

RL78/G24 Interleaved PFC + LLC Board 400W Kit マニュアル

ルネサス エレクトロニクス

www.renesas.com

本資料に記載の全ての情報は本資料発行時点のものであり、ルネサス エレクトロニクスは、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。
ルネサス エレクトロニクスのホームページなどにより公開される最新情報をご確認ください。

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレイやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違えば、フラッシュメモリ、レイアウトパターンなどの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が異なる製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

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、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た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（豊洲フォレストシア）

www.renesas.com

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/

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。




安全にお使い頂く為に

本項では、本製品を安全にお使いいただくための注意事項について説明しています。製品をお使いになる前に必ずお読みください。

表記の意味





本書では、製品を安全にお使いいただくための事項を次のように記載しています。

この取扱説明書に記載されている表示内容を守らなかった場合、人的傷害を負う可能性、または物的損害が発生する可能性について、想定される内容を次のとおり表しています。







 危険	使用者が死亡または重症を負うことが想定され、かつその切迫性が高い内容を示します。
 警告	使用者が死亡または重症を負うことが想定される内容を示します。
 注意	人が傷害を負うことが想定される、もしくは物理的損害の発生が想定される内容を示します。

本製品の警告表示





n 危険項目

 危険	
  	<ul style="list-style-type: none"> ● 本製品の使用は、電気的および機械的なコンポーネント、システムに精通し、かつ取り扱いに関するリスクを熟知した、電源装置の取り扱いに関して教育・訓練された人、あるいはスキルを持った人（以下「ユーザー」）が設備の整った研究(R&D)施設内にて研究目的で使用することに限定します。 マニュアルに記載されている注意事項をよく読み、使用者と使用場所を限定してください。 ● 本製品には危険な可能性のある高温の部品が含まれています。通電中は製品やケーブルに触れないでください。 ● 基板やコネクタ、ケーブルに導電性物質やゴミが付着していないかよく確認してください。 ● 通電中は製品に触れないでください。 ● 電源を供給する前に、製品が絶縁され、安定した場所に置かれていることを確認してください。

n 警告項目

 警告	
	動作中および電源遮断後約 30 秒間は端子に高電圧が印加されています。この間は端子や製品に触れないでください。
	コネクタ、ケーブル、端子台のネジは必ず確実に接続されていることを確認してください。接続が不完全な場合、火災、火傷、感電、ケガの原因となります。 ネジは必ず規格に合ったものを使用してください。
	マニュアルに記載されている条件に合った電源装置を使用してください。 火災、やけど、感電、けが、故障の原因となります。
	システムを一定期間使用しない場合やシステムを移動する場合は、電源を切り、すべてのケーブルを取り外してください。 火災、やけど、感電、故障の原因となります。 これにより、落雷による損傷からシステムが保護されます。
	電源供給を停止（遮断）できる機構（スイッチ、コンセントなど）に手が届くところでご使用ください。 緊急時には、速やかに電源を遮断する必要がある場合があります。
	本製品では主電源回路の GND が CPU ボードの GND に接続されています。ユーザが製品を評価する場合、測定器の接続方法によっては製品や測定器を破損する可能性がありますのでご注意ください。
	万一、煙や異臭、異常な音、異常な発熱などが発生したときは、直ちに電源供給を停止してください。そのまま使用すると、火災、やけど、感電の原因になります。
	本製品を分解、改造または修理はしないでください。 火災、やけど、感電、けが、故障の原因となります。
	研究(R&D)施設内での電源装置の評価以外に本製品を使用しないでください。また、本製品またはその一部を他の機器に組み込まないでください。 製品の電源が入っているときは、ケーブルやコネクタの抜き差しをしないでください。 製品には安全保護ケースは付いておりません。安全保護のため、ユーザは製品を覆う必要があります。 火災、感電、やけど、故障の原因となります。 本来の用途以外に使用した場合、期待通りの性能が発揮できない場合があります。

n 注意項目

 注意	
	高温注意！ 機器は熱くなります。触れると火傷を負う恐れがあります。
	システムの電源をオンまたはオフにするときは、マニュアルに指定されている手順に従ってください。発熱や故障の原因となります。
	静電気注意 静電気防止バンドを使用してください。誤動作や不安定な動作の原因となります。

目次

1. 概要.....	5
1.1 本書の前提.....	5
1.2 RL78/G24 によるデジタル電源の特長.....	5
1.3 本製品の構成.....	6
2. ハードウェア構成.....	7
2.1 詳細仕様.....	7
2.2 保護機能.....	8
2.2.1 ハードウェアの保護機能.....	8
2.2.2 ソフトウェアの保護機能.....	8
2.3 機能ブロック図.....	9
2.4 基板レイアウト.....	10
2.4.1 メインボード.....	10
2.4.2 IPD 回路ボード.....	11
2.4.3 デバッグボード.....	12
2.5 ジャンパーの設定.....	13
2.6 コネクタピンアサイン.....	14
2.6.1 メインボード.....	14
3. セットアップガイド.....	16
3.1 お客様にご用意頂くもの.....	16
3.2 ソフトウェアのインストール.....	16
3.2.1 QE for Lighting & Power ツールを使用しない場合.....	16
3.2.2 QE for Lighting & Power を使用する場合.....	16
3.3 設置と各ボードの接続.....	19
3.4 デバッグもしくは書き込み(要交流電力供給).....	20
3.4.1 操作手順.....	20
3.4.2 電源供給ルート.....	24
3.5 書き込みのみ(AC 電源供給不要).....	25
3.5.1 操作手順.....	25
3.5.2 電源供給ルート.....	28
4. 評価.....	29
4.1 電子負荷を使用した評価.....	29
4.2 QE for Lighting & Power を使用した評価.....	31
4.2.1 操作手順.....	31
4.3 QE for Lighting & Power を使用した書き込み.....	40

4.3.1	操作手順.....	40
5.	ハードウェア設計概要	44
5.1	突入電流保護リレー.....	45
5.2	AC 入力電圧検出回路(AC_V)	46
5.3	AC 消費電流検出回路(AC_CS).....	47
5.4	PFC 回路	48
5.4.1	回路制御の概要	48
5.4.2	出力過電流検出回路(PFC_CS_M/S)	49
5.4.3	出力電圧検出回路(PFC_V_FB).....	50
5.5	LLC 回路.....	51
5.5.1	回路の概要	51
5.5.2	動作.....	52
5.5.3	出力電圧検出回路(LLC_x_V_FB)	53
5.5.4	過電流保護(LLC_CS).....	54
5.6	その他 I/O	56
5.6.1	シリアル通信	56
5.6.2	プッシュスイッチ	56
5.6.3	IR 受信.....	56
6.	安全上の注意	57
7.	規制に関する情報	57
7.1	材料の選定、消費、リサイクル、および廃棄の標準.....	57
8.	ウェブサイトおよびサポート.....	58
9.	参考ドキュメント	58
	改訂履歴	59

1. 概要

RL78/G24 Interleaved PFC+LLC Board 400Wはデジタル電源の評価キットです。本製品を使用することでデジタル電源の評価を簡単に行うことができます。

1.1 本書の前提

1. マイコンツールチェーン使用経験：本書は、統合開発環境（IDE）やオンチップ・デバッガなどの使用経験をお持ちであるユーザを想定しています。
2. ソフトウェア知識：本書は、MCU、組み込みシステムにおいて、C言語またはアセンブリ言語のサンプルプロジェクトを実行または修正に必要な基本知識をお持ちであるユーザを想定しています。
3. 本製品の使用には、静電防止バンドを使用してください。静電気を帯電している状態で本製品に触れると機器の故障や動作不安定の原因になります。
4. 本製品は電源制御および高電圧機器処理の知識を持つエンジニアが研究施設内で使用することを想定しています。
5. 本製品をご使用の際は、本書の安全上の注意事項（6章参照）を必ずお守りください。安全対策を講じずに本製品を使用すると、感電や火傷の恐れがあります。

1.2 RL78/G24 によるデジタル電源の特長

RL78/G24 によるデジタル電源ソリューションは、PWM 制御パターンの最適化と運転モードの柔軟な切り替えをソフトウェアで実現することにより、高効率動作と軽負荷・待機時の低消費電力を両立できる点が大きな特長です。従来のアナログ制御方式では困難な制御シーケンスの実装や微細な PWM 調整も、専用ハードウェアを搭載した RL78/G24 によるデジタル制御で容易に実現可能です。これらの柔軟性と電源効率の向上により、各種エネルギー規制への対応が容易となるほか、発熱を抑制してヒートシンク等の冷却部品を小型化できるため、電源システム全体のコストダウンにも貢献します。

より具体的な特長は次の通りです。

- デジタル電源向けの高度な専用周辺機能が搭載されています。例えば、16 ビット・タイマ KBn の PWM 出力機能および、外部割込みまたはコンパレータによるタイマ・リスタート機能は、臨界導通モード(CrM)での力率改善(PFC)制御や LLC コンバータ制御をハードウェアでサポートし、コンバータの基本動作が実現可能です。CPU または FAA がフィードバック制御をすることで、高効率・高力率な PFC や LLC を本マイコンで実現できます。
- 電源保護に使用できる機能を含んでいます。高速コンパレータまたは外部割り込みと連携するタイマ KBn の強制出力停止機能により、PFC 回路や LLC 回路で過電流・過電圧が検出されると、CPU や FAA を介さず、かつ、非同期で即時遮断してデバイスや周辺部品を保護できます。これはハードウェア的に実現されており、ソフトウェア処理の遅延がなく確実かつ高速なシャットダウンを保証します。さらに緊急停止後のリカバリはソフトウェアで制御できるため、再起動シーケンスや保護解除条件をシステム要件に応じて柔軟に設計可能です。
- フレキシブル・アプリケーション・アクセラレータ（FAA）と呼ばれる独立動作型の 32bit コプロセッサを内蔵しています。FAA は CPU とは別に動作し、電源制御のフィードバック演算などを高速に処理できるため、リアルタイム性が要求される制御ループを CPU の介入なしで実行することができます。これによりフィードバック応答の高速化と CPU 負荷軽減が図られ、CPU は通信処理や上位システム制御に専念できるため、システム全体として高い制御性能と安定性を実現します。
- よく使われる通信(UART, SPI, PMBus/SMBus, 赤外線 IR)をサポートする周辺機能を搭載しています。例えば、リモート・コントロール信号受信に 16 ビット・タイマ・アレイ・ユニットのパルス間隔測定機能を使用することができます。これにより、データ受信時の CPU 負荷を軽減することができます。

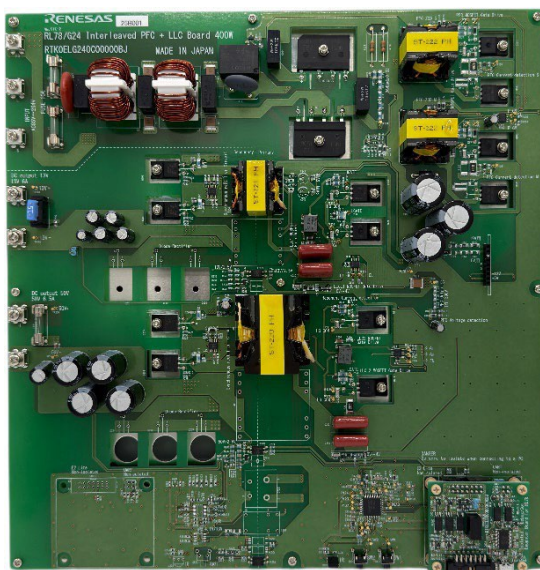
1.3 本製品の構成

本製品は以下の部品で構成されています。

1. メインボード (型名 : RTK0ELG240C00000BJ)
2. IPD 回路ボード (型名 : RTK0ELPB00B00000BJ)
3. デバッグボード (型名 : RTK0ELDB00B00000BJ)

別途準備が必要なもの

4. E2 エミュレータ Lite (以下、E2 Lite と略記)
5. USB Mini-B ケーブル (E2 Lite に同梱)
6. ユーザインタフェースケーブル (E2 Lite に同梱)
7. フェライトクランプ RFC-H13 (北川工業製) 相当品 (入力部に1ターンで設置)



1. メインボード



2. IPD 回路ボード



3. デバッグボード



4. E2 エミュレータ Lite



5. USB Mini-B ケーブル



6. ユーザインタフェースケーブル



7. フェライトクランプ

図 1.1 本製品の構成

2. ハードウェア構成

2.1 詳細仕様

表 2.1 概要

項目	内容
製品名	RL78/G24 Interleaved PFC+LLC Board 400W Kit
基板型名	RTK0EL0006D00000BJ
製品寸法	325 mm(W) x 315 mm(L) x 80 mm(H)
耐電圧	入力-FG 間、入力-出力間 300V _{AC} 1 分間
絶縁抵抗	入力-FG 間、入力-出力間 30M Ω 以上 / 500V _{DC}
使用環境	室内使用に限る 気温 0 ~ 40°C 湿度 20 ~ 85% RH 過電圧カテゴリー II 汚染度 2
EMC 規格	<ul style="list-style-type: none"> EN61326-1:2021 EMI : Class A EMS : Industrial Electromagnetic Environment

注意：本製品は、評価および開発フェーズでの利用に最適化された製品です。そのため、EU 低電圧指令 (LVD: 2014/35/EU) に基づく適合評価・認証は実施していません。

表 2.2 入出力仕様

項目	内容	備考		
入力	電圧	90V _{AC} ~264V _{AC}	ハードウェア上の設計範囲です。組み合わせるプログラムに依存しますので、詳細はプログラムのアプリケーションノートを参照ください。	
	周波数	50/60Hz		
	最大電力	400W		
出力	PFC	定格電圧	386V _{DC}	LLC 入力電圧
		最大電流	1.044A	
	LLC1 (出力 1)	定格電圧	13V _{DC} \pm 5%	
		最大電流	6.0A	
		最大電力	78W	
	LLC2 (出力 2)	定格電圧	50V _{DC} \pm 5%	
最大電流		6.5A		
最大電力		325W		
その他	力率	0.96 以上		
	総合効率	95%以上		
	待機電力	0.3W 以下	Standby モード,出力 1=0.15W 負荷時	

2.2 保護機能

本ボードには、マイコンに内蔵しているコンパレータとタイマによるハードウェアの保護機能とプログラムの動作で実現しているソフトウェアの保護機能があります。

2.2.1 ハードウェアの保護機能

ハードウェアで実現している下記の保護機能は、ソフトウェアを介さずに異常検出及び動作停止を高速に実現している保護機能となります。

2.2.1.1 PFC OCP

PFC の MOSFET ソース電流を電圧変換したものが、RL78/G24 のコンパレータに印加される回路になっています。RL78/G24 の D/A コンバータの出力を基準電圧として使用し、その電圧以上が検出された場合に、RL78/G24 の 16 ビット・タイマ TMKB にある強制出力停止機能により PFC の PWM 出力を強制的に停止できるように設計されています。本機能を PFC の OCP (Over Current Protection)と定義しています。

2.2.1.2 LLC OCP

LLC の共振電流を電圧変換したものを対象に、RL78/G24 のコンパレータに印加します。基準電圧として RL78/G24 の D/A コンバータにて設定した電圧以上の電圧入力を検出した場合に対象の LLC の出力を強制的に停止する機能を保有しております。その機能を LLC の OCP (Over Current Protection)と定義しています。

2.2.2 ソフトウェアの保護機能

ソフトウェアによる保護機能について説明します。具体的な閾値等はアプリケーションノート「RL78/G24 PFC+LLC コンバータによる定電圧制御 (R01AN8175JJ0100)」の 3.3.1 章を参照してください。

2.3 機能ブロック図

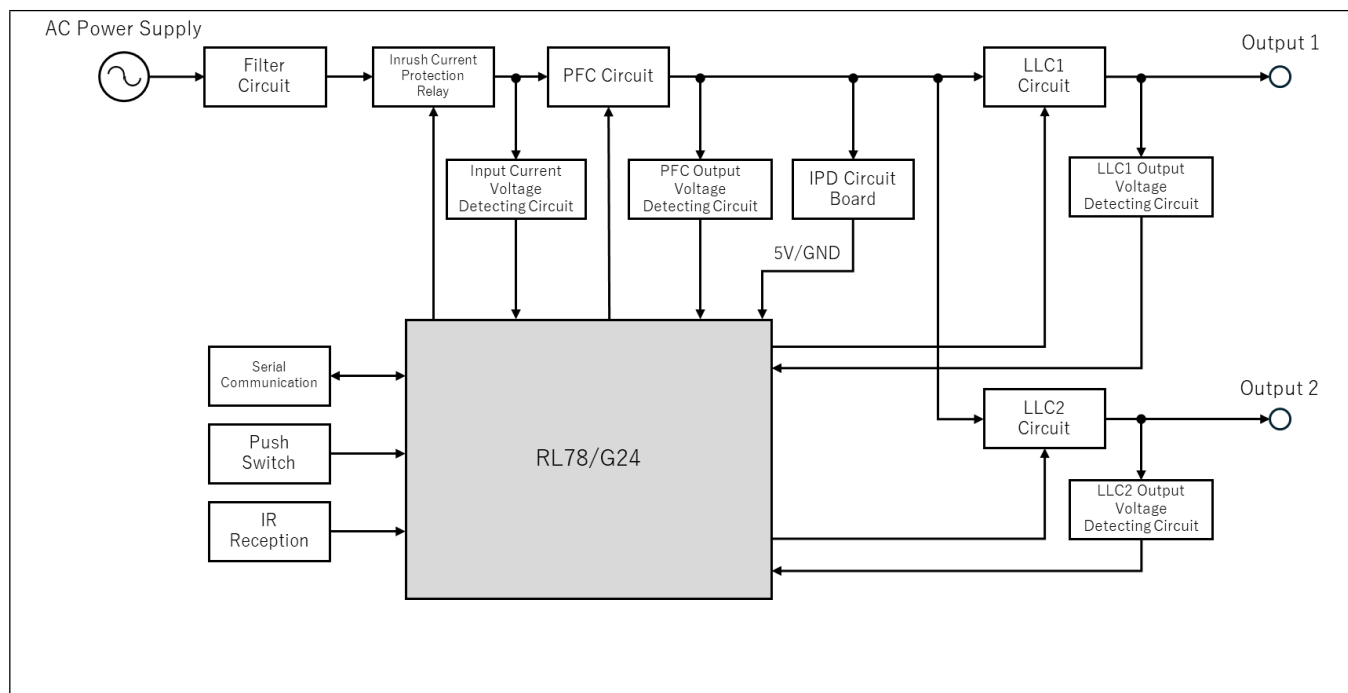


図 2.1 機能ブロック図

2.4 基板レイアウト

2.4.1 メインボード

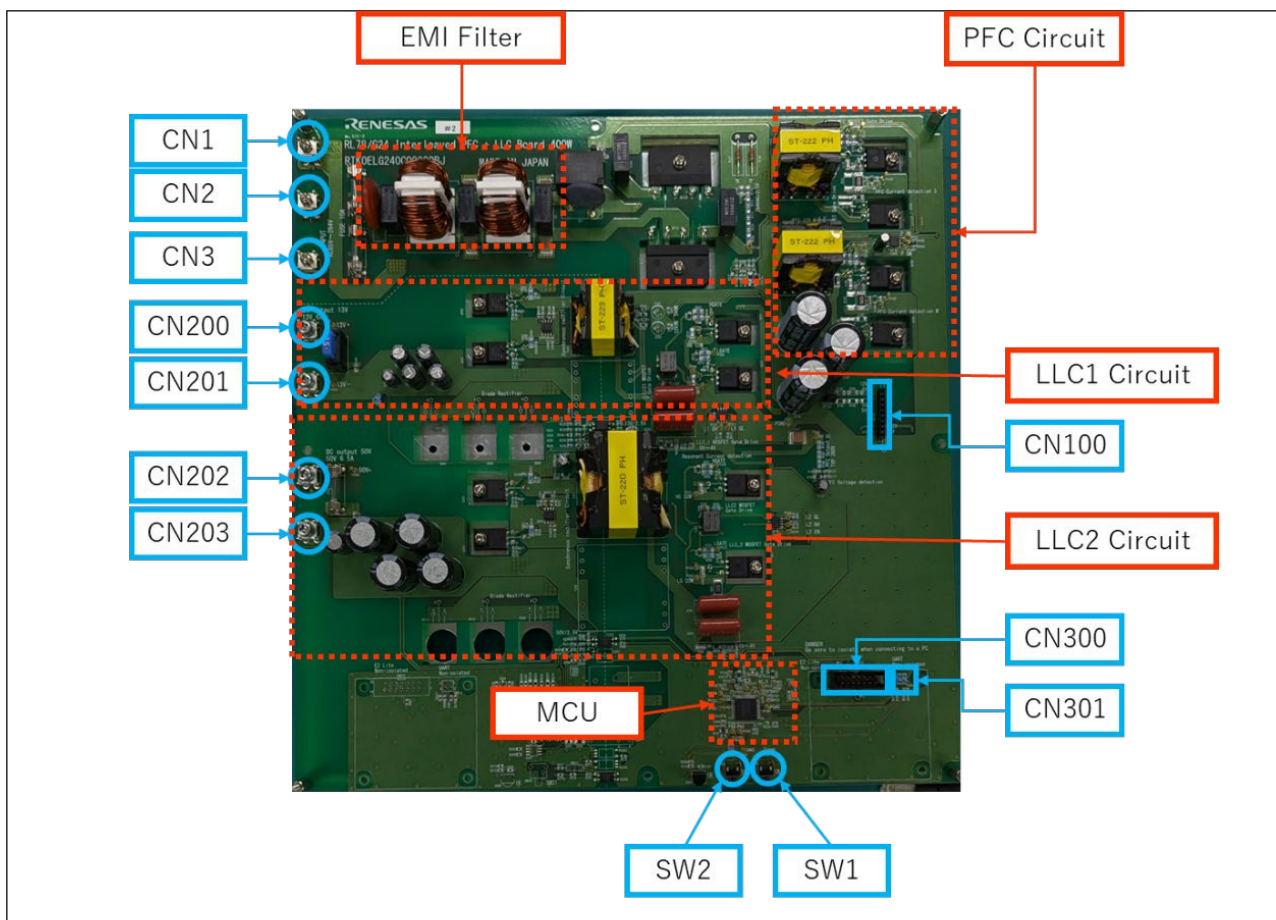


図 2.2 メインボード外観・レイアウト

メインボードの入出力端子一覧を表 2.3 に記載します。

表 2.3 メインボード入出力端子一覧

端子	I/O	機能	備考
CN1	-	FG	
CN2	I	AC (L)入力	90-264V _{AC}
CN3	I	AC (N)入力	
CN200	O	出力 1 (+)	6.0A Max
CN201	O	出力 1 (-)	
CN202	O	出力 2 (+)	6.5A Max
CN203	O	出力 2 (-)	
CN100	I/O	IPD ボード	
CN300	I/O	デバッグボード	
CN301	I/O	デバッグボード	

2.4.2 IPD 回路ボード



図 2.3 IPD 回路ボード外観

IPD 回路ボードの入出力端子(CN500)の機能を表 2.4 に記載します。

表 2.4 IPD ボード入出力端子一覧

端子	I/O	機能	備考
C	I	Vin	
2	-	N/A	
3	-	N/A	
4	-	N/A	
5	-	N/A	
6	-	N/A	
7	O	12V out	
8	O	5V out	
9	I	GND	

2.4.3 デバッグボード

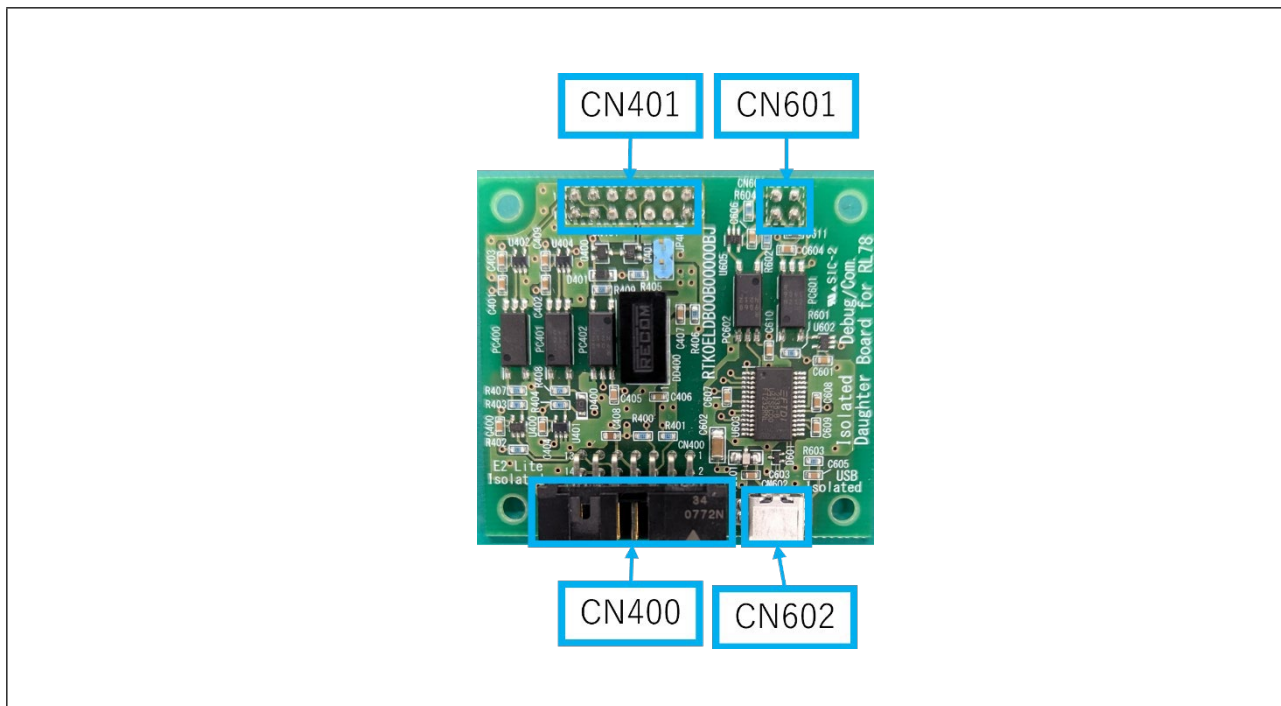


図 2.3 デバッグボード外観・レイアウト

デバッグボードの入出力端子一覧を表 2.5 に記載します。

表 2.5 デバッグボード入出力端子一覧

端子	I/O	機能	備考
CN400	I/O	E2 Lite 接続端子	
CN401	I/O	メインボードの CN300 と接続	
CN601	I/O	メインボードの CN301 と接続	
CN602	I/O	USB 端子 (Mini-B)	

2.5 ジャンパーの設定

デバッグボードには絶縁型 DC/DC コンバータが搭載されており、E2 Lite からコンバータを経由してメインボード上の MCU に電源を給電することができます。給電はジャンパーピン(JP400)のオープン/ショートで切り替えることができます。

本ジャンパをショートで使用する際は、AC 電源を接続しないようにしてください。

表 2.6 ジャンパーピンの初期設定と機能

ジャンパーピン	初期設定	機能
JP400	オープン	オープン: E2 Lite からメインボードの MCU へ電源を供給しない ショート: E2 Lite からメインボードの MCU に 3.3V 電源を供給

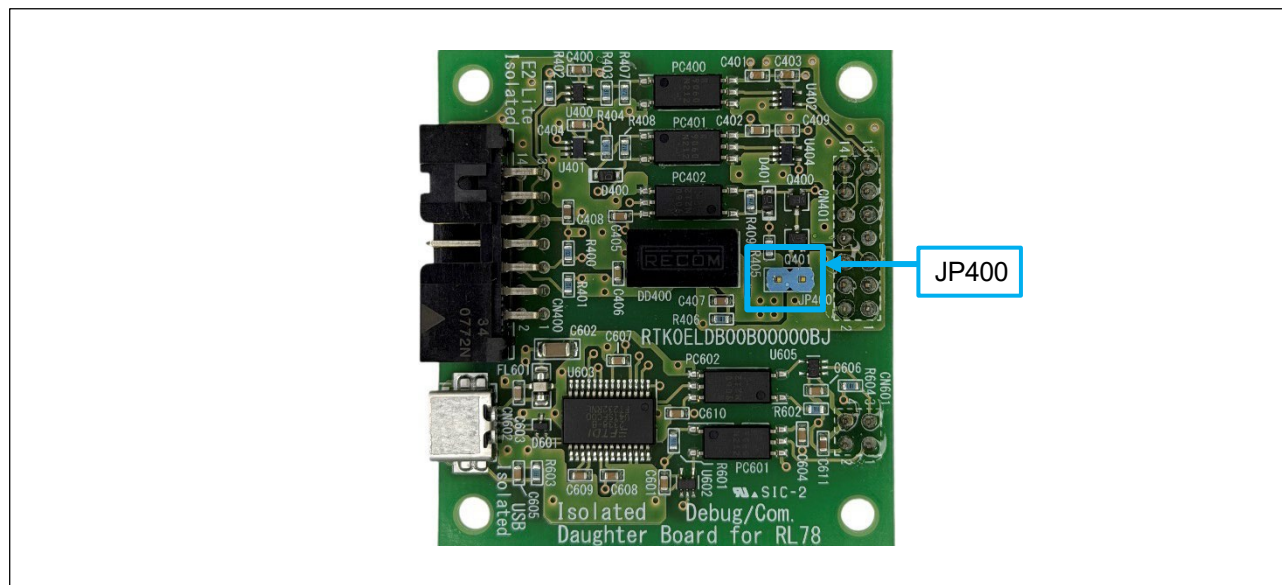


図 2.4 ジャンパーピンの位置

2.6 コネクタピンアサイン

2.6.1 メインボード

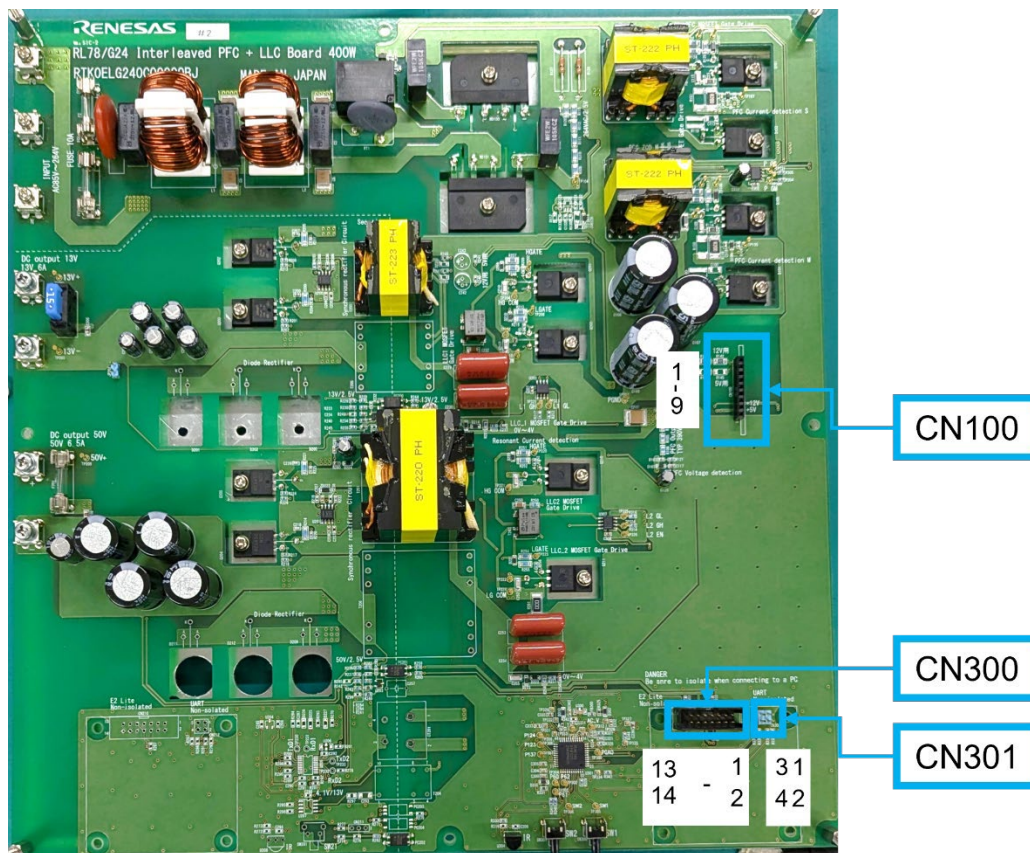


図 2.3 コネクタの位置とピン番号

表 2.7 CN100 コネクタピンアサイン

Pin 番号	信号名	機能
1	V_Start_1	Vin
2	-	N/A
3	-	N/A
4	-	N/A
5	-	N/A
6	-	N/A
7	+12V	12V out
8	+5V	5V out
9	PGND	GND

表 2.8 CN300 コネクタ ピンアサイン

Pin 番号	信号名	機能
2, 12, 14	GND	PGND
5	TOOL0	I/O
6	RESET_IN	リセット入力
8	VDD	+5V
9	EMVDD	+5V
10,13	RESET_OUT	リセット出力
1,3,4,7,11	NC	-

表 2.9 CN301 コネクタ ピンアサイン

Pin 番号	信号名	機能
1	RXDin	I
2	+5V	+5V in
3	TXDout	O
4	GND	PGND

3. セットアップガイド

本製品を使用する場合、以降の章にて指定される機器を準備し、記載された手順に従ってセットアップしてください。セットアップを完了し設定を確認するまではボードに電源を供給しないでください。

3.1 お客様にご用意頂くもの

本製品でソフトウェアの開発および評価を行うには以下のソフトウェアが必要になります。

- (1) Smart Configurator for RL78 (V1.12.0 or later)
- (2) Renesas Flash Programmer (V3.11.02 or later)
- (3) CS+ for CC (V8.09.01 or later)
または IAR Embedded Workbench for RL78 (V5.10.3 or later)
または e2 studio (2025-10 or later)

評価にQE ツールを使用する場合、加えて下記のソフトウェアが必要になります。

- (4) Renesas QE for Lighting & Power (V200_20251107)

その他、ハードウェアとして以下のものが必要になります。

- (5) 上記の必要なソフトウェアを起動できる PC (対応 OS: Windows 11)
- (6) USB Mini-B ケーブル (E2 Lite に付属するものとは別に 1 本)
- (7) E2 Lite
- (8) 交流安定化電源装置(100V~240V)

3.2 ソフトウェアのインストール

3.2.1 QE for Lighting & Power ツールを使用しない場合

QE for Lighting & Power を使用せずデバッグ・評価を行う場合、上記のソフトのうち必要なものを個別に各社ホームページの指示に従ってダウンロードし、任意の場所にインストールしてください。

URL: <https://www.renesas.com/ja/design-support/development-tools>

3.2.2 QE for Lighting & Power を使用する場合

3.2.2.1 Renesas QE for Lighting & Power のインストール

- (1) ダウンロードしたzip ファイル“RenesasQE_Lighting_Power_V200_20251107.zip”.を任意の場所に解凍してください。

注: ツールをOS のプログラムフォルダ (C:\Program Files) の下に置かないでください。

- (2) 解凍したフォルダ内の zip ファイル“com.renesas.qe.lighting.power_download.zip”を解凍し、“C:\Users\<username>\.eclipse”の位置にコピーしてください。
- (3) “RenesasQE_Lighting_Power_V200_20251107\QE-Lighting-Power\eclipse”フォルダを開き、“qe-lighting-power.exe”を起動してください。
- (4) 初回起動時には、使用許諾契約書のダイアログが表示されます。内容を確認後、「同意する」または「同意しない」を選択してください。「同意する」を選択した場合は、製品が起動して使用可能になります。「同意しない」を選択した場合は、製品は起動しません。

3.2.2.2 他ソフトのインストール

- (1) QE for Lighting & Power のウィンドウにて「環境設定を開く」をクリックしてください(図 3.1)。
- (2) 「CS+」または「IAR」または「e2 studio」、「Renesas Flash Programmer」(RFP)、「スマート・コンフィグレータ」のインストール場所が表示されます(図 3.2)。
- (3) これらのソフトが既にインストールされている場合は、指定のフォルダのパスが自動で入力されます。
- (4) インストールされていない、もしくは黄色の「！」が表示されている項目がある場合、そのソフトの項目の「ダウンロード」をクリックし、開かれた各社ホームページの指示に従って必要なソフトをダウンロード・インストールしてください。
- (5) 全てのソフトのインストールが完了したら“Apply and Close”をクリックしてください。

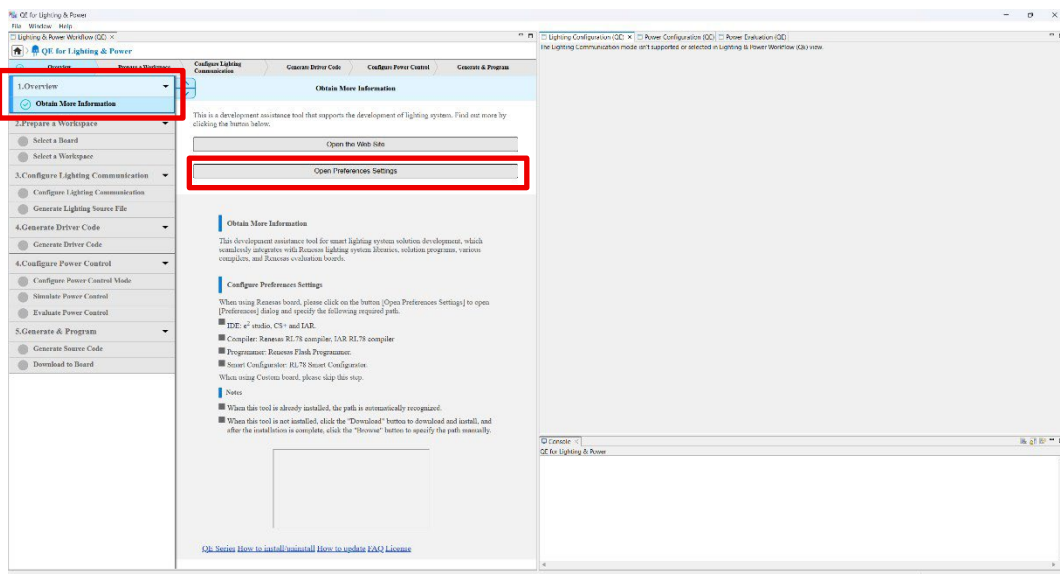


図 3.1 QE for Lightning & Power

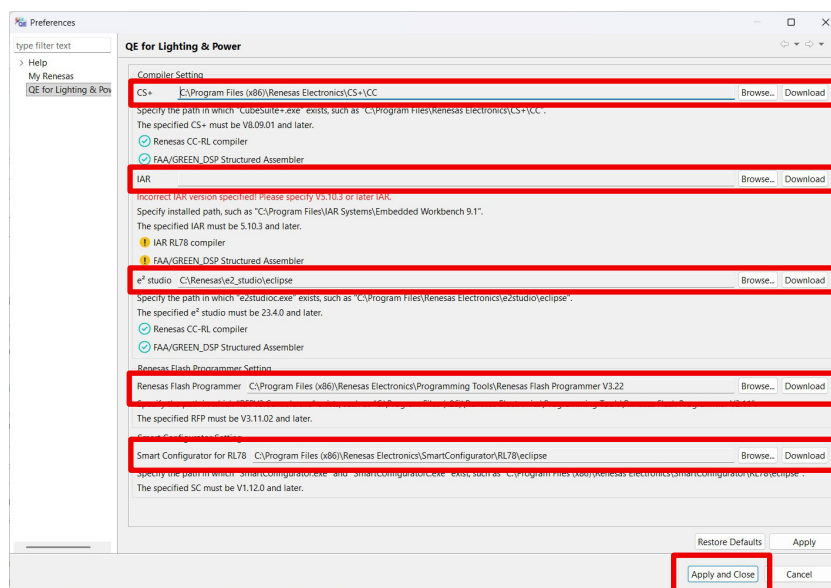


図 3.2 環境設定

3.2.2.3 ワークスペースの準備

- (1) 「2.ワークスペースの準備」下にある「ボードの選択」をクリックしてください(図 3.3)。
- (2) 「ルネサスボード」のラジオボタンを選択し、「対象プロジェクトの選択」から “[R01AN8175EJ0100] RL78/G24 TV Application Model” を選択してください。

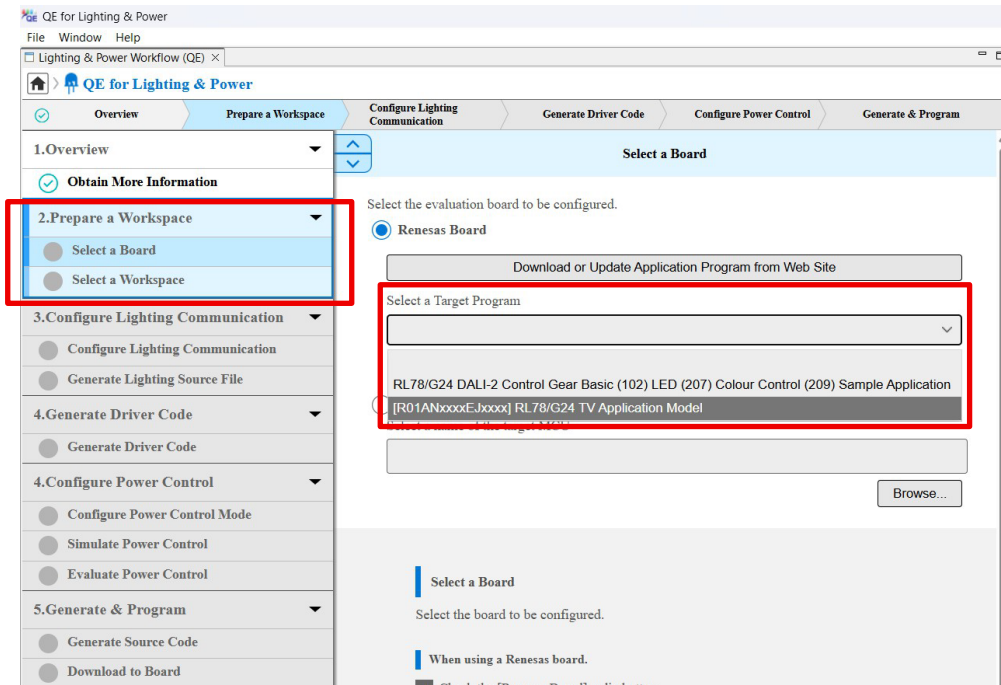


図 3.3 ボードの選択

- (3) 「ワークスペースの選択」をクリックし、ワークスペースにするフォルダを指定してください。フォルダ名は絶対パスでアルファベット、数字、アンダーバー、スペースのみが使用できます。

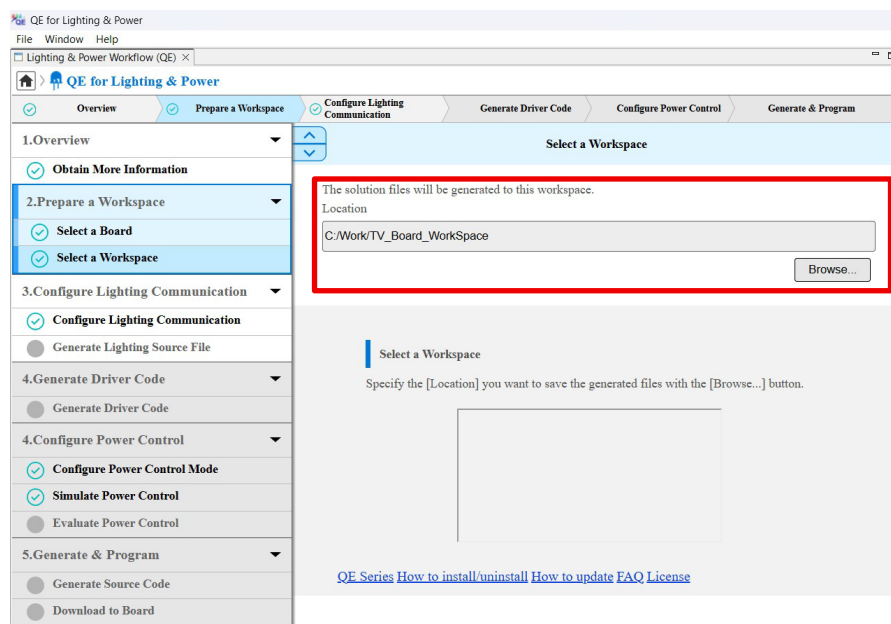


図 3.4 ワークスペースの選択

3.3 設置と各ボードの接続

メインボードを設置した後、メインボードのCN100に IPD 回路ボードのCN500 を、メインボードの CN300・CN301 に CN401・CN601 を、それぞれ差し込んでください。

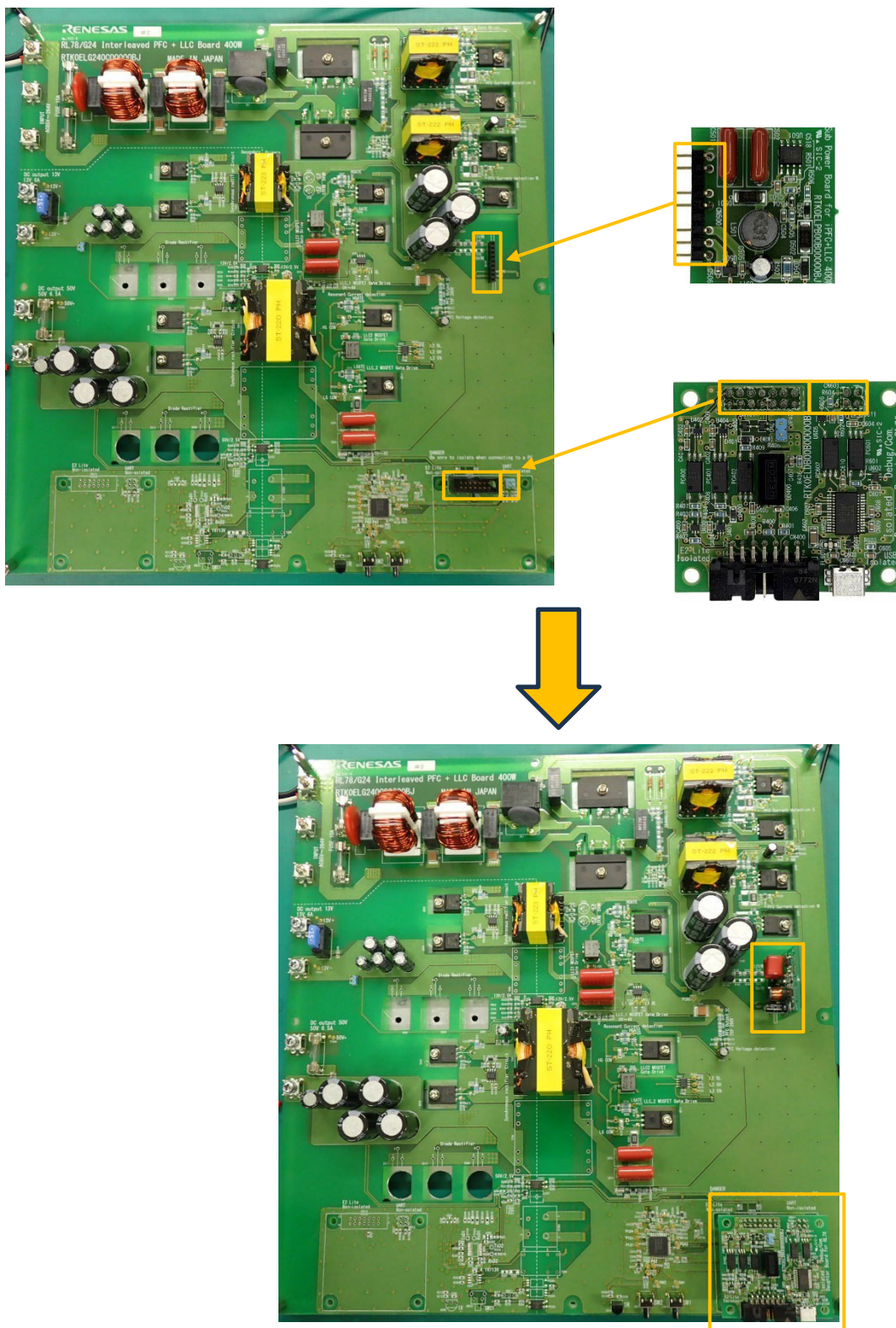


図 3.5 各ボードの接続の様子

3.4 デバッグもしくは書き込み(要交流電力供給)

3.4.1 操作手順

1. デバッグボードのJP400がオープンになっていることを確認してください。

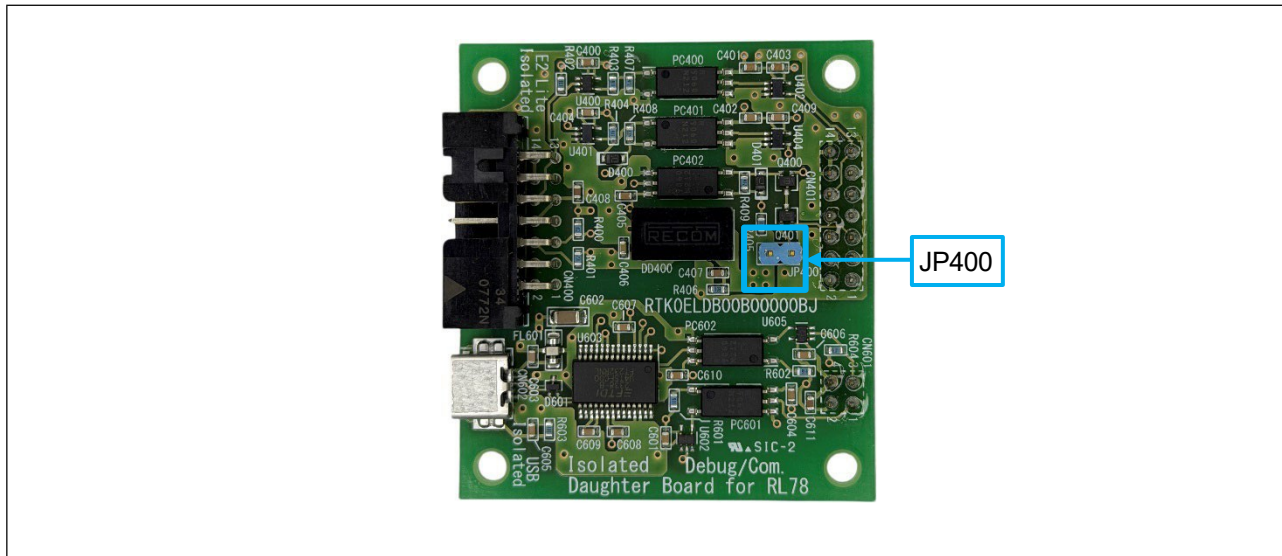


図 3.6 ジャンパーピンの位置

2. デバッグボードのCN400とE2 Liteを、ユーザインタフェースケーブルを用いて接続してください。

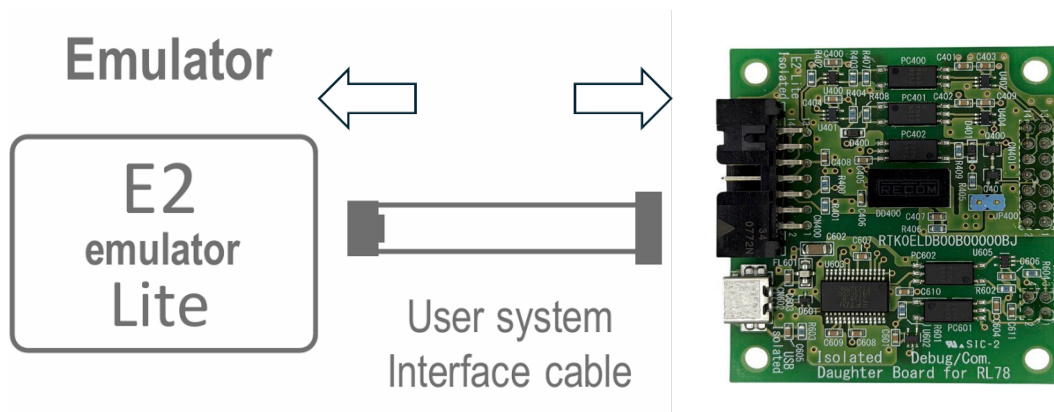


図 3.7 E2 Lite とデバッグボードの接続

3. メインボードの CN2(L)と CN3(N)に交流安定化電源を接続し、電力を供給させてください。

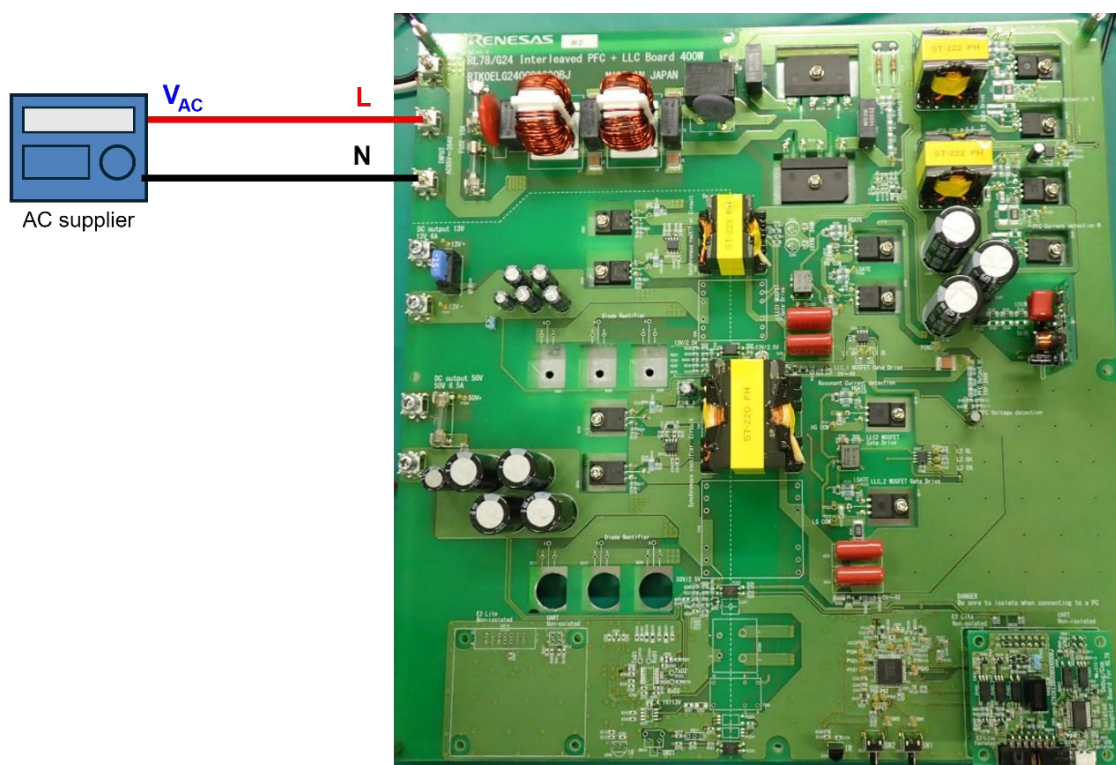


図 3.8 AC 電源の接続

4. E2 Lite を PC に USB Mini- B ケーブルで接続してください。

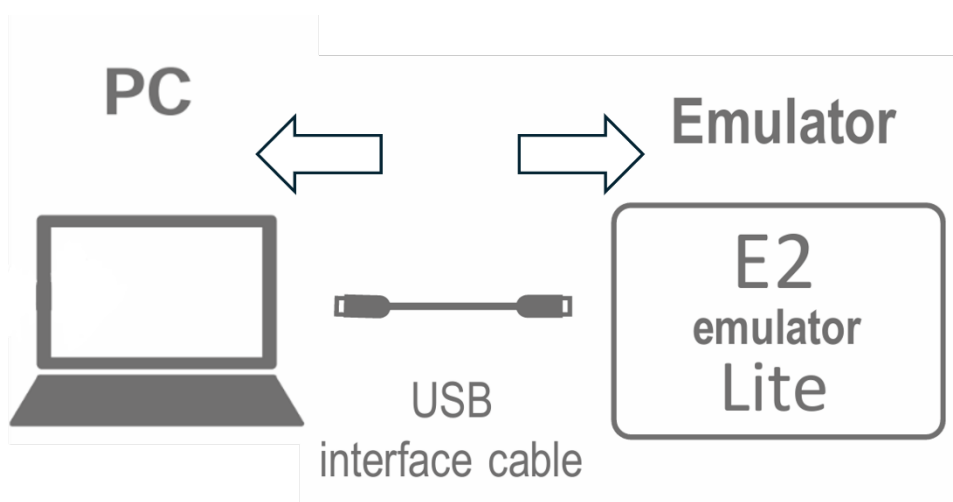


図 3.9 PC と E2 Lite の接続

5. QE ツール、RFP、統合開発環境(IDE)のいずれかでデバッグもしくはファームウェアの書き込みを行ってください。この際、ソフトウェア上で、E2 Lite を介してデバッグボードに 3.3V 電源を供給する設定にしてください。

- デバッグを継続する場合、RUN後にメインボード上のスイッチを押してスタートアップシーケンスを続行してください (現在のファームウェアにのみ適用されます)。

SW2 : Standby/Normal モード切り替え

SW1 短押し : LLC2 起動/停止

SW1 長押し : 最大周波数リミット 機能 ON/OFF

※短押し : 2 秒未満押下 長押し : 3 秒 以上押下

注意 : 待機電力を測定するために単体で動作させる場合は、デバッグボードの電流消費の影響を避けるため、デバッグボードを取り外してください。

デバッグボードの取り付け・取り外しは、必ず電源を切った状態で行ってください

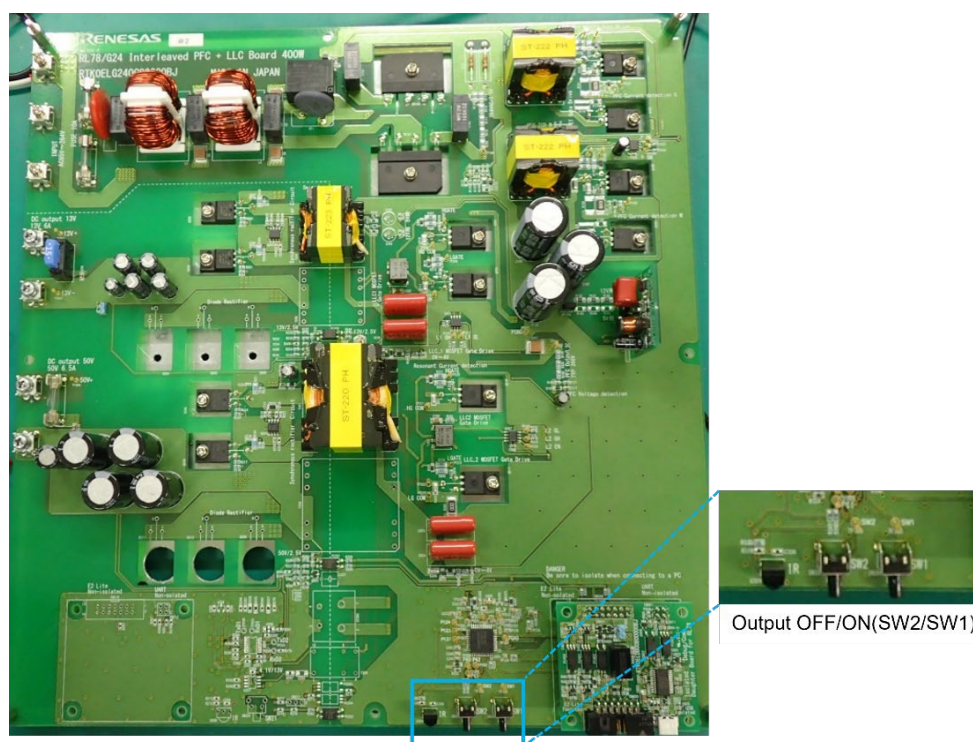


図 3.10 メインボードのスイッチの位置

- デバッグもしくはファームウェアの書き込みが完了した際は、まず交流安定化電源の供給を止め、その後 E2 Lite を取り外してください。

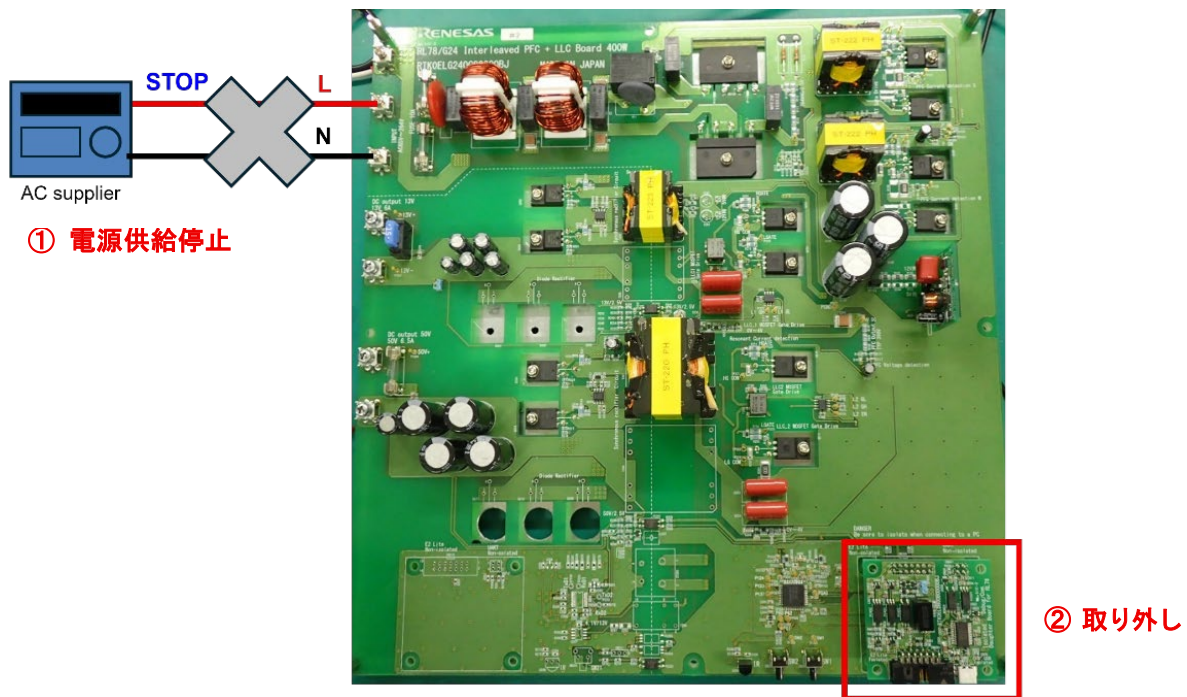


図 3.11 デバッグボードの取り外し

3.4.2 電源供給ルート

電源供給ルートは下記の図のようになります。

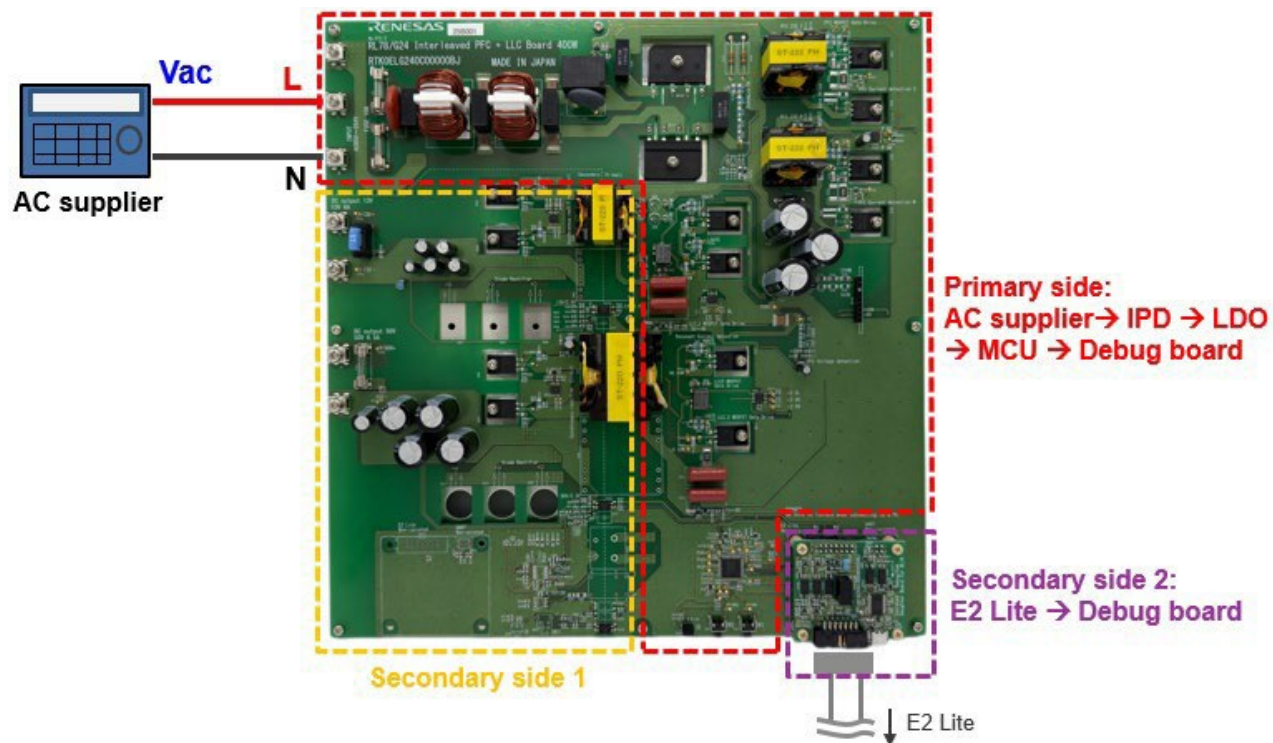


図 3.12 電源供給ルート

3.5 書き込みのみ(AC 電源供給不要)

3.5.1 操作手順

1. 交流安定化電源から電力が供給されていないことを確認してください。

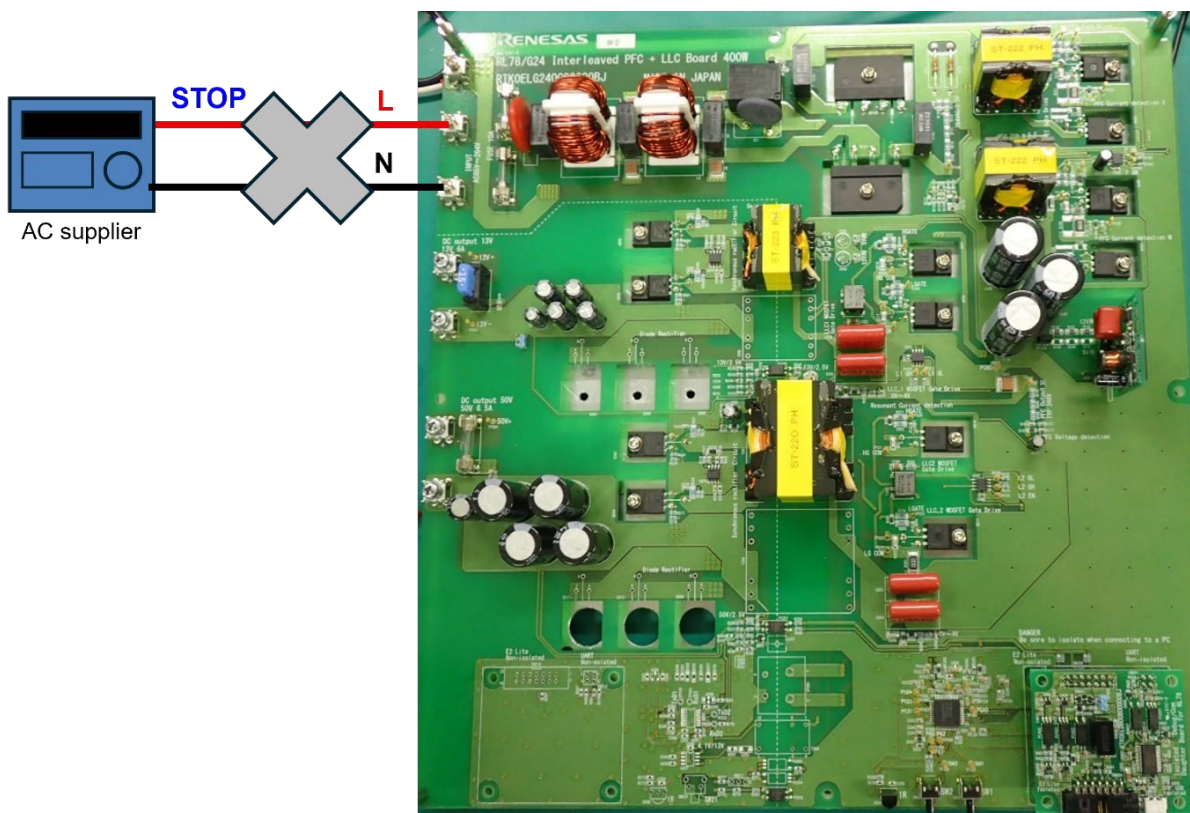


図 3.13 AC 電源からの電力供給の確認

2. デバッグボードのJP400 をジャンパーでショートさせてください。

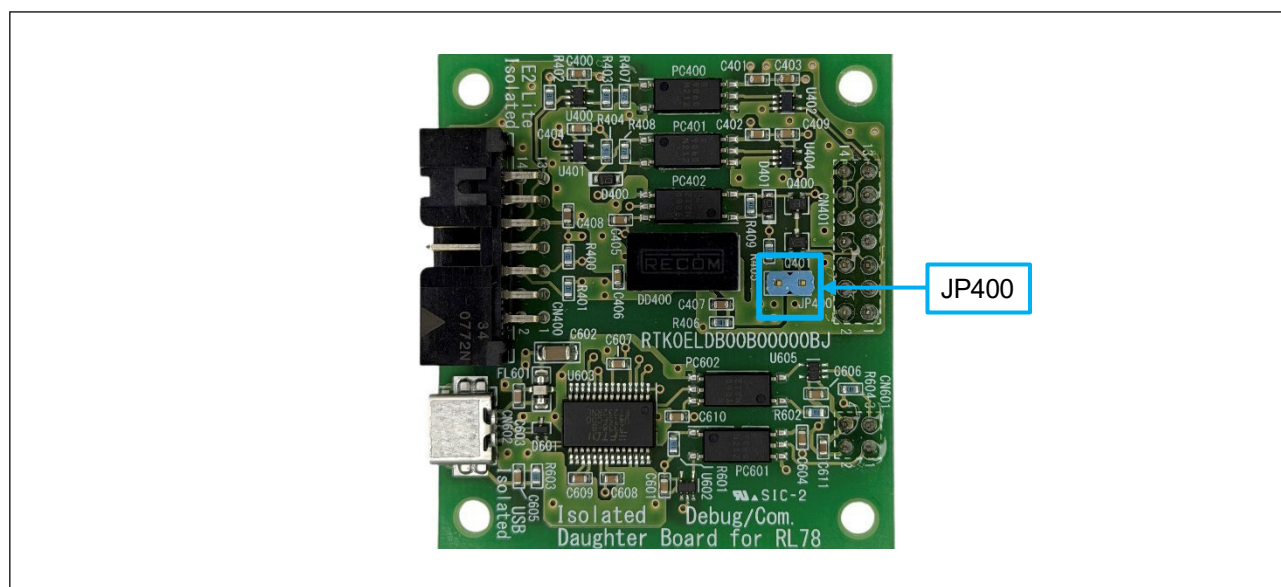


図 3.14 ジャンパーピンの位置

3. デバッグボードのCN400とE2 Liteを、ユーザインタフェースケーブルを用いて接続してください。

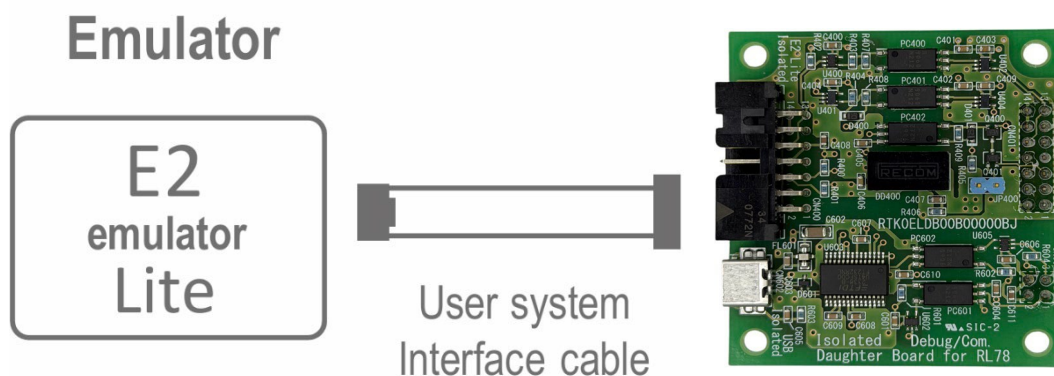


図 3.15 E2 エミュレータ Lite とデバッグボードの接続

4. E2 Lite と PC を USB ケーブルで接続し、RFP を用いてファームウェアの書き込みを行ってください。この際ソフトウェア上で、E2 Lite を介してデバッグボードに 3.3V 電源を供給する設定にしてください。

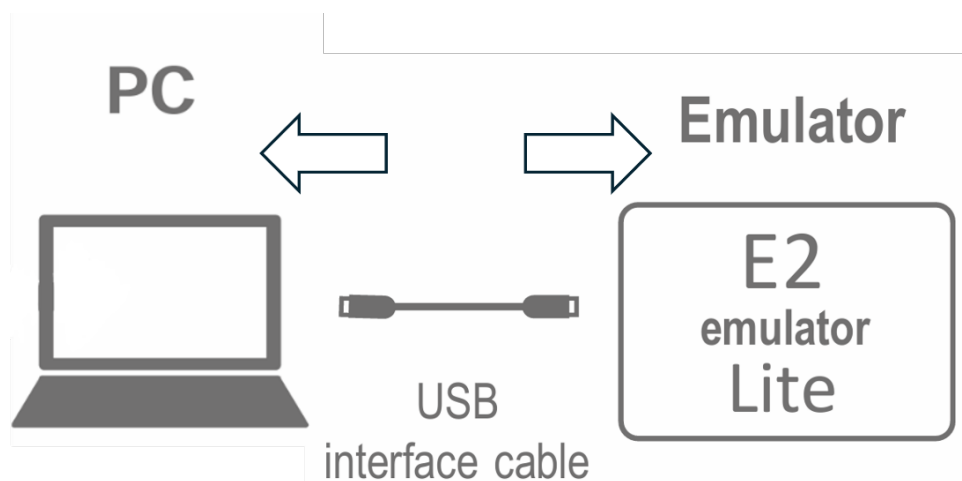


図 3.16 PC と E2 Lite の接続

5. 書き込み完了後、E2 Lite をデバッグボードから取り外してください。
6. メインボードからデバッグボードを取り外してください。

7. メインボードの CN2(L)と CN3(N)に交流安定化電源を接続し、電力を供給させてください。

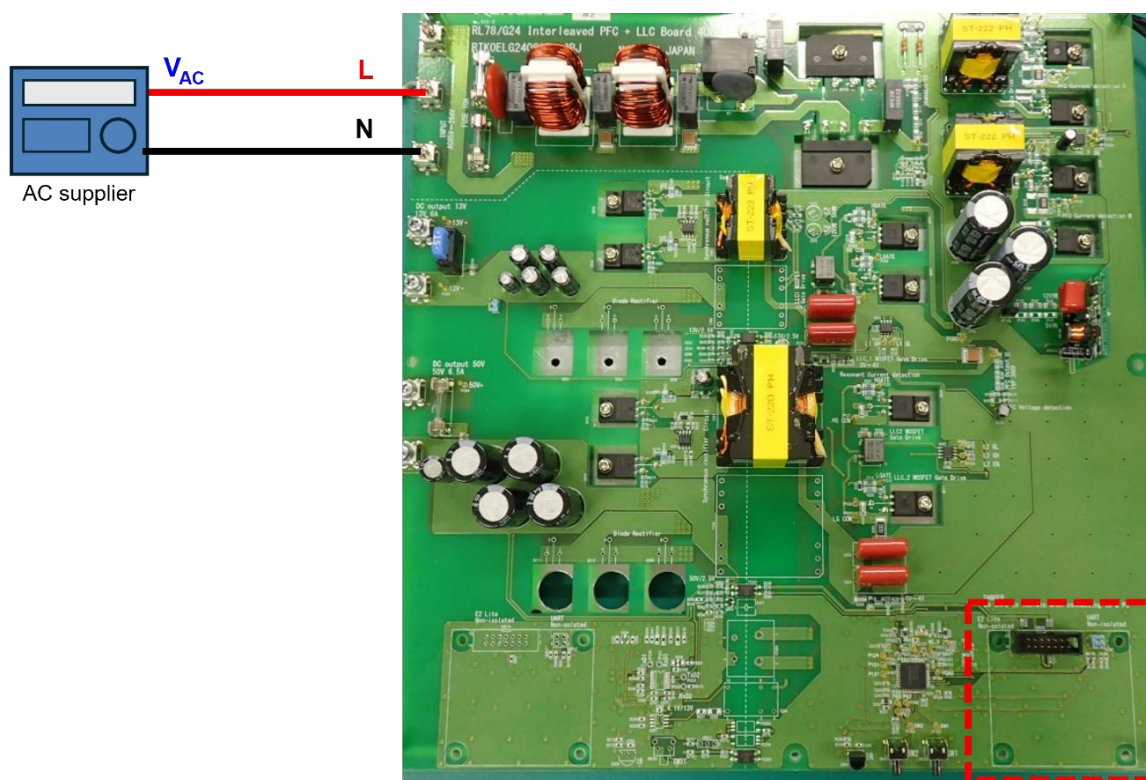


図 3.17 AC 電源の接続

8. RUN 実行後、メインボード上のスイッチを押してスタートアップシーケンスを続行してください (現在のファームウェアにのみ適用されます)。

SW2 : Standby/Normal モード切り替え

SW1 短押し : LLC2 起動/停止

SW1 長押し : 最大周波数リミット 機能 ON/OFF

※短押し : 2 秒未満押下 長押し : 3 秒 以上押下

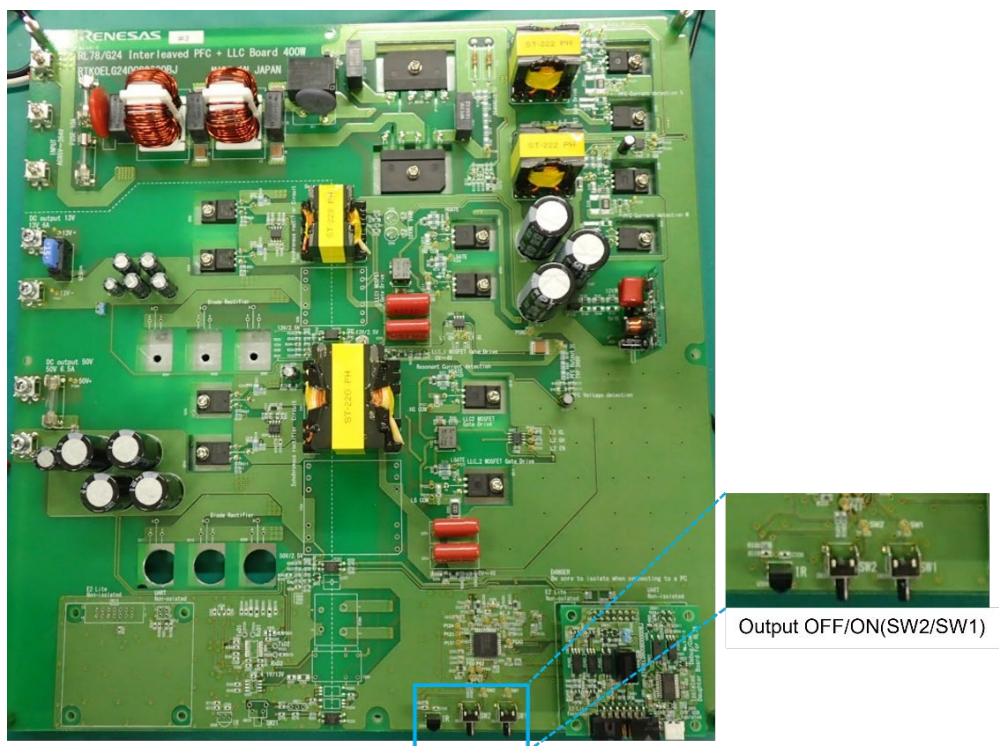


図 3.18 メインボードのスイッチの位置

3.5.2 電源供給ルート

電源供給ルートは下記の図 3.19 電源供給ルートのようになります。

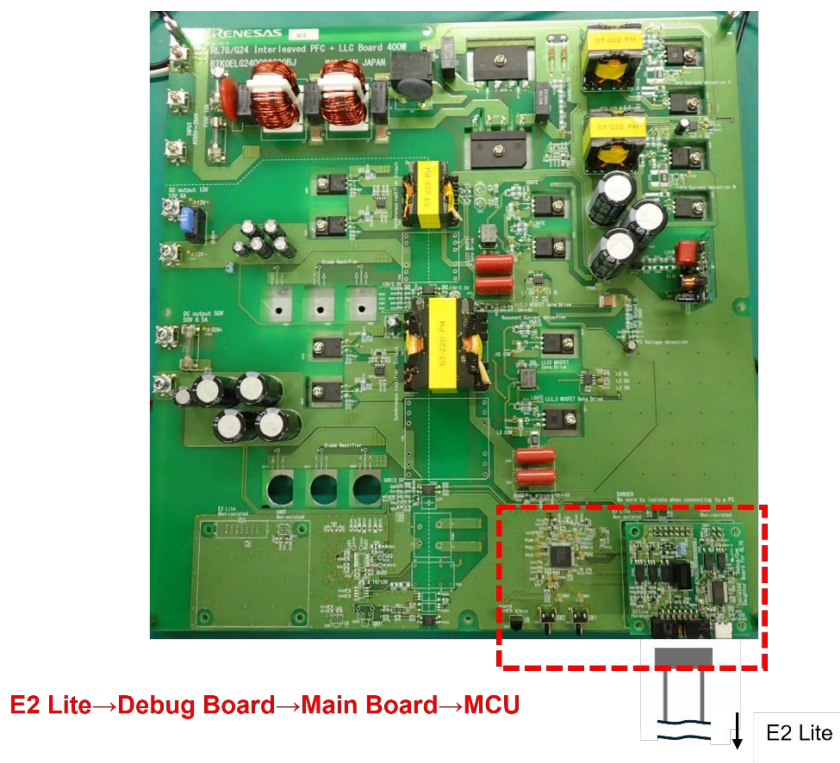


図 3.19 電源供給ルート

4. 評価

4.1 電子負荷を使用した評価

評価時、以下の図 4.1 評価時の接続方法図 4.1 のように接続してください。

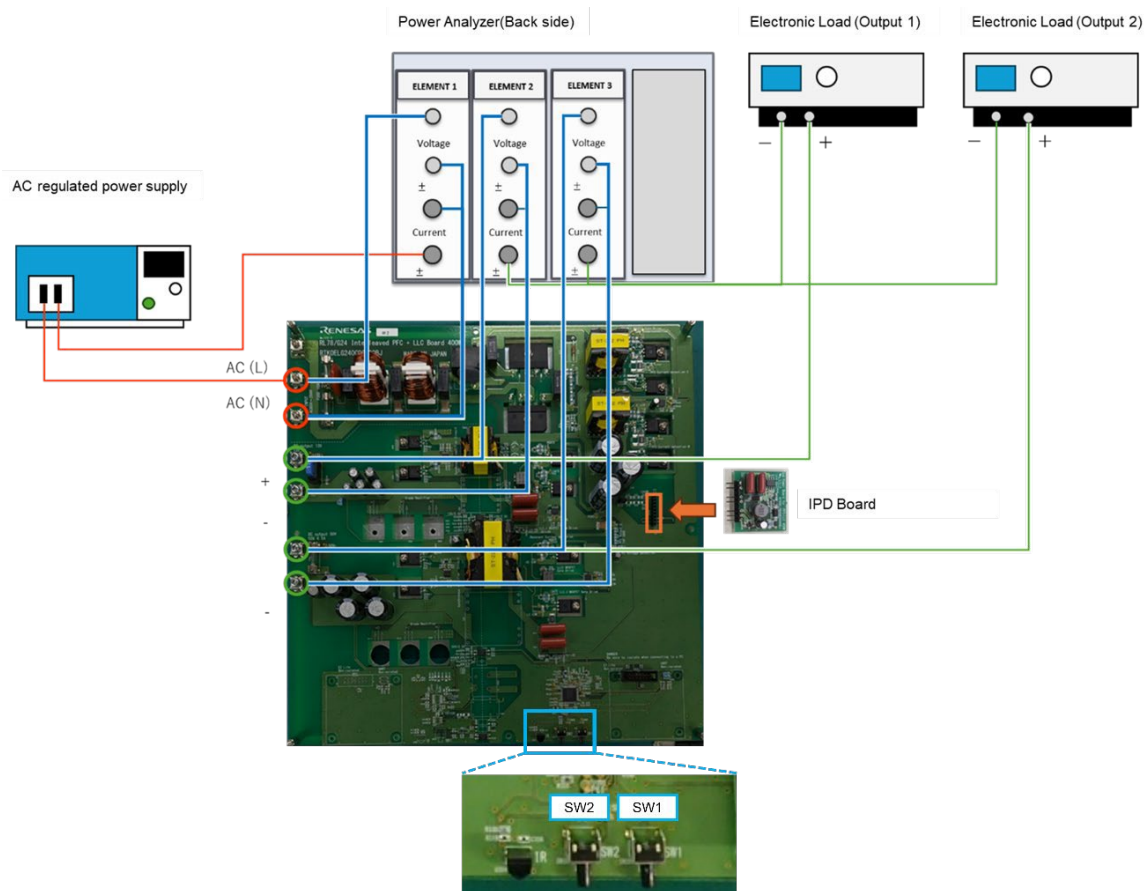


図 4.1 評価時の接続方法

SW2 : Standby/Normal モード切り替え

SW1 短押し : LLC2 起動/停止

SW1 長押し : 最大周波数リミット 機能 ON/OFF

※短押し : 2 秒未満押下 長押し : 3 秒 以上押下

注意 : 待機電力を測定するために単体で動作させる場合は、デバッグボードの電流消費の影響を避けるため、デバッグボードを取り外してください。

デバッグ時の注意事項

1. E2 Lite でデバッグを行う際は、以下の設定を必ず行ってください。
 - ・プロパティ設定（デバッグツール設定）で、「**中断時にタイマエミュレーションを停止する**」を「はい」に設定してください。
 - ・実行中のメモリアクセスで、「**アクセス時に実行を一時停止する**」を「いいえ」に設定してください。
2. ブレークポイントで直接実行を再開しないでください。再開する必要がある場合は、必ず IDE のリセットボタンをクリックしてから実行を再開してください。
3. 過負荷によりシステムがクラッシュする可能性があるため、**通常動作モードからスタンバイモードに切り替える前に、LLC1 の負荷が 1.125W 未満であることを確認するか、オフにしてください。**
4. シングルステップデバッグを初めから行う場合は、デバッグ対象の動作に十分注意してください。**タイマのオン/オフやコンパレータ設定の変更**などの操作は、回路を損傷する可能性があります。
5. 安全なプログラム実行検証のために、代替方法としてシミュレータの使用を検討してください。
6. **デバッグボードの取り付け・取り外しは、必ず電源を切った状態で行ってください。**

4.2 QE for Lighting & Power を使用した評価

4.2.1 操作手順

1. デバッグボードのJP400 がオープンになっていることを確認してください。

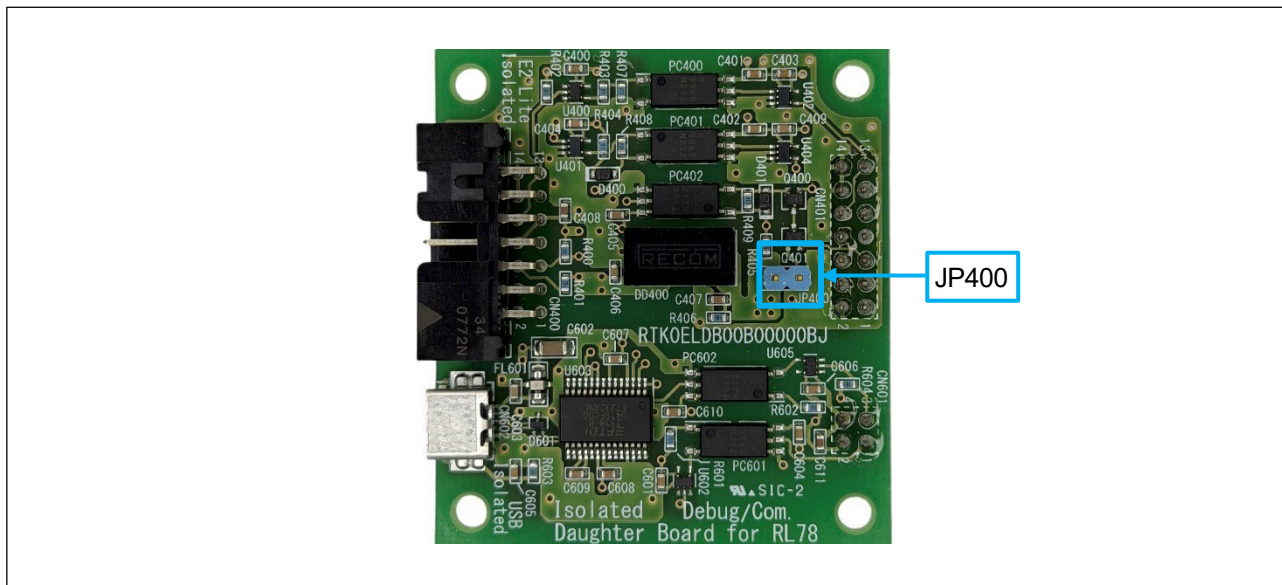


図 4.2 ジャンパーピンの位置

2. デバッグボードのCN400 と E2 Lite を、ユーザインタフェースケーブルを用いて接続してください。
3. E2 Lite と PC を USB Mini-B ケーブルで接続してください。
4. デバッグボードのCN602 と PC を USB Mini-B ケーブルで接続してください。
5. メインボードの CN2(L)と CN3(N)に交流安定化電源を接続し、電力を供給させてください。

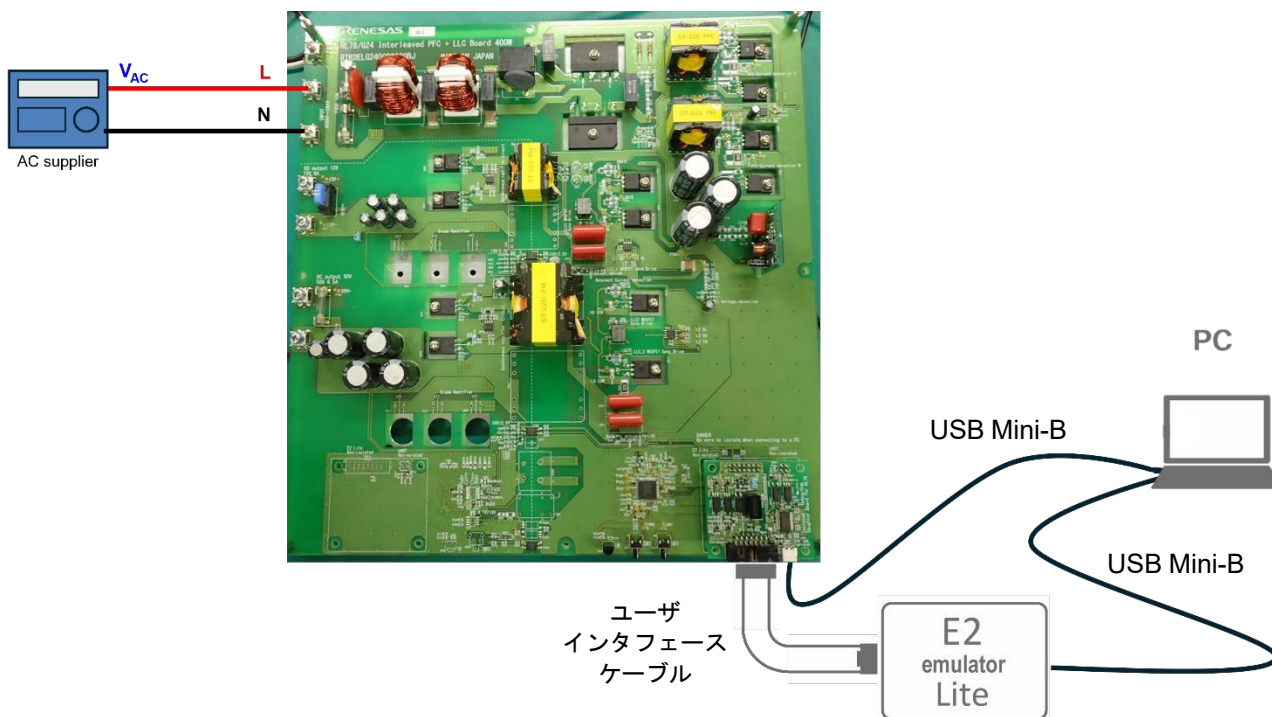


図 4.3 QE for Lighting & Power 評価時の接続図

6. PCでQE for Lighting & Powerを起動してください。
7. 左側のメニューから「4.電源制御の設定」の下の「電源制御方式の設定」をクリックしてください。
「3.照明通信の設定」はこのボードでは使用しません。
8. 「電源制御方式を有効」のチェックボックスにチェックが入っていない場合、クリックしてチェックを入れてください。

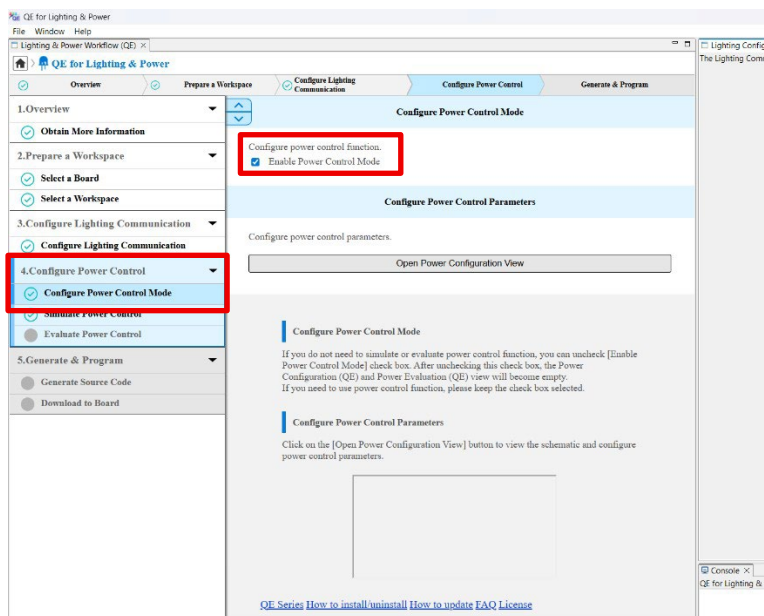


図 4.4 電源制御方式の設定

9. 「Power Configuration ビューを開く」をクリックしてください。右のウィンドウに回路図と回路特性値および電源制御パラメータが表示されます。パラメータは変更が可能です。適切な値に設定してください。項目の詳細はアプリケーションノート「RL78/G24による Interleaved CrM PFC and LLC 制御 (CPU ソフトウェア編) (R01AN8177)」を参照してください。

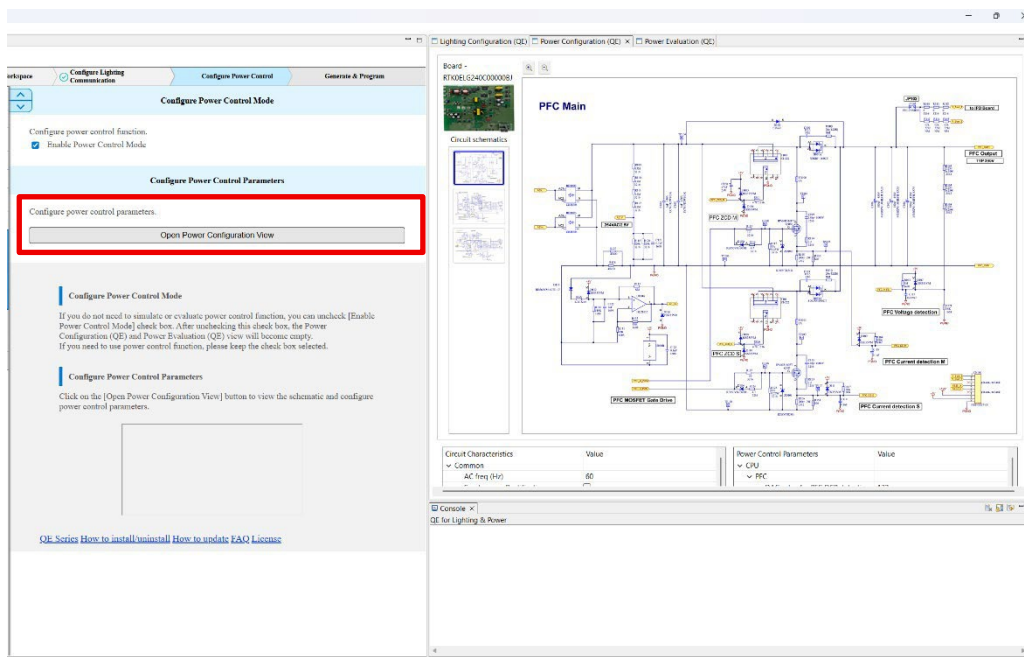


図 4.5 Power Configuration ビュー

Circuit Characteristics	Value
Common	
AC freq (Hz)	60
Synchronous Rectification	<input type="checkbox"/>
PFC	
PFC_M	
Power MOSFET	
R _{on} (Ω)	0.281
I _{ds} (A)	6.3
V _{th} (V)	3.5
V _{gs} (V)	10
C _{iss} (pF)	1317
C _{oss} (pF)	520
C _{rss} (pF)	80
Inductor L1 (μH)	180
Inductor L2 (μH)	18

Power Control Parameters	Value
CPU	
PFC	
DAC value for PFC OCP detection	122
PFC output voltage target	2735
PFC OVP detection threshold	3022
PFC Dynamic-OVP detection thres ^t	2826
PFC feedback parameter A1	16425
PFC feedback parameter A2	-16343
LLC1	
DAC value for LLC1 OCP detection	860
LLC1 output voltage target	8
LLC1 feedback parameter A1	1989
LLC1 feedback parameter A2	-59
LLC2	
DAC value for LLC2 OCP detection	184

図 4.6 回路特性値および電源制御パラメータ

10. 左側のメニューから「電源制御シミュレータ」をクリックしてください。
11. 「電源制御シミュレーションダイアログを開く」をクリックしてください。電源制御シミュレータが起動します。

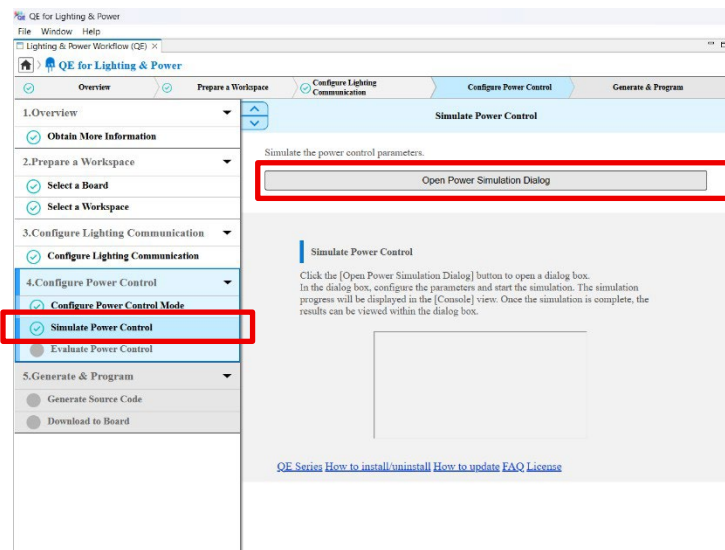


図 4.7 電源制御シミュレータ

電源制御シミュレータでは各パラメータを設定し「Start Simulation」をクリックすることでシミュレーションが開始され、各種の値の推移がグラフとして表示されます。

設定可能なパラメータおよび出力されるグラフ波形の種類についての詳細は、アプリケーションノート「RL78/G24 による Interleaved CrM PFC and LLC 制御(CPU ソフトウェア編) (R01AN8177)」を参照してください。

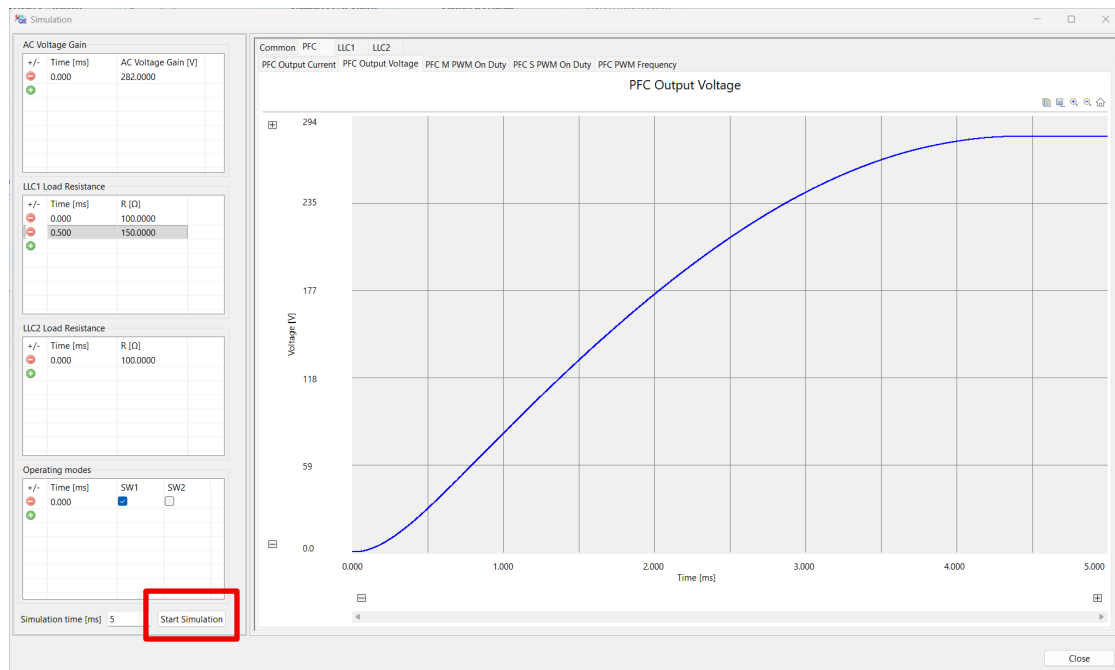


図 4.8 電源制御シミュレーションダイアログ

12. 左側のメニューから「電源制御の評価」をクリックしてください。

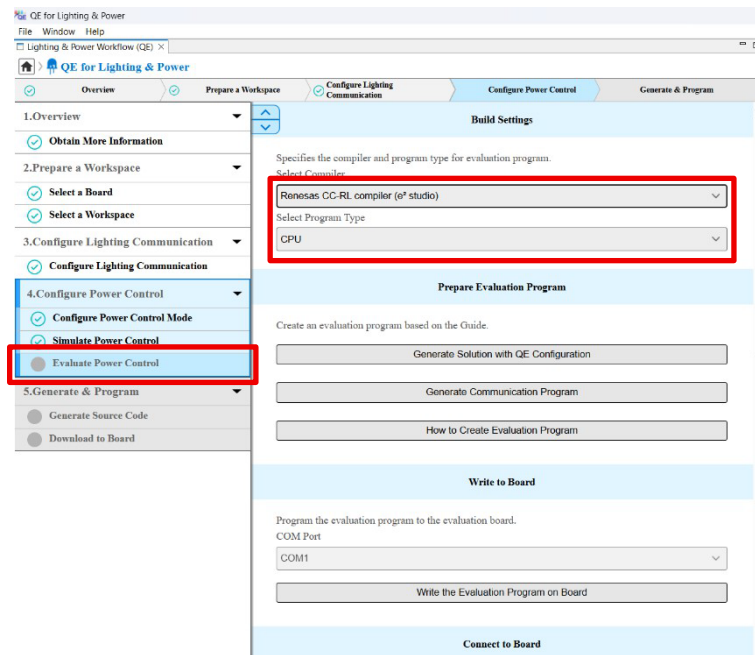


図 4.9 電源制御の評価

13. 画面の指示に従い、プルダウンボタンをクリックしてプログラムをビルドするコンパイラとプログラムの種類を選択してください。プログラムの種類は電源制御処理を実行するコアの種類で選択してください。

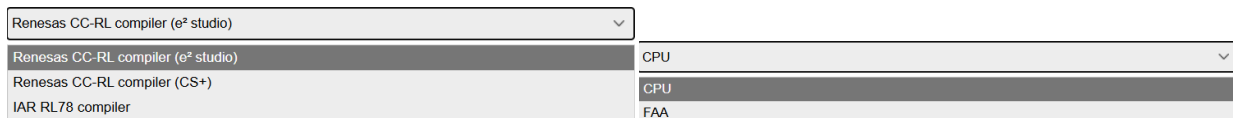


図 4.10 コンパイラとプログラムの種類の選択肢

14. 「設定に合わせたプロジェクトの生成」をクリックしてください。上記で設定したパラメータ値を使用してコードが生成されます。終了後、結果がコンソールウィンドウに出力されます。

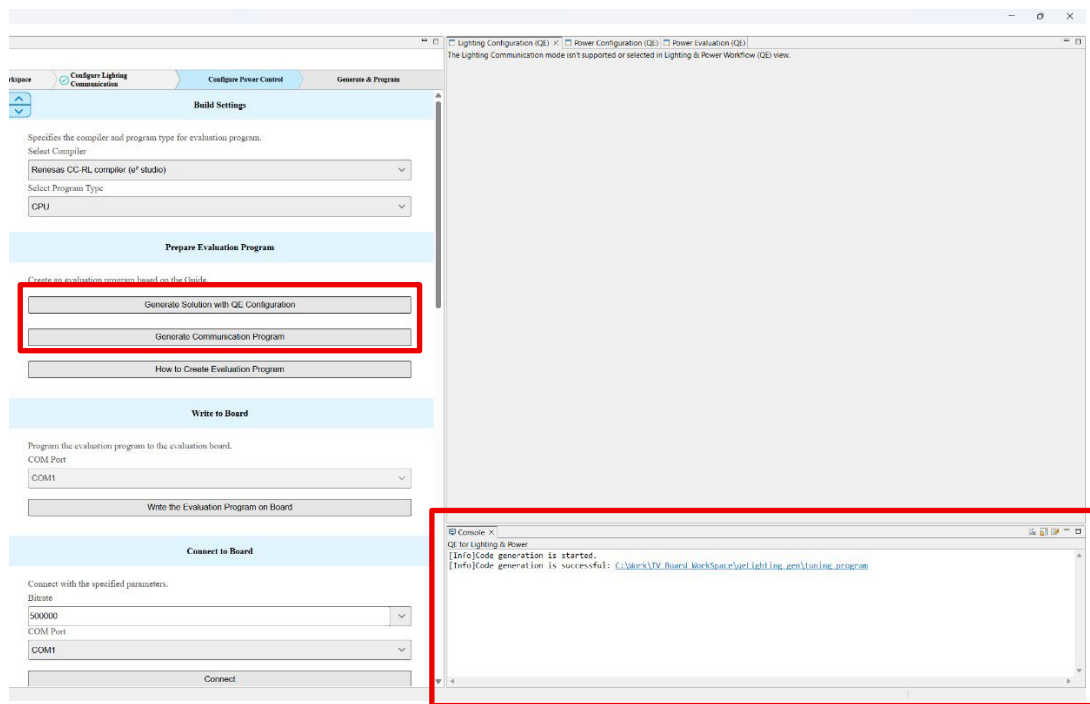


図 4.11 コンソールウィンドウ

15. 同様にして「通信プログラムをプロジェクトに追加」をクリックしてください。結果はコンソールウィンドウに出力されます。
16. 「設定変更と評価プログラム作成(ヘルプ参照)」をクリックしてください。ヘルプが別ウィンドウで表示されます。ヘルプに記載されている手順に従って、サンプルアプリケーションと通信プログラムを統合し、評価プログラムとしてまとめてください。

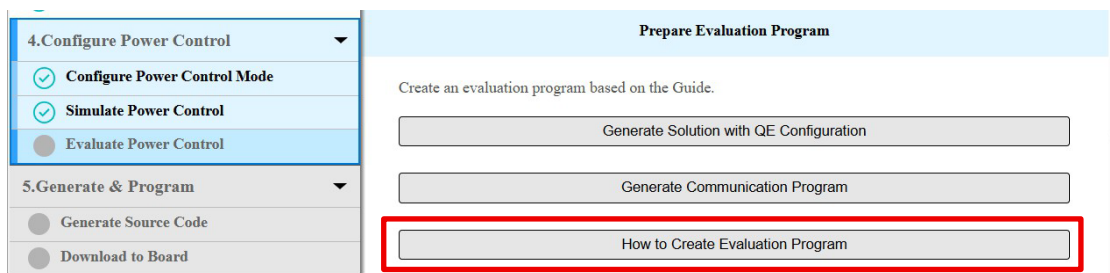


図 4.12 設定変更と評価プログラム作成(ヘルプ参照)

17. 「ボードにダウンロード」の項にあるプルダウンから“E2Lite”を選択し、「評価用プログラムを評価ボードに書き込む」をクリックしてください。QE for Lighting & Power がバックグラウンドでビルドを行い、プログラムを E2Lite 経由でボードにダウンロードします。ビルド中はウィンドウ右下に進捗状況を示すバーが表示されます。終了後、結果がコンソールウィンドウに出力されます。

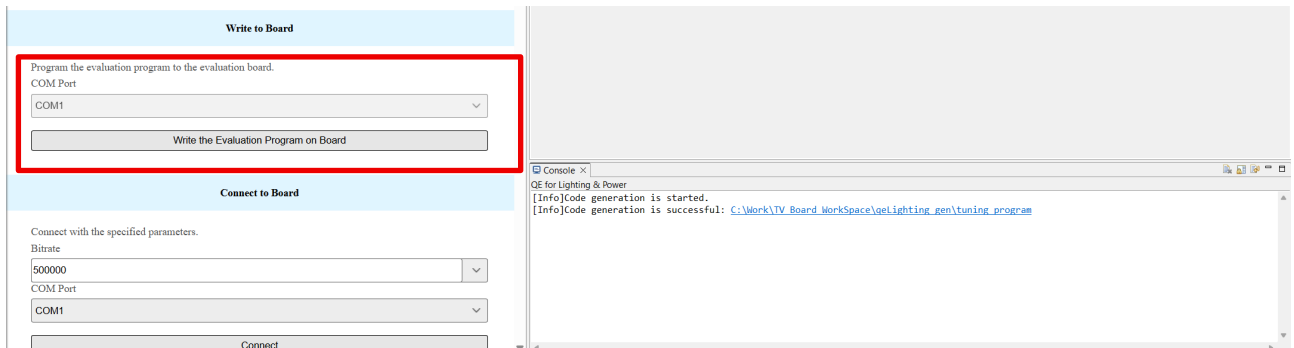


図 4.13 ボードにダウンロード

18. ページを下にスクロールさせ、「ボードにダウンロード」の項の下にある「ボード接続」の項にある「ビットレート」の数値を 500000 に設定し、プルダウンから PC と評価ボードを接続している COM ポートを選択し、「接続」をクリックしてください。終了後、結果がコンソールウィンドウに出力されます。

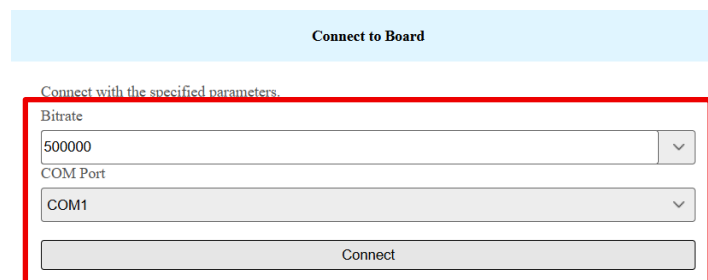


図 4.14 ボード接続

19. ボードとの接続が確立したら、「電源制御の評価」の項から以下の 2 つの項目で電源制御をリアルタイムで評価できます。

注意：通信を開始する前に、SW2 を手動で押下し、ボードを Normal モードに設定してください

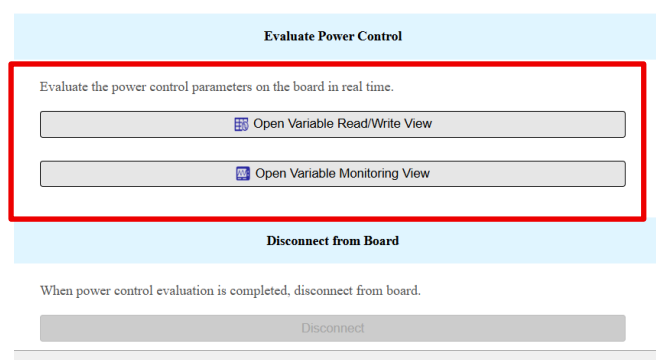


図 4.15 電源制御の評価

(1) Variable Read/Write

Variable Read/Write では、アプリケーションプログラムの内部変数やレジスタの値をリアルタイムに読み出し、モニタリングすることが可能です。

「[Variable Read/Write]タブを開く」をクリックすると右のウィンドウで[Variable Read/Write]タブが開きます。

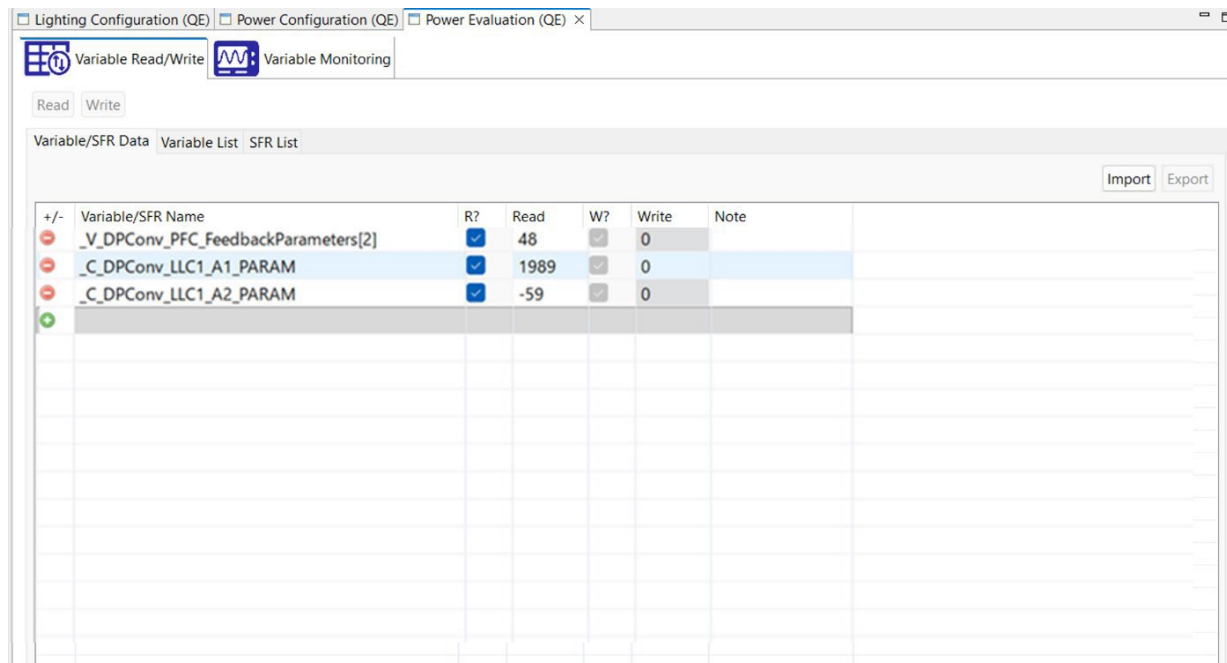


図 4.16 [Variable Read/Write]タブ

操作手順

1. 評価対象変数の選択

タブ内の変数選択リストから、評価対象となる電源制御変数を選択します。

2. 変数値の読み出し

「読み込み」をクリックすると現在の変数値が表示されます。

注：このタブで変更した変数値は動作中のアプリケーションプログラムには反映されません。そのため、アプリケーションプログラムに反映したい場合は、プログラムのソースを直接編集してください。

(2) Variable Monitoring

Variable Monitoring では、評価プログラムの内部変数やレジスタの値一定周期で連続的に取得し、時間変化をグラムとして表示することが可能です。

「[Variable Monitoring]タブを開く」をクリックすると右のウィンドウで[Variable Monitoring]タブが開きます。

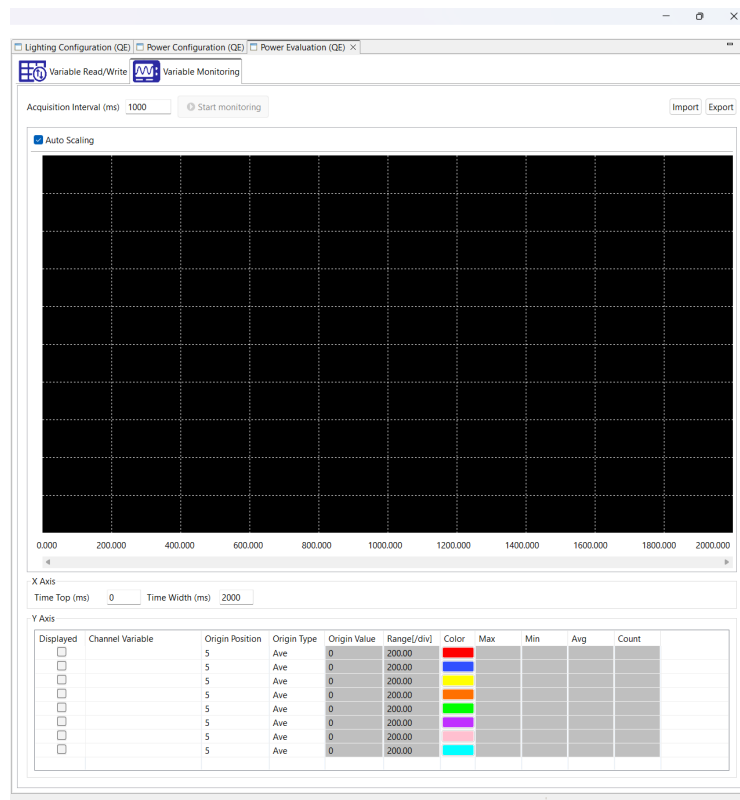


図 4.17 [Variable Monitoring]タブ

操作手順

1. モニタリング対象変数の選択

タブ内のドロップダウンリスト(チャンネル)から波形表示したい変数を選択します。複数の変数を同時に選択することも可能です。

2. 取得条件の設定

モニタリング時の時間の設定や出力波形のレンジの設定が可能です。

3. モニタリングの開始

「モニタリングを開始します」をクリックすると、変数値の取得と波形表示が開始されます。

20. 評価が完了したら、下の項にある「切断」をクリックしてください。

21. 上記の手順が全て正常に実行されたら、USB ケーブルを外し、交流安定化電源をオフにしてください。

4.3 QE for Lighting & Power を使用した書き込み

4.3.1 操作手順

1. デバッグボードのJP400 がオープンになっていることを確認してください。

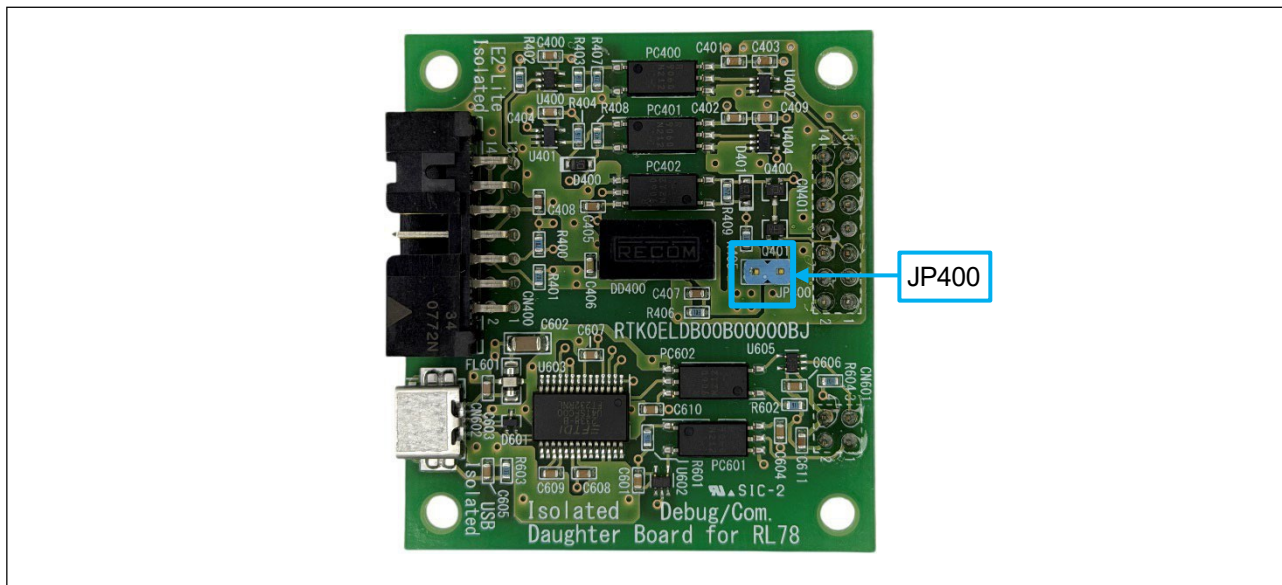


図 4.18 ジャンパーピンの位置

2. デバッグボードのCN400 と E2 Lite を、ユーザインタフェースケーブルを用いて接続してください。
3. E2 Lite と PC を USB Mini- B ケーブルで接続してください。
4. メインボードの CN2(L)と CN3(N)に交流安定化電源を接続し、電力を供給させてください。

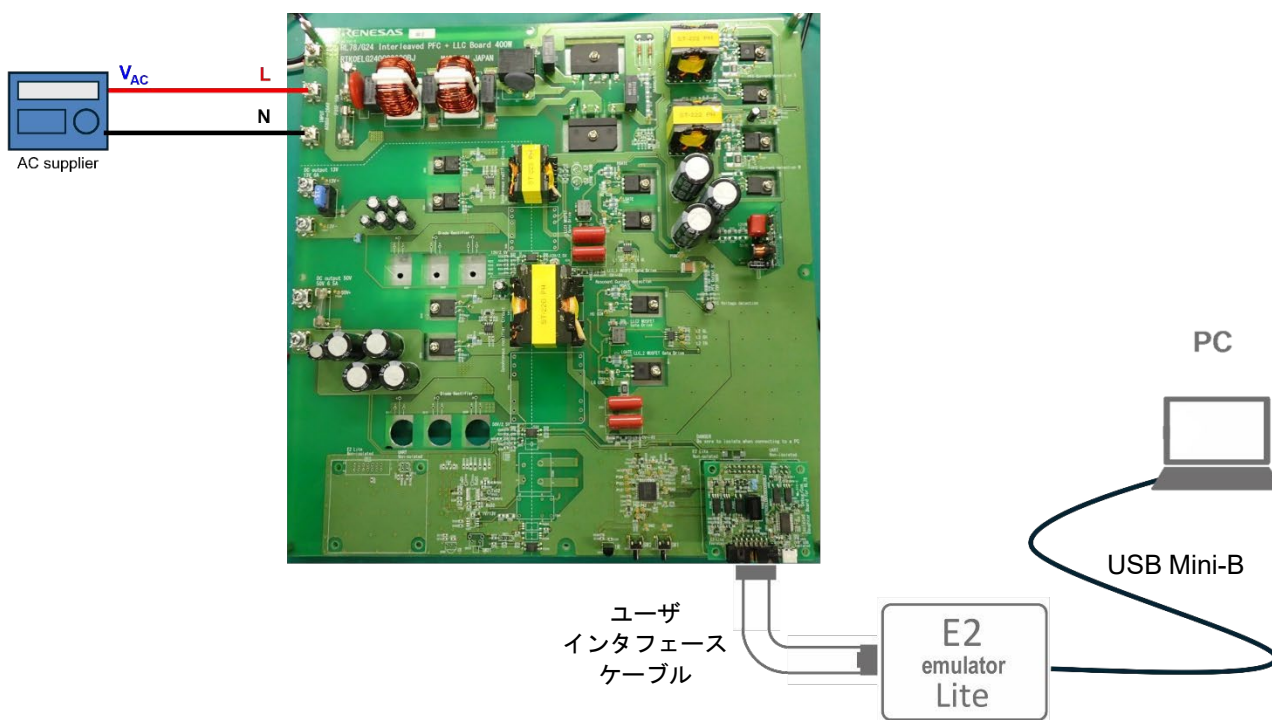


図 4.19 QE for Lighting & Power 書き込み時の接続図

5. PCでQE for Lighting & Powerを起動してください。
6. 左側のメニューから「5.コード生成とプログラム」の下の「ソースコードの生成」をクリックしてください。

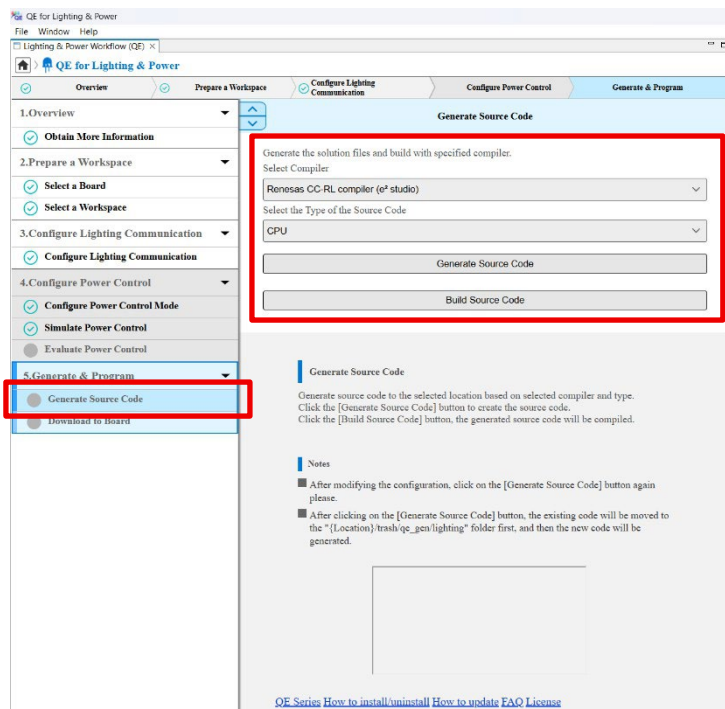


図 4.20 ソースコードの生成

7. プルダウンボタンをクリックしてプログラムをビルドするコンパイラとプログラムの種類を選択してください。

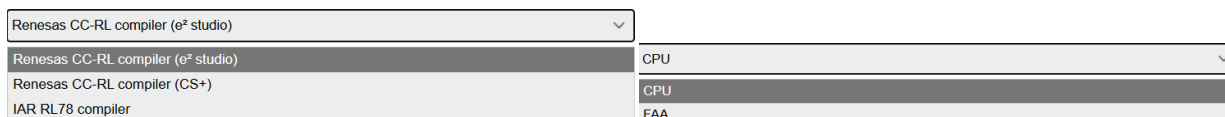


図 4.21 コンパイラとプログラムの種類の選択肢

8. 「ソースコードの生成」をクリックしてください。ソースコードがワークスペースに指定したフォルダ下に生成されます。
9. 「ソースコードのビルド」をクリックしてください。ビルドが開始されます。終了後、結果が右下のコンソールウィンドウに出力されます。

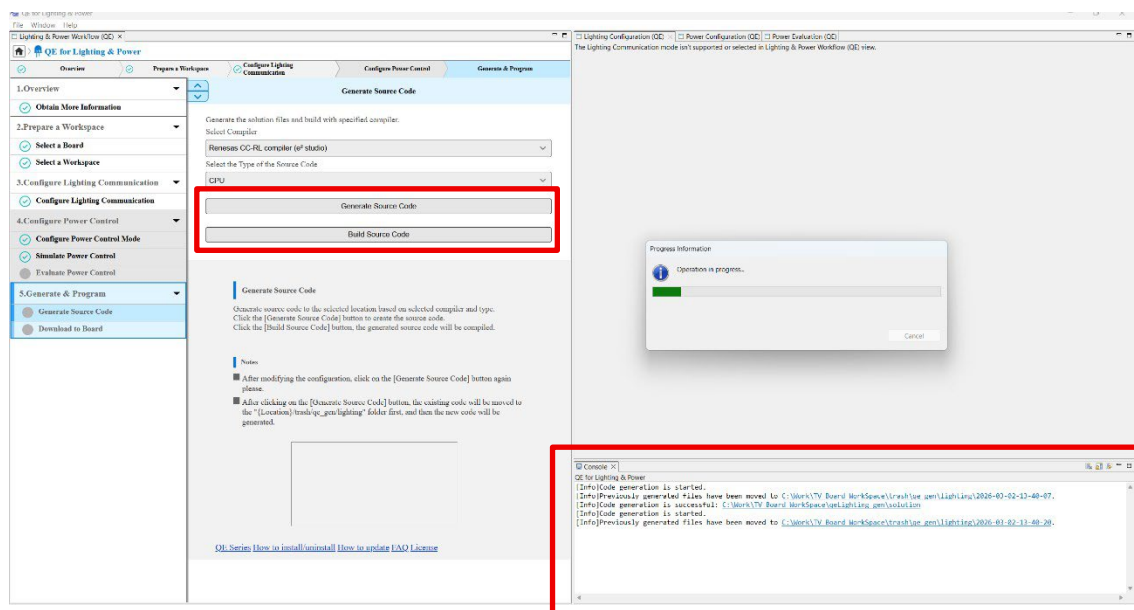


図 4.22 ソースコードの生成

10. 左側のメニューから「ボードにダウンロード」をクリックしてください。
11. プルダウンから “E2 Lite” を選択してください。
12. 「ボードにダウンロード」 をクリックしてください。E2 Lite を介してプログラムが評価ボードにダウンロードされます。終了後、結果が右下のコンソールウィンドウに出力されます。

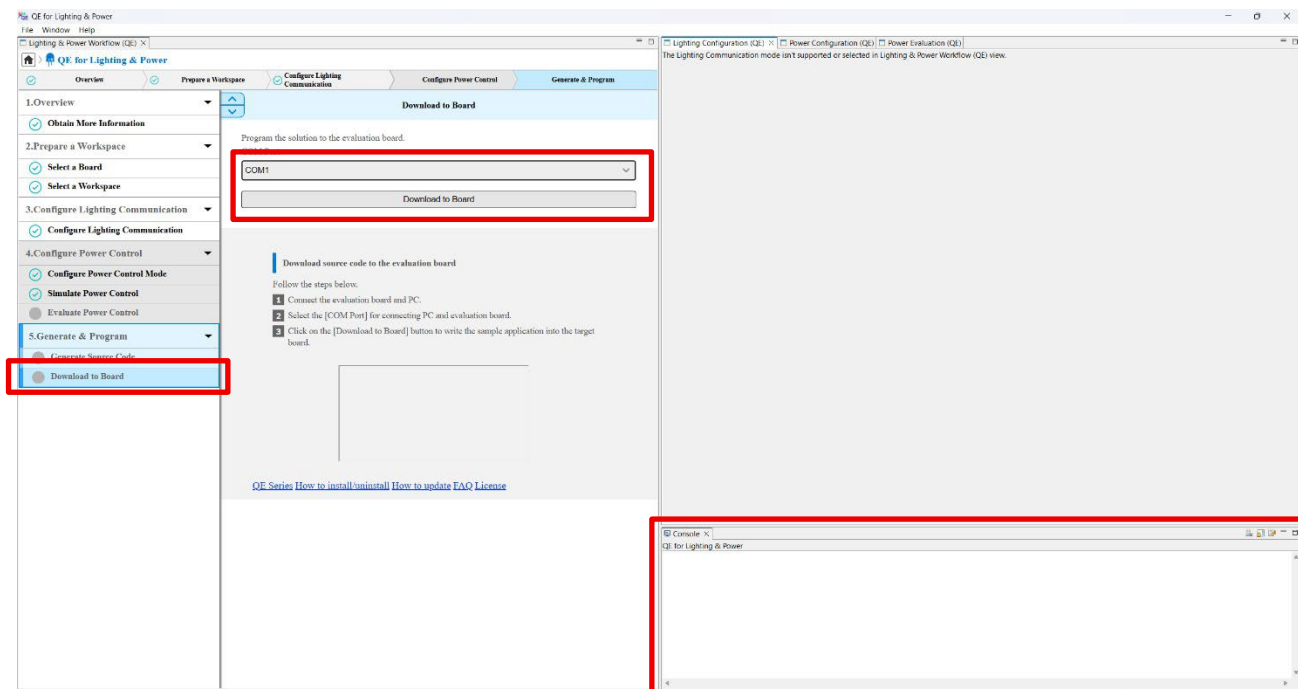


図 4.23 ボードにダウンロード

13. ダウンロード終了後、交流安定化電源をオフにし評価ボードの電源を切ってください。
14. 上記の手順が全て正常に実行されたら、USB ケーブルを外してください。

5. ハードウェア設計概要

ハードウェアは図 5.1 に示すように複数の要素から構成されます。それぞれの要素について説明します。必要に応じて回路図を参照してください。

制御方式やソフトウェアの詳細な動作については、「RL78/G24 による Interleaved CrM PFC and LLC 制御 (ハードウェア&ソフト基礎編) (R01AN8175)」を参照してください。

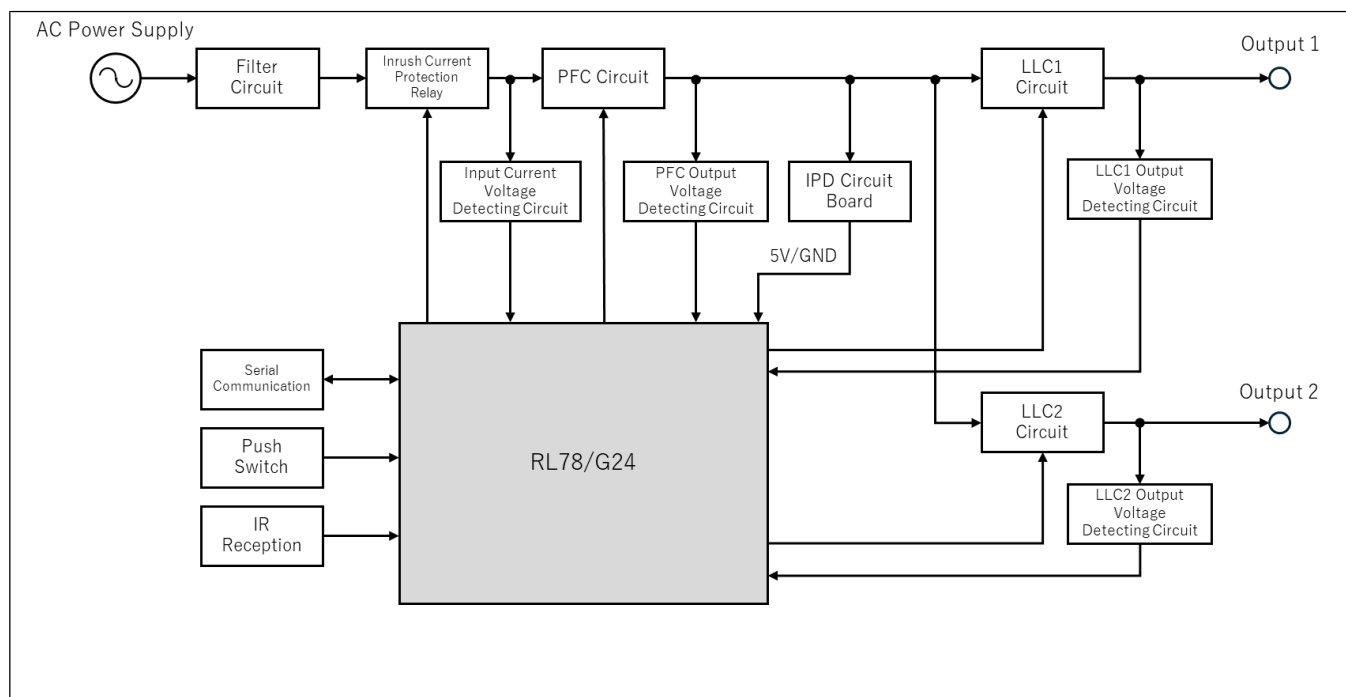


図 5.1 機能ブロック図

5.1 突入電流保護リレー

スイッチング電源は、電源投入時に平滑化コンデンサに流れ込む大きな電流が発生し、これを突入電流(Inrush Current)と言います。対象ボードでは、突入電流を簡易的に、かつ、効果的に制限できる NTC サーミスタ(RT1)を使用しています。NTC サーミスタの内部抵抗は常に電力損失を発生させるため効率が低下しますが、効率を向上させるため動作モードに応じてマイコンがリレーを ON/OFF させて入力電流 I_{in} の流れるルートを制御します。

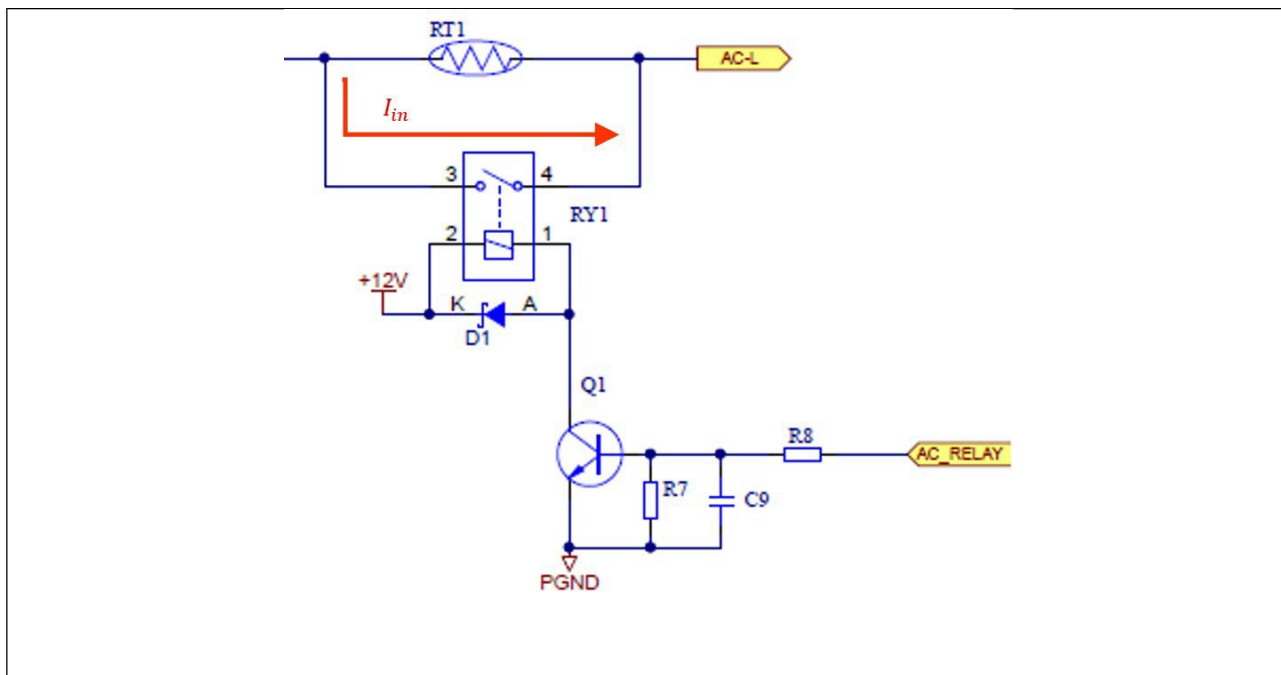


図 5.2 突入電流保護リレー回路

5.2 AC 入力電圧検出回路(AC_V)

AC 入力電圧の整流後の電圧をアナログ入力として検出する回路です。RL78/G24 のアナログ入力として検出できるようにするために抵抗を介して分圧したものを AC_V としています。

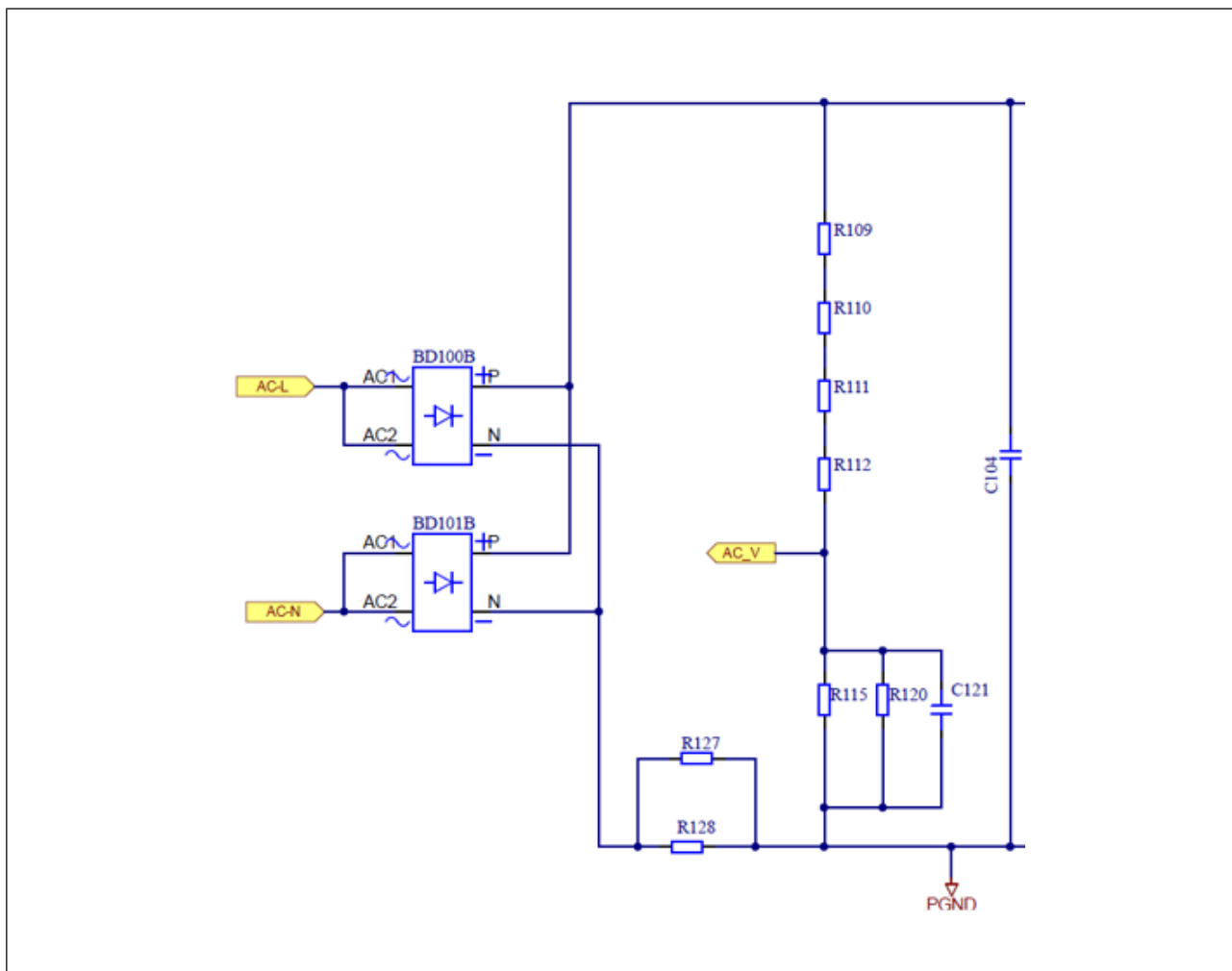


図 5.3 AC 入力電圧検出回路

AC_V の電圧は下記の式で求められます。ただし、AC 消費電流のピーク値を $V_{AC_IN_PEAK}$ とします。

$$AC_V = V_{AC_IN_PEAK} \times \frac{(R115 + R120)}{(R109 + R110 + R111 + R112) + (R115 + R120)}$$

5.3 AC 消費電流検出回路(AC_CS)

AC 消費電流を簡易的に検出できる回路を図 5.4 に記載します。電流検出抵抗 R127、R128 に流れる電流 I_{FB_PEAK} を乗算することで電流の大小が検出できます。電力損失の低減と検出電圧を拡大するため、低インダクタンスの抵抗と増幅器を採用しています。

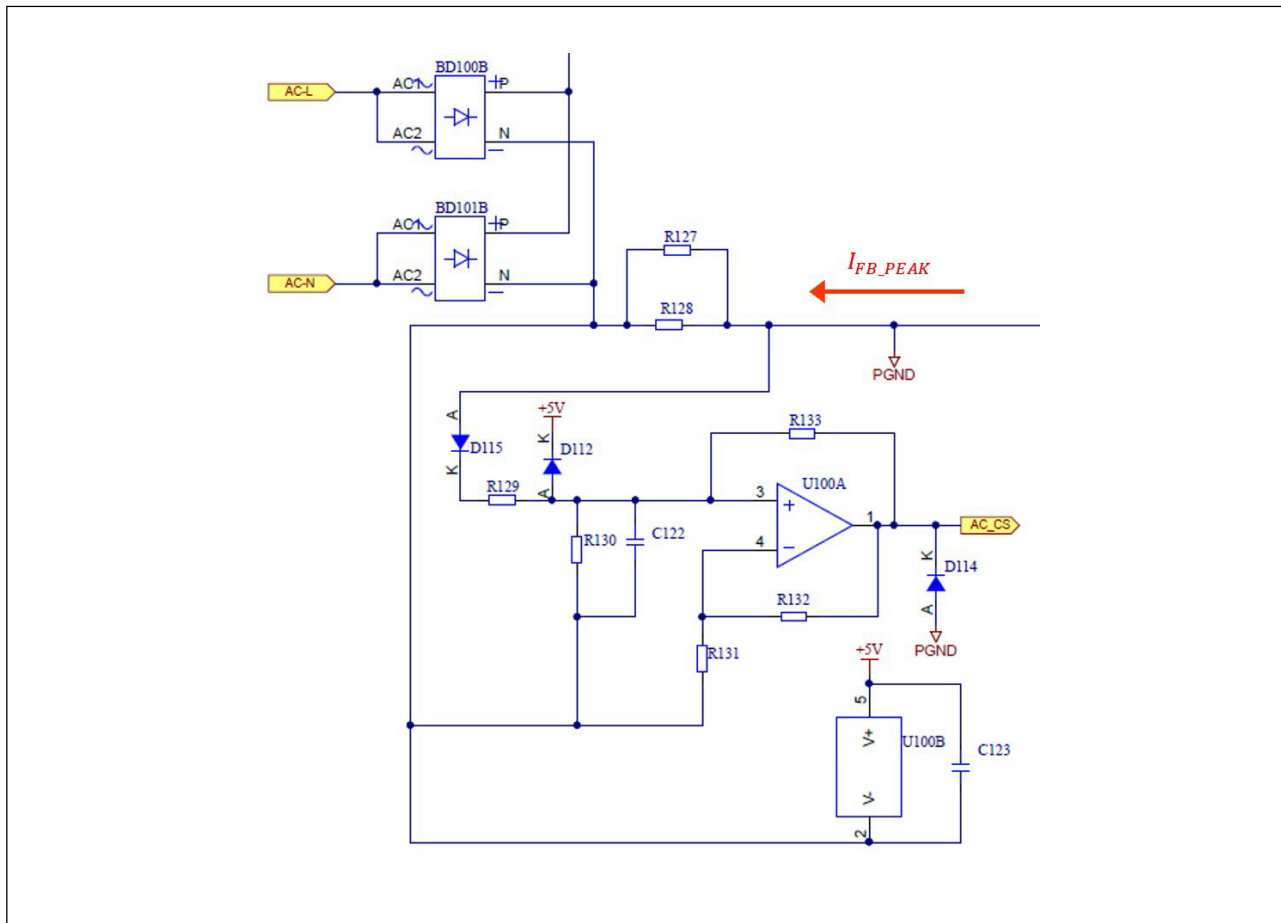


図 5.4 AC 消費電流検出回路

AC_CS の電圧は下記の式で求めます。

$$AC_CS = I_{FB_PEAK} \times \frac{R127 \times R128}{R127 + R128} \times \text{Gain}$$

$$\text{ただし、Gain} = 1 + \frac{R132}{R131}$$

5.4 PFC 回路

5.4.1 回路制御の概要

PFC 回路は、2 組の臨界導通モードで動作する昇圧コンバータから構成されます。PFC 回路とマイコンの入出力関係について図 5.5 に記載します。

RL78/G24 が定期的に負荷をモニタリングし、負荷の大小に応じてシングル出力とインターリーブ出力を適切に切り替えることで、幅広い負荷帯に対して高効率を実現します。RL78/G24 のタイマ KB のインターリーブ PFC 機能により、インターリーブ出力時に自動的に 180° 位相が変更され、リップルが抑止されます。

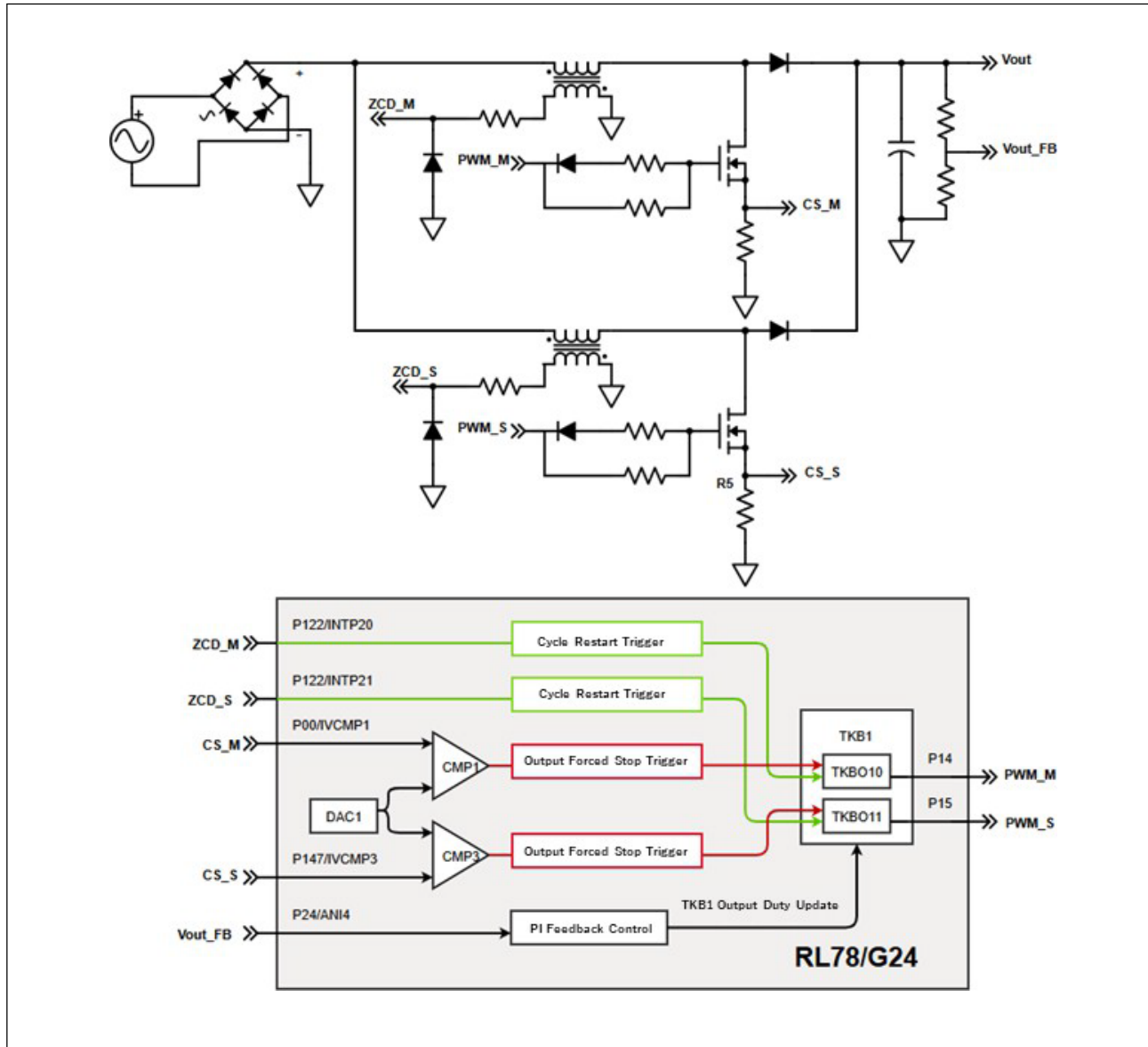


図 5.5 PFC 回路

5.4.2 出力過電流検出回路(PFC_CS_M /S)

異常な突入電流や過負荷時にデバイスが故障することを防ぐため、MOSFET のソース側に直列にシャント抵抗を接続することで電流情報を検出可能にしています。この信号はRL78/G24 のコンパレータに入力されており、内部のDAC で設定した値(ソフトウェアで設定)を超えた際に、タイマ KBn の強制出力停止機能を発動させ、過電流検出、PWM 停止を実現しています。

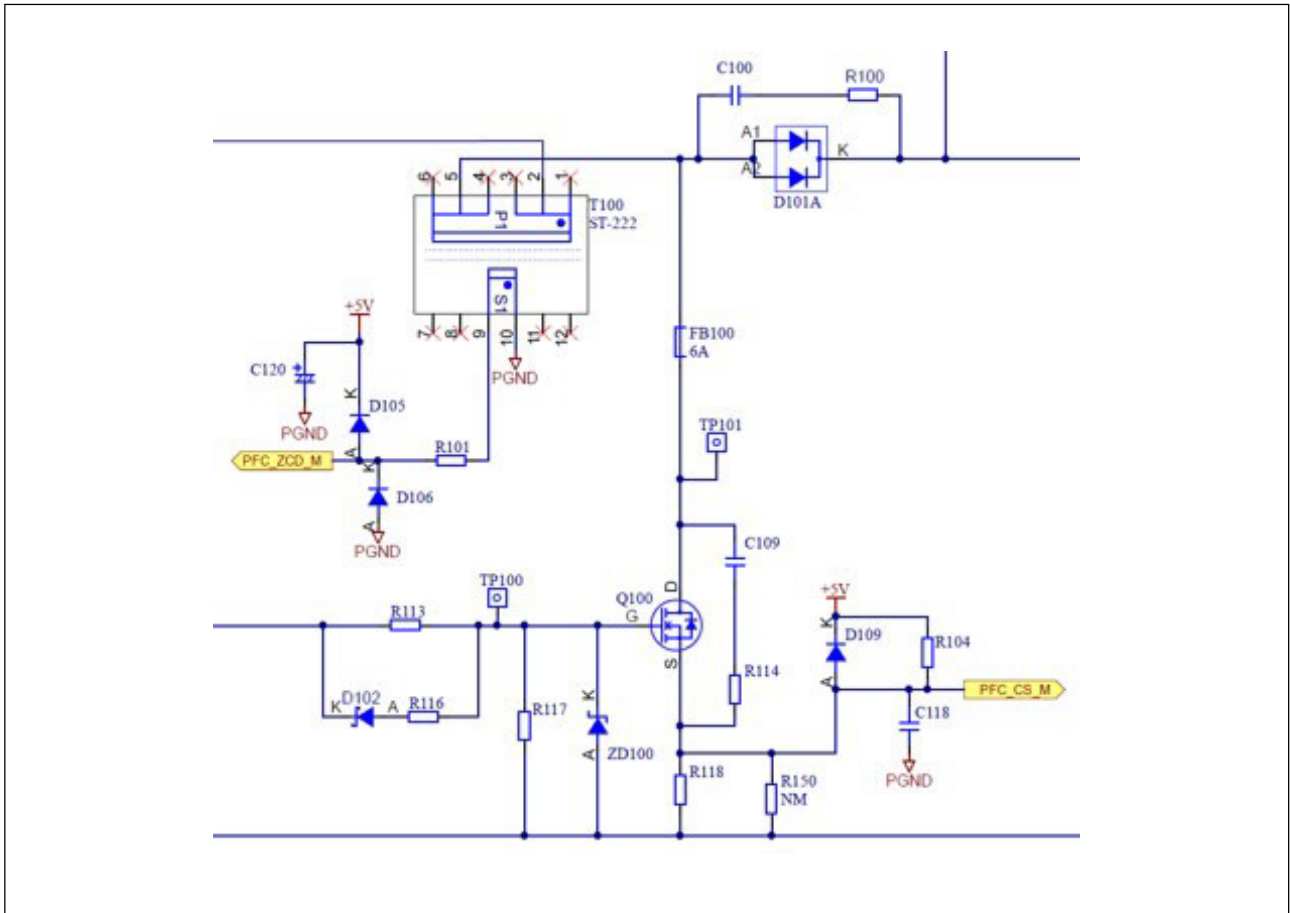


図 5.6 PFC 出力過電流検出回路

電流情報 PFC_CS は下記の式で求められます。

$$PFC_CS = I_{PEAK} \times R118$$

5.4.3 出力電圧検出回路(PFC_V_FB)

PFC の出力電圧を分圧して RL78/G24 のアナログ入力ピンに接続することで、PFC 出力電圧をモニタリングしています。出力電圧の安定性を高めるためには信号の精度と耐ノイズ性が必要になるため、本信号は短い配線でグランドと接続されています。

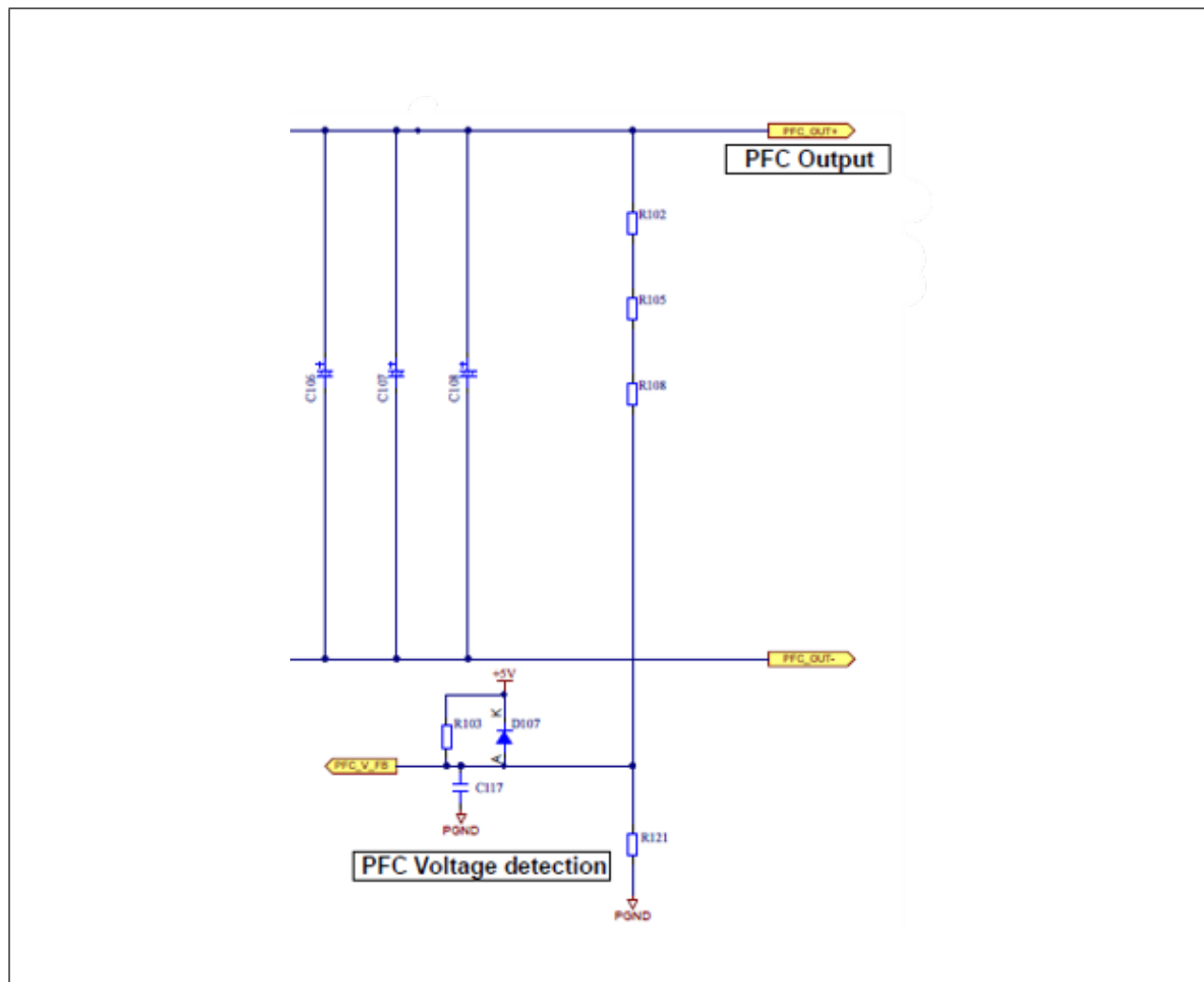


図 5.7 PFC 出力電圧検出回路

PFC 出力電圧は下記の式で求められます。

$$\text{PFC_OUT} = \frac{\text{PFC_V_FB} \times (\text{R102} + \text{R105} + \text{R108} + \text{R121})}{\text{R121}}$$

5.5 LLC 回路

5.5.1 回路の概要

LLC 回路は、電流共振現象を利用した高効率・低ノイズのスイッチング電源です。簡略化した基本モデルを図 5.8 で示します。各段回路の説明を下記に説明します。

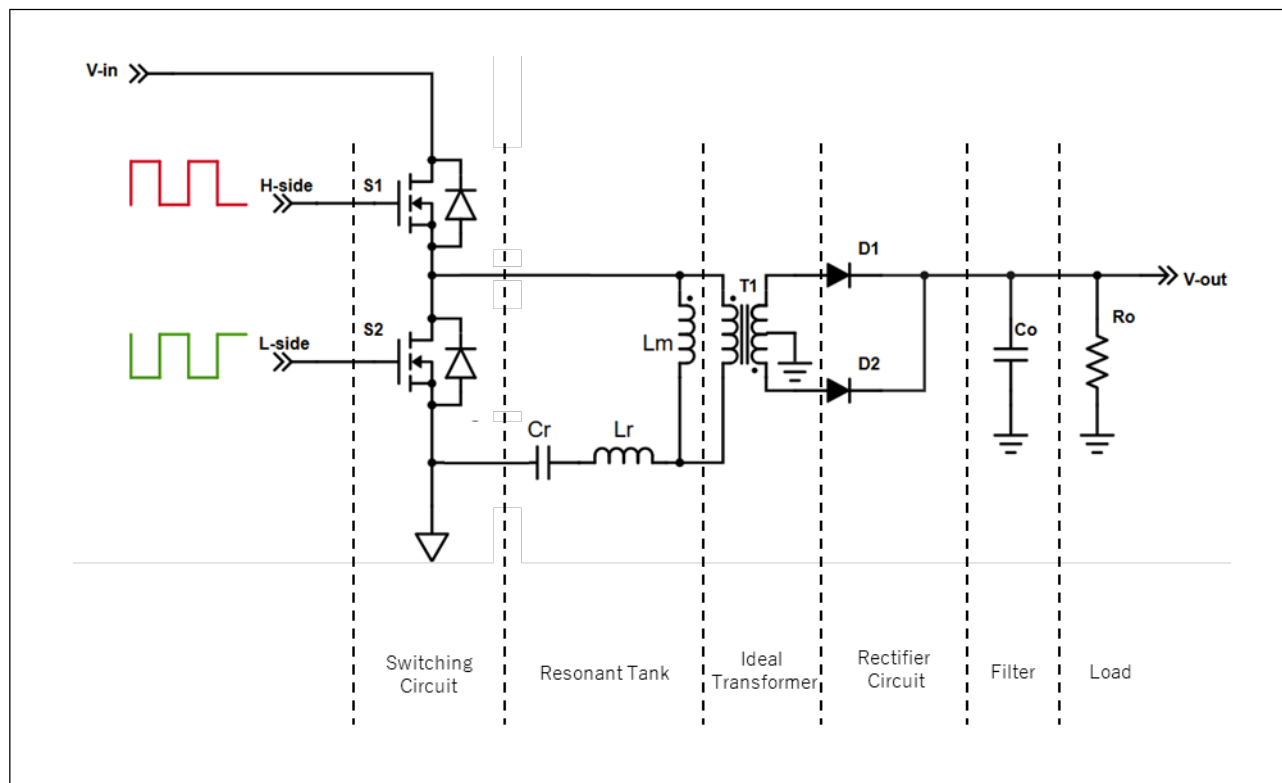


図 5.8 LLC 回路

- スイッチング回路

スイッチング回路はHigh side MOSFET と Low side MOSFET を使ってハーフブリッジで構成されます。

- 共振タンク

回路は共振容量 C_r 、共振インダクタンス L_r 及び磁化インダクタンス L_m により構成されます。回路内で二つの共振周波数を生成します。

- 理想トランス

簡易化のため、トランスを理想モデルで考えます。

- 整流回路

整流回路の詳細は LLC 回路の説明に重要ではないため、電流波形の計算は全波整流としています。

- フィルタ

コンデンサ C_o で表します。

- 負荷

抵抗 R_o で表します。

5.5.2 動作

2 個の MOSFET は固定されたデッドタイムと 50% Duty で相補的に動作します。従ってスイッチング回路の出力は矩形波となります。

Normal モード動作時に MOSFET スwitching 周波数とタンク共振周波数が一致するように設計し、タンク部品を選択しています。タンク回路に合うスイッチング波形が入力されれば、出力には正弦波だけが伝達されます。MOSFET に入力する波形のスイッチング周波数を変えることで出力電圧を変化させることができます。

最終的にコンデンサ C_o を経て、負荷 R_o には定電流が流れます。

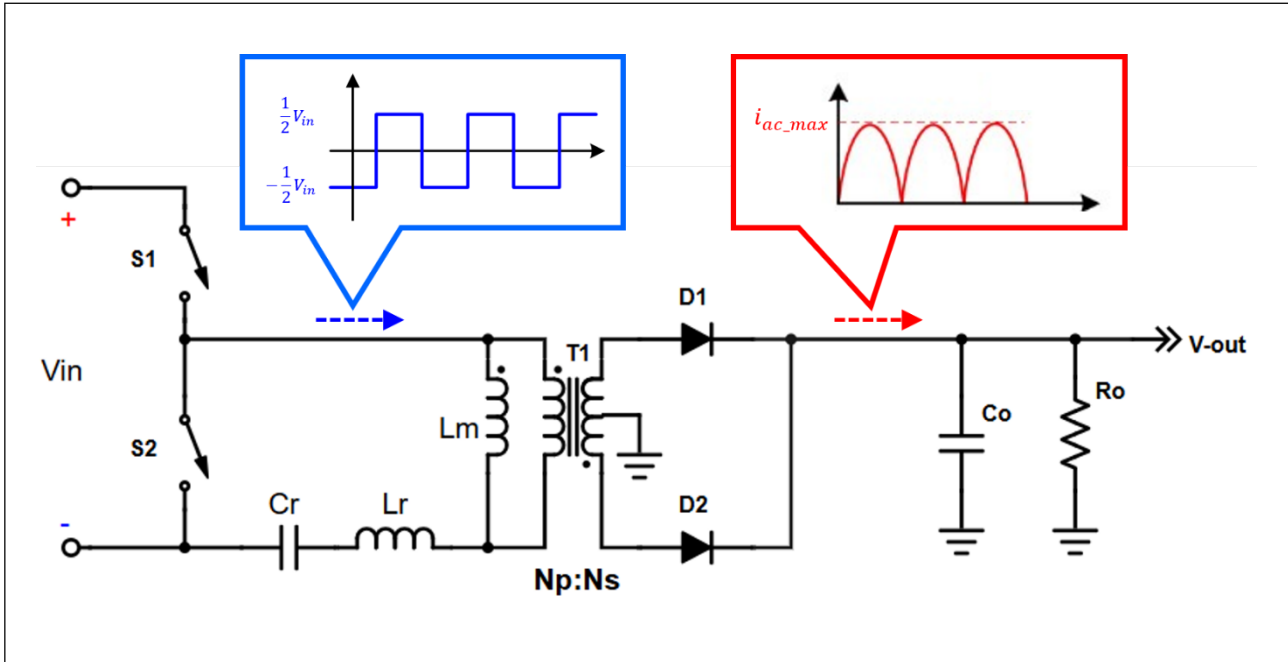


図 5.9 LLC 回路の入力電圧と負荷電流

5.5.3 出力電圧検出回路(LLC_x_V_FB)

二次側出力電圧は、図 5.10 のようにフォトカプラ、TL431 と抵抗を用いて構成しています。R1 と R2 の抵抗値により、出力電圧が決まります。マイコンはフォトカプラー一次側のフィードバック信号を入力することで負荷の状態に応じた MOSFET スイッチング制御を実施します。

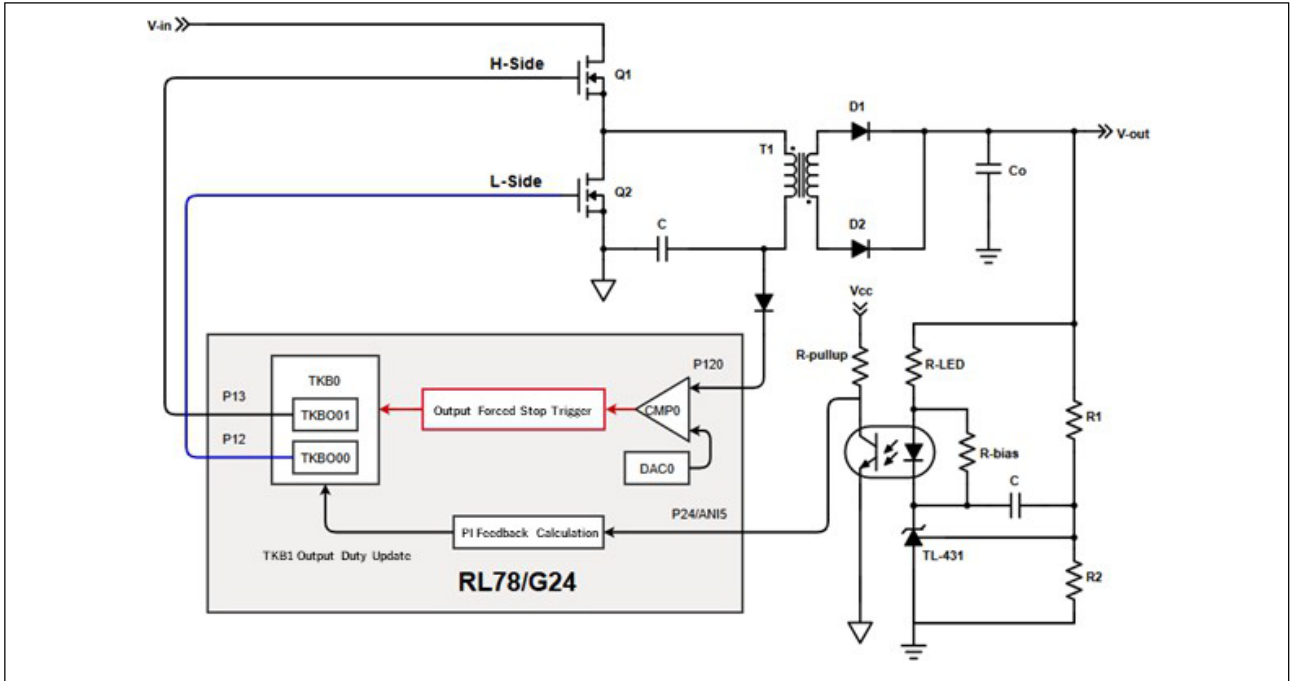


図 5.10 LLC1 出力電圧検出回路

出力は下記の式で求めます。

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) \times V_{REF}$$

TL431 の I_{ref} (基準入力電流)はおおよそ 2uA~4uA(品番により異なる)以上必要とするため、R1 は適切な抵抗値を選択する必要があります。カソードピンに 1mA(品番により異なる)より大きい電流を供給する必要があります、フォトカプラの V_F 順電圧降下が 1V と仮定すると、最小カソード電流 I_{min} が流れます。その結果、基準電圧 V_{REF} が確立した後に制御を行うことができますので動作が安定します。

フォトカプラの CTR はディレーティングとして、環境の温度や経年劣化 (50%) と設計マージン(50%)等リスクの影響を考える必要がありますが、下記の式にて求められる $R_{LED-max}$ 値の計算結果より 4 倍程度の値を設定することが可能です。

$$R_{LED} \times I_{min} \leq V_F$$

$$\therefore R_{LED} \leq \frac{1V}{1mA}$$

$$R_{LED-max} \leq \frac{V_{RLED}}{I_{KA}} = \frac{V_{out} - V_F - V_{KA-min}}{I_F + I_{bias}}$$

5.5.4 過電流保護(LLC_CS)

過負荷が起こった際に、部品がスペックを超えて継続的に動作すると発熱、発火等の危険が発生します。過負荷が発生した際に素早く回路を止める為に、過電流保護回路を構成しています。図 5.11 に LLC 過電流保護回路を記載します。本回路は、トランスに流れる交流成分を整流して直流化することで検出を行っています。

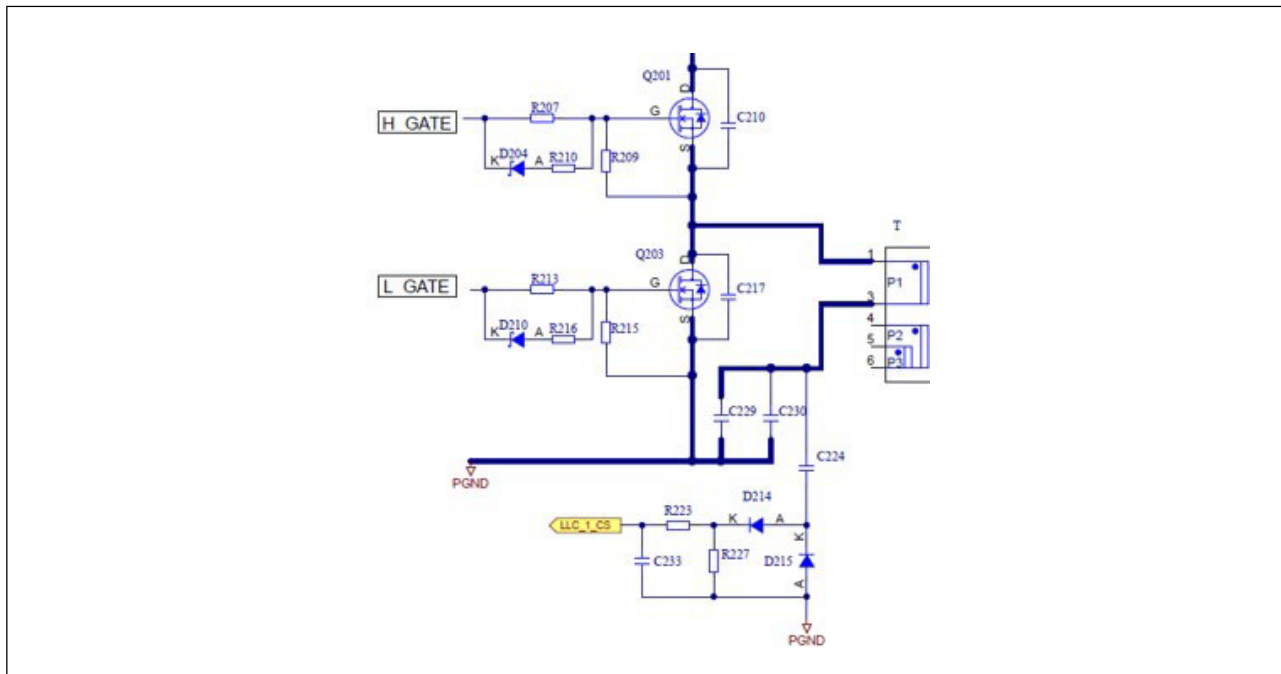


図 5.11 LLC 過電流保護回路

LLC_1_CS 端子には図 5.12 に示すような電圧波形が印加されます。この波形において、ソフトウェアにて設定した閾値電圧を超えた場合に過電流検出としてマイコンがソフトウェアを介さずに LLC の出力を停止します。(LLC_2_CS も同様)

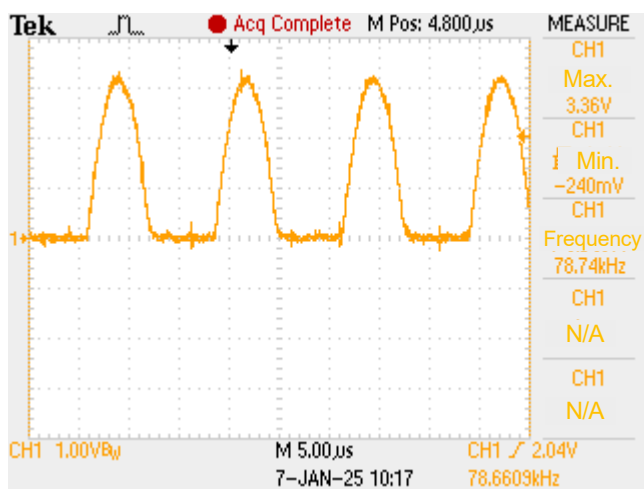


図 5.12 LLC_CS 電圧波形

LLC_CS のピーク電圧は下記の式で求めることができます。

$$LLC_CS = R227 \times I_{bbaa} \times \frac{C224}{C224 + C229 + C230}$$

ただし、 I_{bbaa} は 5.5.1 で示した等価回路において理想トランスの一次側に流れる電流

5.6 その他 I/O

5.6.1 シリアル通信

CN301 コネクタを介して PC や別マイコンとのシリアル通信を行うことができます。

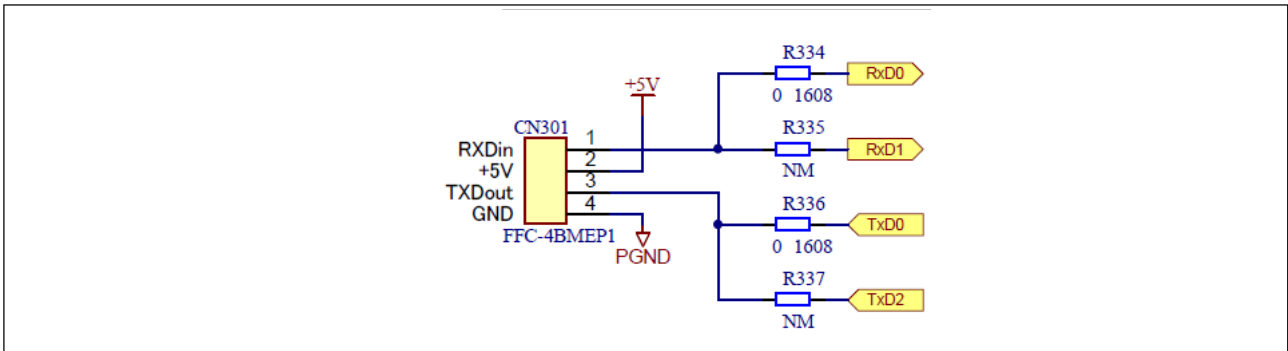


図 5.13 シリアル通信

5.6.2 プッシュスイッチ

動作モードの切り替えとして使用できるプッシュスイッチを 2 つ実装しております。

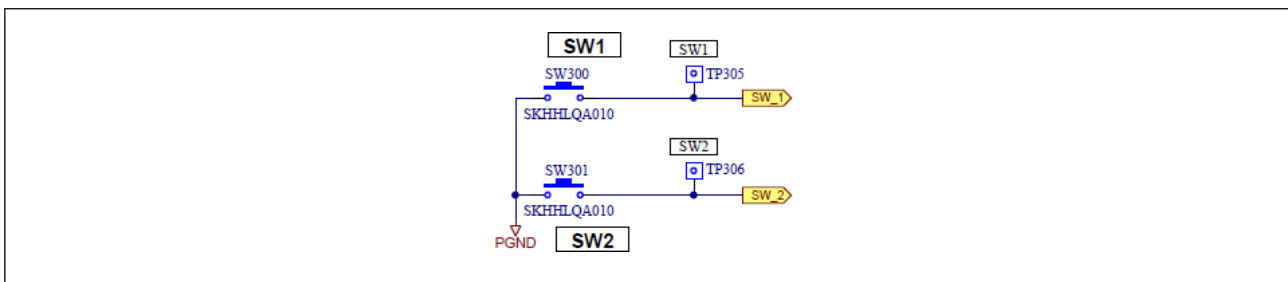


図 5.14 プッシュスイッチ

5.6.3 IR 受信

赤外線受信を行うための回路です。ユーザコードとして赤外線受信用プログラムを埋め込んでいただきますと、リモコンからの信号を受け取ることができます。

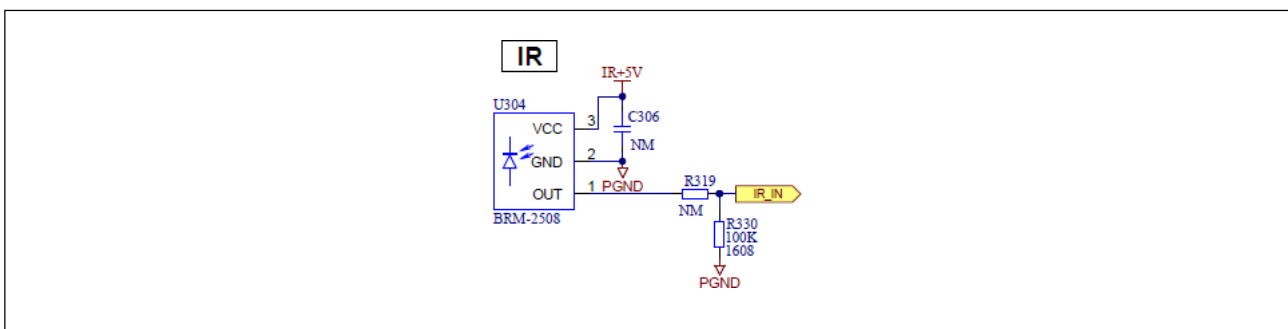


図 5.15 IR 受信

6. 安全上の注意

- 本書または安全マニュアルに指定されていない方法で本製品を使用すると、本製品が提供する安全保護が失われる可能性があります。本製品は、本書および安全マニュアルに記載された方法に従って必ずご使用ください。
- 本製品の動作中は高電圧が印加されます。動作中に本製品に触れると感電の恐れがありますので、動作中は絶対に本製品に触れないでください。
- 通電した状態で配線作業を行わないでください。感電や回路破損の恐れがあります。電源を切った状態で行ってください。
- ご使用前にこの説明書をよくお読みください。ジャンパー設定が正しくないと、回路が損傷する可能性があります。

7. 規制に関する情報

本製品は以下の指令に適合しています。

- EMC 指令: EN61326-1:2021
EMI : Class A
EMS : Industrial Electromagnetic Environment

注意：本製品は、評価および開発フェーズでの利用に最適化された製品です。そのため、EU 低電圧指令 (LVD: 2014/35/EU) に基づく適合評価・認証は実施していません。

7.1 材料の選定、消費、リサイクル、および廃棄の標準

- EU RoHS
- China SJ/T 113642014, 10-year environmental protection use period.
- WEEE Directive (2012/19/EU) & The Waste Electrical and Electronic Equipment Regulations 2013



The WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)

regulations put responsibilities on producers for the collection and recycling or disposal of electrical and electronic waste. Return of WEEE under these regulations is applicable in the UK and European Union.

This equipment (including all accessories) is not intended for household use. After use the equipment cannot be disposed of as household waste, and the WEEE must be treated, recycled and disposed of in an environmentally sound manner.

Renesas Electronics Europe GmbH can take back end of life equipment. Register for this service at: <https://www.renesas.com/eu/en/support/regional-customer-support/weee>

8. ウェブサイトおよびサポート

本製品の設計・製造に関する情報は [renesas.com](https://www.renesas.com) から入手できます。
キットに関する学習や、ツールやドキュメントのダウンロード、技術サポートなどは、下記の各ウェブサイトを通じて利用できます。

- Renesas サポート [renesas.com/support](https://www.renesas.com/support)

9. 参考ドキュメント

RL78/G24 PFC+LLC コンバータによる定電圧制御 (R01AN8175)

RL78/G24 による Interleaved CrM PFC and LLC 制御 (CPU ソフトウェア編) (R01AN8177)

改訂履歴

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2026年3月19日	—	初版

RL78/G24 Interleaved PFC + LLC Board 400W Kit マニュアル