

## 新 LLC 実験キット LEKS-192-2404-00 取り扱い説明書

### 1. 始めに

本稿では LLC 実験キット LEKS-192-2404-00 の取り扱いについて説明します。

本実験キットは企業の新人エンジニア、及び大学、高専の学生が LLC コンバータの動作原理を実際の波形を観察しながら学べる事を目標に開発を致しました。

### 2. 仕様 (標準トランス PQ2016 および標準外付け共振 C、L を接続した時に限定)

#### (ア) 入力電圧電流

メイン回路入力電圧	定格電圧 DC48V
	電圧範囲 43.2V ~ 52.8V
メイン回路入力電流	1.1Amax at DC48V 入力、24V 2A 出力時
制御回路入力電圧	DC12V ±10% 50mA Max

#### (イ) 出力電圧電流

定格電圧	DC24V ±5%
定格出力電流	DC 2 A

\*但し、弊社提供の供試 SW トランスを使用して出力電圧設定を 24V にした場合とします。SW 素子は 50W 程度の出力容量に対応しています。

(ウ) 効率 93%typ DC48V 入力 24V 2A 出力時

(エ) 最低周波数調整範囲 50KHz ~ 70KHz

(オ) 最大周波数 (スタート周波数) 320KHz typ

(カ) デッドタイム調整範囲 110nS ~ 250nS

(キ) 動作周波数 定格入力、定格負荷時 約 99KHz

### 3. セッティングおよび動作確認

本キットは出荷時に DC48V 入力、24V2A 出力の条件で設定済みですが、新たな設計条件で実験キットを使用する場合のセッティングの順序は以下の通りです。

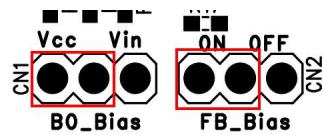
順を追って説明を致します。

#### (ア) FET ゲート信号の確認

- ☆ オシロスコープの 1 チャンネルのプロブを TP5、2 チャンネルのプロブを TP6 に、各々のプロブの GND は TP1 又は TP8 に接続します。

\* プロブを繋ぐテストポイントの位置は添付基板シルク図を参照の事。

- ☆ BO\_Bias のジャンパーを VCC 側に挿し、FB\_Bias のジャンパーを ON 側に差しします。



ジャンパー位置

- ☆ DC ジャック JA1 に 12V AC アダプタを指して 12V の電源を供給します。(安全の為、12V 1A 程度の容量の物を推奨します)
- ☆ オシロスコープにゲート波形が表示される事を確認します。出力波形は 12Vpk、50KHz~70KHz の矩形波が出力されます。

#### (イ) 最低周波数の設定

- ☆ プロブの接続はそのままにし、オシロスコープの画面を確認しながら可変抵抗 F\_MIN (VR2) を調整して目的の周波数に設定します。その時、F\_MAX (VR1) も左いっぱいに戻しておきます。(F\_MAX の調整が F\_MIN にも影響する為です)

#### (ウ) デッドタイムの設定

- ☆ プロブの接続はそのままにし、ハイサイドゲート電圧 TP5、ローサイドゲート電圧 TP6 のオシロスコープの波形を見ながら VR3 を回して回して目的のデッドタイムに設定します。最初はデッドタイムを最大に設定して置く事を推奨します。
- ☆ \*注意: DC48V を入力して SW トランスを接続していない時に MOSFET をドライブすると MOSFET のボディ容量を引き抜けないので貫通電流が

流れて MOSFET が破壊する事があります。

✧

(エ) 最高周波数の設定

- ✧ F\_Max (VR1) を回して設定します。基本的に Max (右廻りいっぱい) に設定して置く事を推奨します。設定された周波数を確認するには電源 ON 時のスイッチングが開始する時の波形をオシロスコープのメモリー機能を利用して観測する必要があります。

(オ) 外付け素子の接続

- ✧ 外付け共振コンデンサをブロック端子台 EXT\_C (TB3) に接続してください。極性はありません。
- ✧ 外付け共振インダクタをブロック端子台 EXT\_L (TB2) に接続してください。極性はありません。  
\* 添付接続回路図を参照ください。

(カ) SW トランスの接続

- ✧ SW トランスの一次側引き出し線をブロック端子台 PRI\_Winding (TB4) に接続して下さい。極性はありません。
- ✧ SW トランスの二次側引き出し線をブロック端子台 Sec\_\_Winding 1 (TB5)、Sec\_\_Winding 2 (TB6) に接続します。SW トランス二次巻線のセンター引き出し線 (2 本) をブロック端子台 Center\_\_TAP (TB5 の No.2 ピンかブロック端子台 TB6) の No.1 ピンに接続します。二次側巻き線の外側の引き出し線はブロック端子台 Sec\_\_Winding 1 (TB5) の No.1 ピンに、もう一方の外側の引き出し線はブロック端子台 Sec\_\_Winding 2 (TB6) の No.2 ピンに接続します。基板の部品面シルク印刷に接続図が表示されていますのでそれを参考にしてください。接続後正しく接続されているか指で線を引っ張って必ず確認をしてください。  
\* 添付接続回路図を参照ください。

(キ) 電源の接続

- ✧ ブロック端子台 DC+48V (TB1) に DC48V に設定された DC 電源を接続して下さい。
- ✧ 注意 1: 基板の+-の表示を確認して正しい極性に接続をしてください。
- ✧ 注意 2: DC 電源は安全と電流供給能力を考慮して電流制限を 2.0A 程度に制限しておくことをお勧めします。電流供給能力が大きすぎても FUSE が切れて安全は確保できますが基板上の部品も大きな損傷を受けますので

修理が困難になる事があります。

\* 添付接続回路図を参照ください。

(ク) 出力負荷の接続

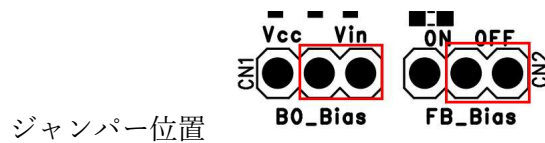
- ✧ ブロック端子台+OUT (TB7) に電子負荷の+端子を COM (TB8) に一端子を接続します。
  - ✧ ブロック端子台+OUT (TB7) は 2 ピン共に+側でブロック端子台 COM (TB8) は 2 ピン共にマイナス側となります。
  - ✧ 負荷電流のプリ設定は 0.1A から 0.5A 程度で且つ、CC モード (定電流) に設定してください。負荷 SW は ON 状態にしておきます。
- . \* 添付接続回路図を参照ください。

(ケ) 電源の徐々上げで正常動作の確認

- ✧ オシロスコープのプロープは HB\_Center (TP 7) に接続して下さい。GND 側は GND\_P (TP8) に接続して下さい。電圧設定は 20V/DIV、5uS/DIV に設定しておくことをお勧めします。
- ✧ DC 電源の電圧設定を“ゼロ V”に設定して置きます。
- ✧ DC 電源の出力を ON にします。
- ✧ DC 電源の電圧設定ツマミをゆっくりと廻して電圧を徐々に上げて行き、オシロの波形がきれいな矩形波になっている事を確認してください。DC 負荷の電圧表示を見て DCDC コンバータから正常に電圧が出力されている事を確認してください。正常であれば入力電圧の変化に応じて出力電圧も変化してゆくことが確認できます。オシロの波形を確認しながら入力電圧を DC48V まで上げていって下さい。その途中で出力電圧が 24V に安定化される事が確認できます。
- ✧ もし、オシロの波形や出力電圧に異常が認められた場合、すぐに直流電源の電圧をゼロまで下げ、一旦電源 SW を OFF にして各部の接続に間違いがないかどうかの確認を行ってください。

(コ) 通常動作試験を行う前のジャンパー設定およびオシロスコープのプロープ接続変更

- ✧ 電源を入れる前に BO\_Bias (CN1) のジャンパーを VIN 側に変更してください。
- ✧ FB\_Bias (CN2) のジャンパーは OFF 側に変更してください。



#### (サ) 通常動作電源投入

- ✧ DC ジャック J1 に 12V 0.3A ～ 1A 程度の容量を持つ AC アダプタを接続し、制御回路に電源を供給しておきます。
- ✧ 電子負荷は負荷電流を 0.1A から 1A 程度にプリセットしておきます。
- ✧ その後、48V DC 電源を ON にして LLC 電源を起動します。

#### (シ) SW 波形の確認

- ✧ 正常であればオシロスコープに約 90～100KHz の矩形波の SW 波形が表示されるはずです。表示が流れる場合はオシロスコープのトリガーチャンネル設定を正しく設定してください。そしてトリガーレベルを適正な位置に設定すれば波形は正しく表示されるはずです。もし正しい波形が表示されない場合は直ちに電源を OFF にして設定や接続を確認してください。

#### (ス) 出力電圧の確認

- ✧ +VOUT (TP11) に DC 電圧計の+側、GND\_S (TP12) にマイナス側を接続して 24V の電圧が出力されている事を確認してください。
- ✧ もし、出力電圧がふらふらしている場合は何か問題があるのでいったん電源を切って各設定や接続が確実にされているかどうか等を確認してください。

#### (セ) 最大負荷および全負荷範囲の動作確認

- ✧ 正常に出力が出ている事が確認出来たら負荷電流を 2A まで徐々に上げて行き、その後、徐々に下げて行き SW 波形と出力電圧を確認します。正常であれば、出力電圧は略 24V の値を保持します。又、徐々に軽負荷にすると周波数も徐々に高くなって行き更に軽負荷にしてゆくと間欠動作（途切れ途切れに動作する）になることが確認できます。

#### (ソ) 同期整流 MOSFET のゲート信号の波形確認

- ✧ Vg1\_S (TP14)、Vg2\_S (TP13) にオシロスコープのプロブを、GND 側を GND\_S (TP12) を接続してゲート波形を確認します。ゲートが High になっている期間が同期整流用 MOSFET が ON している期間となっています。

#### 4. 使用上の注意事項

- (ア) 外付け部品をブロックターミナルに接続する時はネジ締め後ワイヤーを手で引っ張って確実に接続されている事を確認してください
- (イ) 実験中の実験キットを置く場所に金属等の導電性の物を置かない様に注意して下さい。ショート危険があります。
- (ウ) 入力部と動作中の高電圧部は 48V と比較的低い電圧であり安全ではありますが電気に敏感な人は感じる場合がありますので不用意に触らない様にしてください。
- (エ) 本キットに添付されてる SW トランスセットで出力電圧を 24V に設定している事が前提の説明になっておりますのでそれ以外の場合はその違いを踏まえた上で各種設定を吟味して行って下さい。
- (オ) 出力電圧の設定で 12V 出力がありますがこの電圧を出力する為には SW トランスの設計も変更する必要があります。具体的には SW トランスの二次側の巻き数を 24V 仕様の場合の 9 ターンの半分にする必要があります。但し 9 ターンの半分は 4.5 ターンとなり整数ではないので 5 ターンとします。一次側の巻き数は巻線比を 24V 仕様時の 1 倍から 2 倍にする必要があります。よって一次側の巻き数は  $5 \times 2 = 10$  ターンとなります。元が 9 ターンだったので 1 ターン多くなります。
- (カ) 出力電圧を 24V、12V 以外に設定したい場合は二次電圧検出抵抗 R39,R43,R46 を調整して下さい。基準電圧 Vref は 2.5V ですので出力電圧 Vout は以下の様に計算できます。

$$V_{out} = (R35 + R39 + R46) / R35 \times V_{ref} \quad \text{——— ジャンパー24V 設定の場合}$$

# LLC実験キット接続回路図

