

单路 Quick-PWM 降压型控制器，  
提供动态 REFIN

## 概述

MAX8792 脉宽调制(PWM)控制器具有高效率、出色的瞬态响应和极高的输出直流精度，能够将较高的电池电压降压转换成笔记本电脑所需的低电压核电源或芯片组/RAM 的偏置电源。采用动态 REFIN 控制输出电压，该动态电压支持 0 至 2V 输入电压范围。REFIN 调节和反馈输入端的电阻分压器相结合，可将 MAX8792 输出电压设置在 0 至  $0.9V_{IN}$  之间。

Maxim 专有的 Quick-PWM™ 快速响应、固定导通时间 PWM 控制模式，可以轻松应对宽输入/输出电压比(低占空比应用)，并对负载瞬变提供 100ns 的“立即导通”响应，同时保持相对固定的开关频率。强大的驱动能力使 MAX8792 能够有效地驱动较大的同步整流 MOSFET。

控制器通过检测流过同步整流器的电流，实现低成本和高效率的谷电流限制保护。可调整电流门限提供了高度灵活性，可以利用 NTC 实现温度补偿保护，或利用输出分压实现折返式限流保护。

MAX8792 包含电压受控的软启动和软关断，有效抑制输入浪涌电流，提供单调上升的供电电源(即使对于预充电的输出)，并提供预置上电时间，控制器还包含输出故障保护—欠压保护和过压保护，并提供过热保护。

MAX8792 采用微型 14 引脚、3mm x 3mm TDFN 封装。对于空间受限的应用可以选择 MAX17016 单路降压控制器(内置 26V MOSFET，支持 10A 连续负载)，MAX17016 采用小尺寸 40 引脚、6mm x 6mm TQFN 封装。

## 应用

笔记本电脑

I/O 和芯片组电源

GPU 核电源

DDR 存储器—VDDQ 或 VTT

负载点应用

降压型电源

## 特性

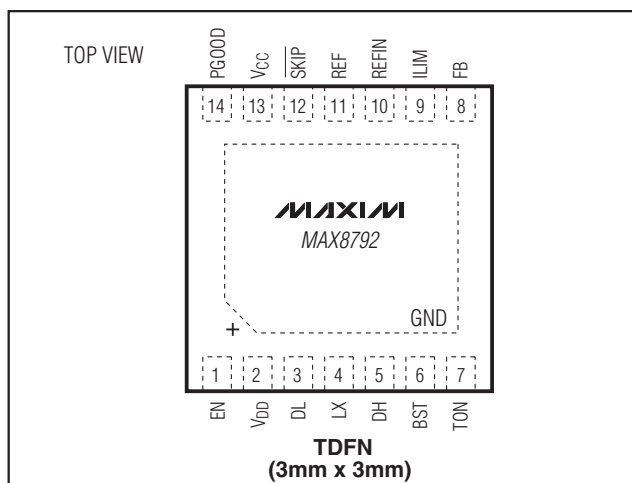
- ◆ Quick-PWM 架构具有快速瞬态响应
- ◆ 支持任何输出电容
  - 使用聚合物/钽电容时无需补偿
  - 使用陶瓷输出电容时，采用外部补偿实现稳定工作
- ◆  $2V \pm 10mV$  精密基准
- ◆ 动态可调输出电压(范围为 0 至  $0.9V_{IN}$ )
  - 反馈输入调节到 0 至 2V REFIN 电压
  - 在整个输入电源和负载变化范围内， $V_{OUT}$  精度为 0.5%
- ◆ 最大输入电压额定值为 26V
- ◆ 可调整谷电流保护
  - NTC 实现热补偿
  - 支持折返式限流
- ◆ 电阻可编程开关频率
- ◆ 过压保护
- ◆ 欠压/过热保护
- ◆ 电压软启动和软关断
- ◆ 单调的上电过程，允许预先对输出充电
- ◆ 电源就绪窗比较器

## 订购信息

| PART         | PIN-PACKAGE           | PKG CODE | TOP MARK |
|--------------|-----------------------|----------|----------|
| MAX8792ETD+T | 14 TDFN-EP* 3mm x 3mm | T1433-1  | ADC      |

注：器件工作在  $-40^{\circ}C$  至  $+85^{\circ}C$  温度范围。  
+ 表示无铅(Pb)/符合 RoHS 标准的封装。

## 引脚配置



Quick-PWM 是 Maxim Integrated Products, Inc. 的商标。

本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。

有关价格、供货及订购信息，请联络 Maxim 亚洲销售中心：10800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，或访问 Maxim 的中文网站：china.maxim-ic.com。

# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| TON to GND             | -0.3V to +28V         |
| VDD to GND             | -0.3V to +6V          |
| VCC to GND             | -0.3V to (VDD + 0.3V) |
| EN, SKIP, PGOOD to GND | -0.3V to +6V          |
| REF, REFIN to GND      | -0.3V to (VCC + 0.3V) |
| ILIM, FB to GND        | -0.3V to (VCC + 0.3V) |
| DL to GND              | -0.3V to (VDD + 0.3V) |
| BST to GND             | (VDD - 0.3V) to +34V  |
| BST to LX              | -0.3V to +6V          |
| BST to VDD             | -0.3V to +28V         |

|                                           |                        |
|-------------------------------------------|------------------------|
| DH to LX                                  | -0.3V to (VBST + 0.3V) |
| REF Short Circuit to GND                  | Continuous             |
| Continuous Power Dissipation (TA = +70°C) |                        |
| 14-Pin 3mm x 3mm TDFN                     |                        |
| (derated 24.4mW/°C above +70°C)           | 1951mW                 |
| Operating Temperature Range (extended)    | -40°C to +85°C         |
| Junction Temperature                      | +150°C                 |
| Storage Temperature                       | -65°C to +150°C        |
| Lead Temperature (soldering, 10s)         | +300°C                 |
| Soldering Temperature (reflow)            | +240°C                 |

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1, VIN = 12V, VDD = VCC = VEN = 5V, REFIN = ILIM = REF, SKIP = GND. TA = 0°C to +85°C, unless otherwise specified. Typical values are at TA = +25°C.) (Note 1)

| PARAMETER                                      | SYMBOL                            | CONDITIONS                                                                                              |                                     | MIN   | TYP  | MAX              | UNITS |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|------|------------------|-------|
| PWM CONTROLLER                                 |                                   |                                                                                                         |                                     |       |      |                  |       |
| Input Voltage Range                            | V <sub>IN</sub>                   |                                                                                                         |                                     | 2     |      | 26               | V     |
| Quiescent Supply Current (V <sub>DD</sub> )    | I <sub>DD</sub> + I <sub>CC</sub> | FB forced above REFIN                                                                                   |                                     |       | 0.7  | 1.2              | mA    |
| Shutdown Supply Current (V <sub>DD</sub> )     | I <sub>SHDN</sub>                 | EN = GND, T <sub>A</sub> = +25°C                                                                        |                                     |       | 0.1  | 2                | μA    |
| V <sub>DD</sub> -to-V <sub>CC</sub> Resistance | R <sub>CC</sub>                   |                                                                                                         |                                     |       | 20   |                  | Ω     |
| On-Time                                        | t <sub>ON</sub>                   | V <sub>IN</sub> = 12V,<br>V <sub>FB</sub> = 1.0V<br>(Note 3)                                            | R <sub>TON</sub> = 97.5kΩ (600kHz)  | 118   | 139  | 160              | ns    |
|                                                |                                   |                                                                                                         | R <sub>TON</sub> = 200kΩ (300kHz)   | 250   | 278  | 306              |       |
|                                                |                                   |                                                                                                         | R <sub>TON</sub> = 302.5kΩ (200kHz) | 354   | 417  | 480              |       |
| Minimum Off-Time                               | t <sub>OFF(MIN)</sub>             | (Note 3)                                                                                                |                                     |       | 200  | 300              | ns    |
| TON Shutdown Supply Current                    |                                   | EN = GND, V <sub>TON</sub> = 26V,<br>V <sub>CC</sub> = 0V or 5V, T <sub>A</sub> = +25°C                 |                                     |       | 0.01 | 1                | μA    |
| REFIN Voltage Range                            | V <sub>REFIN</sub>                | (Note 2)                                                                                                |                                     | 0     |      | V <sub>REF</sub> | V     |
| FB Voltage Range                               | V <sub>FB</sub>                   | (Note 2)                                                                                                |                                     | 0     |      | V <sub>REF</sub> | V     |
| FB Voltage Accuracy                            | V <sub>FB</sub>                   | V <sub>REFIN</sub> = 0.5V,<br>measured at FB,<br>V <sub>IN</sub> = 2V to 26V,<br>SKIP = V <sub>DD</sub> | T <sub>A</sub> = +25°C              | 0.495 | 0.5  | 0.505            | V     |
|                                                |                                   |                                                                                                         | T <sub>A</sub> = 0°C to +85°C       | 0.493 |      | 0.507            |       |
|                                                |                                   | V <sub>REFIN</sub> = 1.0V                                                                               | T <sub>A</sub> = +25°C              | 0.995 | 1.0  | 1.005            |       |
|                                                |                                   |                                                                                                         | T <sub>A</sub> = 0°C to +85°C       | 0.993 |      | 1.007            |       |
|                                                |                                   | V <sub>REFIN</sub> = 2.0V                                                                               | T <sub>A</sub> = 0°C to +85°C       | 1.990 | 2.0  | 2.010            |       |
| FB Input Bias Current                          | I <sub>FB</sub>                   | V <sub>FB</sub> = 0.5V to 2.0V, T <sub>A</sub> = +25°C                                                  |                                     | -0.1  |      | +0.1             | μA    |
| Load-Regulation Error                          |                                   | I <sub>LOAD</sub> = 0 to 3A, SKIP = V <sub>DD</sub>                                                     |                                     |       | 0.1  |                  | %     |
| Line-Regulation Error                          |                                   | V <sub>CC</sub> = 4.5V to 5.5V, V <sub>IN</sub> = 4.5V to 26V                                           |                                     |       | 0.25 |                  | %     |
| Soft-Start/-Stop Slew Rate                     | t <sub>SS</sub>                   | Rising/falling edge on EN                                                                               |                                     |       | 1    |                  | mV/μs |
| Dynamic REFIN Slew Rate                        | t <sub>DYN</sub>                  | Rising edge on REFIN                                                                                    |                                     |       | 8    |                  | mV/μs |
| REFERENCE                                      |                                   |                                                                                                         |                                     |       |      |                  |       |
| Reference Voltage                              | V <sub>REF</sub>                  | V <sub>CC</sub> = 4.5V<br>to 5.5V                                                                       | No load                             | 1.990 | 2.00 | 2.010            | V     |
|                                                |                                   |                                                                                                         | I <sub>REF</sub> = -10μA to +50μA   | 1.98  |      | 2.02             |       |

# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

MAX8792

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = V_{CC} = V_{EN} = 5V$ ,  $REFIN = ILIM = REF$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ .  $T_A = 0^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise specified. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .) (Note 1)

| PARAMETER                                         | SYMBOL     | CONDITIONS                                                                                                                 | MIN         | TYP  | MAX  | UNITS |
|---------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------|------|-------|
| FAULT DETECTION                                   |            |                                                                                                                            |             |      |      |       |
| Output Overvoltage-Protection Trip Threshold      | OVP        | With respect to the internal target voltage (error comparator threshold); rising edge; hysteresis = 50mV                   | 250         | 300  | 350  | mV    |
|                                                   |            | Dynamic transition                                                                                                         | VREF + 0.30 |      |      | V     |
|                                                   |            | Minimum OVP threshold                                                                                                      | 0.7         |      |      |       |
| Output Overvoltage Fault-Propagation Delay        | tOVP       | FB forced 25mV above trip threshold                                                                                        | 5           |      |      | μs    |
| Output Undervoltage-Protection Trip Threshold     | UVP        | With respect to the internal target voltage (error comparator threshold); falling edge; hysteresis = 50mV                  | -240        | -200 | -160 | mV    |
| Output Undervoltage Fault-Propagation Delay       | tUVP       | FB forced 25mV below trip threshold                                                                                        | 100         | 200  | 350  | μs    |
| PGOOD Propagation Delay                           | tPGOOD     | UVP falling edge, 25mV overdrive                                                                                           | 5           |      |      | μs    |
|                                                   |            | OVP rising edge, 25mV overdrive                                                                                            | 5           |      |      |       |
|                                                   |            | Startup delay                                                                                                              | 100         | 200  | 350  |       |
| PGOOD Output-Low Voltage                          |            | ISINK = 3mA                                                                                                                | 0.4         |      |      | V     |
| PGOOD Leakage Current                             | IPGOOD     | FB = REFIN (PGOOD high impedance), PGOOD forced to 5V, TA = +25°C                                                          | 1           |      |      | μA    |
| Dynamic REFIN Transition Fault Blanking Threshold |            | Fault blanking initiated; REFIN deviation from the internal target voltage (error comparator threshold); hysteresis = 10mV | ±50         |      |      | mV    |
| Thermal-Shutdown Threshold                        | TSHDN      | Hysteresis = 15°C                                                                                                          | 160         |      |      | °C    |
| VCC Undervoltage Lockout Threshold                | VUVLO(VCC) | Rising edge, PWM disabled below this level; hysteresis = 100mV                                                             | 3.95        | 4.2  | 4.45 | V     |
| CURRENT LIMIT                                     |            |                                                                                                                            |             |      |      |       |
| ILIM Input Range                                  |            |                                                                                                                            | 0.4         | VREF |      | V     |
| Current-Limit Threshold                           | VILIMIT    | VILIM = 0.4V                                                                                                               | 18          | 20   | 22   | mV    |
|                                                   |            | ILIM = REF (2.0V)                                                                                                          | 92          | 100  | 108  |       |
| Current-Limit Threshold (Negative)                | VINEG      | VILIM = 0.4V                                                                                                               | -24         |      |      | mV    |
| Current-Limit Threshold (Zero Crossing)           | VZX        | VILIM = 0.4V, VGND - VLX, SKIP = GND or open                                                                               | 1           |      |      | mV    |
| Ultrasonic Frequency                              |            | SKIP = open (3.3V); VFB = VREFIN + 50mV                                                                                    | 18          | 30   | kHz  |       |
| Ultrasonic Current-Limit Threshold                |            | SKIP = open (3.3V); VFB = VREFIN + 50mV                                                                                    | 35          |      |      | mV    |

# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = V_{CC} = V_{EN} = 5V$ ,  $REFIN = ILIM = REF$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ .  $T_A = 0^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise specified. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .) (Note 1)

| PARAMETER                                       | SYMBOL                | CONDITIONS                                          | MIN                  | TYP | MAX  | UNITS    |
|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|-----|------|----------|
| <b>GATE DRIVERS</b>                             |                       |                                                     |                      |     |      |          |
| DH Gate Driver On-Resistance                    | $R_{ON(DH)}$          | BST - LX forced to 5V                               | Low state (pulldown) | 1.2 | 3.5  | $\Omega$ |
|                                                 |                       |                                                     | High state (pullup)  | 1.2 | 3.5  |          |
| DL Gate Driver On-Resistance                    | $R_{ON(DL)}$          | High state (pullup)                                 |                      | 1.7 | 4    | $\Omega$ |
|                                                 |                       | Low state (pulldown)                                |                      | 0.9 | 2    |          |
| DH Gate Driver Source/<br>Sink Current          | $I_{DH}$              | DH forced to 2.5V, BST - LX forced to 5V            |                      | 1.5 |      | A        |
| DL Gate Driver Source Current                   | $I_{DL(SOURCE)}$      | DL forced to 2.5V                                   |                      | 1   |      | A        |
| DL Gate Driver Sink Current                     | $I_{DL(SINK)}$        | DL forced to 2.5V                                   |                      | 2.4 |      | A        |
| Driver Propagation Delay                        |                       | DH low to DL high                                   | 10                   | 25  |      | ns       |
|                                                 |                       | DL low to DH high                                   | 15                   | 35  |      |          |
| DL Transition Time                              |                       | DL falling, $C_{DL} = 3nF$                          |                      | 20  |      | ns       |
|                                                 |                       | DL rising, $C_{DL} = 3nF$                           |                      | 20  |      |          |
| DH Transition Time                              |                       | DH falling, $C_{DH} = 3nF$                          |                      | 20  |      | ns       |
|                                                 |                       | DH rising, $C_{DH} = 3nF$                           |                      | 20  |      |          |
| Internal BST Switch On-Resistance               | $R_{BST}$             | $I_{BST} = 10mA$ , $V_{DD} = 5V$                    |                      | 4   | 7    | $\Omega$ |
| <b>INPUTS AND OUTPUTS</b>                       |                       |                                                     |                      |     |      |          |
| EN Logic-Input Threshold                        | $V_{EN}$              | EN rising edge, hysteresis = 450mV (typ)            | 1.20                 | 1.7 | 2.20 | V        |
| EN Logic-Input Current                          | $I_{EN}$              | EN forced to GND or $V_{DD}$ , $T_A = +25^{\circ}C$ | -0.5                 |     | +0.5 | $\mu A$  |
| $\overline{SKIP}$ Quad-Level Input Logic Levels | $V_{\overline{SKIP}}$ | High (5V $V_{DD}$ )                                 | $V_{CC} - 0.4$       |     |      | V        |
|                                                 |                       | Mid (3.3V)                                          | 3.0                  |     | 3.6  |          |
|                                                 |                       | Ref (2.0V)                                          | 1.7                  |     | 2.3  |          |
|                                                 |                       | Low (GND)                                           |                      |     | 0.4  |          |
| $\overline{SKIP}$ Logic-Input Current           | $I_{\overline{SKIP}}$ | $\overline{SKIP}$ forced to GND or $V_{DD}$         | -2                   |     | +2   | $\mu A$  |

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = V_{CC} = V_{EN} = 5V$ ,  $REFIN = ILIM = REF$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ .  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise specified.) (Note 1)

| PARAMETER                                   | SYMBOL                            | CONDITIONS                                                   |                                     | MIN | MAX | UNITS |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|-------|
| PWM CONTROLLER                              |                                   |                                                              |                                     |     |     |       |
| Input Voltage Range                         | V <sub>IN</sub>                   |                                                              |                                     | 2   | 26  | V     |
| Quiescent Supply Current (V <sub>DD</sub> ) | I <sub>DD</sub> + I <sub>CC</sub> | FB forced above REFIN                                        |                                     |     | 1.2 | mA    |
| On-Time                                     | t <sub>ON</sub>                   | V <sub>IN</sub> = 12V,<br>V <sub>FB</sub> = 1.0V<br>(Note 3) | R <sub>TON</sub> = 97.5kΩ (600kHz)  | 115 | 163 | ns    |
|                                             |                                   |                                                              | R <sub>TON</sub> = 200kΩ (300kHz)   | 250 | 306 |       |
|                                             |                                   |                                                              | R <sub>TON</sub> = 302.5kΩ (200kHz) | 348 | 486 |       |

# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

MAX8792

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = V_{CC} = V_{EN} = 5V$ ,  $REFIN = ILIM = REF$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ .  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise specified.) (Note 1)

| PARAMETER                                      | SYMBOL                               | CONDITIONS                                                                                                |                           | MIN   | MAX              | UNITS |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------|------------------|-------|
| Minimum Off-Time                               | t <sub>OFF</sub> (MIN)               | (Note 3)                                                                                                  |                           |       | 350              | ns    |
| REFIN Voltage Range                            | V <sub>REFIN</sub>                   | (Note 2)                                                                                                  |                           | 0     | V <sub>REF</sub> | V     |
| FB Voltage Range                               | V <sub>FB</sub>                      | (Note 2)                                                                                                  |                           | 0     | V <sub>REF</sub> | V     |
| FB Voltage Accuracy                            | V <sub>FB</sub>                      | Measured at FB,<br>V <sub>IN</sub> = 2V to 26V,<br>SKIP = V <sub>DD</sub>                                 | V <sub>REFIN</sub> = 0.5V | 0.49  | 0.51             | V     |
|                                                |                                      |                                                                                                           | V <sub>REFIN</sub> = 1.0V | 0.99  | 1.01             |       |
|                                                |                                      |                                                                                                           | V <sub>REFIN</sub> = 2.0V | 1.985 | 2.015            |       |
| REFERENCE                                      |                                      |                                                                                                           |                           |       |                  |       |
| Reference Voltage                              | V <sub>REF</sub>                     | V <sub>CC</sub> = 4.5V to 5.5V                                                                            |                           | 1.985 | 2.015            | V     |
| FAULT DETECTION                                |                                      |                                                                                                           |                           |       |                  |       |
| Output Overvoltage-Protection Trip Threshold   | OVP                                  | With respect to the internal target voltage (error comparator threshold); rising edge; hysteresis = 50mV  |                           | 250   | 350              | mV    |
| Output Undervoltage-Protection Trip Threshold  | UVP                                  | With respect to the internal target voltage (error comparator threshold); falling edge; hysteresis = 50mV |                           | -240  | -160             | mV    |
| Output Undervoltage Fault-Propagation Delay    | t <sub>UVP</sub>                     | FB forced 25mV below trip threshold                                                                       |                           | 80    | 400              | μs    |
| PGOOD Output Low Voltage                       |                                      | I <sub>SINK</sub> = 3mA                                                                                   |                           |       | 0.4              | V     |
| V <sub>CC</sub> Undervoltage Lockout Threshold | V <sub>UVLO</sub> (V <sub>CC</sub> ) | Rising edge, PWM disabled below this level; hysteresis = 100mV                                            |                           | 3.95  | 4.45             | V     |
| CURRENT LIMIT                                  |                                      |                                                                                                           |                           |       |                  |       |
| ILIM Input Range                               |                                      |                                                                                                           |                           | 0.4   | V <sub>REF</sub> | V     |
| Current-Limit Threshold                        | V <sub>ILIMIT</sub>                  | V <sub>ILIM</sub> = 0.4V                                                                                  |                           | 17    | 23               | mV    |
|                                                |                                      | ILIM = REF (2.0V)                                                                                         |                           | 90    | 110              |       |
| Ultrasonic Frequency                           |                                      | SKIP = open (3.3V); V <sub>FB</sub> = V <sub>REFIN</sub> + 50mV                                           |                           | 17    |                  | kHz   |
| GATE DRIVERS                                   |                                      |                                                                                                           |                           |       |                  |       |
| DH Gate Driver On-Resistance                   | R <sub>ON</sub> (DH)                 | BST - LX forced to 5V                                                                                     | Low state (pulldown)      | 3.5   |                  | Ω     |
|                                                |                                      |                                                                                                           | High state (pullup)       | 3.5   |                  |       |
| DL Gate Driver On-Resistance                   | R <sub>ON</sub> (DL)                 | High state (pullup)                                                                                       |                           | 4     |                  | Ω     |
|                                                |                                      | Low state (pulldown)                                                                                      |                           | 2     |                  |       |
| Internal BST Switch On-Resistance              | R <sub>BST</sub>                     | I <sub>BST</sub> = 10mA, V <sub>DD</sub> = 5V                                                             |                           | 7     |                  | Ω     |

# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = V_{CC} = V_{EN} = 5V$ ,  $REFIN = ILIM = REF$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ .  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise specified.) (Note 1)

| PARAMETER                                       | SYMBOL                | CONDITIONS                               | MIN            | MAX  | UNITS |
|-------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|----------------|------|-------|
| <b>INPUTS AND OUTPUTS</b>                       |                       |                                          |                |      |       |
| EN Logic-Input Threshold                        | $V_{EN}$              | EN rising edge, hysteresis = 450mV (typ) | 1.20           | 2.20 | V     |
| $\overline{SKIP}$ Quad-Level Input Logic Levels | $V_{\overline{SKIP}}$ | High (5V $V_{DD}$ )                      | $V_{CC} - 0.4$ |      | V     |
|                                                 |                       | Mid (3.3V)                               | 3.0            | 3.6  |       |
|                                                 |                       | Ref (2.0V)                               | 1.7            | 2.3  |       |
|                                                 |                       | Low (GND)                                |                | 0.4  |       |

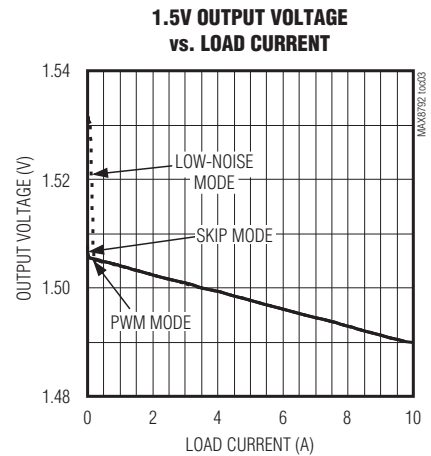
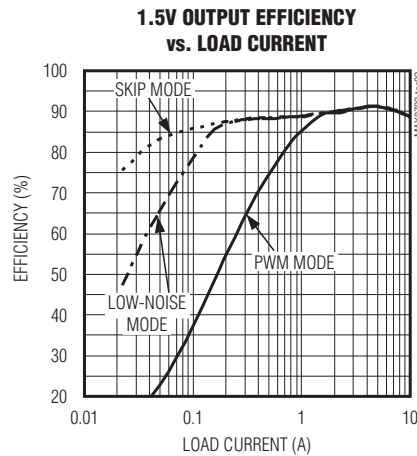
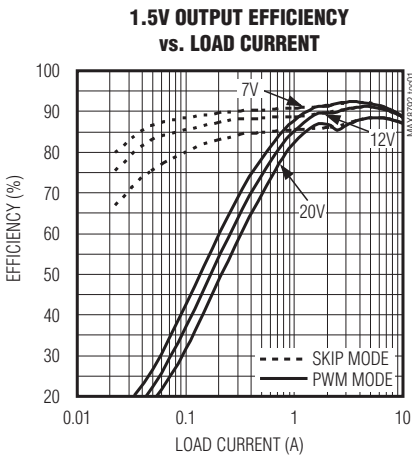
**Note 1:** Limits are 100% production tested at  $T_A = +25^{\circ}C$ . Maximum and minimum limits over temperature are guaranteed by design and characterization.

**Note 2:** The 0 to 0.5V range is guaranteed by design, not production tested.

**Note 3:** On-time and off-time specifications are measured from 50% point to 50% point at the DH pin with  $LX = GND$ ,  $V_{BST} = 5V$ , and a 250pF capacitor connected from DH to LX. Actual in-circuit times can differ due to MOSFET switching speeds.

## 典型工作特性

(MAX8792 Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = 5V$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ ,  $R_{TON} = 200k\Omega$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)



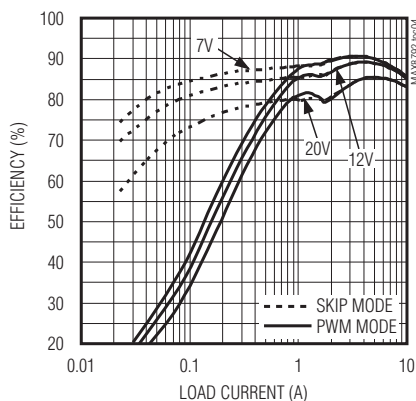
# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

典型工作特性(续)

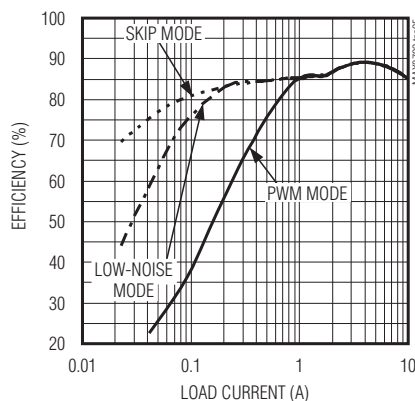
(MAX8792 Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = 5V$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ ,  $R_{TON} = 200k\Omega$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

MAX8792

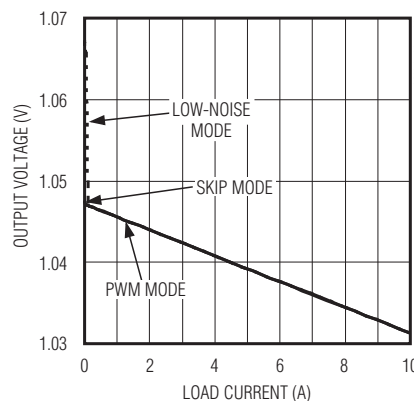
1.05V OUTPUT EFFICIENCY  
vs. LOAD CURRENT



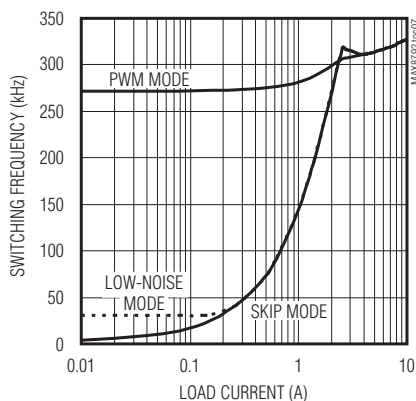
1.05V OUTPUT EFFICIENCY  
vs. LOAD CURRENT



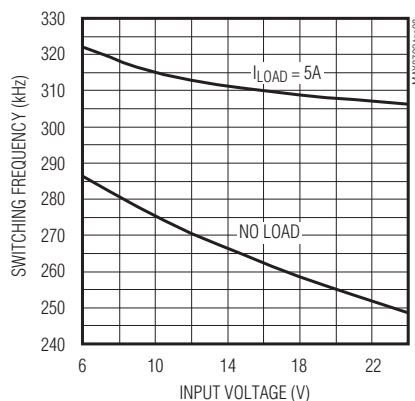
1.05V OUTPUT VOLTAGE  
vs. LOAD CURRENT



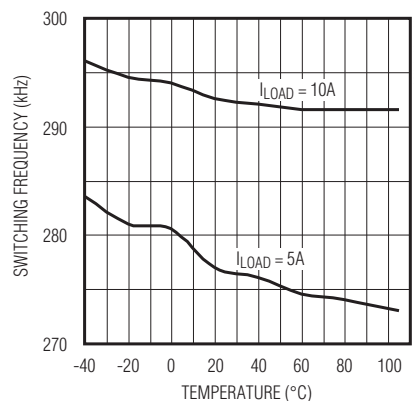
SWITCHING FREQUENCY  
vs. LOAD CURRENT



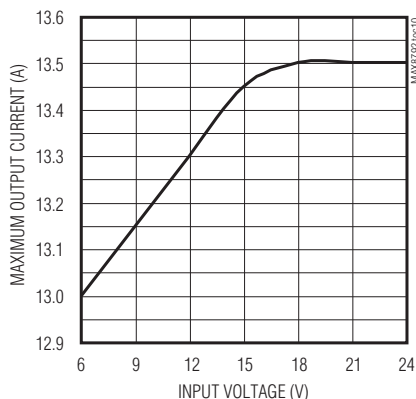
PWM MODE SWITCHING FREQUENCY  
vs. INPUT VOLTAGE



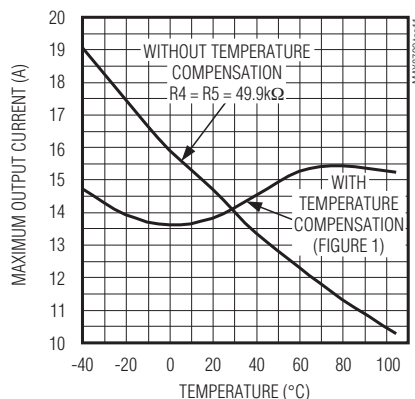
SWITCHING FREQUENCY  
vs. TEMPERATURE



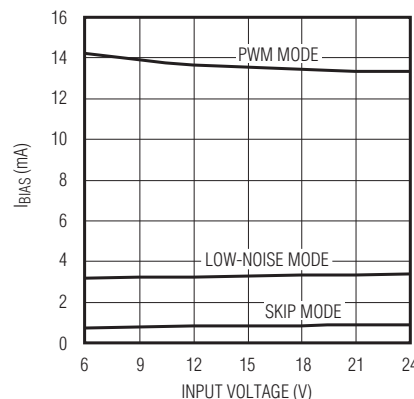
MAXIMUM OUTPUT CURRENT  
vs. INPUT VOLTAGE



MAXIMUM OUTPUT CURRENT  
vs. TEMPERATURE



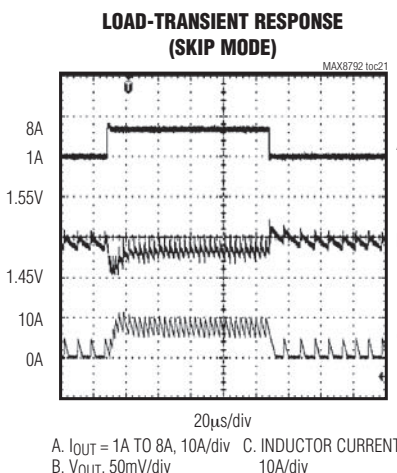
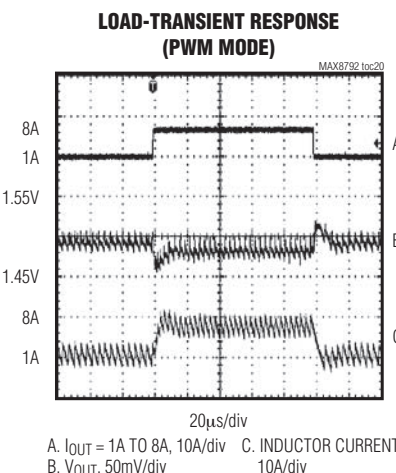
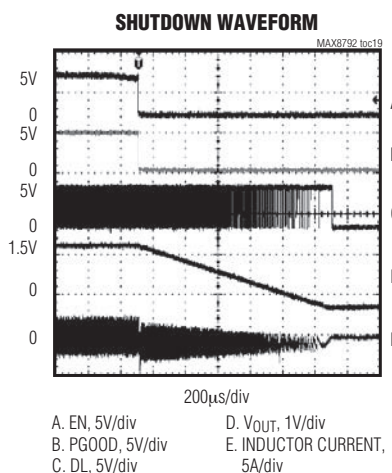
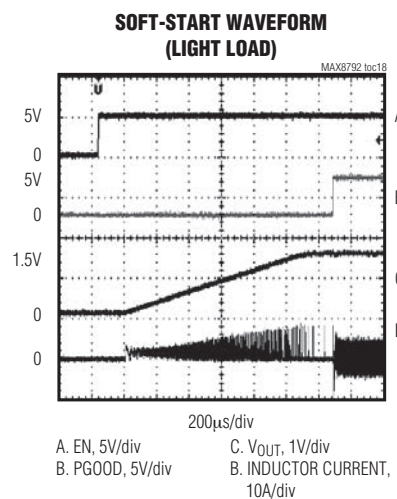
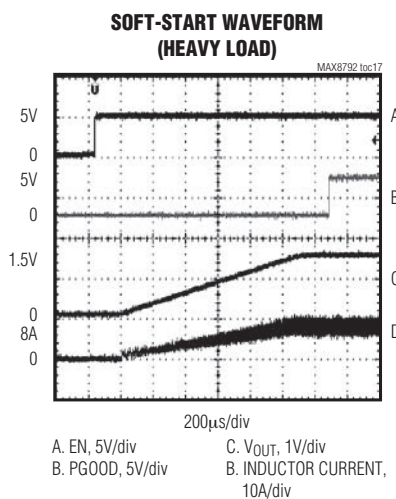
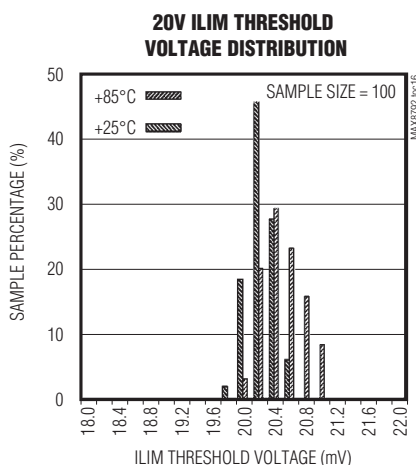
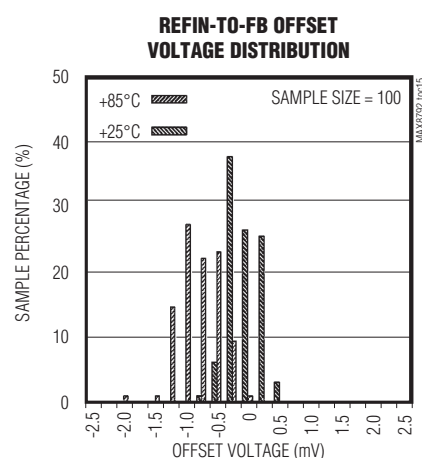
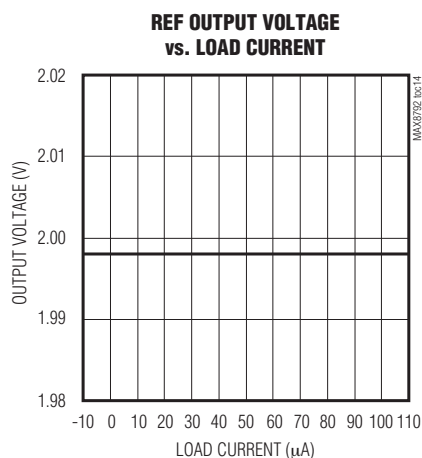
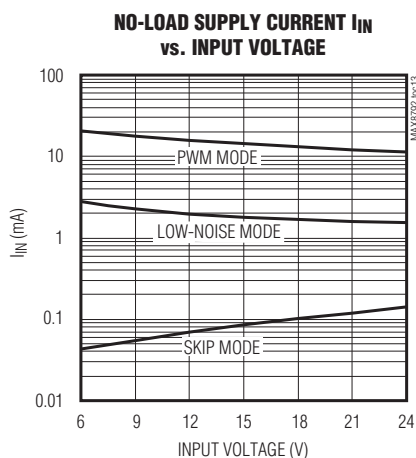
NO-LOAD SUPPLY CURRENT  $I_{BIAS}$   
vs. INPUT VOLTAGE



# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

## 典型工作特性(续)

(MAX8792 Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = 5V$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ ,  $R_{TON} = 200k\Omega$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



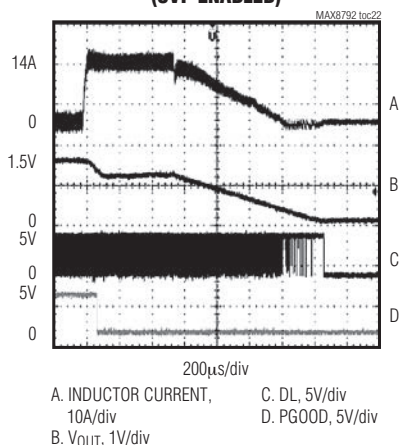
# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

MAX8792

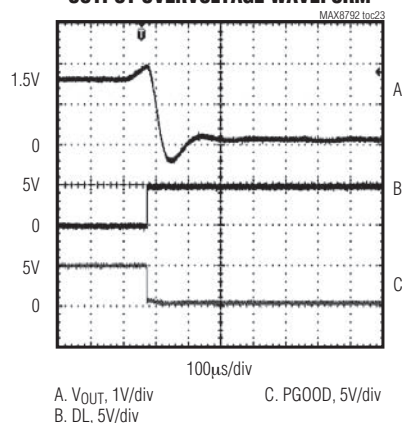
典型工作特性(续)

(MAX8792 Circuit of Figure 1,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{DD} = 5V$ ,  $\overline{SKIP} = GND$ ,  $R_{TON} = 200k\Omega$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

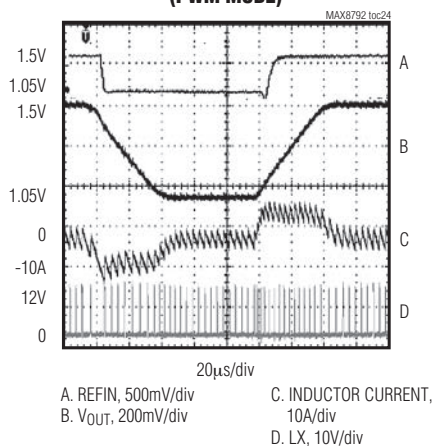
**OUTPUT OVERLOAD WAVEFORM  
(UVP ENABLED)**



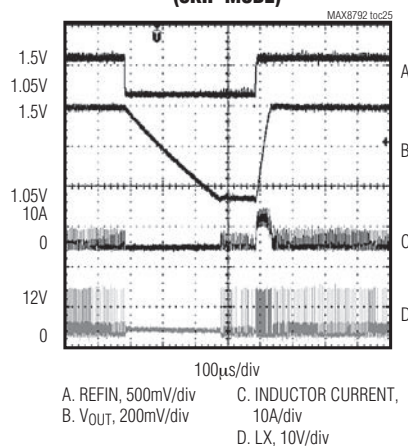
**OUTPUT OVERVOLTAGE WAVEFORM**



**DYNAMIC OUTPUT-VOLTAGE TRANSITION  
(PWM MODE)**



**DYNAMIC OUTPUT-VOLTAGE TRANSITION  
(SKIP MODE)**



# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

## 引脚说明

| 引脚 | 名称                | 功能                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | EN                | 关断控制输入，正常工作时连接至 $V_{DD}$ 。将 EN 拉至低电平，控制器将进入 $2\mu A$ 关断状态。禁止器件工作时，MAX8792 的目标/输出电压将缓慢下降到地电位，并且在目标电压达到 0.1V 后，控制器将 DH 和 DL 拉低并进入低功耗关断状态。触发 EN 可清除故障保护锁存。                                                                                                      |
| 2  | $V_{DD}$          | DL 栅极驱动器电源电压输入，连接至系统电源(+4.5V 至 +5.5V)。采用一只 $1\mu F$ 或更大的陶瓷电容将 $V_{DD}$ 旁路至功率地。                                                                                                                                                                               |
| 3  | DL                | 低边栅极驱动器，DL 电压摆幅从 GND 到 $V_{DD}$ ，当检测到输出过压故障时控制器将 DL 拉高，以避免任何可能出现的超出负电流限制的状况。当发生 $V_{CC}$ UVLO 和 REFOK 锁定的情况时，MAX8792 将 DL 拉低。                                                                                                                                |
| 4  | LX                | 电感连接端，LX 接电感的开关侧，如图 1 所示。                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5  | DH                | 高边栅极驱动器，DH 电压摆幅为 LX 至 BST。MAX8792 在控制器禁止时，将 DH 拉为低电平。                                                                                                                                                                                                        |
| 6  | BST               | 自举飞电容连接端，如图 1 所示，将其连接到外部 $0.1\mu F$ 6V 电容。MAX8792 包含一个内部自举开关/二极管(见图 2)。                                                                                                                                                                                      |
| 7  | TON               | 开关频率设置输入。输入电源和 TON 之间的外部电阻按照下式设置开关周期( $T_{SW} = 1/f_{SW}$ ):<br>$T_{SW} = C_{TON}(R_{TON} + 6.5k\Omega)\left(\frac{V_{FB}}{V_{OUT}}\right)$ 其中，正常工作条件下 $C_{TON} = 16.26pF$ 且 $V_{FB} = V_{REFIN}$ 。如果 TON 电流降至 $10\mu A$ 以内，MAX8792 关断并进入高阻态。TON 在关断模式下为高阻态。 |
| 8  | FB                | 反馈电压检测连接端。当输出电压小于 2V 时，直接连接至输出电容的正端，如图 1 所示。对于大于 2V 的固定输出电压，将 REFIN 连接至 REF，并用电阻分压器设置输出电压(图 4)。FB 通过检测输出电压确定高边开关 MOSFET 的导通时间。                                                                                                                               |
| 9  | ILIM              | 限流门限调节端。限流门限为 0.05 (1/20) 乘以 ILIM 引脚的电压。将 ILIM 连接至电阻分压器(自 REF)，用于在 20mV 至 100mV (ILIM 电压为 0.4V 至 2V) 范围内设置限流门限。                                                                                                                                              |
| 10 | REFIN             | 外部基准输入。REFIN 通过连接在 REF 和 GND 之间的电阻分压器设置 MAX8792 的反馈调节电压( $V_{FB} = V_{REFIN}$ )。MAX8792 包含一个窗比较器，用于检测 REFIN 电压的变化，允许控制器屏蔽 PGOOD 和故障保护。                                                                                                                       |
| 11 | REF               | 2V 基准电压。采用一只 470pF 到 10nF 陶瓷电容将其旁路至模拟地。基准可对外部负载源出高达 $50\mu A$ 的电流。                                                                                                                                                                                           |
| 12 | $\overline{SKIP}$ | 跳脉冲控制输入。4 种不同的电平输入决定了稳态工作以及动态输出电压瞬变时的工作模式：<br>$V_{DD}$ (5V) = 强制 PWM 模式。<br>REF (2V) = 处于跳脉冲模式，负载瞬变时可进入强制 PWM 模式。<br>开路(3.3V) = 超声模式(负载瞬变时不会进入强制 PWM 模式)。<br>GND = 跳脉冲模式(负载瞬变时不会进入强制 PWM 模式)。                                                                |
| 13 | $V_{CC}$          | 5V 模拟电源，通过内部 $20\Omega$ 电阻内部连接至 $V_{DD}$ 。采用一只 $1\mu F$ 陶瓷电容将 $V_{CC}$ 旁路至模拟地。                                                                                                                                                                               |

## MAX8792

MAX8792

MAX8792

MAX8792

## MAX8792

MAX8792

MAX8792

# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REF<sub>IN</sub>

表 1. 标准应用电路的元件选择

| COMPONENT        | V <sub>OUT</sub> = 1.5V/1.05V AT 10A<br>(Figure 1)                       | V <sub>OUT</sub> = 3.3V AT 5A<br>(Figure 4)                                                                                               | V <sub>OUT</sub> = 1.5V AT 10A/1.05V AT 7A<br>(Figure 7)                 |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                  | V <sub>IN</sub> = 7V to 20V<br>R <sub>TON</sub> = 200k $\Omega$ (300kHz) | V <sub>IN</sub> = 7V to 20V<br>R <sub>TON</sub> = 332k $\Omega$ (300kHz)                                                                  | V <sub>IN</sub> = 4V to 12V<br>R <sub>TON</sub> = 100k $\Omega$ (600kHz) |
| Input Capacitor  | (2x) 10 $\mu$ F, 25V<br>Taiyo Yuden TMK432BJ106KM                        | (2x) 10 $\mu$ F, 25V<br>Taiyo Yuden TMK432BJ106KM                                                                                         | (2x) 10 $\mu$ F, 25V<br>Taiyo Yuden TMK432BJ106KM                        |
| Output Capacitor | (2x) 330 $\mu$ F, 6m $\Omega$<br>Panasonic EEFSX0D331XR                  | (1x) 330 $\mu$ F, 18m $\Omega$<br>SANYO 4TPE330MI                                                                                         | (2x) 330 $\mu$ F, 7m $\Omega$<br>NEC-TOKIN PSGD0E337M7                   |
| Inductor         | 1.0 $\mu$ H, 3.25m $\Omega$<br>Würth 744 3552 100                        | 3.3 $\mu$ H, 14m $\Omega$<br>NEC-TOKIN MPLC1040L3R3                                                                                       | 0.68 $\mu$ H, 4.6m $\Omega$<br>Coiltronics FP3-R68                       |
| High-Side MOSFET | Fairchild (1x) FDS8690<br>8.6m $\Omega$ /11.4m $\Omega$ (typ/max)        | Siliconix (1x) Si4916DY<br>N <sub>H</sub> = 18m $\Omega$ /22m $\Omega$ (typ/max)<br>N <sub>L</sub> = 15m $\Omega$ /18m $\Omega$ (typ/max) | Fairchild (1x) FDS8690<br>8.6m $\Omega$ /11.4m $\Omega$ (typ/max)        |
| Low-Side MOSFET  | Fairchild (1x) FDS8670<br>4.2m $\Omega$ /5.0m $\Omega$ (typ/max)         |                                                                                                                                           | Fairchild (1x) FDS8670<br>4.2m $\Omega$ /5.0m $\Omega$ (typ/max)         |

表 2. 元件供应商

| MANUFACTURER                | WEBSITE                |
|-----------------------------|------------------------|
| AVX Corp.                   | www.avxcorp.com        |
| BI Technologies             | www.bitechnologies.com |
| Central Semiconductor Corp. | www.centrasemi.com     |
| Coiltronics                 | www.cooperet.com       |
| Fairchild Semiconductor     | www.fairchildsemi.com  |
| International Rectifier     | www.irf.com            |
| KEMET Corp.                 | www.kemet.com          |
| NEC TOKIN America, Inc.     | www.nec-tokin.com      |
| Panasonic Corp.             | www.panasonic.com      |

| MANUFACTURER                   | WEBSITE               |
|--------------------------------|-----------------------|
| Pulse Engineering              | www.pulseeng.com      |
| Renesas Technology Corp.       | www.renesas.com       |
| SANYO Electric Co., Ltd.       | www.sanyo.com         |
| Siliconix (Vishay)             | www.vishay.com        |
| Sumida Corp.                   | www.sumida.com        |
| Taiyo Yuden                    | www.t-yuden.com       |
| TDK Corp.                      | www.component.tdk.com |
| TOKO America, Inc.             | www.tokoam.com        |
| Würth Elektronik GmbH & Co. KG | www.we-online.com     |

## 详细说明

MAX8792 降压型控制器可理想用于低占空比(低输出电压与高输入电压之比)设计的笔记本电脑。MAX8792 采用 Maxim 专有的 Quick-PWM 脉宽调制器，这种控制架构非常适合处理快速负载阶跃响应，并在很宽的输入电压范围内保持相对固定的工作频率和电感工作点。Quick-PWM 结构巧妙解决了固定频率电流模式 PWM 架构具有较差负载瞬态响应的问题，同时避免了传统脉冲频率调制(PFM)控制结构的固定导通周期(与输入电压无关)内开关频率变化范围较大的问题。

## +5V 偏置电源(V<sub>CC</sub>/V<sub>DD</sub>)

除了电池，MAX8792 还需要一个外部 5V 偏置电源。通常，这个 5V 偏置电源取自笔记本电脑效率高达 95% 的 5V 主系统电源。将这个偏置电源放在 IC 外部有助于提高效率，并省下一个 5V 线性稳压器的成本，否则，还需要集成一个线性稳压器为 PWM 电路和栅极驱动器供电。需要单独运行时，可外接一片 MAX1615 等类似线性稳压器，提供 5V 电源。

5V 偏置电源为 PWM 控制器和内部栅极驱动器供电，最大吸收电流为：

$$I_{BIAS} = I_Q + f_{sw}Q_G = 2\text{mA 至 } 20\text{mA (典型值)}$$

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

### 自由运行、具有输入前馈的恒导通时间 PWM 控制器

Quick-PWM 控制结构是准固定频率、恒导通时间、带有电压前馈的电流模式调节器(图2)。该结构依靠输出滤波电容的 ESR 作为检流电阻，所以输出纹波电压提供 PWM 斜

坡信号。控制原理很简单：高边开关的导通时间仅受控于一个单稳态电路，该电路的脉冲宽度与输入电压成反比，与输出电压成正比。另一个单稳态电路设定最短关断时间(典型值为200ns)。如果误差比较器输出为低电平、

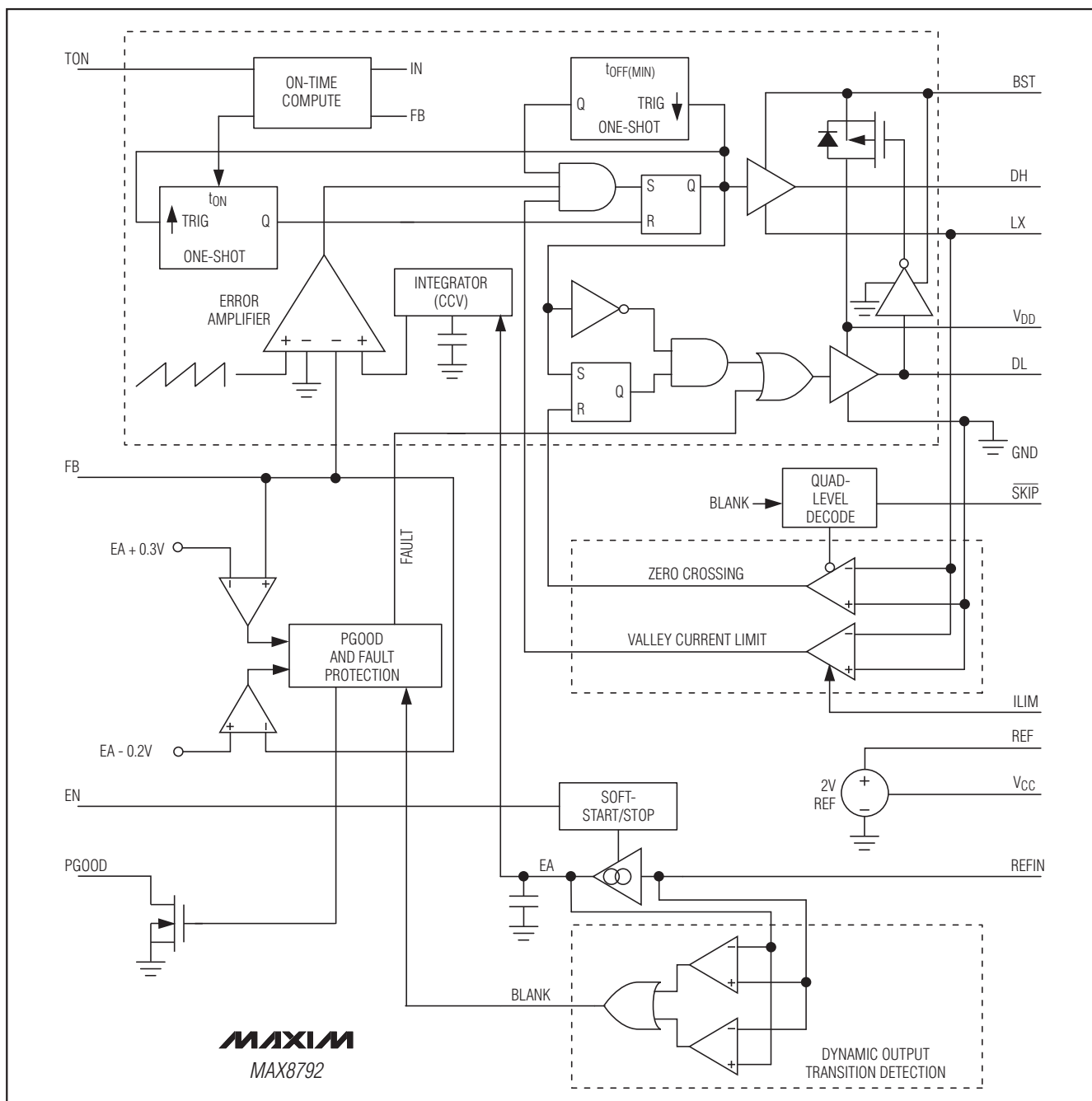


图2. MAX8792 功能框图

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REF<sub>IN</sub>

低边开关电流低于谷电流门限，而且超出单稳态最短关断时间，则开启单稳态导通周期。

### 导通时间单稳态

PWM 控制器的核心是单稳态电路，它设定了高边开关的导通时间。这种快速、低抖动、可调节的单稳态电路能够根据输入和输出电压改变导通时间。高边开关的导通时间反比于 T<sub>ON</sub> 端的输入电压，而与 FB 输入反馈电压成正比：

$$t_{\text{ON}} = T_{\text{SW}}(V_{\text{FB}}/V_{\text{IN}})$$

其中，T<sub>SW</sub>（开关周期）通过 T<sub>ON</sub> 和 V<sub>IN</sub> 之间的电阻 (R<sub>T<sub>ON</sub></sub>) 进行设置。该算法在没有固定频率时钟发生器的情况下能够产生近似恒定的开关频率。在 T<sub>ON</sub> 和 V<sub>IN</sub> 之间连接一个电阻 (R<sub>T<sub>ON</sub></sub>)，用来设置开关周期 T<sub>SW</sub> = 1/f<sub>SW</sub>：

$$T_{\text{SW}} = C_{\text{T<sub>ON</sub>}}(R_{\text{T<sub>ON</sub>}} + 6.5\text{k}\Omega) \left( \frac{V_{\text{FB}}}{V_{\text{OUT}}} \right)$$

其中，C<sub>T<sub>ON</sub></sub> = 16.26pF。当使用单位增益反馈 (V<sub>OUT</sub> = V<sub>FB</sub>) 时，96.75kΩ 至 303.25kΩ 的电阻对应于 167ns (600kHz) 至 500ns (200kHz) 的开关周期。高频 (600kHz) 工作方式允许使用小尺寸元件，但较大的开关损耗会影响效率。这种工作方式可以应用在负载电流较低、由较低电源为控制器供电的小型便携设备。低频 (200kHz) 工作方式可以提供最高效率，但需要更大的元件尺寸和电路板空间。

连续导通工作模式下，实际开关频率可由下式确定：

$$f_{\text{SW}} = \frac{(V_{\text{OUT}} + V_{\text{DIS}})}{t_{\text{ON}}(V_{\text{IN}} + V_{\text{DIS}} - V_{\text{CHG}})}$$

其中，V<sub>DIS</sub> 为电感放电通路 (包括同步整流器、电感和 PCB 电阻) 的寄生压降之和；V<sub>CHG</sub> 为充电通路 (包括高边开关、电感和 PCB 电阻) 的寄生压降之和；t<sub>ON</sub> 是由 MAX8792 计算得到的导通时间。

### 上电顺序 (POR、UVLO)

驱动 EN 至高电平，并且 5V 偏置电源 (V<sub>DD</sub>) 已经就绪时，使能 MAX8792。基准最先上电，一旦基准电压超过 UVLO 门限，内部模拟电路开启，并可通过一个 50μs 的单稳态延迟电路进行屏蔽，以保证偏置电路和模拟电路有足够的时间建立到正确状态。在控制电路可靠上电之后，PWM 控制器启动开关操作。

当 V<sub>CC</sub> 上升至约 3V 以上时，触发上电复位 (POR)，对故障锁存器进行复位，并设置控制器以备正常工作。在 V<sub>CC</sub> 上升至 4.25V 之前，V<sub>CC</sub> UVLO 电路禁止开关动作。一旦系统使能控制器、V<sub>CC</sub> 超过 4.25V 并且驱动 EN 至高电平，将由控制器为基准供电。当基准电压达到稳态值时，控制器以 1mV/μs 的摆率增大输出电压，使其达到目标 REF<sub>IN</sub> 电压：

$$t_{\text{START}} = \frac{V_{\text{FB}}}{1\text{mV}/\mu\text{s}} = \frac{V_{\text{FB}}}{1\text{V}/\text{ms}}$$

软启动电路没有采用可变限流门限，因此可立即达到满量程输出电流。当达到目标 REF<sub>IN</sub> 电压约 200μs 后，PGOOD 变为高阻态。MAX8792 在软启动期间自动进入跳脉冲模式，在软关断期间则工作在强制 PWM 模式，与 SKIP 配置无关。

自动启动时，应在 V<sub>CC</sub> 之前加载电池电压。如果控制器试图在没有电池电压的情况下调节输出至稳态值，则会触发故障锁存器。当触发 EN 或将 V<sub>CC</sub> 电源置于 0.5V 以下清除故障锁存之前，控制器将保持关断状态。

如果 V<sub>CC</sub> 电压跌落至 4.25V 以下，控制器判断电源电压不足以支持正常工作。为了保护输出不产生过压故障，控制器将立即关断，并强制高阻输出 (DL 和 DH 拉低)。

### 关断

当系统拉低 EN 时，MAX8792 立即进入低功耗关断模式。PGOOD 被立即拉低，输出电压以 1mV/μs 的摆率下降：

$$t_{\text{SHDN}} = \frac{V_{\text{FB}}}{1\text{mV}/\mu\text{s}} = \frac{V_{\text{FB}}}{1\text{V}/\text{ms}}$$

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

通过控制输出电压的摆率，使输出电容在一个较长的时间周期内(典型值为0.5ms至2ms)缓慢放电，可以保持极低的电感平均负电流(阻尼响应)，因而可以防止由于控制器持续导通低边MOSFET，对输出快速放电所产生的负电压输出(欠阻尼响应)。这种方式省去了通常连接在输出和地之间用于箝位负输出电压的肖特基二极管。当控制器达到零电位后，MAX8792完全关断：驱动器被禁止(DL和DH拉低)、基准关闭、电源电流降至约0.1 $\mu$ A (典型值)。

当发生输出UVP或热关断故障时，将启动关断过程，保护电路设置故障锁存状态，防止控制器重启。触发EN或将V<sub>CC</sub>电源降至0.5V以下，可以清除故障锁存，使控制器重新工作。

MAX8792在软启动期间自动采用跳脉冲模式，在软关断期间则工作在强制PWM模式，与 $\overline{\text{SKIP}}$ 配置无关。

### 工作模式

#### 强制PWM模式( $\overline{\text{SKIP}} = V_{DD}$ )

低噪声强制PWM模式( $\overline{\text{SKIP}} = V_{DD}$ )下将禁止过零比较器，该比较器用于控制低边开关的导通时间，使低边开关的栅极驱动波形与高边开关的栅极驱动波形始终保持互补，这样，电感电流在轻载下反转，DH保持占空比为V<sub>OUT</sub>/V<sub>IN</sub>。强制PWM模式的优点是开关频率基本保持固定。然而，强制PWM模式的代价是：空载时，5V偏置电源仍会消耗10mA至50mA的电源电流，具体取决于开关频率。

关断过程中，MAX8792自动采用强制PWM模式，与 $\overline{\text{SKIP}}$ 配置无关。

#### 自动跳脉冲模式( $\overline{\text{SKIP}} = \text{GND}$ 或2V)

跳脉冲模式( $\overline{\text{SKIP}} = \text{GND}$ 或2V)下，内部电路控制在轻载时自动切换至PFM模式。这种转换受控于一个比较器，该比较器检测到电感电流过零时终止低边开关的导通。过零比较器门限由LX和GND之间的差分电压决定。

直流输出精度取决于误差比较器的门限值。当电感处于连续导通模式时，MAX8792调节输出纹波的谷值，因此，实际直流输出电压比触发门限高出输出纹波电压的50%。在非连续导通模式( $\overline{\text{SKIP}} = \text{GND}$ 且I<sub>OUT</sub> < I<sub>LOAD(SKIP)</sub>)下，

由于斜率补偿的影响，输出电压的直流稳态值比误差比较器的门限值高出约1.5%。

$\overline{\text{SKIP}}$ 接GND时，MAX8792保持在跳脉冲模式。由于输出无法吸收电流，所以负输出电压的动态跳变时间取决于负载电流和输出电容。建议将输出电压逐渐调低，以降低可能产生的可闻噪声，这样可以消除负输出电压跳变时产生的输入浪涌电流。

#### 超声模式( $\overline{\text{SKIP}} = \text{开路} = 3.3\text{V}$ )

$\overline{\text{SKIP}}$ 悬空时，启动独特的跳脉冲模式，具有18kHz最小开关频率。超声跳脉冲模式可以消除工作在轻载时控制器的自动跳脉冲操作所产生的音频调制。超声模式下，当负载达到常规跳脉冲的临界导通点(I<sub>LOAD(SKIP)</sub>)时，控制器将自动转换到固定频率的PWM模式。

当控制器检测到连续33 $\mu$ s内无开关操作时，则发出超声脉冲。一旦触发，超声控制器将DL拉高，导通低边MOSFET，以检测电感负电流(图3)。在电感电流达到负的超声电流门限之后，控制器关断低边MOSFET (DL拉低)

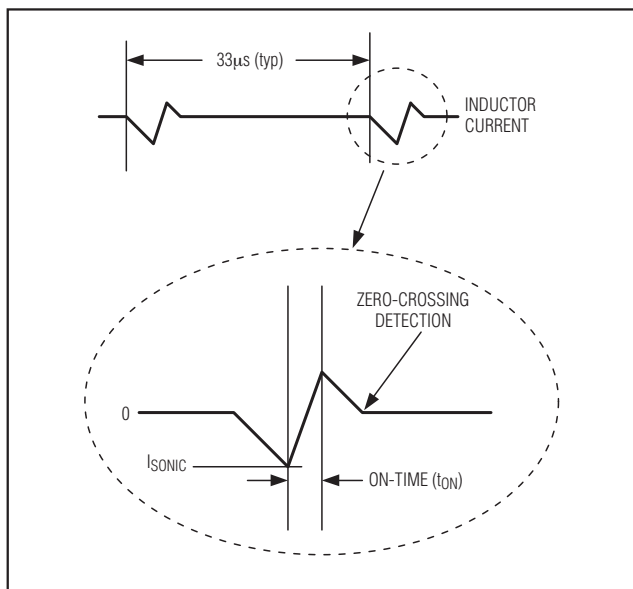


图3. 超声波形

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REF<sub>IN</sub>

并触发固定导通时间(DH驱动至高)。当导通时间结束时，控制器直到检测到电感电流降至过零门限以下才会重新开启低边MOSFET。与DH脉冲启动相比，DL脉冲启动大大降低了峰值输出电压。

超声脉冲起点的输出电压决定超声负电流门限，根据下式计算：

$$V_{\text{SONIC}} = I_L R_{\text{CS}} = (V_{\text{REFIN}} - V_{\text{FB}}) \times 0.7$$

其中， $V_{\text{FB}} > V_{\text{REFIN}}$  且  $R_{\text{CS}}$  为 GND 至 LX 上的检流电阻。

### 谷电流限制保护

限流电路采用独特的“谷”电流检测算法，可以通过低边MOSFET检测电感电流。如果低边MOSFET的电流超过谷电流门限，PWM控制器将不会开启一个新的周期。实际峰值电流要比谷电流门限高出电感纹波电流的量。因此，精确的限流特性和最大带载能力是电感值和输入电压的函数。结合欠压保护电路，这种限流方法几乎在所有情况下都是有效。

在强制PWM模式中，MAX8792还执行负电流限制，用于防止  $V_{\text{OUT}}$  吸收电流时产生过大的反向电感电流。负电流门限设置在正电流门限的大约120%。

### 积分输出电压

MAX8792调节输出纹波的谷值，实际直流输出电压比斜率补偿后的目标电压高出输出纹波电压的50%。稳态条件下，MAX8792的内部积分器对这个50%的输出纹波电压误差进行修正，输出电压精度由下式定义：

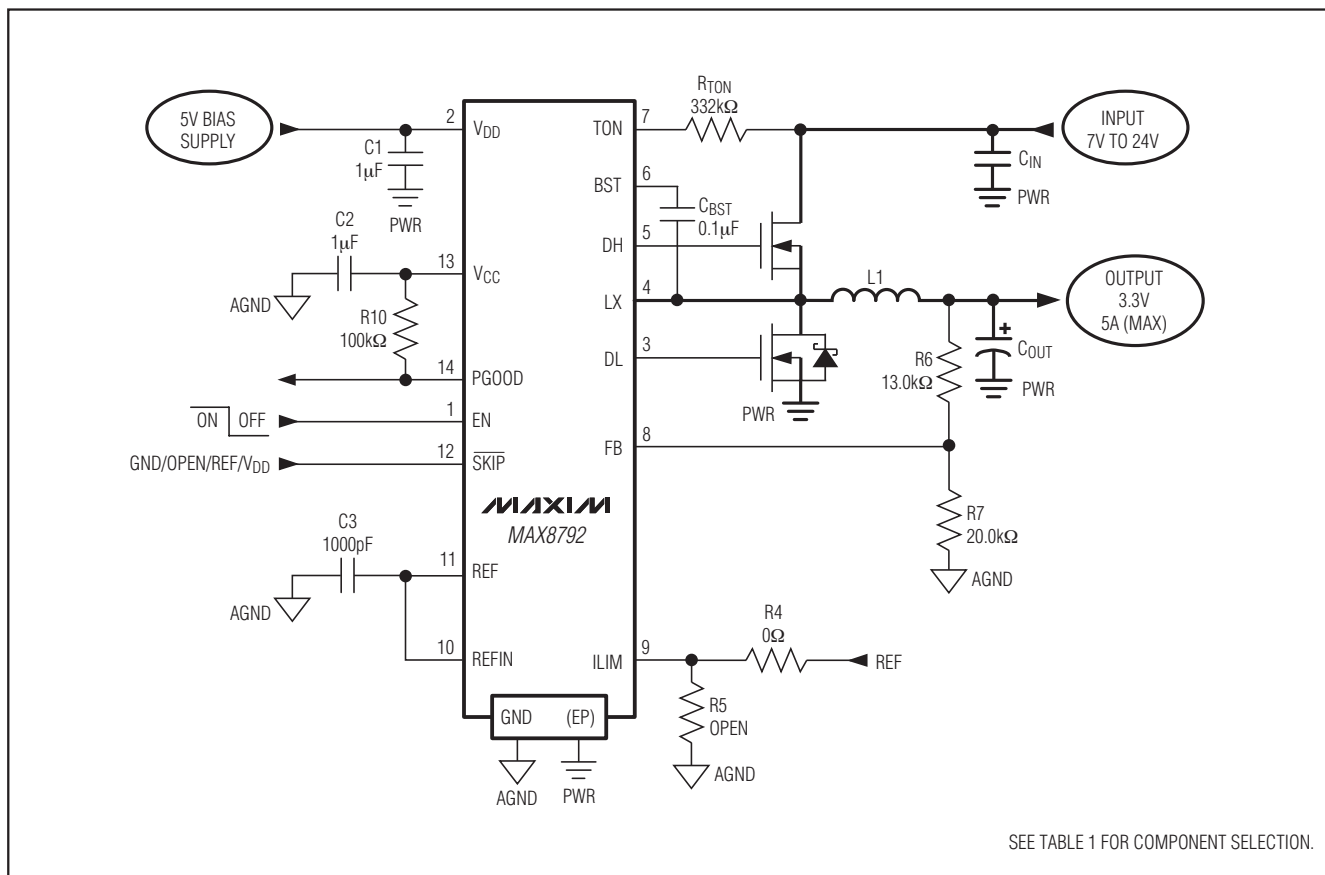
$$V_{\text{FB}} = V_{\text{REFIN}} + \left( \frac{V_{\text{RIPPLE}}}{A_{\text{CCV}}} \right)$$

其中， $V_{\text{REFIN}}$  为标称反馈电压， $A_{\text{CCV}}$  为积分器增益， $V_{\text{RIPPLE}}$  是反馈纹波电压 ( $V_{\text{RIPPLE}} = \text{ESR} \times \Delta I_{\text{INDUCTOR}}$ ，见输出电容选择部分)。因此，在 *Electrical Characteristics* 表中给出的反馈电压精度指的是积分反馈门限，并且主要受积分放大器失调电压的影响。

### 动态输出电压

MAX8792将FB端的电压稳定在REF<sub>IN</sub>设定的电压。通过改变REF<sub>IN</sub>电压(图1)，MAX8792可以在两个设置点之间动态改变输出电压。REF<sub>IN</sub>电压发生阶跃变化时，输出电压的变化速率由内部8mV/μs的限摆率电路或外部选择的元件(电感电流纹波、总输出电容、限流值和瞬变负载)决定，具体取决于两者之间较慢的数值。总输出电容决定了输出电压变化时所需要的电流，电感则限制了电流的上升斜率。额外的负载电流会在REF<sub>IN</sub>电压正向变化时减缓输出电压的变化，在REF<sub>IN</sub>电压负向变化时加速输出电压的变化。

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN



SEE TABLE 1 FOR COMPONENT SELECTION.

图4. 利用反馈分压器的高输出电压应用

### 输出电压大于2V

尽管REFIN限制在0至2V范围内，但是，由于MAX8792采用高阻反馈输入(FB)，并没有限制输出电压的范围。在输出、FB和模拟地之间加入电阻分压器(图4)，MAX8792可以支持2V以上的输出电压。然而，由于控制器的导通时间还与FB有关，分压电路会影响实际开关频率，详细信息请参考导通时间单稳态部分。

### 内部积分

积分放大器强制FB端的直流平均电压等于目标电压值，内部放大器对反馈电压进行积分，微调稳态电压(图2)，无论反馈纹波电压补偿和内部斜率补偿如何变化，都能够提供精确的直流稳压输出。积分放大器可以对输出电压进行 $\pm 55\text{mV}$  (典型值)的调节。跳脉冲模式下，MAX8792

在REFIN开始向下跳变时，可以通过将放大器的输入连接在一起禁止积分器工作。积分器在跳变完成(内部建立目标电压)、输出电压稳定(误差比较器的边沿检测)后的 $20\mu\text{s}$ 内保持禁止。

### 电源就绪输出(PGOOD)和故障保护

PGOOD为漏极开路输出，可连续监测输出电压的欠压和过压故障。PGOOD在软启动和软关断期间被有源拉低关断( $\text{EN} = \text{GND}$ )。软启动结束约 $200\mu\text{s}$  (典型值)后，只要反馈电压高于UVP门限( $\text{REFIN} - 200\text{mV}$ )并且低于OVP门限( $\text{REFIN} + 300\text{mV}$ )，PGOOD将处于高阻态。当反馈电压跌落到目标电压(REFIN)以下 $200\text{mV}$ 或上升到目标电压(REFIN)以上 $300\text{mV}$ ，或者SMPS控制器关断时，PGOOD则为低电平。在PGOOD和 $V_{\text{DD}}$ 之间接一个外部上拉电阻，

# 单路Quick-PWM降压型控制器, 提供动态REFIN

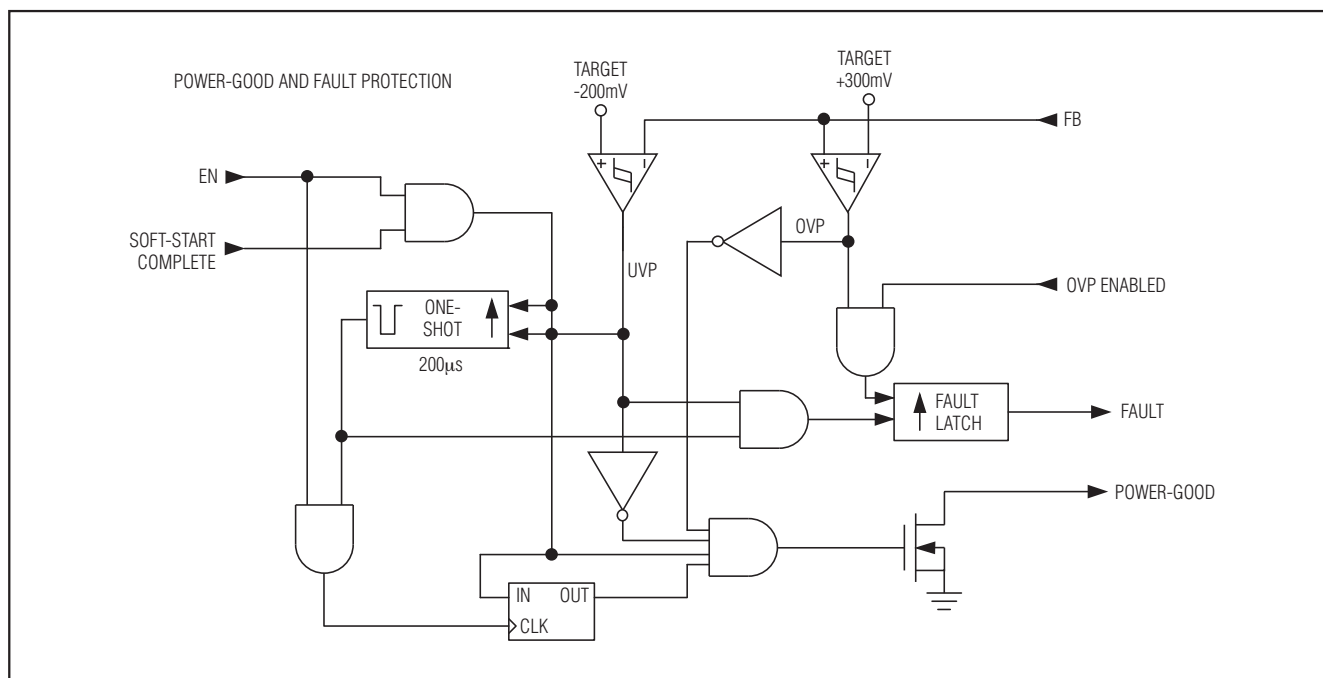


图5. 电源就绪和故障保护

可以得到PGOOD的逻辑输出电平。大多数应用中，100k $\Omega$ 的上拉电阻即可很好地工作。图5所示为电源就绪和故障保护电路。

## 过压保护(OVP)

当内部反馈电压上升到超过目标稳压值300mV，且OVP保护功能使能的情况下，OVP比较器立即将DH拉低并且强制DL为高，拉低PGOOD、设置故障锁存并禁止SMPS控制器。触发EN或将V<sub>CC</sub>拉低到V<sub>CC</sub> POR以下后重新上电，可以清除故障锁存器，并重新启动控制器。

## 欠压保护(UVP)

当反馈电压跌至目标电压(REFIN)以下200mV时，控制器立即将PGOOD拉低并触发200 $\mu$ s的单稳态定时器。如果反馈电压在整个200 $\mu$ s内保持低于欠压故障门限，则触发欠压故障锁存并且SMPS开始关断过程。当内部目标电压跌至0.1V以下，MAX8792强制DL为低。触发EN或将V<sub>CC</sub>拉低到V<sub>CC</sub> POR以下后重新上电，可清除故障锁存器，并重新启动控制器。

## 热故障保护(TSHDN)

MAX8792具有热故障保护电路，当结温升至+160°C以上时，温度传感器激活故障锁存器，拉低PGOOD，并关断控制器，且DL和DH均拉低。结温下降15°C后，触发EN或将V<sub>CC</sub>拉低到V<sub>CC</sub> POR以下后重新上电，可以重新开启控制器。

## MOSFET栅极驱动器

DH和DL驱动器针对驱动中等尺寸的高边功率MOSFET和较大的低边功率MOSFET进行了优化，这与笔记本电脑应用中的低占空比要求一致，这类应用中存在很大的V<sub>IN</sub> - V<sub>OUT</sub>差。高边栅极驱动器(DH)可源出和吸入1.5A电流，低边栅极驱动器(DL)可源出1.0A电流、吸入2.4A电流，从而保证大电流应用中栅极驱动的可靠性。DH高边MOSFET驱动器由连接在BST与LX之间的内部自举开关电荷泵供电，DL同步整流驱动器直接由5V偏置电源(V<sub>DD</sub>)供电。

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

自适应死区时间电路监测DL和DH驱动器，防止在完全关断该路FET之前导通另一路FET。自适应驱动器死区时间使得控制器能够在绝大多数不同MOSFET下正常工作，不会发生穿通，使延迟最小，并保证高效工作。

在DL和DH驱动器到MOSFET栅极之间必须有一个低电阻、低电感通路，以保证自适应死区时间电路正常工作。否则，MAX8792内部的检测电路可能会在栅极仍有电荷的情况下，将MOSFET栅极误认为“关断”。采用非常短且宽的引线(如果MOSFET距离驱动器1英寸，线宽应在50mil至100mil)。

驱动DL为低电平的内部下拉晶体管具有较强的下拉能力，导通电阻为 $0.9\Omega$  (典型值)。这有助于在电感节点(LX)从地电位快速切换到 $V_{IN}$ 时，防止由于低边MOSFET的漏极到栅极的容性耦合而拉高DL。应用中，如果输入电压较高，电感驱动器引线较长，则必须确保LX的上升沿不会拉高低边MOSFET的栅极，造成穿通电流。由栅-漏电容( $C_{RSS}$ )、栅-源电容( $C_{ISS} - C_{RSS}$ )和电路板寄生电容引起的LX与DL之间的容性耦合不应超过下式计算的最小门限：

$$V_{GS(TH)} > V_{IN} \left( \frac{C_{RSS}}{C_{ISS}} \right)$$

通常，在DL与功率地之间接一个4700pF电容(图6中的 $C_{NL}$ )并靠近低端MOSFET放置，可大大降低耦合。为了防止关断延时过长，总栅极电容不要超过22nF。

此外，快速高边MOSFET与低速低边MOSFET的组合也可能导致穿通电流。若低边MOSFET的关断延时过长，在低边MOSFET实际关断之前，高边MOSFET可能已经导通。在BST上串联一个小于 $5\Omega$ 的电阻(图6中的 $R_{BST}$ )，可以减慢高边MOSFET的导通速度，在不降低关断时间的同时消除穿通电流。减缓高边MOSFET的导通速度还会减小LX节点的上升时间，从而减小由开关噪声引起的EMI与高频耦合。

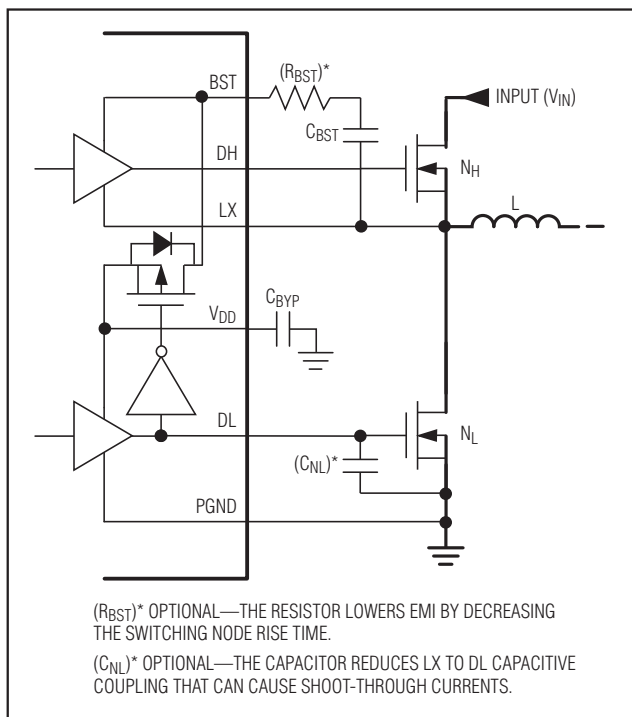


图6. 栅极驱动电路

### Quick-PWM设计步骤

选择开关频率和电感工作点(纹波电流比)之前，首先要落实输入电压范围和最大负载电流。然后，需要折衷考虑开关频率和电感工作点。以下四个参数决定了剩余的设计过程：

- **输入电压范围：**最大值( $V_{IN(MAX)}$ )必须与最差工作条件下笔记本电脑交流适配器的电压相一致。最小值( $V_{IN(MIN)}$ )必须考虑经过连接器、保险丝及电池选择开关的压降后的最低输入电压。如果可能，降低输入电压有利于提高效率。
- **最大负载电流：**需要考虑两个值：峰值负载电流( $I_{LOAD(MAX)}$ )决定了瞬时元件应力和滤波要求，并因此影响输出电容的选择、电感饱和电流额定值以及限流

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REF<sub>IN</sub>

电路设计；连续负载电流( $I_{LOAD}$ )决定了热应力的大小，制约着输入电容、MOSFET 和其它关键发热元件的选择。大多数笔记本电脑的负载  $I_{LOAD} = I_{LOAD(MAX)} \times 80\%$ 。

- **开关频率：**开关频率的选择应折衷考虑器件尺寸与效率。由于 MOSFET 开关损耗与频率和  $V_{IN}^2$  成正比，最佳频率在很大程度上取决于最大输入电压。最佳频率也因时而异，随着 MOSFET 制造技术的飞速发展，越来越高的工作频率已成为现实。
- **电感工作点：**这项选择决定了尺寸与效率、瞬态响应与输出噪声之间的折衷。电感值较低时，瞬态响应较好，物理尺寸也较小，但由于纹波电流增大，使效率降低，输出噪声也较大。实际的最小电感值应使电路工作在临界传导状态(负载最大时电感电流在每个周期正好归零)。电感值低于该最小值将无益于进一步减小尺寸，最佳工作点通常具有 20% 至 50% 的纹波电流。

### 电感选择

开关频率和电感工作点(纹波电流百分比或 LIR)确定的电感值如下：

$$L = \left( \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{f_{SW} I_{LOAD(MAX)} LIR} \right) \left( \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

在满足尺寸要求的前提下，应尽可能选择低直流电阻、低损耗电感。虽然铁粉芯较为便宜，且能在 200kHz 频率下很好地工作，但铁氧体磁芯通常是最佳选择。磁芯应该足够大，以确保在电感电流峰值( $I_{PEAK}$ )下不发生饱和：

$$I_{PEAK} = I_{LOAD(MAX)} + \frac{\Delta I_L}{2}$$

### 瞬态响应

电感纹波电流会影响瞬态响应性能，尤其是在  $V_{IN} - V_{OUT}$  差值很小时。低电感值允许电感电流更快地上升，补充输出滤波电容因负载突增而流失的电荷。输出跌落量也与最大占空比有关，可以根据导通时间和最小关断时间计算。最差工作条件下的输出跌落电压为：

$$V_{SAG} = \frac{L (\Delta I_{LOAD(MAX)})^2 \left[ \left( \frac{V_{OUT} T_{SW}}{V_{IN}} \right) + t_{OFF(MIN)} \right]}{2 C_{OUT} V_{OUT} \left[ \left( \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) T_{SW}}{V_{IN}} \right) - t_{OFF(MIN)} \right]}$$

其中， $t_{OFF(MIN)}$  是最小关断时间(参见 *Electrical Characteristics* 表)。

当负载移除后，电感储能所引起的过冲可由下式计算：

$$V_{SOAR} \approx \frac{(\Delta I_{LOAD(MAX)})^2 L}{2 C_{OUT} V_{OUT}}$$

### 设置谷电流限制

最小限流门限必须足够大，以使电流门限于容差范围的最小值时仍能支持最大负载电流。电感电流的谷值等于  $I_{LOAD(MAX)}$  减去电感纹波电流( $\Delta I_L$ )的一半，因此：

$$I_{LIMIT(LOW)} > I_{LOAD(MAX)} - \frac{\Delta I_L}{2}$$

其中， $I_{LIMIT(LOW)}$  等于最小限流门限电压除以低边 MOSFET 的导通阻抗( $R_{DS(ON)}$ )。

谷电流门限精确等于  $I_{LIM}$  引脚电压的 1/20。要设置一个固定的谷电流门限值，可在 REF、 $I_{LIM}$  至模拟地(GND)之间接一个电阻分压器。外部 400mV 至 2V 的调节范围对应于 20mV 至 100mV 的谷电流门限。调节限流时，应采用 1% 精度的电阻，并把分压器的电流设在 5 $\mu$ A 至 10 $\mu$ A 左右，以避免给谷电流门限引入较大的误差。

MAX8792 采用低边 MOSFET 的导通电阻作为检流元件( $R_{SENSE} = R_{DS(ON)}$ )。因此，必须特别注意导通电阻的容差和温度变化。采用 MOSFET 数据资料中给出的最差工作条件下的  $R_{DS(ON)}$  最大值，并根据随着温度上升带来  $R_{DS(ON)}$  变大适当增加裕量。通常比较好的原则是允许温度每升高 1°C，带来 0.5% 的额外电阻，增加的电阻必须包含到设计裕量中去，除非设计时在  $I_{LIM}$  电阻分压器上接有 NTC 热电阻对限流门限进行温度补偿。

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

### 折返式限流

利用一个在 ILIM 和输出之间的电阻分压器自动产生一个限流门限，在输出电压降低时提供折返式限流保护(参见图7)。折返式限流帮助限制故障情况下的电感电流，但必须仔细设计，以便在正常工作情况下提供稳定的性能。不能将折返式限流值设置的过低，否则控制器将不能可靠上电。为确保控制器正确上电，最小的电流门限( $V_{OUT} = 0V$ 时)必须大于启动过程中最大的负载电流(至少包含漏电流)与给输出电容充电所需的最大电流之和：

$$I_{START} = C_{OUT} \times 1mV/\mu s + I_{LOAD(START)}$$

### 输出电容选择

输出滤波电容的等效串联电阻(ESR)应足够低，以满足输出纹波及瞬态负载的要求。此外 ESR 也必须满足稳定性的要求。具有高 ESR 的电容(聚合物/钽电容)不需要额外的外部补偿元件。

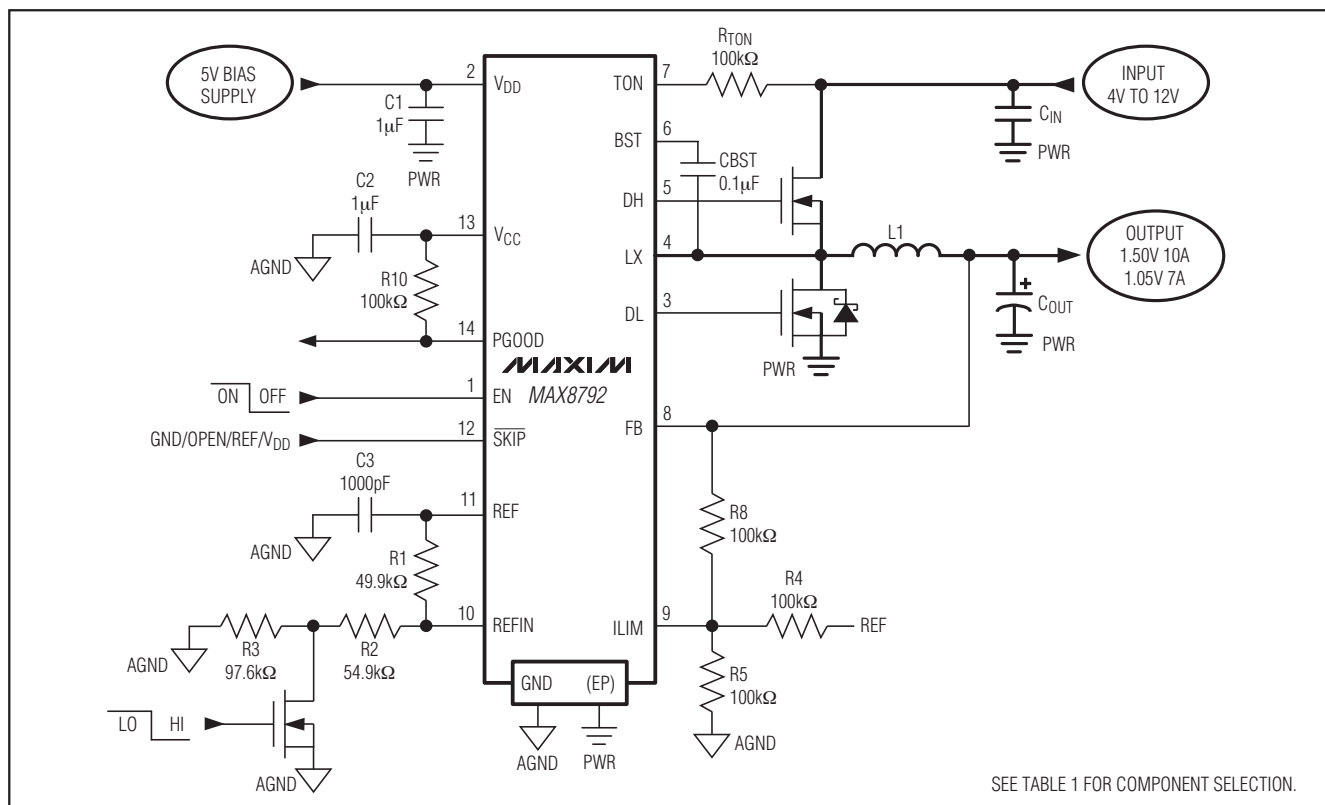
用于内核和芯片组的电源转换器以及其他可能存在剧烈的负载瞬变的应用中，输出电容的大小一般取决于，多大的 ESR 能够防止负载瞬变时输出产生过大的跌落。忽略有限容值引起的电压跌落：

$$(R_{ESR} + R_{PCB}) \leq \frac{V_{STEP}}{\Delta I_{LOAD(MAX)}}$$

在低电压应用中，输出电容的尺寸通常取决于对 ESR 的要求，从而将输出纹波电压保持在可接受的水平。降压控制器的输出纹波电压等于总电感纹波电流与输出电容 ESR 之积，满足纹波要求的最大 ESR 为：

$$R_{ESR} \leq \left[ \frac{V_{IN} f_{SW} L}{(V_{IN} - V_{OUT}) V_{OUT}} \right] V_{RIPPLE}$$

其中， $f_{SW}$  为开关频率。



SEE TABLE 1 FOR COMPONENT SELECTION.

图7. 带折返式限流保护的标准应用

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REF<sub>IN</sub>

大多数电介质(聚合物、钽、铝电解质)电容所需要的实际容值取决于满足低ESR要求的物理尺寸，也与电容的化学属性有关。陶瓷电容具有较低的ESR，但其容值和额定电压(降额后)必须保证在负载瞬变时， $V_{SAG}$ 和 $V_{SOAR}$ 不会产生问题。通常，只要电容值大到足以满足过冲指标的要求，负载上升沿引起的下冲也不会有问题(参见瞬态响应部分中的 $V_{SAG}$ 和 $V_{SOAR}$ 公式)。因此，输出电容的选择需要权衡电容的化学性质(容值、ESR和电压额定值的关系)和成本。

### 输出电容稳定性考虑

对于 Quick-PWM 控制器，系统稳定性取决于与开关频率相关的同相反馈纹波，主要由输出ESR决定。临界不稳定点由下式给出：

$$\frac{f_{SW}}{\pi} \geq \frac{1}{2\pi R_{EFF} C_{OUT}}$$

$$R_{EFF} = R_{ESR} + R_{PCB} + R_{COMP}$$

其中， $C_{OUT}$ 是总输出电容， $R_{ESR}$ 是输出电容的总等效串联电阻， $R_{PCB}$ 是输出电容和反馈检测点之间的电路板寄生电阻， $R_{COMP}$ 是直流或交流耦合的检流补偿等效电阻(见图10)。

在频率为300kHz的标准应用中，零点频率必须远远低于95kHz，最好低于50kHz。按照上述频率要求，标准钽电容和聚合物电容通常具有低于50kHz的典型ESR零点频率，无需任何额外的检流补偿即可满足稳定性要求。在标准应用电路(图1)中，支持15mV<sub>P-P</sub>纹波所需的ESR为15mV/(10A x 0.3) = 5mΩ，两只330μF、9mΩ的聚合物电容并联时可提供4.5mΩ(最大)的ESR和1/(2π x 330μF x 9mΩ) = 53kHz的ESR零点频率。

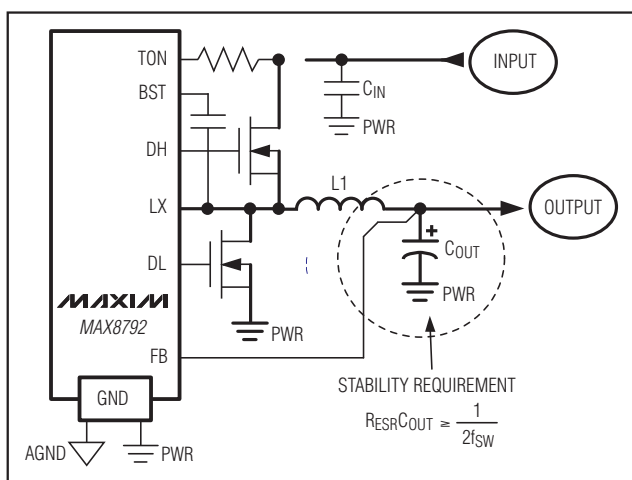


图8. 输出采用聚合物电容或钽电容的标准应用电路

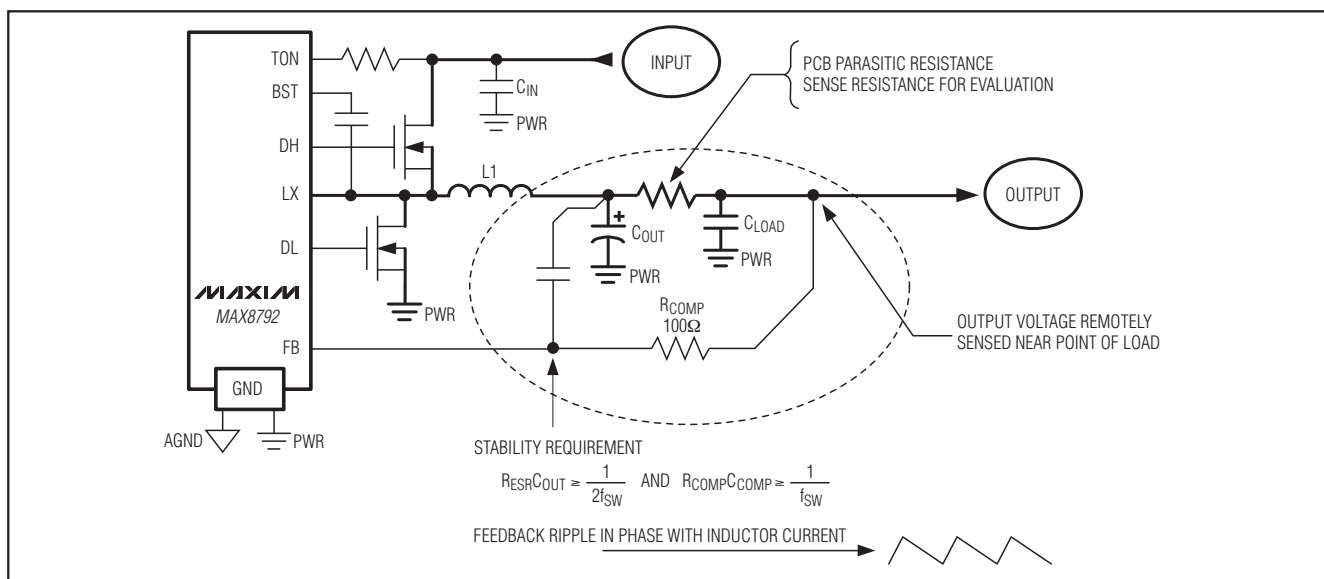


图9. 用于系统稳定和噪声抑制的远端检测补偿

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

陶瓷电容具有较高的ESR零点频率，但是，对于具有足够的检流补偿的设计仍可使用具有小尺寸、低ESR和高可靠性的陶瓷电容。利用电感DCR，使用陶瓷输出电容的设计可以通过直流或交流方式进行补偿(图10)。直流耦合需

要较少的外部补偿电容，但会产生一个与电感DCR (寄生电阻)有关的输出负载线。此外，检流信号也可采用交流耦合，使稳定性仅取决于电感值和补偿元件，消除了直流负载。

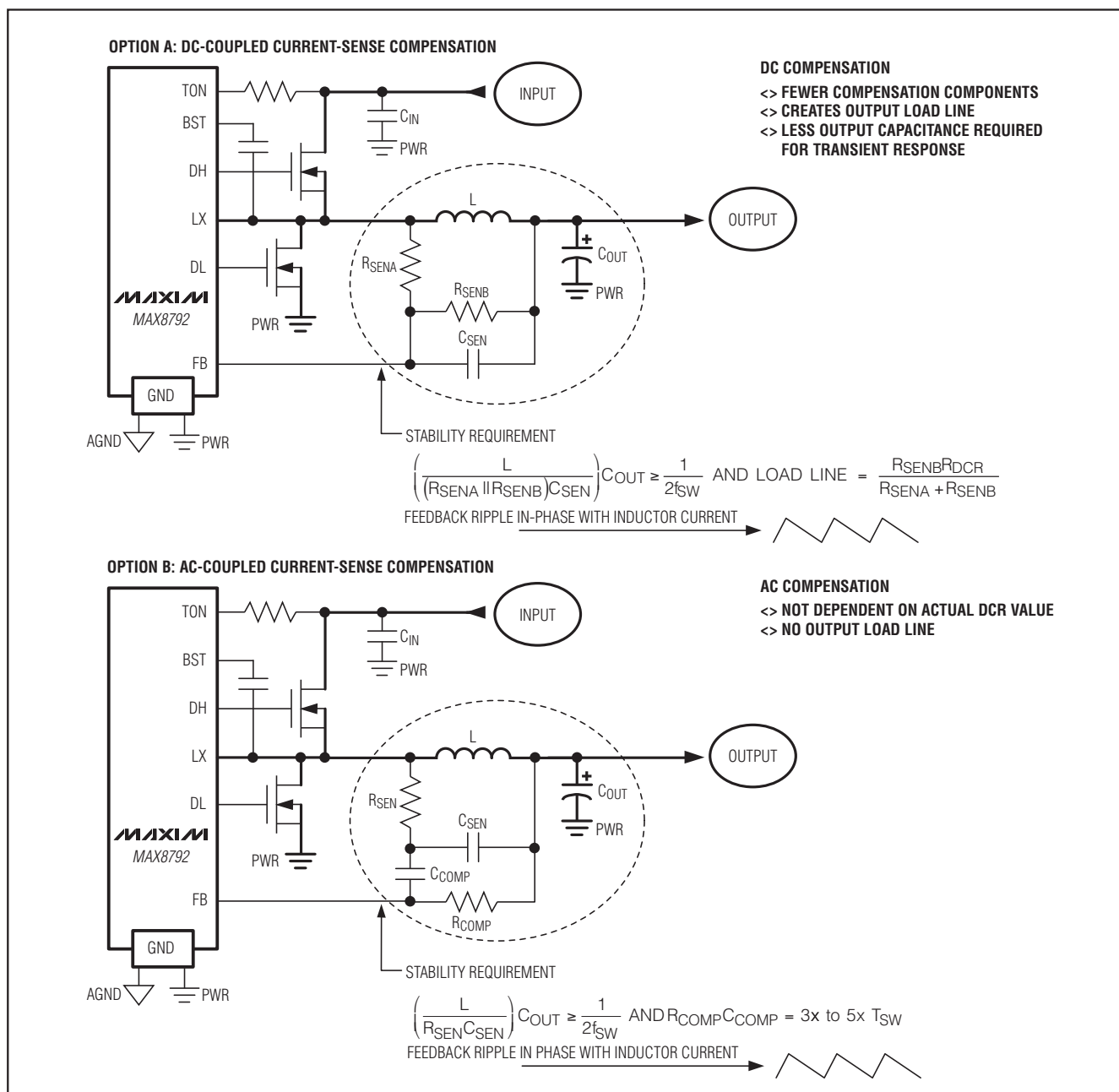


图10. 采用陶瓷输出电容的反馈补偿

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

当输出只采用陶瓷电容时，输出过冲( $V_{SOAR}$ )通常决定了所需要的最小输出电容。从满载向空载跳变时，相对较低的电容值会产生较大的输出过冲，除非选用低值电感和高开关频率，从而在负载阶跃恢复期间使电感传递到电容的能量最小。

不稳定工作表现为两种相关但截然不同的形式：双脉冲和反馈环路不稳定。双脉冲的发生是由于输出的噪声，或者 ESR 太低使输出电压信号中没有足够的斜坡电压。这就“蒙蔽”了误差比较器，使其在最小截止周期结束后立即触发一个新的周期。双脉冲十分恼人但无害，除了增加输出纹波外没有更糟糕的后果。然而，它预示着可能会出现由于 ESR 过低造成的环路不稳定。环路不稳定会导致输入或负载阶跃变化后输出产生振荡。这种振荡通常是阻尼振荡，但也可能会使输出电压超出或低于容限。

检查稳定性最简单的方法是：施加一个快速的零到满负载瞬变，并仔细观察输出电压纹波的包络，检查它的过冲和振铃。同时用一个交流探头监测电感电流也很有帮助。初始阶跃响应引起的上/下冲之后的振铃不应超过一个周期。

### 输入电容选择

输入电容必须满足开关电流所引起的纹波电流( $I_{RMS}$ )要求，可根据以下公式确定  $I_{RMS}$ ：

$$I_{RMS} = \left( \frac{I_{LOAD}}{V_{IN}} \right) \sqrt{V_{OUT}(V_{IN} - V_{OUT})}$$

最差情况下的 RMS 电流出现在  $V_{IN} = 2V_{OUT}$  时。此时，上述公式简化为  $I_{RMS} = 0.5 \times I_{LOAD}$ 。

大多数应用中，可优先考虑选择非钽质电容(陶瓷、铝或 OS-CON)，因为它们对于浪涌电流具有抑制作用，尤其是在输入端串接了机械式开关或连接器的系统中。如果 Quick-PWM 控制器用于两级电源转换系统中的第二级，则输入电容可考虑选用钽电容。无论何种配置，都应保证输入电容在 RMS 输入电流的作用下温升小于 +10°C，以获得更长的工作寿命。

### 功率 MOSFET 选择

以下 MOSFET 选择准则集中讨论从高压(> 20V)交流适配器如何获得高负载电流能力的应用。低电流应用时问题不是很大。

高边 MOSFET ( $N_H$ ) 必须能耗散  $V_{IN(MIN)}$  与  $V_{IN(MAX)}$  下的阻性损耗和开关损耗。下面计算两种损耗之和，理想情况下， $V_{IN(MIN)}$  下的损耗应当与  $V_{IN(MAX)}$  下的损耗大致相等，介于两种情况之间的损耗较低。若  $V_{IN(MIN)}$  下的损耗比  $V_{IN(MAX)}$  下的损耗高很多，可以考虑增大  $N_H$  尺寸(降低  $R_{DS(ON)}$ ，增大  $C_{GATE}$ )。反之，若  $V_{IN(MAX)}$  下的损耗比  $V_{IN(MIN)}$  下的损耗高很多，可以考虑减小  $N_H$  的尺寸(增大  $R_{DS(ON)}$ ，减小  $C_{GATE}$ )。若  $V_{IN}$  的变化范围不大，则阻性损耗与开关损耗相等时功耗最低。

低边 MOSFET 的导通电阻( $R_{DS(ON)}$ )应尽可能低，采用中等尺寸的封装(例如，一或两个 8 引脚 SO、DPAK 或 D<sup>2</sup>PAK)，并且价格合理。应确保 DL 栅极驱动器提供足够的电流支持栅极充电，以及高边 MOSFET 导通时注入的栅-漏寄生电容电流，否则，可能会出现交叉传导问题(参见 MOSFET 栅极驱动器部分)。

### MOSFET 功耗

最差情况下的传导损耗出现在占空比达到极值时。对高边 MOSFET ( $N_H$ )，由电阻引起的最大功耗出现在输入电压最小时：

$$PD(N_H, \text{阻性}) = \left( \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) (I_{LOAD})^2 R_{DS(ON)}$$

一般情况下，为了降低高输入电压下的开关损耗，需要小的高边 MOSFET。但是，封装功耗对  $R_{DS(ON)}$  的要求限制了 MOSFET 的最小尺寸。同样，开关损耗与传导( $R_{DS(ON)}$ )损耗相等时为最佳条件。通常只有在输入超过 15V 时，高边开关的开关损耗才会成为一个显著问题。

计算由开关损耗引起的高边 MOSFET ( $N_H$ ) 的功耗比较困难，因为它涉及到一些难以量化的、影响导通和关断时间的因素。这些因素包括内部栅极电阻、栅极电荷、阈值

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

电压、源极电感以及 PCB 布局等特性。以下开关损耗计算仅提供粗略估计，不能替代电路试验板的评估，最好在  $N_H$  上安装热电偶进行验证：

$$PD(N_H, \text{开关}) = V_{IN(MAX)} I_{LOAD} f_{SW} \left( \frac{Q_{G(SW)}}{I_{GATE}} \right) + \frac{C_{OSS} V_{IN}^2 f_{SW}}{2}$$

其中， $C_{OSS}$  是  $N_H$  MOSFET 的输出电容、 $Q_{G(SW)}$  是开启  $N_H$  MOSFET 所需的电荷、 $I_{GATE}$  是栅极驱动源出/吸入的峰值电流(典型值为 2.2A)。

当交流适配器电压最大时，由于开关损耗： $C \times V_{IN}^2 \times f_{SW}$  中平方项的关系，高边 MOSFET 的开关损耗可能会带来严重的发热问题。如果具有适当  $R_{DS(ON)}$  的高边 MOSFET 在低电池电压下(偏置在  $V_{IN(MAX)}$ )变得非常热，则应考虑选择其它寄生电容较低的 MOSFET。

对低边 MOSFET ( $N_L$ ) 而言，最大功耗总出现在输入电压为最大值时：

$$PD(N_L, \text{阻性}) = \left[ 1 - \left( \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \right] (I_{LOAD})^2 R_{DS(ON)}$$

MOSFET 的最大功耗发生在严重过载情况下，此时负载电流大于  $I_{LOAD(MAX)}$ ，但还未超出电流上限，并且未触发故障锁存器。为保证这种情况下的安全性，应采用“裕量设计”来增加电路的容限：

$$I_{LOAD} = I_{VALLEY(MAX)} + \frac{\Delta I_L}{2} \\ = I_{VALLEY(MAX)} + \left( \frac{I_{LOAD(MAX)} L I_R}{2} \right)$$

其中， $I_{VALLEY(MAX)}$  为限流电路允许的最大谷电流，包括门限容差和导通电阻的误差。MOSFET 必须具有足够的散热能力以处理过载情况下的功率耗散。

选择一只正向压降足够低的肖特基二极管( $D_L$ )，以防止低边 MOSFET 体二极管在死区时间内导通。此外，选择一个能够应对死区时间内负载电流的二极管，该二极管是可选的，效率要求不高时可以去掉。

### 自举电容

自举电容( $C_{BST}$ )必须足够大，以满足高边 MOSFET 栅极充电的需求。通常，在驱动中等尺寸 MOSFET 的低功耗应用中，0.1  $\mu F$  陶瓷电容即可很好工作。不过，在大电流应用中，需要大于 0.1  $\mu F$  的自举电容来驱动大的高边 MOSFET。在这些应用中，为避免高边 MOSFET 栅极充电过程中的电容放电超过 200mV，应按下式选择自举电容：

$$C_{BST} = \frac{N \times Q_{GATE}}{200mV}$$

其中， $N$  是每个调节器使用的高边 MOSFET 的数量； $Q_{GATE}$  是 MOSFET 数据资料中给出的栅极电荷。例如，假定在高边使用了两个 IRF7811W n 沟道 MOSFET，根据制造商的数据资料，单个 IRF7811W 的栅极电荷最大值为 24nC ( $V_{GS} = 5V$ )。使用上式，所需自举电容为：

$$C_{BST} = \frac{2 \times 24nC}{200mV} = 0.24\mu F$$

选择最接近的标准电容，本例中需要一个 0.22  $\mu F$  的陶瓷电容。

### 最低输入电压要求及压差性能

不可调节的最小关断时间单稳态限制了连续传导工作模式下的输出电压调节范围。为获得最佳压差性能，可以选择较低的导通时间设置(200kHz)。在低输入电压下工作时，必须利用最差工作条件下的导通和截止时间来计算占空比限制。生产容差和内部传输延迟为导通时间引入了误差，频率较高时该误差较大。另外，buck 调节器工作在接近最低压差时，瞬态响应很差，必须增加大容量输出电容(参见 Quick-PWM 设计步骤部分中的  $V_{SAG}$  公式)。

压差的极限出现在电感电流在最短截止时间内的下降量( $\Delta I_{DOWN}$ )等于它在导通时间内的上升量( $\Delta I_{UP}$ )时。比值  $h = \Delta I_{UP} / \Delta I_{DOWN}$  可作为表示负载增加时电感电流提升能力的指标，它应该始终大于 1。 $h$  接近 1 时，对应于绝对最小压差点，电感电流无法在每个开关周期增加更多，除非使用额外的输出电容，否则  $V_{SAG}$  将大大上升。

## 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

合理的  $h$  最小值为 1.5，但可以上下调节，以权衡  $V_{SAG}$ 、输出电容和最小工作电压。给定  $h$  值时，根据以下公式计算最小工作电压：

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{FB}(V_{OUT} - V_{DROOP} + V_{CHG})}{V_{FB} - h(V_{OUT} - V_{DROOP} + V_{DIS})t_{OFF(MIN)}f_{SW}}$$

其中， $V_{FB}$  是反馈电压、 $V_{CHG}$  和  $V_{DIS}$  是充电和放电电路的寄生压降、 $V_{DROOP}$  是电压定位下降量、 $t_{OFF(MIN)}$  取自 *Electrical Characteristics* 表。根据  $h = 1$  计算出绝对最小输入电压。

如果计算得到的  $V_{IN(MIN)}$  大于所要求的最小输入电压，则应降低工作频率或增大输出电容，以得到可接受的  $V_{SAG}$ 。若预期会在最小压差附近工作，则应计算  $V_{SAG}$  以便确保适当的瞬态响应。

压差设计举例：

$$V_{FB} = 2V$$

$$V_{OUT} = 3.3V$$

$$f_{SW} = 300kHz$$

$$t_{OFF(MIN)} = 350ns$$

$$\text{无跌落/负载线}(V_{DROOP} = 0)$$

$$V_{CHG} \text{ 和 } V_{DIS} = 150mV \text{ (10A 负载)}$$

$$h = 1.5:$$

$$V_{IN(MIN)} = \left[ \frac{2V(3.3V - 0V + 0.15V)}{2V - 1.5 \times (3.3V - 0V + 0.15V) \times 350ns \times 300kHz} \right] = 4.74V$$

再次根据  $h = 1$  进行计算，得到压差的绝对极限：

$$V_{IN(MIN)} = \left[ \frac{2V(3.3V - 0V + 0.15V)}{2V - 1 \times (3.3V - 0V + 0.15V) \times 350ns \times 300kHz} \right] = 4.21V$$

因此，即使输出电容非常大， $V_{IN}$  也必须大于 4.21V，如果采用合理的输出电容，实际输入电压应为 4.74V。

### 应用信息

#### PCB 布局指南

合理的 PCB 布局对实现低开关损耗和低噪、稳定的工作非常重要。在处理开关功率级电路时需要特别注意。可能的话，应将所有功率元件安装在电路板的顶层，并使它们的接地端彼此靠近。良好的 PCB 布局应遵守以下准则：

- 1) 大电流通路应尽可能短，特别是接地端。这对于实现稳定、无抖动工作非常重要。
- 2) 将所有模拟地接至一个单独的覆铜层，该层连接至 Quick-PWM 控制器的 GND 引脚。其中包括  $V_{CC}$  旁路电容、REF 旁路电容、REFIN 元件和反馈补偿/分压网络的接地端。
- 3) 电源引线和负载线应尽可能短，这对于提高效率至关重要。采用较厚的覆铜 PCB (2oz 比 1oz) 可使满载效率提高 1% 甚至更多。正确的 PCB 布线是一项非常艰巨的任务，密集程度在几分之一厘米以内， $m\Omega$  级的引线电阻就会造成不容忽视的效率损失。
- 4) 大电流栅极驱动器的引线(DL、DH、LX 和 BST)要尽量短而宽，尽可能减小引线电阻和电感。这对于要求低阻抗栅极驱动，以防止产生穿通电流的大功率 MOSFET 尤其重要。
- 5) 如果不得不延长引线长度，应优先考虑延长电感充电通路的长度，而不是放电通路。例如，宁可延长输入电容和高边 MOSFET 间的距离，也不要延长电感和低边 MOSFET 或者电感和输出滤波电容之间的距离。
- 6) 高速开关节点应远离敏感的模拟区域(REF、REFIN、FB 和 ILIM)。

#### 布局步骤

- 1) 首先放置功率器件，并使它们的接地端(低边 MOSFET 源极、 $C_{IN}$ 、 $C_{OUT}$  和 D1 阳极)互相靠近。如有可能，将这些连接安排在顶层，采用大面积敷铜。
- 2) 控制器 IC 应靠近低边 MOSFET 放置。DL 栅极引线必须短而宽(如果 MOSFET 距离控制器 IC 1 英寸，则线宽应为 50mil 至 100mil)。
- 3) 将栅极驱动元件(BST 电容、 $V_{DD}$  旁路电容)靠近控制器 IC 集中放置。
- 4) DC-DC 控制器的接地如标准应用电路所示。该图可被视作有 3 个独立的地平面：所有大功率元件的输入/输出地；连接 PGND 引脚和  $V_{DD}$  旁路电容的功率地；连接敏感模拟元件、GND 引脚和  $V_{CC}$  旁路电容的控制器模拟地平面。模拟 GND 平面必须与 PGND 平面仅在 IC 下方单点直接连接。应通过 PGND 到低边 MOSFET 源极的短金属走线连接至大功率输出地。该点还应非常靠近输出电容接地端。

# 单路 Quick-PWM 降压型控制器， 提供动态 REFIN

MAX8792

- 5) 用多个过孔直接将输出功率层( $V_{OUT}$ 和系统地平面)连至输出滤波电容的正、负端。根据实际经验，整个DC-DC转换器电路应尽量靠近负载放置。

芯片信息  
PROCESS: BiCMOS

封装信息  
如需最近的封装外形信息和焊盘布局，请查询 [china.maxim-ic.com/packages](http://china.maxim-ic.com/packages)。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

| 封装类型       | 封装编码    | 文档编号                    |
|------------|---------|-------------------------|
| 14 TDFN-EP | T1433-1 | <a href="#">21-0137</a> |

单路Quick-PWM降压型  
控制器，提供动态REFIN

修订历史

| 修订号 | 修订日期 | 说明                       | 修改页                                            |
|-----|------|--------------------------|------------------------------------------------|
| 0   | 1/07 | 最初版本。                    | —                                              |
| 1   | 2/10 | 按数据资料的最新要求进行了更新，并更新了图10。 | 1, 2, 7–10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 27 |

Maxim北京办事处

北京 8328信箱 邮政编码 100083  
免费电话：800 810 0310  
电话：010-6211 5199  
传真：010-6211 5299