

MAX1717評価キット

Evaluates: MAX1717

概要

MAX1717評価キット(EVキット)は、高電力、動的可変出力のノートブック用CPUアプリケーション回路を評価します。MAX1717 DC-DCコンバータは、高電圧バッテリー及びACアダプタをステップダウンし、高精度低電圧CPUコアの V_{CC} 電源電圧を提供します。MAX1717EVキットは、電圧ポジショニングにより出力コンデンサの条件を最小限に留めることにより、IntelのモバイルPentium®III CPUの過渡電圧仕様を満たしています。

この完全実装の試験済み回路基板は、7V~24Vのバッテリー入力範囲からデジタル調整の可能な0.925V~2Vの出力電圧を提供します。14.1Aのピーク電流では、最高12Aの出力電流を提供します。EVキットは300kHzのスイッチング周波数で動作し、優れたライン過渡応答及び負荷過渡応答特性を示します。出力スルーレート制御はバッテリー及びインダクタのサージ電流を最小にします。MAX1717の出力電圧スルーレートは、高精度タイマー回路の使用により特定のアプリケーションに合わせて変更でき、新しいDAC設定を「ジャストインタイム」で実現します。

型番

PART	TEMP. RANGE	IC PACKAGE
MAX1717EVKIT	0°C to +70°C	24 QSOP

部品リスト

DESIGNATION	QTY	DESCRIPTION
C1–C4, C20	5	10µF, 25V ceramic capacitors (1812) Taiyo Yuden TMK432BJ106KM or Tokin C34Y5U1E106Z
C5, C6, C7	3	220µF, 2.5V, 15mΩ low-ESR specialty polymer capacitors Panasonic EEFUE0E221R
or	or	or
C5, C6, C7, C10	4	470µF, 6.3V, 30mΩ low-ESR tantalum capacitors Kemet T510X477M006AS
C8	1	10µF, 6.3V ceramic capacitor Taiyo Yuden JMK325BJ106MN
C9	1	0.1µF ceramic capacitor (1206)
C11, C12	2	0.22µF ceramic capacitors (1206)
C13, C21, C22	0	Not installed
C14	1	470pF ceramic capacitor (1206)
C15	1	1µF ceramic capacitor (1206)
C17, C19, C23, C24, C25	5	4700pF ceramic capacitors (0805)

特長

- ◆ 高速、高精度及び高効率
- ◆ 電圧ポジショニング出力
- ◆ 最小出力コンデンサ数：4
- ◆ CPU電力消費を削減
- ◆ 高速応答Quick-PWM™構造
- ◆ 入力電圧範囲：7V~24V
- ◆ 出力電圧範囲：0.925V~2V
- ◆ 12A負荷電流機能(14.1Aピーク)
- ◆ 出力遷移中の入力サージ電流の制御
- ◆ スwitchング周波数：300kHz
- ◆ 電流検出抵抗なし
- ◆ VGATEパワーグッド/遷移完了インジケータ
- ◆ 24ピンQSOPパッケージ
- ◆ 薄型部品
- ◆ 完全実装済み、試験済み

DESIGNATION	QTY	DESCRIPTION
C18	1	1000pF ceramic capacitor (0805)
D1	1	2A Schottky diode International Rectifier 10MQ040 or STMicroelectronics STPS2L25U
D2	1	100mA Schottky diode Central Semiconductor CMPSH-3
D3	1	200mA switching diode Central Semiconductor CMPD2838
J1	1	Scope-probe jack Berg Electronics 33JR135-1
JUA0–JUA4, JUB0–JUB4	10	2-pin headers
L1	1	1µH power inductor Sumida CEP125-1R0MC or Panasonic ETQP6F1R1BFA
N1	1	N-channel MOSFET (SO-8) International Rectifier IRF7811 or IRF 7811A

PentiumはIntel Corp.の登録商標です。

Quick-PWMはMaxim Integrated Productsの商標です。

MAX1717評価キット

Evaluates: MAX1717

部品リスト(続き)

DESIGNATION	QTY	DESCRIPTION
N2, N3	2	N-channel MOSFETs (SO-8) International Rectifier IRF7805 or IRF 7811 or IRF 7811A
R1	1	20 Ω \pm 5% resistor (0805)
R2-R6, R9, R10, R22-R26	12	100k Ω \pm 5% resistors (0805)
R11	1	100 Ω \pm 5% resistor (0805)
R12	1	0.005 Ω \pm 1%, 1W resistor (2512) Dale WSL-2512-R005F
R13	1	10k Ω \pm 5% resistor (0805)
R14	1	120k Ω \pm 5% resistor (0805)
R15	1	20k Ω \pm 5% resistor (0805)
R16	1	300k Ω \pm 5% resistor (0805)
R17	1	200k Ω \pm 5% resistor (0805)
R18	1	24.9k Ω \pm 1% resistor (0805)
R19	1	27.4k Ω \pm 1% resistor (0805)
R20	1	2k Ω \pm 1% resistor (0805)
R21	1	160k Ω \pm 5% resistor (0805)
SW1	1	DIP-6 dip switch
U1	1	MAX1717EEG (24-pin QSOP)
None	10	Shunts
None	1	MAX1717 PC board
None	1	MAX1717 data sheet
None	1	MAX1717 EV kit data sheet

推薦機器

- 7V ~ 24V、20W以上の電源、バッテリー又はノートブックACアダプタ
- 100mA出力、5V DCバイアス電源
- 14.1Aをシンク可能なダミー負荷
- デジタルマルチメータ(DMM)
- 100MHzデュアルトレースオシロスコープ

クイックスタート

- 電源を投入する前に、回路が電源及びダミー負荷に正しく接続されていることを確認します。
- スイッチSW1-A($\overline{\text{SHDN}}$)、SW1-B(SKIP)、及びSW1-C(A/ $\overline{\text{B}}$)をオンの位置に設定します。これにより、内部マルチプレクサがAモードになり、EVキットが自動パルススキップ動作を行うようになります。DACコード設定D4 ~ D0は、取り付け済みジャンパJUA4及びJUA1によりAモード用の1.35Vの出力に設定され、取り付け済みジャンパJUB0、JUB1、JUB2、及びJUB4によりBモード用の1.6Vの出力に設定されます。

部品メーカ

SUPPLIER	PHONE	FAX
Central Semiconductor	516-435-1110	516-435-1824
Dale-Vishay	402-564-3131	402-563-6418
International Rectifier	310-322-3331	310-322-3332
Kemet	408-986-0424	408-986-1442
Panasonic	714-373-7939	714-373-7183
Sanyo	619-661-6322	619-661-1055
Sumida	847-956-0666	847-956-0702
Taiyo Yuden	408-573-4150	408-573-4159
Tokin	408-432-8020	408-434-0375

注記：これらの部品メーカに連絡する際は、MAX1717を使用していることを明示して下さい。

- +5Vバイアス電源を投入する前にバッテリー電源を入れます。このようにしないと、出力UVLOタイマでタイムアウトが発生してフォルトラッチが設定され、+5V電源を一度低下させるかシャットダウンがトリグされるまでレギュレータが使用できなくなります。
- DMM及び/又はオシロスコープで出力を観測します。負荷電流を変えながら、LXスイッチングノード及びMOSFETゲート駆動の信号を観察します
- A/ $\overline{\text{B}}$ スイッチをトリグルさせて、出力電圧が新しい1.6Vの設定に遷移する様子を観察します。注記：ディップスイッチを使用してA/ $\overline{\text{B}}$ を駆動する場合は、スイッチのバウンスにより遷移に予想したよりも長い時間がかかることがあります。

詳細

この12Aバックレギュレータ設計は、周波数300kHz及び出力電圧設定約1.35V ~ 1.6V用に最適化されています。これよりも低い出力電圧では過渡応答が多少劣化し、効率も低下します。これよりも高い出力電圧では(2Vに近い)、出力リップルが増加します。V_{OUT} = 1.6Vでは、インダクタリップルは約30%で、約I_{LOAD} = 2Aでパルススキップスレシヨルドに達します。

出力電圧の設定

MAX1717は内部5ビットDACと共に、僅か5つのピンで2種類の異なる5ビットコードを入力できるようにするユニークな独自の内部マルチプレクサを持っています。出力電圧は0.925V ~ 2Vの範囲(表1)でデジタル設定できます。出力電圧を設定するには、次の3種類の方法があります。

- 外部VID0～VID4入力を駆動する(ジャンパなし)。出力電圧は、オープンドレインドライバ又は3V/5V CMOS出力ロジックレベルでVID0～VID4を駆動することにより設定できます(内部マルチプレクサはAモード構成A/ \overline{B} = ハイになっている必要があります)。
- ジャンパJUA0～JUA4を取り付ける(Aモード構成: SW1-C ON、A/ \overline{B} = ハイ)。JUA0～JUA4が取り付けられていない場合、MAX1717のD0～D4入力はロジック1(V_{CC} に接続)になります。JUA0～JUA4が取り付けられている場合、D0～D4入力はロジック0(GNDに接続)になります。Aモード構成では、ジャンパJUA0～JUA4を取り付けるか又は取り外すことにより、動作中に出力電圧を変更できます。出荷時のEVキットはAモードで動作するように構成されており、ジャンパJUA0～JUA4は1.35V出力に設定されています(表1)。
- ジャンパJUB0～JUB4を取り付ける(Bモード構成: SW1-C OFF、A/ \overline{B} = ロー)。JUB0～JUB4が取り付けられていない場合、100k 抵抗がD0～D4入力それぞれに直列に接続されており、これらをBモードのロジック1とします。JUB0～JUB4が取り付けられている場合、100k 抵抗は短絡されており、D0～D4をBモードのロジック0とします。出荷時のEVキットはBモードは、ジャンパJUB0～JUB4が1.6V出力に設定されています(表1)。Bモードの構成では、出力電圧は変更できません。A/ \overline{B} 、SHDN、又はVBIASを一度低下させてBモード設定を再度読み込む必要があります。

詳細については、MAX1717のデータシートを参照して下さい。

電圧ポジショニング

MAX1717EVキットは、電圧ポジショニングにより出力コンデンサの条件を最小にして、IntelのモバイルPentium®III CPUの過渡電圧仕様を満たします。初期出力電圧は若干高く(1.25%)設定されており、負荷電流が増加するにつれてより低い電圧で安定化できるようになっています。R20及びR21は初期出力電圧を23mV高く設定し、R12(5m Ω)は負荷の増加によって出力電圧を低下させます(60mV又は12Aで1.6Vの約4%)。

出力電圧を高く設定すると、出力電流が突然増加したときにより大きなステップダウンが可能になります。負荷の存在時により低い出力電圧で安定化させると、出力電流が突然減少したときにより大きなステップアップが可能になります。より大きなステップサイズは、出力容量を削減し、コンデンサのESRを増加できる

表1. MAX1717出力電圧の調整設定

D4 JUA4 JUB4	D3 JUA3 JUB3	D2 JUA2 JUB2	D1 JUA1 JUB1	D0 JUA0 JUB0	OUTPUT VOLTAGE (V)
0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	1	1.95
0	0	0	1	0	1.90
0	0	0	1	1	1.85
0	0	1	0	0	1.80
0	0	1	0	1	1.75
0	0	1	1	0	1.70
0	0	1	1	1	1.65
0	1	0	0	0	1.60
0	1	0	0	1	1.55
0	1	0	1	0	1.50
0	1	0	1	1	1.45
0	1	1	0	0	1.40
0	1	1	0	1	1.35
0	1	1	1	0	1.30
0	1	1	1	1	Shutdown
1	0	0	0	0	1.275
1	0	0	0	1	1.250
1	0	0	1	0	1.225
1	0	0	1	1	1.200
1	0	1	0	0	1.175
1	0	1	0	1	1.150
1	0	1	1	0	1.125
1	0	1	1	1	1.100
1	1	0	0	0	1.075
1	1	0	0	1	1.050
1	1	0	1	0	1.025
1	1	0	1	1	1.000
1	1	1	0	0	0.975
1	1	1	0	1	0.950
1	1	1	1	0	0.925
1	1	1	1	1	Shutdown

注記: ジャンパJUA0～JUA4にはシャントが取り付けられており、JUB0～JUB4 = ロジック0に設定されています。

ことを意味します。電圧ポジショニングを使用しない場合は、出力コンデンサをもう1つ追加して、同過渡仕様を満たす必要があります。

電圧ポジショニングを使用したもう1つの利点に、大負荷電流における消費電力の節約があります。出力電圧は負荷があると低くなるため、CPUの消費電流は低下します。その結果、R12で若干余分の電力が消費されますが、CPUの電力消費が削減されます。

公称1.6V、12Aの出力では、出力電圧を2.6%(1.4%~4%)低減すると、出力電圧は1.56Vになり、出力電流は11.69Aになります。これらの値を使用した場合、CPUの消費電力は19.2Wから18.23Wに削減されます。R12の電力消費の増加分は0.68Wであるため、総合的な電力節約量は次のようになります。

$$19.2 - (18.23 + 0.68) = 0.3W$$

実際には、1WのCPU消費が節約され、電源がその節約分の殆どを消費することになりますが、純節約量及び高熱のCPUによる消費の削減はどちらも有益です。

効率の測定及び実効効率

電力変換効率(POUT/PIN)を正確に試験するには、測定に予想以上の注意を必要とします。起こりやすい間違いの1つとして、不正確なDMMの使用が挙げられます。もう1つは、DMMを1つだけ使用し、これを1つの場所から別の場所に移動させて各種の入力/出力電圧及び電流を測定することです。通常この場合、電流計に存在する直列抵抗が原因で回路に適用される条件が変化してしまいます。最適な方法は、キャリブレーションしたばかりの3-1/2桁以上のDMMを4つ使用し、 V_{BATT} 、 V_{OUT} 、 I_{BATT} 、及び I_{LOAD} を同時に監視することです。 V_{BATT} メータ及び V_{OUT} メータは入力及び出力コンデンサに直接接続します。この場合、プリント基板出力及びグランドバスの寄生抵抗が測定に影響するため(大きな電力損失)、リモート V_{OUT} 及びGNDピンで効率を試験しても正確な結果は得られません。

効率を計算する時は、次に示すように+5Vバイアス電源による消費電力を考慮して下さい。

$$\text{効率} = \frac{V_{OUT} \times I_{LOAD}}{\left(V_{BATT} \times I_{BATT} \right) + \left(5V \times I_{BIAS} \right)}$$

MOSFETの選択は、効率性能に大きく影響します。International Rectifier社のMOSFETは、このキットの設計時には12Aアプリケーション用として優れた性能を提供する部品となっていますが、MOSFETは改善ペースが速いため、最新のもので評価するようにして下さい。

実際の正確な効率データを取得した後は、電圧ポジショニング回路を正確に評価するためにまだ行うべきことが残っています。「電圧ポジショニング」の項で説明したように、電圧ポジショニング電源はシステムの総合的な電力消費を低減する一方で、余分な電力を消費することがあります。このため、実効効率という概念を使用して、ポジショニング回路と非ポジショニング回路の効率を直接比較できるようにします。実効効率は、特定のCPU動作条件において、電圧ポジショニング回路の総合的

な消費と等しくするための非電圧ポジショニング回路に必要なとされる効率として定義されています。

実効効率は、次式で計算します。

- 1) まずポジショニング回路の効率データを使用します (V_{IN} 、 I_{IN} 、 V_{OUT} 、 I_{OUT})。
- 2) 各 V_{OUT} 、 I_{OUT} データ点の負荷抵抗を次のように計算します。

$$R_{LOAD} = V_{OUT} / I_{OUT}$$

- 3) 非ポジショニングアプリケーションの各 R_{LOAD} データ点に存在する出力電流を次のように計算します。

$$I_{NP} = V_{NP} / R_{LOAD}$$

この例では、 $V_{NP} = 1.6V$ です。

- 4) 実効効率を次のようにして計算します。
実効効率 = $(V_{NP} \cdot I_{NP}) / (V_{IN} \cdot I_{IN})$ = 算出した非ポジショニング電力出力を、測定した電圧ポジショニング電力入力で割ったもの。
- 5) 電流 I_{NP} における効率データ点を図に表します。

電圧ポジショニング回路の実効効率は、軽負荷時(電圧ポジショニング出力電圧が非ポジショニング出力電圧より高い時)には非ポジショニング回路の実効効率よりも低くなり、重負荷時(電圧ポジショニング出力電圧が非ポジショニング出力電圧より低い時)には非ポジショニング回路の実効効率より高くなります。

動的出力電圧遷移の実験

SW1-C(A/B)のオンとオフの位置をトグルさせて、1.35V及び1.6Vの間の出力電圧の遷移を観察します。このEVキットは3.75mV/μsで出力電圧が遷移するように設定されています。遷移の速度は、抵抗R14(120k)を変更することによって変えることができます。スイッチのバウンス(SW1)が原因で、遷移に予想したよりも長い時間がかかることがあります。スイッチのバウンスを除去するには、SW1-C(A/B)をオフの位置に設定し、ファンクションジェネレータを使用してA/Bパッドを駆動します。

電圧の遷移時に差動スコーププローブを使用してR12を観察するか、電流プローブをインダクタと直列に挿入することにより、インダクタ電流を観察します。

この際、電圧の遷移に伴う低く、十分に制御されたインダクタ電流に注目します。シャットダウン及び起動時に同じスルーレート及び制御インダクタ電流を使用して、バッテリー(入力ソース)との間に十分に制御された電流が流れるようにします。

出力電圧の遷移を発生させる方法は、ほかに2つあります。まず、A/Bスイッチをオンの位置に設定して(SW1-C)Aモードを選択し、次に手動でJUA0～JUA4ジャンパを新しいVIDコード設定(表1)に変更するか、JUA0～JUA4ジャンパを取り外してVID0～VID4プリント基板テスト点を希望のコード設定に外部より駆動します。

負荷遷移の実験

興味深い実験として、出力を高速の重負荷遷移にさらしてオシロスコープで出力を観察することがあります。この実験では、付属のスコーププローブジャックを使用して出力を注意深く観察する必要があります。出力リップル及び負荷過渡応答を正確に測定するには、グランドクリップリードを完全に取り、プローブハットを取り除いてGNDシールドを露出させ、プローブをジャックに直接差し込むことができるようにします。このようにしないと、EMI及びノイズのピックアップにより波形が変形します。

殆どの電源試験用のベンチトップ電子負荷は、DC-DCコンバータを超高速度の負荷過渡にさらす能力を持ち合わせていません。CPU V_{CORE}ピンで消費電流 di/dt をエミュレートするには、少なくとも10A/μsの負荷過渡が必要です。このような厳しい負荷過渡を生成する簡単な方法の1つとして、MTP3055又は12N05などのMOSFETをスコーププローブジャックの両端に直接ハンダ付けする方法があります。次に、低デューティサイクル(10%)で強いパルスジェネレータを使用してそのゲートを駆動し、MOSFETの熱によるストレスを最小化します。負荷電流を変化させるには、パルスジェネレータの高レベル出力電圧を調整します。このようにする代わりに、MOSFETのドレインに直列接続された負荷抵抗を使用して負荷電流を制御し、MOSFETを完全にオンに駆動することもできます。負荷抵抗の計算には予期されるMOSFETのオン抵抗を含めるようにして下さい。

負荷電流を判断するには、負荷経路にメータを挿入することが考えられますが、ダミー負荷MOSFETの経路には低い抵抗及びインダクタンスが必要なため、この方法はここでは使用できません。パルスジェネレータの特定の振幅が発している負荷電流の大きさを判断するには、2種類の代替方法を使用できます。このうち最も適した最初の方法は、Tektronix AM503などの、キャリブレーション済みのAC電流プローブでインダクタ電流を観察する方法です。バックトポロジでは、負荷

電流はインダクタ電流の平均値に等しくなります。2番目の方法は、希望する値の静的ダミー負荷の使用中に入力電流を測定する方法です。それからMOSFETダミー負荷を100%デューティで一時的に接続し、バッテリーの電流が適切なレベルに上昇するまでゲート駆動信号を調整します(煙や炎を発生させずに動作させるには、MOSFET負荷が放熱している必要があります)。

表2. スイッチSW1-A/SW1-Bの機能 (SHDN、SKIP)

SW1-A	SW1-B	CONNECTION	EFFECT
Off	X	SKP/ $\overline{\text{SDN}}$ connected to GND through R15 and R17.	Shutdown mode, $V_{\text{OUT}} = 0$.
On	On	SKP/ $\overline{\text{SDN}}$ connected to V_{CC} through R15.	Output enabled. SKIP mode operation. Allows automatic PWM/PFM switchover for pulse skipping at light load for highest efficiency.
—	Off	SKP/ $\overline{\text{SDN}}$ connected to +2V through R15 and divider R16/R17.	Output enabled. Low-noise mode. Forced fixed-frequency PWM operation.

表3. スイッチSW1-Cの機能(A/ $\overline{\text{B}}$)

SW1-C	CONNECTION	MAX1717 OUTPUT
On	A/ $\overline{\text{B}}$ connected to V_{CC}	Internal VID multiplexer set to A mode.
Off	A/ $\overline{\text{B}}$ connected to GND	Internal VID multiplexer set to B mode.

MAX1717評価キット

Evaluates: MAX1717

表4. ジャンパJU3/JU4/JU5の機能(スイッチング周波数の選択)

SHUNT LOCATION			TON PIN	FREQUENCY (kHz)
JU3	JU4	JU5		
Installed	Not Installed	Not Installed	Connected to V _{CC}	200
Not Installed	Installed	Not Installed	Connected to REF	550
Not Installed	Not Installed	Installed	Connected to GND	1000
Not Installed	Not Installed	Not Installed	Floating	300

IMPORTANT: Don't change the operating frequency without first recalculating component values. The frequency has a significant effect on the peak current-limit level, MOSFET heating, preferred inductor value, PFM/PWM switchover point, output noise, efficiency, and other critical parameters.

表5. ジャンパJU6の機能(固定/可変電流リミットの選択)

SHUNT POSITION	ILIM PIN	CURRENT-LIMIT THRESHOLD
On	Connected to V _{CC}	100mV
Off	Connected to midpoint of external resistor-divider R18/R19. Refer to the <i>Pin Description</i> in the MAX1717 data sheet for more information (see <i>Current Limit</i> section).	Adjustable from 50mV to 300mV.

表6. トラブルシューティングガイド

SYMPTOM	POSSIBLE PROBLEM	SOLUTION
Circuit won't start when power is applied.	Power-supply sequencing: +5V bias supply was applied first.	Cycle SW1-A ($\overline{\text{SHDN}}$).
Circuit won't start when RESET is pressed, +5V bias supply cycled.	Output overvoltage due to shorted high-side MOSFET.	Replace the MOSFET.
	Output overvoltage due to load recovery above 2.25V.	Reduce the inductor value, raise the switching frequency, or add more output capacitance.
	Output overload condition.	Remove excessive load.
	Broken connection, bad MOSFET, or other catastrophic problem.	Troubleshoot the power stage. Are the DH and DL gate-drive signals present? Is the 2V V _{REF} present?
On-time pulses are erratic or exhibit unexpected changes in period.	VBATT power source has poor impedance characteristic.	Add a bulk electrolytic bypass capacitor across the benchtop power supply, or substitute a real battery.
Excessive EMI, poor efficiency at high input voltages.	Gate-drain capacitance of N2 is causing shoot-through cross-conduction.	Observe the gate-source voltage of N2 during the low-to-high LX node transition (this requires careful instrumentation). Is the gate voltage being pulled above 1.5V, causing N2 to turn on? Use a smaller low-side MOSFET or add a BST resistor (R7).
Poor efficiency at high input voltages, N1 gets hot.	N1 has excessive gate capacitance.	Use a smaller high-side MOSFET or add more heatsinking.

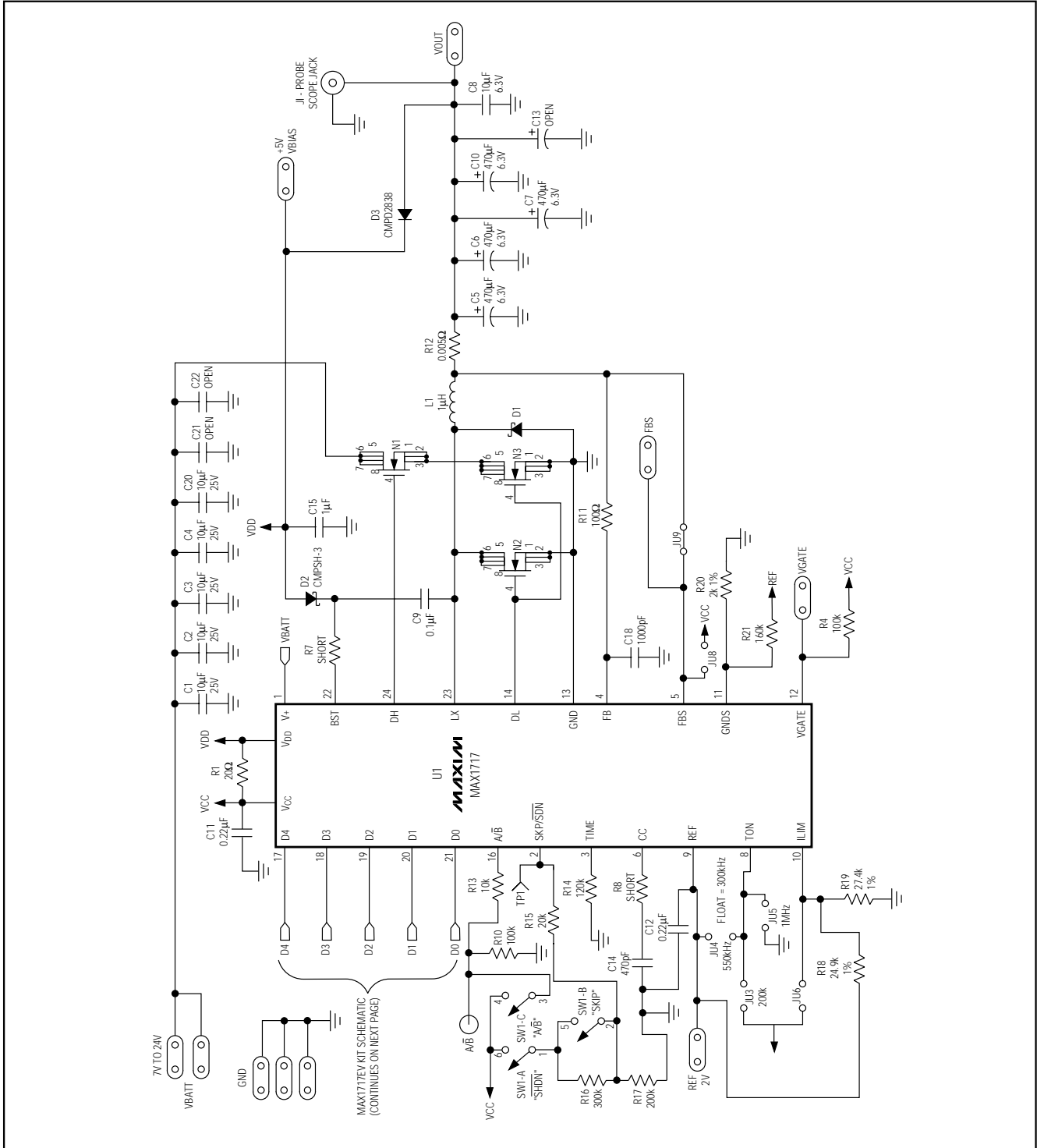


図1. MAX1717EVキットの回路図

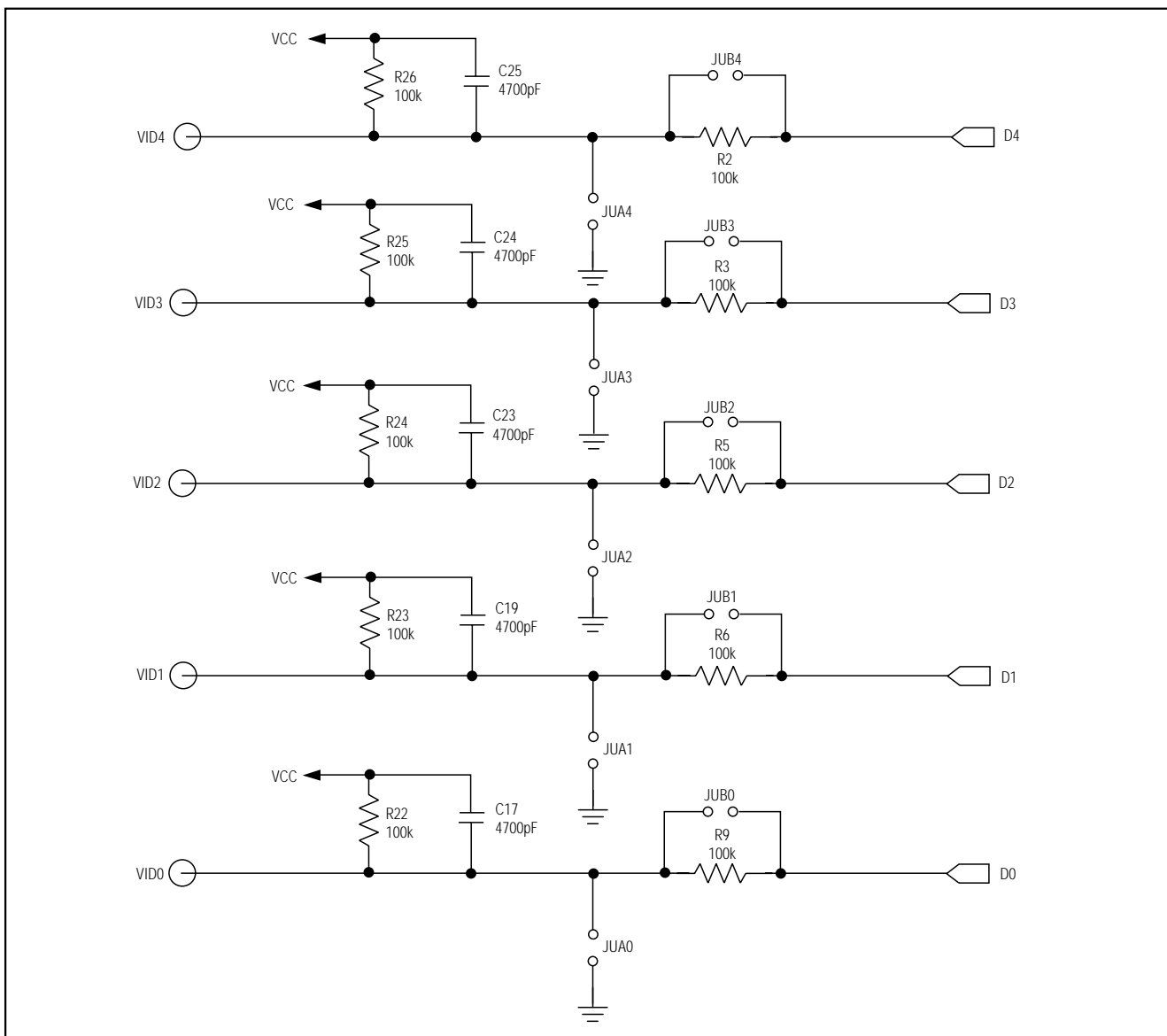


図1. MAX1717EVキットの回路図(続き)

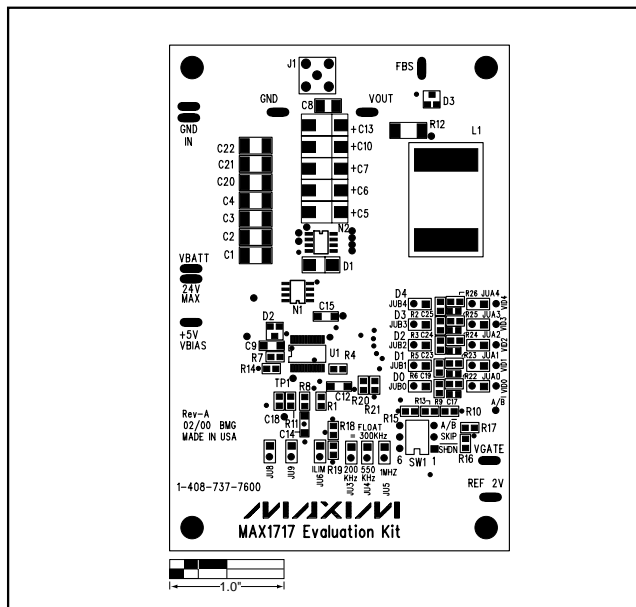


図2. MAX1717EVキット部品配置ガイド(部品面側)

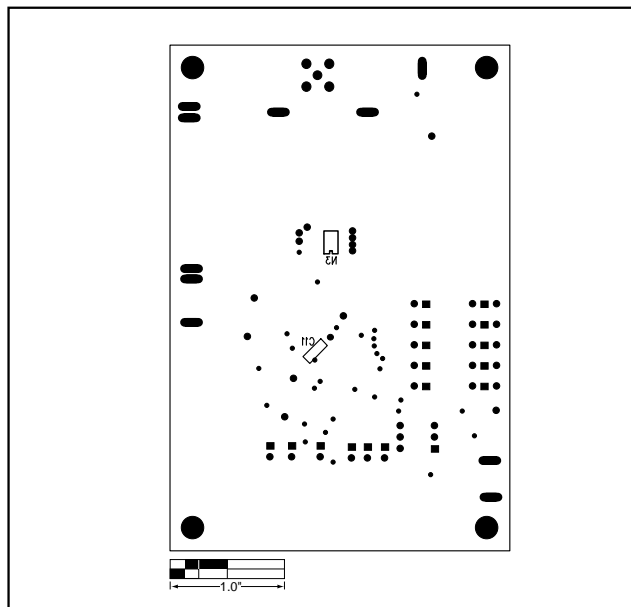


図3. MAX1717EVキット部品配置ガイド
(ハンダ面側)

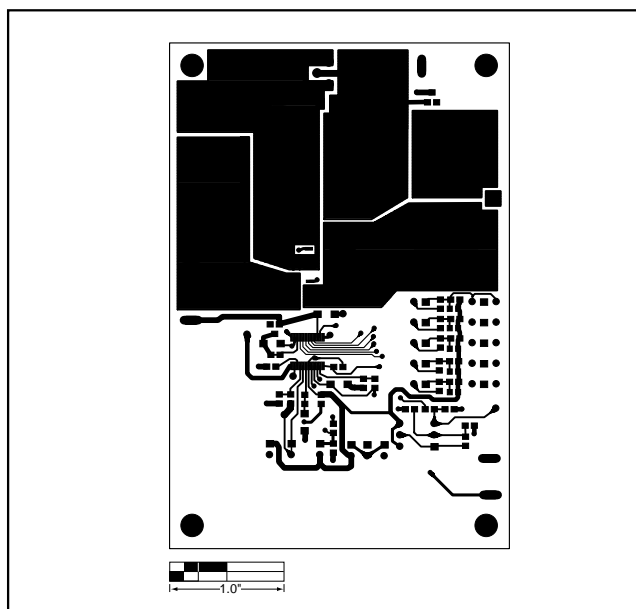


図4. MAX1717EVキットプリント基板レイアウト
(部品面側)

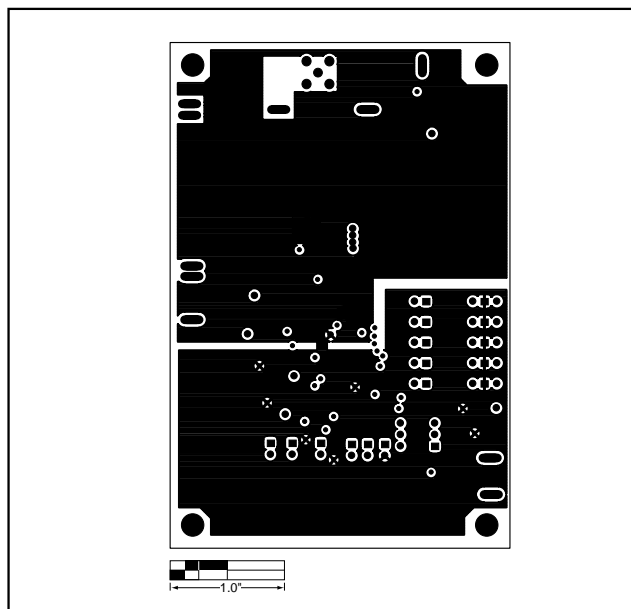


図5. MAX1717EVキットプリント基板レイアウト
(グランドプレーン側 - 層2)

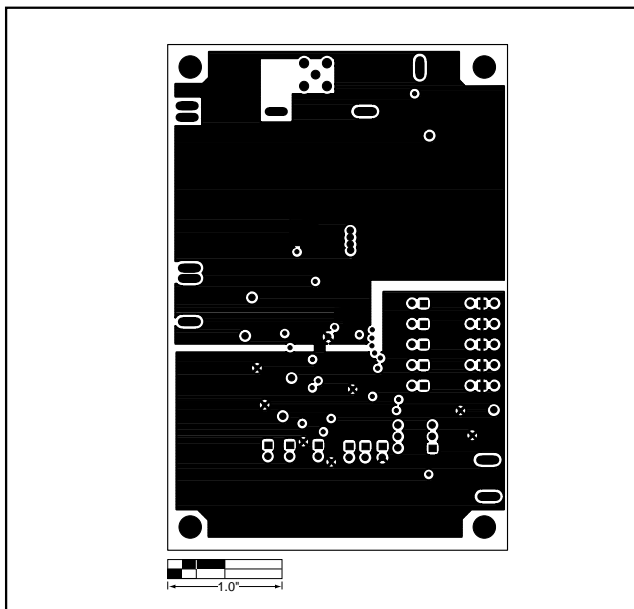


図6. MAX1717EVキットプリント基板レイアウト
(グランドプレーン側 - 層3)

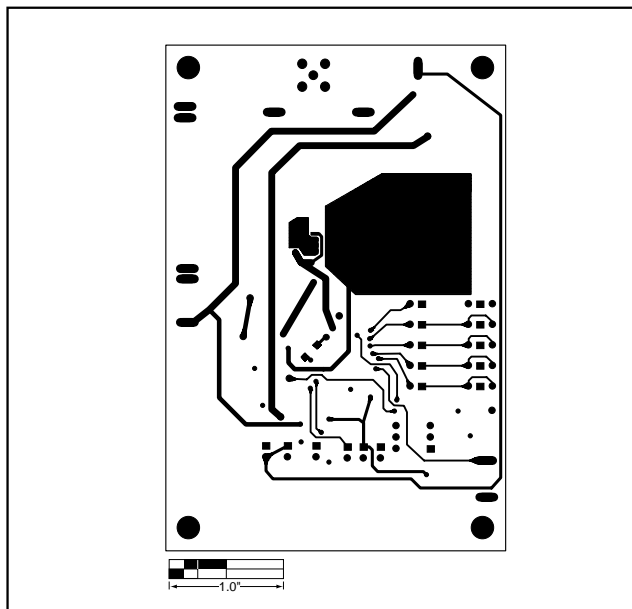


図7. MAX1717EVキットプリント基板レイアウト
(ハンダ面側)

NOTES

MAX1717評価キット

NOTES

販売代理店

マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16(ホリゾン1ビル)
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシム社では全体がマキシム社製品で実現されている回路以外の回路の使用については責任を持ちません。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシム社は随時予告なしに回路及び仕様を変更する権利を保留します。

12 _____ Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600