

BIN 電源アダプタの開発 -専門分野の最適解で需要に応える-

豊田朋範¹・千葉 寿²・木村和典¹

1 分子科学研究所 技術課

2 岩手大学 理工学系技術部

レーザーやシンクロtron光実験を中心に、積分、信号レベル変換、高電圧出力、信号遅延など様々な機能を有する NIM モジュールが多く使用されている。1 台 2 台の NIM モジュールを検出器の近傍に配置したくても、大型で重く、高価な専用の BIN 電源を 1 台用意する必要がある。我々は、最大 2 台の NIM モジュールを駆動できる、小型軽量の BIN 電源アダプタを開発した。本装置は多くの需要が見込まれることから、量産を想定して(1)汎用的な部品の採用(2)プリント基板の片面への部品の集約(3)AC アダプタの採用一の 3 項目を中心に設計した。闇雲に最先端の技術やデバイスを導入するのではなく、需要とコストの両面から課題を検討し、最適解を導き出すことが重要であると考えた。

Key Words : NIM モジュール BIN 電源 プリント基板設計 AC アダプタ

1. はじめに

レーザーやシンクロtron光実験を中心に、Fig.1 のような NIM(Nuclear Instrument Modules)規格のモジュール(以下「NIM モジュール」)が多く使用されている。積分、信号レベル変換、高電圧出力、信号遅延など様々な機能を有する NIM モジュールは、専用の電源である BIN 電源(Fig.2)に接続して使用する。

市販の BIN 電源は最大 12 台の NIM モジュールを接続できるが、検出器の近傍に 1 台 2 台の NIM モジュールを配置したくても、BIN 電源を 1 台用意する必要がある。また、BIN 電源は大型で(幅 482.6mm×高さ 221.5mm×奥行 480mm など)、重く(20kg 以上)、高価(30 万円以上)で、1 台 2 台の NIM モジュールを駆動するには大仰な感がある。

我々は、最大 2 台の NIM モジュールを駆動できる、小

型軽量の BIN 電源アダプタを開発した。



Fig.1 NIM モジュールの例

2. 装置の外観と主な仕様

開発した BIN 電源アダプタの外観を Fig.3 に、主な仕様を Table 1 に示す。

本装置は、AC プラグを AC100V コンセントに挿入すると、フロントパネルの LED が点灯して、使用可能となる。専用ケーブルで NIM モジュールと本装置のフロントパネルのコネクタを接続すれば、直ちに NIM モジュールを駆動できる。

2 つの出力は、それぞれ $\pm 6V$ 、 $\pm 12V$ 、 $\pm 24V$ をすべて使用できる。また、すべての出力電圧にリセットブルヒューズを内蔵しており、万一過電流が流れても、リセットブルヒューズと電源回路の安全機能により、NIM モジュールの破損を防止できる。リセットブルヒューズは過電流で遮断された後、所定の電流値になると自動的に復帰するため、都度交換する必要はない。

3. 量産を想定した低コスト化の手法

本装置は多くの需要が見込まれることから、低コスト化を意識して設計に取り組んだ。

低コスト化に必要な要素としては、まず汎用的な部品の採用が挙げられる。定電圧回路を実現する手法としては、(1)電圧レギュレータ回路(2)DC-DC コンバータ IC を用いたスイッチング電源回路の 2 とおりがある。(2)は小型化が可能であるが、部品点数が多く、特殊な定数の部品が必要になる場合がある。今回は(1)を採用し、電圧レギュレータの発熱はスルーホールを介した基板裏側も利用した放熱と、ヒートシンクの貼付けで対応した。(Fig.4) 電圧レギュレータ IC には、正極側に LM2941S/NOPB、負極側に LM2991S/NOPB(いずれも Texas Instruments 社)を採用した。安価で出力電圧を抵抗 2 個で設定でき、出力電流が最大 1A であることが採用の理由である。

他の低コスト化の要素として、プリント基板の片面に部品を集約する設計が挙げられる。

通常、プリント基板の設計においては、IC を表面(部品面)に、デカップリング・コンデンサなどをプリント基板



Fig.2 BIN 電源の例



Fig.3 開発した BIN 電源アダプタの外観

Table 1 開発した BIN 電源アダプタの主な仕様

項目	仕様
出力数	2
出力電圧	$\pm 6V$ 、 $\pm 12V$ 、 $\pm 24V$
出力リップル	$40mVp-p$ ($\pm 6V$) $16mVp-p$ ($\pm 12V$ 、 $\pm 24V$) (いずれも無負荷での実測値)
安全機能	過電流防止(全電圧)
消費電力	AC100V 3.7A(動作時)
寸法・重量	W320xH80xD250(mm) 4kg (専用ケーブルは含まない)
製作費	3 万円 (専用ケーブル 2 本を含む)

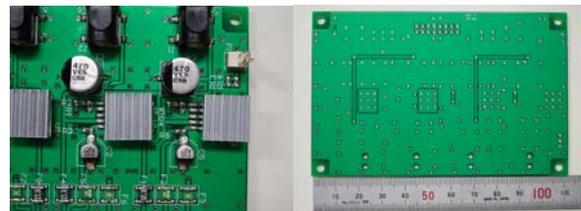


Fig.4 電圧レギュレータの放熱対策

の裏面(半田面)に配置する。しかし、プリント基板への部品実装を外部業者に委託する際、部品が両面に存在すると、片面ずつ実装用の機械に設置する必要があり、その分コストを押し上げる。今回は出力電圧がすべて直流であること、デカップリング・コンデンサが存在しないことから、部品をすべて部品面に集約した。(Fig.5) 半田面は一部の配線と、前述の放熱用のエリアにとどまり、組付や動作確認の際の見通しも良くなった。

NIM モジュールの中には、数 100mA 程度の電流を消費するものもあることから、本装置では Table 1 のとおり、1 つの出力電圧で最大 1A 程度の電流を流せることが必要とされた。AC100V から DC 電源を生成するには、(1)電源トランスを用いて整流する(2)スイッチング電源を用いるの 2 とおりが考えられる。(1)は出力電流が増えるほど大型で重くなり、本装置の設計コンセプトから逸脱する。(2)は(1)より小型軽量であるが、出力電圧が高く、出力電流が増えるほど(すなわち、電力量が増えるほど)筐体は大きくなる。また、複数の異なる電圧を出力できるタイプは少数であり、複数台のスイッチング電源をケースに収納する必要がある。

今回、6 種類の電圧で各々最大 1A 出力するために、スイッチング電源を使用すると、現在のケースより高さ方向が倍以上のケースが必要であり、重量や価格は現在の倍以上になることが見込まれた。前述のとおり、「検出器の近傍に 1 台 2 台の NIM モジュールを配置したいが、市販の BIN 電源では大きくて重く、取り回しが良くない」という実験現場の要望がある。手軽に配置して使用したいのに、現在の仕様を大きく上回るケースのサイズと重量、価格とするのは、本末転倒である。

AC 電源から DC 電源を生成するもう 1 つの方法は、AC アダプタである。電源回路の小型・高集積化により、AC アダプタの低価格化と小型大容量化は著しい。我々は、AC アダプタを並列に接続して両極性 DC 電源を生成できることを確認し、議論の結果、6V 2.8A 出力と 24V 2.7A 出力の AC アダプタをそれぞれ 2 台並列に接続し、±12V は電圧レギュレータ IC で±24V から生成することにした。

開発した BIN 電源アダプタの内部は、4 台の AC アダ

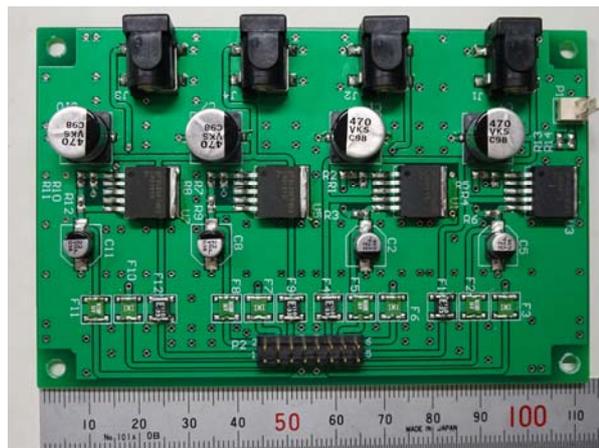


Fig.5 BIN 電源アダプタのプリント基板(部品面)



Fig.6 BIN 電源アダプタの内部

プタを、リアパネルの AC タップに接続している。(Fig.6) 量産では、ケーブルの製作と接続がコストを押し上げる要因となる。AC アダプタを採用したことで、すべての電圧で最大 1A 出力を実現するとともに、接続を簡便に出来た。

4. まとめと考察

我々は、1 台 2 台の NIM モジュールを検出器の近傍に配置して使用できるようにするため、安価で小型軽量の BIN 電源アダプタを開発した。

AC100V から両極性の DC 電源を生成するために、市販の AC アダプタを並列接続する方法を採用した。これにより、出力電流の仕様を満たすと同時に、接続を簡便にして量産時のコストを抑えることが出来た。

必要な電圧と電流を得るために市販の AC アダプタを並列に接続する方法は、先端技術の習得と展開という

観点からは「邪道」と映るかもしれないし、開発における議論でも俎上に上った。しかしながら、実験現場が求めることは「目的の装置や機能がスムーズに使える」ことであり、その命題に対する解を実現するためには、必ずしも先端技術やデバイスである必要はない。むしろ、「枯れた」技術やデバイスのほうが入手性に優れ、資料が豊富で、デバイスにつきまとうディスコン(製造終了)も代替品やセカンドソースによる対応が容易であるなどメリットは多い。

現場の需要に対する最適解を実現できる技術やデバイスは、時と場合によって様々である。最適解をより理想的な形で実現するには、需要とコストの両面から課題を検討し、搭載する機能を絞り込むこと、そして日頃から技術の習得や研鑽を進めるとともに、「枯れた」技術やデバイスを正しく使用できるようにする、言い換えれば基礎を怠らないことが肝要であると考えます。

5. 謝辞

本装置の開発は、2019 年度川合所長奨励研究費の助成を受けて行われました。

本装置の開発には、大森賢治・分子科学研究所教授と武井宣幸・京都大学特定准教授(元・分子科学研究所助教)から多大なご協力をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。