

EVM User's Guide: LMG1020EVM-006

使用 LMG1020EVM-006



Alberto Doronzo, Daniel Ruiz

1 简介

LMG1020 器件是一款单通道低侧驱动器，专为驱动高频率应用（包括激光雷达、飞行时间、面部识别和任何涉及低侧驱动器的电源转换器）中的 GaN FET 和逻辑电平 MOSFET 而设计。LMG1020EVM-006 设计用于评估 LMG1020。此 EVM 包含一个由一个 LMG1020 驱动的氮化镓 (GaN) 增强型 FET，GaN FET 的漏极连接到一个未组装的电阻负载，该负载代表了适用于激光雷达（光检测和测距）应用的典型激光二极管负载。

该用户指南显示了电路和物料清单，其中描述了如何为电路板供电以及如何配置电路板。EVM 旨在加速 LMG1020 的评估。

此 EVM 并不用作独立产品，而是用于评估 LMG1020 的开关性能。

本用户指南介绍了 EVM 的正确操作和测量，以及 EVM 的结构和典型性能。

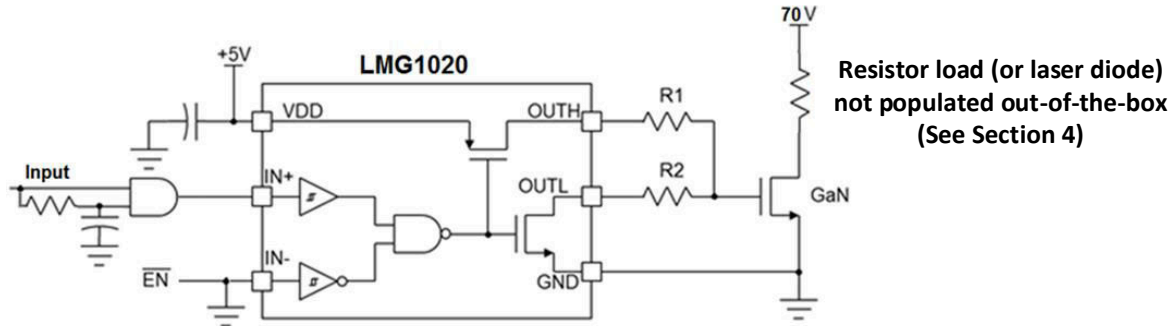
2 说明

LMG1020EVM-006 是一种易于使用的小型功率级，上面可以安装电阻负载（代表典型激光二极管负载）和激光二极管。节 6 介绍了设置开箱即用型电路板并适应电阻负载的程序。未安装电阻负载将有助于在安装激光二极管并为其加电之前实现应用所需的脉冲。EVM 采用可进行缓冲（和缩短）或直接传递到功率级的短脉冲输入。

输入脉冲信号用于对流经负载（未安装开箱即用负载）的电流施加脉冲，以实现 1ns 至 2ns 宽电流脉冲，这是 LiDAR 系统的高标准目标。

EVM 具有一个 LMG1020，驱动以接地为基准的单个 EPC2019 FET，且漏极连接到未安装的电阻负载。

该电路板有一个可以安装电阻负载的位置，以及可以安装选择激光二极管的较大焊盘。负载（安装后）在两个电流环路之间进行分配，以降低有效电感。



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

图 2-1. 采用 LMG1020 的 LiDAR 功率级

该功率级能够在占空比 ~0.1% 和最高频率为 2MHz 的情况下向负载（安装后）提供高达 40A 的电流。它包括足够的热管理（应监控外壳温度并确保气流充足）。

2.1 典型应用

LMG1020 适用于可能需要纳秒脉冲宽度的高频应用。极短脉冲能力和短传播延迟可实现出色的解决方案。

典型应用包括：

- 激光雷达功率级
- 无线电源
- VHF 转换器

小心

无论何时评估模块通电后都会出现高压电平。在使用 EVM 时必须采取适当的预防措施。

2.2 特性

LMG1020 具有以下特性和规格：

- 用于 5V 驱动 GaN 和硅质 FET 的单个低侧超快速驱动器
- 5V 单电源
- 施密特触发型 CMOS 输入，可确保稳定性
- 传播延迟：2.5ns（典型值），4.5ns（最大值）
- 典型上升/下降时间为 400ps
- UVLO 和过热保护
- 最小封装 0.8 x 1.2 WCSP，可最大限度降低栅极环路电感及提高功率密度

LMG1020EVM 还包含 SN74LVC1G08，这是一个单路 2 输入正与门，具有以下特性：

- LMG1020 输入缓冲器

- 用于通过在与门的一个输入端使用 R-C 滤波器来缩短输入脉冲宽度 (图 10-1)
- 在 R3 上增加一个 $0\ \Omega$ 电阻器并取下 R10 来断开与门输出，从而绕过缓冲器。

EVM 还具有低 ESL，0.47 μ F 馈通式电容器 (图 7-1 中的 C4)

- 馈通式结构缩短了与 GND 的距离，并实现了低 ESL
- 低 ESL 可防止 VDD 上出现振铃 (建议最大值为 5.4V)
- 可以替换为一个尽可能靠近引脚的 0201 电容器

3 通用 TI 高压评估用户安全指南



始终遵循 TI 的设置和应用说明，包括在建议的电气额定电压和功率限制范围内使用所有接口元件。务必采取电气安全防护措施，这有助于确保自身和周围人员的人身安全。如需了解更多信息，请联系 TI 的产品信息中心，网址为 <http://support.ti.com>。

备注

保存所有警告和说明以供将来参考。

务必遵循警告和说明，否则可能引发电击和灼伤危险，进而造成财产损失或人员伤亡。

术语 TI HV EVM 是指通常以开放式框架、敞开式 PCB (印刷电路板) 装配形式提供的电子器件。该器件严格用于开发实验室环境，仅供了解开发和应用高压电路相关电气安全风险且接受过专门培训、具有专业知识背景的合格专业用户使用。德州仪器 (TI) 严禁将其用于任何其他用途或应用。如果不满足合格要求，应立即停止进一步使用 HV EVM。

• 工作区安全：

- 保持工作区整洁有序。
- 每次电路通电时，必须有合格的观察员在场监督。
- TI HV EVM 及其接口电子元件通电区域必须设有有效的防护栏和标识；指示可能存在高压操作，以避免意外接触。
- 超过 50VRMS/75VDC 的开发环境中使用的所有接口电路、电源、评估模块、仪器、仪表、示波器和其他相关装置必须置于受电气保护的紧急断电 (EPO) 电源板内。
- 使用稳定且不导电的工作台面。
- 使用充分绝缘的夹钳和导线来连接测量探针和仪器。尽量不要徒手进行测试。

• 电气安全：

- 作为一项预防措施，工程实践中通常需假定整个 EVM 可能存在用户可完全接触到的高电压。
- 在执行任何电气测量或其他诊断测量之前，需断开 TI HV EVM 及其全部输入、输出和电气负载。确认 TI HV EVM 已安全断电。
- 确认 EVM 断电后，继续进行所需的电路配置、接线、测量设备连接和其他应用需求，同时仍假定 EVM 电路和测量仪器均带电。
- EVM 准备就绪后，根据需要将 EVM 通电。

警告

EVM 通电后，切勿触摸 EVM 或其电路，它们可能存在高压，会造成触电危险。

• 人身安全：

- 穿戴人员防护装备 (例如乳胶手套和具有侧护罩的安全眼镜) 或者用带有互锁机构的足够透明的塑料箱装好 EVM，避免意外接触。

• 安全使用限制条件：

- 勿将 EVM 作为整体或部分生产单元使用。

4 安全性和预防措施

该 EVM 设计用于经过适当技术培训的专业人员，旨在交流电源或高压直流电源下操作。在操作此 EVM 之前，请阅读此用户指南和此 EVM 封装随附的安全相关文档。



小心

请勿在无人照看的情况下使该 EVM 通电。



警告

表面高温！接触可致烫伤。请勿触摸！



警告

高压！将电路板连接到火线时可能会触电。电路板必须由专业人员小心处理。
为安全起见，强烈建议使用具有过压和过流保护功能的隔离式测试设备。

5 电气性能规格

表 5-1. LMG1020EVM 电气性能规格

| 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------|------------------|-----|-----|-------------------|-----|
| 输入和输出特性 | | | | | |
| 输入电压 | | 0 | | 75 ⁽¹⁾ | VDC |
| 输入电流 | | 0 | | 0.1 | A |
| 偏置电压 | IOUT、MAX = 100mA | 5.5 | | 16 | VDC |
| 系统特性 | | | | | |
| 开关频率 | | 0.1 | 1 | 50 ⁽¹⁾ | MHz |

(1) 由热耗散决定；取决于电流脉冲的幅度和占空比。第 6 节对安装时电阻器负载 R5-R8 的热限制做了更详细说明。

6 开箱即用型 EVM 的操作

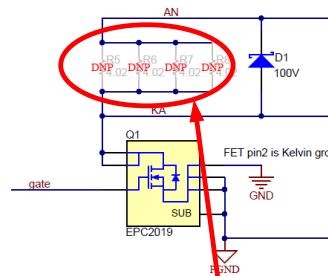
此开箱即用型 EVM 有一个放置电阻器负载的位置和一个放置激光二极管的位置。电阻器负载的作用是设置激光二极管应用所需的相应脉冲。运行开箱即用型 EVM 时，请在为激光二极管上电之前，按照以下程序正确微调栅极驱动脉冲：

1. 调整电阻器负载 R5-R8 的大小，以表示应用的典型激光二极管电阻
2. 焊接 4 个并联的 0603 尺寸、100mW 电阻器来安装电阻器负载 R5-R8
3. 实现激光二极管应用所需的脉冲
4. 先将电阻器 R5-R8 断开，再为激光二极管上电
5. 安装激光二极管

小心

先将电阻器负载 R5-R8 断开，再为激光二极管上电。

使用开箱即用型 LMG1020EVM 时，不会安装电阻器负载 R5-R8。在安装 R5-R8 的情况下，电源环路为开路，因此 K 波形不会切换。为了在未连接激光二极管的情况下实现电源环路的完整功能，必须焊接一个电阻器负载 R5-R8。可安装四个并联电阻器 R5-R8 来焊接电阻器负载，如图 6-2 所示。要正确焊接 R5-R8，请手动使用烙铁，并在需要时对电路板底部吹热空气。选择电阻器负载时，请使用 4 个并联的 0603 尺寸的 100mW 电阻器和一个阻值为 1Ω 至 20Ω 的典型激光二极管。为了实现纳秒级脉冲，建议使用 1Ω 电阻器负载，这需要使用四个 4Ω 并联电阻器来实现 R5-R8。电阻器负载值越高，切换的上升和下降时间越长，峰值电流越低。为避免功耗过大而导致图 6-1 所示的 R5-R8 负载电阻器受损，首先在没有总线电压的情况下测试 EVM，以在栅极测试点 Vg (TP4) 上达到所需的脉冲宽度，频率和重复率。首次测试 LMG1020EVM 时，在不使用总线电压的情况下启动。尝试实现 1 至 2ns 的短栅极脉冲宽度，以在存在总线电压的情况下将负载电阻器中的峰值电流和散热限制在一个安全点。板载脉冲缩短器可用于创建 1-2ns 脉冲。第 10.2 中对脉冲缩短器进行了更详尽的说明。在达到所需的栅极脉冲后，施加小总线电压。从 5V 至 10V 开始，并逐渐增加。如果在使用 R5-R8 电阻器负载的同时，在 75V 电压下运行 EVM，请务必注意高压安全并小心操作。EVM 在 75V 电压下运行，可使用非常短的脉冲宽度和重复率来实现高切换频率。如果负载电阻器损坏，则可以将负载电阻增加到适当的值以限制峰值电流，也可以使用功耗更高的电阻器。在栅极上达到所需的脉冲后，断开所选激光二极管的电阻器负载 R5-R8。



Resistor load representing typical LiDAR laser diode

- Resistor load not populated out-of-the-box
- For a typical 1Ω laser impedance solder 4, 4Ω, 0603, 100mW resistors for R5-R8
- To attach R5-R8 use a solder iron by hand and use hot air directed under the board if needed. Check the resistance value with DMM to be as expected
- Once the desired pulses have been achieved with the resistor load, remove the resistors before powering the laser diode

图 6-1. 未安装负载电阻器 R5-R8 的原理图

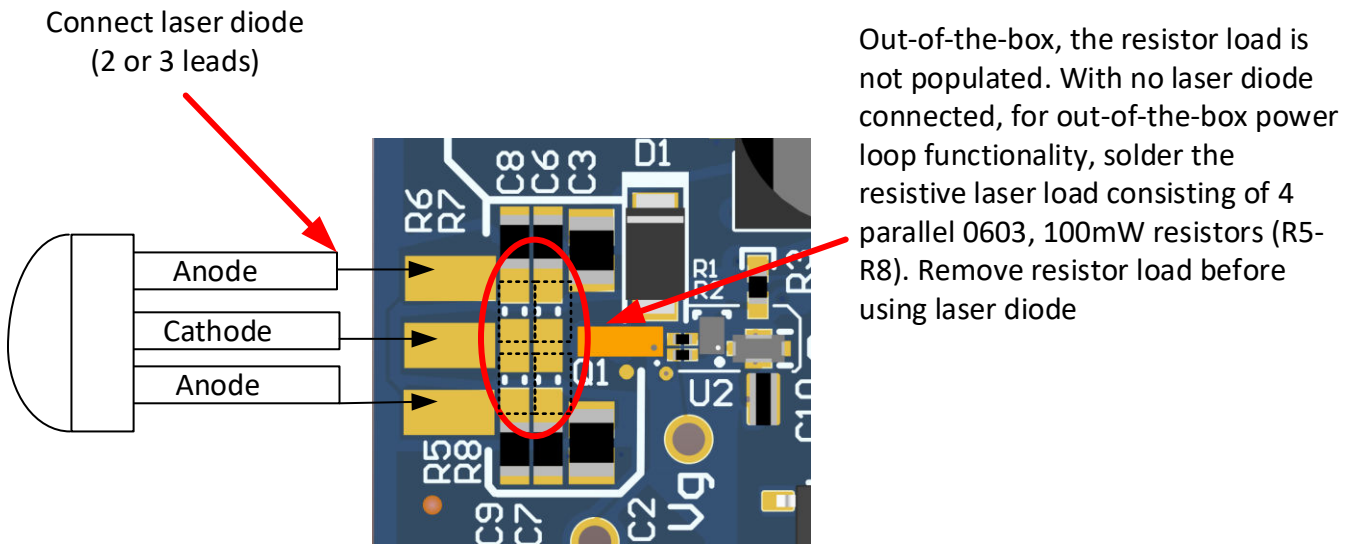


图 6-2. 测试激光二极管前，先安装然后拆下开箱即用型负载电阻器 R5 - R8

7 EVM 原理图

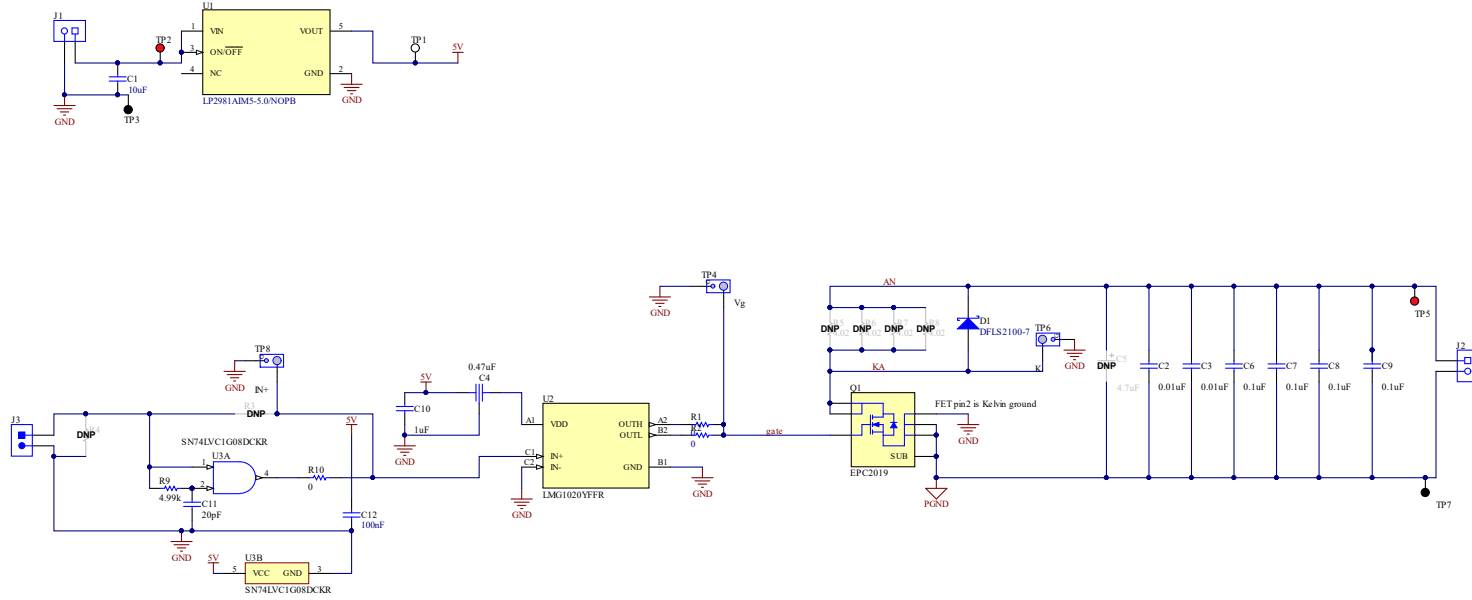


图 7-1. 功率级原理图 (DNP = 请勿放置, 电路板上没有)

8 EVM 套件物品

套件包含以下各项：

- 使用 LMG1020EVM-006 (本用户指南)
- 安全说明
- LMG1020EVM-006 EVM PCB 组装

9 测试设置

9.1 测试设备

直流电压源：能够根据需要提供高达 75 V_{DC} 的 EVM 输入。能够提供 100 mA 的电流并支持电流限制。

直流偏置源：能够以高达 100mA 的电流提供 5.5-V_{DC} 至 15-V_{DC} 输出。

示波器：工作频率至少为 1GHz，使用带有“尾纤”弹簧接地夹的示波器探针，而非标准鳄鱼夹。

直流万用表：能够进行 100V 测量，适用于确定运行情况 and 效率 (如果需要)。

函数发生器：单路输出，能够产生至少 0-3Vdc 脉冲信号 (工作最大数字输入为 5V_{DC})，1MHz 频率或更高，最小脉冲 50ns 或更小。

9.2 建议的测试设置

按图 9-1 所示连接输入和偏置电源。

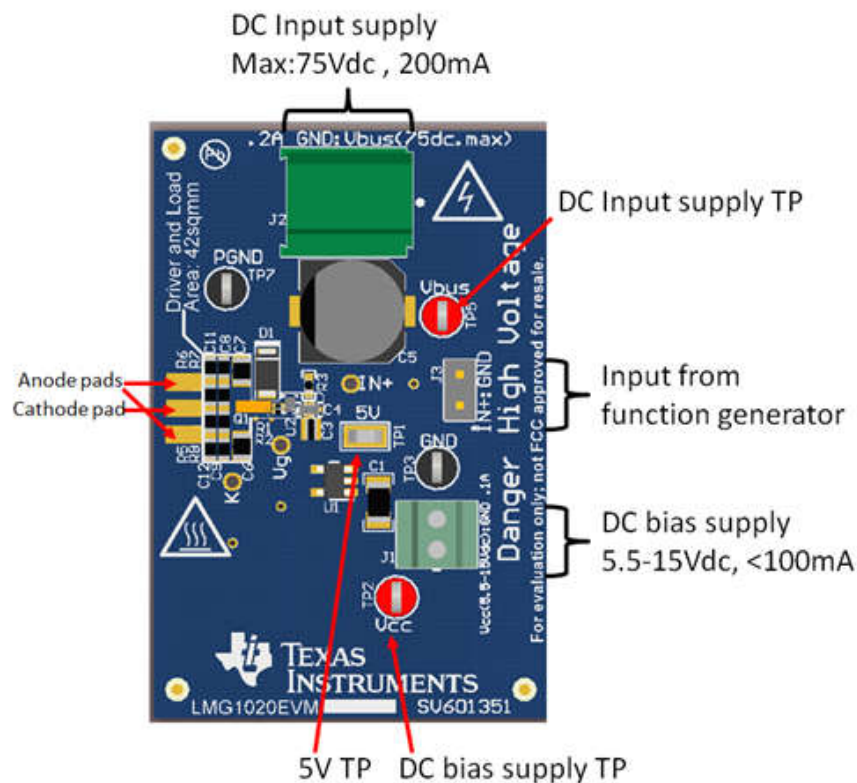


图 9-1. 建议的连接点和特性说明

警告

此评估模块 (EVM) 上存在可能导致人身伤害的高电压。在使用此 EVM 时，请确保已遵循所有安全程序。切勿让已通电的 EVM 无人看管。

9.3 测试点列表

此 EVM 上的测试点专为与附带弹簧式接地连接（通常称为“尾纤”）的示波器探头配合使用而设计。使用不带探头夹的小尾纤将最大程度地减少测量误差，并与此 EVM 上使用的快速开关 GaN 器件产生更干净的信号。本用户指南中显示的数据是使用这种测量方法获得的。

表 9-1. 测试点功能说明

| 测试点 | 名称 | 说明 |
|-----|------------------|--|
| TP1 | 5V | 连接到 LMG1020 的 VDD 引脚。标称值为 5Vdc |
| TP2 | V _{CC} | 连接到板载 LDO 的 V _{in} ，这是输入偏置电源电压 (5.5V-15Vdc) |
| TP3 | GND | 连接到电路板的公共基准 GND |
| TP4 | V _g | 栅极电压，连接到 GaN FET 的栅极 |
| TP5 | V _{BUS} | 连接到功率级输入电源的正极 |
| TP6 | K | 连接到激光二极管的阴极或未连接负载的负极。这也是 GaN FET 的漏极 |
| TP7 | PGND | 连接至 PGND，功率级输入电源的公共引脚，在内部星形连接至 GND |
| TP8 | IN+ | 连接到 LMG1020 的 IN+ 引脚，这是正逻辑输入。 |



图 9-2. 建议用于接地弹簧夹测试点

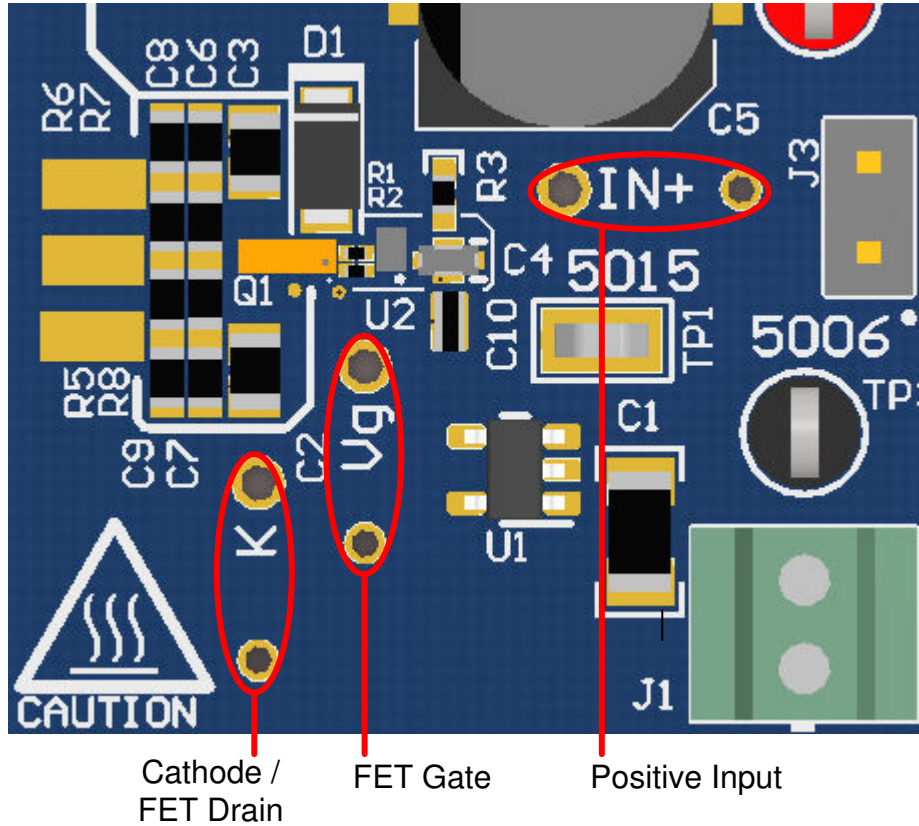


图 9-3. 接地弹簧夹测试点的外观和说明

9.4 终端列表

表 9-2. 终端列表

| 终端 | 名称 | 说明 |
|----|----------------------|---|
| J1 | 直流偏置电源 (V_{CC}) | 偏置电源连接端子 (5.5-15V _{DC} , 0.1A) |
| J2 | 直流输入电源 (V_{BUS}) | 输入电压连接端子 (最大值 : 75V _{DC} , 0.2A) |
| J3 | 输入信号 | 函数发生器输入的连接端子, 通过缓冲器连接到 LMG1020 的正输入端 |

10 测试程序

警告

EVM 上存在超高压。某些元件的温度可达 50°C 以上。处理电路板时必须采取预防措施。

10.1 纳秒脉冲测量

警告

在为 EVM 安装激光二极管之前，请阅读 [第 6 节](#) 中所示的開箱即用程序，以便在为激光二极管供电之前正确设置电路板。

以下步骤用于在输出端获得和测量纳秒脉冲：

1. 如 [图 9-1](#) 所示连接输入 (J2) 和偏置电源 (J1)，但暂不接通电源。
2. 接通直流偏置电源 (J1)，将其保持在 5.5V 至 15V 范围内，并将电流限制设置为 0.1A。
3. 连接函数发生器并应用以下设置：
 - 频率调整为 100kHz
 - 信号范围为 0V 至 3V
 - 脉冲宽度为 100ns
 - 启用输出
4. 接通输入电源 (J2) (如 [图 9-1](#) 所示) 并设置为所需的输入电压，但不高于 75Vdc。将电流限制设置为 0.2A。建议从较低电压 (例如 10V) 开始测量，以确保捕获正确的波形。
5. 调整函数发生器上的脉冲长度，以便将阴极电压脉冲减小到所需的宽度，这将接近 1ns 至 2ns。请注意，如果安装了电阻负载，脉冲的上升沿由与 FET 的 COSS 串联的负载的 RC 常数给出。
6. 执行所需的测量

10.2 脉冲缩短器

数字输入缓冲器包括低通滤波器加上与门，如 [图 10-1](#) 所示。该组合可用作脉冲缩短器，使常规函数发生器在 IN+ 端实现 1-2ns 脉冲。大多数函数发生器只能输出最低为 10ns 的脉冲，因此可以使用与门输入 (J3) 在 EVM 上实现产生 1-2ns 脉冲的能力。与门将输入 (J3) 与 RC 延迟版本进行比较，当两个输入均为高电平时，输出将变为高电平。然后，可以对函数发生器中的输入脉冲宽度或下降沿进行微调，以便在 IN+ 上看到所需的脉冲宽度。首次开始微调函数发生器输入以查看 IN+ 上的脉冲时，从 100ns 开始，逐步以纳秒级或更小级缩减脉冲宽度，直至 IN+ 测试点上可见 1-2ns。要绕过脉冲短路器，请使用 0 Ω 电阻器填充 R3，并移除 R9 和 R10 以分别断开与门输入和输出。

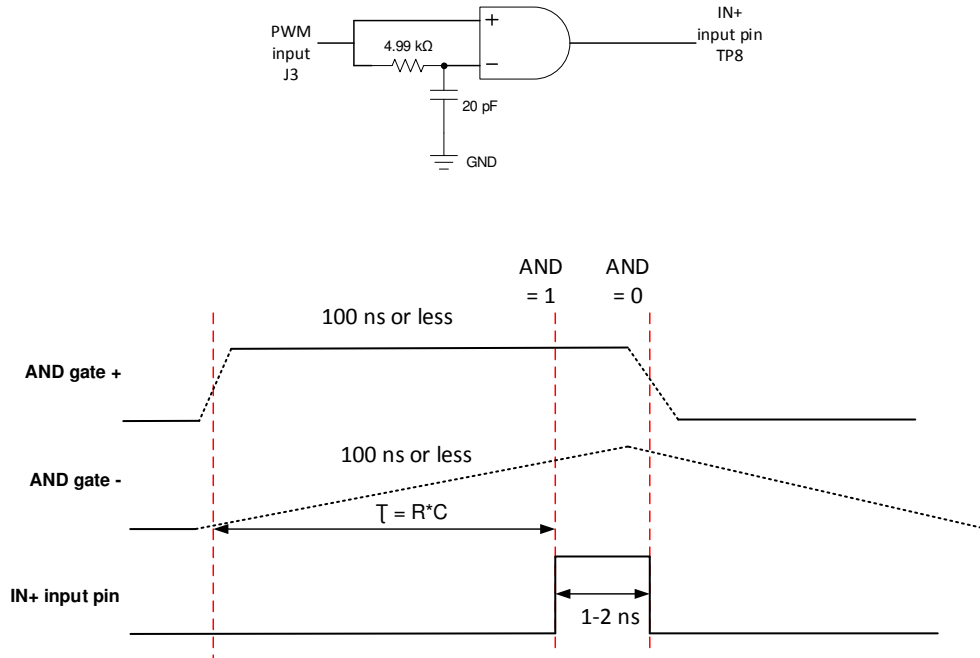


图 10-1. 脉冲缩短器，可在 IN+ 上产生 1ns 至 2ns 脉冲

10.3 关断步骤

完成所需的测量后，按照以下步骤关闭 EVM：

1. 关闭直流输入电源 (J2)
2. 禁用函数发生器
3. 禁用偏置电源 (J1)

10.3.1 元件等级和 DNP

- 所有输入电容器的额定电压均为 100V
- EPC2019 FET 的额定电压为 200V，可承受电感电压尖峰
- 放置数字输入缓冲器以在电路板上生成干净的输入信号并缩短输入脉冲。若要绕过，必须放置 DNP 电阻器 R3 并拆掉电阻器 R10。
- 开箱即用型电阻器负载 R5-R8 未安装 (DNP)。

11 性能数据和典型特性

图 11-1 至图 11-4 显示了 LMG1020EVM-006 的典型性能曲线。

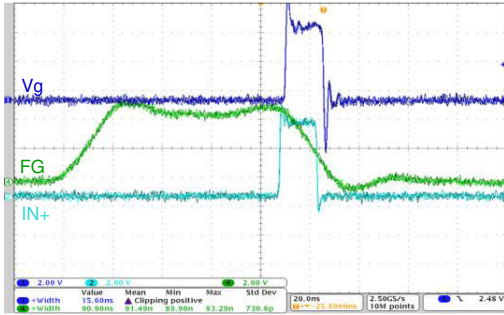


图 11-1. 函数发生器产生的 90ns 脉冲，在栅极上产生 15ns 脉冲

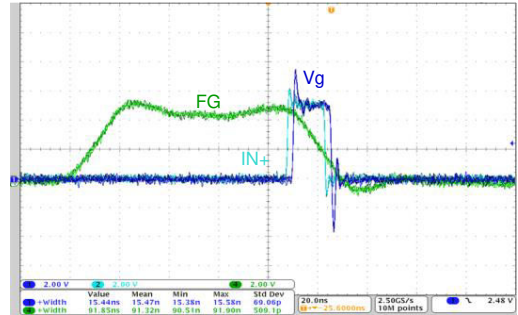


图 11-2. 函数发生器产生的 90ns 脉冲，在栅极上产生 15ns 脉冲

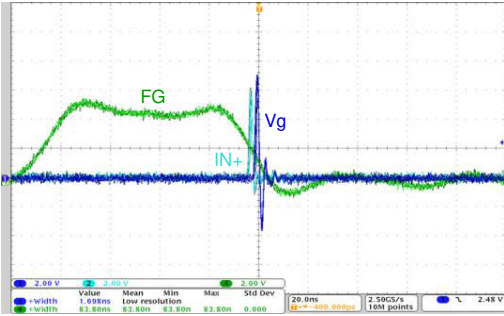


图 11-3. 函数发生器产生的 84ns 脉冲，在栅极上产生 1.5ns 脉冲

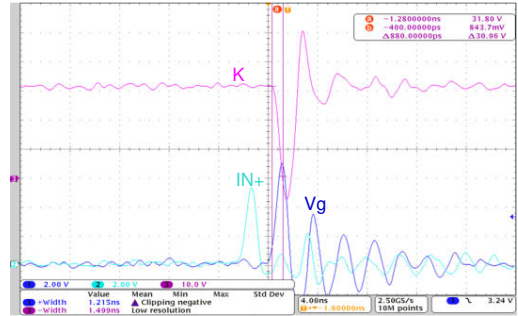


图 11-4. 1.2ns 栅极脉冲产生 1.5ns，30V 输入 1Ω 脉冲 (500MHz 示波器)

图 11-1 至图 11-3 显示了输入级的性能以及缓冲器如何清除和缩短输入脉冲。这样就可以使用规格较低的函数发生器。

图 11-4 显示了用 500MHz 示波器获取的典型工作波形。在 (K) 波形上，可能会出现 20V 过冲，这是由电源环路中的电感引起的。Vg 似乎在振荡，但这是由拾取噪声引起的，即使使用弹簧接地连接也不可避免。栅极环路的预期谐振频率为 ~70-90MHz (给定栅极电容为 ~10nF，栅极电感为 3-5nH)，观察到的振荡发生在 250MHz 处，这意味着栅极环路电感为 ~40pH。因此，这是拾取噪声。

12 EVM 装配图和 PCB 布局

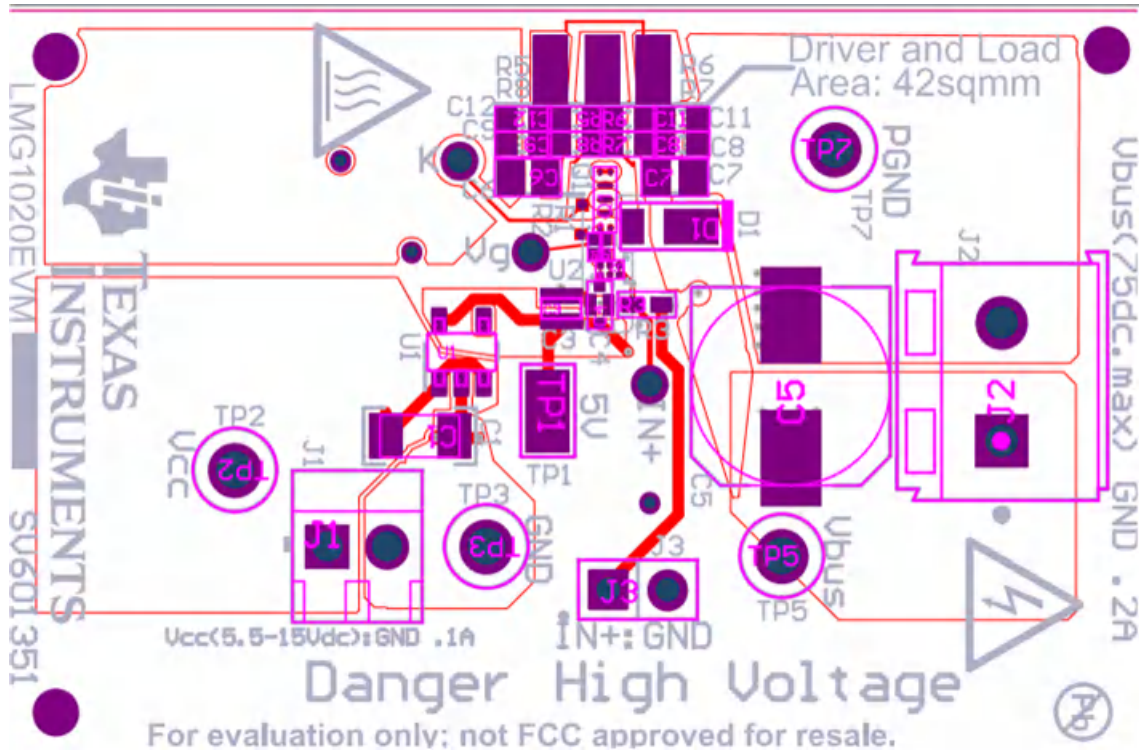


图 12-1. LMG1020EVM-006 顶层和元件

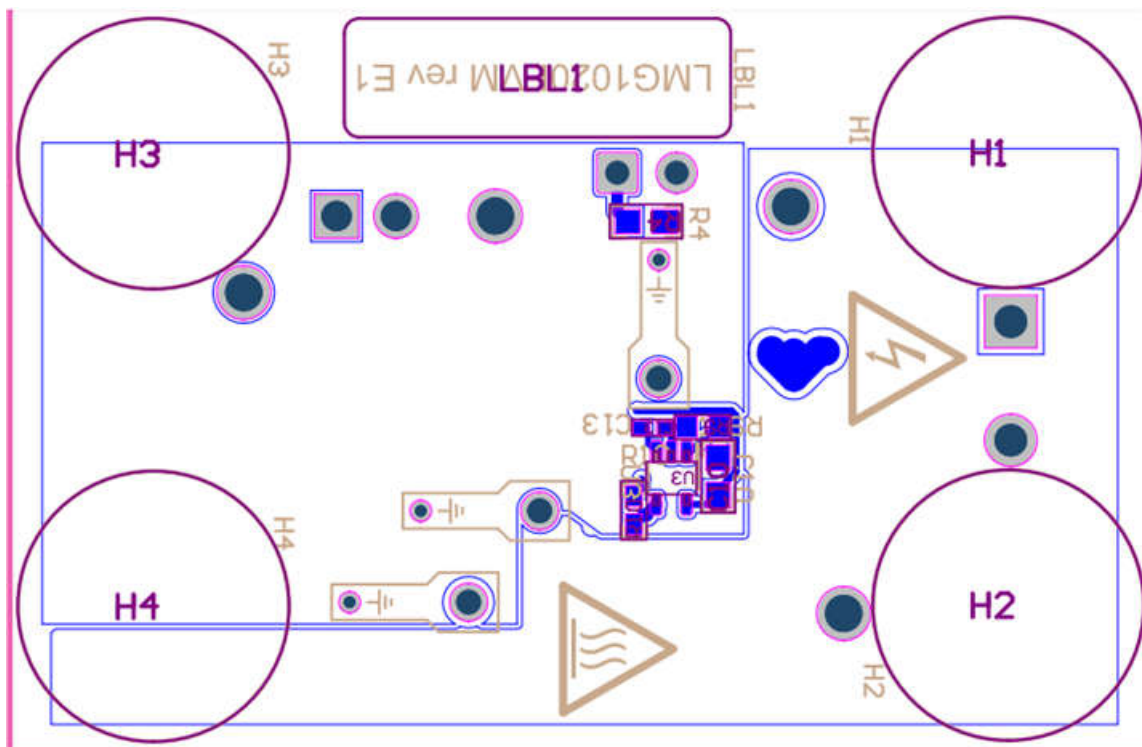


图 12-2. LMG1020EVM-006 底层和元件

13 物料清单

表 13-1. LMG1020EVM-006 物料清单

| 数量 | 指示符 | 说明 | 器件型号 |
|----|----------------|--|---------------------|
| 1 | C1 | 陶瓷电容器, 10 μ F, 25V, \pm 10%, X7R, 1206 | 885012208069 |
| 2 | C2、C3 | 电容器, 陶瓷, 0.01 μ F, 100V, \pm 1%, C0G/NP0, 0805 | C0805C103F1GACTU |
| 1 | C4 | 馈通电容器, 0.47 μ F, 6.3V, SMD | YFF18PW0J474M |
| 4 | C6、C7、C8、C9 | 陶瓷电容器, 0.1 μ F, 100V, \pm 10%, X7R, 0603 | GRM188R72A104KA35D |
| 1 | C10 | 陶瓷电容器, 1 μ F, 10V, \pm 20%, X5R, 0306 | LWK107BJ105MV |
| 1 | C11 | 陶瓷电容器, 20pF, 50V, \pm 5%, C0G/NP0, 0402 | GRM1555C1H200JA01D |
| 1 | C12 | 陶瓷电容器, 0.1 μ F, 25V, \pm 10%, X7R, 0603 | GRM188R71E104KA01D |
| 1 | D1 | 二极管, 肖特基, 100V, 2A, PowerDI123 | DFLS2100-7 |
| 4 | H1、H2、H3、H4 | Bumpon, 半球形, 0.44 X 0.20, 透明 | SJ-5303 (CLEAR) |
| 1 | J1 | 端子块, 2.54mm, 2 x 1, 黄铜, TH | OSTVN02A150 |
| 1 | J2 | 端子块, 2 x 1, 5.08mm, TH | 282841-2 |
| 1 | J3 | 接头, 100mil, 2 x 1, 镀金, TH | HTSW-102-07-G-S |
| 1 | Q1 | MOSFET, N 沟道, 200V, 8.5A, 2.766 x 0.68 mm | EPC2019 |
| 2 | R1、R2 | 电阻器, 0, 5%, 0.05W, 0201 | ERJ-1GE0R00C |
| 0 | R5、R6、R7、R8 | 电阻器, 4.02 Ω , 0.5%, 0.1W, 0603 (DNP) | RT0603DRE074R02L |
| 1 | R9 | 电阻器, 4.99k Ω , 1%, 0.1W, 0603 | CR0603-FX-4991ELF |
| 1 | R10 | 电阻器, 0 Ω , 5%, 0.063W, 0402 | CRCW04020000Z0ED |
| 1 | TP1 | 测试点, 微型, SMT | 5015 |
| 2 | TP2、TP5 | 测试点, 紧凑型, 红色, TH | 5005 |
| 2 | TP3、TP7 | 测试点, 紧凑型, 黑色, TH | 5006 |
| 3 | TP4、TP6、TP8 | 测试点, 尾纤 | 测试点_尾纤 |
| 1 | U1 | 采用 SOT-23 封装的微功耗 100mA 超低压降稳压器, DBV0005A (SOT-23-5) | LP2981AIM5-5.0/NOPB |
| 1 | U2 | 采用 WCSP 封装的高速栅极驱动器, YFF | LMG1020YFFR |
| 1 | U3 | 单路 2 输入正与门, DCK0005A (SOT-5) | SN74LVC1G08DCKR |
| 0 | C5 | 电容器, 铝, 4.7 μ F, 100V, \pm 20%, SMD | UUX2A4R7MCL1GS |
| 0 | FID1、FID2、FID3 | 基准标记。没有需要购买或安装的元件。 | 不适用 |
| 0 | R3 | 电阻器, 10 Ω , 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402 | CRCW040210R0JNED |
| 0 | R4 | 电阻器, 50 Ω , 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603 | CRCW060350R0FKEA |

14 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

15 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

| Changes from Revision C (May 2020) to Revision D (April 2025) | Page |
|---|------|
| • 将器件 U1 由 LP2981A-50DBVR 更改为 LP2981AIM5-5.0/NOPB..... | 9 |
| • 将器件 U1 由 LP2981A-50DBVR 更改为 LP2981AIM5-5.0/NOPB..... | 17 |

Changes from Revision B (May 2020) to Revision C (May 2020) Page

- 更改了“说明”部分以说明未安装的电阻器负载.....2
-

Changes from Revision A (March 2019) to Revision B (May 2020) Page

- 添加了“开箱即用型 EVM 的操作”，以包含如何安装开箱即用型电阻器负载的程序。.....7
-

Changes from Revision * (January 2018) to Revision A (March 2019) Page

- 在说明中添加了文本..... 1
 - 将 LMG1020-HB-EVM 更改为 LMG1020EVM-006..... 1
 - 将“说明”部分中的 1-2MHz 更改为 2MHz..... 2
 - 将特性部分中的 210ps 更改为 400ps..... 2
 - 在特性列表中添加了 SN74LVC1G08 说明..... 2
 - 将 LMG1020 的器件型号由 XLMG1020A0 更改为 LMG1020YFFR..... 9
 - 在测试程序中添加了脉冲缩短器说明..... 13
-

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司