

R9A06G061 DC-PLC ボード設計ガイド

R30AN0451JJ0120

Rev.1.20

設計ガイド

March 1, 2025

要旨

本書は、ルネサスエレクトロニクス製 PLC モデム LSI である R9A06G061(CPX4)を使用した直流電力線通信(以降、DC-PLC)向けの設計ガイドです。CPX4 DC-PLC 評価キット RTK0EE0009D01001BJ を例に、PLC モデム LSI (CPX4)と Power Amp (ISL15102)、電源 IC を搭載した DC-PLC ボードの設計に関する諸注意について解説します。DC-PLC ボードには、CPX4 直接駆動(以降、CPX 駆動)方式と CPX4+Power Amp 駆動(以降、PA 駆動)方式の 2 種類があり、各々の回路構成を記載しています。

尚、本書で解説する注意事項は、ボード設計における一般的な内容であり、お客様のボードのサイズや搭載部品、レイアウトによっては必ずしも適するとは限らない場合がございます。

目次

1. DC-PLC ボード構成例.....	3
2. R9A06G061 周辺回路に関する注意事項	4
2.1 R9A06G061 周辺回路	4
2.2 BOOT 端子の設定	5
2.3 基準クロックの設定	5
2.4 RESETB 端子.....	6
2.5 DC-DC コンバータ	7
2.6 LED 設定	8
3. AFE 回路に関する注意事項.....	9
3.1 CPX 駆動の AFE 回路の注意事項	9
3.1.1 CPX 駆動の構成	9
3.1.2 CPX 駆動の保護回路.....	9
3.1.3 CPX 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項	10
3.2 PA 駆動の AFE 回路の注意事項.....	11
3.2.1 PA 駆動の構成	11
3.2.2 PA(ISL15102)の帰還抵抗値の設定	11
3.2.3 ステップ・アッテネータ回路	12
3.2.4 PA 駆動の保護回路.....	14
3.2.5 PA 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項.....	15
4. DC-DC 電源回路を設計する際の注意事項.....	17
4.1 DC-DC 電源回路を設計する際の注意事項	17
4.2 DC power line~DC-DC 電源回路の入力回路.....	18
5. DC-PLC ボードの GND 及び電源の PCB レイアウトに関する注意事項	19
5.1 GND パターンに関する注意事項	19
5.1.1 GND 強化及び、放熱設計に関する注意事項	19

5.1.2 その他の GND パターンに関する注意事項	23
5.2 電源パターンに関する注意事項	23
6. Power Filter board 設計例	24
7. 回路設計例	26
7.1 回路設計例	26
7.2 Bill of materials の例	30
7.3 RX651 MCU board	31
7.4 Power Filter board	31
7.5 PMOD conversion board	31
8. PCB レイアウト設計例	32
ホームページとサポート窓口	35
改訂記録	36

1. DC-PLC ボード構成例

PLC モデム LSI R9A06G061(CPX4)と Power Amp (ISL15102)、電源 IC を搭載した DC-PLC ボードの構成例を Figure 1-1 に示します。DC-PLC ボードは、CPX4 出力で直接する CPX 駆動と CPX4 後段に Power Amp で駆動する PA 駆動の 2 種類の駆動方式があります。PA 駆動は CPX 駆動より出力レベルが 10dB 大きく、接続台数が多い場合や通信距離が長い場合に使用します。Power Filter board は、DC Power Line 上の供給電源や他のシステムのインピーダンスが低い場合に、安定した DC-PLC を実現するために使用します。

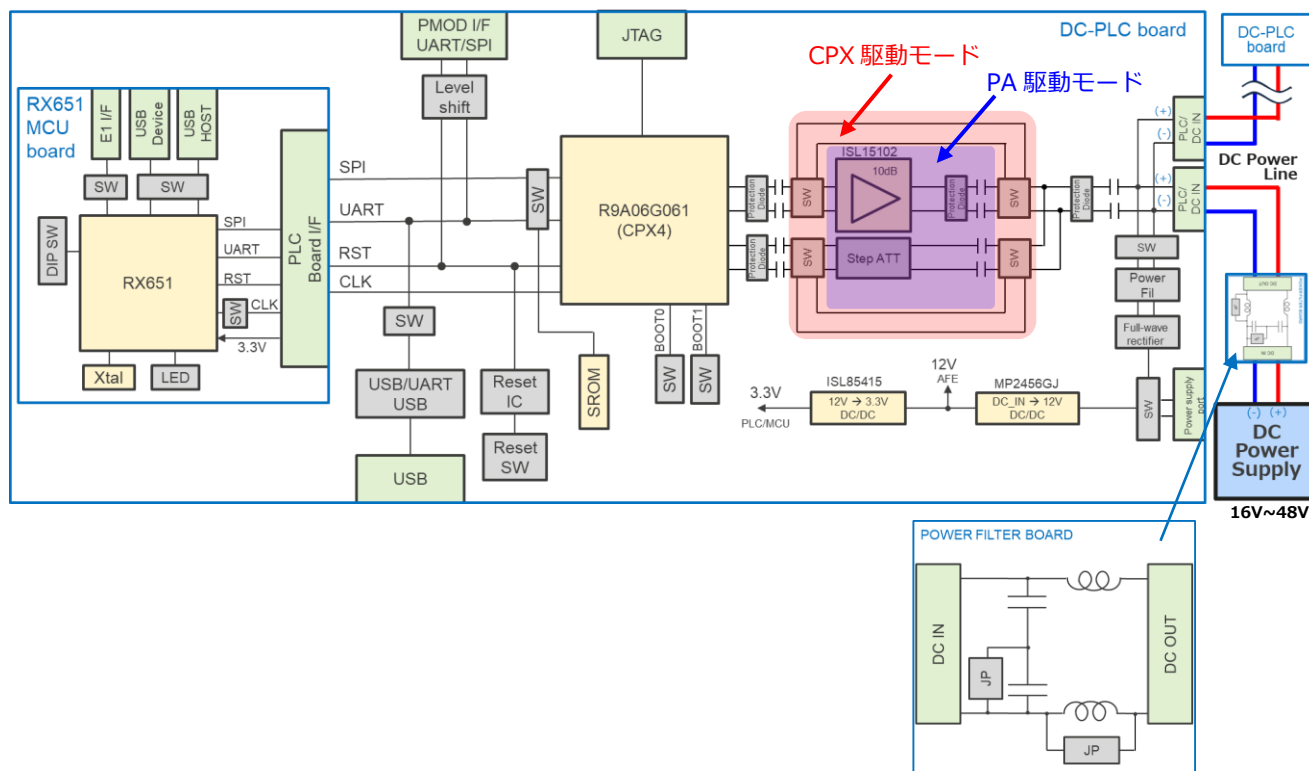


Figure 1-1 R9A06G061(CPX4) / ISL15102 適用 DC-PLC ボード構成例

2. R9A06G061 周辺回路に関する注意事項

2.1 R9A06G061 周辺回路

- R9A06G061(CPX4)のデカップリング容量は、Figure 2-1 に示すように各電源端子に付加し、電源端子の近傍に配置して下さい。特に AVDD33R(1pin)、AVDD33T(36pin)は送信、受信特性に影響しますので、留意して下さい。

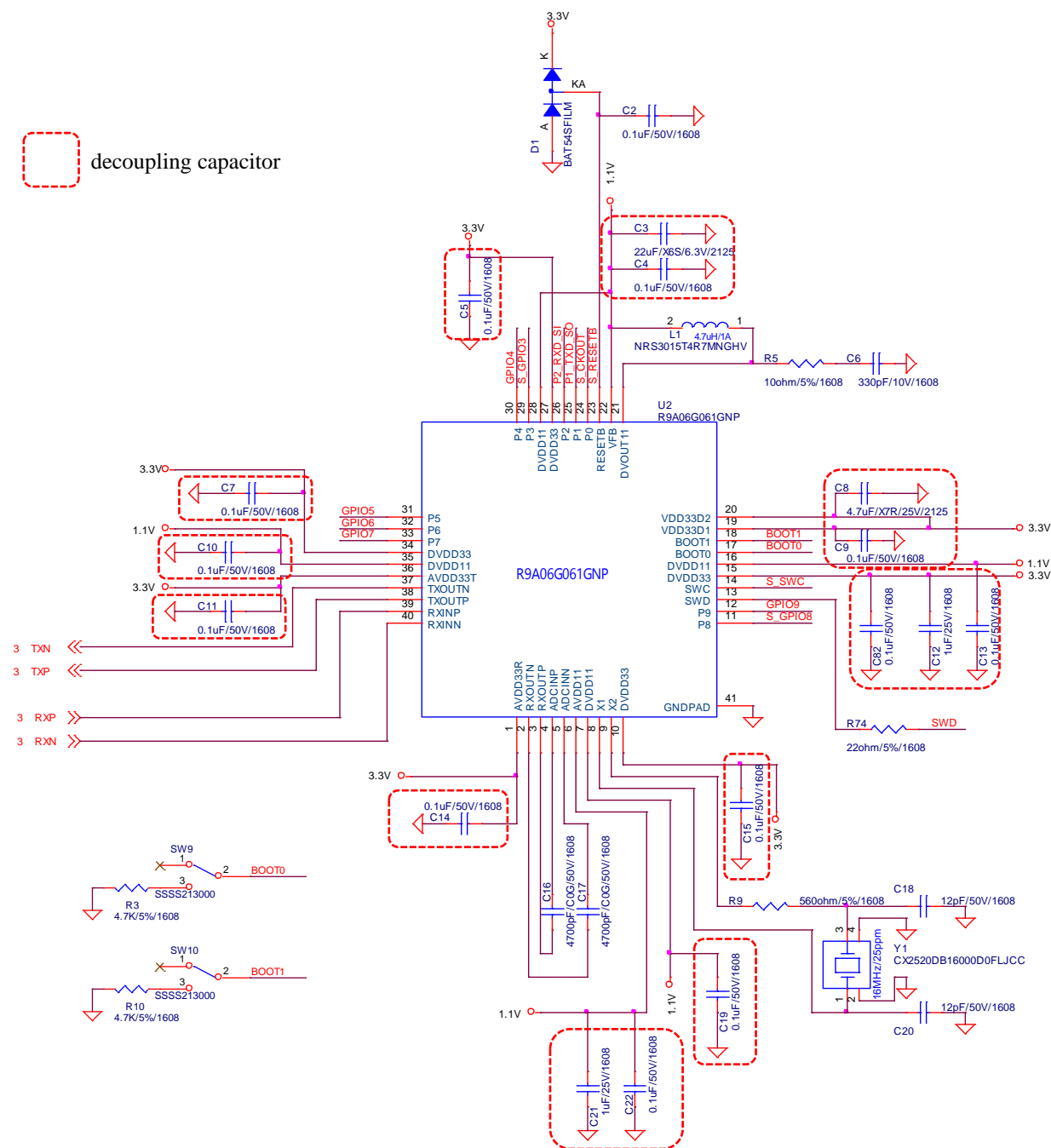


Figure 2-1 R9A06G061 周辺回路

2.2 BOOT 端子の設定

BOOT0 端子、BOOT1 端子は、BOOT の際に Firmware のダウンロードを行う interface の設定を行う端子です。Figure 2-2 に BOOT0 端子、BOOT1 端子の設定を示します。

- ・ UART I/F BOOT に設定 : BOOT0, BOOT1=Open (High)
- ・ SPI I/F BOOT に設定 : BOOT0=Open (High), BOOT1=4.7k Ω or 5.1k Ω を介して GND に接続 (Low)
- ・ SROM I/F BOOT に設定 : BOOT0=4.7k Ω or 5.1k Ω を介して GND に接続 (Low), BOOT1=Open (High)
- ・ TEST mode (設定禁止) : BOOT0, BOOT1=4.7k Ω or 5.1k Ω を介して GND に接続 (Low)

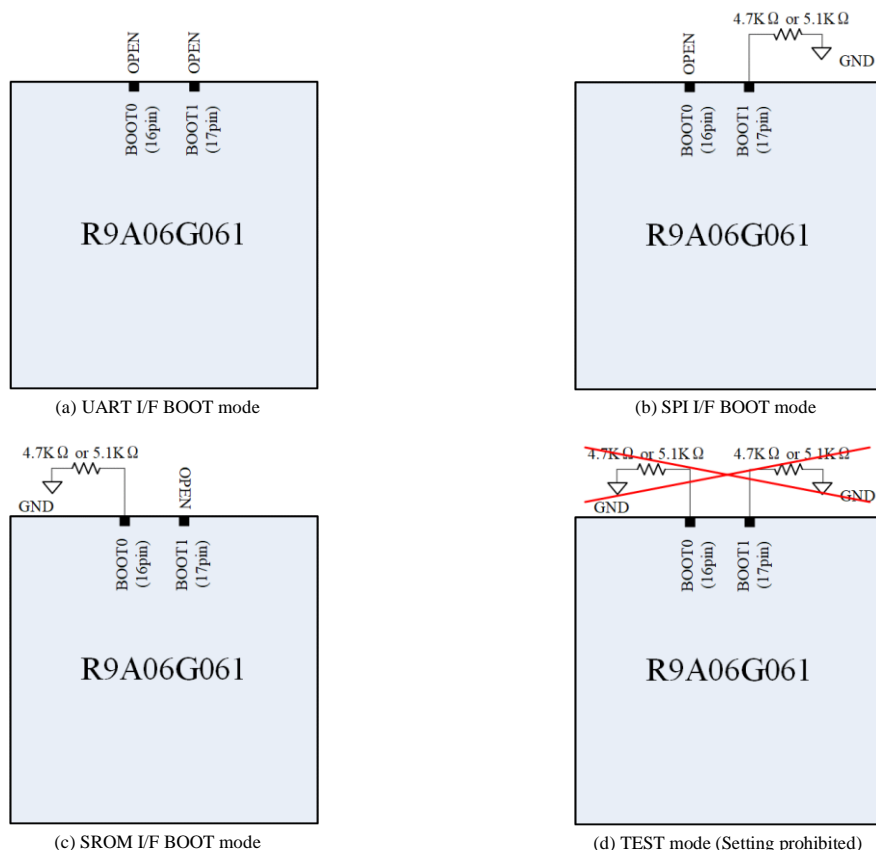


Figure 2-2 BOOT0 端子, BOOT1 端子の設定

2.3 基準クロックの設定

- ・ 水晶発振回路の接続例を Figure 2-3 に示します。
- ・ 16MHz の水晶振動子が安定発振するために、X1(8pin), X2(9pin)端子にコンデンサ負荷 C18, C20 が必要となります。また、負性抵抗の調整用に、R9 が必要になります。
- ・ 基準クロックにおいて、G3-PLC 規格で system clock の周波数偏差を使用される全温度範囲で ± 25 ppm 以内を推奨しているので、周波数公差(偏差)と周波数安定度(温度特性)を合わせて ± 25 ppm 以内となるように基準クロックを選択してください。
- ・ 水晶振動子の推奨仕様は、周波数:16MHz, 負荷容量:8pF, 周波数公差: ± 10 ppm, 周波数温度特性: ± 15 ppm になります。
- ・ Table 2-1 に水晶振動子の推奨デバイスと外部回路定数を示します。推奨デバイス: 大真空製 DSX221SH (推奨仕様の指定必要)、NDK 製 NX2520SA-16M-CHP-CSW-19 (外部回路定数が DSX221SH と異なるので注意)
- ・ 最終的な外部回路定数は、使用する水晶振動子の仕様や PCB のパターン容量も考慮し、必要に応じて水晶発振子メーカーと相談の上、決定してください。
- ・ 尚、R9A06G061 は、外部クロックを使用するモードはありません。
- ・ R9A06G061 に接続する水晶発振子及びその周辺部品は極力 R9A06G061 の近傍に配置し、配線を短くして下さい。また、水晶発振子の下面及び周囲に GND を配置し、孤立した島状のパターンにならない

い様に GND ベタパターンと接続してください。Figure 2-4 に水晶発振子及びその周辺部品の配置例を示します。

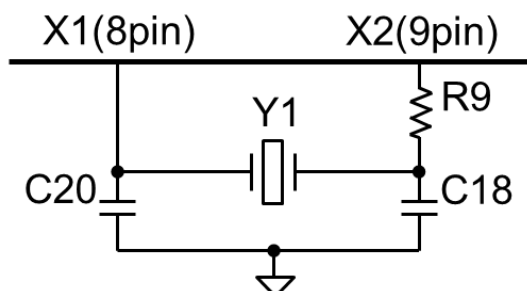


Figure 2-3 水晶発振回路の接続例

Table 2-1 水晶発振回路の推奨デバイスと外部回路定数例

素子 No.	C18	C20	R9
水晶振動子の推奨デバイス			
大真空製 DSX221SH 使用時	12pF	12pF	560Ω
NDK 製 NX2520SA-16M-CHP-CSW-19 使用時	15pF	12pF	2.2kΩ

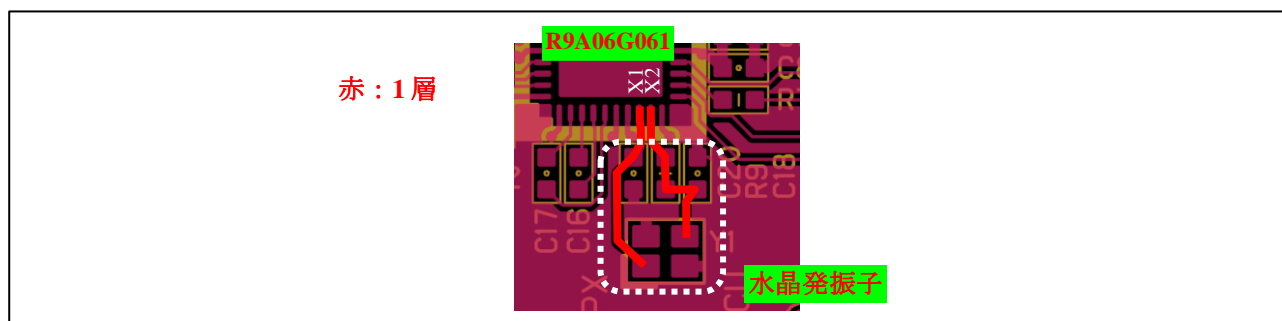


Figure 2-4 水晶発振子及びその周辺部品の配置例

2.4 RESETB 端子

- RESETB 端子の外付け回路例を Figure 2-5 に、その回路定数例を Table 2-2 に示します。
- ノイズによる誤動作防止の為、RESETB 端子の端子直近に C2 を配置して下さい。
- ESD などのサージノイズ等が想定され、誤動作や端子破壊など動作環境に懸念がある場合は、端子近くに D1 を追加することを推奨します。（Table 2-2 の回路定数例では、STMicro 製の BAT54SFILM を記載していますが、想定するノイズにより、電流量などの仕様の決定をお願いします。）
- パワーオンリセット後の R9A06G061 の firmware ダウンロードの準備中に、誤動作を防止する目的で R9A06G061 をリセット状態（RESETB=low）とするために、Rx（プルダウン抵抗）を介して GND に接続することを推奨します。Rx の抵抗値に関しては、リセット信号出力のインピーダンスを考慮し、最適な値を設定してください。（Table 2-2 の回路定数例では、50kΩ 以上のプルアップ抵抗があることを想定して設定しています。）

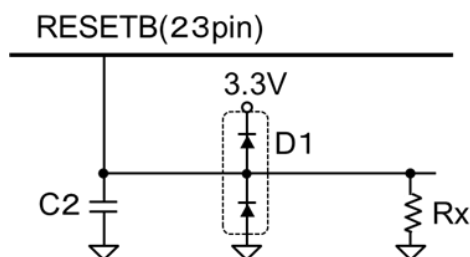


Figure 2-5 RESETB 端子外付け回路例

Table 2-2 RESETB 端子外付け回路の回路定数例

素子 No.	C2	D1	Rx
素子値	0.1uF	BAT54SFILM (STMicro)	4.7kΩ or 5.1kΩ

2.5 DC-DC コンバータ

- R9A06G061 内蔵の DC-DC コンバータは、スイッチングレギュレータ方式にて、3.3V から 1.1V の電源電圧を生成します。この 1.1V を R9A06G061 の 1.1V 電源へ PCB の配線を通して供給します。
- DC-DC コンバータの周波数安定性の為、C3 はトータル 20uF~60uF として下さい。
- Figure 2-6 に DC-DC コンバータの外付け回路例を、Table 2-3 にその回路定数例を示します。
- Figure 2-7 に DC-DC コンバータの電源供給端子 VDD33D1(19pin)及び VDD33D2(19pin)のデカップリングコンデンサの接続例を示します。Figure 2-7 (a)に示すように、デカップリングコンデンサは電源供給端子 VDD33D1(19pin)及び VDD33D2(19pin)の直近に配置して下さい。
- R9A06G061 のデカップリング容量及び R9A06G061 内蔵 DC-DC 外付け部品は、R9A06G061 の端子の近傍に配置し、DVOUT11→VFB の配線は、他の信号との交差は避けて、極力最短で配線して下さい。Figure 2-8 に DC-DC コンバータ外付け部品の配置例を示します。

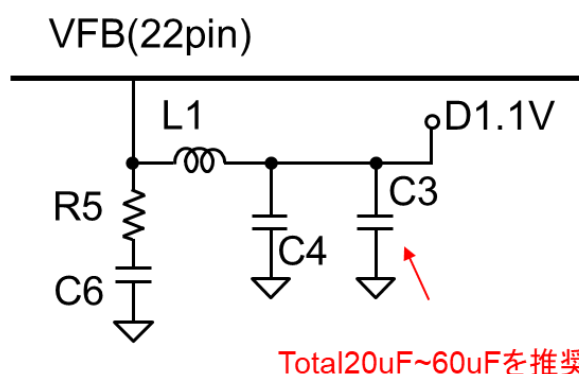


Figure 2-6 DC-DC コンバータの外付け回路例

Table 2-3 DC-DC コンバータの外付け回路の回路定数例

素子 No.	R5	C6	C3	C4	L1
素子値	10Ω	330pF	22uF	0.1uF	4.7uH

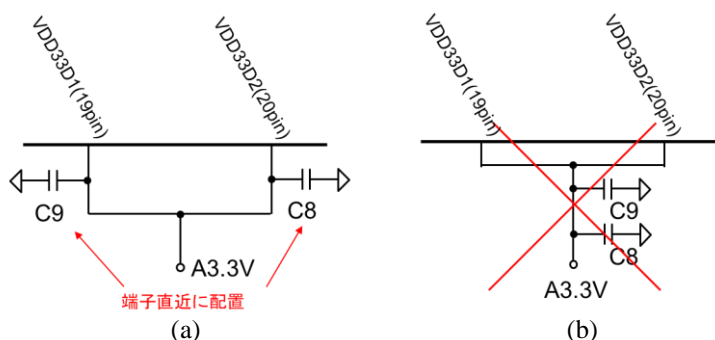


Figure 2-7 DC-DC コンバータの電源供給端子のデカップリングコンデンサの接続例

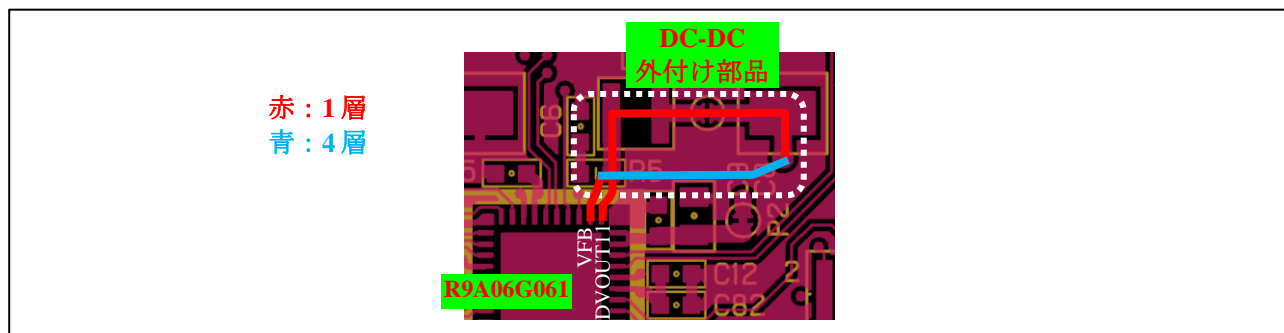


Figure 2-8 DC-DC コンバータ外付け部品の配置例

2.6 LED 設定

- ・ R9A06G061 の送信・受信の状態を示す LED の搭載例を Figure 2-7 に示します。
- ・ この例では、LED1 がパケット送信時、LED2 がパケット受信時の状態を示すことを想定しています。（LED の制御は、起動時にダウンロードされたファームウェアに基づいて行われます。）但し、R9A06G061 の GPIO 端子の制限により、LED への接続端子は、BOOT0 端子、BOOT1 端子との兼用端子になります。
- ・ LED に流れる電流は、約 1mA となる様に設定することを推奨します。LED1 と R7 の場合、

$$I_{LED1} = \frac{(3.3V - V_{F_LED1})}{R7}$$
 で I_{LED1} が約 1mA になるように、R3 を設定してください。

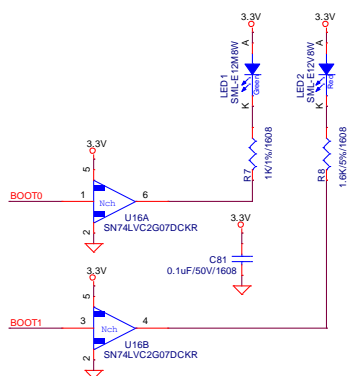


Figure 2-9 R9A06G061 の送信・受信の状態を示す LED の搭載例

3. AFE 回路に関する注意事項

DC-PLC ボードは、CPX4 出力で直接する CPX 駆動と CPX4 後段に Power Amp で駆動する PA 駆動の 2 種類の駆動方式があります。各々の駆動方式の駆動能力として、CPX 駆動は負荷インピーダンス 50Ω 以上、PA 駆動は負荷インピーダンス 10Ω 以上を想定しています。PA 駆動は CPX 駆動より出力レベルが 10dB 大きく、接続台数が多い場合や通信距離が長い場合に使用します。本章では、CPX 駆動及び PA 駆動の各々の AFE 回路を設計する際の注意事項を説明します。

3.1 CPX 駆動の AFE 回路の注意事項

3.1.1 CPX 駆動の構成

- CPX 駆動の AFE 回路の接続例を Figure 3-1 に示します。

CPX 駆動 AFE 周辺回路

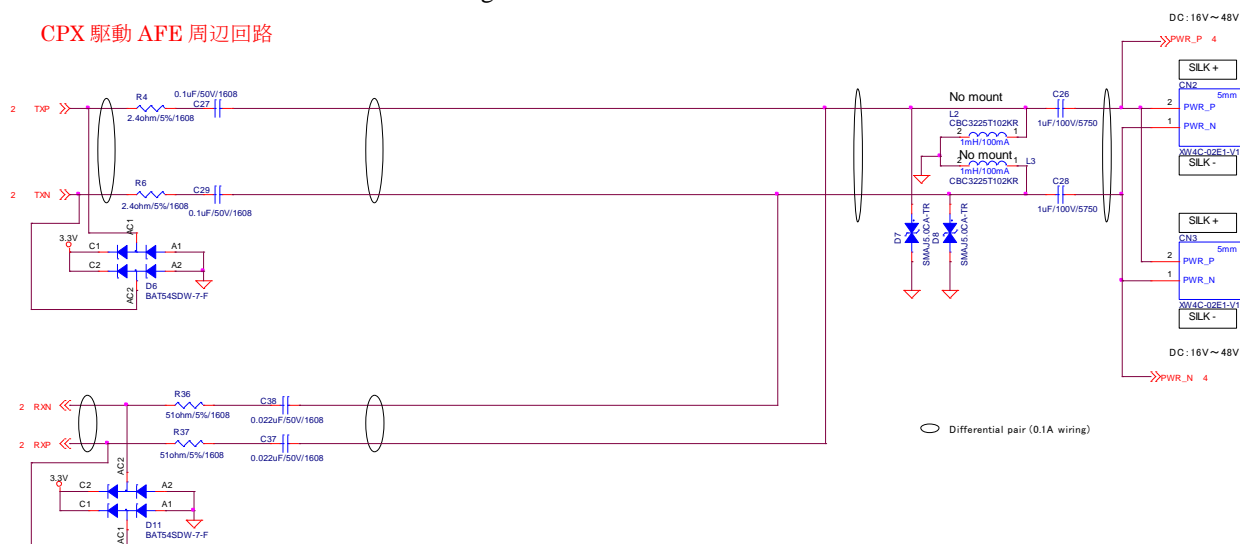


Figure 3-1 CPX 駆動の AFE 周辺回路の接続例

3.1.2 CPX 駆動の保護回路

CPX 駆動の保護回路の接続例を Figure 3-2 に示します。想定されるノイズの大きさを考慮し、保護素子を選択してください。

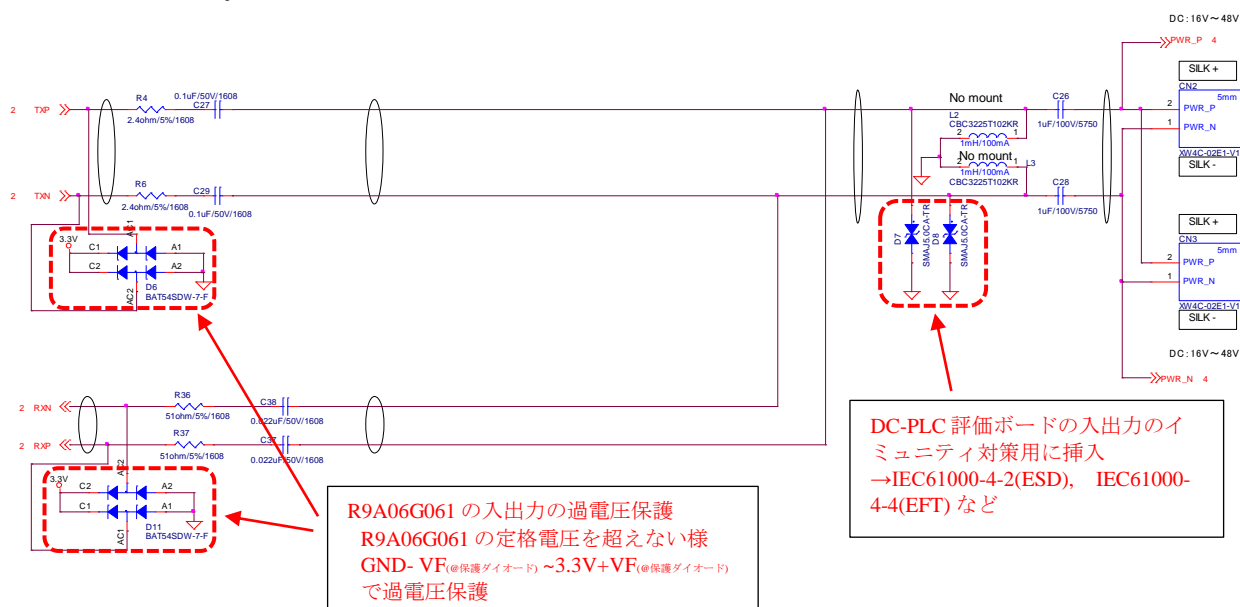


Figure 3-2 CPX 駆動の保護回路の接続例

3.1.3 CPX 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項

- CPX 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項を Figure 3-3 に示します。
- R9A06G061-DC IN/PLC signal 端子の送信及び受信信号ラインは、差動信号となる為、可能な限り等長配線で最短かつバランスを考慮した部品配置及び配線にしてください。但し、電源回路との干渉のリスクがある場合は、電源回路と距離を優先してください。（Figure 3-3 参照）
- 電源層(第3層)において、TX 出力/RX 入力の信号配線及びその部品と重なる領域は、電源パターンの交差は避け、極力 GND パターンとしてください。（Figure 5-4 に電源層の GND パターンの例を示します）

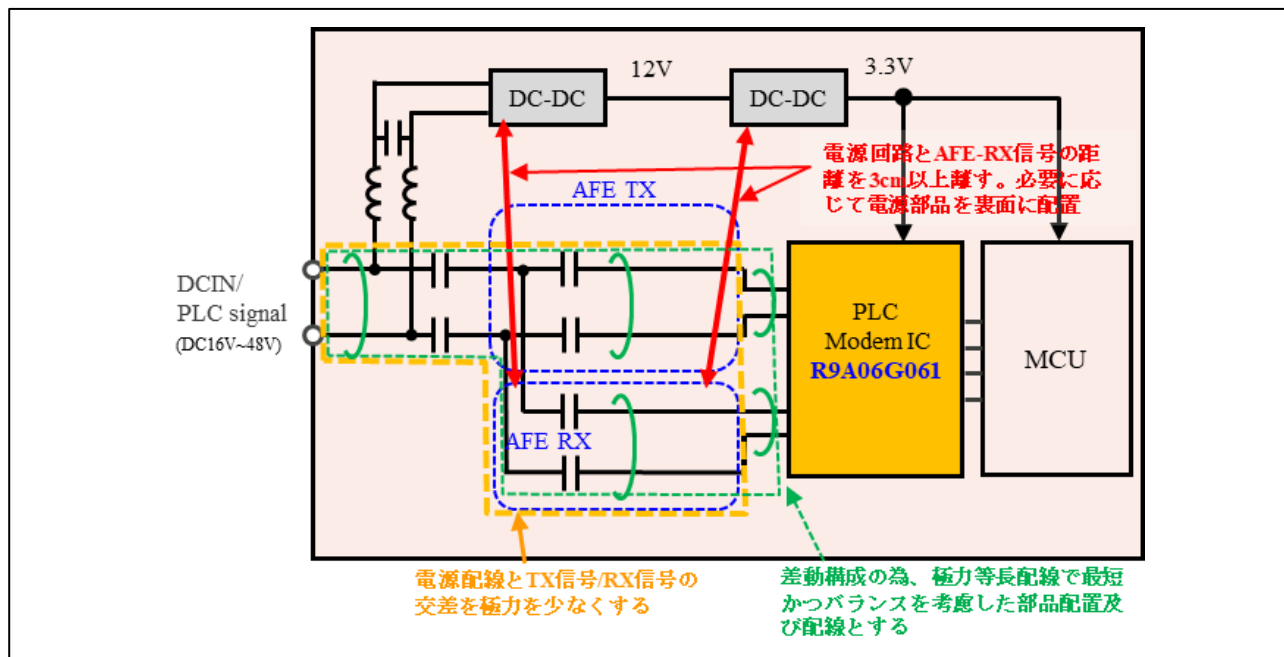


Figure 3-3 CPX 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項

3.2 PA 駆動の AFE 回路の注意事項

3.2.1 PA 駆動の構成

- ・ PA 駆動の AFE 回路の構成の接続例を Figure 3-4 に示します。
- ・ ISL15102 の VS+(11pin,21pin)及び RX 回路のエミッタフォロアにデカップリング容量を端子の近傍に配置して下さい。（特に ISL15102 の VS+(21pin)は PA 出力電源の為、1uF と 100uF を端子の近傍に配置のこと）

PA 驅動 AFE 周辺回路

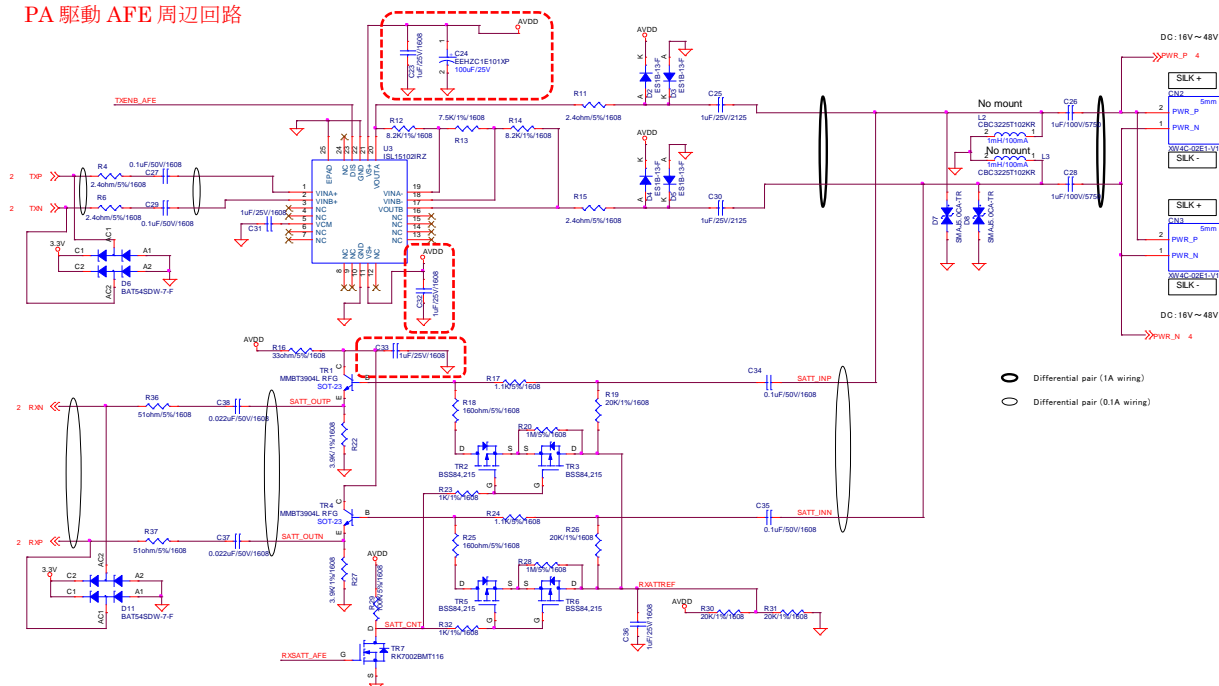
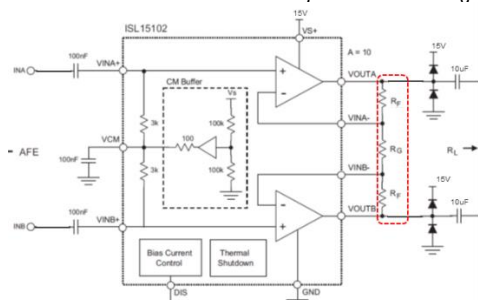


Figure 3-4 PA 駆動の AFE 周辺回路の接続例

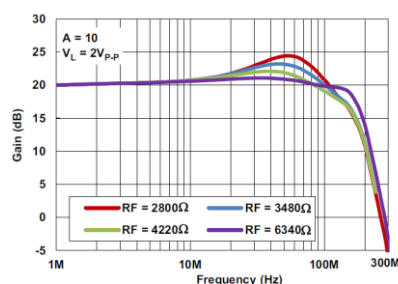
3.2.2 PA(ISL15102)の帰還抵抗値の設定

- PA に使用している ISL15102 のデータシートに記載のある ISL15102 の周波数特性の傾向として、Figure 3-5(a)の赤丸部に示す ISL15102 の帰還抵抗 RF が小さくなると、Figure 3-5(b)に示す周波数特性の 70MHz 付近のピークが大きくなります。
- この 70MHz 付近のピークの影響の避ける為、RF の発振安定性と帯域外ノイズへの影響の確認を行い、RF=8.2k Ω 以上で発振振幅はほぼ一定、帯域外ノイズは RF=8.2k Ω の時に最も低い値となることを確認しております。
- この結果から、Figure 3-6 に示すように RF(=R12=R14)の最適値として 8.2k Ω に、RG は、ISL15102 の電圧利得を 10dB となるよう、RG(=R13)は 7.5k Ω に設定して下さい。ISL15102 の電圧利得の式を以下に示します。

ISL15102 の電圧利得 $\dots \frac{V_O}{V_I} = 1 + \left[2 \cdot \frac{R_F}{R_G} \right]$



(a) ISL15102 ブロックダイアグラム



(b) ISL15102 の周波数特性 vs R_F

Figure 3-5 ISL15102 のカタログデータ

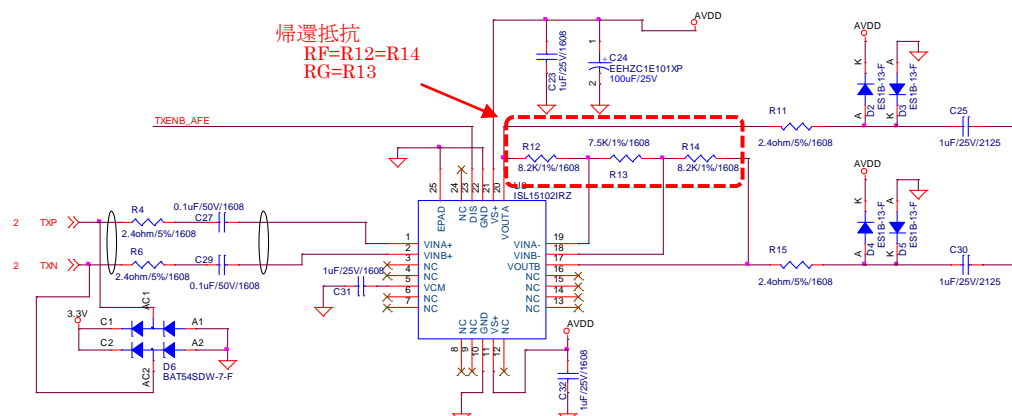


Figure 3-6 ISL15102 の帰還抵抗値 RF の設定

3.2.3 ステップ・アッテネータ回路

PA 駆動の AFE-RX 部で使用しているステップ・アッテネータ(Step Attenuator, 以降 SATT)について説明します。

- SATT の機能は、R9A06G061 の入力レベルを超える振幅の大きい信号または妨害波が入力された時に受信回路が飽和せずに復調できるように受信信号を減衰させることです。所定の振幅より小さい受信信号の場合は、受信信号は減衰せずにそのまま通過します。
- 受信回路が飽和すると、不要な高調波が発生し、受信信号と識別することが困難になりますので、受信回路の飽和を防止する為、受信回路に SATT 回路を挿入してください。
- SATT の制御方法について、Figure 3-7 に示します。
 - (1) 受信 preamble データを使用して、デジタルベースバンド部のレベル検出機能で ADC 出力の信号強度が受信回路で飽和する信号レベルを超えているか否かを判定します。
 - (2) 受信回路で飽和する信号レベルを超えていた場合に、RXSATT 信号を 0 から 1 に切替えて、SATT の利得を 0dB から -18dB に切り替えることで受信信号を減衰させます。DC-PLC ボードに搭載される SATT 回路例を Figure 3-8 に示します。
- RXSATT 信号が、Low レベルの時 SATT 回路の利得は 0dB で、High レベルの時に SATT 回路の利得は -18dB になります。
- SATT 回路の利得を決定する抵抗は、R18 と R22 で以下の式で求められます。

$$G_{SATT} = 20 \log \left(\frac{R22}{R18 + R22} \right) = 20 \log \left(\frac{160}{1100 + 160} \right) = -17.93[\text{dB}]$$

- SATT 回路では無く、固定のアッテネータ回路(固定 ATT)の挿入を検討する場合は、以下の注意が必要になりますので、推奨しません。
 - 固定 ATT=-18dB を挿入する場合、SATT 回路を使用した場合と同等に振幅の大きい信号を減衰させ受信回路が飽和せずに復調できます。但し、最小受信感度は SATT 回路を使用した場合より 18dB 悪くなります。
 - 固定 ATT=-6dB 挿入する場合、受信回路を飽和させずに受信できる信号振幅は、-18dB の場合と比較して 1/4(-12dB)になるので、受信可能な信号レベルの確認が必要です。また、最小受信感度は SATT 回路を使用した場合より 6dB 悪くなります。
 - 固定 ATT=0dB の場合、最小受信感度は SATT 回路を使用した場合と同等になります。但し、R9A06G061 の入力レベルを超える振幅の大きい信号は、飽和による高調波が発生するので受信信号の識別が困難になります。

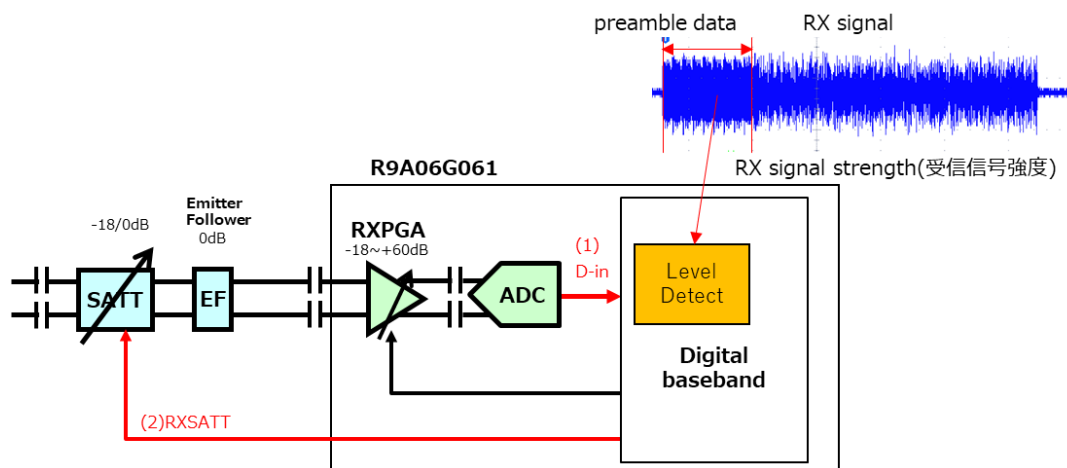


Figure 3-7 Step Attenuator (SATT)の制御方法

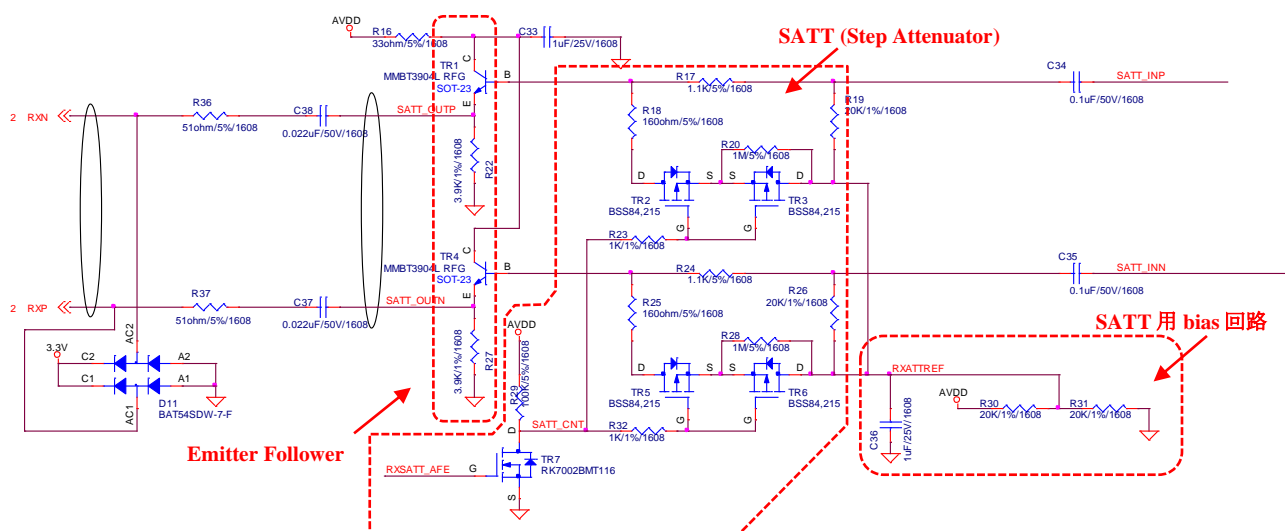


Figure 3-8 Step Attenuator (SATT)の回路例

3.2.4 PA 駆動の保護回路

PA 駆動の保護回路の接続例を Figure 3-9 に示します。想定されるノイズの大きさを考慮し、保護素子を選択してください。

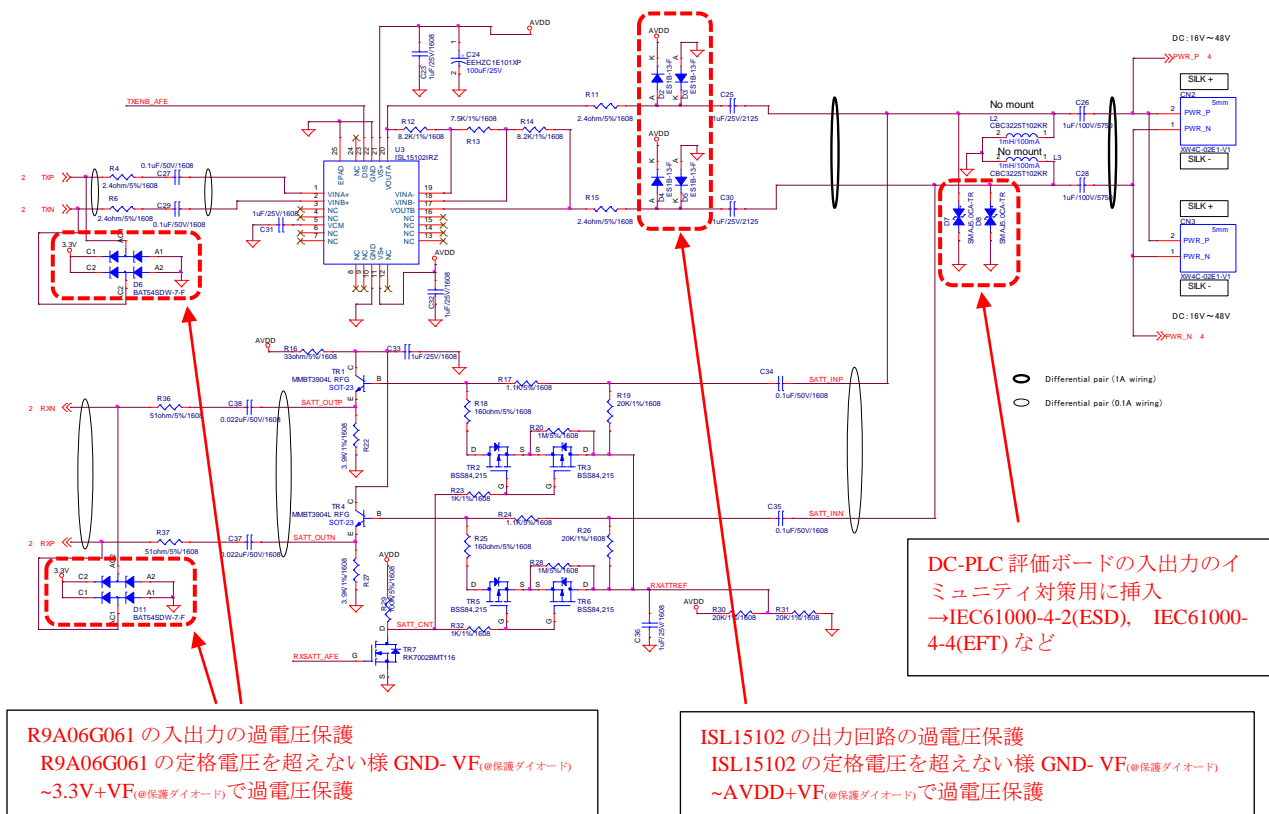


Figure 3-9 PA 駆動の保護回路の接続例

3.2.5 PA 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項

- PA 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項を Figure 3-10 に示します。
- PA 駆動の AFE 回路である ISL15102 の VS+(11pin,21pin) 及び RX 回路のエミッタフォロアにデカップリング容量を端子の近傍に配置し、配線パターンを短くして下さい。特に ISL15102 の VS+(21pin) は、PA 出力電源の為、1 μ F と 100 μ F を端子の近傍に配置してください。
- AFE TX(ISL15102)の出力信号配線は、負荷により 1A 程度の電流が流れることを考慮し、1mm 以上の配線幅を推奨します。
- R9A06G061-AFE TX(ISL15102)-DC IN/PLC signal 端子の送信信号ラインは、差動信号となる為、可能な限り等長配線で最短かつバランスを考慮した部品配置及び配線にしてください。
- DC IN/PLC signal 端子-AFE RX-R9A06G061 間の受信信号ラインは、差動信号となる為、可能な限り等長配線で最短かつバランスを考慮した部品配置及び配線にしてください。但し、電源回路との干渉のリスクがある場合は、電源回路と距離を優先してください。（接続例を Figure 3-11 に示します）
- AVDD(12V)電源配線は多くのノイズを含んでいることが想定されるため、電源配線と TX 出力/RX 入力の信号配線及びその部品との交差は極力回避して配線してください。
- 電源層(第3層)において、TX 出力/RX 入力の信号配線及びその部品と重なる領域は、極力 GND パターンとしてください。（Figure 5-4 に電源層の GND パターンの例を示します）

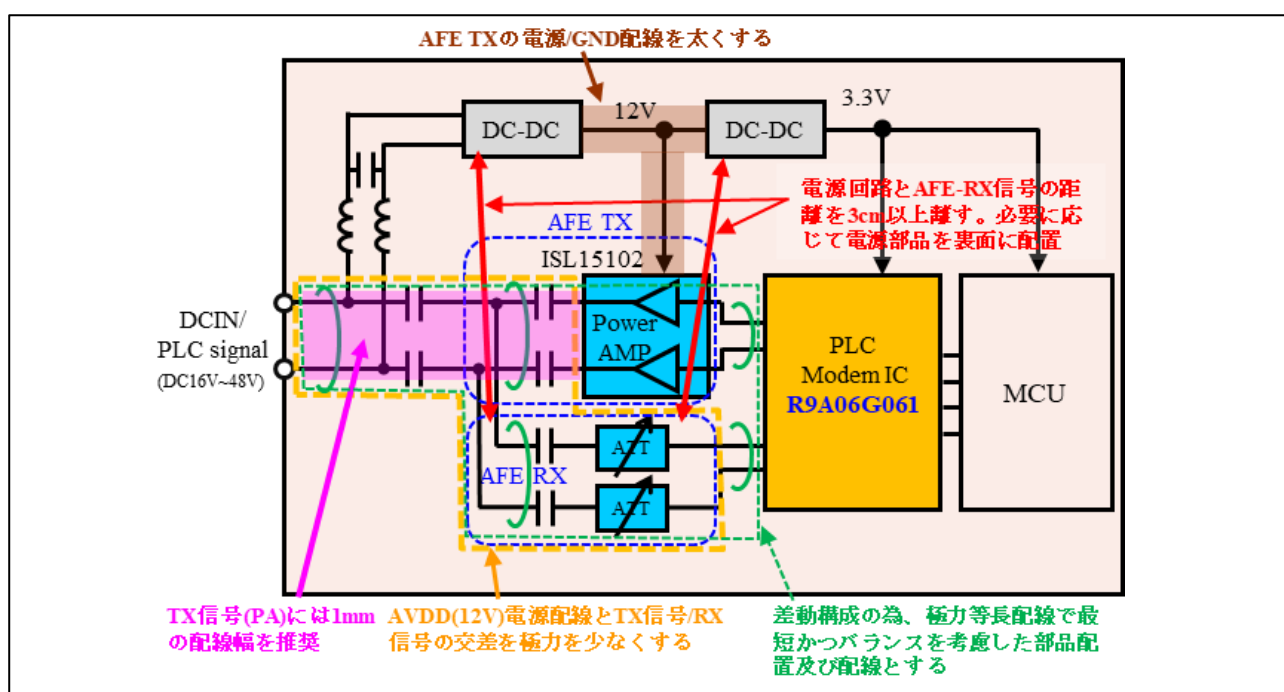


Figure 3-10 PA 駆動の AFE 回路の PCB レイアウトの注意事項

R9A06G061-AFE TX/RX-DC IN 間の配線経路例

AFE-TX 及び AFE-RX の差動
信号ライン

Blue line : AFE-RX signal

Red line : AFE-TX signal

差動信号の為、部品配置は対
称として、極力最短ルートか
つ対称となるようにバランス
を取った配線の引き回しを行
っている。

AFE-RX と DC-DC 回路との距離
を 3cm 以上とることを優先し、
AFE RX の配置を決定。
これに伴い、送信信号と受信信
号の交差する部分が出てくる
が、部品の下を引き回すなど配
線の交差が極力少なくなるよう
に考慮して配線ルートを決定し
ている。

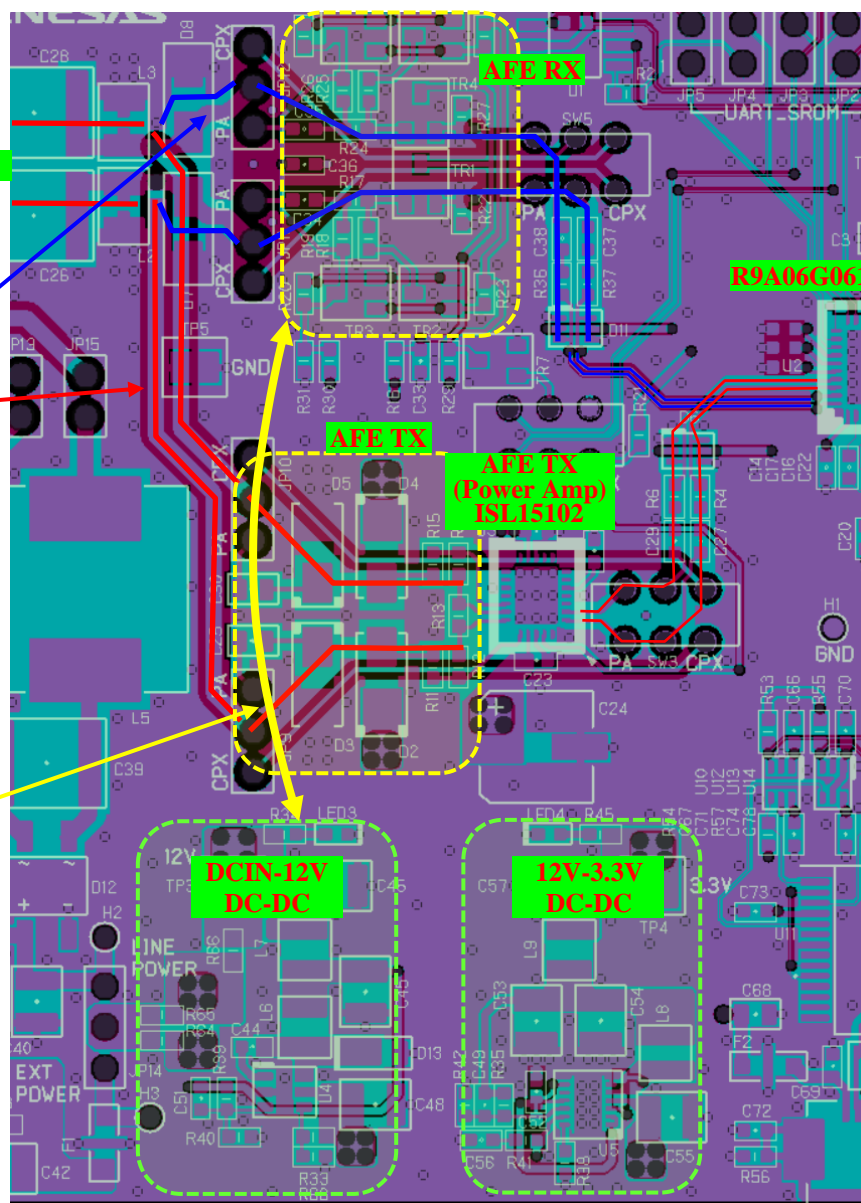


Figure 3-11 R9A06G061-AFE TX/RX-DC IN 間の配線経路例

4. DC-DC 電源回路を設計する際の注意事項

4.1 DC-DC 電源回路を設計する際の注意事項

本節では、DC-PLC ボードに DC-DC 用電源 IC を搭載して DC-DC 電源回路を設計する場合の注意事項を説明します。

- DC-PLC ボード上で R9A06G061 の使用には 3.3V を、ISL15102 の使用には 12V を生成することが必要です。
- DC-DC 電源回路を使用する場合、動作スイッチングノイズが PLC 信号及び回路に影響を及ぼす場合があります。
- NB-PLC の信号帯域 (35kHz-500kHz) への影響を避ける為、スイッチング周波数 1MHz 以上が選択できる DC-DC 用電源 IC を使用して下さい。
- DC-DC 電源回路のスイッチング動作は、PWM (Pulse Width Modulation) 固定動作の機能を持つ DC-DC 用電源 IC を使用して下さい。PFM (Pulse Frequency Modulation) や PSM (Pulse Skipping Modulation) の動作方式は、NB-PLC の信号帯域内 (35kHz-500kHz) で動作する場合があります、PLC の特性に影響を与える場合があります。
- 他の電源回路や PLC 回路への影響を抑えるため、DC-DC 電源回路に供給される入力電源に含まれるノイズ成分を除去し、DC-DC 電源回路で発生するスイッチングノイズの影響を低減することを目的として、DC-DC 電源回路の入力部に LC 回路で構成するフィルタを挿入することを推奨します。Figure 4-1 に DC-DC 電源回路用入力フィルタの回路例を、その回路定数例を Table 4-1 に示します。
- DC power line の供給電圧から DC-PLC ボード上の電源電圧を生成する場合、DC-PLC の負荷インピーダンスが DC-DC 電源回路の入力インピーダンスの影響を受けないように、PLC の負荷インピーダンスを高めることを目的として、インピーダンスアッパ回路を挿入することを推奨します。(詳細は、4.2 節を参照)
- Figure 4-2 に DC 供給電圧 16V~48V から MP2456GJ 及び ISL85415 を用いて 12V 及び 3.3V を生成する DC-DC 電源回路の回路例を示します。

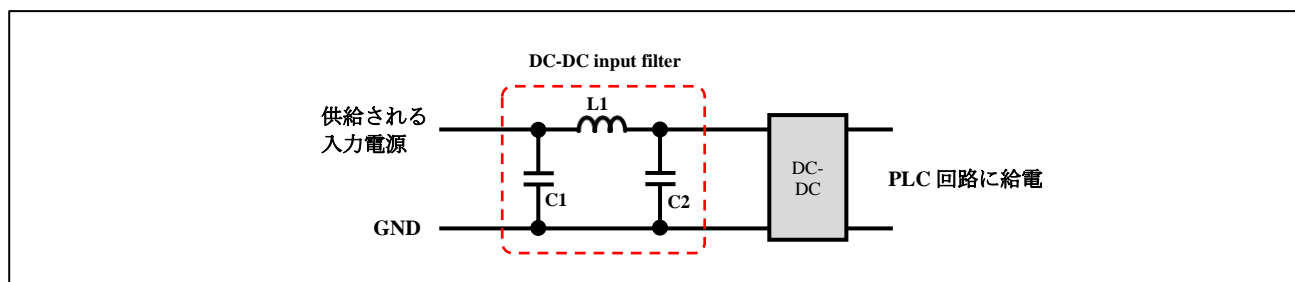


Figure 4-1 DC-DC 電源回路用入力フィルタの回路例

Table 4-1 DC-DC 電源回路用入力フィルタの回路定数例

	回路定数
L1	10uH
C1	10uF-22uF
C2 ¹⁾	10uF-22uF

Note.1) DC-DC 電源回路の入力容量が 10uF 以上ある場合は、C2 は省略可

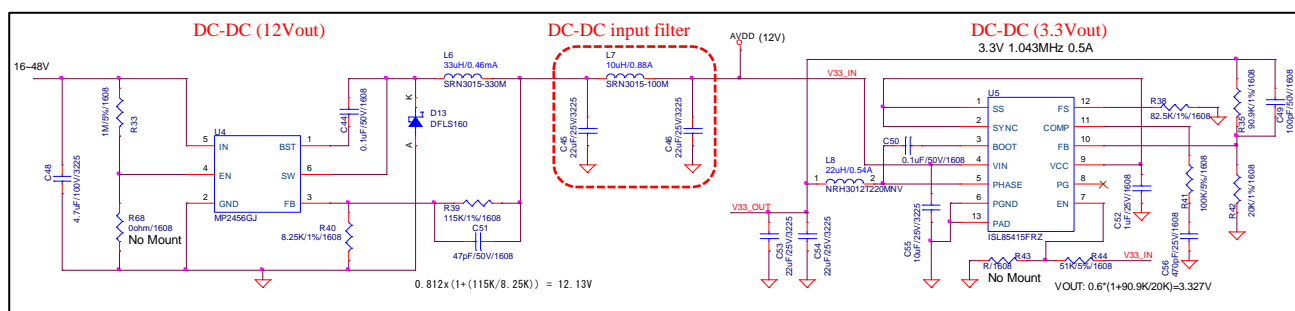


Figure 4-2 DC-DC 電源回路例

4.2 DC power line~DC-DC 電源回路の入力回路

DC power line から DC-PLC ボード上の DC-DC 電源回路に接続する入力回路例を Figure 4-3 に示します。

DC power line の供給電圧から DC-PLC ボード上の電源電圧を生成する場合、DC-PLC の負荷インピーダンスが DC-DC 電源回路の入力インピーダンスの影響を受けないように、DC-PLC の負荷インピーダンスを高めることを目的として、インピーダンスアップ回路 (L4、L5) を挿入することを推奨します。さらに、PLC 信号が DC-DC 電源回路側に影響を与えないように除去することを目的として、L4、L5、および C39 で構成するローパスフィルタを挿入することを推奨します。インピーダンスアップ回路の特性例を Figure 4-4 に示します。

L4、L5 のインダクタンス値は、DC-PLC 受信部入力インピーダンスが $1 \sim 1.5k\Omega$ であることを考慮し、電源回路側のインピーダンスが DC-PLC 受信部入力インピーダンスに影響を与えないように、使用周波数帯域におけるインピーダンスを約 2 倍に設定しています。Figure 4-3 の場合は L4、L5 は $2.7mH$ であるので、例えば、 $150kHz$ 時のインピーダンス Z_L は次式となります。

$$Z_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 150kHz \times 2.7mH = 2.54k\Omega$$

なお、DC Power Line 上に接続される DC-PLC 搭載機器や他のシステムの接続台数によって、DC-PLC の負荷インピーダンスは変化します。そのため、想定するシステムと DC-PLC ボードの駆動能力を考慮し、必要に応じて評価を行った上で、 Z_L 値を決定する必要があります。

また、L4、L5 と C39 で構成するローパスフィルタのカットオフ周波数は、次式のように $3.06kHz$ となり、NB-PLC の信号帯域 ($35kHz \sim 500kHz$) に対し、十分低い値になっています。

$$f_{cutoff} = 1/2\pi\sqrt{LC} = 1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{(2.7mH \times 1\mu F)}) = 3.06kHz$$

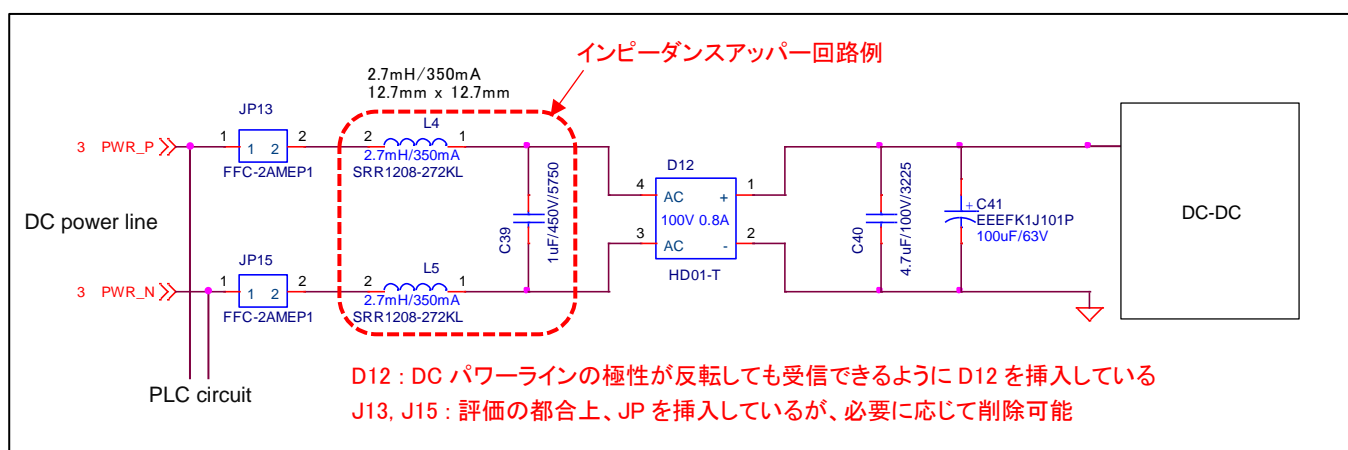
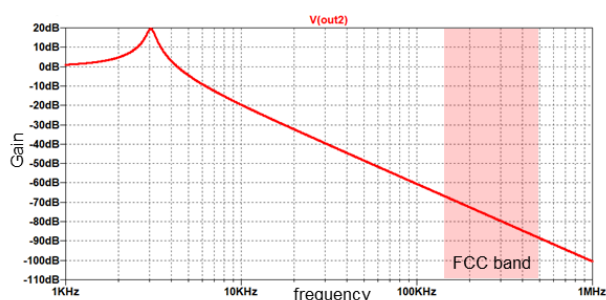
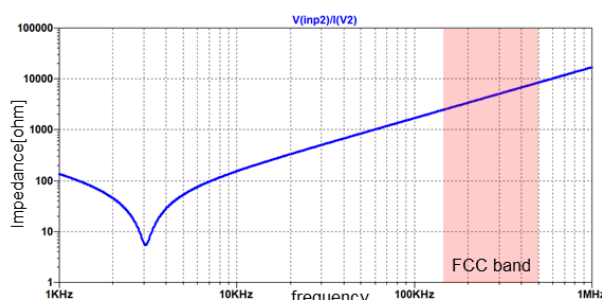


Figure 4-3 DC power line~DC-DC 電源回路の入力回路例



(a) Fig.4-3 のインピーダンスアップ回路の伝達特性



(b) Fig.4-3 のインピーダンスアップ回路のインピーダンス特性

Figure 4-4 Fig.4-3 のインピーダンスアップ回路の特性例

5. DC-PLC ボードの GND 及び電源の PCB レイアウトに関する注意事項

5.1 GND パターンに関する注意事項

5.1.1 GND 強化及び、放熱設計に関する注意事項

- DC-PLC ボードの PCB 基板は、4 層構成の基板を推奨します。
 - 1 層は信号層とし、空いている部分は GND 強化・放熱・信号分離の為、GND パターンで埋める
 - 2 層は、信号分離、GND 強化・ノイズ遮蔽、放熱のために GND 層の配置が重要
 - 3 層は電源層とし、ノイズ遮蔽、放熱のために部分的に GND パターンの配置を推奨
 - 4 層は信号層とし、空いている部分は GND 強化・放熱・信号分離の為、GND パターンで埋める
- R9A06G061 と ISL15102 の裏面にある exposed die pad(内部で GND に接続)と接続する GND パターンを 1 層、2 層、3 層、4 層に配置し、各層の GND パターンを via hole で接続してください。GND パターンにはできるだけ多くの via hole (推奨: hole 径: 0.3mm, R9A06G061:12 pcs 以上, ISL15102:9pcs 以上)を配置してください。Figure 5-1 に DC-PLC ボードの PCB 層構造と GND パターンの例を示します。
- 1 層では、放熱性を高めるため、ISL15102 の Exposed die pad は極力 1 層の GND プレーンと接続してください。(1 層の接続例を Figure 5-2 に示します)
- 2 層の GND 層では、R9A06G061, ISL15102 の Exposed die pad と PCB 上の GND 供給端子への経路を、スムーズに接続してください。(2 層の接続例を Figure 5-3 に示します)
- 3 層の電源層では、R9A06G061, ISL15102 の Exposed die pad と接続される via hole 部分及び、TX 出力/RX 入力の信号配線及びその部品と重なる領域は、極力 GND パターンを配置してください。(3 層の接続例を Figure 5-4 に示します)
- 4 層では、GND パターンが放熱設計において特に重要になります。より放熱性能を高める為、GND パターンの領域を広くとり、R9A06G061, ISL15102 の Exposed die pad を GND パターンと接続してください。そして、ISL15102 の Exposed die pad と PCB 上の GND 供給端子への経路内に障害物が無いように極力スムーズに接続してください。(4 層の接続例を Figure 5-5 に示します)
(理由: 送信出力用 Power Amp である ISL15102 は、低負荷時の送信時に大電流が流れる為、ISL15102 の Exposed die pad と GND パターンの接続が適切でないと、放熱性が悪くなります。そうすると、ISL15102 のサーマルシャットダウン機能により、信号が断続的に出力停止する可能性があります。)
- PCB のアートワークをチェックする際、部品実装に使用するペーストマスク(paste mask, paste data)において、R9A06G061 と ISL15102 の放熱用 exposed die pad 部に適切なパターンが配置されているかを確認することを推奨します。(詳細は Figure 5-6 を参照してください)
- 信号層である 1 層と 4 層の未使用領域は GND パターンで埋めてください。但し、GND パターンが小さな島や細いアンテナ状のパターンになる場合は、無理に GND で埋める必要はありません。

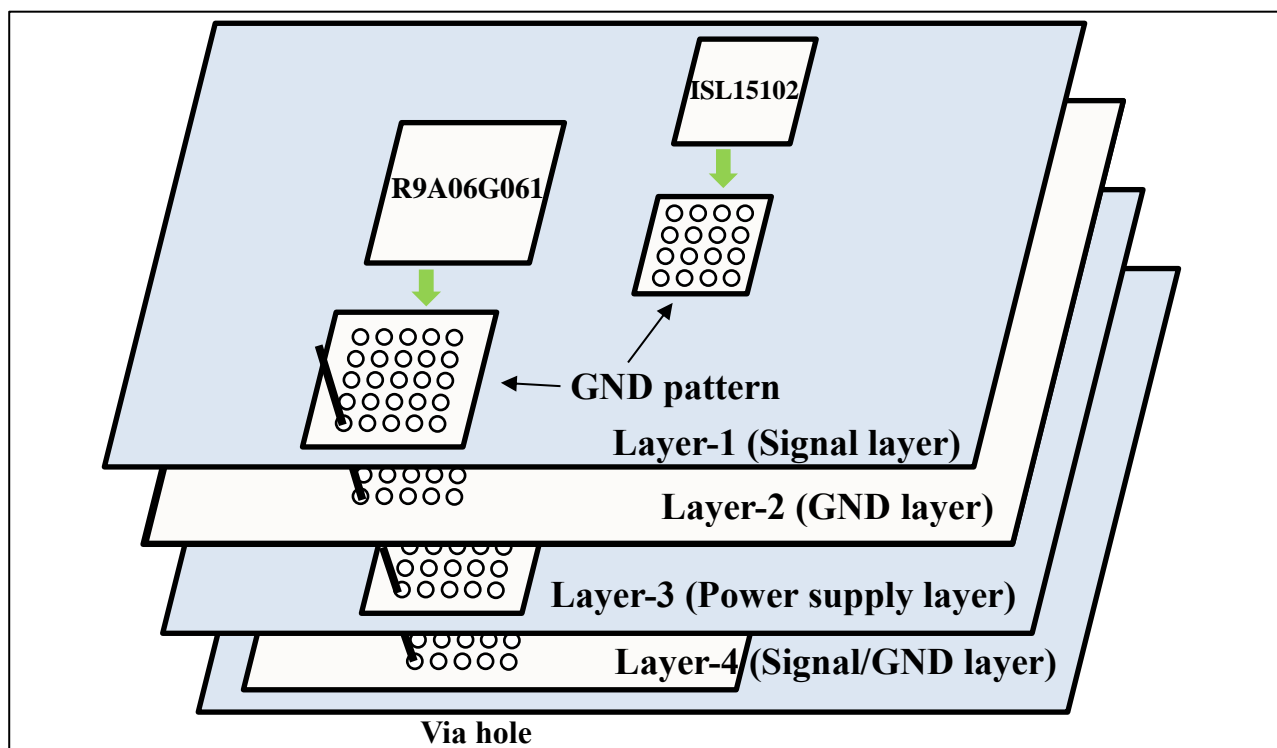


Figure 5-1 DC-PLC ボードの PCB 層構造と GND パターンの例

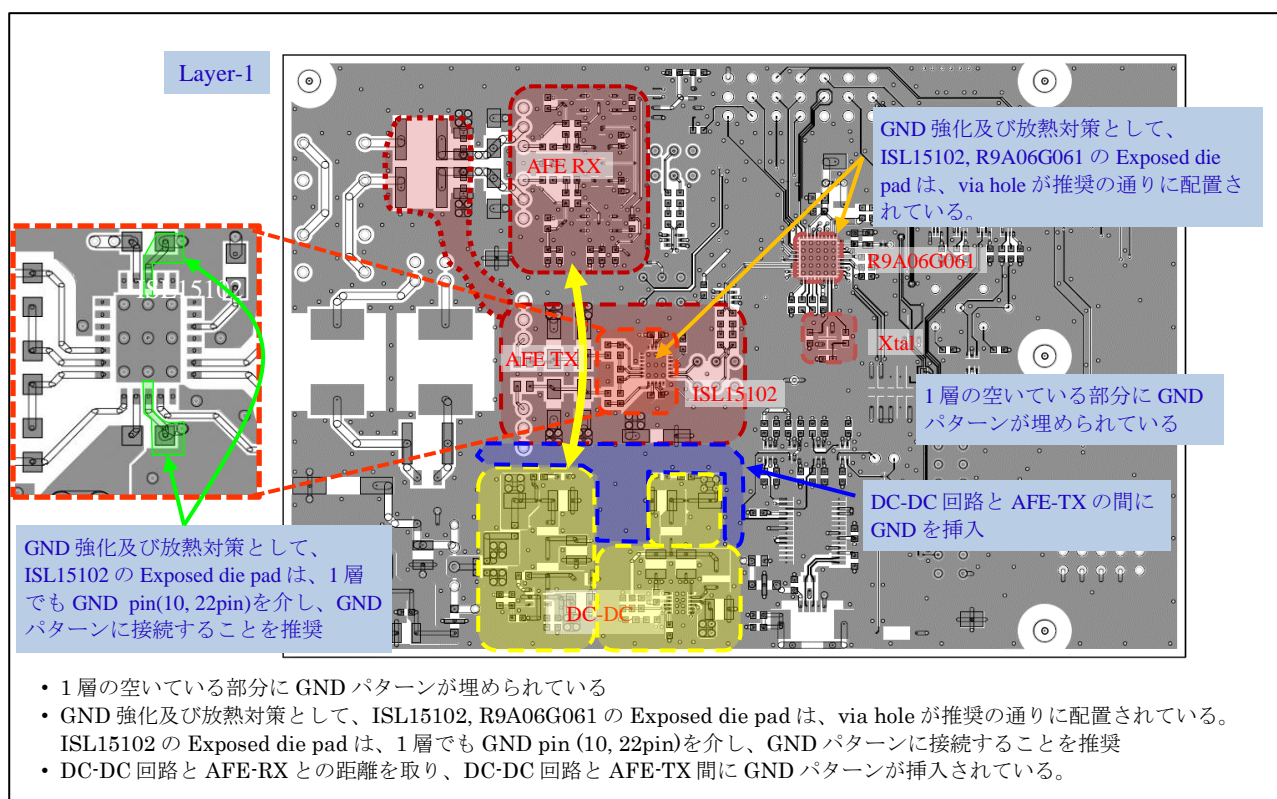


Figure 5-2 R9A06G061 と ISL15102 の Exposed die pad と GND パターンの接続例 (1 層)

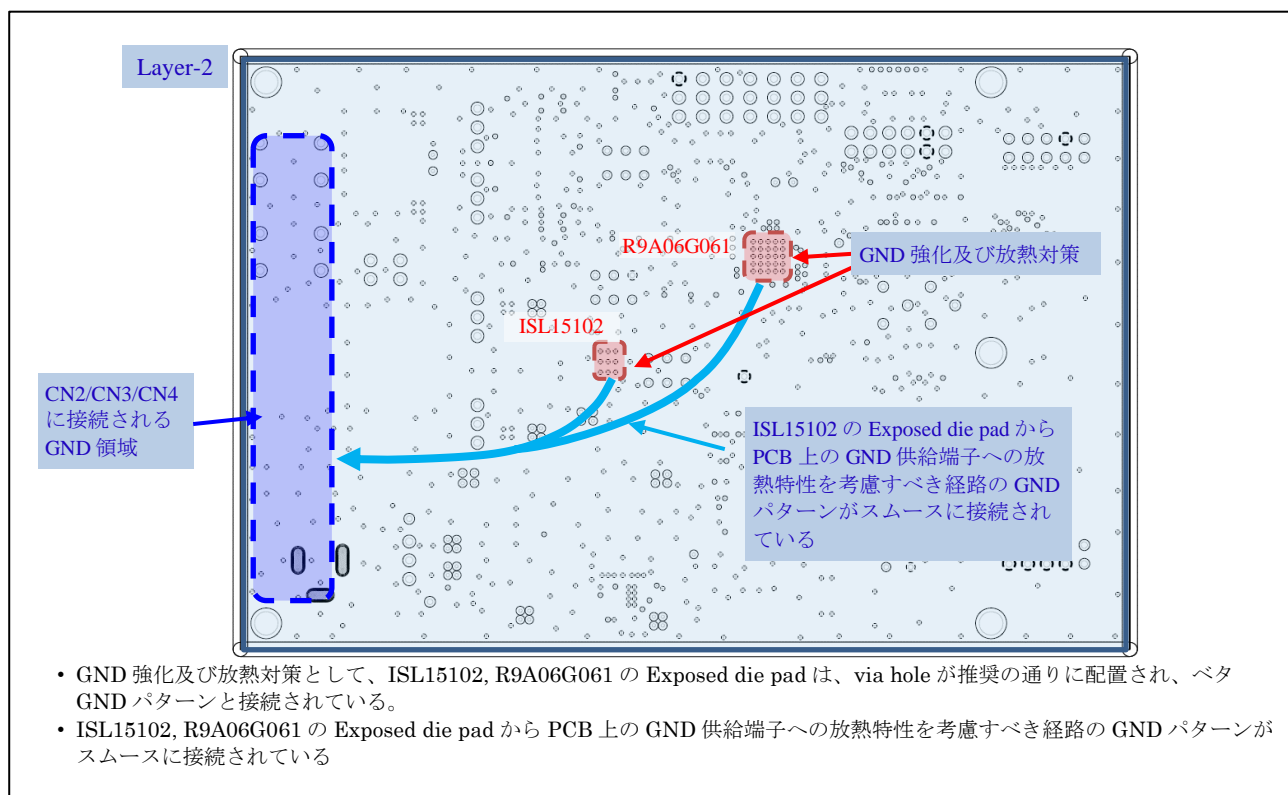


Figure 5-3 R9A06G061 と ISL15102 の Exposed die pad と GND パターンの接続例 (2 層)

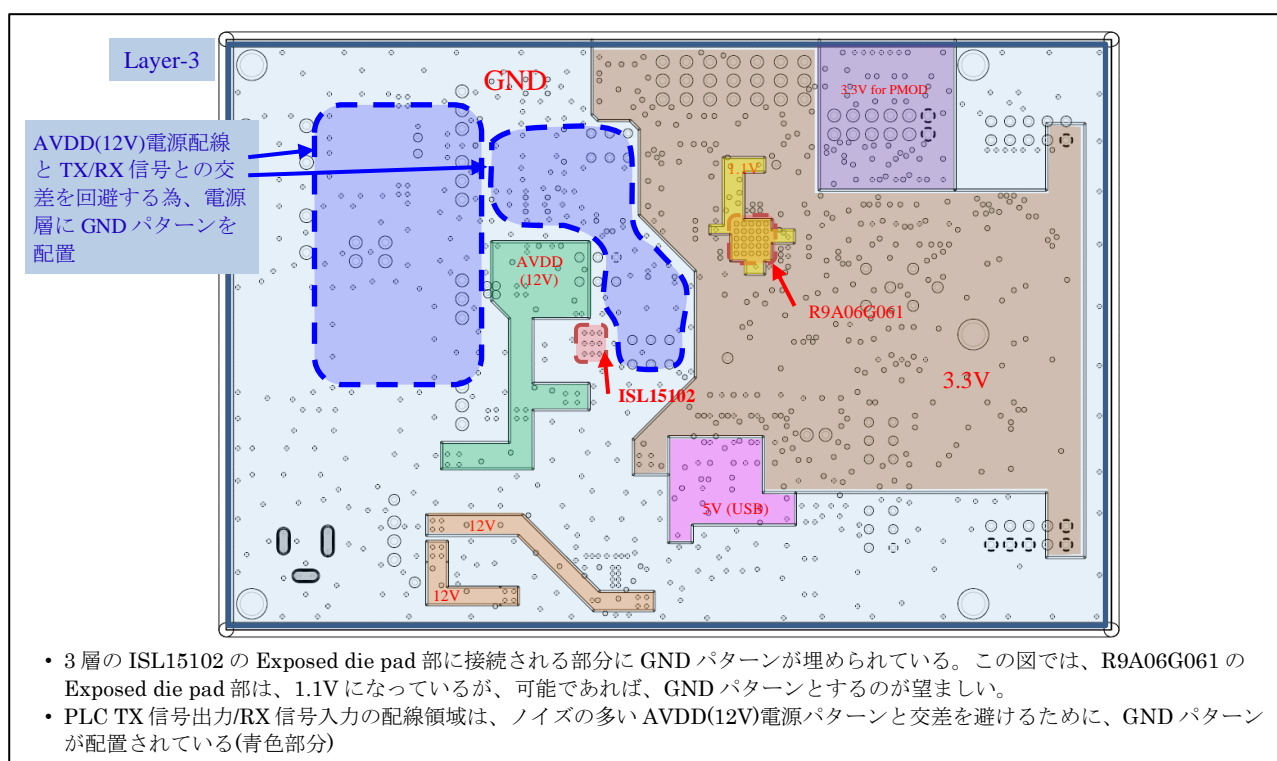


Figure 5-4 R9A06G061 と ISL15102 の Exposed die pad と GND パターンの接続例 (3 層)

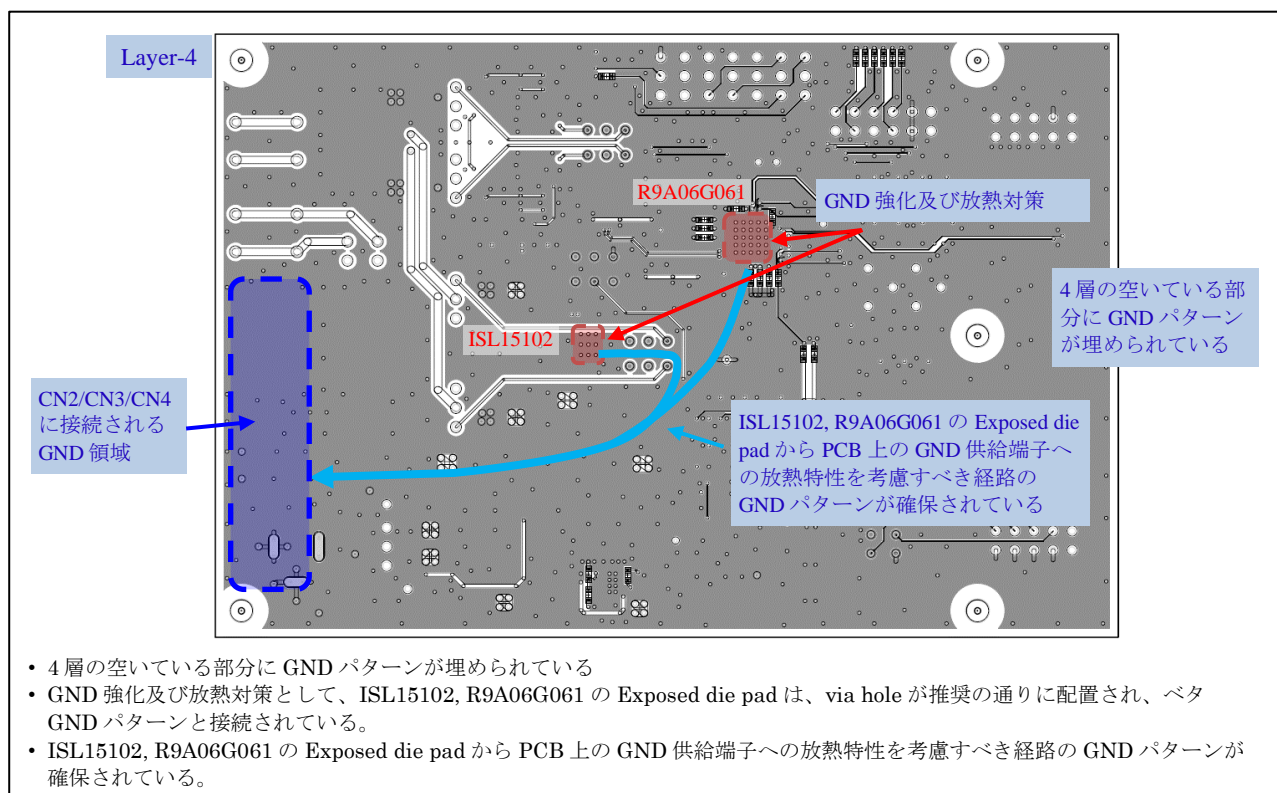


Figure 5-5 R9A06G061とISL15102のExposed die padとGNDパターンの接続例(4層)

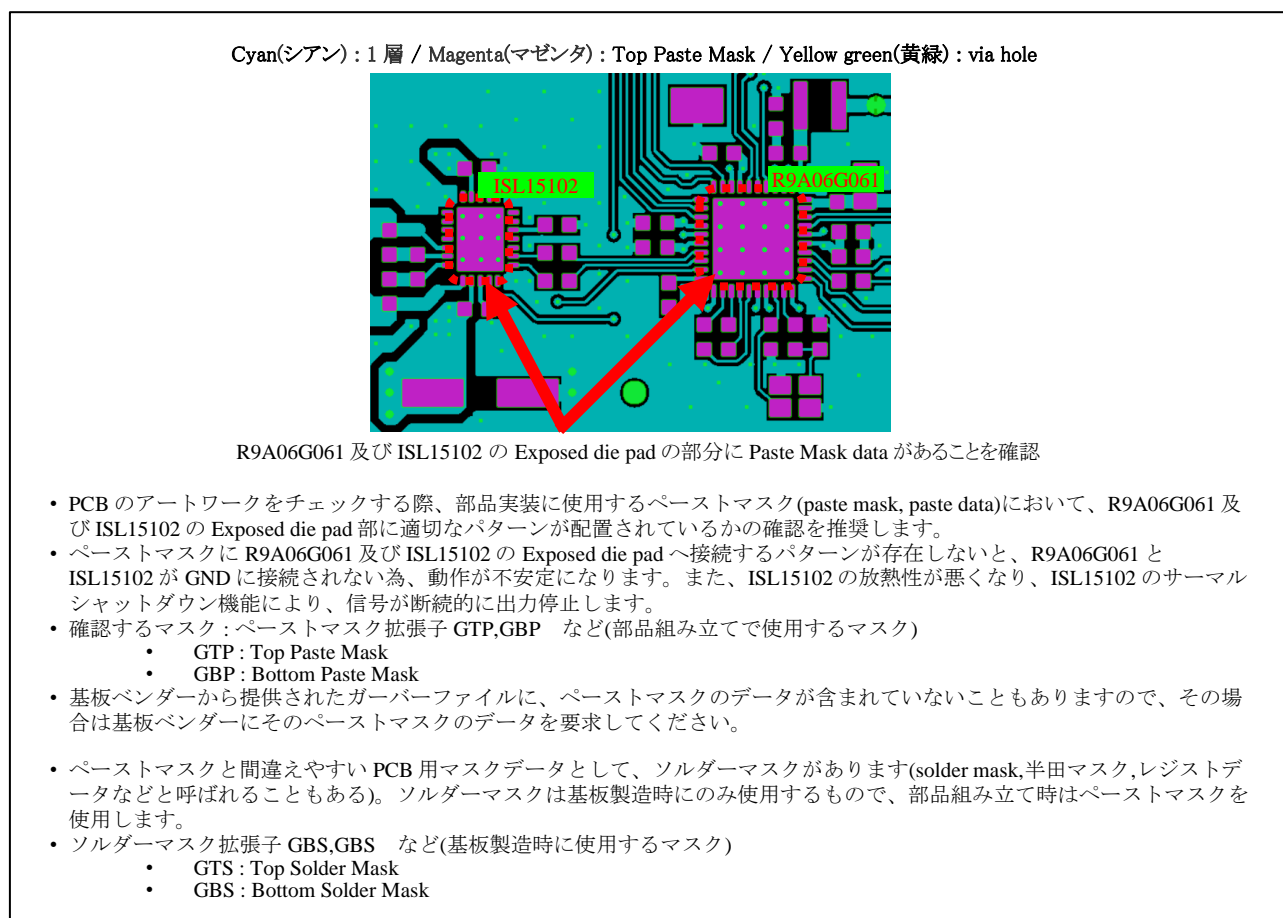


Figure 5-6 部品実装に使用するペーストマスク(paste mask, paste data)の確認例

5.1.2 その他の GND パターンに関する注意事項

- デジタル信号の GND とアナログ信号の GND を分離せず、ベタ GND パターンとすることを推奨します。
- Figure 5-7 に示す様に、インダクタンスの下に GND パターンは、配置しない様にしてください。GND パターンにノイズの影響が及ぼす可能性があります。(例：電源回路、電源用フィルタに使用するインダクタなど)

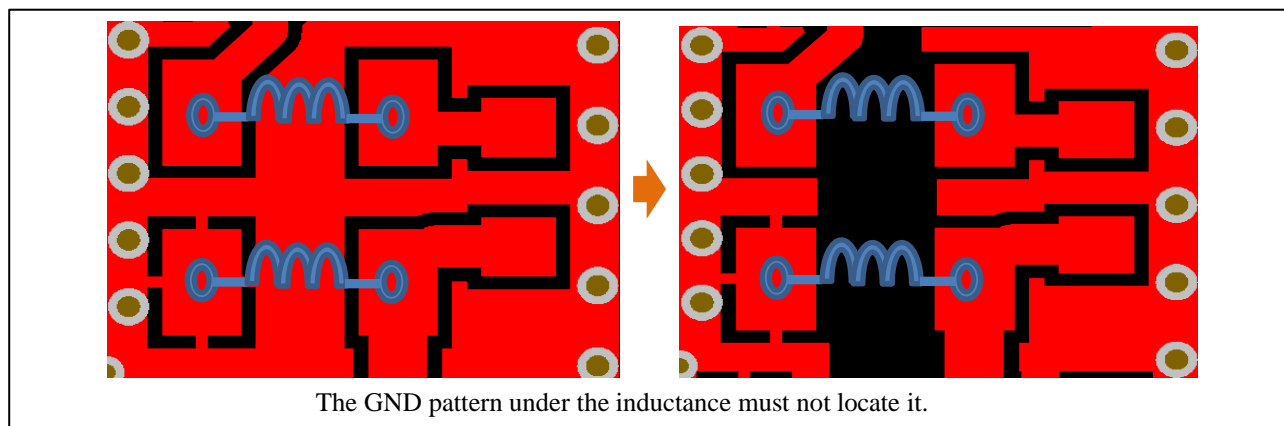


Figure 5-7 インダクタ下の GND パターンの注意事項

5.2 電源パターンに関する注意事項

- Figure 5-1 に示す様に、DC-PLC ボードの PCB 基板の層構成で電源層を構成することを推奨します。
- 電源層は、DC-PLC ボードで使用している 1.1V 電源領域、3.3V 電源領域、12V 電源領域を配置し、電源領域と交差を回避したい領域は GND パターンを配置することを推奨します。Figure 5-4 に電源層の例を示します。

6. Power Filter board 設計例

Power Filter board は、DC Power Line 上の供給電源や他のシステムのインピーダンスが低い場合に、安定した DC-PLC を実現するために使用します。Power Filter board は、以下の 2 つの機能を提供します。

- ・ インピーダンスアッパ：Power Filter board を挿入することで、負荷インピーダンスを上げることで DC-PLC の通信信号の減衰を防ぎ、通信品質を向上させます。
- ・ ローパスフィルタ：PLC 信号が DC Power Line 上の供給電源や他のシステムに影響を与えないように、ローパスフィルタで PLC 信号成分を抑制し、システム全体へのノイズの影響を防ぎ、安定した動作を維持します。

Figure 6-1 に Power Filter board の回路例、Figure 6-2 に Power Filter board の特性例、Figure 6-3 に Power Filter board の使用例を示します。Figure 6-1 のインピーダンスアッパとしてのインピーダンスを計算すると、L201、L202 のインダクタンス値が 1mH であることから、例として 150kHz 時のインピーダンス Z_L は次式となります。

$$Z_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 150\text{kHz} \times 1\text{mH} = 942\Omega$$

なお、DC Power Line 上に接続される DC-PLC 搭載機器や他のシステムの接続台数によって、DC-PLC の負荷インピーダンスは変化します。そのため、想定するシステムと DC-PLC ボードの駆動能力を考慮し、必要に応じて評価を行った上で、 Z_L 値を決定する必要があります。

また、L201 と C201 で構成するローパスフィルタのカットオフ周波数は、次式のように 1.59kHz となり、NB-PLC の信号帯域 (35kHz-500kHz) に対し、十分低い値になっています。

$$f_{cutoff} = 1/2\pi\sqrt{LC} = 1/(2 \times 3.14 \times \sqrt{(1\text{mH} \times 10\mu\text{F})}) = 1.59\text{kHz}$$

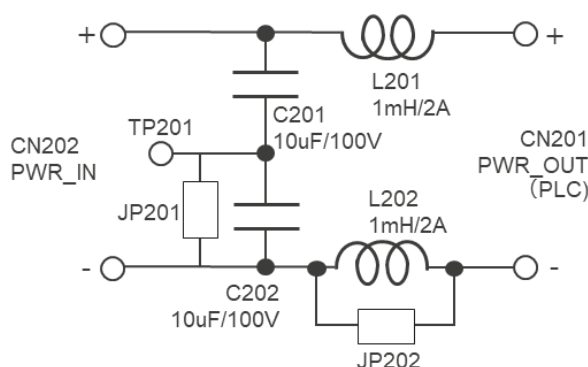
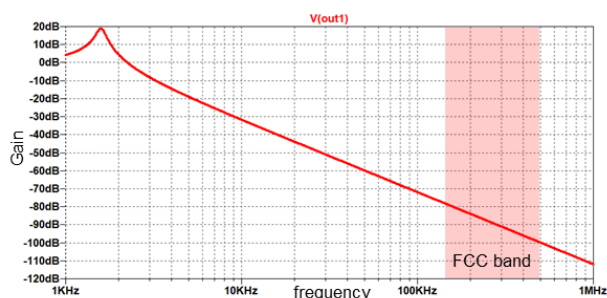
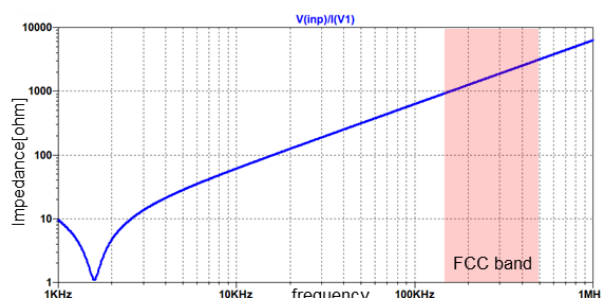


Figure 6-1 Power Filter board の回路例



(a) CN201 側から見た伝達特性



(b) CN201 側から見たインピーダンス特性

Figure 6-2 Power Filter board の特性例

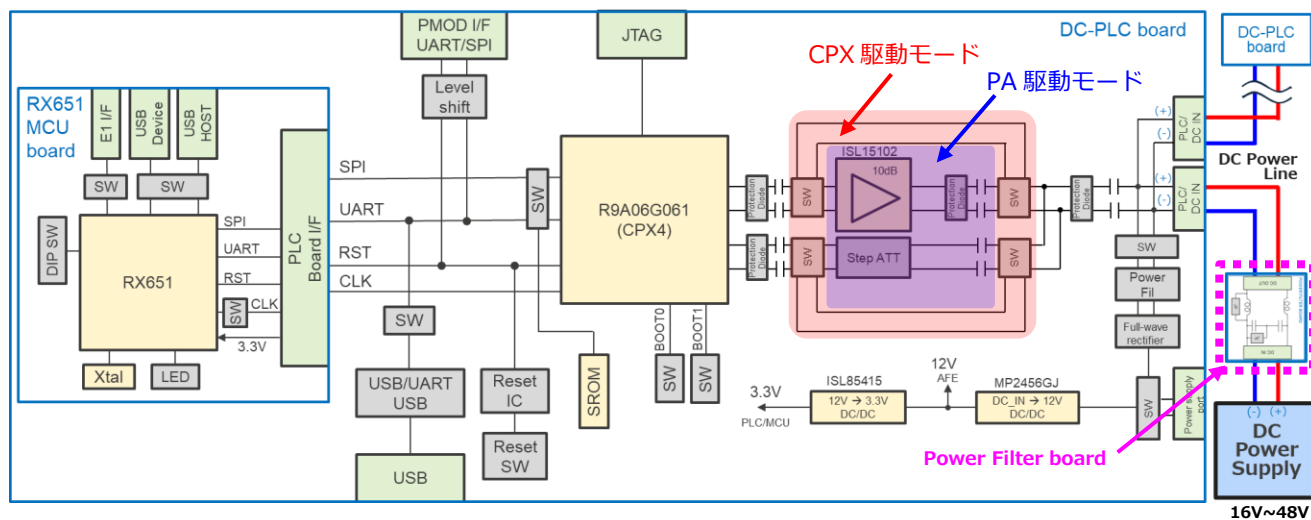


Figure 6-3 Power Filter board の使用例

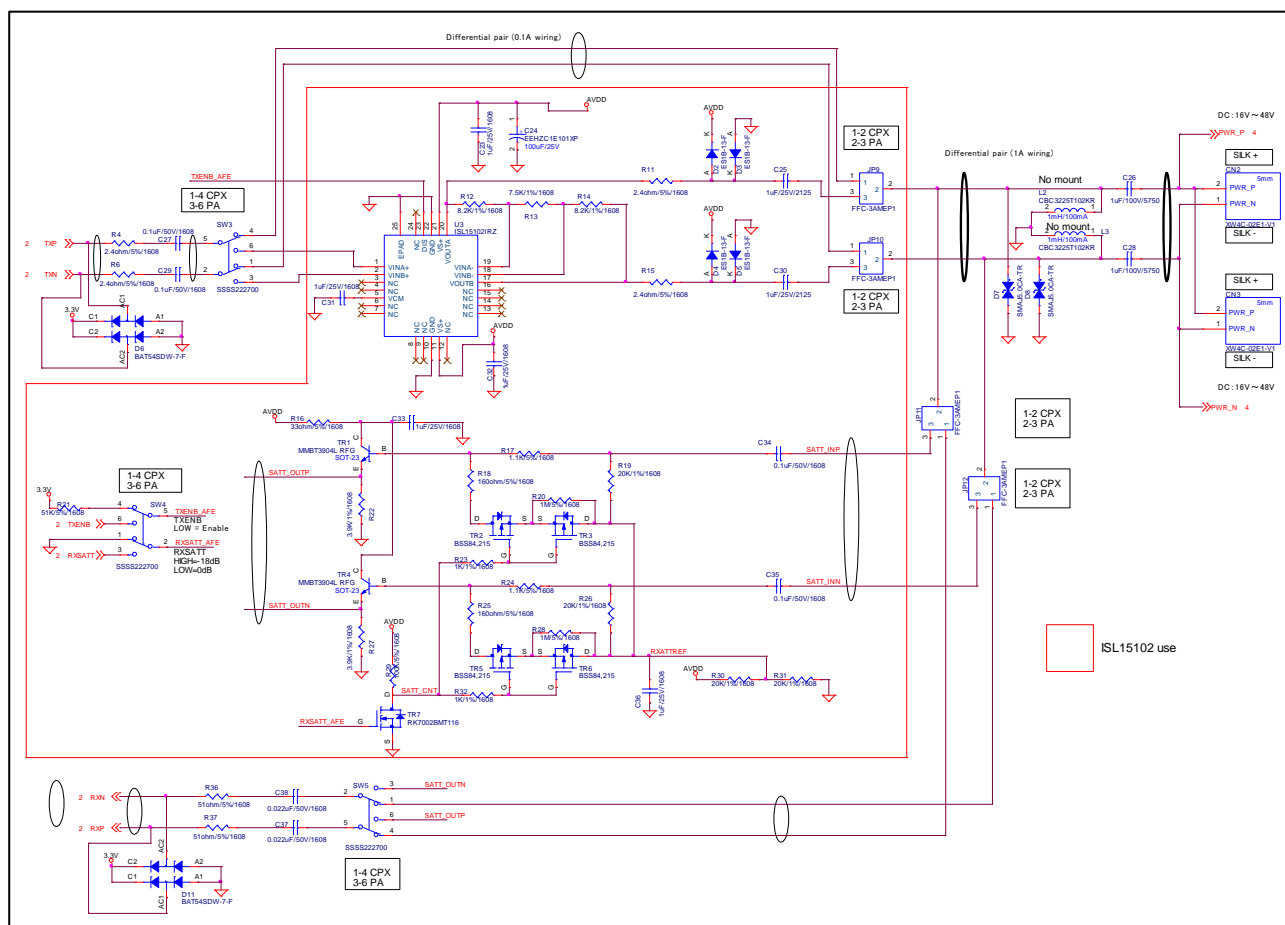


Figure 7-2 DC-PLC board (AFE peripheral circuit)

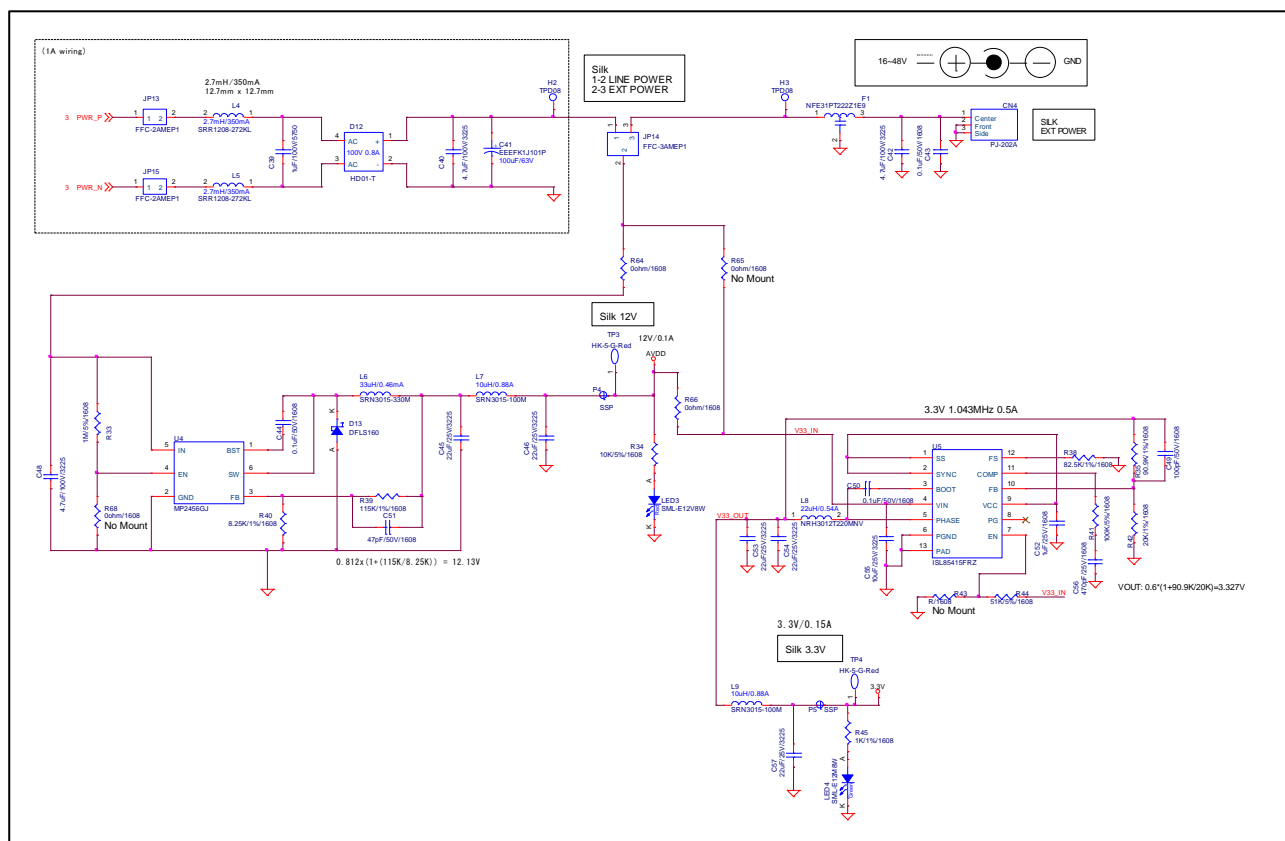


Figure 7-3 DC-PLC board (DC-DC power supply circuit)

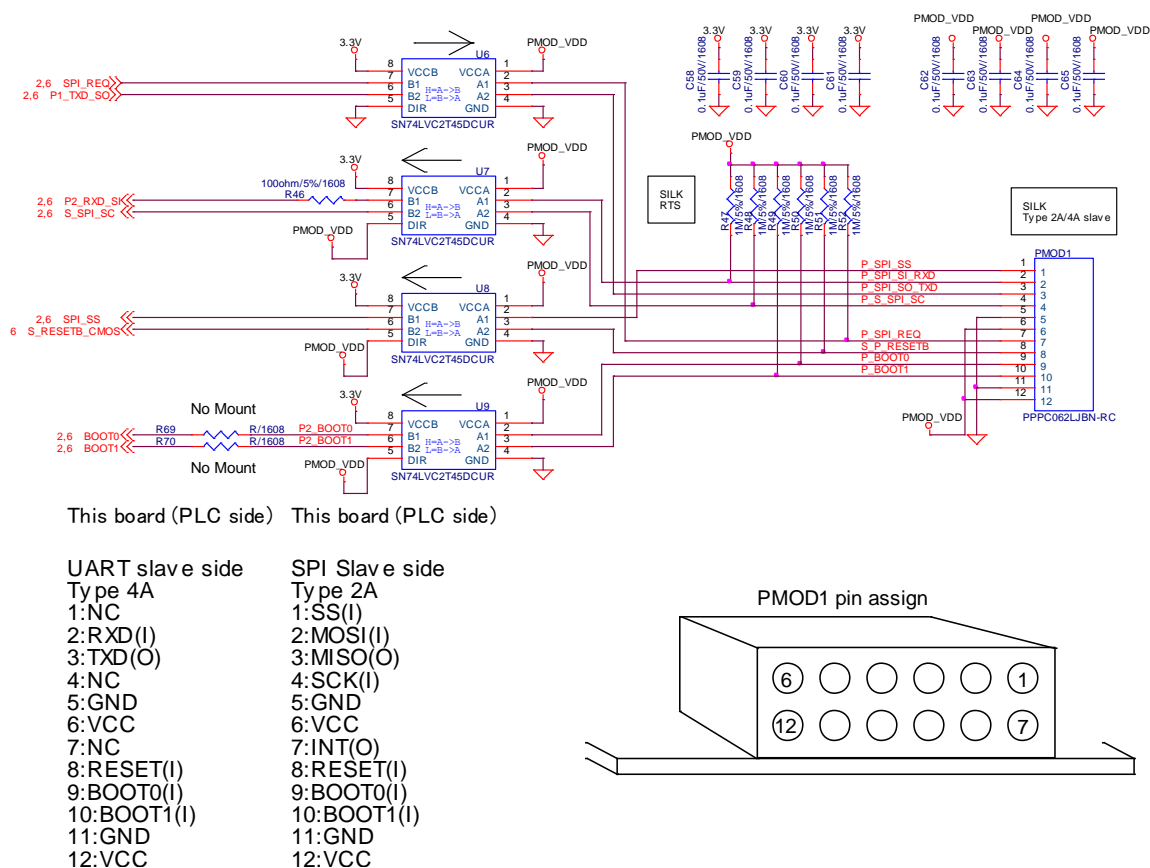


Figure 7-4 DC-PLC board (PMOD interface circuit)

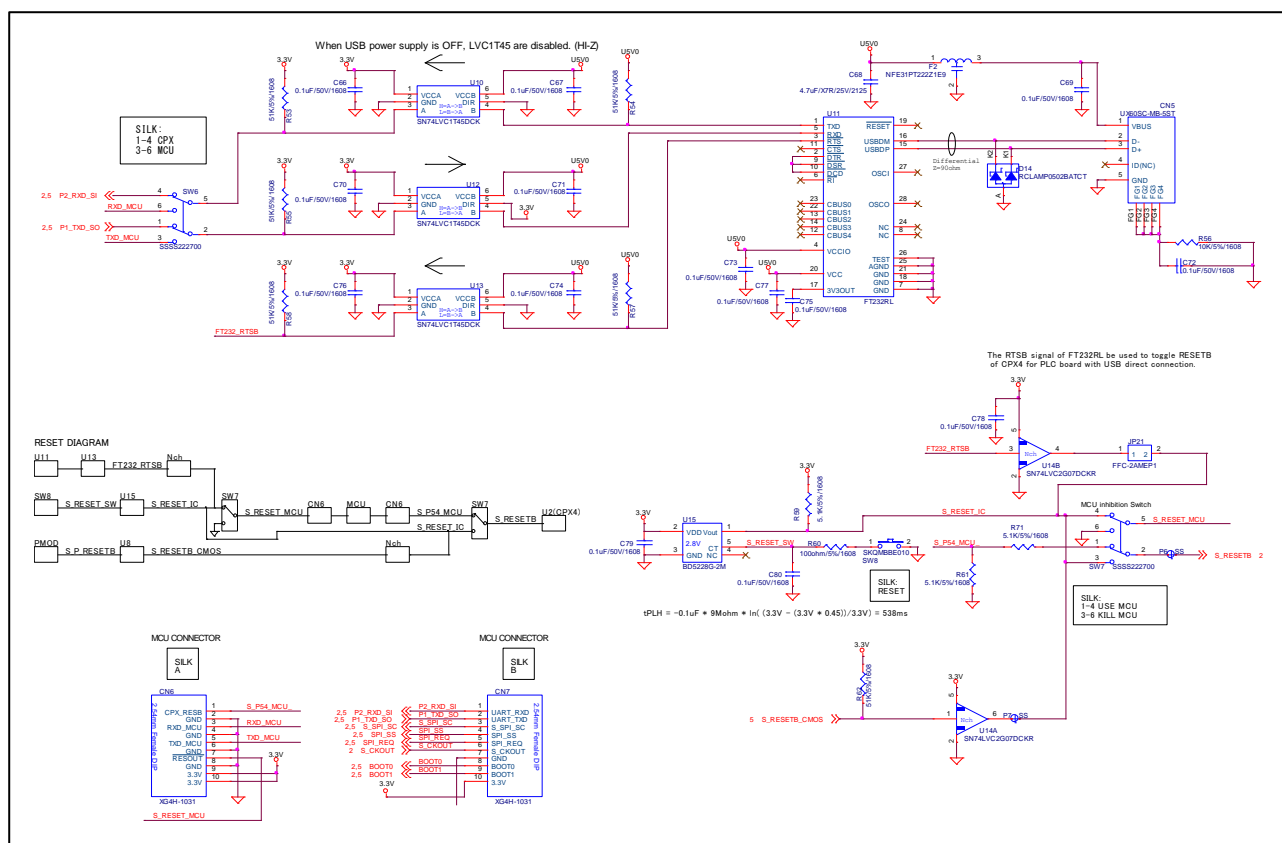


Figure 7-5 DC-PLC board (USB-serial circuit and RESET circuit)



7.2 Bill of materials の例

Table 7-1 DC-PLC board (1/2)

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
1	CN1	CONNECTOR	FTSH-105-01-L-DV-K	SAMTEC	
2	CN2,CN3	CONNECTOR	XW4C-02E1-V1	OMRON	(2*) SPT2,5/2-V-5,0 (Phoenix Contact)
1	CN4	CONNECTOR	PJ-202A	CUI	
1	CN5	CONNECTOR	UX60SC-MB-5ST	HIROSE	
2	CN6,CN7	CONNECTOR	XG4H-1031	OMRON	
44	C1,C2,C4,C5,C7,C9,C10,C11,C13,C14,C15,C19,C22,C27,C29,C34,C35,C43,C44,C50,C58,C59,C60,C61,C62,C63,C64,C65,C66,C67,C69,C70,C71,C72,C73,C74,C75,C76,C77,C78,C79,C80,C81,C82	CERAMIC CAPACITOR	CC0603KRX7R9BB104	Yageo	(1*) 0.1uF/X7R/50V/1608
1	C3	CERAMIC CAPACITOR	C2012X6S0J226M085AC	TDK	(1*) 22uF/X6S/6.3V/2125
1	C6	CERAMIC CAPACITOR	C0603C331J3GACTU	KEMET	(1*) 330pF/C0G/10V/1608
2	C8,C68	CERAMIC CAPACITOR	TMK325B7226KMHP	Taiyo Yuden	(1*) 4.7uF/X7R/25V/2125
8	C12,C21,C23,C31,C32,C33,C36,C52	CERAMIC CAPACITOR	CGA3E1X7R1E105K080AC	TDK	(1*) 1uF/X7R/25V/1608
2	C16,C17	CERAMIC CAPACITOR	CGA3E2C0G1H472J	TDK	(1*) 4700pF/C0G/50V/1608
2	C18,C20	CERAMIC CAPACITOR	CGA3E2C0G1H120J080AA	TDK	(1*) 12pF/C0G/50V/1608
1	C24	ALUM CAP	EEH2C1E101XP	Panasonic	
2	C25,C30	CERAMIC CAPACITOR	CGA4J3X7R1E105M125AB	TDK	(1*) 1uF/X7R/25V/2125
3	C26,C28,C39	CERAMIC CAPACITOR	22201C105KAT2A	AVX	(1*) 1uF/X7R/100V/5750
2	C37,C38	CERAMIC CAPACITOR	C1608X7R1H223K	TDK	(1*) 0.022uF/X7R/50V/1608
3	C40,C42,C48	CERAMIC CAPACITOR	HMK325B475MN-TE	Taiyo Yuden	(1*) 4.7uF/X5R/100V/3225
1	C41	ALUM CAP	EEEFK1J101P	Panasonic	
5	C45,C46,C53,C54,C57	CERAMIC CAPACITOR	TMK325B7226KMHT	Taiyo Yuden	(1*) 22uF/X7R,X5R/25V/3225
1	C49	CERAMIC CAPACITOR	C1608C0G1H101J080AA	TDK	(1*) 100pF/C0G/50V/1608
1	C51	CERAMIC CAPACITOR	CGA3E2C0G1H470J080AA	TDK	(1*) 47pF/C0G/50V/1608
1	C55	CERAMIC CAPACITOR	GRM32DR71E106KA12L	MURATA	(1*) 10uF/X7R,X5R/25V/3225
1	C56	CERAMIC CAPACITOR	C0603C471J3GACAU0	KEMET	(1*) 470pF/C0G/25V/1608
1	D1	DIODE	BAT54SFILM	STMicroelectronics	
4	D2,D3,D4,D5	DIODE	ES1B-13-F	Diodes Inc	
2	D6,D11	DIODE	BAT54SDW-7-F	Diodes Inc	(2*) BAT54SDWQ-7-F
2	D7,D8	DIODE	SMAJ5.0CA-TR	STMicroelectronics	Recommended by STMicroelectronics
1	D12	BRIDGE DIODE	HD01-T	Diodes Inc	
1	D13	DIODE	DFLS160	Diodes Inc	
1	D14	DIODE	RCLAMP0502BATCT	Semtech	
2	F1,F2	FILTER	NFE31PT222Z1E9	Murata	
12	JP1,JP2,JP3,JP4,JP5,JP6,JP7,JP9,JP10,JP11,JP12,JP14	CONNECTOR	FFC-3AMEP1	HONDA	(1*)
3	JP13,JP15,JP21	CONNECTOR	FFC-2AMEP1	HONDA	(1*)
2	LED1,LED4	LED	SML-E12M8W	Rohm	
2	LED2,LED3	LED	SML-E12V8W	Rohm	
1	L1	INDUCTOR	NRS3015T4R7MNGHV	Taiyo Yuden	(2*) VLS3015CX-4R7M(TDK)
2	L4,L5	INDUCTOR	SRR1208-272KL	Bourns Inc	
1	L6	INDUCTOR	SRN3015-330M	Bourns	(2*) VLS3015CX-330M (TDK)
2	L7,L9	INDUCTOR	SRN3015-100M	Bourns	(2*) VLS3015CX-100M (TDK)
1	L8	INDUCTOR	NRH3012T220MNV	Taiyo Yuden	(2*) LQH3NPN220MMEL (Murata)
1	PMOD1	CONNECTOR	PPPC062LJBN-RC	Sullins	
2	PMOD2,PMOD3	CONNECTOR	TSM-106-01-L-DV	SAMTEC	
3	R1,R2,R16	RESISTOR	RK73B1JTTD330J	KOA	(1*) 33ohm/5%/1608
2	R3,R10	RESISTOR	RK73B1JTTD472J	KOA	(1*) 4.7K/5%/1608
4	R4,R6,R11,R15	RESISTOR	RK73B1JTTD2R4J	KOA	(1*) 2.4ohm/5%/1608
1	R5	RESISTOR	RK73B1JTTD100J	KOA	(1*) 10ohm/5%/1608
4	R7,R23,R32,R45	RESISTOR	RK73H1JTTD1001F	KOA	(1*) 1K/1%/1608
1	R8	RESISTOR	RK73B1JTTD162J	KOA	(1*) 1.6K/5%/1608
1	R9	RESISTOR	RK73B1JTTD561J	KOA	(1*) 560ohm/5%/1608
2	R12,R14	RESISTOR	RK73H1JTTD8201F	KOA	(1*) 8.2K/1%/1608
1	R13	RESISTOR	RK73H1JTTD7501F	KOA	(1*) 7.5K/1%/1608
2	R17,R24	RESISTOR	RK73B1JTTD112J	KOA	(1*) 1.1K/5%/1608
2	R18,R25	RESISTOR	RK73B1JTTD161J	KOA	(1*) 160ohm/5%/1608
5	R19,R26,R30,R31,R42	RESISTOR	RK73H1JTTD2002F	KOA	(1*) 20K/1%/1608
9	R20,R28,R33,R47,R48,R49,R50,R51,R52	RESISTOR	RK73B1JTTD105J	KOA	(1*) 1M/5%/1608
8	R21,R44,R53,R54,R55,R57,R58,R62	RESISTOR	RK73B1JTTD513J	KOA	(1*) 51K/5%/1608
2	R22,R27	RESISTOR	RK73H1JTTD3901F	KOA	(1*) 3.9K/1%/1608
2	R41,R29	RESISTOR	RK73B1JTTD104J	KOA	(1*) 100K/5%/1608
2	R34,R56	RESISTOR	RK73B1JTTD103J	KOA	(1*) 10K/5%/1608
1	R35	RESISTOR	RK73H1JTTD9092F	KOA	(1*) 90.9K/1%/1608
2	R36,R37	RESISTOR	RK73B1JTTD510J	KOA	(1*) 51ohm/5%/1608
1	R38	RESISTOR	RK73H1JTTD8252F	KOA	(1*) 82.5K/1%/1608
1	R39	RESISTOR	RK73H1JTTD1153F	KOA	(1*) 115K/1%/1608
1	R40	RESISTOR	RK73H1JTTD8251F	KOA	(1*) 8.25K/1%/1608
2	R46,R60	RESISTOR	RK73B1JTTD101J	KOA	(1*) 100ohm/5%/1608
3	R59,R61,R71	RESISTOR	RK73B1JTTD512J	KOA	(1*) 5.1K/5%/1608
4	R63,R64,R66,R75	RESISTOR	RK73Z1JTTD	KOA	(1*) 0ohm/1608
1	R74	RESISTOR	RK73B1JTTD220J	KOA	(1*) 22ohm/5%/1608
5	SW3,SW4,SW5,SW6,SW7	SWITCH	SSSS222700	ALPS	

(1*)Equivalent product can be changed

(2*)Alternative product

Table 7-2 DC-PLC board (2/2)

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
1	SW8	SWITCH	SKQMBBE010	ALPS	
2	SW9,SW10	SWITCH	SSSS213000	ALPS	
2	TP1,TP5	TEST PIN	HK-5-G-Black	MAC8	
3	TP2,TP3,TP4	TEST PIN	HK-5-G-Red	MAC8	
2	TR1,TR4	TRANSISTOR	MMBT3904L RFG	Taiwan Semiconductor	
4	TR2,TR3,TR5,TR6	TRANSISTOR	BSS84,215	Nexperia	
1	TR7	TRANSISTOR	RK7002BMT116	Rohm	
1	U1	IC	AT25SF081B-SSHb	Adesto	(2*) W25Q80DVSNIQ(Winbond)
1	U2	IC	R9A06G061GNP	Renesas	
1	U3	IC	ISL15102IRZ	INTERSIL	
4	U6,U7,U8,U9	IC	SN74LVC2T45DCUR	TI	
3	U10,U12,U13	IC	SN74LVC1T45DCK	TI	
1	U11	IC	FT232RL	FTDI	
2	U14,U16	IC	SN74LVC2G07DCKR	TI	
1	U15	IC	BD5228G-TR	Rohm	(2*) BD5228G-2MTR(Rohm)
1	Y1	CRYSTAL	DSX221SH	Daishinku	Specify the specifications (16MHz,CL:8pF, Frequency tolerance:±10ppm, Frequency characteristics over temperature:±15ppm) (2*)(3*)NX2520SA-16M-CHP- CSW-19(NDK) (4*)

(2*) Alternative product

(3*) For NX2520SA-16M-CHP-CSW-19, it is necessary to change the constants of the external circuit (R9=2.2kΩ, C20=12pF, C18=15pF).

(4*) CX2520DB16000D0FLJCC (Kyocera) has been discontinued.

7.3 RX651 MCU board

Table 7-3 RX651 MCU board

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
1	CN301	CONNECTOR	PPPC062LFBN-RC	SULLINS	
1	CN302	CONNECTOR	UX60SC-MB-5ST(82)	HIROSE	
2	CN303,CN304	CONNECTOR	XG4C-1031	OMRON	
1	CN305	CONNECTOR	XG4C-1431	OMRON	
1	C301	CERAMIC CAPACITOR	GCM188R71H224KA64	MURATA	(1*) 0.22uF/X7R/50V/1608
2	C302,C303	CERAMIC CAPACITOR	C0603C300J5GACTU	KEMET	(1*) 30pF/C0G/50V/1608
2	C304,C305	CERAMIC CAPACITOR	CGA3E1X7R1E105K080AC	TDK	(1*) 1uF/X7R/25V/1608
9	C306,C307,C308,C309,C310,C311,C312,C313,C314	CERAMIC CAPACITOR	CC0603KRX7R9BB104	Yageo	(1*) 0.1uF/X7R/50V/1608
1	D301	DIODE	RCLAMP0502BATCT	Semtech	
1	F301	FILTER	NFE31PT222Z1E9	Murata	
1	JP301	CONNECTOR	FFC-2AMEP1	HONDA	(1*)
1	LED301	LED	SML-E12M8W	Rohm	
1	LED302	LED	SML-E12V8W	Rohm	
1	R301	RESISTOR	RK73B1JTTD162J	KOA	(1*) 1.6K/5%/1608
3	R302,R305,R310	RESISTOR	RK73Z1JTTD	KOA	(1*) 0ohm/1608
1	R303	RESISTOR	RK73H1JTTD1001F	KOA	(1*) 1K/1%/1608
1	R304	RESISTOR	RK73B1JTTD513J	KOA	(1*) 51K/5%/1608
9	R306,R315,R316,R317,R318,R319,R320,R321,R322	RESISTOR	RK73B1JTTD512J	KOA	(1*) 5.1K/5%/1608
1	R308	RESISTOR	RK73B1JTTD101J	KOA	(1*) 100ohm/5%/1608
2	R309,R314	RESISTOR	RK73B1JTTD103J	KOA	(1*) 10K/5%/1608
1	R311	RESISTOR	RK73H1JTTD2002F	KOA	(1*) 20K/1%/1608
2	R312,R313	RESISTOR	RK73B1JTTD270J	KOA	(1*) 27ohm/5%/1608
2	SW301,SW302	SWITCH	CHS-04TA	COPAL	
1	U301	IC	R5F5651EHDFFP#30	Renesas	
1	Y301	CRYSTAL	ABM3C-24.000MHZ-D4Y	Abracon	

(1*) Equivalent product can be changed

7.4 Power Filter board

Table 7-4 Power Filter board

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
2	CN201,CN202	CONNECTOR	XW4C-02E1-V1	OMRON	(2*) SPT2,5/2-V-5,0 (Phoenix Contact)
2	C201,C202	CERAMIC CAPACITOR	22201C106MAT2A	AVX	(1*) 10uF/X7R,X5R/100V/5750
2	JP201,JP202	CONNECTOR	FFC-2AMEP1	HONDA	(1*)
2	L201,L202	INDUCTOR	AIRD-03-102K	Abracon	
1	TP201	TEST PIN	ST-2-2	MAC8	

(1*) Equivalent product can be changed

(2*) Alternative product

7.5 PMOD conversion board

Table 7-5 PMOD conversion board

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
2	PMOD2,PMOD3	CONNECTOR	TSM-106-01-L-DV	SAMTEC	

8. PCB レイアウト設計例

本章では CPX4 DC-PLC 評価キット RTK0EE0009D01001BJ を例に、PLC モデム LSI (CPX4) と Power Amp (ISL15102)、電源 IC を搭載した DC-PLC ボードの PCB レイアウト例を示します。

Figure 8-1 に CPX4 DC-PLC ボード構成、Figure 8-2 に部品配置例、Figure 8-3～Figure 8-6 に各層のレイアウト例を示します。尚、PCB 形状により、この PCB レイアウト例が最適とは限りませんので注意して下さい。

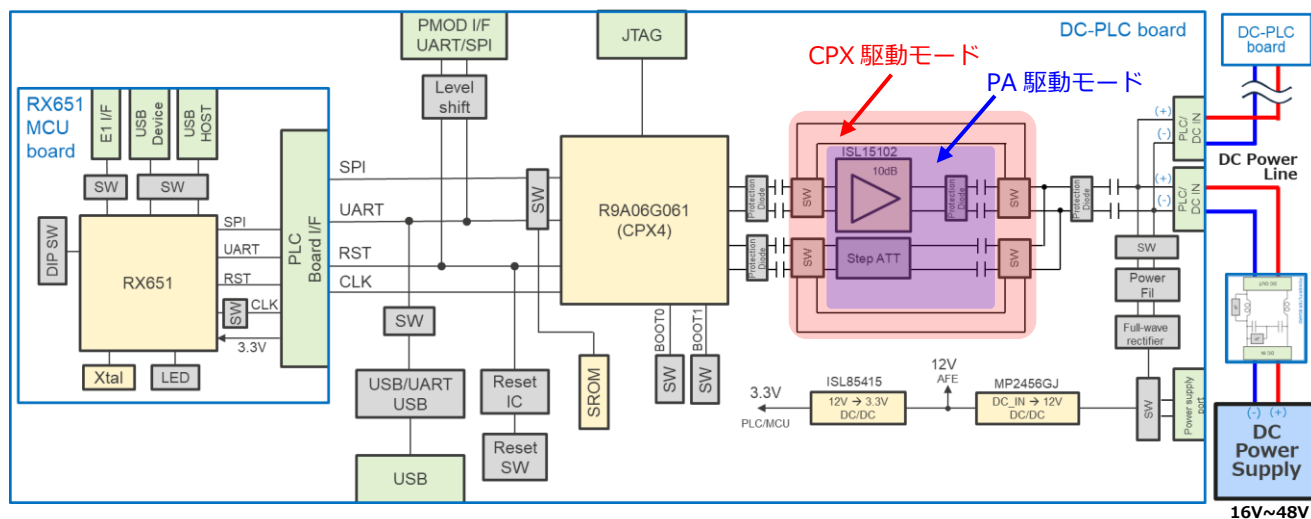


Figure 8-1 CPX4 DC-PLC ボード構成

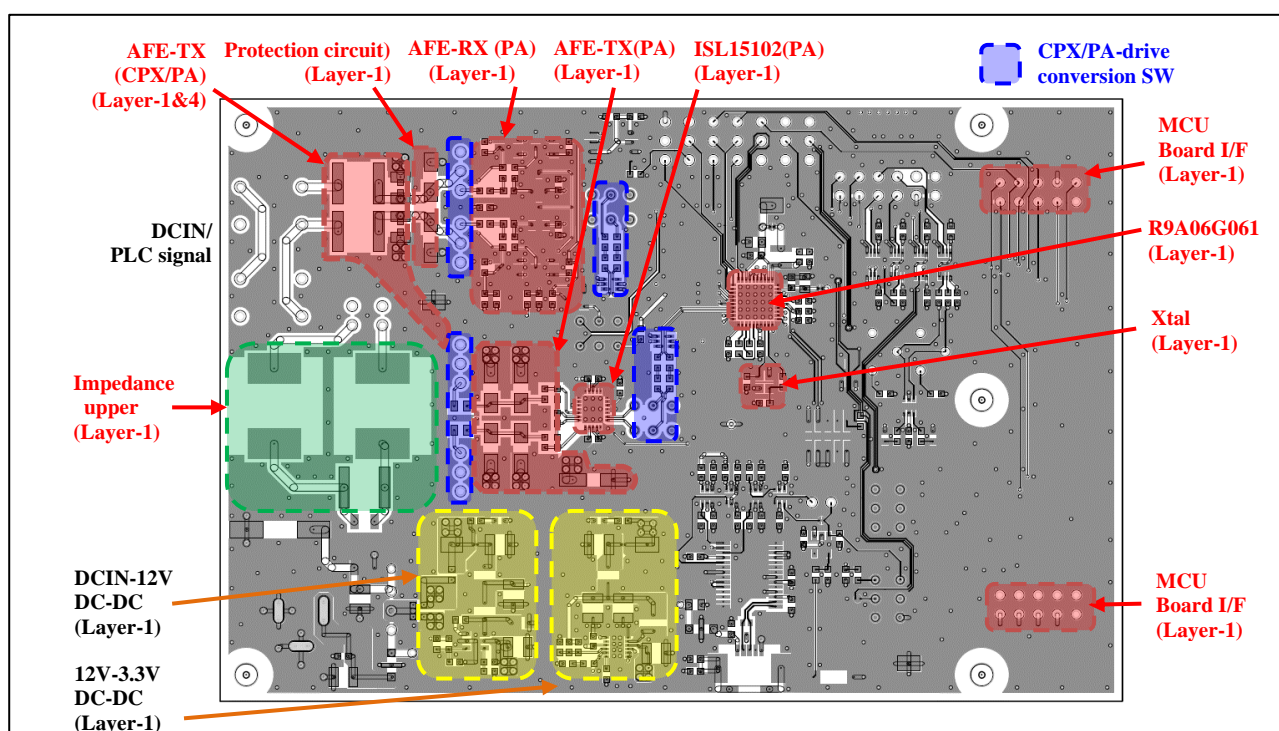


Figure 8-2 DC-PLC ボードの部品配置例

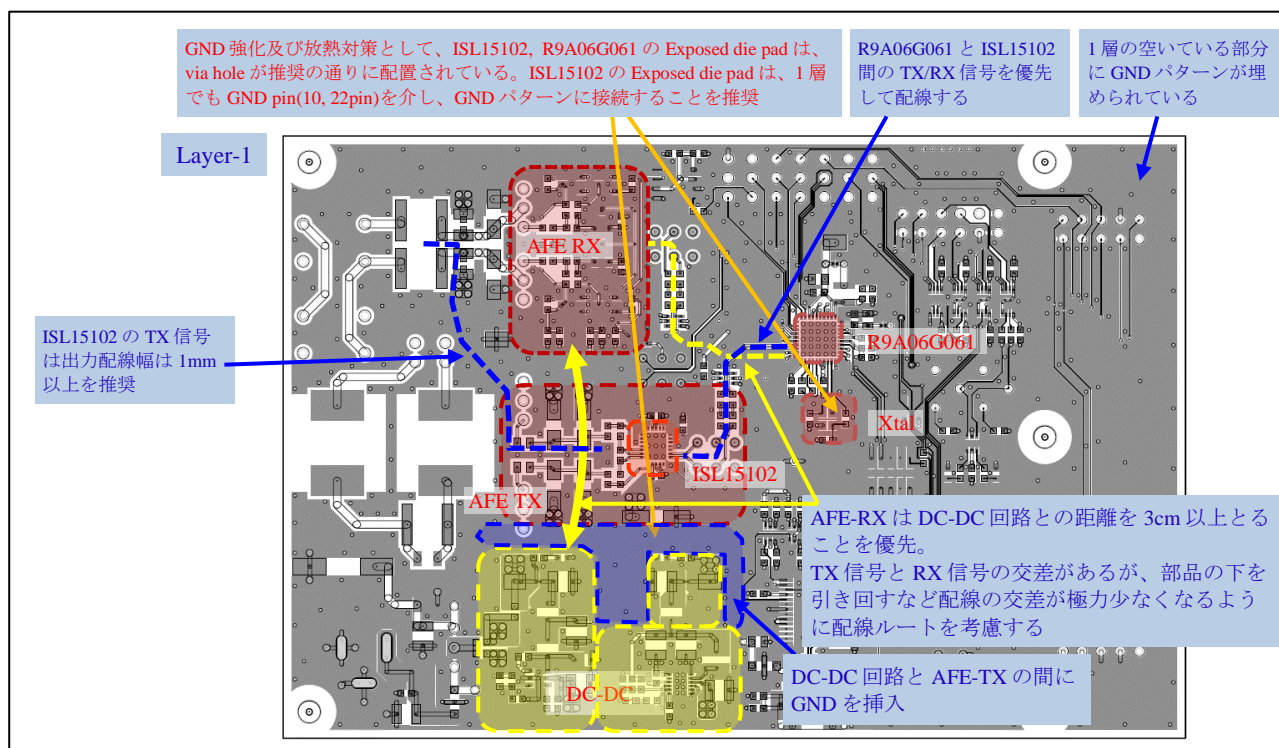


Figure 8-3 DC-PLC ボードの1層のレイアウト例

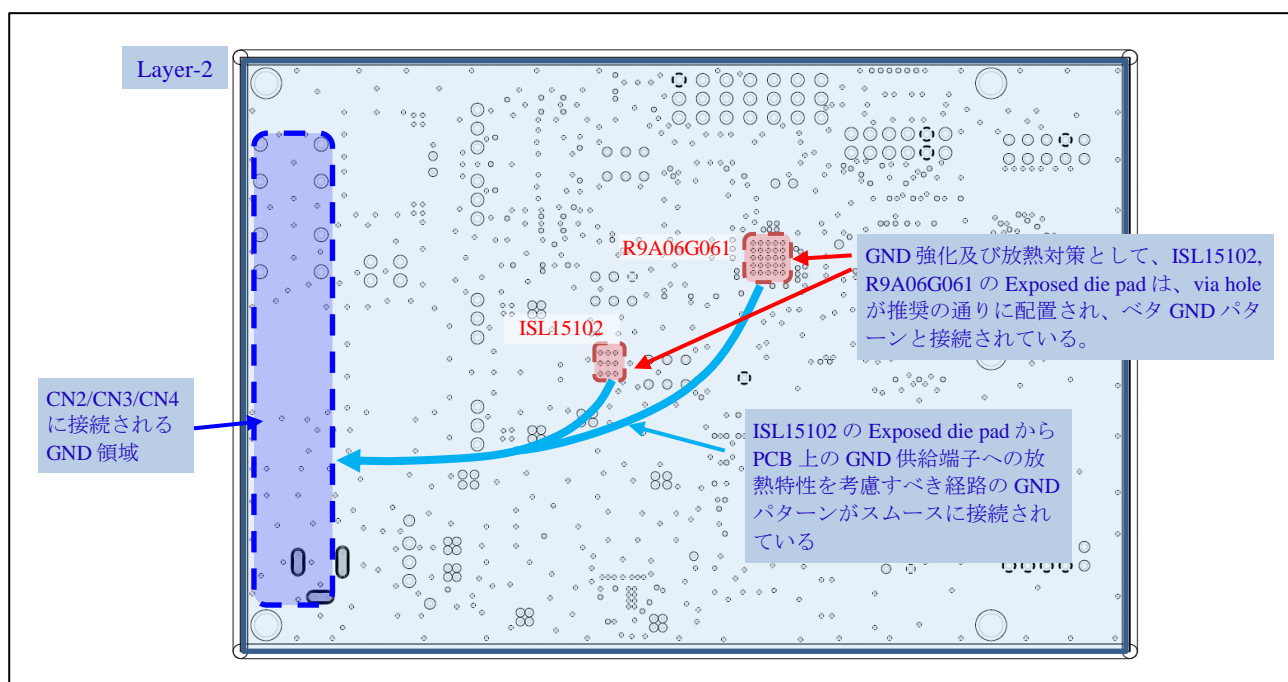


Figure 8-4 DC-PLC ボードの2層のレイアウト例

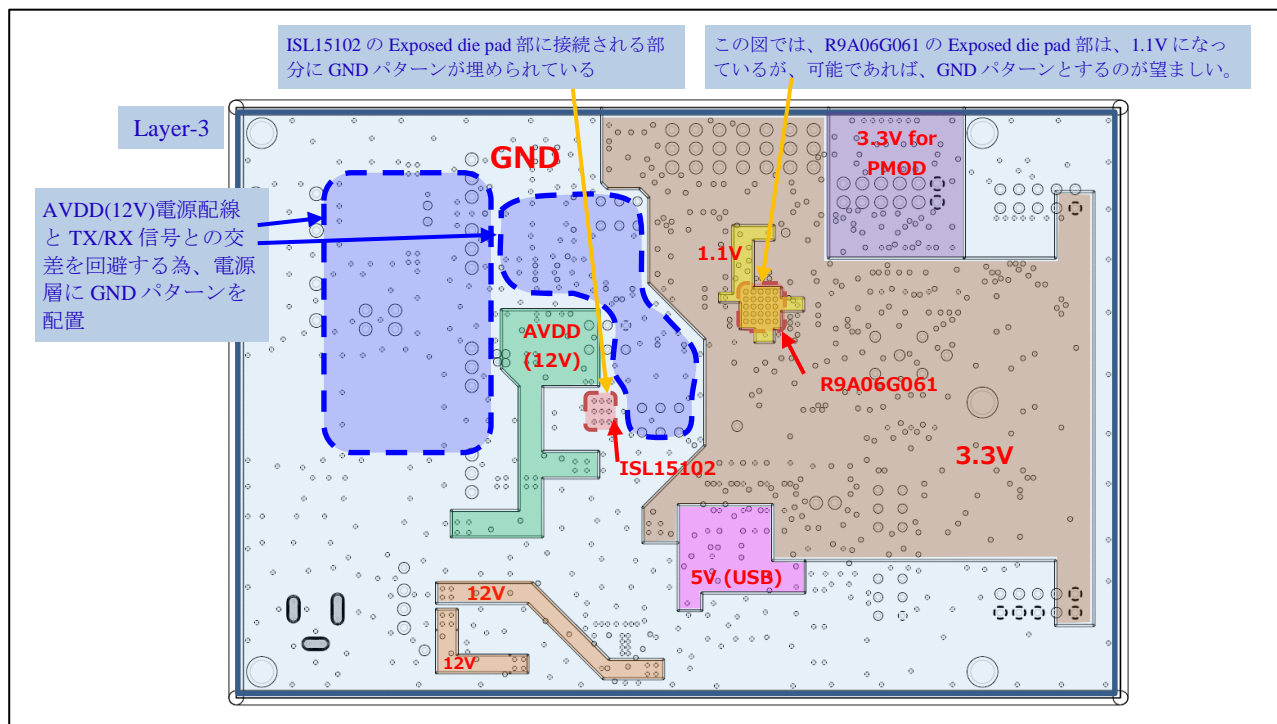


Figure 8-5 DC-PLC ボードの 3 層のレイアウト例

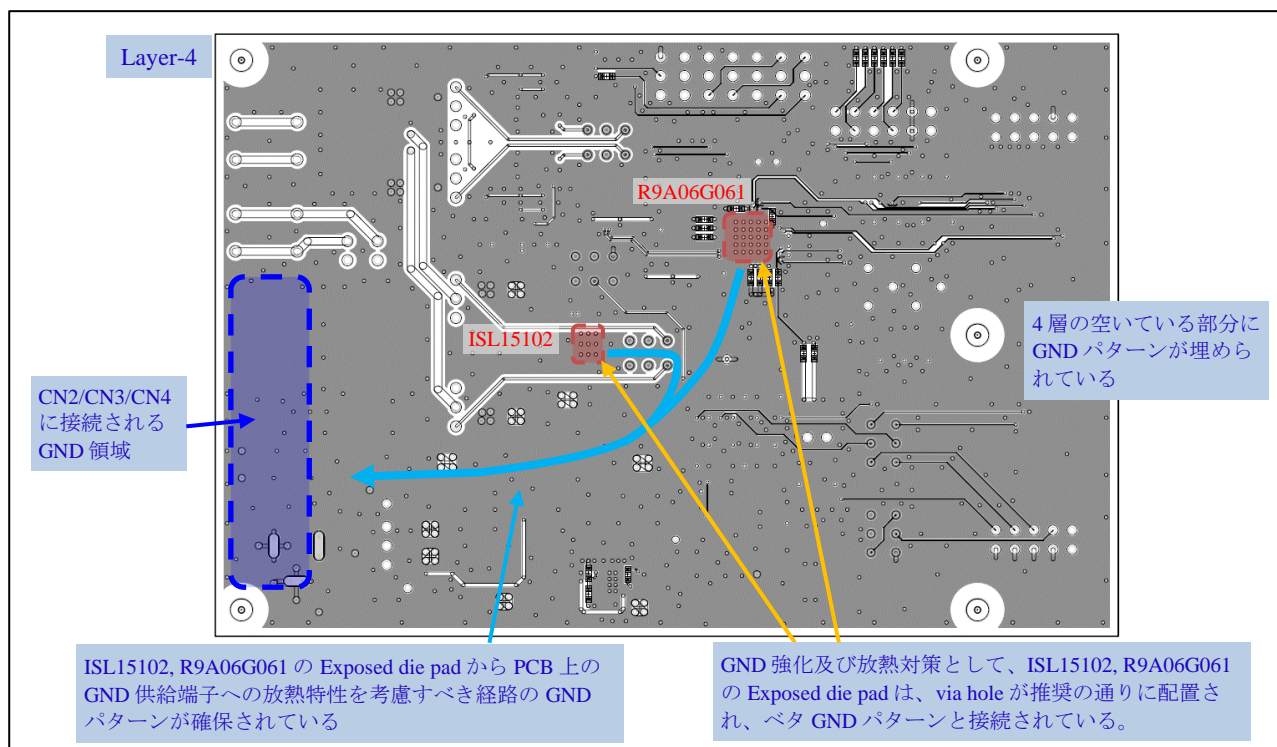


Figure 8-6 DC-PLC ボードの 4 層のレイアウト例

ホームページとサポート窓口

ルネサスエレクトロニクスホームページ

<https://www.renesas.com/jp/ja/>

お問い合わせ先

<https://www.renesas.com/jp/ja/contact-us/>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2024.05.01		初版発行
1.10	2024.07.01	30,31	Table 7-1, Table7-3 の誤記訂正
1.20	2025.03.01	7	DC-DC コンバータの外付け容量 C3 の推奨値変更

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
 3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
 4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
 5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通制御（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等
当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。
 7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア／ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限りません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因しまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア／ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
 8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
 9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
 10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとしします。
 13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
 14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。
- 注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev. 5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/