

5 出力安定化電源

+24V/1A +12V/1A +5V/1A -5V/1A -12V/1A の計5つの出力電圧を持つ電源を作成しました。基本は単なる三端子レギュレーターを使った電源ですがそれだけでは面白くないので、簡易的な電流計を付けてあります。



1. はじめに

今まで実験用電源として、 $\pm 12V$, $\pm 5V$ の4出力の物を作成し、愛用してきました。商用周波数のトランスと、三端子レギュレーターを用いた簡単な回路でしたが、とても重宝しておりました。ただ、最近24V系が必要になる機会が多くなってきたことと、電流計がないとちょっと不便ということもあり、機能アップした電源を作成することにしました。

2. 仕様

出力電圧 24V, 12V, 5V, -5V, -12V の5出力

出力電流 各 1A

電流計 100mA, 500mA, 900mAの3段階LEDレベルメーター表示

3. 回路

3-1 全体ブロック図

図1に本器のブロック図を示します。

トランスにて変圧された電圧をブリッジダイオードで整流し、コンデンサにて平滑、それなりの直流を得ます。この段階ではまだ安定した直流になっていませんから、3端子レギュレーター(後述)という便利なICを用いて綺麗な直流を作り出します。そして、三端子レギュレーターの出力からLCフィルタを介して出力端子へ導きます。

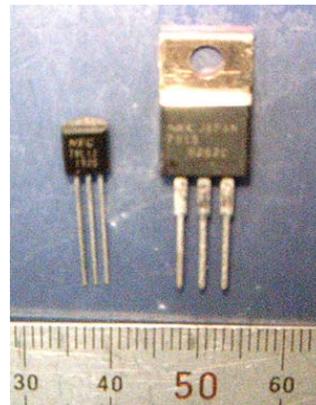
電流検出は、三端子レギュレーターの手前にて行います。三端子レギュレーターの後には電流検出用抵抗を入れてしまうと、電流検出用抵抗の電圧降下により出力電圧が低下してしまうからです。

商用トランスは、以前 $\pm 12V$, $\pm 5V$ の電源を作成したときに利用していたものを流用し、24V用電源や、電流計などの電源には、別途トランスを追加することにしました。

3-2 基板構成

実際の作成に辺り、プリント基板 3枚構成としました。トランス出力から24Vから-12Vを作成する電源基板、電流を測定する電流計基板、電流計の表示となるパネル基板です。

100mA 用



1A 用

図2 三端子レギュレーター外観

	正電源用	負電源用
100mA 用	78Lxx	79Lxx
500mA 用	78Mxx	79Mxx
1A 用	78xx	79xx

xxに出力電圧が入る
78L12は+12V/100mA用の三端子レギュレーターを表す。
78や79の前にメーカー記号が入る。
NECならuPC78L12など。

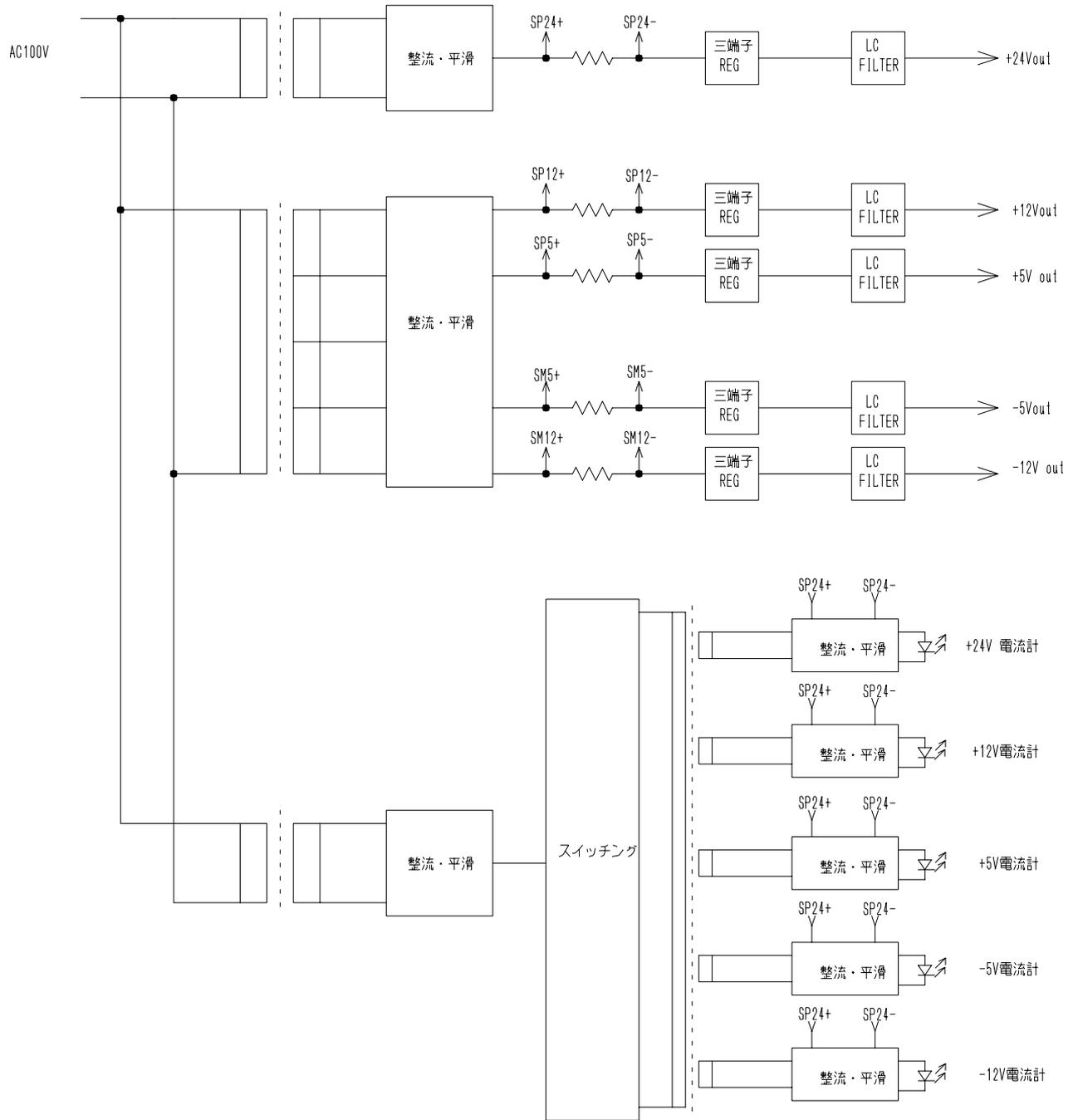
図3 三端子レギュレーターの型名

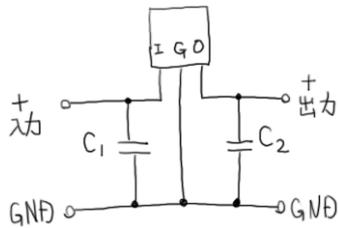
3-3 電源基板 各電圧作成部

三端子レギュレーターを用いました。三端子レギュレーターについてを図2～図5に示しました。これら図のように、コンデンサを外付けし、入力電圧を加えるだけで、レギュレーターの表示する安定した電圧を作ってくれるというとても便利なICなのです。値段も安いですし、常備しておくに助かるICです。このICには、電流制限回路や過熱保護回路もはいつていますので、とても安心して使えます。

今回は、1A出力定格の78/79シリーズを使用しました。

3-4 電流計基板 電流計部





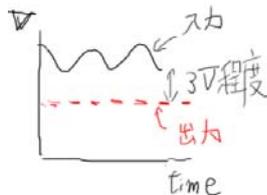
78Lxx
78Mxx
78xx
タイプ

I は入力端子
G は GND 端子
O は出力端子

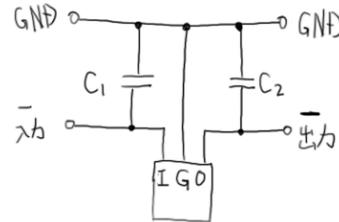
C1, C2 は発振防止用

IC のすぐそばに、0.1μF 程度のセラミックコンデンサを付ける。

出力より +3V 程度より高い電圧を入力に加えてさえあげれば、出力には規定の安定した電圧がでてくる。



(a) 正出力



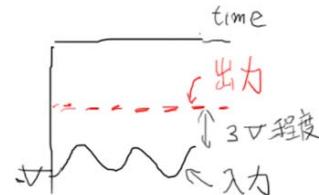
78Lxx
78Mxx
78xx
タイプ

I は入力端子
G は GND 端子
O は出力端子

C1, C2 は発振防止用

IC のすぐそばに、1μF 以上のコンデンサを付ける。

出力より 3V 程度より低い電位の電圧を加えてあげれば、出力には規定の安定した電圧が出てくる。

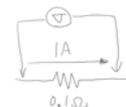


(b) 負出力

三端子レギュレーターを使うと、簡単に安定した電源を作ることが出来ます。とっても便利な IC です。

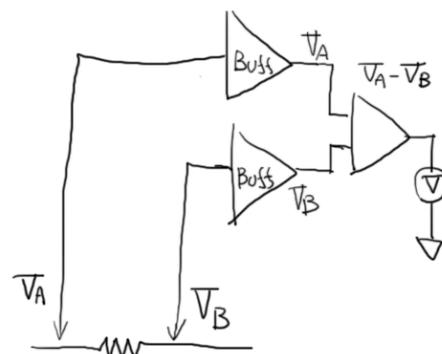
図4 三端子レギュレーターの動作

基本的には図6のように、電流検出抵抗Rの両端電圧を測定するだけです。ようは、電流測定回路といいつつ、実は電圧測定回路な訳です。さて、実際に電圧を測定する回路を実現するにあたり、図3のように電圧を測定する一方がGNDレベルであれば簡単なのですが、図2の電流測定回路は、片方がGNDという訳ではありません。実はこのように片方がGNDレベルでない電圧測定というのは、回路的に結構厄介です。電子回路はGNDという0Vを基準に動いています。この基準に対しコンパレータを使って3Vの電圧だったらどうしろ、4Vだったらどうしろ、5Vだったらどうしろ という回路は簡単に作れます。そしてその延長がADコンバータというわけです。それに対し、基準点がGNDでない場合は、図1のように両端の電圧を測定し、その差をとるという形をとらなければなりません。これを差動測定といいます。そしてこのような電位差のみを増幅する回路を差動増幅回路といい、原理はA点の電位からB点の電位を引き、その結果を増幅するというものです。オペアンプは+入力の非反転増幅と-入力の反転増幅を合わせて持ってますから、この二つの増幅を合わせてあげれば差動増幅を実現することが出来ます。この回路を図4に示します。この回路の出力は、VA, VBに対する出力をそれぞれ計算して、重ね合わせの理を使って解くと



電流を計りたい場所に、電流検出抵抗を挿入し、その抵抗の両端電圧を測ればよい。
たとえば、 $R=0.1$ を挿入すると、そこに流れる電流は $I=V/R=V/0.1$ で求められる。

図5 電流測定の原理



VA と VB を測定し、VA-VB を行うことで VAB を得る。

図6 差動増幅

$$V_{O(+)} = \left[\frac{R_{f1}}{R_{S1} + R_{f1}} \left(1 + \frac{R_{f1}}{R_{S1}} \right) \right] V_A = \left[\frac{R_{f1}}{R_{S1} + R_{f1}} \left(\frac{R_{S1} + R_{f1}}{R_{S1}} \right) \right] V_A$$

$$= \frac{R_{f1}}{R_{S1}} V_A$$

$$V_{O(-)} = -\frac{R_{f2}}{R_{S2}} V_B$$

$$V_O = V_{O(+)} + V_{O(-)} = \frac{R_{f1}}{R_{S1}} V_A - \frac{R_{f2}}{R_{S2}} V_B \quad (1)$$

ここで、 $R_{S1}=R_{S2}=R_S, R_{f1}=R_{f2}=R_f$ とすれば

$$V_O = \frac{R_f}{R_S} (V_A - V_B) \quad (2)$$

となり、 V_A と V_B の差を増幅していることがわかります。

さて、単純に考えれば、この差動増幅回路の出力にコンパレータとLEDを組み合わせれば、簡易的な電流計を作り上げることが出来ます。例えば図5のようにです。しかし、一般に入手できる1%の抵抗と、OPAMPを用いて作成した差動アンプを用いた場合の最大誤差を計算してみると使い物にならなくなるという結果が出ます。実際に計算してみましょう。なお、このように抵抗などの部品の誤差やオペアンプの各種特性を加味して実際の動作を計算で確かめてみることを誤差計算と呼んでいます。

電流検出に0.1 を使用して、1Aの電流を検出してみましょう。アンプの増幅度を20倍にすれば、回路は図3($R_{f1}=R_{f2}=200k, R_{S1}=R_{S2}=10k$)のようになり、この回路の出力電圧は、式1で表されることとなります。

いま、 $V_{S1}=15V, V_{S2}=14.9V$ とします。全ての抵抗に誤差がないとすれば V_O は2Vとなります。ここで、もし R_{S1} だけ+0.5%となったらどうなるのか実際に計算すると、

$$V_O = \frac{R_{f1}}{R_{S1}} V_A - \frac{R_{f2}}{R_{S2}} V_B = \frac{200k}{10.5k} 15V - \frac{200k}{10k} 14.9V = 12.3V$$

となります。そう、本来2Vの出力を期待しているのに、抵抗の値が0.5%ずれただけで、12.3Vととんでもない値が出てきます。実際には、温度変化などにより抵抗の値は変わってきますから、とても使い物になりません。しかるに、このような回路に用いる抵抗は、相対精度(絶対精度ではなく、同一モジュール内の抵抗間の誤差、すなわち抵抗比である相対精度が重要)の補償されたモジュール抵抗を用意しなければなりません。一般的にこのようなモジュール抵抗は入手が困難で、主に特注となります。

というわけで、この回路は原理的には使えるものの、一台だけの自作という点では難があります。

なお他の方法として、計測アンプを使うという手もあ

<http://www.asahi-net.or.jp/~bz9s-wtb/index.htm>

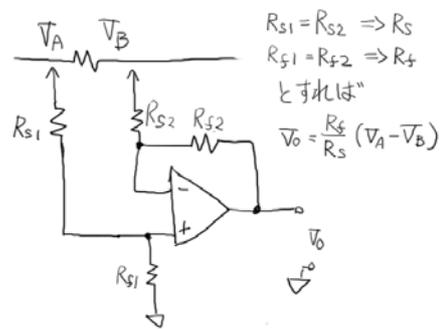


図7 OPAMPを使った差動増幅回路

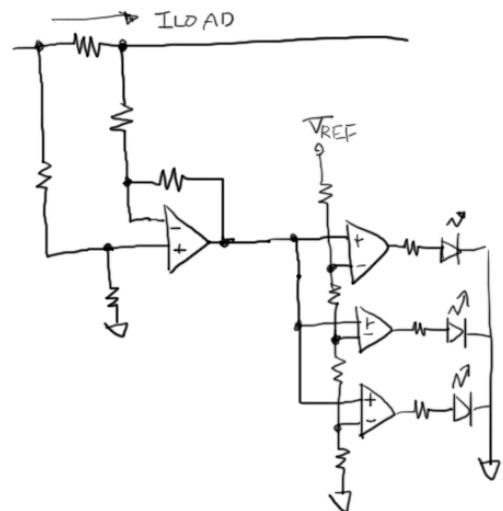


図8 差動増幅回路を使った簡易電流計

るかもしれませんが、以下の理由でやっぱりだめです。

- ・部品の入手性
- ・24V電源を測定するばあい、コモンモード耐圧が不足する

という理由から除外します。

ということで、差動アンプを使うことは出来ません。そこで、電源部分が面倒になりますが、フローティング測定回路というのを作成します。フローティング測定が一番身近な例は、電池式のテスターです。こういったテスターは、測定対象とは別に自分自身に基準となるGNDを持っているわけです。つまりテスターは自分自身の電源のGNDレベルを基準に電圧測定をしているので、回路内は差動増幅回路である必要がないのです。図4にこの様子を示します。このように、独立した電源を持つことによりそれぞれのGNDを別物として扱える状態を、「それぞれのGNDが浮いている」と言います。図4では、テスターのGNDが被測定回路のGNDに対し浮いているというわけです。このような測定をフローティング(浮いた)測定といいます。フローティング測定の欠点は、電源を別に用意しなければならないということです。逆に、別電源さえ用意すれば、差動増幅のような心配をす

る必要なく、一般的な回路で電圧測定回路を実現できると言うことになります。

結局、電流測定用の回路を電氣的に絶縁して、フローティング測定を行えるよう回路を作成しました。さすがに、電池を実装させるわけにはいきませんから、電氣的に絶縁するためにトランスを用います。一般的には、電源はトランスを使って、信号はフォトカプラを使って電氣的絶縁を行い、フローティング回路を作成します。この大まかな概念図を図5に示します。今回は、表示関係まですべてフローティング回路内に収めてしまいましたので、フォトカプラによる信号のやりとりは不要となりました。

電流表示は、ADコンバーターを用いず、単純にコンパレータで実現しました。100mA, 500mA, 900mAを表示するLEDレベルメーターにしてあります。電流の値は、三端子レギュレーターからです。試作回路において、たとえば100mAタイプで足りるかどうか、などをざっとみるのに役立つからです。たった3種類のレベルメーターですが、実際に使ってみるとかなり便利です。

3-5 電流計基板 フローティング電源部

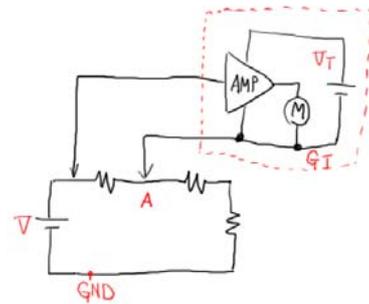
電流計用に、フローティング電源を作成しなければなりません。ようはトランスを用いて、電氣的に分離するわけで、スイッチング電源を作ればいいのです。スイッチング電源においてフィードバックは行わず、オープンループとします。つまり制御無し、直流をタイマICである555と、FETをつかって交流にして、それをトランスで渡す、ただそれだけです。そしてその出力を整流し、三端子レギュレーターにて安定化します。出力電流がある程度決まっていますから、制御のないこんな方法で十分なのです。

4. 使用感

簡易的ながらも、電流計がついているというだけで、ずいぶん使い勝手が良くなります。使い勝手と言うより安心感といったほうがよいでしょうか。正直、やっぱり実験用電源に電流計は必要であるということを痛感しました。なにせいろいろな負荷を付けるわけですから、時には、作成や設計にミスってとんでもない電流が流れたりするわけですから、まずその部分を確認できるというのはとても良いです。出力電圧も、可変を必要とするのはほとんど無いので、この5種類の電源があれば殆ど事足ります。実験用電源という、たいていは可変タイプを思い浮かべますが、実際に使用してみると、使う電圧というのは決まっていますから、こういったよく使う電圧が各種でいるマルチ電源の方が、使い勝手はるかによいです。こうして、この電源は、様々な実験やらにとっても便利な一品となりました。電流計をのぞけば、ごく簡単な回路ですから、三端子レギュレーターを使う練習をかねて、にたような物を作ってみてはいかがでしょう。

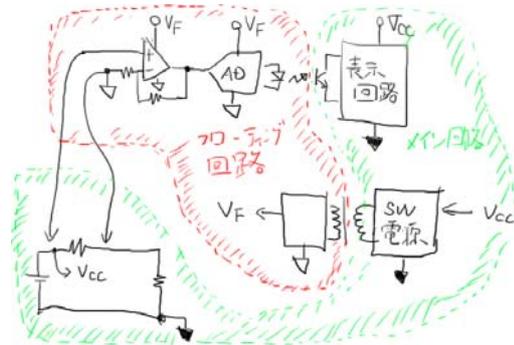
2006年10月 s.watabe

<http://www.asahi-net.or.jp/~bz9s-wtb/index.htm>



Aが1Vであろうと100Vであろうと、テスターは自分自身の電源VTのGNDであるGTを基準に電圧測定をする。つまり、被測定回路のGNDとは別に自分自身でGNDをもつ。このように被測定回路とは別の場所、すなわち浮いた場所にGND(図のGT)を持つことから、このような測定をフローティング測定という。

図9 フローティング測定



- おおむねの電源は V_{CC} で、この GND は ↓
- V_{CC} からトランスを介して別電源 V_F を作る
- V_F の GND は ↓ で、↓ とは電氣的に絶縁されている
- V_F での回路は、普通の非反転アンプ。ここで v を B に非反転アンプの+入を A につなぐとアンプ出力は v を GND とし $V_o = \frac{R_f}{R_i} + 1$ の電圧が出る。
- v を X 入回路の B に接続しようと、 X 入回路は動作に干渉しない

図10 フローティング測定回路の構成

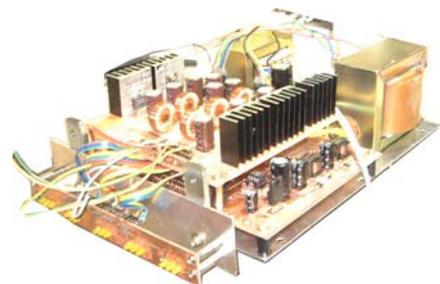
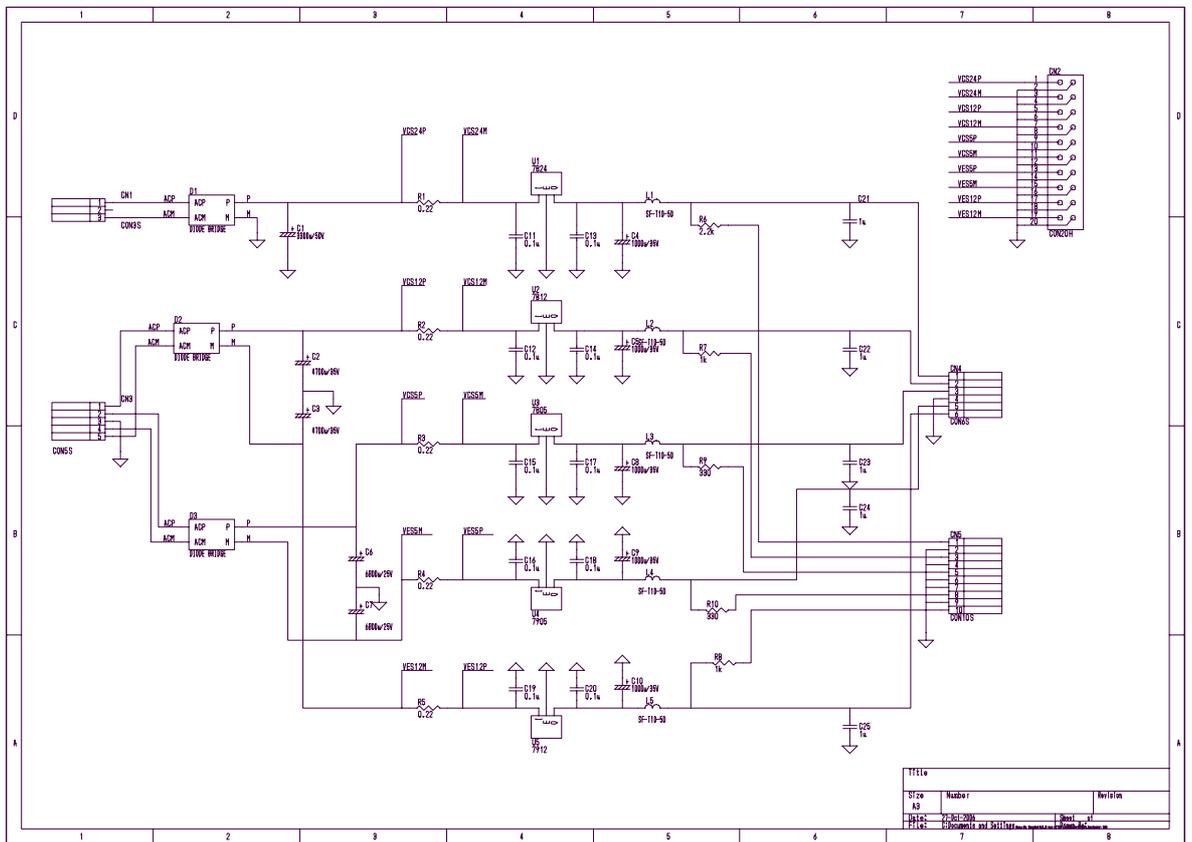
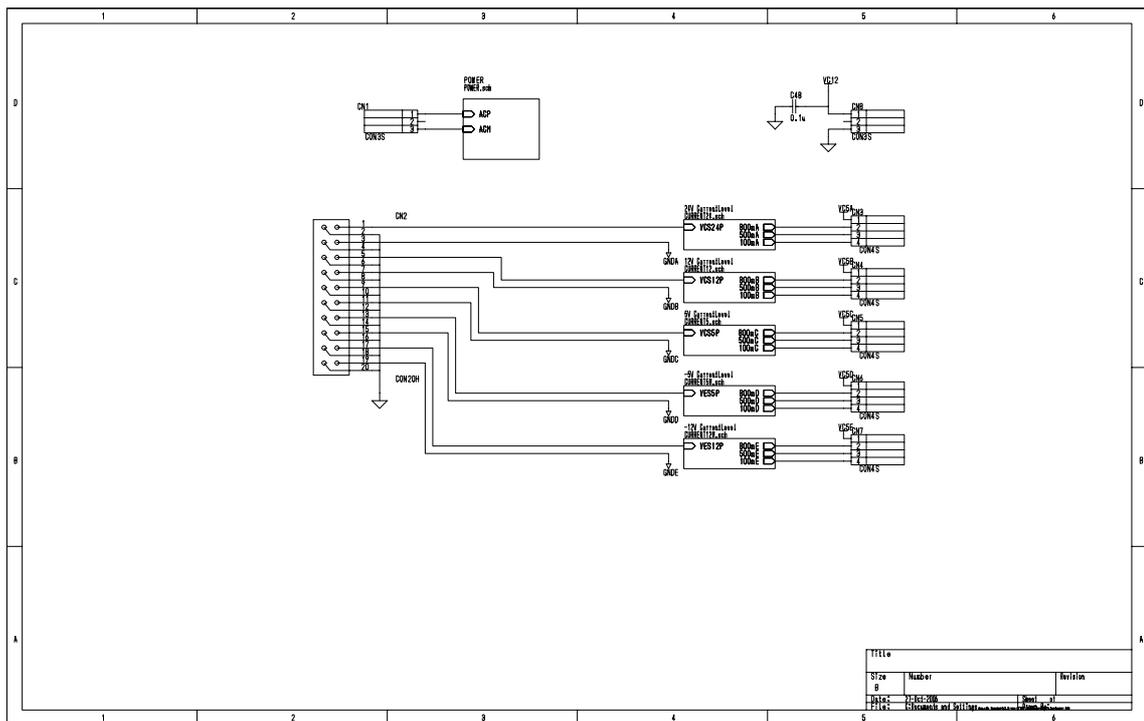


図11 作成中の電源と完成

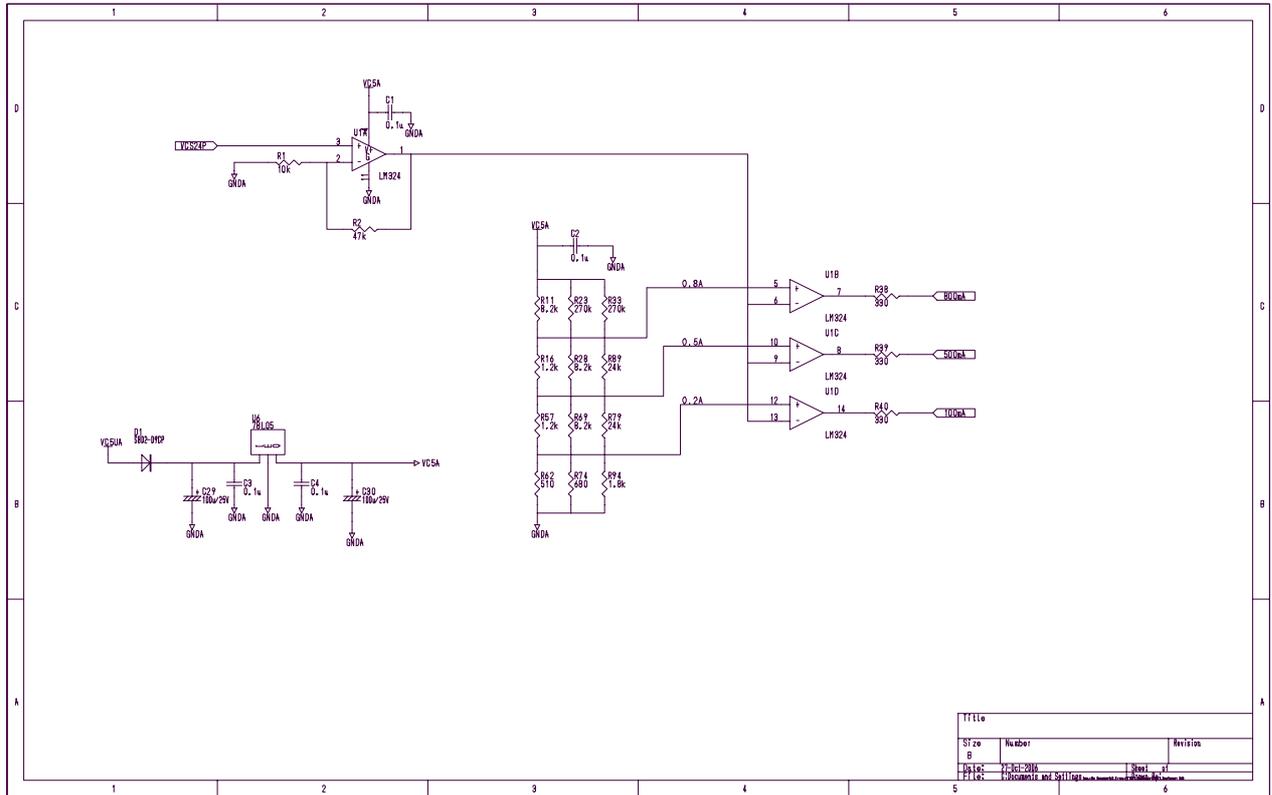
5 出力実験用電源



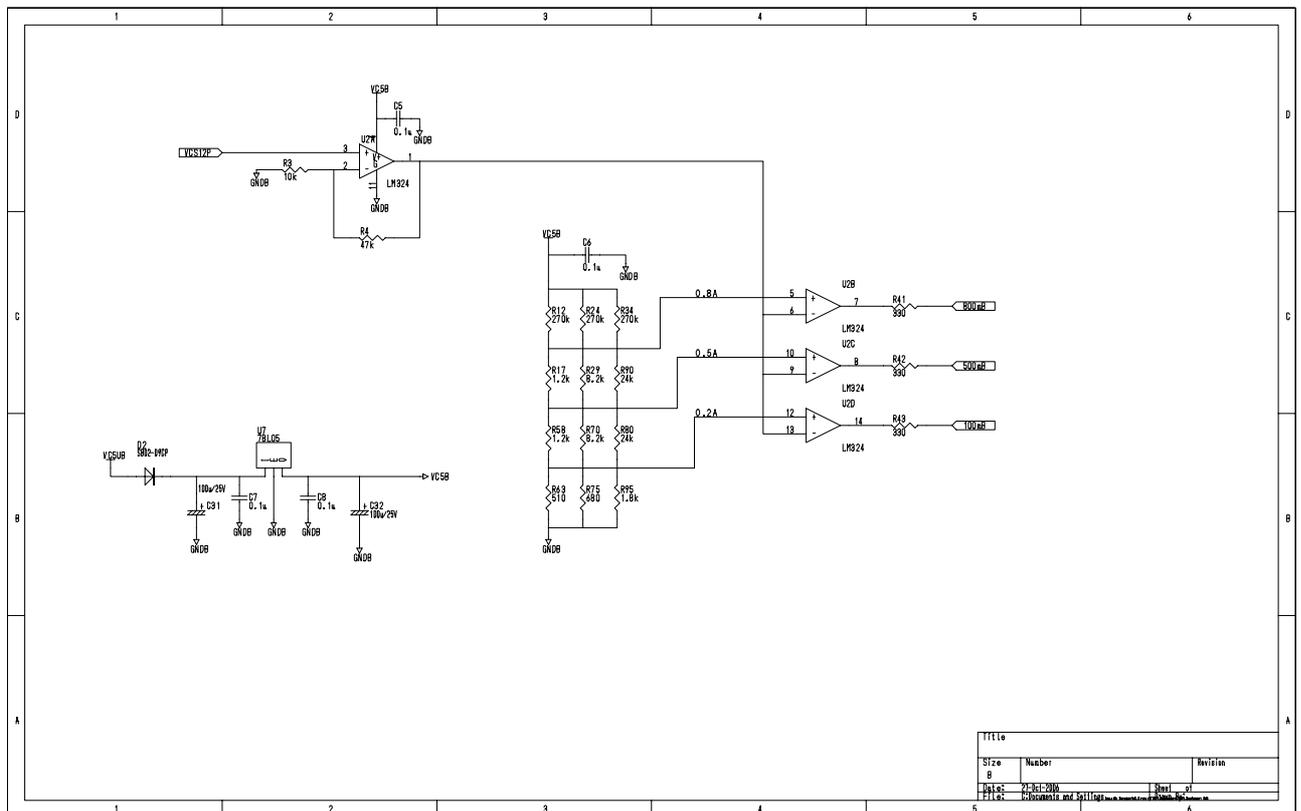
電源基板 トップ



電流計基板 トップ

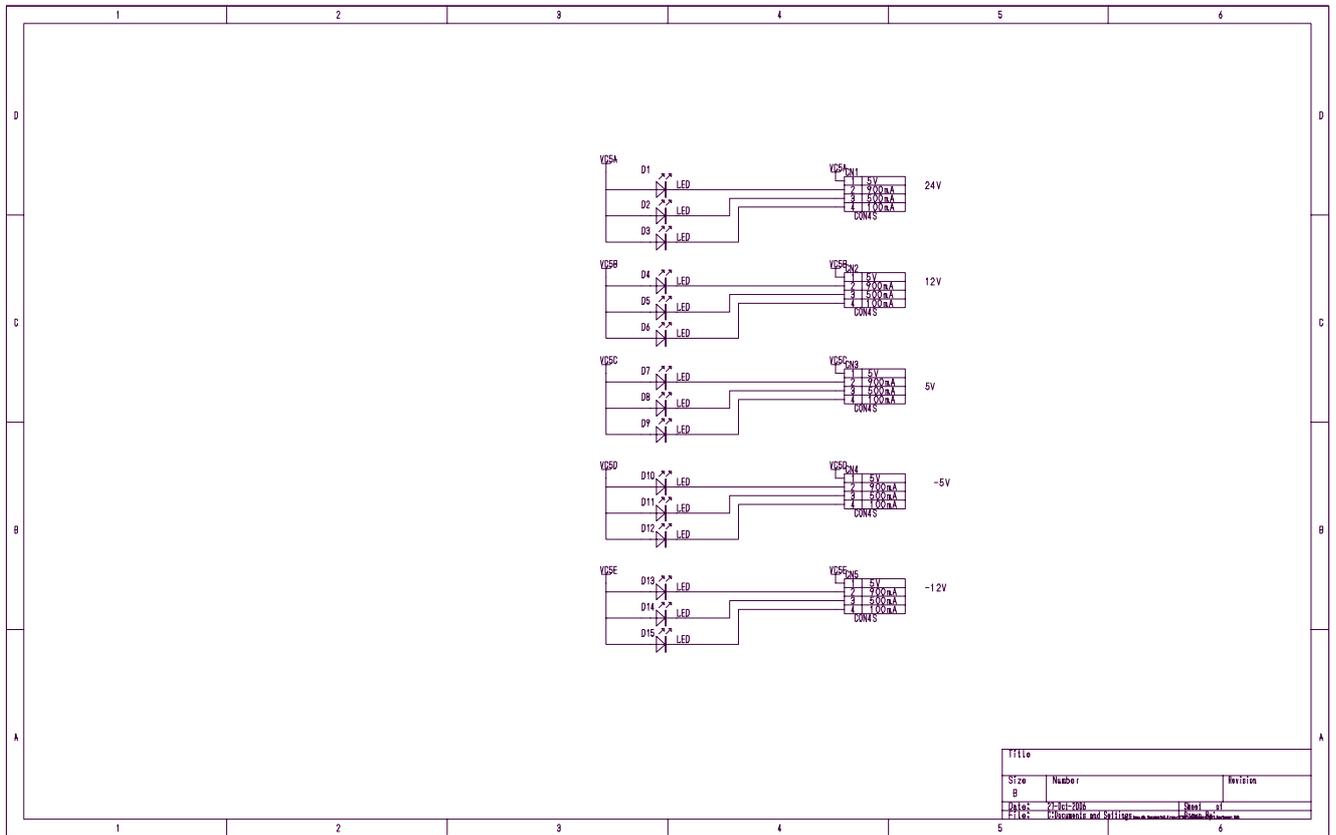


電流計基板 24V 電流計



電流計基板 12V 電流計

5 出力実験用電源



パネル基板 トップ