

IRS25411S

同步降压型 LED 驱动器

特性

英飞凌 IRS25411S

同步降压型 LED 驱动器

特性

- 600 V 高边/低边栅极驱动输出
- 开关频率高达 500kHz
- 500mA 上拉/700mA 下拉栅极驱动输出
- 回滞或从属模式运行
- 逻辑电平使能输入
- PWM 可调光
- SO8 封装

潜在应用

- 高压电流同步降压型 LED 驱动器

产品验证

根据 JEDEC20/22 相关测试的测试条件，符合上述应用要求

描述

IRS25411 是一款半桥驱动器，适用于电流调节型同步降压稳压器，通常用于高压输出非隔离式 LED 驱动器。

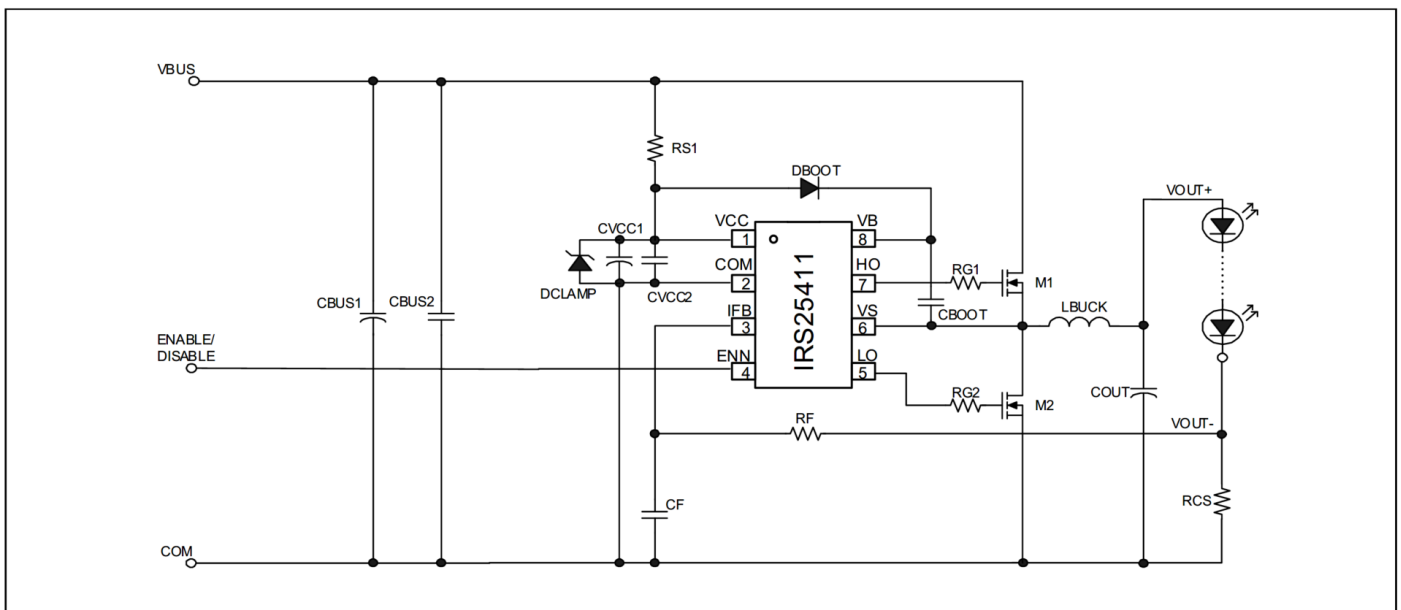


图 1 典型原理图

本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见，英飞凌提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性，请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

目录

目录

目录

特性 1

潜在应用 1

产品验证 1

描述 1

目录 2

1 最大额定值..... 3

1.1 绝对最大额定值..... 3

1.2 建议工作条件..... 3

2 电气特性 4

3 功能描述 6

3.1 内部框图和引脚功能..... 6

3.2 操作..... 7

3.2.1 基本操作..... 7

3.2.2 ZVS 操作 8

3.2.3 启用/禁用输入 (ENN) 9

3.2.4 从属模式操作..... 12

3.2.5 IRS25411 状态图 13

3.3 PCB 布局指南..... 14

4 封装和标识 15

修订记录 18

最大额定值

1 最大额定值

1.1 绝对最大额定值

表 1 最大电气额定值

Symbol	Definition	Minimum	Maximum	Units
V_B	Floating high side bias supply voltage	-0.3	625	V
V_S	Floating high side reference voltage	-0.3	$V_B + 0.3V$	V
V_{HO}	Floating gate drive output voltage	$V_B - 0.3V$	$V_B + 0.3V$	V
V_{LO}	Low side output voltage	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	V
V_{IFB}	Feedback input voltage	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	V
V_{ENN}	Enable input voltage	-0.3	$V_{CC} + 0.3$	V
V_{CC}	Bias supply voltage	-0.3	V_{CLAMP}^1	V
I_{CC}	Supply current	-20	20	mA
dV_S/dt	Half-bridge node slew rate	-50	50	V/ns

表 2 最大热额定值

Symbol	Definition	Minimum	Maximum	Units
P_D	Package power dissipation at $T_A \leq 25^\circ\text{C}$ (SO8) $P_D = (T_{JMAX} - T_A) / R_{THJA}$		0.625	W
$R_{\theta JA}$	Thermal resistance, junction to ambient (SO8)		200	$^\circ\text{C}/\text{W}$
T_J	Junction temperature	-55	150	$^\circ\text{C}$
T_S	Storage temperature	-55	150	$^\circ\text{C}$
T_L	Lead temperature during soldering (10 seconds)		300	$^\circ\text{C}$

1.2 建议工作条件

表 3 建议工作条件

Symbol	Definition	Minimum	Maximum	Units
V_{BS}	High side floating supply voltage	$V_{CC} - 0.7$	V_{CLAMP}	V
V_S	Steady state floating high side offset voltage	-1	600	V
V_{CC}	Bias supply voltage	V_{CCUV+}	V_{CLAMP}	V
I_{CC}	Supply current		10	mA
f_S	Switching frequency	10	500	kHz
T_J	Junction temperature	-25	125	$^\circ\text{C}$

¹ 该集成电路包含一个从 VCC 到 COM 的内部齐纳二极管钳位。钳位电压为 V_{CLAMP0} 。

电气特性

2 电气特性

$V_{CC} = V_{BS} = 14\text{ V} \pm 0.25\text{ V}$, $C_{LO} = C_{HO} = 1000\text{ pF}$, $C_{VCC} = C_{VBS} = 0.1\text{ }\mu\text{F}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 除非另有说明。

表 4 偏置电源特性

Symbol	Definition	Minimum	Typical	Maximum	Units
V_{CLAMP}	V_{CC} clamp voltage	14.6	15.6	16.6	V
V_{CCUV+}	V_{CC} turn on threshold	8.0	9.0	10.0	V
V_{CCUV-}	V_{CC} turn off threshold	6.5	7.5	8.5	V
$V_{CCUVHYS}$	V_{CC} threshold hysteresis	1.0	1.5	2.0	V
I_{QCCUV}	Low V_{CC} bias current		50	150	μA
I_{QCCENN}	Disabled (sleep) mode bias current		1.0	2.0	mA
I_{QCC}	V_{CC} quiescent current (no switching)		1.0	2.0	mA
I_{QCC50k}	Supply current at 50kHz switching		2.0	3.0	mA

表 5 浮动偏置电源特性

Symbol	Definition	Minimum	Typical	Maximum	Units
$V_{CLAMPBS}$	V_B - V_S clamp voltage	24.4	26.0	27.6	V
V_{BSUV+}	V_{BS} turn on threshold	6.5	7.5	8.5	V
V_{BSUV-}	V_{BS} turn off threshold	6.0	7.0	8.0	V
I_{QBS0}	V_{BS} supply current, V_{HO} low		0.05	1.0	mA
I_{QBS1}	V_{BS} supply current, V_{HO} high ($V_{IFB} = 0\text{ V}$)		1.0	2.0	mA
I_{LK}	Offset leakage current ($V_B = V_S = 600\text{ V}$)		1	50	μA

表 6 控制特性

Symbol	Definition	Minimum	Typical	Maximum	Units
V_{ENNT+}	Enable input positive threshold (disable)	2.5	2.7	3.0	V
V_{ENNT-}	Enable input negative threshold (enable)	1.7	2.0	2.3	V
$V_{0.5}$	Internal voltage reference	490	500	510	mV
V_{IFBTH}	IFB input threshold	455	500	540	mV
t_{LO-ON}	Propagation delay, $V_{IFB} > V_{IFBTH}$ to LO high		320		ns
t_{LO-OFF}	Propagation delay, $V_{IFB} < V_{IFBTH}$ to LO low		180		ns
t_{HO-ON}	Propagation delay, $V_{IFB} < V_{IFBTH}$ to HO high		320		ns
t_{HO-OFF}	Propagation delay, $V_{IFB} > V_{IFBTH}$ to HO low		180		ns

电气特性

表 7 栅极驱动输出特性

Symbol	Definition	Minimum	Typical	Maximum	Units
V_{OL}	Low state gate drive voltage		0		V
V_{OH}	High state gate drive voltage		V_{CC}		V
I_{O+}	Gate drive source current		0.5		A
I_{O-}	Gate drive sink current		0.7		A
t_f	Turn off fall time		50	120	ns
t_r	Turn on rise time		30	50	ns
t_{DT}	Dead time (low to high/high to low)		140		ns

表 8 自举再充电器¹的特性

Symbol	Definition	Minimum	Typical	Maximum	Units
t_{WD}	Bootstrap capacitor re-charge wait time ($V_{IFB} = 1\text{ V}$, LO output low)		20.0		μs
t_{WDCH}	Boot strap capacitor re-charge pulse time ($V_{IFB} = 1\text{ V}$, LO output high)		1.0		μs

¹ 当输出处于低电平状态的时间 $> t_{WD}$ 时，该电路会定期对自举电容 (C_{BOOT}) 重新充电。这可确保电容器不会放电，以免妨碍高边输出工作。

功能描述

3 功能描述

3.1 内部框图和引脚功能

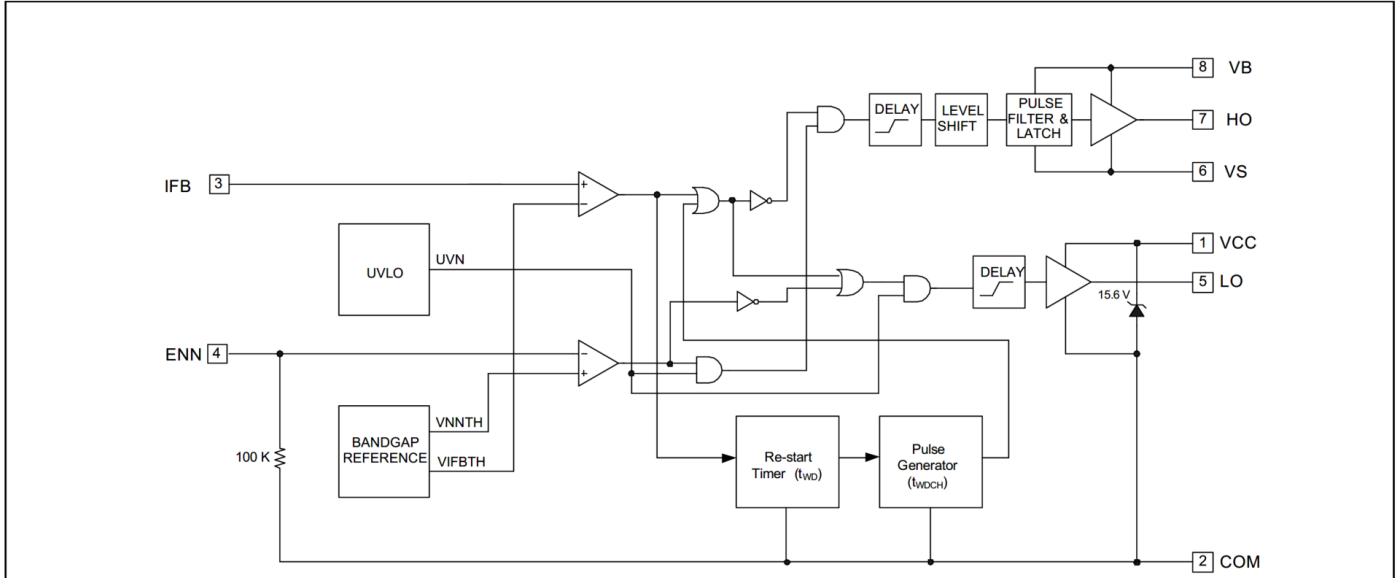


图 2 内部框图

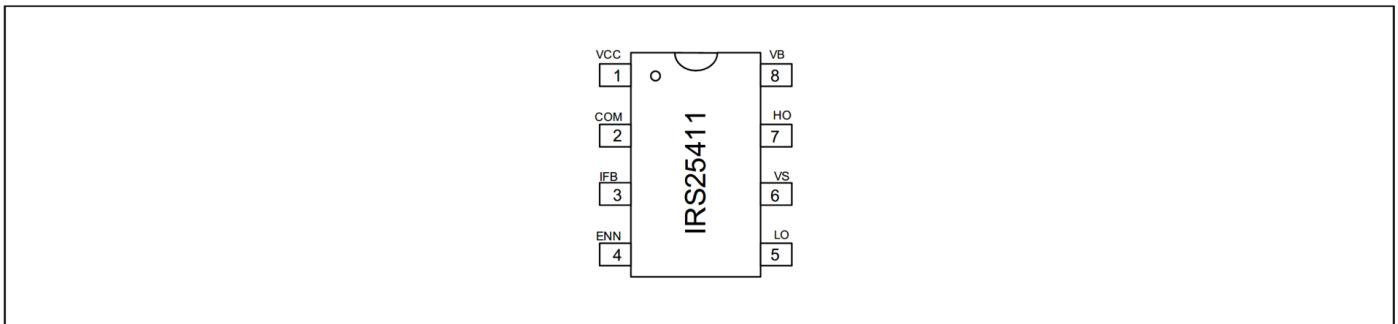


图 3 引脚分配

表 9 引脚功能

Pin	Symbol	Description
1	VCC	Supply voltage
2	COM	0V return
3	IFB	Current feedback (hysteretic)
4	ENN	Enable/disable input (high to disable, LO=High and HO=Low)
5	LO	Low side gate drive output
6	VS	Half bridge node, floating high side return
7	HO	High side gate drive output
8	VB	High side gate drive floating supply

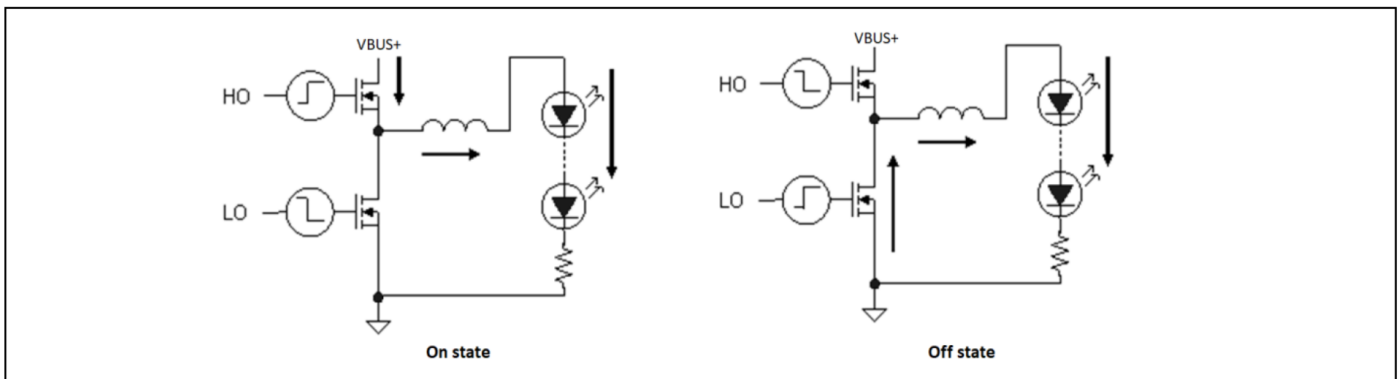
功能描述
3.2 操作

IRS25411 是一款延时回滞电流调节同步¹降压控制器。输出电流通过一个 0V 参考采样电阻获得，电压 (V_{IFB}) 从该电阻反馈至 IFB 引脚，并与内部高精度带隙电压基准 (V_{IFBTH}) 进行比较。当 V_{IFB} 高于或低于 V_{IFBTH} 时，高边和低边栅极驱动输出 (HO 和 LO) 会改变状态。固定的死区时间 (t_{DT})，用于防止因 MOSFET 开关重叠开通而发生直通。

一旦集成电路的 V_{CC} 供电电压升至欠压锁定正阈值 (V_{CCUV+}) 以上，LO 输出将为高电平，而 HO 输出则在预定时间内为低电平，以便对外部连接在 VB 和 VS 引脚之间的自举电容器 (C_{BOOT}) 进行预充电。这将实现高压侧栅极驱动器所需的 V_{BS} 浮动电压，否则降压稳压器将无法启动。 C_{BOOT} 建议使用 0.1 μF 的 25 V 陶瓷电容器。自举二极管 D_{BOOT} 的额定电压必须为 600 V、1 A，并且必须是快速恢复类型，建议使用 $t_{rr} < 50$ ns。

在这种配置中，处于导通状态的高边 MOSFET (M1) 通过降压电感器将电从输入端输送到输出端。当 M1 关断时，低边 MOSFET (M2) 接通，电感器电流提供低电阻回流路径，从而降低了标准降压转换器中二极管的传导损耗。当通过 M2 将 VS 连接至 0V/COM 时，LO 为高电平， C_{BOOT} 在每个开关周期需要充电。

HO 不允许持续处于高电平，因为如果这样， C_{BOOT} 上的电荷最终会泄放完， V_{BS} 会低于高边栅极驱动器工作所需的最小阈值。为了防止出现这种情况，IRS25411 包含一个内部再充电定时器，在 t_{WD} 之后，尽管 V_{IFB} 低于 V_{IFBTH} ，该定时器仍会强制关闭 HO，并打开 LO。这个自举再充电脉冲的长度为 t_{WDCH} ，之后 HO 和 LO 恢复到之前的状态。这一过程无限期重复，从而使降压稳压器不会以 100% 占空比工作。

3.2.1 基本操作

图 4 同步降压运行

正常工作期间， V_{IFB} 在 V_{IFBTH} 上升或下降，以调节通过降压电感器的输出电流。IFB 输入端需要一个 RC 滤波器 (R_F 和 C_F)，以避免因噪声耦合而产生误触发。同时滤波器引入了足以限制开关频率的延迟 (t_{RC})。

当 V_{IFB} 升至 V_{IFBTH} 以上时，经过 t_{HO-OFF} 加上 t_{RC} 的传播延迟后，HO 将高电平切换为低电平 (M1 关断)。当 M1 关断时，LO 在死区时间 (DT) 之后从低电平切换到高电平 (M2 开启)。然后，随着电流的下降和 V_{IFB} 的减小，降压电感器将储存的能量传输到负载。当 V_{IFB} 再次降至 V_{IFBTH} 以下时，经过 t_{HO-ON} 以及 t_{RC} 的延迟后，

¹同步降压转换器利用第二个 MOSFET 代替降压二极管，以减小二极管的传导损耗。

功能描述

LO 切换为低电平；经过 t_{HO-ON} 、 t_{RC} 以及 t_{DT} 的延迟后，HO 切换为高电平。滞后降压转换器以连续导通模式（CCM）运行。这种滞后开关操作按如下方式持续调节平均电流：

$$I_{OUT(AVG)} = \frac{V_{IFBTH}}{R_{CS}} \quad [1]$$

高低边栅极驱动和反馈如下图所示：

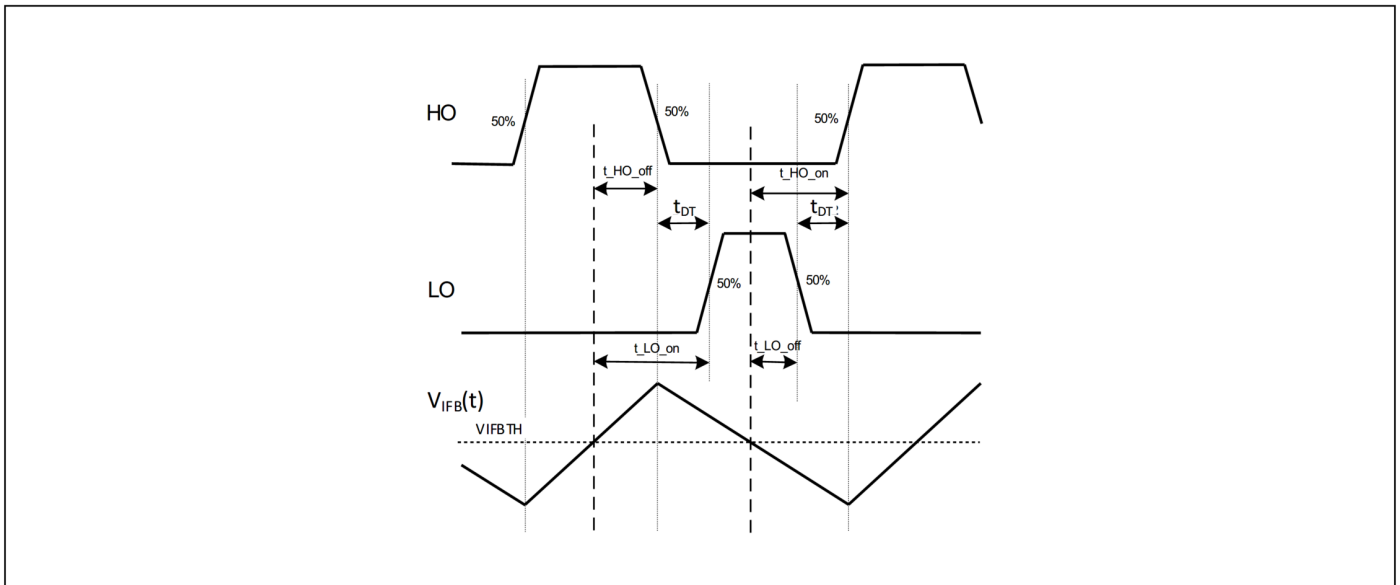


图 5 回滞运行

3.2.1.1 开关频率和占空比

由于 IRS25411 在没有内置振荡器的情况下工作具有滞后性，因此开关频率和占空比会随着反馈信号 $V_{IFB}(t)$ 在阈值 V_{IFBTH} 的上升和下降变化。感应电流的上升和下降斜率取决于输入电压、输出电压和电感器值（LBUCK）。IFB 输入 RC 滤波器延迟 t_{RC} 与内部传播延迟相结合，将决定过冲和欠冲，从而决定峰峰值电流纹波。电感值越低，纹波越大，因为这些延迟的影响会增加。纹波越大，平均输出电流随线和负载变化的变化也越大。开关频率越高，调节精度越高，但效率会降低。

标准电流感应装置如图 1 所示。在这种情况下，由于部分纹波通过输出电容器绕过负载，因此感应到的电流不等于电感器的电流。也可以通过不同的方式确定 RCS 的位置，以便将输出电容器产生的纹波分量也包括在内，从而有效地感应电感器电流。

开关频率取决于输入电压、电感和负载电流。要准确计算出结果并不容易，因此需要在实验室中采用基于仿真和物理电路优化的方式设计。

3.2.2 ZVS 操作

为了实现高效的高压降压稳压器，有必要实现 MOSFET 的零电压开关（ZVS）。以 CCM 运行的降压稳压器在 MOSFET 开通期间会出现硬开关现象。这导致开关损耗随着总线电压和频率的增加而增加。

功能描述

在后端转换器阶段，在前端 PFC 直流母线电压为 400V 的情况下，运行效率受到开关损耗的限制，而开关损耗只能通过限制频率来降低。要解决这个问题，可以将转换器运行在非连续模式下，方法是减小电感值和/或增加反馈 RC 滤波器延迟，使电感电流在关断期间降至零。缺点是，由于电感纹波现在非常高，因此有必要在输出端增加一个电解电容，以消除驱动 LED 负载的输出电流中的纹波成分。

3.2.3 启用/禁用输入 (ENN)

当 ENN 输入高于 V_{ENNTH+} 阈值时，IRS25411 将进入禁用/待机状态，此时 HO 为低电平，LO 为高电平，与 V_{IFB} 的电压水平无关。LO 保持高电平是为了确保 C_{BOOT} 保持满电状态，以便在 ENN 输入降低到 V_{ENNTH-} 以下时重新启动控制器。ENN 输入在内部被拉低至零，因此，如果 ENN 引脚处于浮动状态，控制器仍能保持启用状态。

3.2.3.1 通过 ENN 输入进行 PWM 调光

对于 PWM 间歇模式调光操作，可将频率恒定、占空比可调的信号施加到 ENN 输入端。平均负载电流与该输入的占空比之间存在反向线性关系，即如果比率为 50%，则将实现 50% 的最大设定光输出。建议调光控制信号的频率至少为 2 kHz，以避免明显的闪烁/频闪效应，并符合闪烁指数限制。以这种方式使用 IRS25411 时，应在 ENN 输入端和 IFB 输入端（阴极至 IFB）之间连接一个二极管和可选的串联电阻器，以便当 ENN 为高电平且转换器被禁用时，IFB 输入端保持在 V_{IFBTH} 以上。这样才能正确清空再充电定时器，并消除极低调光电平下可能出现的闪烁。

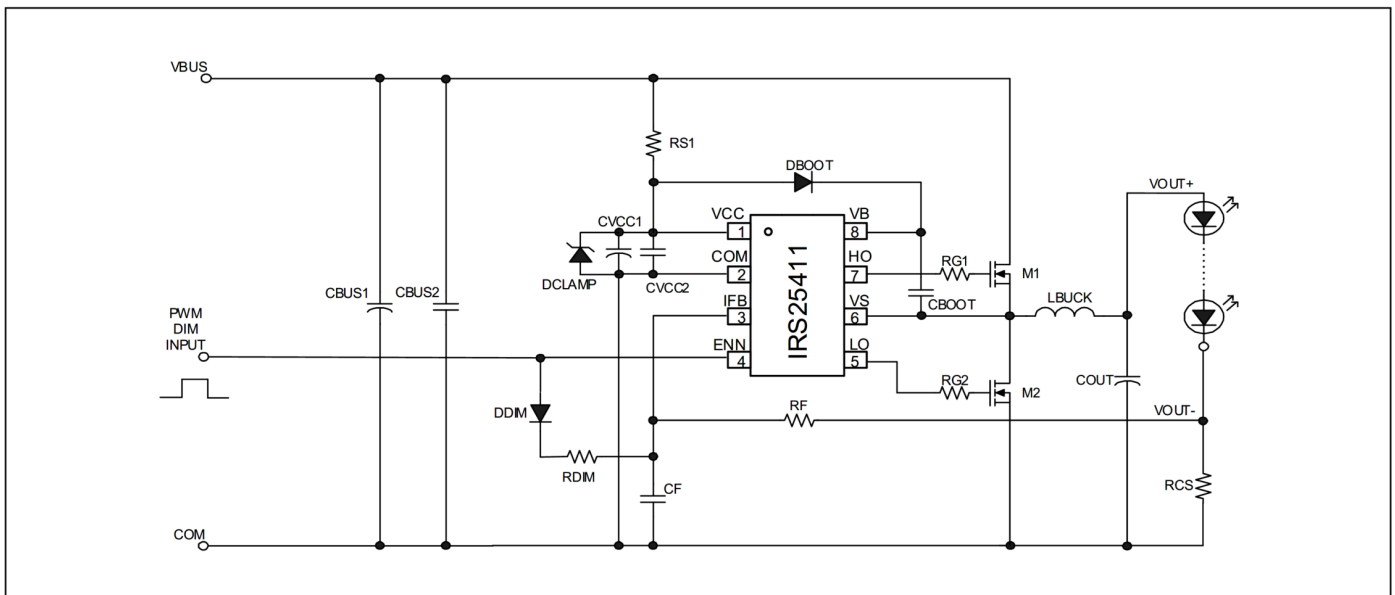


图 6 突发模式/PWM 调光电路配置

实际上，可能的最小调光级别受到调光间歇脉冲串长度与开关频率关系的限制。为防止闪烁，在最小调光水平下的间歇脉冲串启动中应有包含几个开关周期。这可能需要 PWM 频率低于 2 kHz 或开关频率高于所需的频率。

功能说明

在输出端使用电解电容的设计中，PWM 调光会受到进一步限制，因为电容的保持会限制可能的最低调光电平。

因此，不建议将 IRS25411 调光至极低电平，除非在使用 CCM 控制的低电压应用中。

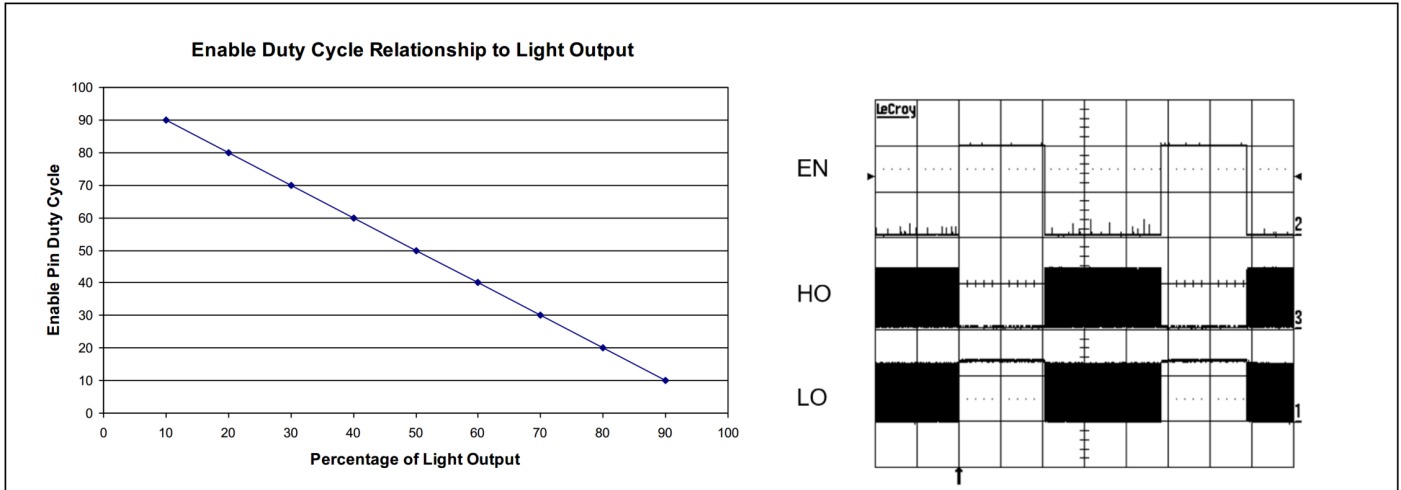


图 7 光输出与 ENN 输入占空比和波形的关系

功能描述

3.2.3.2 可调的输出电流

在需要通过外部选择获得不同输出电流值的应用中。推荐的方法是使用电流检测电阻器（RCS）的多种选项，可根据需要进行连接。

3.2.3.3 线性电流调光

IRS25411 也可以采用线性调光模式替代 PWM/脉冲调光模式。在这种情况下，输出电流保持连续，并且通过模拟控制电压调整进行调节。当模拟调光输入端的电压升高时，输出电流降低。这为反馈信号提供了一个直流偏置，该偏置取决于射频和 RDIM 的比率。控制电压为 0V 时，输出电流可调节到最大值，当电压升高到一定水平时，输出电流将减小到零。输出电流将根据引入 RDIM/RFB (IFB) 节点的输入电流进行线性控制。该模拟调光输入可单独使用，也可与 PWM 调光控制结合使用，以实现更宽的调光范围。输入控制电压范围为 0V 至 3.3V，输出电流可由 XMC 微控制器的 PWM 输出控制，并通过 RC 积分器转换为直流。

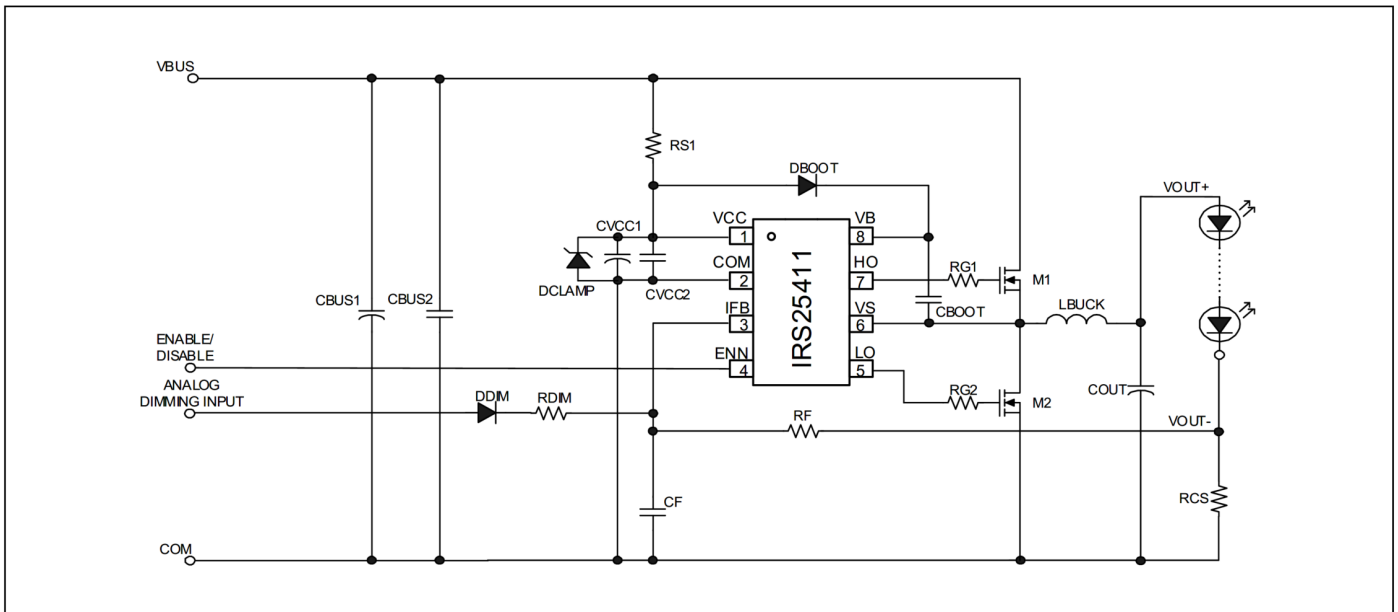


图 8 线性调光电路

功能描述

3.2.4 从属模式操作

如果应用需要更精确的开关频率控制，IRS25411 也可用于从属模式。具体做法是通过外部产生的具有直流偏置的固定频率振荡电压信号为 IFB 输入供电。该信号可以是三角、正弦或矩形，但必须在 V_{IFBTH} 处上下变化。随着直流偏置的增加，HO 将变短，LO 将变长，从而降低转换器的占空比，且频率保持不变。当偏置减小时，则会出现相反的情况，即增加转换器的占空比。下图显示了直流偏置与 V_{IFBTH} 相交的三角波形，从而产生 LO 和 HO 栅极驱动输出。

从属模式操作可通过外部控制电路更精确地调节输出电流或电压。在这种配置中，反馈电路会产生一个误差电压，该电压可输入到设定开关频率的振荡信号中，并可连接到 IFB 输入端。

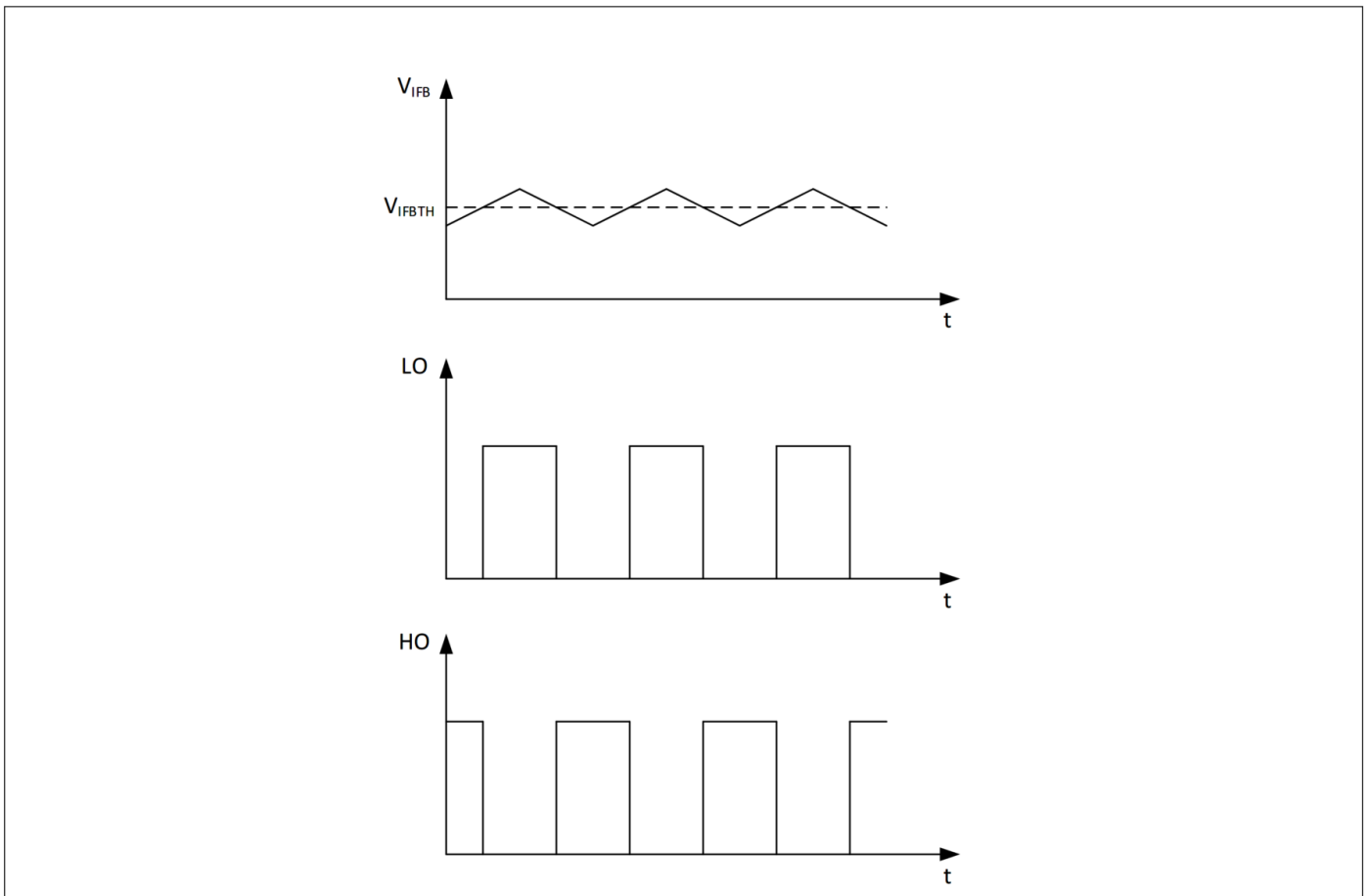


图 9 外部开关控制

功能描述

3.2.5 IRS25411 状态图

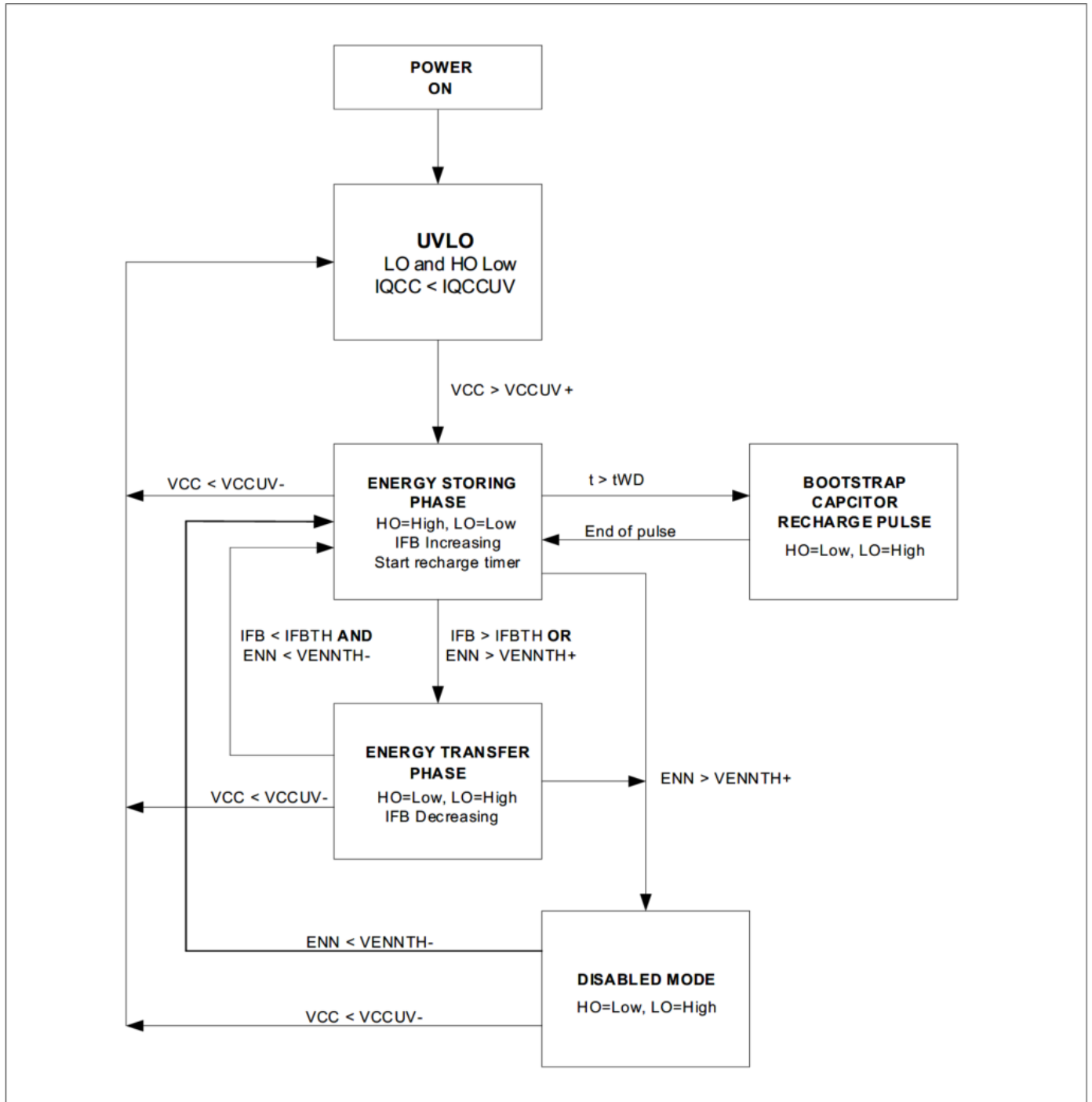


图 10 状态图

功能描述

3.3 PCB 布局指南

要使 IRS25411 正常工作，需要关注元件布局 PCB 走线。并且必须遵循以下原则：

1. 必须在 VCC 和 COM 引脚（1 和 2）之间放置一个去耦电容（通常为 0.1 μF 、25 V SMD 陶瓷电容），如下图布局示例中的 CVCC 所示。
2. 滤波电容器（CF）应尽可能靠近 IFB 输入（引脚 3）和 COM（引脚 2），并尽可能缩短走线路径。
3. 连接到 IFB 引脚的线路必须尽可能远离 VS、HO 和 VB 引脚。建议不要在集成电路下通过这些信号线。
4. 如果可能，滤波电阻器（RF）也应靠近 IFB 引脚，但这并不那么严苛。
5. VS、HO 和 VB 引脚（6、7 和 8）带有上升和下降速度较快的高压开关信号，因此，连接到这些引脚的线路需要与其他电路线路保持适当的间距，以避免因噪声传播干扰电路的正常工作。
6. 由于 LO 引脚和 VS 引脚距离很近，设计人员可以选择在这些引脚之间的 PCB 板上开一个窄槽、添加涂层或灌封，以实现额外的高压隔离。
7. 在任何情况下，都不得在 VS、HO、VB 和 LO 引脚之间布线！对于 VCC、COM、IFB 和 ENN 引脚，也不建议这样做。
8. 自举电容器（CB）应靠近 VB 和 VS 引脚，以便与其他电路走线有足够的高压间距。
9. 自举二极管（DB）应靠近 VCC 和 VB 引脚，使阴极与其他电路走线之间有足够的高压间距。
10. 任何线路不应在 DB 下方通过，因为这样会减少间隙距离。

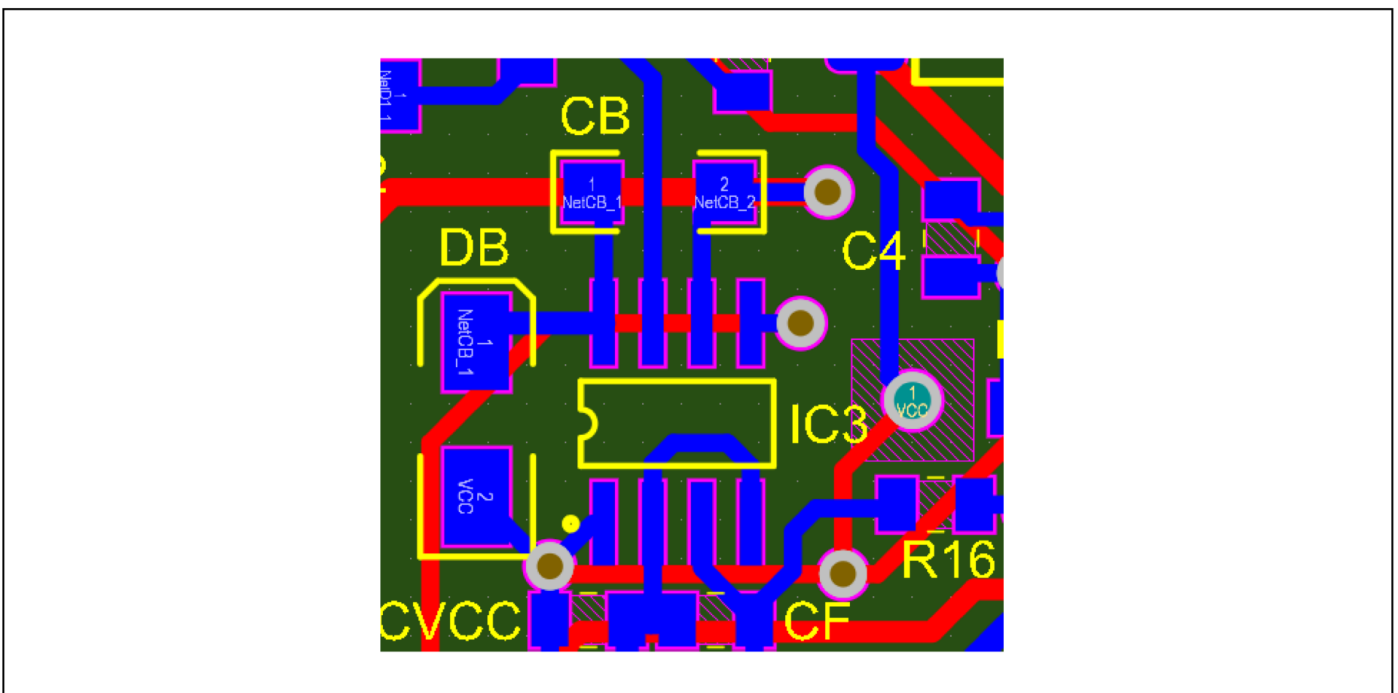


图 11 IRS25411 正确布局示例

4 封装和标识

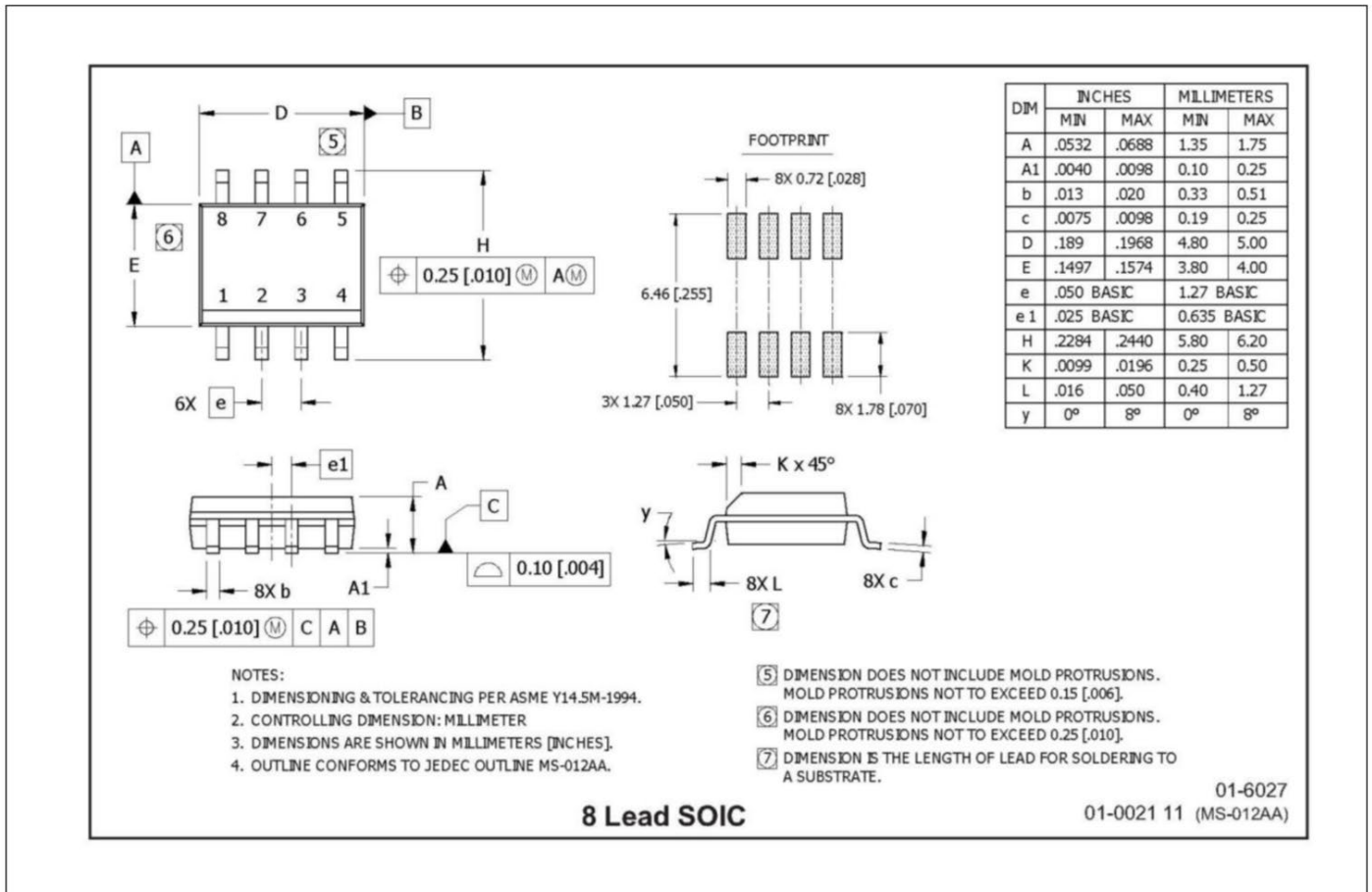
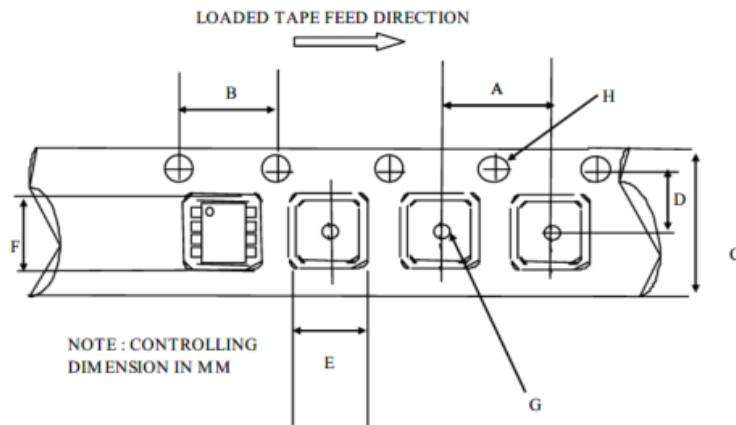
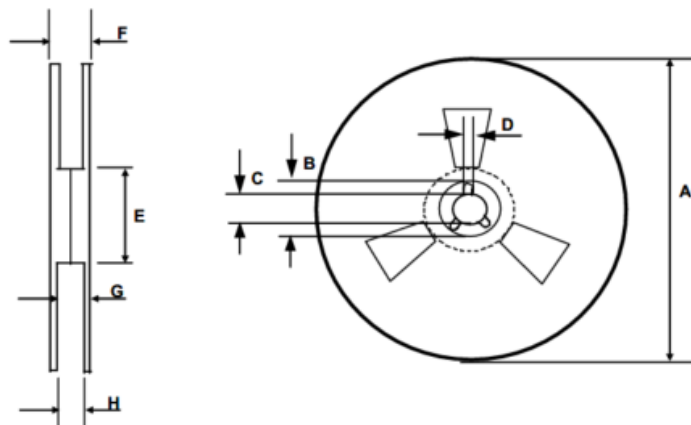


图 12 封装外形



CARRIER TAPE DIMENSION FOR 8SOICN

Code	Metric		Imperial	
	Min	Max	Min	Max
A	7.90	8.10	0.311	0.318
B	3.90	4.10	0.153	0.161
C	11.70	12.30	0.46	0.484
D	5.45	5.55	0.214	0.218
E	6.30	6.50	0.248	0.255
F	5.10	5.30	0.200	0.208
G	1.50	n/a	0.059	n/a
H	1.50	1.60	0.059	0.062



REEL DIMENSIONS FOR 8SOICN

Code	Metric		Imperial	
	Min	Max	Min	Max
A	329.60	330.25	12.976	13.001
B	20.95	21.45	0.824	0.844
C	12.80	13.20	0.503	0.519
D	1.95	2.45	0.767	0.096
E	98.00	102.00	3.858	4.015
F	n/a	18.40	n/a	0.724
G	14.50	17.10	0.570	0.673
H	12.40	14.40	0.488	0.566

图 13 卷带包装细节

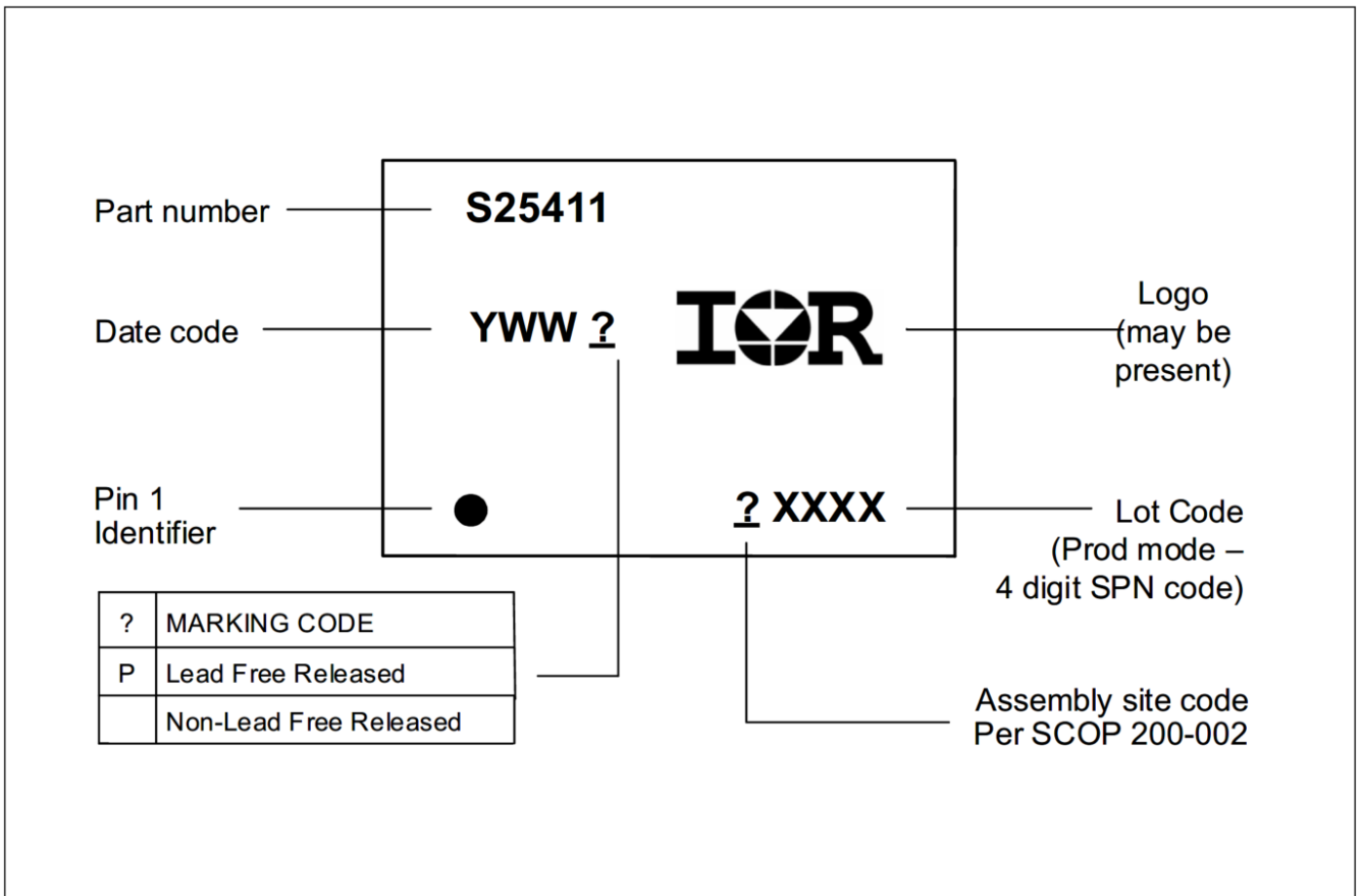


图 14 零件标记信息

修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
2.0.0	Feb 8, 2019	Updated datasheet replaces original IR version

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2019-02-06

Published by

Infineon Technologies AG

81726 München, Germany

© 2019 Infineon Technologies AG.

All Rights Reserved.

**Do you have a question about
this document?**

Email: erratum@infineon.com

Document reference

IMPORTANT NOTICE

The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics (“Beschaffheitsgarantie”).

With respect to any examples, hints or any typical values stated herein and/or any information regarding the application of the product, Infineon Technologies hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind, including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights of any third party.

In addition, any information given in this document is subject to customer's compliance with its obligations stated in this document and any applicable legal requirements, norms and standards concerning customer's products and any use of the product of Infineon Technologies in customer's applications.

The data contained in this document is exclusively intended for technically trained staff. It is the responsibility of customer's technical departments to evaluate the suitability of the product for the intended application and the completeness of the product information given in

this document with respect to such application.

For further information on the product, technology delivery terms and conditions and prices please contact your nearest Infineon Technologies office (www.infineon.com).

WARNINGS

Due to technical requirements products may contain dangerous substances. For information on the type in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by Infineon Technologies in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, Infineon Technologies' products may not be used in any applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can reasonably be expected to result in personal injury.