

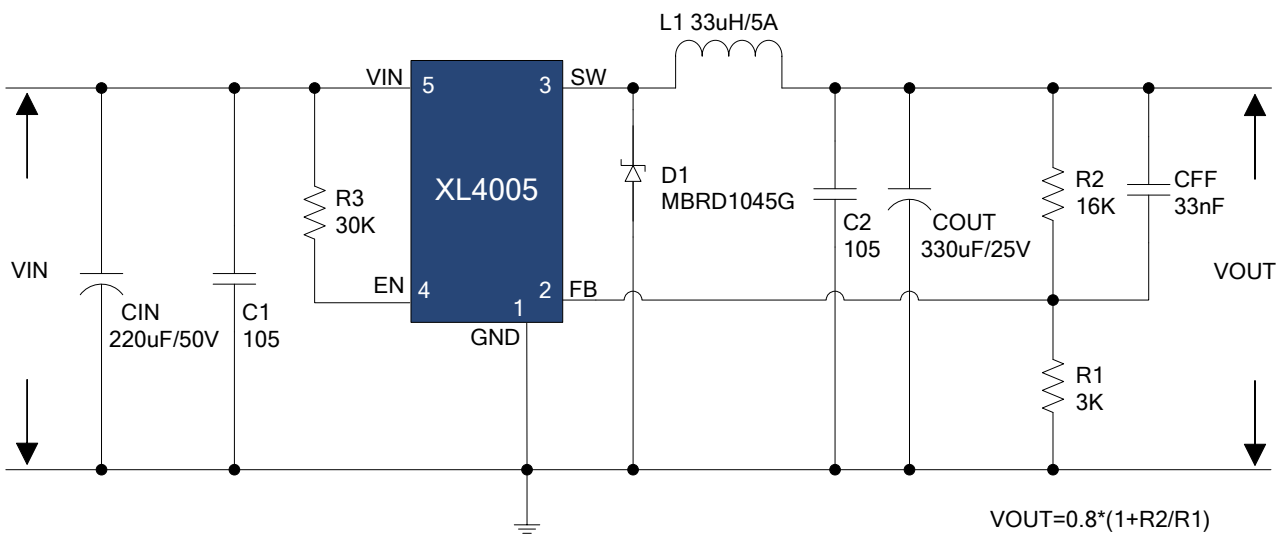
描述

221002A01 是为产品 XL4005 制作的演示板, 用于 DC8V~32V 输入, 输出电压 5V, 输出电流 5A 的降压恒压应用演示, 最高转换效率可以达到 93%。

XL4005 是开关降压型 DC-DC 转换芯片; 固定开关频率 300KHz, 可减小外部元器件尺寸, 方便 EMC 设计。芯片具有出色的线性调整率与负载调整率, 输出电压支持 0.8V~30V 间任意调节。芯片内部集成过流保护、过温保护、短路保护等可靠性模块。

XL4005 为标准 TO263-5L 封装, 集成度高, 外围器件少, 应用灵活。

DEMO 原理图



引脚介绍

| 引脚号 | 引脚名称 | 引脚描述 |
|-----|------|------------------------------------------------------|
| 1 | GND | 接地引脚 |
| 2 | FB | 反馈引脚, 通过外部电阻分压网络, 检测输出电压进行调整 |
| 3 | SW | 功率输出 |
| 4 | EN | 使能引脚, 低电平关机, 高电平工作 |
| 5 | VIN | 输入电压, 支持 DC5V~32V 宽范围电压操作, 需要在 VIN 与 GND 之间并联电容以消除噪声 |

物料清单

| 序号 | 数量 | 参考位号 | 说明 | 生产商型号 | 生产商 |
|----|----|-------|-----------------------------------------|-----------------|---------|
| 1 | 2 | C1,C2 | 1uF,50V,Ceramic,X7R,0805 | C2012X7R1H105K | TDK |
| 2 | 1 | CFF | 33nF,50V,Ceramic,X7R,0603 | C1608X7R1H333K | TDK |
| 3 | 1 | CIN | 220uF,50V,Electrolytic,(10*16) | YXJ-50V-220uF | Rubycon |
| 4 | 1 | COUT | 330uF,25V,Electrolytic,(10*12.5) | YXJ-25V-330uF | Rubycon |
| 5 | 1 | D1 | 45V,10A,Schottky Barrier Rectifier,DPAK | MBRD1045G | ONSEMI |
| 6 | 1 | L1 | 33uH,5A,(24*10) | | |
| 7 | 1 | R1 | 3K Ω ,1%,1/16W,Thick Film,0603 | RC0603XR-073001 | Yageo |
| 8 | 1 | R2 | 16K Ω ,1%,1/16W,Thick Film,0603 | RC0603XR-071602 | Yageo |
| 9 | 1 | R3 | 30K Ω ,1%,1/16W,Thick Film,0603 | RC0603XR-073002 | Yageo |
| 10 | 1 | U1 | 32V,5A,BUCK,DC-DC Converter,TO263-5L | XL4005 | XLSEMI |

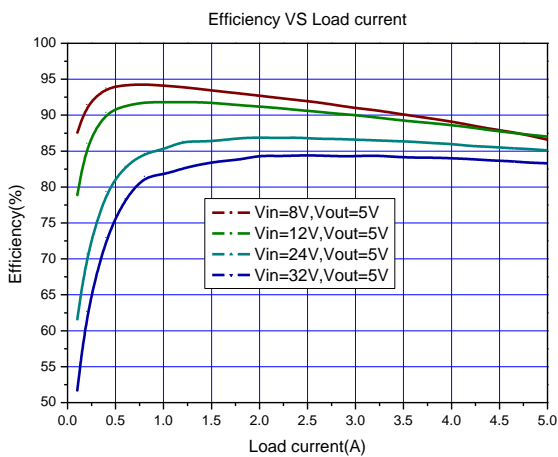
性能测试

转换效率

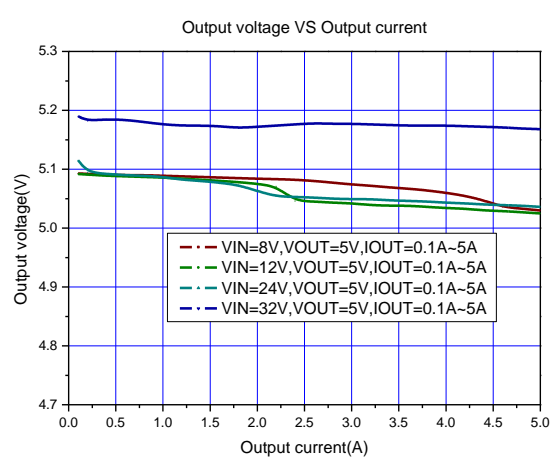
| VIN=8V | | | | | VIN=12V | | | | |
|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|
| VIN(V) | IIN(A) | VOUT(V) | IOUT(A) | EFF(%) | VIN(V) | IIN(A) | VOUT(V) | IOUT(A) | EFF(%) |
| 8.194 | 0.071 | 5.093 | 0.1 | 87.5 | 12.194 | 0.053 | 5.092 | 0.1 | 78.8 |
| 8.184 | 0.136 | 5.092 | 0.2 | 91.5 | 12.185 | 0.097 | 5.091 | 0.2 | 86.1 |
| 8.163 | 0.266 | 5.091 | 0.4 | 93.8 | 12.169 | 0.185 | 5.089 | 0.4 | 90.4 |
| 8.142 | 0.398 | 5.090 | 0.6 | 94.2 | 12.154 | 0.275 | 5.088 | 0.6 | 91.3 |
| 8.121 | 0.532 | 5.090 | 0.8 | 94.3 | 12.139 | 0.365 | 5.087 | 0.8 | 91.8 |
| 8.099 | 0.668 | 5.089 | 1.0 | 94.1 | 12.125 | 0.457 | 5.086 | 1.0 | 91.8 |
| 8.177 | 0.795 | 5.088 | 1.2 | 93.9 | 12.108 | 0.549 | 5.084 | 1.2 | 91.8 |
| 8.155 | 0.933 | 5.087 | 1.4 | 93.6 | 12.092 | 0.641 | 5.082 | 1.4 | 91.8 |
| 8.133 | 1.072 | 5.086 | 1.6 | 93.3 | 12.077 | 0.735 | 5.080 | 1.6 | 91.6 |
| 8.110 | 1.213 | 5.085 | 1.8 | 93.0 | 12.066 | 0.829 | 5.078 | 1.8 | 91.4 |
| 8.087 | 1.356 | 5.084 | 2.0 | 92.7 | 12.055 | 0.923 | 5.075 | 2.0 | 91.2 |
| 8.063 | 1.501 | 5.083 | 2.2 | 92.4 | 12.041 | 1.018 | 5.071 | 2.2 | 91.0 |
| 8.040 | 1.647 | 5.082 | 2.4 | 92.1 | 12.027 | 1.110 | 5.046 | 2.4 | 90.7 |
| 8.015 | 1.795 | 5.080 | 2.6 | 91.8 | 12.011 | 1.207 | 5.045 | 2.6 | 90.5 |
| 8.088 | 1.924 | 5.077 | 2.8 | 91.4 | 12.094 | 1.294 | 5.043 | 2.8 | 90.2 |
| 8.064 | 2.074 | 5.074 | 3.0 | 91.0 | 12.079 | 1.392 | 5.042 | 3.0 | 90.0 |
| 8.139 | 2.199 | 5.072 | 3.2 | 90.7 | 12.064 | 1.490 | 5.039 | 3.2 | 89.7 |
| 8.114 | 2.352 | 5.069 | 3.4 | 90.3 | 12.048 | 1.590 | 5.038 | 3.4 | 89.4 |
| 8.089 | 2.508 | 5.067 | 3.6 | 89.9 | 12.026 | 1.692 | 5.038 | 3.6 | 89.1 |
| 8.064 | 2.666 | 5.064 | 3.8 | 89.5 | 12.010 | 1.793 | 5.036 | 3.8 | 88.9 |
| 8.042 | 2.825 | 5.060 | 4.0 | 89.1 | 12.099 | 1.879 | 5.034 | 4.0 | 88.6 |
| 8.017 | 2.988 | 5.055 | 4.2 | 88.6 | 12.082 | 1.982 | 5.033 | 4.2 | 88.3 |
| 7.943 | 3.172 | 5.047 | 4.4 | 88.1 | 12.065 | 2.086 | 5.030 | 4.4 | 87.9 |
| 7.914 | 3.338 | 5.036 | 4.6 | 87.7 | 12.048 | 2.191 | 5.029 | 4.6 | 87.6 |
| 8.002 | 3.464 | 5.033 | 4.8 | 87.2 | 12.030 | 2.298 | 5.027 | 4.8 | 87.3 |
| 8.087 | 3.590 | 5.030 | 5.0 | 86.6 | 12.013 | 2.405 | 5.025 | 5.0 | 87.0 |

| VIN=24V | | | | | VIN=32V | | | | |
|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|
| VIN(V) | IIN(A) | VOUT(V) | IOUT(A) | EFF(%) | VIN(V) | IIN(A) | VOUT(V) | IOUT(A) | EFF(%) |
| 24.45 | 0.034 | 5.115 | 0.1 | 61.5 | 32.42 | 0.031 | 5.190 | 0.1 | 51.6 |
| 24.44 | 0.059 | 5.095 | 0.2 | 70.7 | 32.41 | 0.051 | 5.182 | 0.2 | 62.7 |
| 24.42 | 0.105 | 5.092 | 0.4 | 79.4 | 32.29 | 0.088 | 5.185 | 0.4 | 73.0 |
| 24.41 | 0.151 | 5.090 | 0.6 | 82.9 | 32.24 | 0.123 | 5.184 | 0.6 | 78.4 |
| 24.39 | 0.197 | 5.089 | 0.8 | 84.7 | 32.19 | 0.158 | 5.180 | 0.8 | 81.5 |
| 24.38 | 0.245 | 5.087 | 1.0 | 85.2 | 32.15 | 0.197 | 5.176 | 1.0 | 81.7 |
| 24.35 | 0.290 | 5.082 | 1.2 | 86.4 | 32.12 | 0.234 | 5.174 | 1.2 | 82.6 |
| 24.32 | 0.339 | 5.080 | 1.4 | 86.3 | 32.26 | 0.270 | 5.174 | 1.4 | 83.2 |
| 24.32 | 0.386 | 5.077 | 1.6 | 86.5 | 32.23 | 0.307 | 5.173 | 1.6 | 83.6 |
| 24.30 | 0.433 | 5.073 | 1.8 | 86.8 | 32.19 | 0.345 | 5.170 | 1.8 | 83.8 |
| 24.28 | 0.480 | 5.063 | 2.0 | 86.9 | 32.01 | 0.383 | 5.172 | 2.0 | 84.4 |
| 24.27 | 0.528 | 5.054 | 2.2 | 86.8 | 32.00 | 0.422 | 5.174 | 2.2 | 84.3 |
| 24.24 | 0.576 | 5.053 | 2.4 | 86.9 | 32.29 | 0.456 | 5.176 | 2.4 | 84.4 |
| 24.23 | 0.625 | 5.052 | 2.6 | 86.7 | 32.28 | 0.494 | 5.178 | 2.6 | 84.4 |
| 24.20 | 0.674 | 5.050 | 2.8 | 86.7 | 32.27 | 0.533 | 5.177 | 2.8 | 84.3 |
| 24.18 | 0.723 | 5.049 | 3.0 | 86.6 | 32.25 | 0.571 | 5.177 | 3.0 | 84.3 |
| 24.16 | 0.773 | 5.049 | 3.2 | 86.5 | 32.24 | 0.609 | 5.176 | 3.2 | 84.4 |
| 24.14 | 0.823 | 5.047 | 3.4 | 86.4 | 32.23 | 0.648 | 5.175 | 3.4 | 84.2 |
| 24.12 | 0.873 | 5.046 | 3.6 | 86.3 | 32.22 | 0.687 | 5.174 | 3.6 | 84.1 |
| 24.10 | 0.924 | 5.045 | 3.8 | 86.1 | 32.20 | 0.726 | 5.174 | 3.8 | 84.1 |
| 24.07 | 0.975 | 5.043 | 4.0 | 86.0 | 32.19 | 0.765 | 5.174 | 4.0 | 84.0 |
| 24.06 | 1.027 | 5.042 | 4.2 | 85.7 | 32.18 | 0.805 | 5.173 | 4.2 | 83.9 |
| 24.06 | 1.077 | 5.040 | 4.4 | 85.6 | 32.16 | 0.845 | 5.172 | 4.4 | 83.7 |
| 24.07 | 1.128 | 5.039 | 4.6 | 85.4 | 32.15 | 0.885 | 5.171 | 4.6 | 83.6 |
| 24.08 | 1.178 | 5.038 | 4.8 | 85.3 | 32.14 | 0.926 | 5.169 | 4.8 | 83.4 |
| 24.08 | 1.229 | 5.036 | 5.0 | 85.1 | 32.12 | 0.966 | 5.168 | 5.0 | 83.3 |

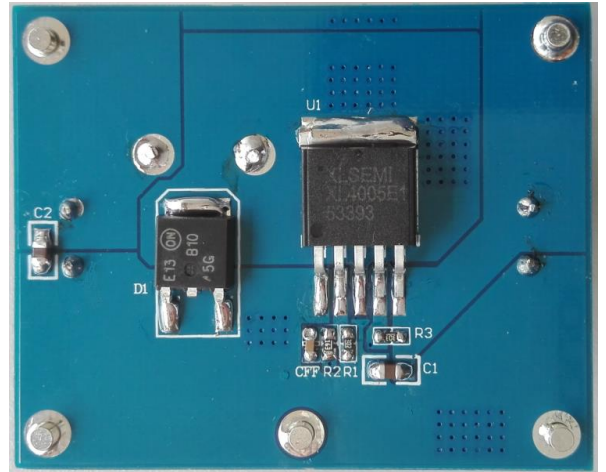
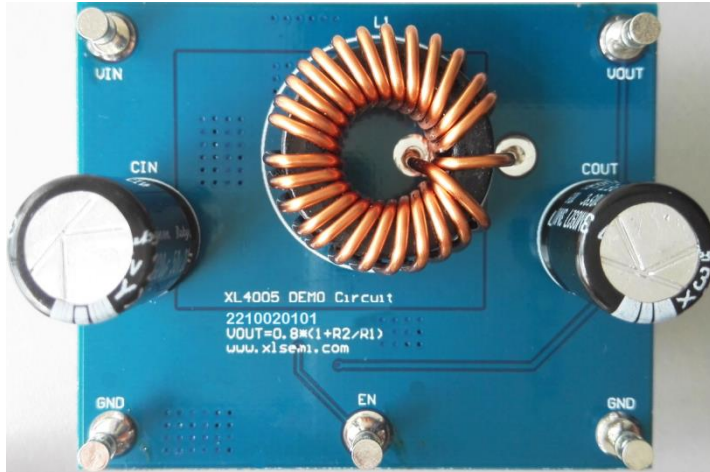
转换效率:



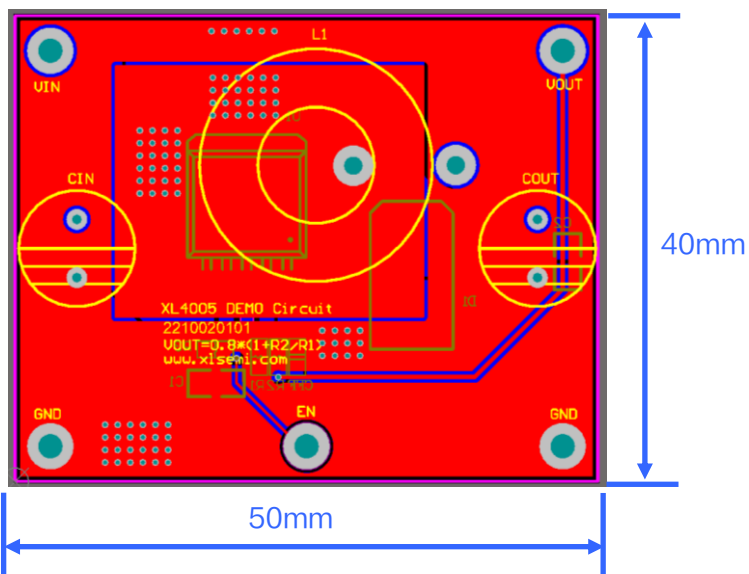
线性调整率与负载调整率:



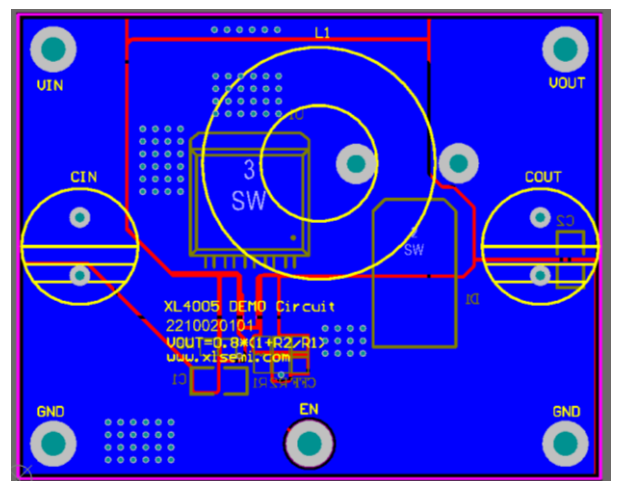
DEMO 实物图



PCB 布局



顶层



底层

应用信息

输入电容选择

在连续模式中, 转换器的输入电流是一组占空比约为 V_{OUT}/V_{IN} 的方波。为了防止大的瞬态电压, 必须采用针对最大 RMS 电流要求而选择低 ESR(等效串联电阻)输入电容器。对于大多数的应用, 1 个 10uF 的输入电容器就足够了, 它的放置位置尽可能靠近 XL4005 的位置上。最大 RMS 电容器电流由下式给出:

$$I_{RMS} \approx I_{MAX} * \frac{\sqrt{V_{OUT}(V_{IN}-V_{OUT})}}{V_{IN}}$$

其中, 最大平均输出电流 I_{MAX} 等于峰值电流与 1/2 峰值纹波电流之差, 即 $I_{MAX} = I_{LIM} - \Delta I_L / 2$ 。在未使用陶瓷电容器时, 还建议在输入电容上增加一个 0.1uF 至 1uF 的陶瓷电容器以进行高频去耦。

输出电容选择

在输出端应选择低 ESR 电容以减小输出纹波电压, 一般来说, 一旦电容 ESR 得到满足, 电容就足以满足需求。任何电容器的 ESR 连同其自身容量将为系统产生一个零点, ESR 值越大, 零点位于的频率段越低, 而陶瓷电容的零点处于一个较高的频率上, 通常可以忽略, 是一种上佳的选择, 但与电解电容相比, 大容量、高耐压陶瓷电容会体积较大, 成本较高, 因此使用 0.1uF 至 1uF 的陶瓷电容与低 ESR 电解电容结合使用是不错的选择。

输出电压纹波由下式决定:

$$\Delta V_{OUT} \approx \Delta I_L * \left(ESR + \frac{1}{8 * F * C_{OUT}} \right)$$

式中的 F: 开关频率, C_{OUT} : 输出电容, ΔI_L : 电感器中的纹波电流。

电感选择

虽然电感器并不影响工作频率, 但电感值却对纹波电流有着直接的影响, 电感纹波电流 ΔI_L 随着电感值的增加而减小, 并随着 V_{IN} 和 V_{OUT} 的升高而增加。用于设定纹波电流的一个合理起始点为 $\Delta I_L = 0.3 * I_{LIM}$, 其中 I_{LIM} 为峰值开关电流限值。为了保证纹波电流处于一个规定的最大值以下, 应按下式来选择电感值:

$$L = \frac{V_{OUT}}{F * \Delta I_L} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}(MAX)} \right)$$

续流二极管

续流二极管建议使用肖特基二极管, 比如 MBRD1045G。它的额定值为平均正向电流 10A 和反向电压 45V。5A 电流下典型正向电压为 0.51V。该二极管仅在开关关断期间有电流流过。峰值反向电压等于稳压器的输入电压。在正常工作时平均正向电流可计算如下:

$$I_{D(AVG)} = \frac{I_{OUT}(V_{IN}-V_{OUT})}{V_{IN}}$$

典型应用器件快速选择表

| 输出电压/电流 | CIN | L1 | D1 | R1 | R2 | COUT |
|---------|-----------------|---------------|-----------|----|-----|-----------------|
| 5V/3A | 47 μ F/50V | 33 μ H/4A | B540C | 3K | 16K | 220 μ F/16V |
| 5V/4A | 100 μ F/50V | 33 μ H/5A | MBRD1045G | 3K | 16K | 220 μ F/16V |
| 5V/5A | 220 μ F/50V | 33 μ H/6A | MBRD1045G | 3K | 16K | 330 μ F/16V |

PCB 布局指南

1. V_{IN} 、GND、SW、 V_{OUT} 等功率线, 粗、短、直;
2. FB 走线远离电感与肖特基等开关信号地方, 建议使用地线包围;
3. 输入陶瓷电容靠近芯片 V_{IN} 与 GND 引脚, 电解电容正极靠近芯片 V_{IN} 引脚, 负极靠近肖特基阳极。