

R9A06G061/ISL15102 PCB 回路設計ガイドライン

R30AN0413JJ0100

ボード回路設計ガイド

Rev.1.00

July 1, 2022

要旨

本書は、ルネサスエレクトロニクス製 PLC modem LSI である R9A06G061 と Power Amp を内蔵した ISL15102 を使用した PLC ボードを設計する際の回路設計に関するデザインガイドです。

各デバイスや電源回路の設計に関しては、使用デバイスのアプリケーションノート等のガイドラインに沿って設計を進めて下さい。

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. PLC ボード構成例	3
2. R9A06G061 周辺回路に関する注意事項	3
2.1 R9A06G061 周辺回路	3
2.2 BOOT 端子の設定	4
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	6
2.6 LED	7
3. AFE 回路及び AC カップリング回路に関する注意事項	8
3.1 AFE 周辺回路	8
3.1.1 ISL15102 の帰還抵抗値の設定	8
3.1.2 ISL15102 の差動出力のバランス用負荷回路	9
3.2 保護回路	10
3.3 PLC Coupler	10
3.4 ゼロクロス検出回路	11
3.5 RX-BPF	12
3.6 ステップ・アッテネータ回路	12
3.7 低インピーダンス負荷対策 (CENELEC-A 帯のみ)	14
3.8 EN50065-7 対応インピーダンス対策 (CENELEC-A 帯のみ)	15
4. DC-DC 電源回路を設計する際の注意事項	16
5. AC-DC 電源回路に関する注意事項	17
6. 回路設計例	18
6.1 回路設計例	18
6.2 Bill of materials の例	22
ホームページとサポート窓口	24

改訂記録 25

1. PLC ボード構成例

ルネサスエレクトロニクスにクスマ製 PLC modem LSI である R9A06G061 と送信出力に Power Amp を内蔵した ISL15102 を使用した PLC ボードの構成例を Figure 1-1 に示します。本書では、この構成例の PLC ボードを設計する際の回路設計に関して注意すべき点について説明します。

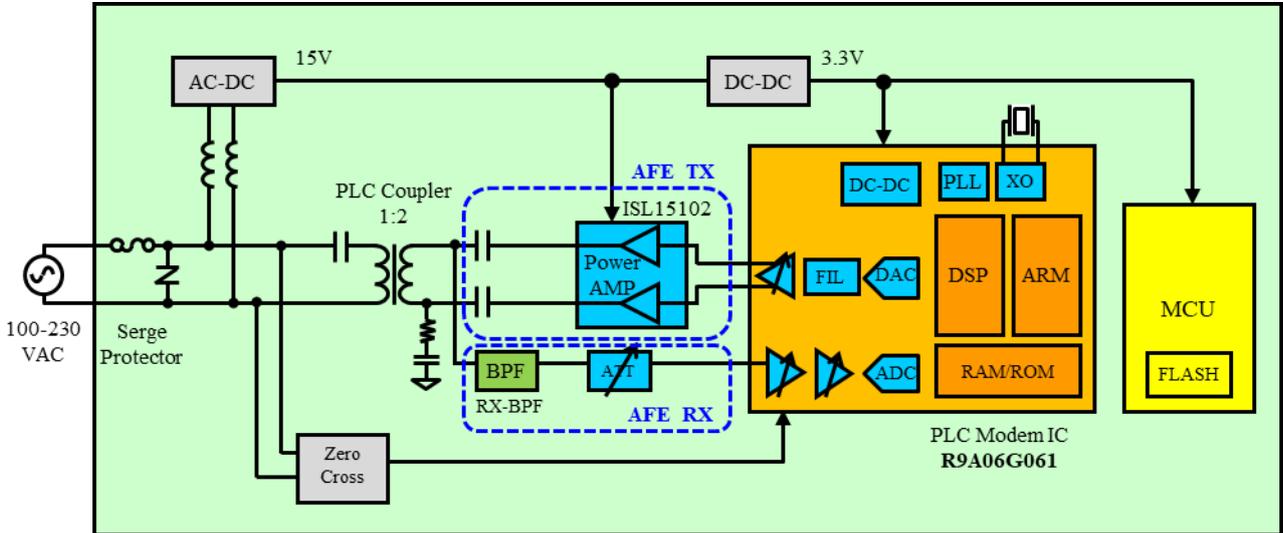


Figure 1-1 R9A06G061 / ISL15102 適用 PLC ボード構成例

2. R9A06G061 周辺回路に関する注意事項

2.1 R9A06G061 周辺回路

- ・ R9A06G061 のデカップリング容量は、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。

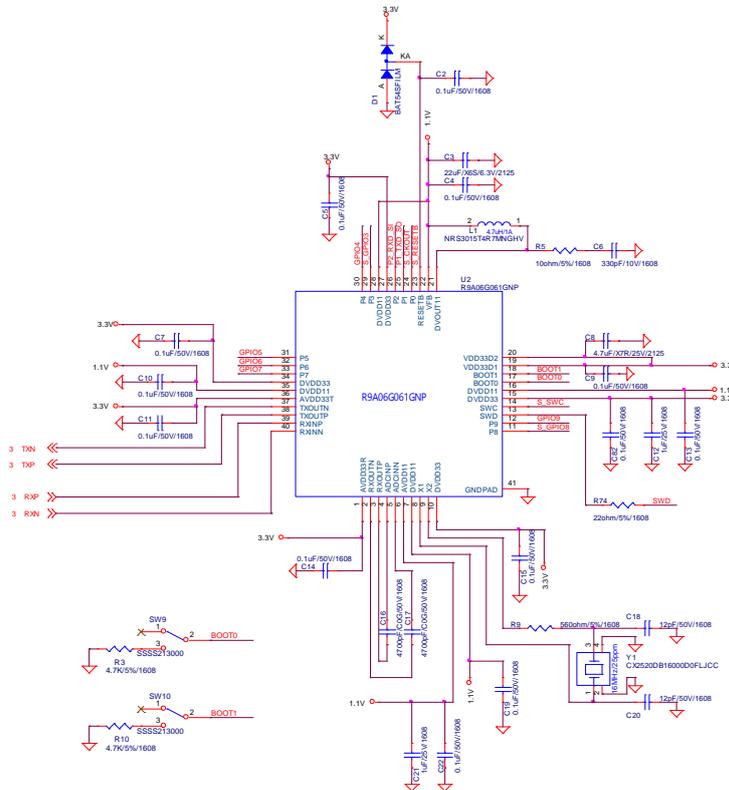


Figure 2-1 R9A06G061 周辺回路

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。

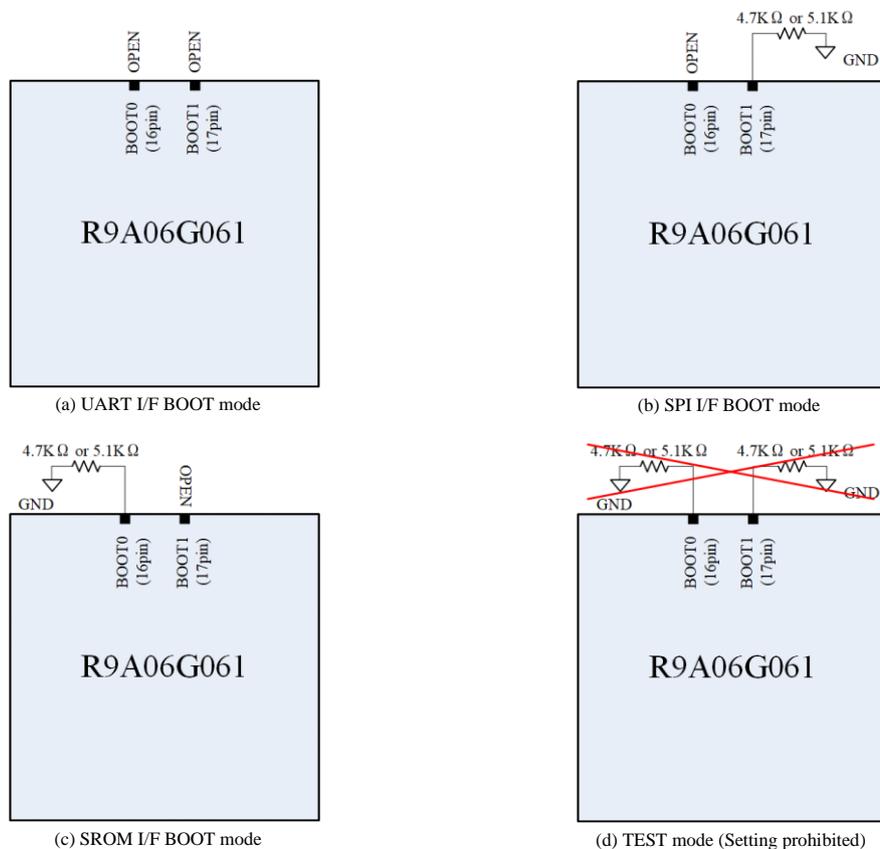


Figure 2-2 に BOOT0 端子, BOOT1 端子の設定を示します。

- ・ UART I/F BOOT に設定 : BOOT0, BOOT1=Open (High)
 - ・ SPI I/F BOOT に設定 : BOOT0=Open (High), BOOT1=4.7kΩ or 5.1kΩ を介して GND に接続 (Low)
 - ・ SROM I/F BOOT に設定 : BOOT0=4.7kΩ or 5.1kΩ を介して GND に接続 (Low), BOOT1=Open (High)
 - ・ TEST mode (設定禁止) : BOOT0, BOOT1=4.7kΩ or 5.1kΩ を介して GND に接続 (Low)
- ※ BOOT0 端子には、内蔵プルアップ抵抗 50kΩ あり。

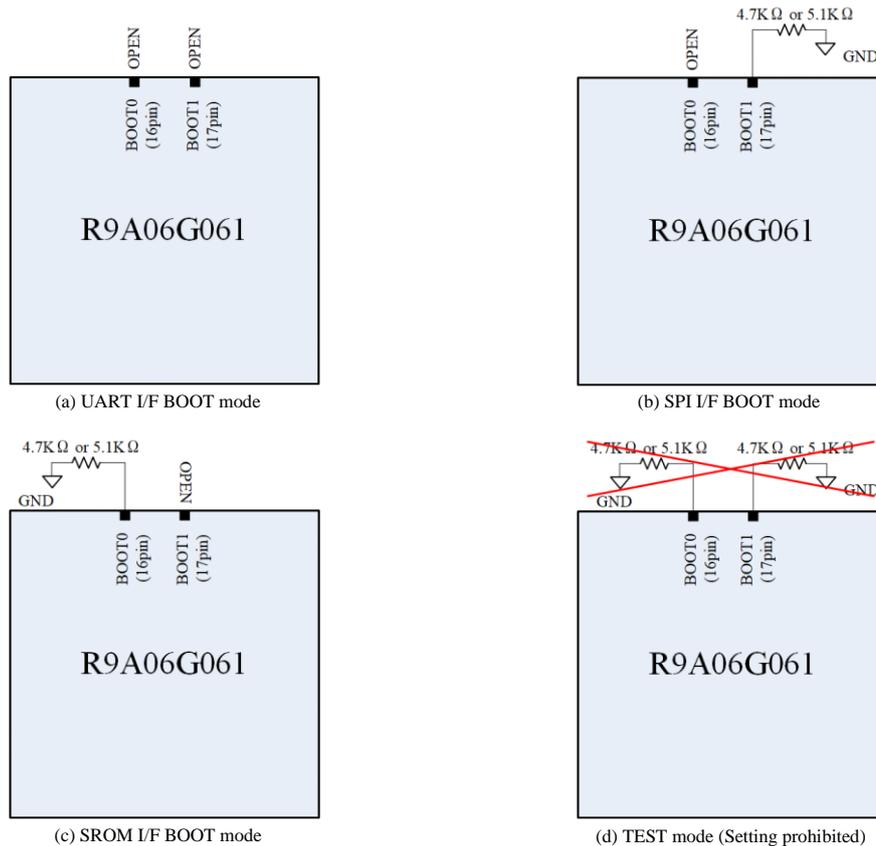


Figure 2-2 BOOT0 端子, BOOT1 端子の設定

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±25ppm 以内を推奨しているため、周波数公差(偏差)と周波数安定度(温度特性)を合わせて±25ppm 以内となるように基準クロックを選択してください。
- R9A06G061 に接続する水晶振動子及びその周辺部品は極力 R9A06G061 の近傍に配置してください。
- Table 2-1 に水晶振動子 Y1: Kyocera 社製 CX2520DB16000D0FLJCC もしくは、大真空製 DSX221SH を使用した場合の回路定数例を示します。(水晶振動子仕様:周波数:16MHz, 負荷容量:8pF, 周波数公差:±10ppm, 周波数温度特性:±15ppm)
- 最終的な回路定数は、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。

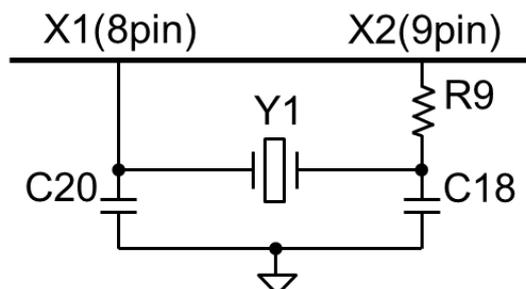


Figure 2-3 水晶発振回路の接続例

Table 2-1 水晶発振回路の回路定数例

(水晶振動子 Y1: Kyocera 社製 CX2520DB16000D0FLJCC 大真空製 DSX221SH 使用時)

素子 No.	C18	C20	R9
素子値	12pF	12pF	560Ω

2.4 RESETB 端子

- RESETB 端子の外付け回路例を Figure 2-4 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、電流容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。)

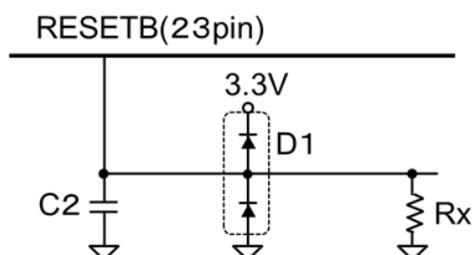


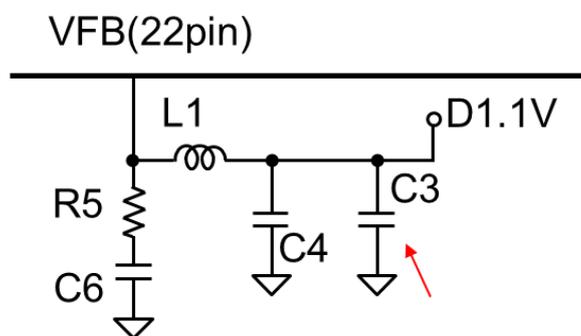
Figure 2-4 RESETB 端子外付け回路例

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	0.1μF	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 20μF 以上として下さい。
- Figure 2-5 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 2-6 に 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を示します。(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の直近に配置して下さい。



Total 20uF 以上を推奨

Figure 2-5 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	22μF	0.1μF	4.7μH

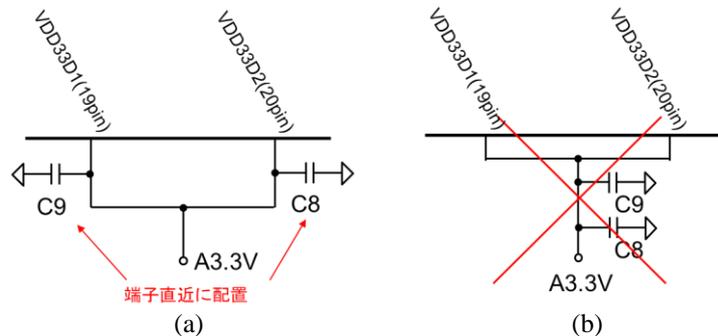


Figure 2-6 DC-DC コンバータの電源供給端子のデカップリングコンデンサの接続例

2.6 LED

- 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、

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

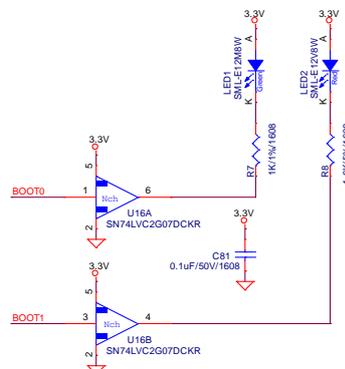


Figure 2-7 R9A06G061 の送信・受信の状態を示す LED の搭載例

3. AFE 回路及び AC カップリング回路に関する注意事項

3.1 AFE 周辺回路

- AFE 回路(ISL15102 及び RX 回路)のデカップリング容量は、端子の近傍に配置して下さい。
- AFE 周辺回路の接続例を Figure 3-1 に示します。

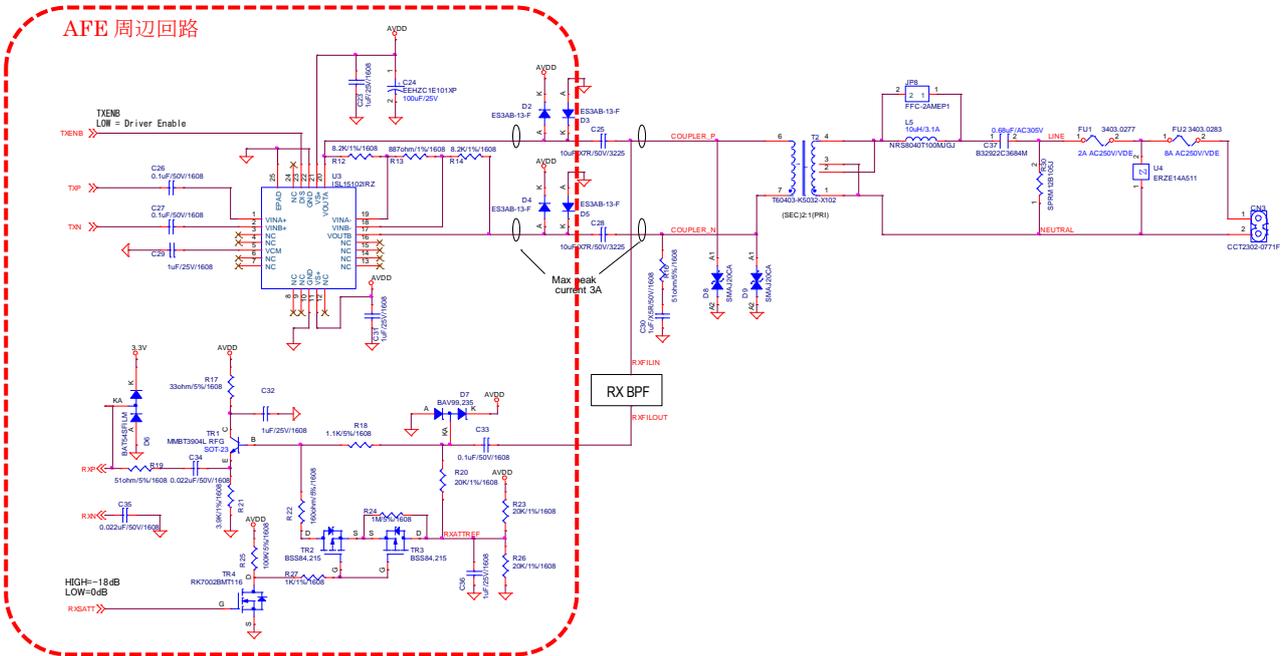
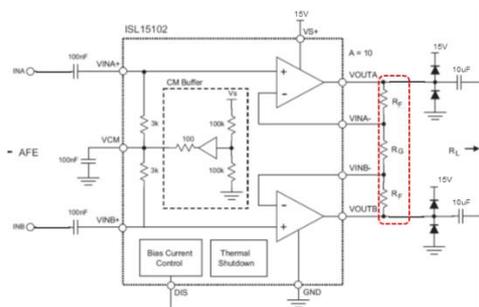


Figure 3-1 AFE 周辺回路の接続例

3.1.1 ISL15102 の帰還抵抗値の設定

- 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 3-2(a)の赤丸部に示す ISL15102 の帰還抵抗 RF が小さくなると、Figure 3-2 の(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、Figure 3-4 に示す RF vs 発振安定性と、Figure 3-5 に示す RF と帯域外ノイズへの影響の確認を行いました。その結果、RF と発振安定性の関係は RF=8.2kΩ 以上で発振振幅はほぼ一定になる、RF と帯域外ノイズの関係は RF=8.2kΩ の時に最も低い値となっています。
- この結果から、RF(=R12=R14)の最適値として 8.2kΩ に、RG は、ISL15102 の電圧利得を 26dB となるよう、RG(=R13)は 887Ω に設定して下さい。ISL15102 の電圧利得の式を以下に示します。

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



(a) ISL15102 ブロックダイアグラム

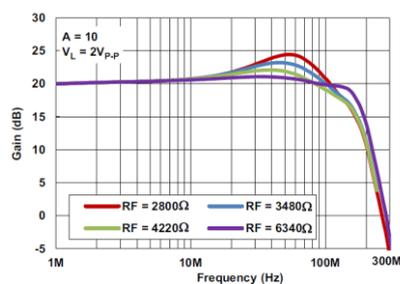


Figure 8. Small Signal Frequency Response vs RF
(b) ISL15102 の周波数特性 vs RF

Figure 3-2 ISL15102 のカタログデータ

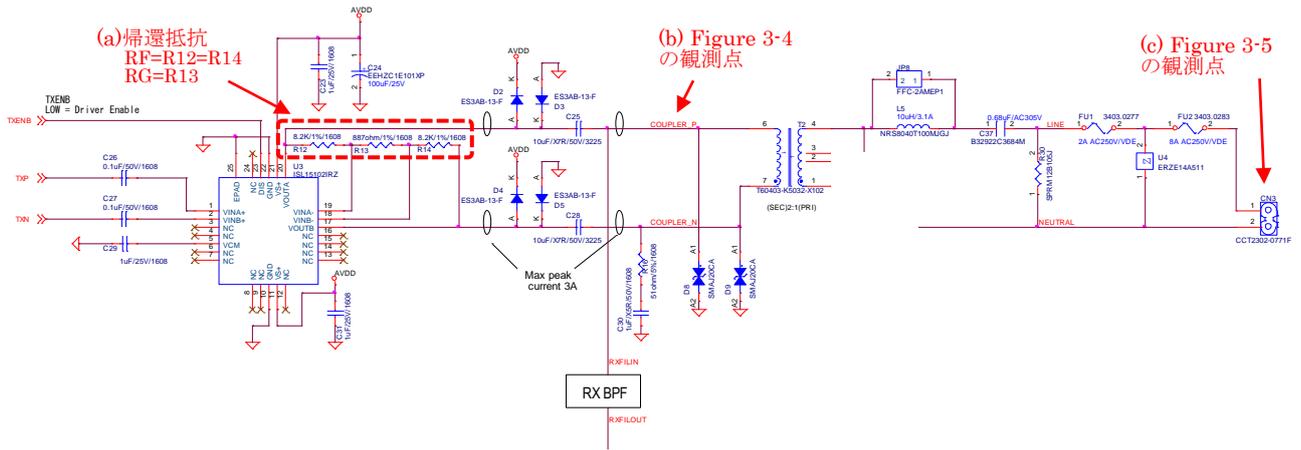


Figure 3-3 ISL15102 の帰還抵抗値 RF の設定

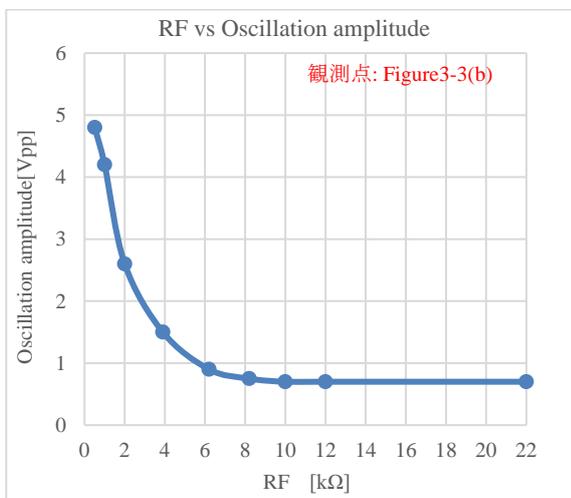


Figure 3-4 RF vs 発振振幅

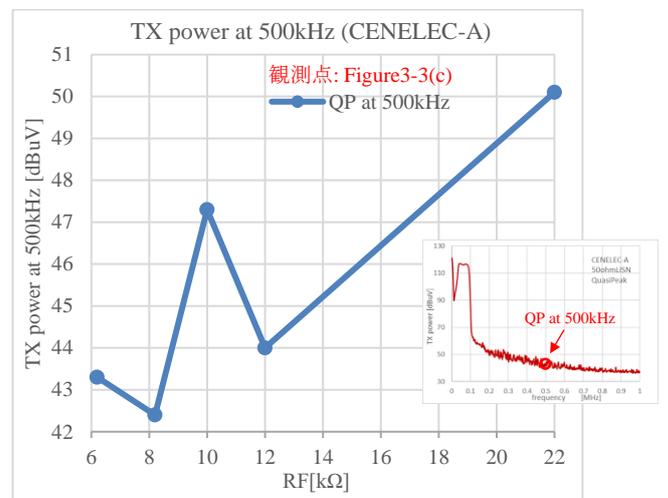


Figure 3-5 RF vs 帯域外ノイズ (at 500kHz in CENELEC-A band)

3.1.2 ISL15102 の差動出力のバランス用負荷回路

ISL15102 の差動出力は、正相出力側のみ RX 部に接続されます。よって、逆相出力側の負荷のバランスをとる目的で Figure 3-6 (a) に示す C30=1uF と R16=120Ω を配置してください。

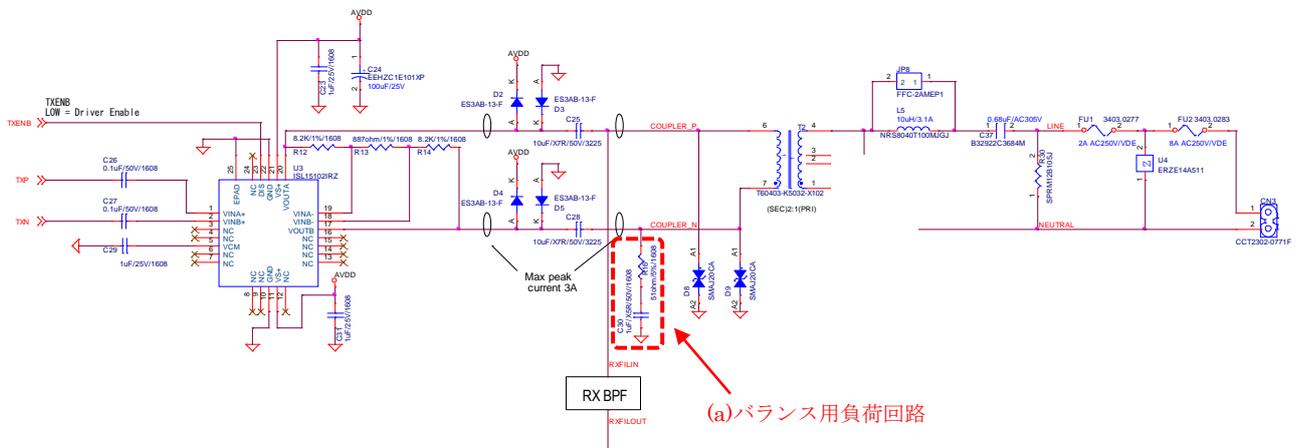


Figure 3-6 3.1.2 ISL15102 の差動出力のバランス用負荷回路

Table 3-1 PLC coupler (2:1)の推奨仕様

	CENELEC A (35- 90 kHz)	CENELEC B (95-125 kHz)	ARIB (150-500 kHz)	FCC (150-500 kHz)	Global (35-500 kHz)
Inductance (Lp) @primary (secondary open)	> 0.2mH	> 0.2mH	> 0.2mH	> 0.2mH	> 0.2mH
Leakage Inductance (LI) @primary (secondary short)	< 1.25uH	< 1.25uH	< 0.3uH	< 0.3uH	< 0.3uH
DC Resistance (Rdc=Rdc(pri)+Rdc(sec))	< 0.50 Ohm	< 0.50 Ohm	< 0.50 Ohm	< 0.50 Ohm	< 0.50 Ohm
DC Bias current (I dc)	> 100 mA	> 100 mA	> 100 mA	> 100 mA	> 100 mA

3.4 ゼロクロス検出回路

- ・ 位相検知機能を利用する場合は、ゼロクロス検出信号を R9A06G061 の GPIO に入力して下さい。
- ・ ゼロクロス検出回路は、Figure 3-9 に示すゼロクロス検出信号となるように設計して下さい。
- ・ PLC ボードに搭載されるゼロクロス検出回路の例を Figure 3-10 に示します。
- ・ R31 の抵抗値に関しては、電流を 1-1.2mA_{AC} 程度を想定している為、200-240V_{AC} の場合は 200k Ω 、100-120V_{AC} の場合は 100k Ω として下さい。
- ・ 必要に応じ、C38 でゼロクロス検出信号の立ち上がり/立ち下がり時間の調整を行ってください。

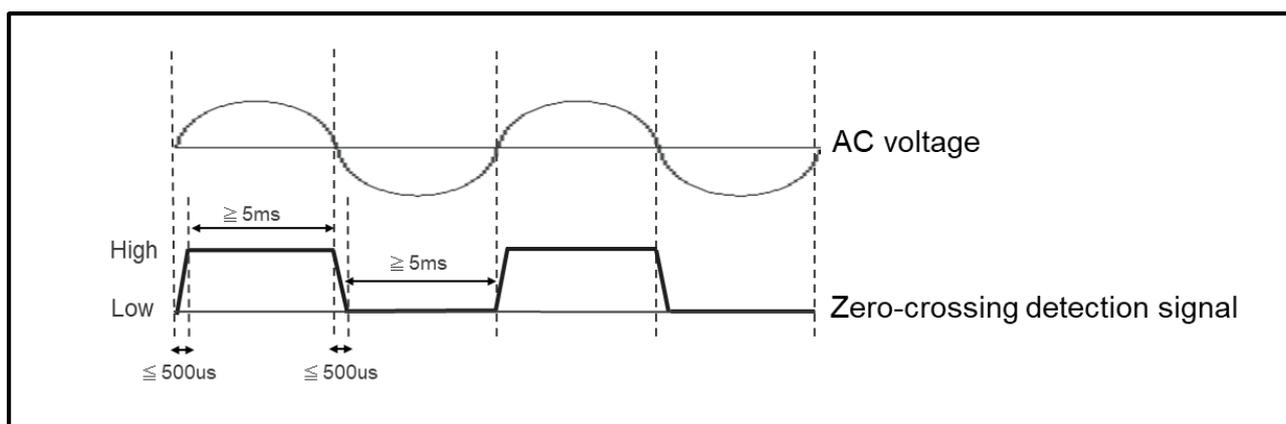


Figure 3-9 ゼロクロス検出信号

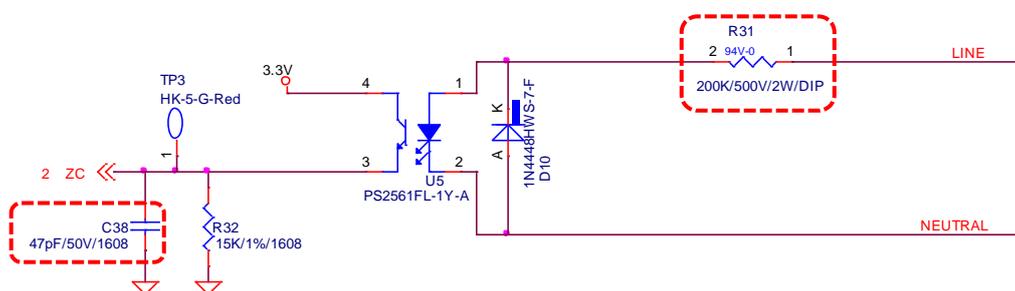


Figure 3-10 ゼロクロス検出回路の例

3.5 RX-BPF

- 使用する周波数帯域外のノイズを抑制する為に RX-BPF を使用します。送信出力の Power Amp に ISL15102 を採用する場合、PLC Coupler は、ISL15102 の駆動能力の関係から、IC 側:AC ライン側の巻数比を 2:1 にする必要があります。2:1 の PLC Coupler を使用した場合、1:1 の PLC Coupler を使用した場合に比べ、AC ライン側から見た PLC board の入力インピーダンスが 1/4 に見える為、入力インピーダンスが低くなる傾向にあります。よって、入力インピーダンスの低下を軽減するために、Figure 3-11 に示す使用する周波数帯域の RX-BPF の定数を選択してください。
- CENELEC-A, FCC/ARIB 以外の周波数帯域を検討される方は、Global(35k-500kHz)の RX-BPF を選択してください。(CENELEC-A, FCC/ARIB 以外の周波数帯域の RX-BPF の定数をご希望の方は、お問い合わせください。)
- RX-BPF の周波数特性例を Figure 3-12 に示します。
- 通過帯域外のノイズが大きい場合、C3/L3 を搭載してください。部品コスト低減のためにフィルタの部品数を削減したい場合、または、通過帯域外のノイズの影響が少ないと判断した場合は、C3/L3 は未搭載とし、ショートして使用してください。

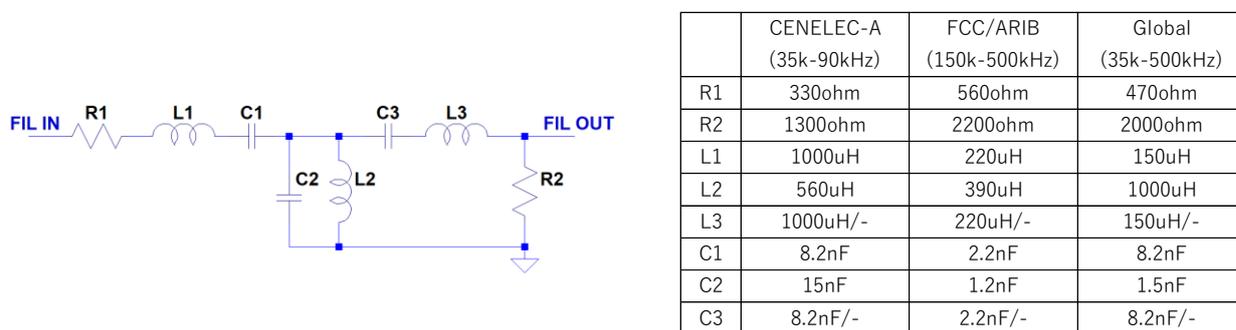


Figure 3-11 RX-BPF の構成と回路定数

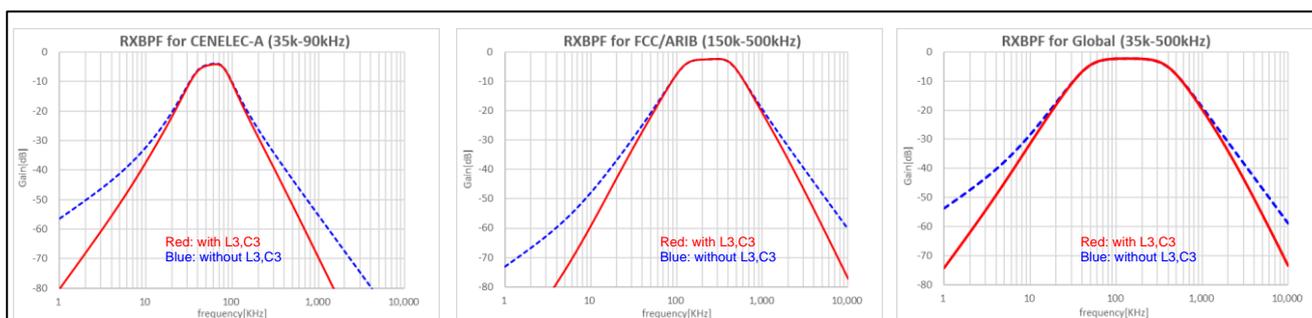


Figure 3-12 RX-BPF の周波数特性例

3.6 ステップ・アッテネータ回路

本節では、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 3-13 に示します。
 - 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。
 - 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。PLC ボードに搭載される SATT 回路例を Figure 3-14 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。

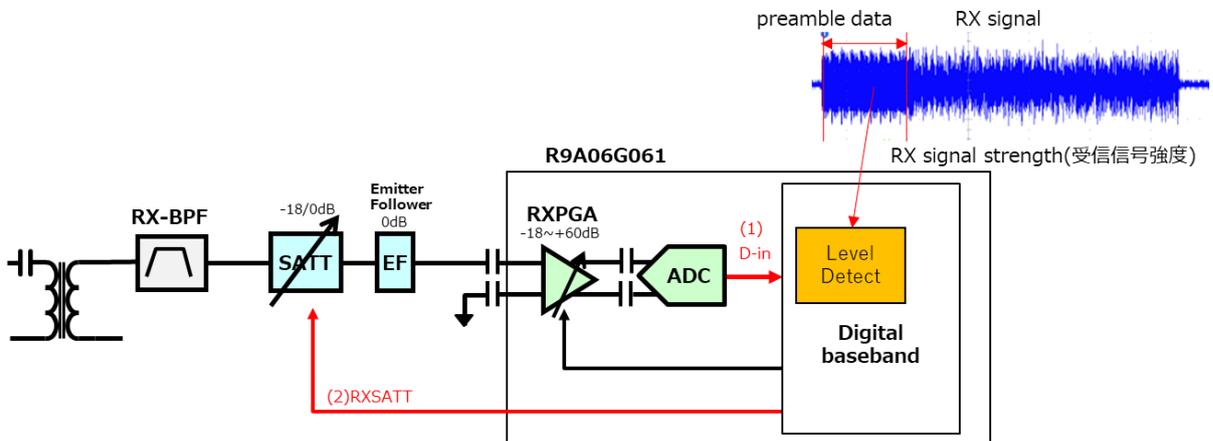


Figure 3-13 Step Attenuator (SATT)の制御方法

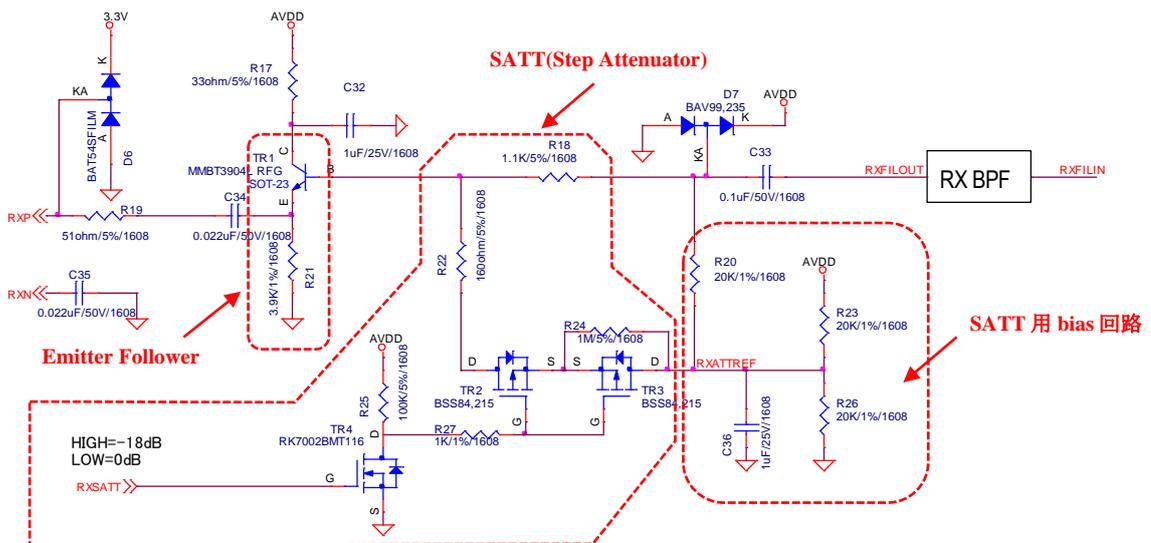


Figure 3-14 Step Attenuator (SATT)の回路例

3.7 低インピーダンス負荷対策 (CENELEC-A 帯のみ)

本節では、PLC ボードの CENELEC-A 帯の低インピーダンス負荷対策について説明します。

- CENELEC-A 帯の低インピーダンス負荷の場合、L5 のインダクタを送信出力に直列に挿入することにより、PLC 送信出力パワーを増やすことができます。L5 の挿入する際、インダクタ L5 と AC カップリング容量 C37 の共振周波数を CENELEC-A 帯の帯域内である 35kHz-90kHz に入るように設定してください。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L5 \cdot C37}}$$

- ISL15102 + 2:1 PLC coupler の構成の場合、C37=0.68uF に対し、L5=10uH を挿入することにより、L5 がない場合に比べ、低インピーダンス負荷時の送信出力の増加を図ることができます。
- FCC/ARIB 帯及び、Global 帯に関しては、インダクタを挿入すると、逆に送信出力が低下してしまうので、L5 は挿入しないでください。
- CENELEC-A 帯の低インピーダンス負荷対策の接続例を Figure 3-15 に、周波数特性例を Figure 3-16 に示します。

ISL15102 + 2:1 coupler を使用した場合

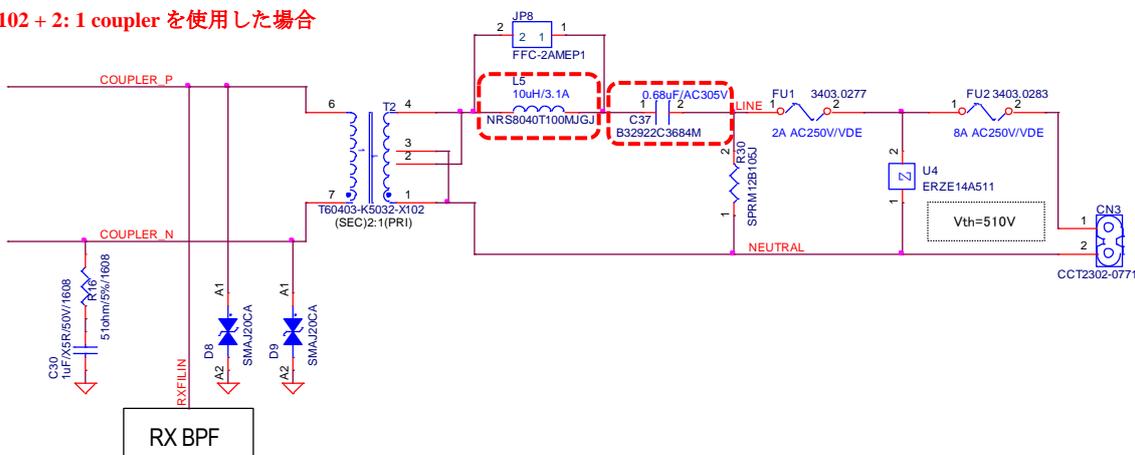


Figure 3-15 CENELEC-A 帯の低インピーダンス負荷対策の接続例

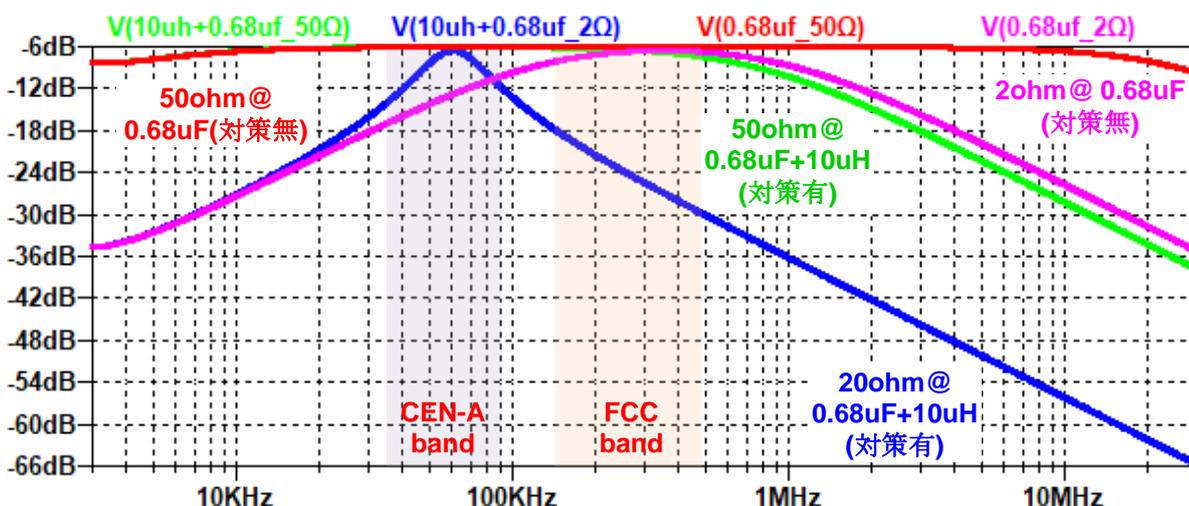


Figure 3-16 CENELEC-A 帯の低インピーダンス負荷対策の周波数特性例

3.8 EN50065-7 対応インピーダンス対策（CENELEC-A 帯のみ）

本節では、PLC ボードの CENELEC-A 帯の CE marking における EN50065-7 対応インピーダンス対策について、ISL15102 + 2:1 PLC coupler(T60403-5032-X102)の構成の場合を想定して説明します。

- 3kHz-9kHz における RX インピーダンスは、C37 と T2(主インダクタンス)の共振により、EN50065-7 対応インピーダンス規格が未達となる場合があります。その共振によるピークを 3kHz-9kHz の外側に移動させるため、Figure 3-17 の(a)の部分の T2 の T60403-5032-X102 の 2:1 使用時の主インダクタンスに対して C37=0.68uF と設定することを推奨します。
- 95kHz-148.5kHz における TX インピーダンスは、Figure 3-17 の(b)の部分の C37 と(L5+T2 漏洩インダクタンス)の共振周波数により、EN50065-7 対応インピーダンス規格が未達となる場合があります。L5 +T2 漏洩インダクタンスと C37 の共振周波数が、CENELEC-A 帯の帯域内に入るように設定してください。C37=0.68uF の場合、L5=10uH を挿入することを推奨します。
- C37、L5 及び T2 を変更される場合は、必要に応じ、EN50065-7 対応インピーダンス評価を行い、定数を決定してください。

ISL15102 + 2: 1 coupler(T60403-5032-X102)を使用した場合

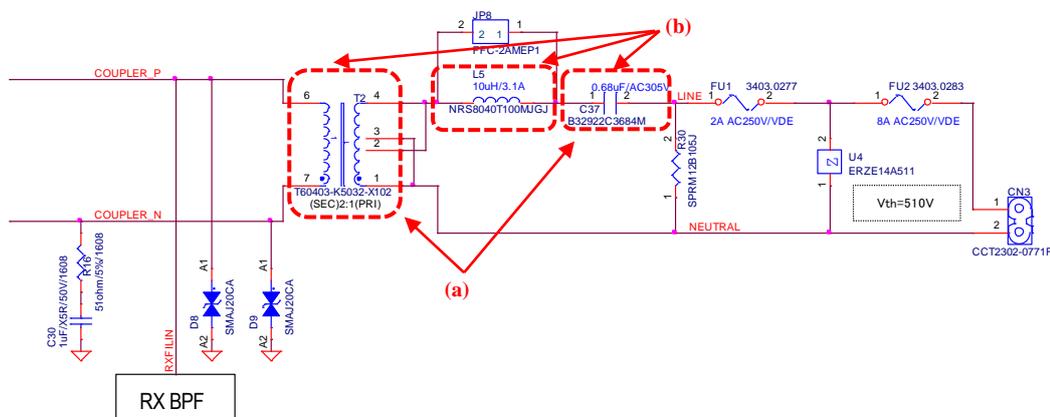


Figure 3-17 CENELEC-A 帯の EN50065-7 対応インピーダンス対策例

Table 3-2 EN50065-7: Minimum impedance value $|Z_e|$ of an equipment working in the frequency range 9 kHz to 95 kHz

Frequency range	3kHz to 9kHz		9kHz to 95kHz		95kHz to 148.5kHz		
	RX	TX	RX	TX	RX	TX	
$ Z_e $	10ohm	Free	Out BW Free	In BW 50ohm	Free	5ohm	3ohm

4. DC-DC 電源回路を設計する際の注意事項

本節では、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。

- PLC ボード上で R9A06G061 の使用には 3.3V を、ISL15102 の使用には 15V もしくは 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。
- 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の除去の為、また、DC-DC 電源回路で発生するスイッチングノイズを他の電源回路に影響を低減する為に、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。
- Figure 4-2 に ISL85415 を用いた 15V から 3.3V を生成する DC-DC 電源回路の回路例を示します。

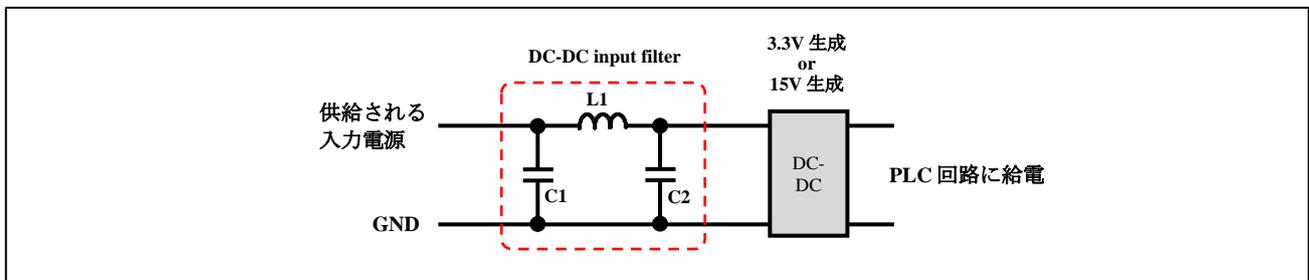


Figure 4-1 DC-DC 電源回路用入力フィルタの回路例

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

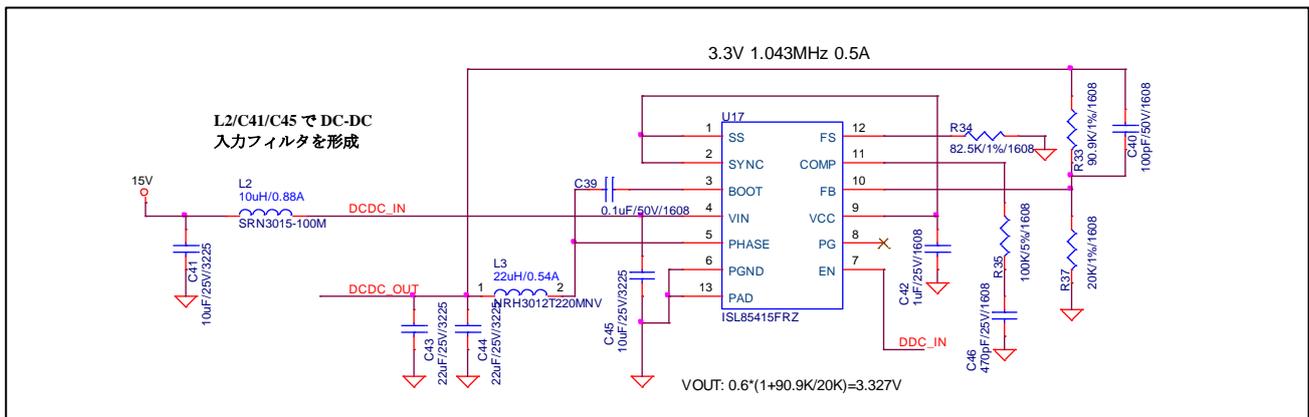


Figure 4-2 DC-DC 電源回路例

5. AC-DC 電源回路に関する注意事項

本節では、PLC ボードに AC-DC 電源回路を搭載する際の注意事項を説明します。

AC-DC 電源回路を搭載する場合、AC-DC 電源回路のスイッチングノイズが、EMC 規格や PLC の送受信特性に影響を及ぼすことがありますので、以下の項目に注意して設計を行ってください。

- AC-DC 回路の GND は、他の回路の GND とは分離して下さい。
- AC-DC 電源回路と PLC 信号の間にインピーダンスアッパーの役割として、L1, L2 を挿入してください。PLC 出力の負荷として AC-DC 電源回路の入力インピーダンスが影響を与えないようにするためです。
- AC-DC 電源回路と PLC 信号の間に、ディファレンシャルノイズ対策として、C1 の挿入してください(推奨)。L1, L2 と C1 を組み合わせることで、ディファレンシャルモードノイズフィルタとして機能します。尚、AD-DC の入力容量が 0.22 μ F 以上ある場合は、C1 は省略可能です。
- AC-DC 電源回路と PLC 信号の間のコモンモードノイズ対策として CM1(コモンモードチョークコイル)の挿入してください(推奨)。
- AC-DC 電源回路用入力フィルタの回路例を Figure 5-1 に、その回路定数例を Table 5-1 に示します。

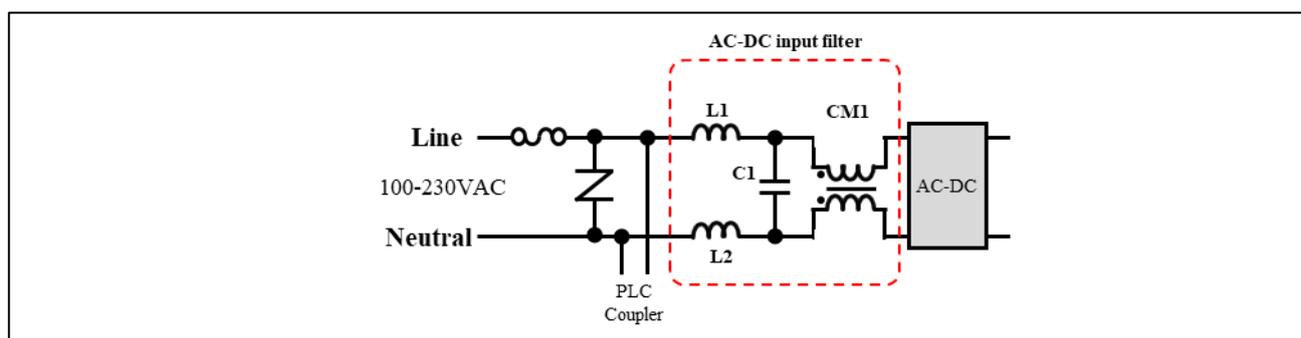


Figure 5-1 AC-DC 電源回路用入力フィルタの回路例

Table 5-2 AC-DC 電源回路用入力フィルタの回路定数例

	CENELEC-A	Global	FCC/ARIB
L1/L2	1mH 以上		0.22mH 以上
C1 ²⁾	0.22 μ F 以上		
CM1	15mH 以上		

Note.2) AD-DC 電源回路の入力容量が 0.22 μ F 以上ある場合は、C1 は省略可能です。

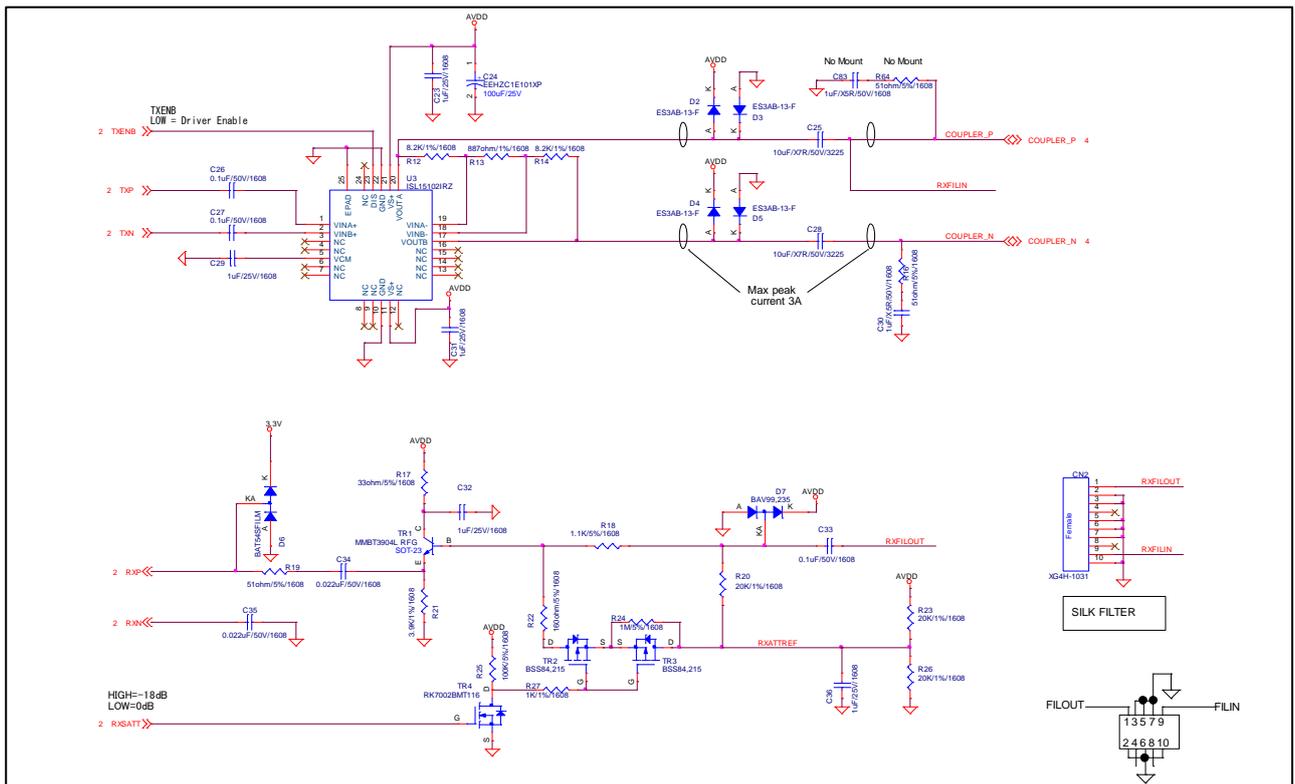


Figure 6-2 AC-PLC ボード (AFE 周辺回路)

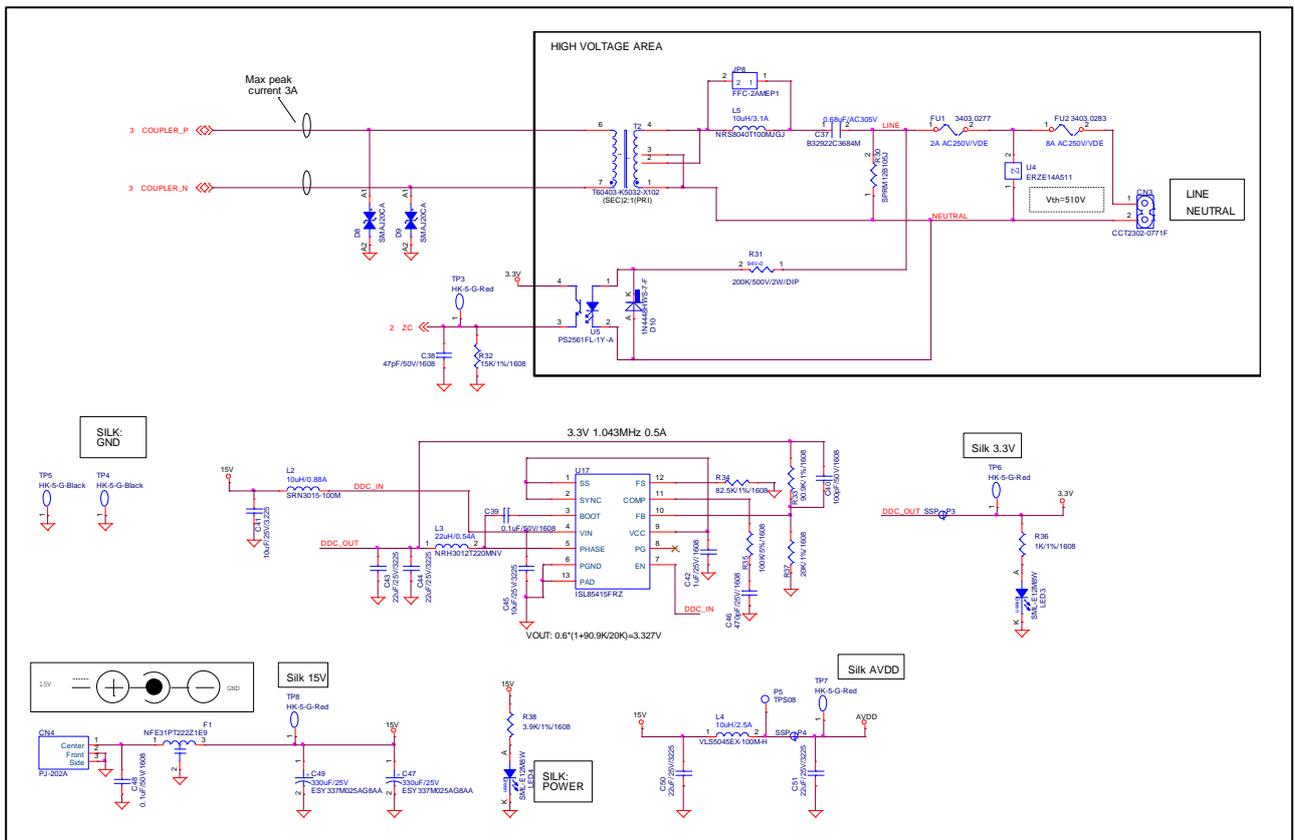
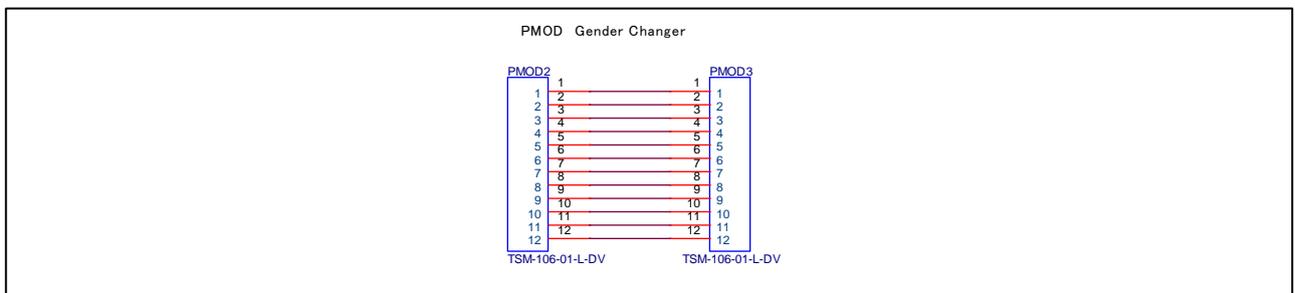
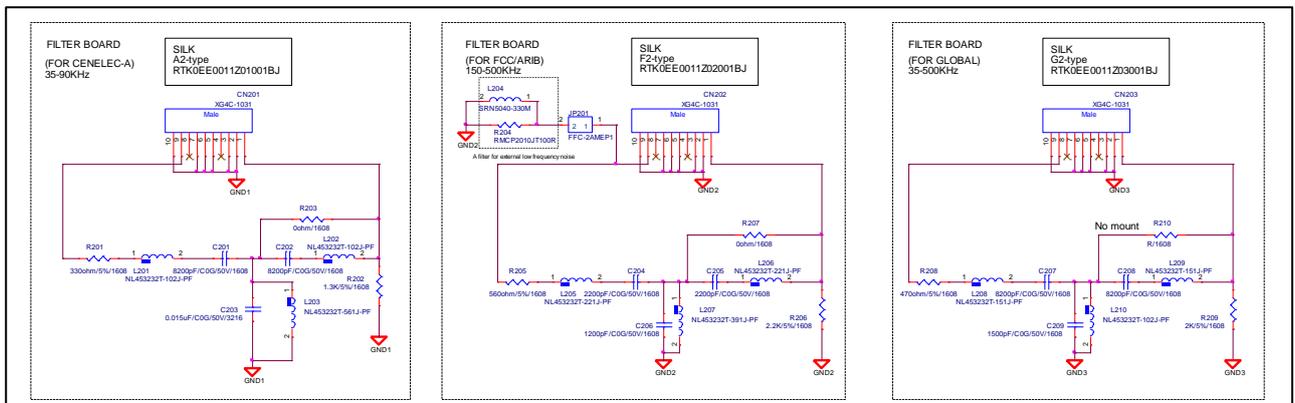
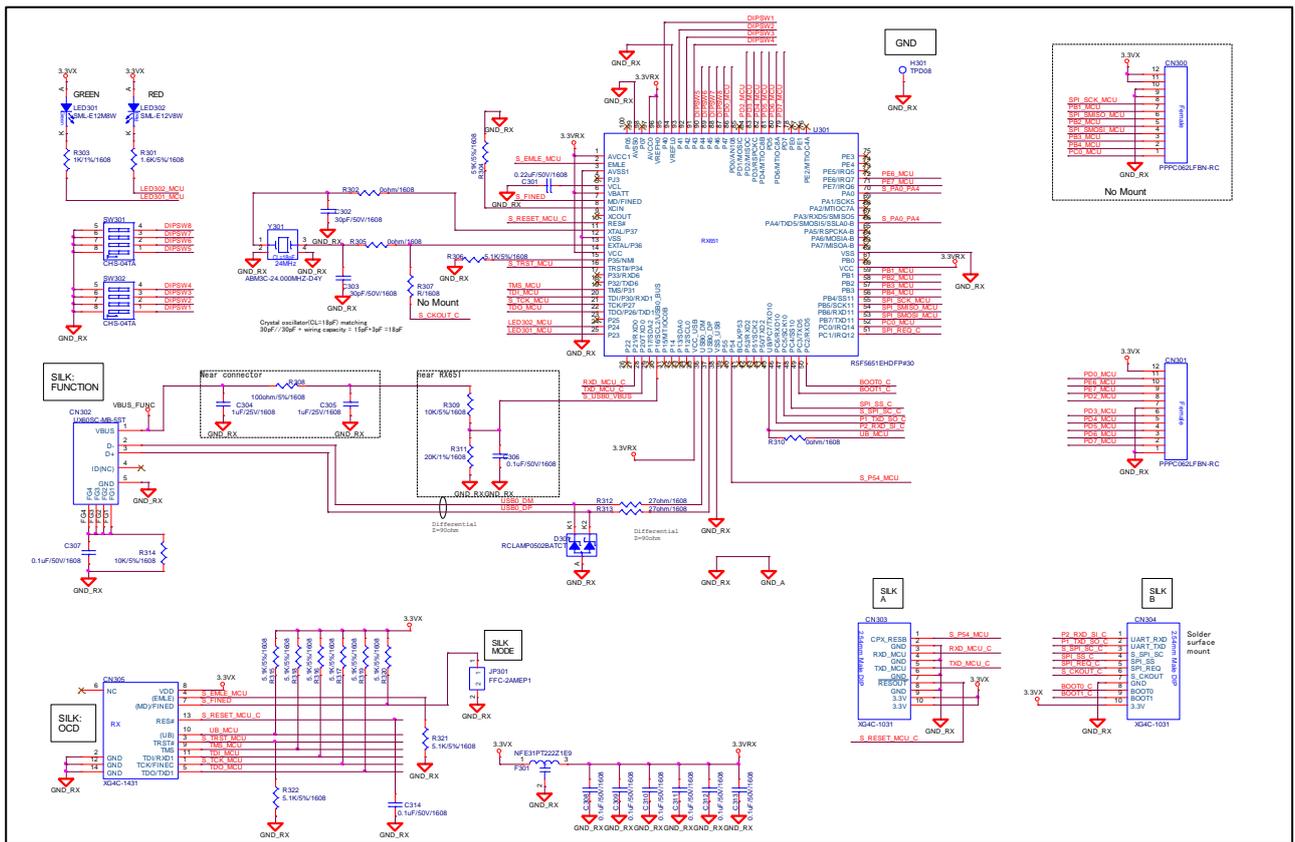


Figure 6-3 AC-PLC ボード (AC coupling 回路, DC-DC 電源回路)



6.2 Bill of materials の例

Table 6.1 AC-PLC board (1/2)

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
1	CN1	Connector	FTSH-105-01-L-DV-K	SAMTEC	
3	CN2,CN6,CN7	Connector	XG4H-1031	OMRON	
1	CN3	Connector	CCT2302-0771F	SMK	(2*) AC-M11PB73C(Echo Electric)
1	CN4	Connector	PJ-202A	CUI	
1	CN5	Connector	UX60SC-MB-5ST	HIROSE	
42	C1,C2,C4,C5,C7,C9,C10,C11,C13,C14,C15,C19,C22,C26,C27,C33,C39,C48,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
8	C12,C21,C23,C29,C31,C32,C36,C42	Ceramic Capacitor	CGA3E1X7R1E105K080AC	TDK	(1*) 1uF/X7R/25V/1608
2	C16,C17	Ceramic Capacitor	CGA3E2C0G1H472J	TDK	(1*) 4700pF/COG/50V/1608
2	C18,C20	Ceramic Capacitor	CGA3E2C0G1H1201080AA	TDK	(1*) 12pF/COG/50V/1608
1	C24	ALUM CAP	EEHZC1E101XP	Panasonic	
2	C25,C28	Ceramic Capacitor	GRM32ER71H106KA12L	MURATA	
1	C3	Ceramic Capacitor	C2012X6S02226M085AC	TDK	(1*) 22uF/X6S/6.3V/2125
1	C30	Ceramic Capacitor	CGA3E3X5R1H105K080AB	TDK	(1*) 1uF/X5R/50V/1608
2	C34,C35	Ceramic Capacitor	C1608X7R1H223K	TDK	(1*) 0.022uF/X7R/50V/1608
1	C37	Film Capacitor	B32922C3684M	EPCOS	
1	C38	Ceramic Capacitor	CGA3E2C0G1H470J080AA	TDK	(1*) 47pF/COG/50V/1608
1	C40	Ceramic Capacitor	C1608C0G1H101J080AA	TDK	(1*) 100pF/COG/50V/1608
2	C41,C45	Ceramic Capacitor	GRM32DR71E106KA12L	MURATA	(1*) 10uF/X7R/25V/3225
4	C43,C44,C50,C51	Ceramic Capacitor	TMK325B7226KMHT	Taiyo Yuden	(1*) 22uF/X7R/25V/3225
1	C46	Ceramic Capacitor	C0603C471J3GACAU0	KEMET	(1*) 470pF/COG/25V/1608
2	C47,C49	ELECTROLYTIC CAP	ESY337M025AG8AA	KEMET	
1	C6	Ceramic Capacitor	C0603C331J3GACTU	KEMET	(1*) 330pF/COG/10V/1608
2	C8,C68	Ceramic Capacitor	TMK325B7226KMHP	Taiyo Yuden	(1*) 4.7uF/X7R/25V/2125
2	D1,D6	DIODE	BAT54SFILM	STMicroelectronics	
1	D10	DIODE	1N4448HWS-7-F	Diodes Inc	
1	D14	DIODE	RCLAMP0502BATCT	Semtech	
4	D2,D3,D4,D5	DIODE	ES3AB-13-F	Diodes Inc	
1	D7	DIODE	BAV99.235	NXP	
2	D8,D9	DIODE	SMAJ20CA	Bourns Inc.	
2	F1,F2	Filter	NFE31PT222Z1E9	Murata	
1	FU1	FUSE	3403.0277	Schurter Inc	
1	FU2	FUSE	3403.0283	Schurter Inc	
7	JP1,JP2,JP3,JP4,JP5,JP6,JP7	Connector	FFC-3AMEP1	HONDA	(1*)
2	JP8,JP21	Connector	FFC-2AMEP1	HONDA	(1*)
1	L1	Inductor	NRS3015T4R7MNGHV	Taiyo Yuden	(2*) VLS3015CX-4R7M(TDK)
1	L2	Inductor	SRN3015-100M	Bourns	(2*) VLS3015CX-100M (TDK)
1	L3	Inductor	NRH3012T220MNV	Taiyo Yuden	(2*) VLS3015ET-220M (TDK)
1	L4	Inductor	VLS5045EX-100M-H	TDK	(2*) SRN5040TA-100M (Bourns)
1	L5	Inductor	NRS8040T100MGJ	Taiyo Yuden	(2*) SRN8040-100M (Bourns)
3	LED1,LED3,LED4	LED	SML-E12M8W	Rohm	
1	LED2	LED	SML-E12V8W	Rohm	
1	PMOD1	Connector	PPPC062LJBN-RC	Sullins	
2	PMOD2,PMOD3	Connector	TSM-106-01-L-DV	SAMTEC	
3	R1,R2,R17	Resistor	RK73B1JTTD330J	KOA	(1*) 33ohm/5%/0.125W/1608
2	R12,R14	Resistor	RK73H1JTTD8201F	KOA	(1*) 8.2K/1%/0.125W/1608
1	R13	Resistor	RK73H1JTTD8870F	KOA	(1*) 887ohm/1%/0.125W/1608
2	R16,R19	Resistor	RK73B1JTTD510J	KOA	(1*) 51ohm/5%/0.125W/1608
1	R18	Resistor	RK73B1JTTD112J	KOA	(1*) 1.1K/5%/0.125W/1608
4	R20,R23,R26,R37	Resistor	RK73H1JTTD2002F	KOA	(1*) 20K/1%/0.125W/1608
2	R21,R38	Resistor	RK73H1JTTD3901F	KOA	(1*) 3.9K/1%/0.125W/1608
1	R22	Resistor	RK73B1JTTD161J	KOA	(1*) 160ohm/5%/0.125W/1608
7	R24,R47,R48,R49,R50,R51,R52	Resistor	RK73B1JTTD105J	KOA	(1*) 1M/5%/0.125W/1608
2	R25,R35	Resistor	RK73B1JTTD104J	KOA	(1*) 100K/5%/0.125W/1608
2	R3,R10	Resistor	RK73B1JTTD472J	KOA	(1*) 4.7K/5%/0.125W/1608
1	R30	Resistor	SPRM12B105J	Akane Dengu	(2*) RCR50+CT52A105J, RCR50ENT52A105J, RCR60CT52A105I(KOA), VR37000001004J.R500(Vishay)
1	R31	Resistor	FMP200JR-52-200K	Yageo	(1*) 200K/500V/2W/DIP
1	R311	Resistor	RK73H1JTTD2002F	KOA	(1*) 20K/1%/0.125W/1608
2	R312,R313	Resistor	RK73B1JTTD270J	KOA	(1*) 27ohm/5%/0.125W/1608
1	R32	Resistor	RK73H1JTTD1502F	KOA	(1*) 15K/1%/0.125W/1608
1	R33	Resistor	RK73H1JTTD9092F	KOA	(1*) 90.9K/1%/0.125W/1608
1	R34	Resistor	RK73H1JTTD8252F	KOA	(1*) 82.5K/1%/0.125W/1608
2	R46,R60	Resistor	RK73B1JTTD101J	KOA	(1*) 100ohm/5%/0.125W/1608
1	R5	Resistor	RK73B1JTTD100J	KOA	(1*) 10ohm/5%/0.125W/1608
6	R53,R54,R55,R57,R58,R62	Resistor	RK73B1JTTD513J	KOA	(1*) 51K/5%/0.125W/1608
1	R56	Resistor	RK73B1JTTD103J	KOA	(1*) 10K/5%/0.125W/1608
3	R59,R61,R71	Resistor	RK73B1JTTD512J	KOA	(1*) 5.1K/5%/0.125W/1608
2	R63,R75	Resistor	RK73Z1JTTD	KOA	(1*) 0ohm/1608
3	R7,R27,R36	Resistor	RK73H1JTTD1001F	KOA	(1*) 1K/1%/0.125W/1608
1	R303	Resistor	RK73H1JTTD1001F	KOA	(1*) 1K/1%/0.125W/1608
1	R74	Resistor	RK73B1JTTD220J	KOA	(1*) 22ohm/5%/0.125W/1608
1	R8	Resistor	RK73B1JTTD162J	KOA	(1*) 1.6K/5%/0.125W/1608
1	R9	Resistor	RK73B1JTTD561J	KOA	(1*) 560ohm/5%/0.125W/1608

(1*)Equivalent product can be changed

(2*)Alternative product

Table 6.2 AC-PLC board (2/2)

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
2	SW6,SW7	Switch	SSSS222700	ALPS	
1	SW8	Switch	SKQMBBE010	ALPS	
2	SW9,SW10	Switch	SSSS213000	ALPS	
1	T2	TRANS	T60403-K5032-X102	VAC Magnetic	
3	TP1,TP4,TP5	TEST PIN	HK-5-G-Black	MAC8	
5	TP2,TP3,TP6,TP7,TP8	TEST PIN	HK-5-G-Red	MAC8	
1	TR1	Transistor	MMBT3904L RFG	Taiwan Semiconductor	
2	TR2,TR3	Transistor	BSS84.215	Nexperia	
1	TR4	Transistor	RK7002BMT116	Rohm	
1	U1	IC	AT25SF081B-SSHB	Adesto	(2*) W25Q80DVS/NIG(Winbond)
3	U10,U12,U13	IC	SN74LVC1T45DCK	TI	
2	U14,U16	IC	SN74LVC2G07DCKR	TI	
1	U15	IC	BD5228G-TR	Rohm	(2*) BD5228G, BD5228G-2MTR(Rohm)
1	U17	IC	ISL85415FRZ	INTERSIL	
1	U2	IC	R9A06G061GNP	Renesas	
1	U3	IC	ISL15102IRZ	INTERSIL	
1	U4	Surge Absorber	ERZE14A511	Panasonic	(2*) ERZ-E14A471 (Panasonic)
1	U5	Photocoupler	PS2561FL-1Y-A	RENESAS/CEL	(2*) PS2561FL-1Y-K-A
4	U6,U7,U8,U9	IC	SN74LVC2T45DCUR	TI	
1	Y1	Crystal	CX2520DB16000D0FLJCC	Kyocera	(2*)DSX221SH (spec:16MHz,CL:8pF, Frequency tolerance:±10ppm, Frequency characteristics over temperature:±15ppm)

(1*)Equivalent product can be changed

(2*)Alternative product

Table 6.3 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/COG/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-2AAMEP1	HONDA	(1*)
1	LED301	LED	SML-E12M8W	Rohm	
1	LED302	LED	SML-E12V8W	Rohm	
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
2	R309,R314	RESISTOR	RK73B1JTTD103J	KOA	(1*) 10K/5%/1608
2	R312,R313	RESISTOR	RK73B1JTTD270J	KOA	(1*) 27ohm/5%/1608
2	SW301,SW302	SWITCH	CHS-04TA	COPAL	
1	U301	IC	R5F5651EHDFP#30	Renesas	
1	Y301	CRYSTAL	ABM3C-24.000MHZ-D4Y	Abracon	

(1*)Equivalent product can be changed

Table 6.4 Filter board

Quantity	Reference	KIND	Parts Name	Manufacturer	Remark
4	C201,C202,C207,C208	Ceramic Capacitor	GRM1885C1H822JA01D	Murata	(1*) 8200pF/COG/50V/1608
1	C203	Ceramic Capacitor	GRM3195C1H153JA01D	Murata	(1*) 0.015uF/COG/50V/3216
2	C204,C205	Ceramic Capacitor	CGA3E2COG1H222J080AA	TDK	(1*) 2200pF/COG/50V/1608
1	C206	Ceramic Capacitor	GRM1885C1H122JA01D	Murata	(1*) 1200pF/COG/50V/1608
1	C209	Ceramic Capacitor	GRM1885C1H152JA01J	Murata	(1*) 1500pF/COG/50V/1608
3	CN201,CN202,CN203	Connector	XG4C-1031	OMRON	
1	JP201	Connector	FFC-2AAMEP1	HONDA	(1*)
3	L201,L202,L210	Inductor	NL453232T-102J-PF	TDK	(2*) PM1812-102J-RC (Bourms)
1	L203	Inductor	NL453232T-561J-PF	TDK	(2*) PM1812-561J-RC (Bourms)
1	L204	Inductor	SRN5040-330M	Bourms Inc.	(2*) NR5040T330M (Taiyo Yuden)
2	L205,L206	Inductor	NL453232T-221J-PF	TDK	(2*) PM1812-221J-RC (Bourms)
1	L207	Inductor	NL453232T-391J-PF	TDK	(2*) PM1812-391J-RC (Bourms)
2	L208,L209	Inductor	NL453232T-151J-PF	TDK	(2*) PM1812-151J-RC (Bourms)
1	R201	Resistor	RK73B1JTTD331J	KOA	(1*) 330ohm/5%/0.125W/1608
1	R202	Resistor	RK73B1JTTD132J	KOA	(1*) 1.3K/5%/0.125W/1608
2	R203,R207	Resistor	RK73Z1JTTD	KOA	(1*) 0ohm/1608
1	R204	Resistor	RMCP2010J100R	STACKPOLE	(1*) 100ohm/5%/1W
1	R205	Resistor	RK73B1JTTD561J	KOA	(1*) 560ohm/5%/0.125W/1608
1	R206	Resistor	RK73B1JTTD222J	KOA	(1*) 2.2K/5%/0.125W/1608
1	R209	Resistor	RK73B1JTTD202J	KOA	(1*) 2K/5%/0.125W/1608

(1*)Equivalent product can be changed

(2*)Alternative product

Table 6.5 PMOD conversion board

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

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/>

お問合せ先

<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	2022.07.01		初版発行

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まれます。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）、交通管制（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も、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て、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いたします。
 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/

