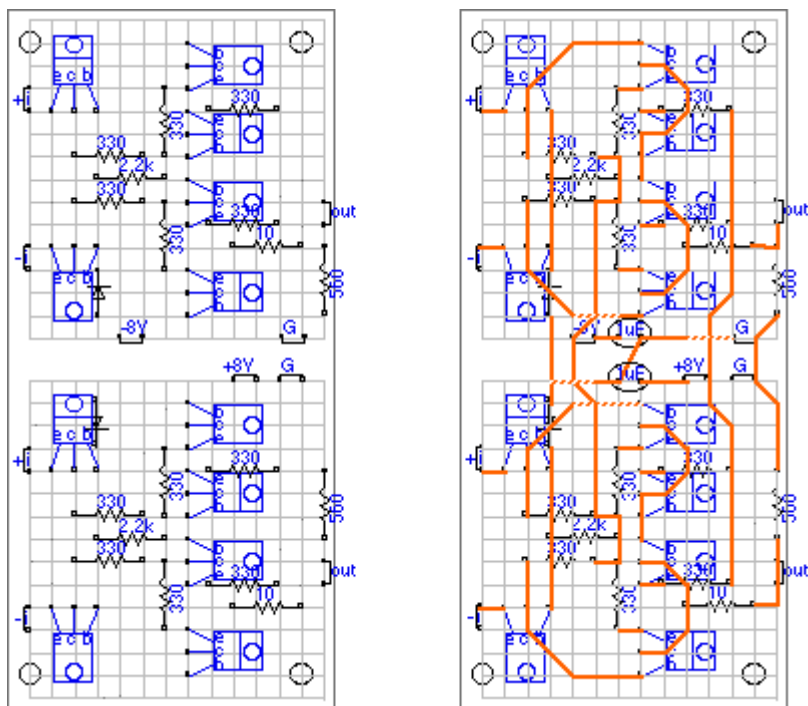
ちなみに、フルスイング時の片側電源からグラウンドまでの電圧降下は、 $7.8\text{mA} \times (330+520 \text{ ohm}) + 0.7\text{V} = 7.33\text{V}$  となり、リチウムイオン電池の放電末期の電圧に近くなります。260 オーム x2 個の負荷抵抗はもう少し減らさないと波形がクリップするかもしれません。今後ヒアリングしながら調整必要です。

この電流合成方法だと、電源電圧を最大限有効に活用できそうです。初代(Part7.9)回路のように、電源電圧をたっぷりとれる場合は、終段を対称型出力回路とすれば良いのですが、電池電源を用いるポータブル機では本回路のほうが適しています。

なお、2SA1358/2SC3421 のコンビを用いたのは、安く入手可能で実験に適していること、比較的大きなコレクタ電流が流せ、リアリティも良さそうだったこと、これまで色々な試作で使っており、音質的な不満は感じなかったこと、などが理由です。シ

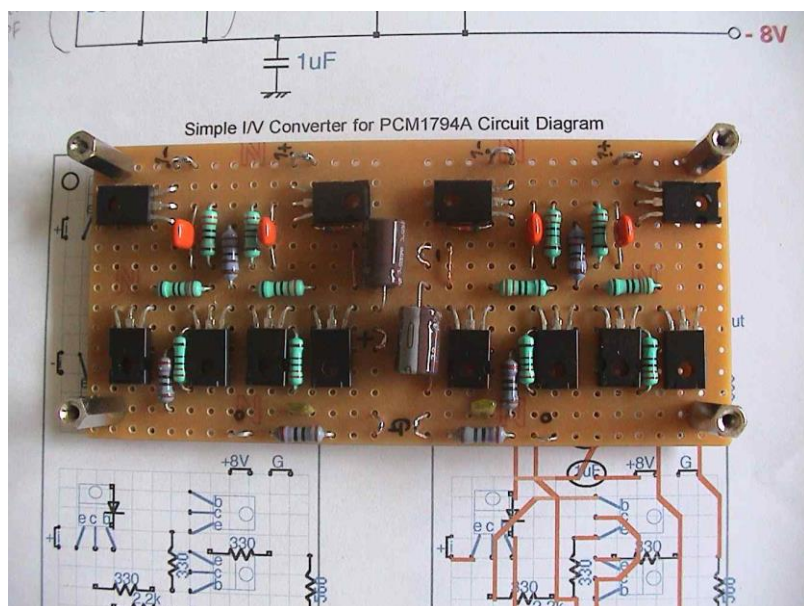
ンプルな回路だけに、トランジスタの種類を変えれば全体の音質傾向が変わる可能性があります。また、負荷抵抗の銘柄や定数、並列に入れる高域カットオフ用コンデンサもしかり、です。とおるさんは専ら安さを優先して選んじゃってます。

さらに回路図を元に起こしたプリント基板レイアウトが下記の図です。



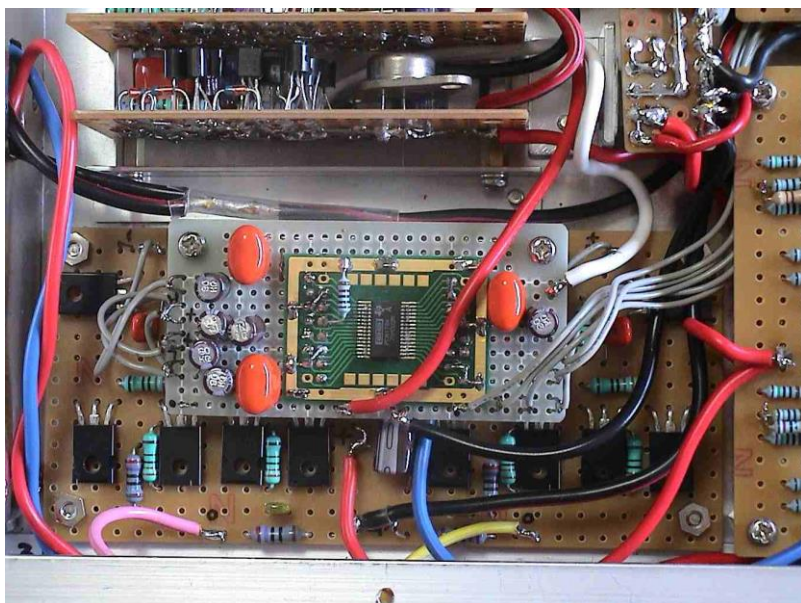
今回も、2SA1358 および 2SA3421 をぺったりと平置きしました。ベースとエミッタの位置関係によって、品番側を上に向けるものと、裏側を上にするものと、交互に並べてあります。基板裏側の配線も極めて単純です。回路基板の大きさ、取り付け穴の位置、電源他配線の位置は、前回と全く同じですので、「ドロップ・リプレースメント」で交換作業は超簡単。

仕上がった基板の写真。キャラメルモールド型トランジスタがズラッと並んで何やらコワモテですね。オールキャン型トランジスタで作ったら、どんな音がするんだろう。



前回回路基板と入れ替えて、新しい回路基板を USB オーディオ機に組込んだ状態。





USB オーディオ機を動作させ、本回路基板の出力電位(ゼロ点)を見てみます。同時に、各 330 オームの両端電圧を測定します。ベース接地の負荷両端は 2V、その他は 1.3V 強となるはず。

出力ゼロ点の調整は簡単です。出力電圧がプラスに振れている場合、プラス側の電流が勝っているわけですから、冒頭回路図の「R-」側抵抗に 10k ないし 30k オームの抵抗を並列にハンダ付けすれば、マイナス側の電流を増やすことができ、ゼロ点はマイナス側に移動するはず。330 オームに対し、30k オームを並列すれば、約 1%ほど、電流を増やせます。(片側 3.9mA に対し 0.04mA ほど増やせる)

この回路は、各段で 100%の帰還が掛かっているようなもので、変な発振の起こりようもありません。ゼロ点はふらつくことも無く極めて安定で、330 オームの誤差・精度や、各トランジスタのベースエミッタ間電圧の個体差で決まっていると良いでしょう。

調整を終え、一安心。実際に PC から音源データを送り出し、改造後の USB-Audio 機をヘッドホンで試聴してみました。最近奮発して、オーディオテクニカさんの中級ヘッドホンを使っています。ボイスコイル径 50mm のごついやつです。結果＝純粹そのもの。何にも混じりけない音がします。低音は物量と言うより制御感が際立ちます。ショスタコービッチの 5 番、最終楽章の冒頭など、良いです。メインシステムでは、ディテールが空間に拡散してしまいがちなのですが、USB-Audio 機で聴くと全ての音要素と配置が明らかになります。前回回路との差は、正直言って不明。もう少し聞込んでみますが、新回路のほうが気のせいかな安定感がある(細部の破たんが少ない)ように思えます。

以上、Part 7.18: 「USB オーディオ用 I/V converter の新回路実験」(2011.4.17)

## USB オーディオ録再機近況



ちょっと恥ずかしい告白ですが、ティーンエイジのころ、とおるさんの淡い恋心はこの人のもとへ飛んでいたのです。愛しのリッキー・リー・ジョーンズ。まだLP が買えなかったころ、FM もしくは FEN にオンエアされた、美しい彼女の歌声にすっかり魅せられました。その後 LP を手に入れ、それはもう、「チャック・Eは恋してる」(本アルバムのヒットシングル題名) 状態でしたがな……

それはさておき、リッキーさんのジャケットを掲げて何を怪しいことをやっておるか、というと、久々に DC ターンテーブルでアナログ再生し、イコライザアンプの出力を USB オーディオ機に導き、96kHz x 24bit の PCM データに変換しているところです。

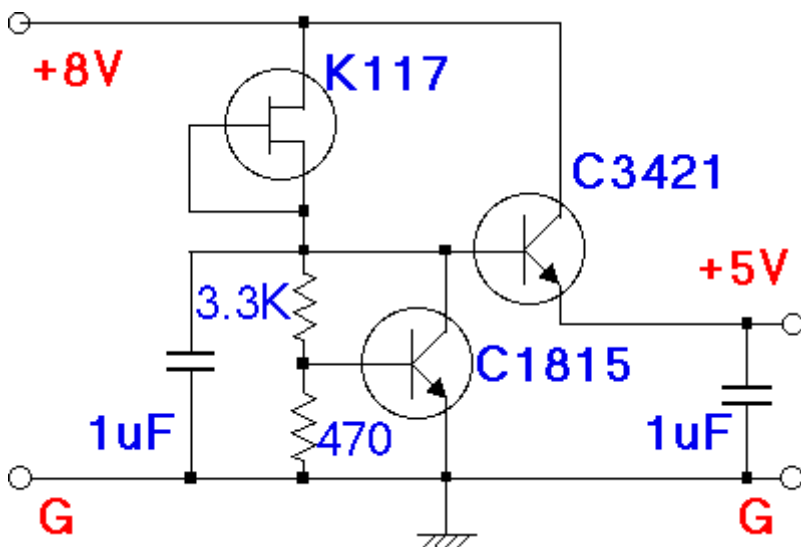


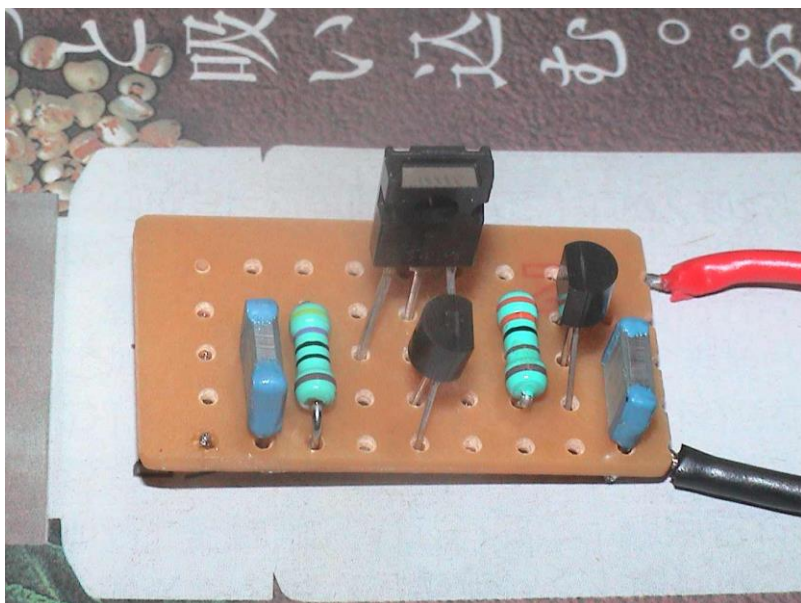
そのほかにも、もう聴くことは無いだろうとしまいこんであった昔懐かしのドーナツ盤を取り出してきました。シングル一曲だけ聴きたいな、と思って買ったものや、もう 10 年前にロスアンゼルス市郊外のとある街に長期滞在していたとき、暇に任せてその街のタワーレコードで仕入れたもの、などです。試しに、"I'm

not in love” (10CC)、“Things we do for love” (10CC)、“Boy’s back in town” (Thin Lizzy)、“Raindrops keep fallin’ on my head” (B.J.Thomas)、“Misty” (Ray Stevens) などを選んで、同様に PCM に落としました。これらドーナツ盤は、録音そのものが「オールディーズ」であるため、高音質は望むべくもありませんが、それでも懐かしい響きと、ボーカル帯域のしっかりした再現性などなど、正確にデジタルデータに落とせたようです。ノートPC1 台と、USB 接続の再生機があればどこでもジュークボックスになる、というのは嬉しいことです。

ところで、肝腎のリッキーちゃん……もうこれは涙もんです。彼女のボーカルが魅力的なのに加えて、実はバックバンドのクオリティが極めて高い。あらためてクレジットを良く見ると…… Steve Gadd、Victor Feldman、Jeff Porcaro(以上ドラムス)、Buzzy Feiten (ギター)、Niel Larsen、Randy Newman (キーボードとシンセ)、Tom Scott、Ernie Watts (ホーンセクション)、Mike McDonald (バックボーカル) などなど、そんなにヲタクではないとおるさんですら聞いたことのある猛者たちがずらりと顔を並べています。1979年当時、湯川れい子さんや、小林克也さんも「とにかくすごい」と絶賛していたっけ。彼女の才能に、当時の一流ミュージシャンが皆ぞっこんだった、ということでしょうか。ともかく名アルバムだ。PCM 変換後の音をヘッドホンで聞くと、まるでそこでターンテーブルが回っているかのような錯覚に陥ります。内周部のトレース歪みも再現しちゃうのはちょっとオチですが、たまに聞こえるダストノイズが郷愁を誘います。ドラムス、ギター、キーボードともに、弾力と奥行きのある低音が印象的です。ボーカルとピアノの絡みも叙情的に響く。調子に乗って、お気に入りの LP・「Gaucho (Steely Dan)」もデジタル化しましたが、こちらはもっとすごい低音が聴けます。

ちなみに、録再機のカナメになっている、ElectrArt さんのバルク転送型 USB 基板ですが、普通の 3 端子レギュレータを介して電源供給していたのを今回改造しました。下記の回路と現物写真です。





本レギュレータは、出力側の電圧変動を検知・フィードバックしない、いわば「パッシブ型」レギュレータです。あまり大袈裟な回路でなく、音もよいものを、と色々探す中で、基準電圧に LED を用いた例をネット上で良く見かけます。とおるさんも、「これで行こう」と最初思ったのですが、どーも最近不精する癖が出て・・・手持ちの部品で何とかしてやろうと思ったら上記の回路になりました。

K117 でシンプルな定電流回路を作り、C1815 のベース電圧を用いた定電圧源 (約 5.6V) の電流ソースとします。この定電圧源が、制御トランジスタ C3421 のベース電圧とベース電流を与えます。本レギュレータの出力電圧は、5.6V から C3421 のベース電圧 0.6V 分だけ降下し、約 5V を維持します。

本レギュレータが動作する入力電圧の最低値は、5.6V に K117 の最低動作電圧を加えたものになります。K117 のデータシートを見ると、ドレイン・ソース間電圧を 1V もかければ定電流領域に入りそうなので、入力電圧は 6.6V もあれば動作しそうです。しかも、定電流特性はそんなにシャープでは無いし、出力側からフィードバックが掛かるわけでもないので、電源電池の電圧が下がってきても動作が不安定になる心配はなさそうです。なにせ、USB 変換回路が一番電流を消費するので、気になっておりました。

本電源に変更した結果・・・本当に気のせいかもしれませんが、電池電圧が降下してきたあたりでいつも感じていた音質の乱れや、荒さが取れたように思います。心無しか低音の出方も(良い方向に)変わったような気がしないでも無い。

以上のような手を加えたり、デジタル録音の真似事をしてみたり、などで今年の連休は過ごしました。世の中 10 連休と聞きますが、とおるさんの職場では、夏の停電に備えてむしろ今頑張っておこう、ということで出勤に充てた日もあり、適度のオフ、適度のオン、でした。

とおるさん家の新回路を追試された、「LA4 さん」が詳細の結果報告をしてくださいました。大変お気に入りになった様子。とおるさんとしても嬉しい限り。あらためて USB 機経由でメインシステム(スピーカー)を鳴らしてみると、やっぱり新回路のほうがダイナミックかつ鮮烈な印象です。グリッド接地入力の真空管式 DAC の特長は、「ゆったり感・雰囲気感」にあります。これはこれで好きなのですが、今回録音したアナログ音源との比較、USB 機を通した CD 音源との比較、を通じて、真空管式 DAC にも少し手を加えてみるか、という気になっています。

以上、Part 7.19: 「USB オーディオ録再機近況」(2011.5.8)でした。

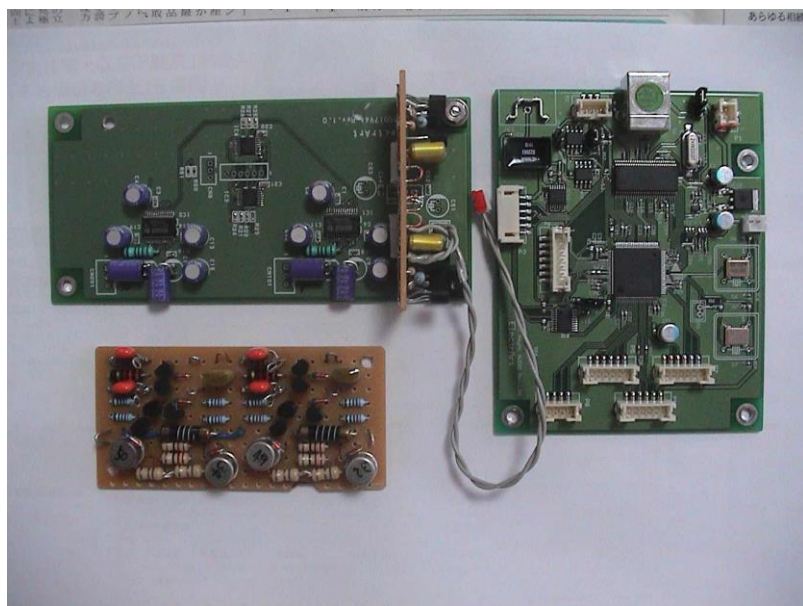
## Dual-USB オーディオ基板を用いたポータブル再生機の作製



ElectrArtさんから新しいUSBオーディオ基板を仕入れました。新しく再生専用機を作ろうと思いましたが、どのように仕上げるか色々と考えておりました。

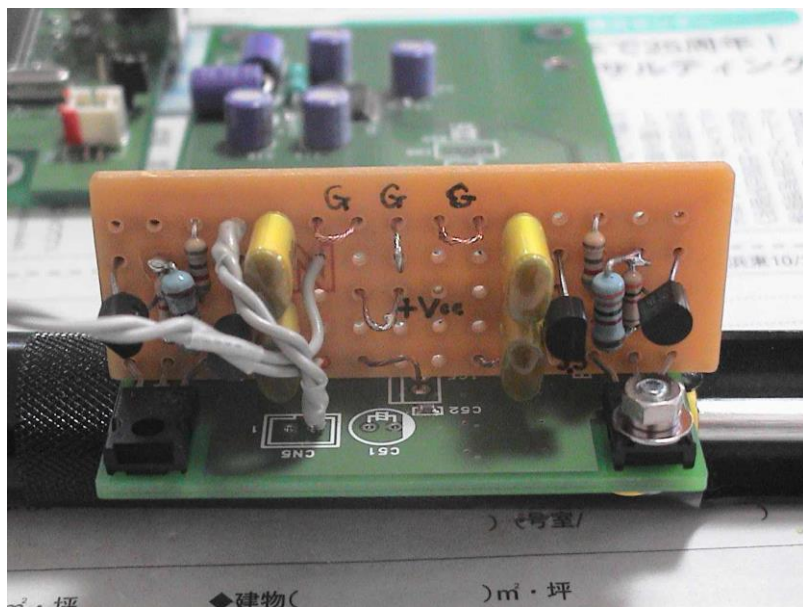
まずは、DSD データも再生できるようにしたい。そのため、DSD1794 をモノモードで2個搭載した専用基板（同じく ElectrArt さんより購入）を用いることにしました。次に、バッテリー駆動できる、超小型機に仕上げたい。従って、回路基板の数と消費電力を極力切り詰める工夫が必要です。

以上の仕様から、準備した基板類が下記3枚： USB 基板本体、DSD1794 を2個搭載した DAC 基板、および今回初出場の「I/V コンバータ兼差動合成兼ヘッドホンアンプ」です。

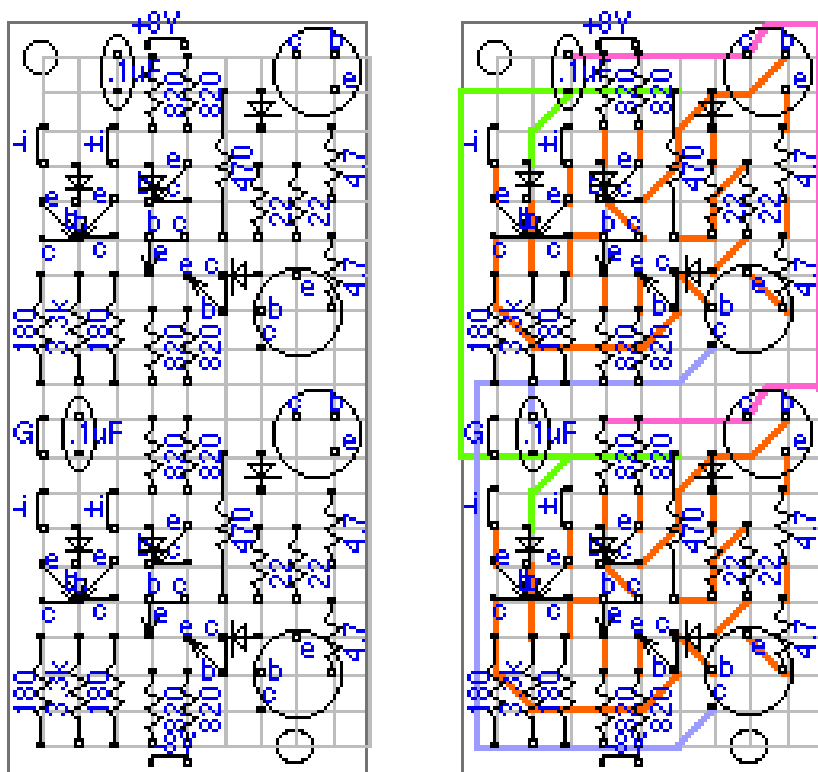


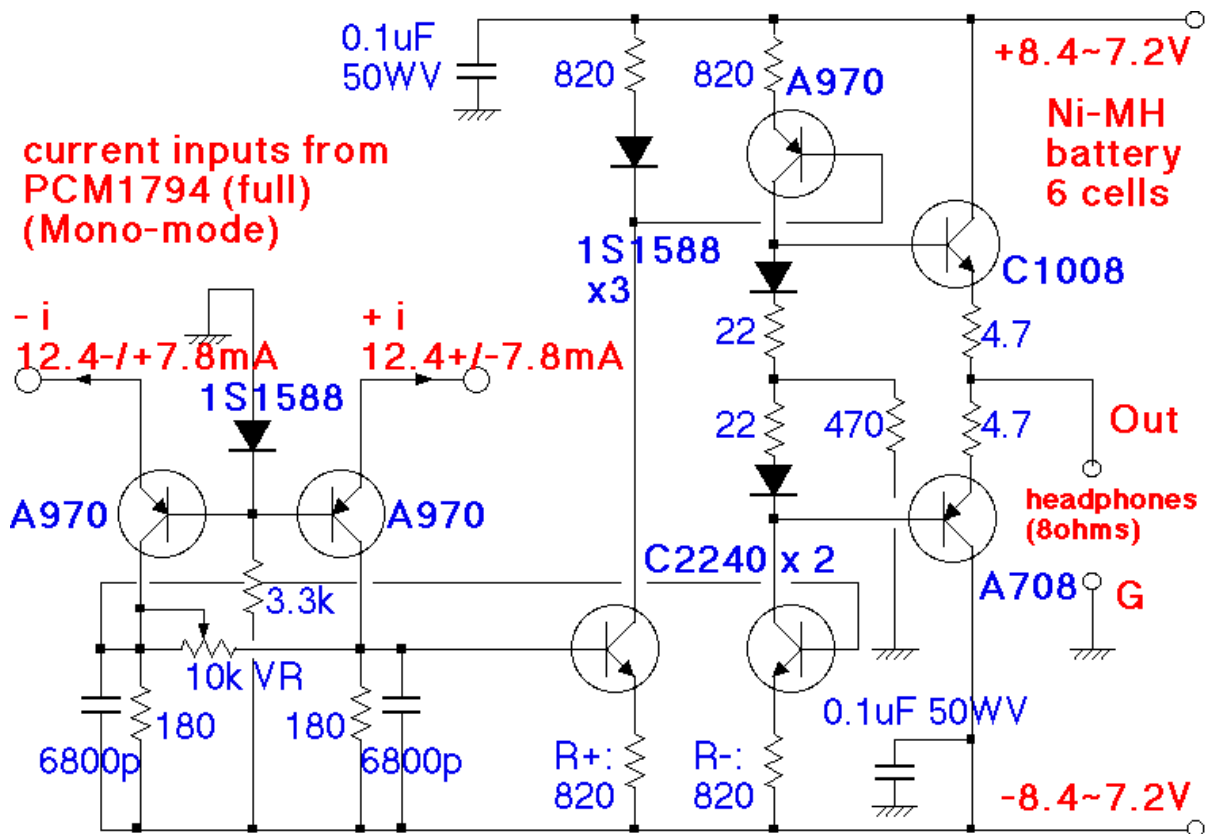
3.3V と5V のレギュレータは、素子数の少ないシンプルなパッシブ型を採用しました。詳しくは、前回報告の「録再機近況」中で述べたものと同じです。2SC1815 のベース・エミッタ間の抵抗を  $620\Omega$  にした場合、ベース・コレクタ間の抵抗を  $2.6k$  オームとすれば約 3.3V の、 $4.7k$  オームとすれば約 5V の出力電圧がそ

それぞれ得られます。ただし、2SC1815のベース・エミッタ間電圧は0.7Vと多少高めで、しかも通電後にデバイスが暖まると多少ドロップします。カットアンドトライにより微調整を行う必要があります。精密に聞き比べたわけではないですが、癖のない素直な音、と言う印象です。5Vレギュレータは、USBオーディオ基板と、DAC基板のそれぞれを受け持ちます。下記写真のように、DAC基板の取り付けネジと一緒にパワートランジスタ(2SC3421)を共締めし、放熱ルートもケアしました。全ては省スペースのための工夫です。

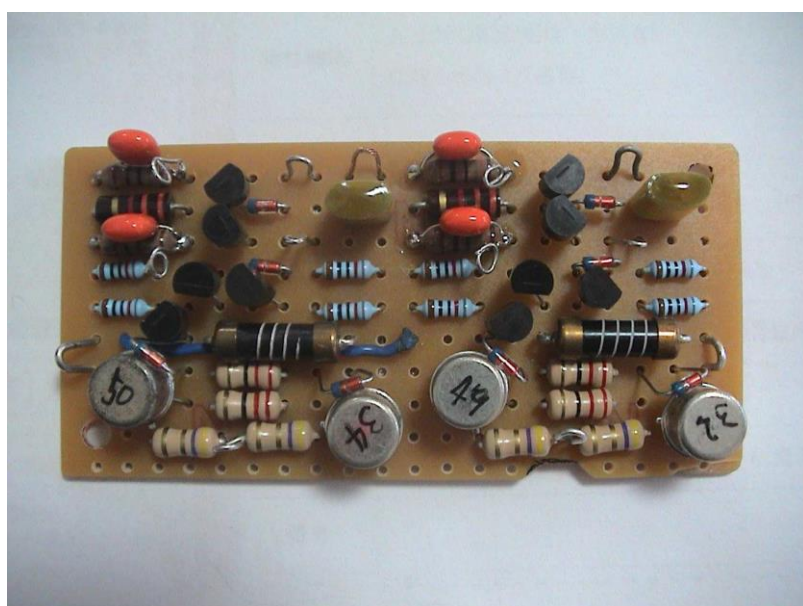


今回初出場の「I/Vコンバータ兼差動合成兼ヘッドホンアンプ」とは、前回までに工夫をしたIVC兼差動合成回路に、音量調節機能と、バッファアンプ(ヘッドホン駆動を目的とした出力段)を全てにひとつにまとめられないか、と考え出したものです。下記回路図と、基板レイアウトを御覧下さい。ここまで御覧になってきた御同好諸子には、本回路の動作内容についてあまり説明申し上げなくとも分かっていただけると存じます。





先輩方のテクニックも参考にさせていただいた点も色々あります。例えば、音量調節機能です。差動で動いているベース接地回路の、エミッタ抵抗の出力点をショートすれば、差動電圧はゼロに、ショートでなく適当な抵抗で結べば、差動電圧の一部が分流し、みかけ上のゲインを調節できることとなります。ヘッドホン駆動のための出力段は、回路スペースさえ許せば、もっと実績のある音の良い方式が採用できると思いますが、とおるさんはさし当って安易な方向に走ってしまいました。せめても、と思い、2SC1008と2SA708のメタルキャントランジスタの名コンビを投入した次第。本回路ステレオ分を詰め込んだ基板は、下記の写真のとおりです。レイアウトには苦労しました。1s1588は、他の部品とリード線を通す穴を一緒にできるので、パターンを切り詰めるのに便利です。そのようなわけで、2段目のカレントミラーも、ドライブ段のバイアスにも、トランジスタを使わず 1S1588 が大活躍です。



実は、基板のレイアウトも、回路の思いきりも、どのサイズのケースに詰め込もうか、と決めたところからスタートしています。例によって秋葉原をうろついていたところ、エレキギター用のエフェクターやアンプのパーツを扱っているお店で、手ごろなサイズのアルミダイキャスト製ケースを見つけました。内ノリが11x18x3cm程度の頑丈なものです。アルミの材質のせいか、ドリル穴明けやヤスリがけ時に粘りにくく、サクサクと刃が入る感じで、加工もやりやすいです。これなら、出張のお供にも邪魔になりません。見かけコンパクト、中身は高性能、を目指すべし、と意気込んでみました。結果、外観と中身をそれぞれ下記の写真に示します。



下記に、いくつか備忘録を……

レギュレータの電圧出力は、カットアンドトライが必要。ベース・コレクタ間の抵抗に並列に 10k, 22k, 33k, 51k などの抵抗を抱かせて調整しました。出来たなりに高めの電圧が出ている場合の話です。逆の場合は、620 オーム側に同様の処置をします。

DSD1794 の電源バイパスには OS コンを採用。明快な音質になることを期待しました。

デジタルの量子化ノイズのフィルターは、ベース接地回路のところまで 1 段のみ。将来もしも気になったら、2 段目の負荷抵抗 (470 オーム・スケルトン抵抗) に適当なコンデンサを並列接続するつもりです。ちなみに、ベース接地回路の負荷抵抗は、今までで一番小さな 180 オームとなりました。電源電圧から来る制限と、その後の各段のスイング電圧のマージンを確保する必要から、この値を選びました。特にダイナミックレンジが狭まった、という感じはいたしません。

ElectrArt さんの基板は、DSD1794 の動作モードをソフトコントロールします。ドライバソフト側の設定ボタンをクリックしないと正しい設定になりません。デフォルトは DSD モードのようです。最初この点に注意を払わずに動作させたら、歪みの雑音だらけの音が出てきて慌ててしまいました。DAC 基板のハンダ付けが怪しいと思い、文字どおり血眼で 0.5mm ピッチのピン間のショートなどを探しましたが、原因不明。ハタ、と思い当たり、正しくソフトを動作させたら見事開通しました。ただし、DAC 基板は、部品のハンダ実装終了後、VCC-グランド間をテスタ(k オームレンジ)で当たったところショートしていました。良く見るとコントロール用のロジック IC のピン間がハンダブリッジしていました。最終的にはソフト原因だったとしても、作ってすぐ電源を投入していたら、レギュレータ等を故障させてしまったかもしれません。慎重には慎重を期すべし……

音量調節用の VR には 10k オームの A カーブを採用。前半 4 分の一回転くらいで結構大きな音量になるので、もう少し小さめの VR が欲しいところ。この音量調節方式は、電池駆動の本回路との相性が良いようです。同じことを目論んで、据え置き・常用の真空管 DAC に試してみたら、ハムノイズが盛大に乗ってしまいました。JAN5670 による対称型出力段は、ゲインが高く電源経由なのか雑音の飛びつきにも敏感なようです。



今回はたまたま、あるいは回路定数の設定がうまくいったせい、出力のゼロ点調整も、バイアス調整も不要でした。終段 4.7 オームの両端は 30mV 強なので、バイアス電流の期待値どおり(8mA)でした。出力の中心(ゼロ点)がずれていたら、820 オームのどれかを調整する(例によって 10k オームの倍数の抵抗を並列に抱かせる)つもりでしたが、今の所不要。温度ドリフトも少ないようです。やっぱり、無帰還動作は安定なのかな……

以上、ほにやらら・ほにやらら、と突貫工事の末、どうやら出来上がりました。タイミングを合わせて、海外出張に持ってゆき、退屈な機内・旅の宿のよすがに、使ってみました。ヘッドホンは御機嫌に鳴ってくれました。分解能・雰囲気もまずまず。DAC のコントロールも正常。音量調節も問題なく、変なハムノイズなども入りません。工夫したおかげで電池も持ちも良いようです。「録再機」のほうでデジタル録音した 24bit-96kHz 音源(Bob James の One on One、Leo Downey のアコースティックギター録音)も瑞々しくかつダイナミックに再生します。どうやら満足のゆく仕上がりです。

以上、Part 7.20: 「Dual-USB オーディオ基板を用いたポータブル再生機の作製」(2011.11.12)でした。

**アーカイブの終わり (20161029)**