情報通信を支える分散電源システム

保高　伸洋（ほたか　のぶひろ）　軽部　邦彦（かるべ　くにひこ）　多和田 信幸（たわだ　のぶゆき）

1　まえがき

交流電圧から直流電圧に変換するスイッチング電源は，近年では多くの電子機器に搭載されている。その世界市場規模は2007年では1兆1,500億円（予測）と非常に大きく，電子機器の進歩とともに，その市場を拡大している。その中でも特に，情報通信分野の装置では，多数の大規模集積回路〔LSI：CPU，メモリ，FPGA（Field Programmable Gate Array）など〕を使用しており，電源の需要も増加していく傾向にある。これらLSIの進歩は著しく，集積度の向上，動作周波数の高周波化により，電源に対しても低電圧・大電流化，高速な電圧過渡応答が要求されている。

富士電機では，30年間にわたり情報通信分野の電源システムに取り組んでおり，多様なお客様のニーズの変化に対応している。本稿では，これらのニーズに対応した技術と製品例を紹介する。

2　分散電源システムの必要性

従来の電源システムは，**図1**に示すように電源ユニットと装置のマザーボードの間を配線で接続し，負荷となるLSIの周辺にコンデンサを配置することによる集中給電方式で構成されていた。

この方式では，LSIの動作電圧が5 V，3.3 V程度であれば，マザーボードのパターンインピーダンスの影響を比較的少ない容量のコンデンサで吸収でき，またLSI自身の定格電圧が高い分，動作電圧許容範囲が広いため，負荷変動時においても正常動作させることが可能であった。

しかし，最近では，LSIの定格電圧が1 V台（1 Vを切った製品もある）に低下し，さらに動作周波数（クロック周波数）も高くなり，集中給電方式では，これらLSIの高機能化に対応できず，装置メーカー，電源メーカーの共通の課題となっていた。この対策として，LSIの直近に電源を設けて，集中給電方式で問題になったパターンインピーダンスの影響，コンデンサの増加を抑えた分散給電システムが検討されている。**図2**にその一例を示す。

図1　従来の集中給電方式

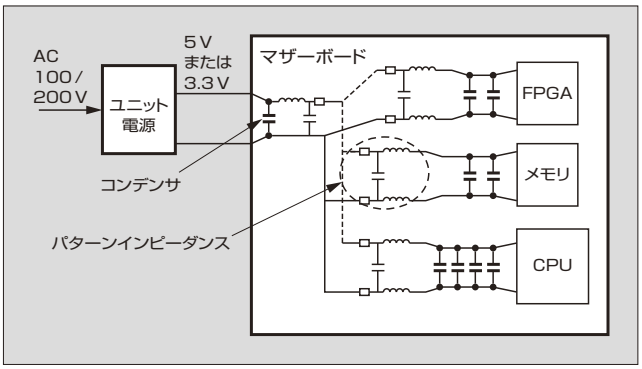
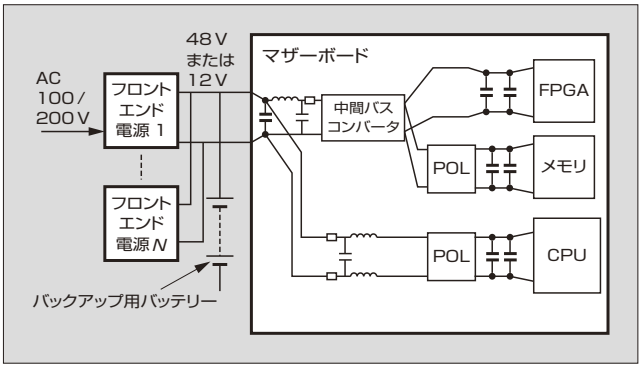


図2　分散給電方式の一例



分散電源システムは，次の三つの部分に分けられる。

(1)　フロントエンド電源

(2)　中間バスコンバータ

(3)　POL（Point of Load）コンバータ（以下，POLと略す）

以降，これら三つの電源について説明する。

3　フロントエンド電源

フロントエンド電源は，AC100 Vあるいは200 Vの商用交流電源を整流平滑して，DC48 V，12 Vなどの中間直流電圧に変換する電源である。この電源に要求される特性

保高　伸洋

交流無停電電源および直流安定化電源の開発・設計に従事。現在，富士電機ハイテック株式会社設計開発部部長付。

軽部　邦彦

高周波交流電源および直流安定化電源の開発・設計に従事。現在，富士電機ハイテック株式会社設計開発部課長。電気学会会員。

多和田 信幸

直流安定化電源の主回路，制御回路の開発・設計に従事。現在，富士電機ハイテック株式会社設計開発部。

図3　2kW出力フロントエンド電源（型式：FH2000）

表1　FH2000の仕様

入力特性	入力電圧	AC100/200V	
	周波数	50/60Hz	
	突入電流	20A以下	
	効　率	89.5%以上（入力定格，2,000W出力時）	
	力率/高調波電流規制	95%以上 JEIDA EN61000-3-2（準拠）	
出力特性		チャネル1	チャネル2
	出力電圧	+48V	+12VSB
	定格電流	40.6A※	4A
	最小電流	0.4A	0A
	リプルノイズ	480mVp-p	120mVp-p
	総合変動	±5%	±4%
	過電圧保護	51～55V	−
	過電流保護	110～150%	100～150%
環境条件	動作温度 動作湿度	0～50℃ 20～85%RH	
	保存温度 保存湿度	−40～+70℃ 5～95%RH	
	耐振動	0.5G　3～60Hz　1サイクル/2分×5	
	過熱保護	あり	
規　格	安全規格	UL/CSA/TUV/VDE	
	ノイズ規格	CISPR/FCC Class A（準拠）	
その他	寸法（mm）	W：69.5，D：326.3，H：123.5 （突出部含まず）	
	質　量	3.5kg以下	
	冷却条件	強制風冷	

※：100V系入力時は19.8A

図4　1kW出力フロントエンド電源（型式：FH1000BS）

表2　FH1000BSの仕様

入力特性	入力電圧	AC100～240V	
	周波数	50/60Hz	
	突入電流	40A以下	
	効　率	83%以上（入力200V，1,000W出力時）	
	力率/高調波電流規制	95%以上 JEIDA EN61000-3-2（準拠）	
出力特性		チャネル1	チャネル2
	出力電圧	+12V	+5VSB
	定格電流	84A	4A
	最小電流	1A	0.2A
	リプルノイズ	120mVp-p	120mVp-p
	総合変動	±5%	±5%
	過電圧保護	13.5～15.5V	−
	過電流保護	88A以上	4.4A以上
環境条件	動作温度 動作湿度	0～45℃ 20～85%RH	
	保存温度 保存湿度	−40～+85℃ 5～95%RH	
	耐振動	1.5G　5～400Hz　1サイクル/2分×5	
	過熱保護	あり	
規　格	安全規格	UL/CSA/TUV/VDE	
	ノイズ規格	VCCI Class A，FCC Class A， EN55022 Class A（準拠）	
その他	寸法（mm）	W：106，D：492，H：42 （突出部含まず）	
	質　量	3kg以下	
	冷却条件	強制風冷	

としては，小型，高効率，並列冗長機能[(1)]を挙げることができる。

富士電機では，SSI（Server System Infrastructure）という情報通信電源仕様に基づいた製品を，ここ数年にわたり開発している。外形寸法はこの仕様に適合した大きさで固定し，出力を，1kWから1.5kWへ，さらに2kWへと容量アップした製品化を行い，現在3kW出力の電源を製品化中である。

図3に2kW電源の外観，**表1**に仕様を示す。この電源の特長として，変換回路にソフトスイッチング回路を適用することで，1kWの製品と比較して5ポイントの効率向上ができた。

またサーバの薄型化により，電源の厚さにも制限が発生している。最近ではブレードサーバ用として厚さ1U（約44.5mm）のラックに収納できる電源を製品化した。**図**

4 に外観，**表 2** に仕様を示す。出力電圧が 12 V のため，出力の整流回路に従来はダイオードを用いていたが，MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）による同期整流モジュールを開発適用することにより，低損失化を行い，1U サイズへの小型化と高効率化を実現した。

どちらの電源も複数台並列させて使用されるので，並列冗長機能が付加されており，電源故障発生時にもこれが原因で装置のシステムダウンが発生しないように配慮されている。

4　中間バスコンバータ

中間バスコンバータは，フロントエンド電源の出力の後段にあり，POL の入力電圧に変換する役割，および直接 LSI に電力供給する役割を持つ DC-DC コンバータである。このコンバータには**図 5**，**図 6** に示すように，二つの方式がある。フロントエンド電源の出力電圧精度が高い場合には，LSI などの負荷電圧制御を後段にある POL で行うようにすれば，**図 5** のように固定パルス幅の変換器を用いることができるため，非常に設計が簡単になり，小型化・高効率化できる電源である。しかし，**図 6** のように入力電圧にバッテリーを付加して，商用電圧の停電に対応する場合や，POL の入力電圧範囲が狭い場合は，出力電圧を監視する制御回路により，可変パルス幅の変換器を用いて出力電圧を安定化する必要がある。富士電機では，バッテリーバックアップ機能が付加できるように，後者の方式を採用している。100 W 出力のコンバータの外観を**図 7**，主な仕様を**表 3** に示す。今後，この分野の電源はさらなる小型化が進むと予測しており，より高電力密度の製品を開発中である。

図 5　バスコンバータの変換比 4：1 で固定した場合

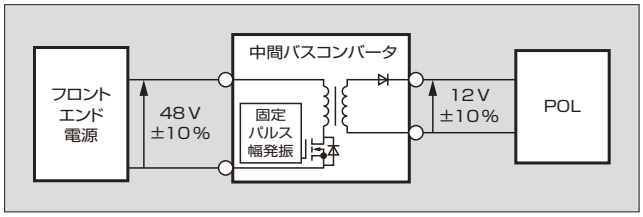


図 6　バスコンバータの変換比を制御した場合

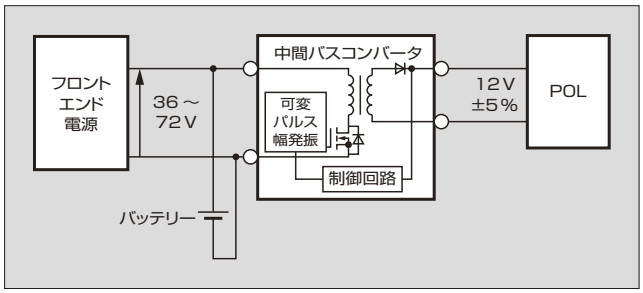
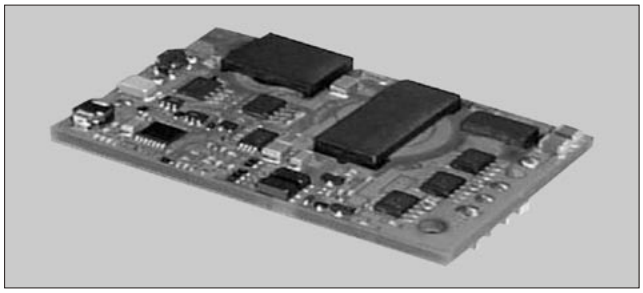


図 7　48 V 入力 100 W 出力中間バスコンバータ（型式：FH0100DI）



5　POL

負荷となる LSI の直近に配置される電源が POL である。POL に要求される性能としては，小型・高効率であることはもちろん，負荷急変時の電圧安定性がよいことである。先にも示したが，LSI の動作電圧の低下により，許容動作電圧変動範囲が非常に狭くなっている。さらに高速動作するため，負荷電流の変動が，短時間で非常に大きく，この変動に対して出力電圧の変動を数十 mV まで抑え込まなければならない。

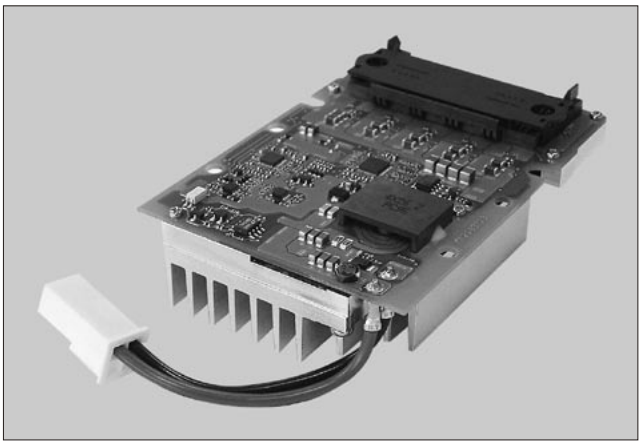
この問題に対応するため，CPU 用の POL では，マルチフェイズスイッチング方式を採用し，また小容量の POL では，主回路と制御回路が一体化され，電源の制御に DSP を適用した専用 IC を用いて，電源の負荷急変に対する応答性を確保している。

図 8，**表 4** に CPU 用 POL の例を示す。この電源は，3 出力であり，そのうち 2 出力が CPU からの信号により出力電圧を 5 mV ステップで可変する機能を持っている。本電源は，インテル株式会社のサプライヤーコンタクトリス

表 3　FH0100DIの主な仕様

入力電圧	DC36～72 V
出力電圧	5 V
出力電流	20 A
効　率	最大92 %
寸　法	W：57.9，D：36.8，H：10.2（mm）

図 8　48 V 入力 CPU 用電源（型式：FH100MV）



特集

表 4　FH0100MVの仕様

入力特性	入力電圧	DC43.2～52.8 V		
	突入電流	12 A以下		
	効　率	74～81.8 %		
出力特性		Core	Cache	Fixed
	出力電圧	0.8～1.3 V	0.8～1.3 V	1.25 V
	定格電流	89 A	17 A	9.2 A
	ピーク電流	121 A	18 A	11.04 A
	最小電流	2.8 A	2 A	0.7 A
	リプルノイズ	5 mVp-p	5 mVp-p	5 mVp-p
	総合変動	±60 mV	±40 mV	±40 mV
	過電圧保護	1.69～2.21 V	1.69～2.21 V	1.56～2.04 V
	過電流保護	ピーク電流×110～150 %		
環境条件	動作温度 動作湿度	0～60 ℃ 5～85 %RH		
	保存温度 保存湿度	−40～+70 ℃ 5～95 %RH		
	耐振動	0.2 G　5～500 Hz　1サイクル/2分×5		
	過熱保護	あり		
規　格	安全規格	UL/CSA/EN/CE		
	ノイズ規格	–		
その他	寸　法	W：70，D：111.5，H：34（mm） （突出部含まず）		
	質　量	290 g以下		
	冷却条件	強制風冷		

図 9　5 V 入力 小容量 POL

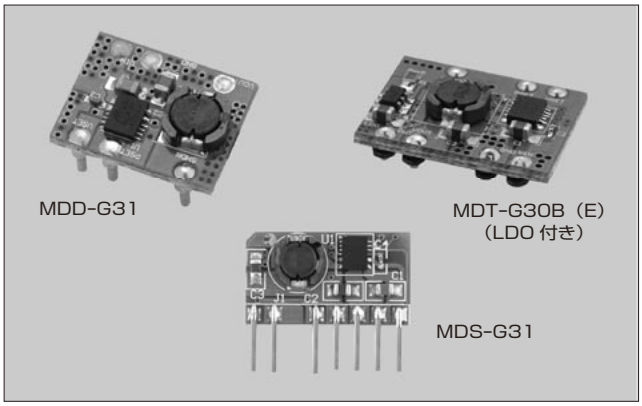


表 5　MDT-G30 B（E）の主な仕様

入力電圧	DC3.0～5.5 V
出力電圧（メイン）	0.72～3.63 V
出力電流（メイン）	3 A
出力精度（メイン）	±2 %
スイッチング周波数	1 MHz
出力電圧（LDO）	B：3.3 V　E：2.5 V
出力電流（LDO）	800 mA
出力精度（LDO）	±0.5 %
動作時周囲温度	−40～+85 ℃
効　率	最大95 %
寸　法	W：20.2，D：15.5，H：5.5（mm）

出力電圧（メイン）は外付け抵抗により調整
メインはスイッチング出力，LDOはリニアレギュレータ出力

トに国内メーカー品では唯一登録されている（2006 年 10 月現在）。

図 9 に小容量 POL の例を示す。このシリーズは，主回路と制御回路を一体化した IC を使用しており，スイッチング制御をデジタル化している。外付け部品がアナログ制御の場合と比較して半減し，小型化されている。さらに，1 出力タイプと 2 出力タイプの製品や出力電流が大きい（5 A）製品もラインアップしている。**表 5** に 2 出力タイプの主な仕様を示す。

6　あとがき

情報通信装置の LSI の進化に伴う，電源システムの変化とその一例を示した。今後の進化アイテムとしては，デジタル制御を適用し，上記 3 種類の電源の最適駆動化（電源システムの効率を最大で動作，各電源の起動停止シーケンスの調整など），さらに小容量 POL で実績のある DSP 適用による電源自体の制御をその他の電源にも適用していく。富士電機では顧客である装置メーカー，LSI メーカーと情報交換をしながら，より最適な分散電源システムの開発に今後も取り組んでいく所存である。

参考文献

(1)　保高伸洋，軽部邦彦．無停止化技術を適用した直流電源．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.467–471.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。