

大電流DC/DCコンバータモジュールBR220の開発

Development of Large Current DC/DC Converter Module BR220

カ石 康裕*
Yasuhiro Rikiishi

概要 通信ネットワークを支える通信機器には通信情報を高速に処理するためにFPGAやネットワークプロセッサといった大規模LSIが使用され、その電源として低電圧大電流を供給できるDC/DCコンバータが使用されている。通信装置内部の基板は高密度実装となっており、実装する基板面積が小さく高効率であることが要求される。また、通信装置が処理する情報は急激に変化するため、DC/DCコンバータの負荷電流の変動量は大きく、高速に変化する。今回、これら要求に応えるために40Aの大電流を供給でき、高速負荷応答、高効率を実現したBR220を開発したので報告する。

1. まえがき

情報通信技術 (ICT) はさまざまな分野のビジネスやサービスに活用されている。その範囲はIoTやビッグデータ活用といった領域にも関連し、ますます広がっていくことが予想される。高機能な通信端末(スマートフォン、タブレット等)が普及し、通信装置性能および通信技術が改善されることによって通信ネットワークで流通する情報量が年々増加する傾向にある。総務省がまとめたビッグデータ活用によるデータ流通量は2005年から2014年までの9年間で9.3倍に増加している⁽¹⁾。通信ネットワークを支える通信装置の基板には、FPGA等の大規模LSI、メモリ、光モジュール、電源部品等のさまざまな電子部品が高密度に実装されている。その中で情報を高速に処理する大規模LSIは低電圧大電流で動作する。DC/DCコンバータはLSIの近傍に実装する必要がある。省スペースで大電流を供給できることが要求される。通信装置が処理する情報量の変化が大きく、処理速度が高速であるためDC/DCコンバータには高速な負荷急変応答性能が求められる。このような要求に応えるために省スペースで大電流40Aを供給できるDC/DCコンバータモジュールBR220を開発したので以下に報告する。

2. 開発コンセプト

図1に通信装置の電源構成例を示す。主に基幹通信装置で用いられている給電方式で中間バスアーキテクチャ

と呼ばれる。DC48Vを絶縁型DC/DCコンバータで中間バス電圧である12Vや5Vに変換する。この電圧を非絶縁DC/DCコンバータで1Vといった低電圧に変換してLSIに供給する。このコンバータは負荷であるLSIの近くに配置されるためPOL (Point of Load) コンバータと呼ばれる。BR220はこの部分に使用される。

表1にBR220の主な電源仕様を示す。入力電圧 V_{in} は中間バス12Vおよび5Vに対応するため4.5Vdc~13.2Vdcとした。出力電圧 V_{out} は0.6Vdc~2.0Vdc、出力電流 I_{out} は0A~40A、動作周囲温度は $T_a = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 、冷却方式は強制空冷である。製品外形は33.02mm×13.46mm×10.9mmH、回路方式は同期整流型降圧チョップパを採用し、スイッチング周波数は400kHzとした。機能としてON/OFF制御、パワーグッド信号、シーケンス制御、並列運転、周波数同期、PMBus通信インターフェースがある。

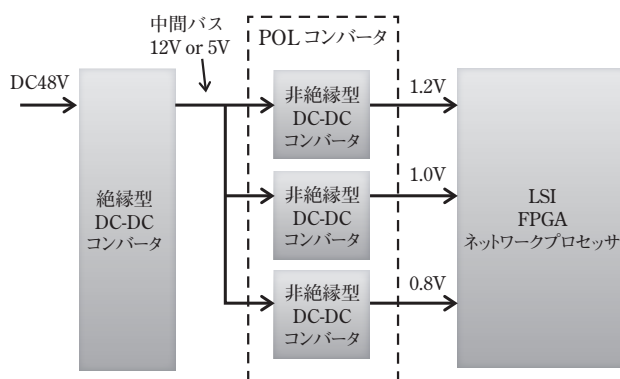


図1 通信装置の電源構成例

* パワーシステム本部 製品開発統括部 開発課

Example of power supply configuration in telecom equipment

表1 BR220の電源仕様
BR220 specification

| | |
|-----------------|-------------------------|
| 入力電圧 V_{in} | 4.5Vdc~13.2Vdc |
| 出力電圧 V_{out} | 0.6Vdc~2.0Vdc |
| 出力電流 I_{out} | 0A~40A 温度ディレーティングあり |
| 動作周囲温度 T_a | -40°C~85°C |
| 冷却方式 | 強制空冷 |
| 製品外形 | 33.02mm×13.46mm×10.9mmH |
| 回路方式 | 同期整流型降圧チョップ |
| スイッチング周波数 | 400kHz |
| 機能 | ON/OFF制御 |
| | パワーグッド信号 |
| | シーケンス制御 |
| | 並列運転 |
| | 周波数同期 |
| PMBus通信インターフェース | |

3. 製品構成と機能

図2にBR220の構成を示す。Cin1は外付け入力コンデンサ、Cout1は外付け出力コンデンサを示す。BR220内部には入力コンデンサCin2、出力コンデンサCout2がある。Qh1、Qh2はメインスイッチング素子、L1はインダクタを示す。

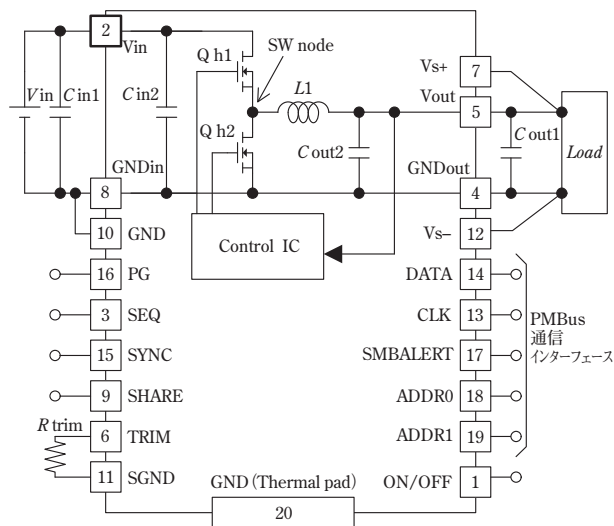


図2 BR220の構成図
BR220 configuration diagram

表2に端子構成を示す。機能端子として、ON/OFF (ON/OFF制御端子)、SEQ (シーケンス制御端子)、TRIM (出力電圧調整用端子)、SHARE (並列動作用端子)、SYNC (同期信号入力端子)、PG (パワーグッド端子)がある。VoutはTRIM端子に接続する抵抗値Rtrimで設定する。DATA、CLK、SMBALERT、ADDR0、ADDR1はPMBus通信インターフェース端子であり、入力電圧、

出力電圧および電流の計測、出力停止時の診断、出力立ち上がり時間等のシーケンス制御を行うことができる。

表2 BR220の端子構成
Pin configuration of BR220

| No. | 端子名 | 機能 |
|-----|----------|-----------------|
| 1 | ON/OFF | ON/OFF制御端子 |
| 2 | Vin | 入力電圧端子 |
| 3 | SEQ | シーケンス制御端子 |
| 4 | GNDout | 出力GND端子 |
| 5 | Vout | 出力電圧端子 |
| 6 | TRIM | 出力電圧調整用端子 |
| 7 | Vs+ | リモートセンス端子 |
| 8 | GNDin | 入力GND |
| 9 | SHARE | 並列動作用端子 |
| 10 | GND | GND端子 |
| 11 | SGND | シグナルGND端子 |
| 12 | Vs- | リモートセンス端子 |
| 13 | CLK | PMBus通信インターフェース |
| 14 | DATA | PMBus通信インターフェース |
| 15 | SYNC | 同期信号入力端子 |
| 16 | PG | パワーグッド端子 |
| 17 | SMBALERT | PMBus通信インターフェース |
| 18 | ADDR0 | PMBusアドレス用抵抗端子 |
| 19 | ADDR1 | PMBusアドレス用抵抗端子 |
| 20 | GND | 放熱用サーマルパッド |

4. 回路構成

4.1 効率特性

図3に効率特性を示す。出力電圧Voutは1Vに設定した。入力電圧Vin=5Vのときの最大効率は約92%、Vin=12Vのときの最大効率は約88%となっている。定格最大負荷40Aのときの効率は約86%を確保することができた。

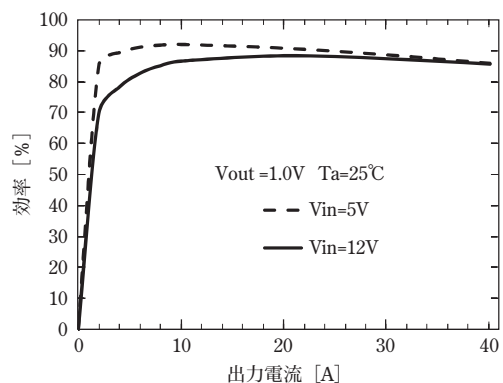


図3 効率特性
Efficiency characteristics

4.2 ロードレギュレーション特性

図4にロードレギュレーション特性を示す。出力電流 $I_{out} = 0A \sim 40A$ の範囲における静的な負荷変動に対する出力電圧の変動は、入力電圧 $V_{in} = 5V$ のとき0.03%、 $V_{in} = 12V$ のとき0.25%で高精度なロードレギュレーション特性となっている。

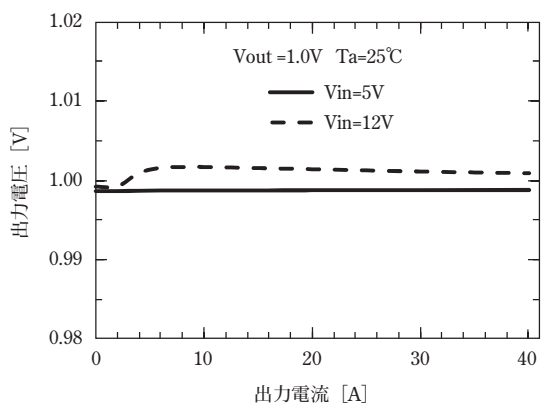


図4 ロードレギュレーション
Load regulation

4.3 負荷急変応答特性

図5に負荷急変応答波形を示す。 $V_{in} = 12V$ 、 $V_{out} = 1V$ 、 $I_{out} = 0A \rightarrow 40A$ に急変させたときのSW端子波形、 V_{out} 波形、 I_{out} 波形を示す。回路条件は図2の構成図において、外付け入力コンデンサ C_{in1} は $60\mu F$ 、外付け出力コンデンサ C_{out1} は $1500\mu F$ とした。負荷急変時の出力電圧の変動値は $-58mV$ となった。また、図6に $I_{out} = 40A \rightarrow 0A$ に急変させたときの波形を示す。出力電圧の変動値は $+32mV$ となった。負荷急変時の出力電圧の変動量は出力電圧1Vの -6% 、 $+3\%$ 程度となり高速負荷応答性能となっている。

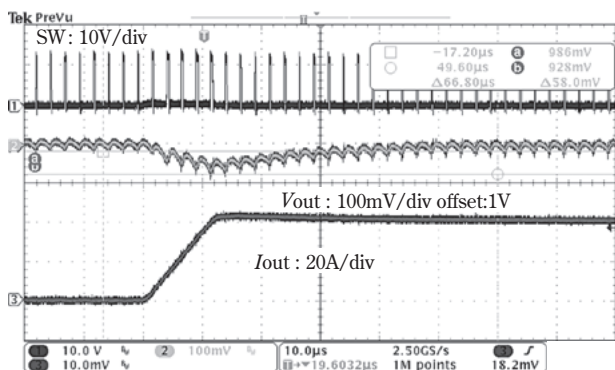


図5 負荷急変応答波形 (出力電流 $I_{out} = 0A \rightarrow 40A$)
Waveform of load change response

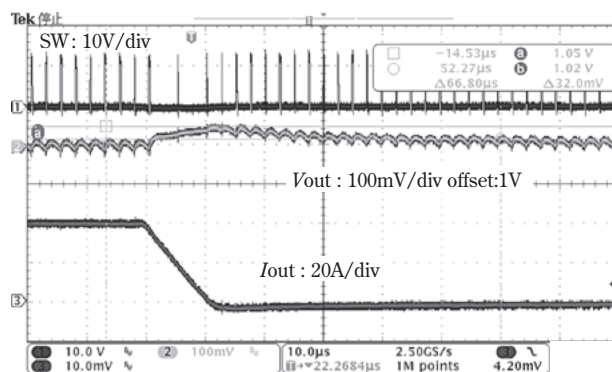


図6 負荷急変応答波形 (出力電流 $I_{out} = 40A \rightarrow 0A$)
Waveform of load change response

4.4 並列運転

図7に並列運転時の回路接続図、図8に並列運転時のターンオン波形、図9にターンオフ波形を示す。並列運転する場合、図7に示すようにBR220の V_{in} 、 V_{out} 、 GND_{in} 、 GND_{out} 、 V_{s+} 、 V_{s-} 、 $SHARE$ 、 $SYNC$ 端子を相互に接続する。 $SYNC$ 端子には周波数を同期させるための同期信号を入力する。同期信号を $400kHz$ とし、 $V_{in} = 12V$ 、 $V_{out} = 1V$ 、 $I_{out} = 80A$ でBR220を並列でターンオンしたときとターンオフしたときの波形を取得した。図7に示すように I_{out1} と I_{out2} は2個のBR220のそれぞれの出力電流を示している。図8のターンオン波形では、 I_{out1} と I_{out2} が $0A$ からバランスしながら立ち上がり定常時にはそれぞれ $40A$ 負荷を供給していることが確認できる。図9のターンオフ波形は I_{out1} と I_{out2} が定常時 $40A$ から $0A$ に単調に低下しオフしていることがわかる。

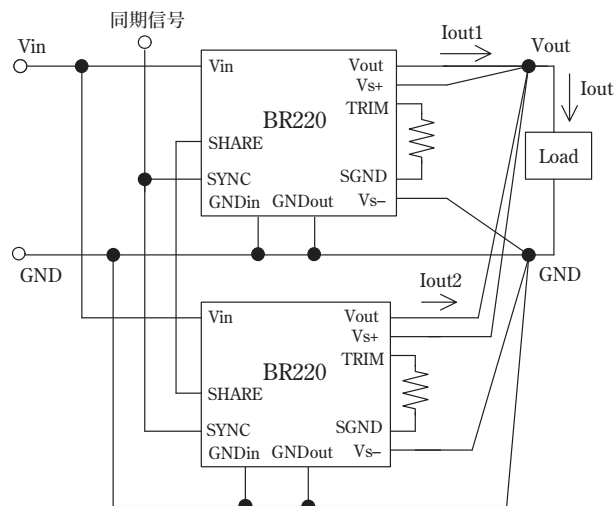


図7 並列運転時の回路接続図
Circuit connection diagram upon parallel operation

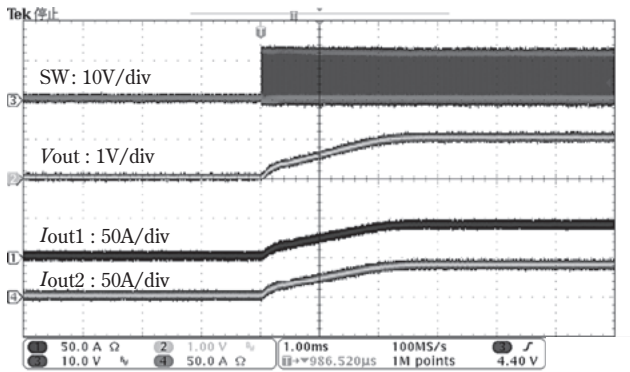


図8 並列運転時のターンオン波形 (80A 負荷時)
Waveform at turn on in parallel operation (load of 80A)

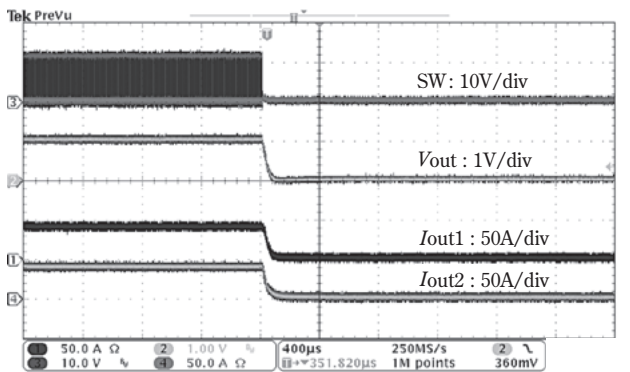


図9 並列運転時のターンオフ波形 (80A 負荷時)
Waveform at turn off in parallel operation (load of 80A)

5. 製品外観

図10にBR220の外観写真を示す。インダクタの下に隙間をつくり、パワーMOSFET、制御IC、チップセラミックコンデンサ、チップ抵抗等の電気部品を実装する構造としている。これにより基板面積は最小限に抑えられ、省スペース化を実現している。インダクタの巻線には厚い銅板を使用しており直流抵抗DCRをできる限り小さくして電力損失を軽減している。

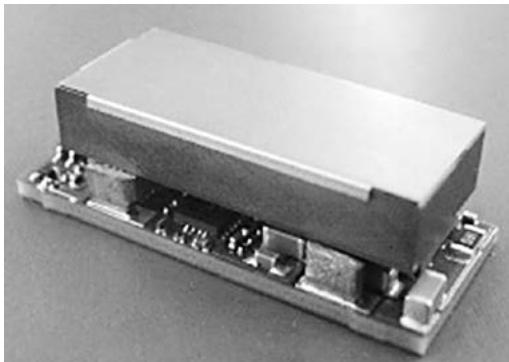


図10 BR220の外観写真
BR220 appearance photograph

図11にBR220の下面写真を示す。基板のパッドは20個あり、はんだペーストを塗布することで通信装置の基板にリフローはんだで実装される。パッド20番は放熱用サーマルパッドであり、装置基板にはんだ付けすることによって放熱性を高めることができる。

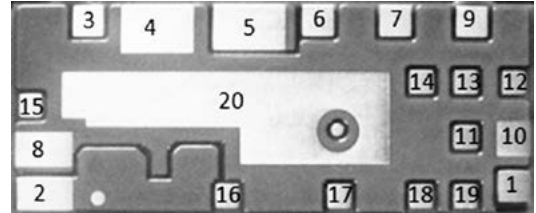


図11 BR220の下面写真
Photograph of BR220 bottom view

6. むすび

基幹通信装置で使用されているLSIに給電するPOLコンバータとしてBR220を開発した。基板実装面積が省スペースで大電流40Aを供給できる。今後は、ますます伸びることが期待される通信市場に向けた新製品のラインアップを拡充し、より多くのお客様にご使用いただけるような製品開発を目指していきたい。

参考文献

- (1) 総務省：ビッグデータの流通量の推計及びビックデータの活用実態に関する調査研究 (平成27年)