

MAX1711 評価キット

Evaluates: MAX1711

概要

MAX1711 評価キット (EVキット) は、電圧ポジショニング式の大電力、動的可変ノートブックCPUアプリケーション回路を実証します。電圧ポジショニングはCPUの消費電力を低減し、出力容量の条件を緩和します。この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て、高精度、低電圧CPUコアV_{CC}電源電圧を生成します。

MAX1711 EVキットは7V~24Vのバッテリー入力範囲からデジタル可変0.925V~2V出力電圧を提供します。連続出力電流12A、ピーク14.1Aを供給し(スイッチング周波数550MHz)、優れたライン及び負荷過渡応答特性を備えています。MAX1711 EVキットは、制御された時間内に、入力サージ電流を制限しつつ出力電圧遷移を達成するように設計されています。

このEVキットは完全実装及び試験済みの回路基板です。

型番

PART	TEMP. RANGE	IC PACKAGE
MAX1711EVKIT	0°C to +70°C	24 QSOP

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

部品リスト

DESIGNATION	QTY	DESCRIPTION
C1-C4, C20	5	10µF, 25V ceramic capacitors Taiyo Yuden TMK432BJ106KM, Tokin C34Y5U1E106Z, or United Chemi-Con/Marcon THCR50E1E106ZT
C5, C6, C7, C16	4	220µF, 2.5V, 25mΩ low-ESR polymer capacitors Panasonic EEFUEOE 221R
C8	1	10µF, 6.3V ceramic capacitor Taiyo Yuden JMK325BJ106MN or TDK C3225X5R1A106M
C9	1	0.1µF ceramic capacitor
C10	0	0.01µF ceramic capacitor (not installed)
C11, C12	2	0.22µF ceramic capacitors
C13	0	0.1µF ceramic capacitor (not installed)
C14	1	470pF ceramic capacitor
C15	1	1µF ceramic capacitor
C18	1	1000pF ceramic capacitor
D1	1	2A Schottky diode SGS-Thomson STPS2L25U or Nihon EC31QS03L

特長

- ◆ 出力電圧ポジショニング
- ◆ CPUの消費電力を低減
- ◆ 出力コンデンサの数が最小限(僅か4つ)
- ◆ 高速、高精度、高効率
- ◆ 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
- ◆ 負荷電流能力: 12A(ピーク14.1A)
- ◆ スwitching周波数: 550MHz
- ◆ パワーグッド出力
- ◆ パッケージ: 24ピンQSOP
- ◆ 薄型部品
- ◆ 完全実装済み、試験済み

DESIGNATION	QTY	DESCRIPTION
D2	1	100mA Schottky diode Central Semiconductor CMPSH-3
D3	1	1A Schottky diode Motorola MBRS130LT3, International Rectifier 10BQ040, or Nihon EC10QS03
D4	1	200mA switching diode Central Semiconductor CMPD2838
J1	1	Scope-probe connector Berg Electronics 33JR135-1
JU1	1	2-pin header
JU3-9	0	Not installed
L1	1	0.47µH power inductor Sumida CEP 125 series 4712-T006
N1	1	N-channel MOSFET (SO-8) International Rectifier IRF7811 or IRF7811A
N2, N3	2	N-channel MOSFET (SO-8) International Rectifier IRF7805 or IRF7811 or IRF 7811A

MAX1711評価キット

Evaluates: MAX1711

部品リスト(続き)

DESIGNATION	QTY	DESCRIPTION
N4, N5 (not installed)	0	N-channel MOSFETs Motorola 2N7002 or Central Semiconductor 2N7002
R1	1	20Ω ±5% resistor
R2	0	Not installed
R3	1	1MΩ ±5% resistor
R4	1	100kΩ ±5% resistor
R6	1	100kΩ ±1% resistor
R9	1	140kΩ ±1% resistor
R10	1	1kΩ ±5% resistor
R11	1	100Ω ±5% resistor
R12	1	0.005Ω ±1%, 1W resistor Dale WSL-2512-R005F
R13	1	1MΩ ±1% resistor
R14	1	10kΩ ±1% resistor
SW1	1	DIP-10 dip switch
SW2	1	Momentary switch, normally open Digi-Key P8006/7S
U1	1	MAX1711EEG (24-pin QSOP)
U2 (not installed)	0	Exclusive-OR gate (5-Pin SSOP) Toshiba TC4S30F
None	1	Shunt (JU1)
None	1	MAX1711 PC board
None	1	MAX1711 data sheet

推奨機器

- 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
- DCバイアス電源(5V、100mA)
- 14.1Aをシンクできるダミー負荷
- デジタルマルチメータ(DMM)
- 100MHzのデュアルトレースオシロスコープ

クイックスタート

- 電源を印加する前に、本回路が電源とダミー負荷に正しく接続されていることを確認します。
- JU1にシャントが接続されていること($\overline{\text{SHDN}} = V_{\text{CC}}$)を確認します。
- 表1に従ってスイッチSW1を設定することにより、希望の出力電圧にします。
- +5V又はグランドをAC Presentパッドに接続することにより、遷移ディテクタ回路をディセーブルします。遷移ディテクタ回路の詳細については、「動的出力電圧遷移」の項を参照して下さい。

部品メーカ

SUPPLIER	PHONE	FAX
Central Semiconductor	516-435-1110	516-435-1824
Dale-Vishay	402-564-3131	402-563-6418
Fairchild	408-721-2181	408-721-1635
International Rectifier	310-322-3331	310-322-3332
Kemet	408-986-0424	408-986-1442
Motorola	602-303-5454	602-994-6430
Nihon	847-843-7500	847-843-2798
Panasonic	714-373-7939	714-373-7183
Sanyo	619-661-6835	619-661-1055
SGS-Thomson	617-259-0300	617-259-9442
Sumida	708-956-0666	708-956-0702
Taiyo Yuden	408-573-4150	408-573-4159
TDK	847-390-4373	847-390-4428
Token	408-432-8020	408-434-0375

Note: Please indicate that you are using the MAX1711 when contacting these component suppliers.

- +5Vバイアス電源の前にバッテリー電源をターンオンします。このようにしないと、出力UVLOタイマがタイムアウトしてFAULTラッチがセットされ、レギュレータは+5V電源がサイクルされるか、シャットダウンがトグルされるまでディセーブル状態になりません(RESETボタンを押して下さい)。
- DMM及び/又はオシロスコープで出力を観察します。負荷電流を変化させながら、LXスイッチングノードとMOSFETゲートドライブ信号を確認して下さい。

詳細

この14Aバックレギュレータは、周波数550kHz及び出力電圧設定約1.6V用に最適化されています。V_{OUT} = 1.6Vにおいて、インダクタリップルは約35%で、その結果パルススキッピングスレッショルドはおおよそI_{LOAD} = 2.2Aとなっています。

出力電圧の設定

D0 ~ D4ピンを使用して出力電圧を選択して下さい。MAX1711はフィードバック抵抗分圧器として内部5ビットDACを使用します。出力電圧はD0 ~ D4入力を使用して0.925V ~ 2Vの範囲でデジタル設定することができます。スイッチSW1が希望の出力電圧を設定します。表1を参照して下さい。

表1. MAX1710/MAX1711の出力電圧調整設定

D4	D3	D2	D1	D0	OUTPUT VOLTAGE (V)
0	0	0	0	0	2.00
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
1	1	0	0	0	1.60
1	1	0	0	1	1.55
1	1	0	1	0	1.50
1	1	0	1	1	1.45
1	1	1	0	0	1.40
1	1	1	0	1	1.35
1	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

電圧ポジショニング

MAX1711EVキットは、電圧ポジショニングによってIntel Coppermine CPUの過渡電圧規格(-7.5%~+7.5%)の出力コンデンサの必要条件を緩和します。出力電圧は始めにやや高く(1.25%)設定され、負荷電流が増加するにつれて低下できるようになっています。R13及びR14が初期出力電圧を20mV高く設定し、R12(5m Ω)が負荷の増加に従って出力電圧を低下させます(12Aにおいて60mV、即ち1.6Vの4%)。

出力電圧を高く設定すると、出力電流が急激に増加した時により大きなステップダウンが可能になります。そして、負荷がある時に出力電圧を低く制御すると、出力電流が急激に減った時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が可能であるということは、出力容量を低減してコンデンサのESRを増加することができることを意味します。電圧ポジショニングを使用しないと、同じ過渡仕様を満たすためにもう1つのコンデンサが必要になります。

電圧ポジショニングのもう1つの利点は、大負荷における消費電力が小さくなるということです。負荷がある時の出力電圧が低減しているため、CPUの消費電流が小さくなります。このため、R12で余分の電力が消費されるものの、CPUの消費電流が小さくなります。1.6V、12Aの公称出力の場合、出力電圧を2.75%(1.25%~4%)低減すると、出力電圧が1.556V、出力電流が11.67Aになります。ですから、CPUの電力消費は19.2Wから18.16Wに減ります。R12の消費電力の増加分は $5\text{m}\Omega \cdot 11.7\text{A}^2 = 0.68\text{W}$ ですから、全体としての電力節約分は $19.2 - (18.16 + 0.68) = 0.36\text{W}$ となります。実効的にはCPUの電力消費が1W節約され、節約分の大部分は電源で消費されます。しかし、正味の節約分があることと、高温のCPUから離れたところに電力消費が移ることは有益です。

動的出力電圧遷移

DAC入力(D0~D4)が変化すると、出力電圧がそれに従って変化します。しかし、状況によっては出力電圧の遷移が希望するほど速くない場合があります。より高い電圧への遷移は全て非常に速く起こります(回路はILIMピンの電圧で設定される電流リミットで動作します)。より低い出力電圧への遷移には、回路又は負荷が電流をシンクする必要があります。SKIPがローに保持されている時(PFMモード)、回路は電流をシンクしません。このため、出力電圧は負荷電流で決まる速さでしか減少しません。これは多くの場合許容されますが、アプリケーションによっては出力電圧の遷移が設定された時間リミット内に完了しなければなりません。

Intel社のGeyserville技術によるCPUの駆動はそうしたアプリケーションの一例です。この規格では、DACコードが変化した後100 μs 以内に出力電圧が遷移する必要があります。この高速遷移タイミングは、レギュレータ回路が電流ソースになるだけでなく、電流をシンクする必要もあることを意味します。

この必要条件を満たすもっとも容易な方法は、MAX1711の固定周波数PWMモード(SKIPをハイに設定)を使用することです。これにより、レギュレータは電流の

MAX1711評価キット

Evaluates: MAX1711

シンク及びソースを同等に行うことができます。本EVキットは、 $\overline{\text{SKIP}}$ がハイに設定された状態で出荷されています。このために V_{DD} の自己消費電流が20mA以上(MOSFETとスイッチング周波数に依存)になりますが、多くの場合これは許されます。これと似ていますが、さらに良い方法として遷移中にのみPWMモードを使用できます。この方法の場合、レギュレータは必要な時に電流をシンクして、残りの時間は低自己消費電流で動作することができます。但し、この方法の場合、遷移がいつ起こるかシステムが知っている必要があります。出力電圧が変化するシステムは、出力電圧の変化が発生する時を知る必要があります。通常、遷移を主導するのはシステムです。これはDAC入力を新しいレベルに駆動するか、又はデジタルマルチプレクサで新しいDAC入力を選ぶことによって行われます。レギュレータはDACコードの変化を監視することで遷移を認識できますが、既存のコントローラにその機能を追加するために必要な外付ロジックは不必要に複雑です(MAX1710/MAX1711データシートの図10を参照)。マルチプレクサのところDACコードを選択するチップセット信号を使うか、その他のシステム信号を使用してレギュレータにコード変化が起こることを知らせる方が簡単です。

改造しやすいように、MAX1711EVキットはDACコードの遷移を知らせるために外部チップセット信号を使用するように設計されています(U2、R2、C10、C13を取り付け、JU9を短絡し、JU10を切断して下さい)。この信号は本EVキットのAC Presentパッドに接続し、5Vのロジックレベルを持っているべきです。AC Presentにおけるロジックエッジを排他的ORゲートJU2が検出し、このゲートが各エッジで60 μs のパルス(R2及びC10で決定)を生成します。これらのパルスが $\overline{\text{SKIP}}$ を駆動し、レギュレータが遷移中に電流をシンクすることが可能になります。

U2は V_{CC} (5V)によって駆動されているため、AC Presentに接続される信号は5Vロジックレベルであることが必要です。これは、U2の出力パルスを正方向と負方向の遷移に対して対称にするためです。AC Presentを駆動するための信号が異なるロジックレベルを持っている場合は、信号をレベルシフトするか、U2の電源ピンを浮かせて適切な電源電圧で駆動して下さい。

U2からのパルスは $\overline{\text{SKIP}}$ の制御の他にも2つの機能を持っています。これらはいずれもオプションです。U2の出力は2つの小信号MOSFET(取り付けられていません)のゲート(N4とN5)を駆動します。N4は一時的に回路の電流リミットを低減して実効的にソフトスタートを実現するために使用されます。これにより、バッテリーのサージ電流が低減します。これを行わない場合、サージ電流はレギュレータの最大電流リミットで決まる速さでレギュレータの入力(バッテリー)を放電(上方向遷移)又は

充電(下方向遷移)します。N5は遷移中にPGOODを引き下げ、出力電圧が遷移中であることを表示します。

負荷過渡測定

出力を大きく速い負荷トランジェントにさらし、出力をオシロスコープで観察するのは興味深い実験です。これには出力で付属のスコーププローブジャックを使用した注意深い工夫が必要です。出力リップル及び負荷過渡応答を正確に測定するには、グラウンドクリップリードを完全に避け、プローブを直接ジャックに差し込めるようにプローブハットを除去してGNDシールドを露出させる必要があります。さもないと、EMI及びノイズによって波形が悪化します。

殆どの電源テスト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負荷トランジェントにさらすだけの能力を持っていません。CPU V_{CORE}ピンの消費電流 di/dt をエミュレートするには、少なくとも10A/ μs の負荷トランジェントが必要です。こうした過酷な負荷トランジェントを発生する簡単な方法としては、スコーププローブジャックの両端にMTP3055や12N05等のMOSFETを直接ハンダ付けする方法があります。それから、強いパルス発生器を使用して低デューティサイクル(10%)でゲートを駆動することにより、MOSFETの熱ストレスを最小限に抑えて下さい。パルス発生器のハイレベル出力を変えることにより、負荷電流を調整して下さい。

負荷電流を決定するために負荷経路にメーターを挿入する方法が考えられますが、ここではダミー負荷MOSFETの経路を低抵抗、低インダクタンスにする必要があるため、この方法は使用できません。特定のパルス発生器の振幅でどれだけの負荷電流が流れるかを知る簡単な別法が2つあります。最良の方法は、インダクタ電流をTektronix AM503等のキャリブレーションされたAC電流プローブで観察することです。バックトポロジーにおいては、負荷電流がインダクタ電流の平均値と等しくなります。第2の方法は、最初に静的なダミー負荷を付けてバッテリー電流を測定する方法です。それから、一時的にデューティサイクル100%でMOSFETダミー負荷を接続して、バッテリー電流が適切なレベルに上がるまでゲート駆動信号を調整して下さい(この作業で煙や炎が出るのを防ぐためには、MOSFET負荷のヒートシンクを良くする必要があります)。

効率の測定及び実効効率

電力変換効率 P_{OUT}/P_{IN} を公正かつ正確にテストするためには、予想よりも込み入った準備が必要です。よくある間違いの1つは、不正確なDMMを使用することです。もう1つは、1つのDMMだけを使用して、場所を変えながら様々な入力/出力電圧や電流を測定することです。

この2つ目の間違いは、電流計の直列抵抗のために回路の厳密な条件が変化する結果となります。最近キャリブレーションされた4つの3-1/2桁以上のDMMを使用し、別々のテストリードを入力及び出力プリント基板端子に接続して V_{BATT} 、 V_{OUT} 、 I_{BATT} 及び I_{LOAD} を同時に測定するのが最善です。効率を遠隔 V_{OUT} 及びグランド端子で測定するのは不正確であることに注意して下さい。なぜなら、こうすると測定の中にグランドバス及びプリント基板出力の寄生抵抗が導入されるためです(これはかなりの電力損失になります)。

効率の計算をする時は、+5Vバイアス電源による消費電流電力を計算に入れることを忘れないで下さい。

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

MOSFETの選択は効率に大きく影響します。ここで使用されているInternational Rectifier社のMOSFETは、本キットが設計された時点で12Aアプリケーション用に先端的な性能を備えていました。しかし、MOSFETの改良はテンポが速いため、最新の製品も評価するようにして下さい。

実際の効率データを得た後、電圧ポジショニング回路の正確な評価をするための作業はまだ残っています。「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式の電源はシステムの消費電力を低減しますが、電源自体は余分な電力を消費します。このため、当社では実効効率という概念を使用しています。

これにより、ポジショニング式と非ポジショニング式の回路の効率を直接比較することができます。実効効率とは、所与のCPU動作条件において、電圧ポジショニング式回路の全消費電力に一致させるために非ポジショニング回路が必要とする効率のことです。

実効効率は以下の手順で計算して下さい。

- まず、ポジショニング式回路の効率データ(V_{IN} 、 I_{IN} 、 V_{OUT} 、 I_{OUT})から始めます。
- 各データポイントの負荷抵抗をモデル化します($R_{LOAD} = V_{OUT}/I_{OUT}$)。
- 非ポジショニングのアプリケーションにおいて各 R_{LOAD} データポイントで存在するはずの出力電流を計算します($I_{NP} = V_{NP}/R_{LOAD}$ 、この例では $V_{NP} = 1.6V$)。
- 実効効率 = $(V_{NP} \times I_{NP}) / (V_{IN} \times I_{IN})$ = 計算された非ポジショニング電力出力を測定された電圧ポジショニング電力入力で割った値。
- 電流 I_{NP} のところで効率データポイントをプロットします。

電圧ポジショニング式の回路の実効効率は、(電圧ポジショニング出力電圧が非電圧ポジショニング出力電圧よりも高くなる)軽負荷においては非ポジショニング回路の効率よりも低くなります。そして、(電圧ポジショニング出力電圧が非電圧ポジショニング出力電圧よりも低くなる)重負荷においては、非ポジショニング回路の効率よりも高くなります。

MAX1711評価キット

Evaluates: MAX1711

ジャンパ及びスイッチの設定

表2. ジャンパJU1の機能
(シャットダウンモード)

SHUNT LOCATION	$\overline{\text{SHDN}}$ PIN	MAX1711 OUTPUT
Installed	Connected to VCC	MAX1711 enabled
Not Installed	Connected to GND	Shutdown mode, $V_{\text{OUT}} = 0$

表3. 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 VCC	200
Not Installed	Installed	Not Installed	Connected to REF	400
Not Installed	Not Installed	Installed	Connected to GND	550
Not Installed	Not Installed	Not Installed	Floating	300

重要：動作周波数を変更する場合は、必ず部品定数の計算をやり直して下さい。なぜなら、周波数はピーク電流リミットレベル、MOSFETの発熱、最適なインダクタ値、PFM/PWM切換えポイント、出力ノイズ、効率及びその他の重要なパラメータに大きな影響を与えるためです。

表6. 故障対策ガイド

SYMPTOM	POSSIBLE PROBLEM	SOLUTION
Circuit won't start when power is applied.	Power-supply sequencing: +5V bias supply was applied first.	Press the RESET button.
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 overshoot.	Reduce the inductor value, raise the switching frequency, or add more output capacitance.
	Overload condition.	Remove the excessive load.
On-time pulses are erratic or have unexpected changes in period.	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?
	VBATT power source has poor impedance characteristic.	Add a bulk electrolytic bypass capacitor across the benchtop power supply, or substitute a real battery.

表4. ジャンパJU6の機能
(固定/可変電流リミットの選択)

SHUNT LOCATION	ILIM PIN	CURRENT-LIMIT THRESHOLD
Installed	Connected to VCC	100mV
Not Installed	Connected to GND via an external resistor divider, R6/R9. Refer to the Pin Description ILIM section in the MAX1711 data sheet for more information.	Adjustable between 50mV and 200mV

表5. ジャンパJU9/JU10の機能
(FBS及びFB積分器の
ディセーブルの選択)

SHUNT LOCATION		SKIP PIN
JU9	JU10	
Installed	Not Installed	Connected to VCC
Not Installed	Installed	Connected to the output of U2

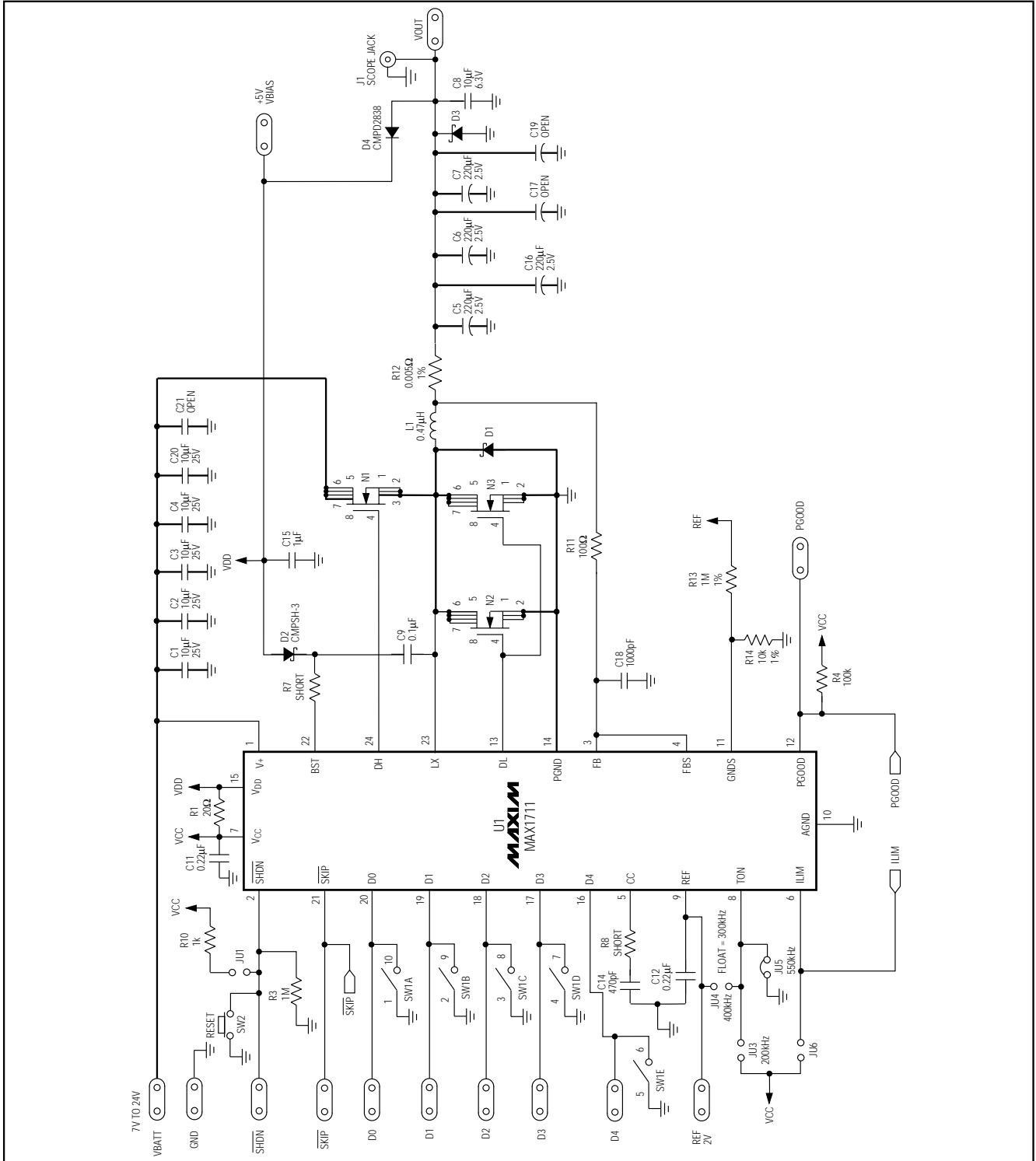


図1. MAX1711電圧ポジショニングEVキットの回路図

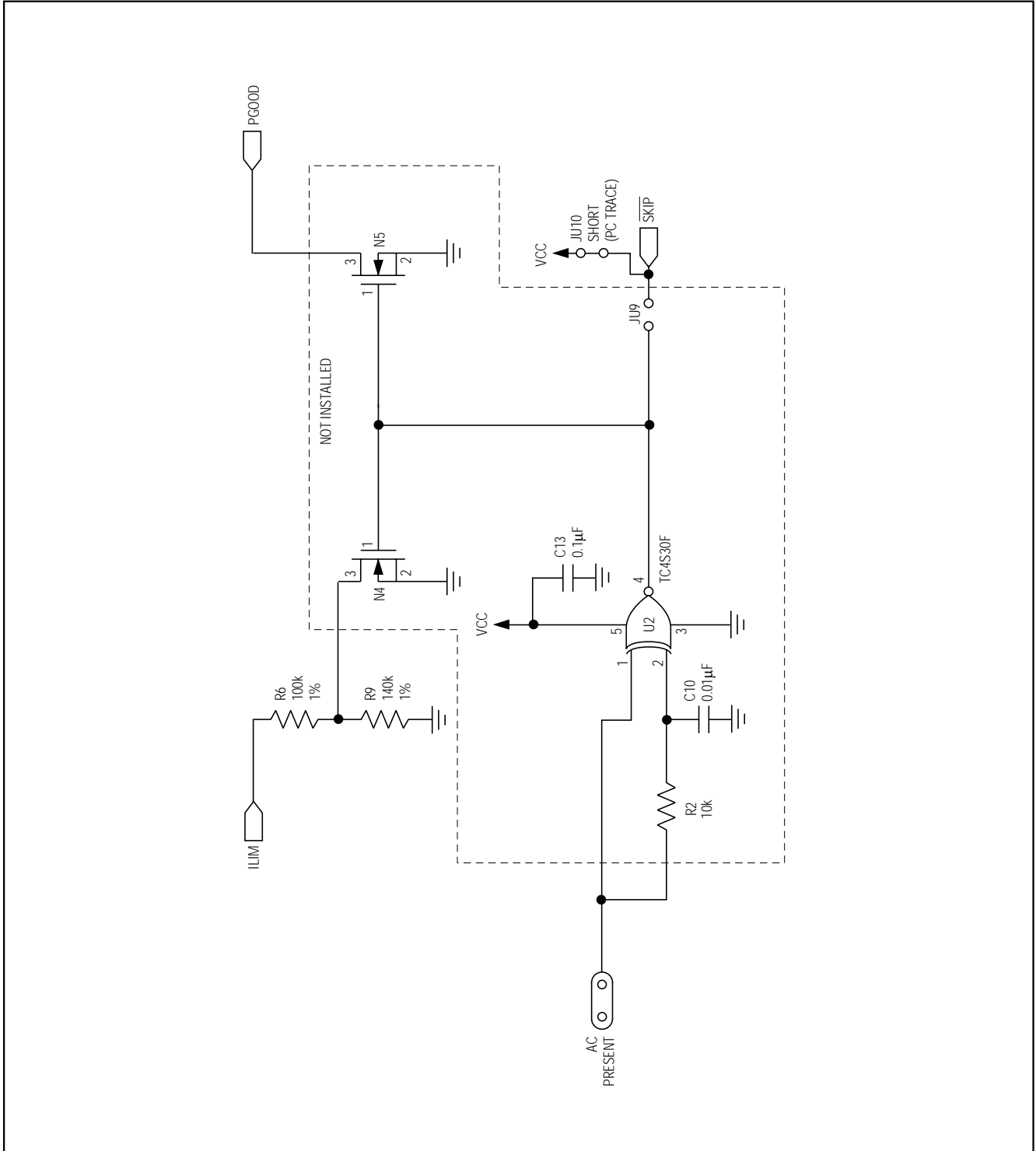


図1. MAX1711電圧ポジショニングEVキットの回路図(続き)

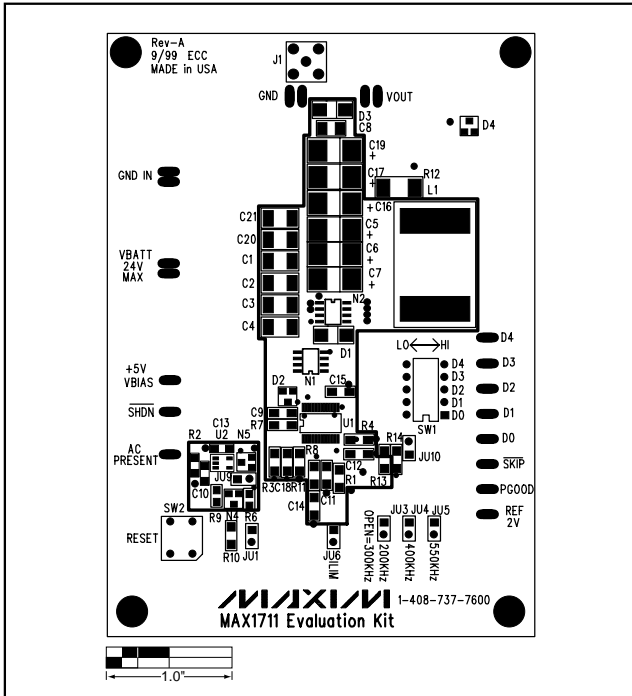


図2. MAX1711電圧ポジショニングEVキットの部品配置図(部品面側)

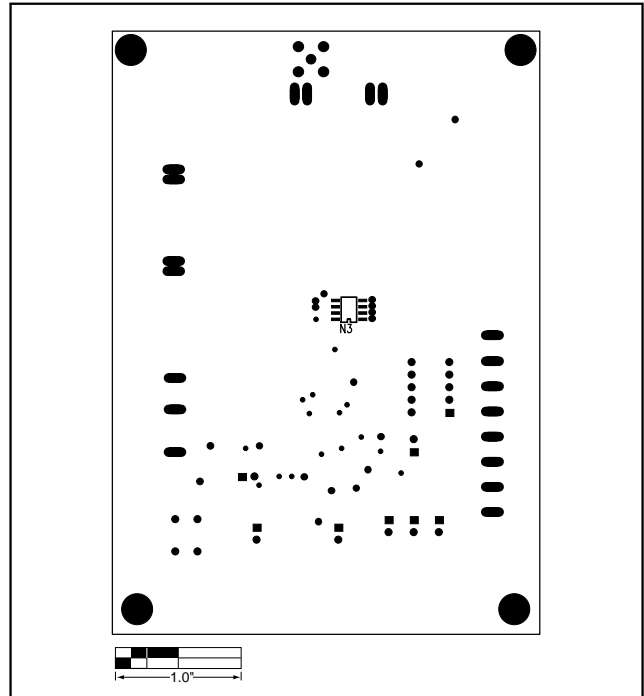


図3. MAX1711電圧ポジショニングEVキットの部品配置図(ハンダ面側)

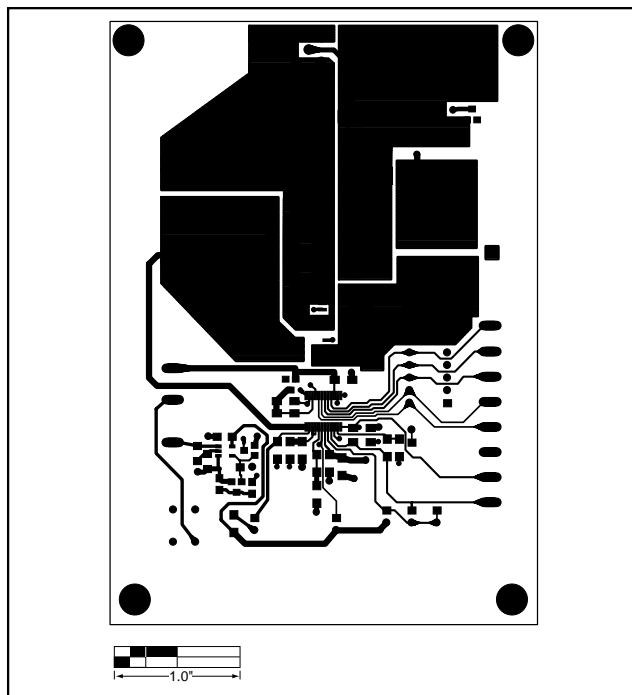


図4. MAX1711電圧ポジショニングキットのプリント基板レイアウト(部品面側)

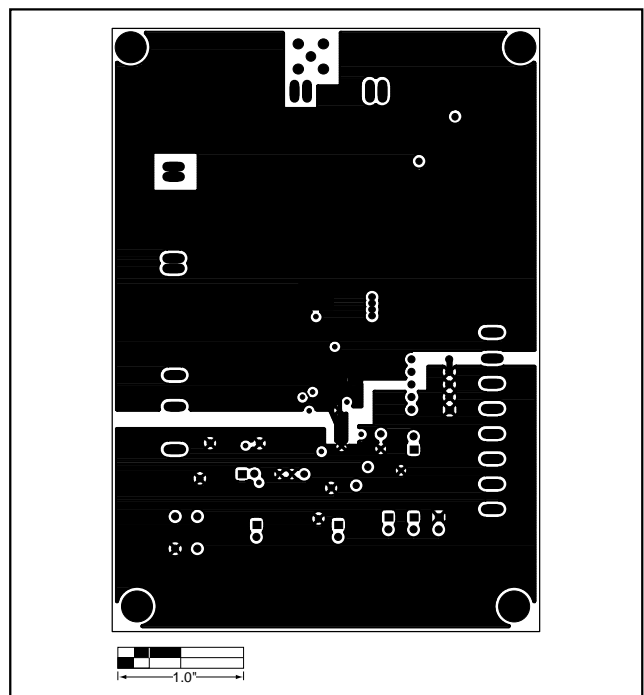


図5. MAX1711電圧ポジショニングEVキットのプリント基板レイアウト(内部GNDプレーン---第2層)

MAX1711評価キット

Evaluates: MAX1711

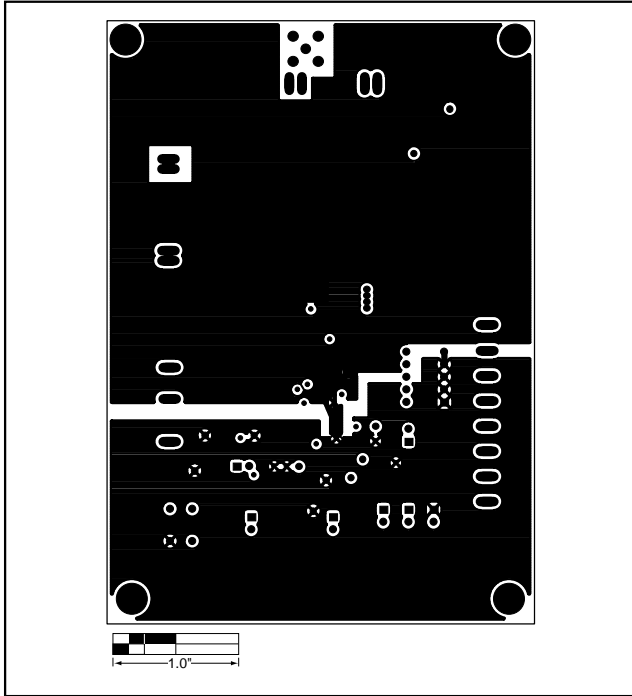


図6. MAX1711電圧ポジショニングEVキットのプリント基板レイアウト(内部GNDプレーン---第3層)

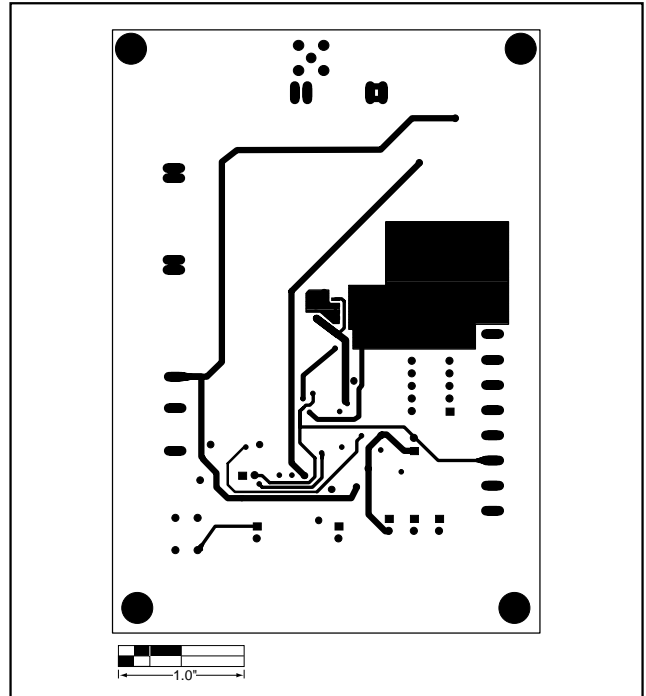


図7. MAX1711電圧ポジショニングEVキットのプリント基板レイアウト(ハンダ面側)

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。

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

© 2000 Maxim Integrated Products

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.