



内容

1 概述.....	2
2 故障模式分布 (FMD) .....	3
3 功能安全时基故障 (FIT) 率.....	4
3.1 LMR33610 和 LMR33620.....	4
3.2 LMR33630.....	5
3.3 LMR33640.....	6
4 引脚故障模式分析 (引脚 FMA) .....	7
4.1 LMR336x0 ( VQFN 封装 ) .....	8
4.2 LMR336x0 ( HSOIC 封装 ) .....	11
5 修订历史记录.....	13

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 概述

本文档介绍了采用 VQFN-12 封装 ( RNX 标识符 ) 和 HSOIC-8 封装 ( DDA 标识符 ) 的 LMR336x0，它可帮助设计功能安全系统。所提供的信息包括：

- 根据业内使用的可靠性标准估算的半导体元件功能安全时基故障 (FIT) 率
- 基于器件主要功能的元件故障模式及其分布 (FMD)
- 引脚故障模式分析 ( 引脚 FMA )

图 1-1 所示为可供参考的器件功能方框图。

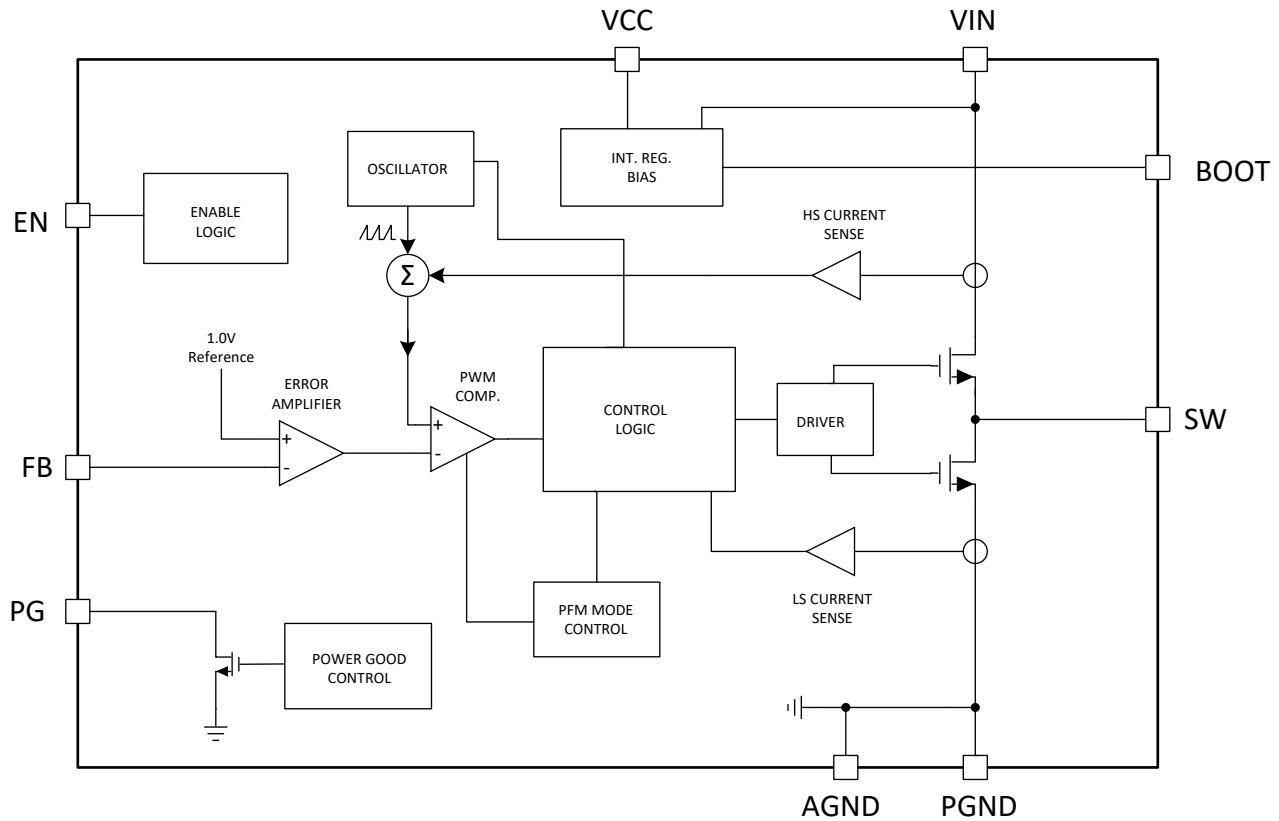


图 1-1. 功能方框图

LMR336x0 是通过质量管理开发流程开发的，但未遵循 IEC 61508 或 ISO 26262 标准。

## 2 故障模式分布 (FMD)

LMR336x0 的故障模式分布估算 (表 2-1) 摘自以下标准中列出的常见故障模式组合：IEC 61508 和 ISO 26262、子电路功能的大小和复杂性比率以及优秀工程设计评价。

本部分列出的故障模式为随机故障事件，且不包括因滥用或过压而导致的故障。

**表 2-1. 裸片故障模式及分布**

裸片故障模式	故障模式分布 (%)
SW 输出	60%
SW 输出不在电压或时序规格范围内	25%
SW 驱动器 FET 卡在开启位置	5%
PG 误跳闸或跳闸失败	5%
任意两个引脚短路	5%

表 2-1 中的 FMD 排除了隔离栅两端的短路故障。如果满足以下要求，则可根据 ISO 61800-5-2:2016 排除隔离栅上的短路故障：

1. 根据 IEC 61800-5-1，信号隔离元件为 OVC III。如果使用 SELV/PELV 电源，则污染等级 2/OVC II 适用。  
IEC 61800-5-1:2007, 4.3.6 的所有要求均适用。
2. 采取措施以确保信号隔离元件的内部故障不会导致其绝缘材料的温度过高。

爬电距离和间隙应满足应用的特定设备隔离标准中的要求。爬电距离和间隙要一直符合电路板设计的要求，从而确保印刷电路板上隔离器的安装焊盘不会导致此距离缩短。

### 3 功能安全时基故障 (FIT) 率

#### 3.1 LMR33610 和 LMR33620

本节基于业内广泛使用的以下两种不同的可靠性标准，提供了 LMR33610 和 LMR33620 的功能安全时基故障 (FIT) 率：

- [表 3-3](#) 根据 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分提供了时基故障率

**表 3-1. 元件故障率符合 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分**

时基故障 IEC TR 62380/ISO 26262	时基故障 (每 10 <sup>9</sup> 小时的故障次数)
元件的总时基故障率	10
裸片时基故障率	5
封装时基故障率	5

[表 3-3](#) 中的故障率和任务概要信息摘自可靠性数据手册 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分：

- 任务概要：表 11 中的电机控制
- 功耗：370mW
- 气候类型：全球范围表 8
- 封装因素 ( $\lambda_3$ )：表 17b：
- 基板材料：FR4
- 假设的 EOS 时基故障率：0 时基故障

### 3.2 LMR33630

本节基于业内广泛使用的以下可靠性标准，提供了 LMR33630 的功能安全时基故障 (FIT) 率：

- 表 3-2 根据 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分提供了时基故障率

**表 3-2. 元件故障率符合 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分**

时基故障 IEC TR 62380/ISO 26262	时基故障 (每 10 <sup>9</sup> 小时的故障次数)
元件的总时基故障率	13
裸片时基故障率	8
封装时基故障率	5

表 3-2 中的故障率和任务概要信息摘自可靠性数据手册 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分：

- 任务概要：表 11 中的电机控制
- 功耗：555mW
- 气候类型：全球范围表 8
- 封装因素 ( $\lambda_3$ )：表 17b：
- 基板材料：FR4
- 假设的 EOS 时基故障率：0 时基故障

### 3.3 LMR33640

本节基于业内广泛使用的以下两种不同的可靠性标准，提供了 LMR33640 的功能安全时基故障 (FIT) 率：

- [表 3-3](#) 根据 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分提供了时基故障率
- [表 3-4](#) 根据 Siemens Norm SN 29500-2 提供了时基故障率

**表 3-3. 元件故障率符合 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分**

时基故障 IEC TR 62380/ISO 26262	时基故障 (每 10 <sup>9</sup> 小时的故障次数)
元件的总时基故障率	14
裸片时基故障率	6
封装时基故障率	8

[表 3-3](#) 中的故障率和任务概要信息摘自可靠性数据手册 IEC TR 62380/ISO 26262 第 11 部分：

- 任务概要：表 11 中的电机控制
- 功耗：700mW
- 气候类型：全球范围表 8
- 封装因素 ( $\lambda_3$ )：表 17b：
- 基板材料：FR4
- 假设的 EOS 时基故障率：0 时基故障

**表 3-4. 元件故障率符合 Siemens Norm SN 29500-2**

表	类别	基准时基故障率	基准虚拟 T <sub>J</sub>
5	CMOS、BICMOS 数字、模拟/混合	25 时基故障	55°C

[表 3-4](#) 中的基准时基故障率和基准虚拟 T<sub>J</sub> (结温) 摘自 Siemens Norm SN 29500-2 表 1 至表 5。根据 SN 29500-2 第 4 节中的转换信息，利用基准故障率和虚拟结温计算出运行状态下的故障率。

## 4 引脚故障模式分析 ( 引脚 FMA )

本部分介绍了 LMR336x0-Q1 引脚的故障模式分析 (FMA)。本文档介绍的故障模式包括典型的逐针故障场景：

- 引脚短路至接地端 ( 请参阅表 4-2 和表 4-6 )
- 引脚开路 ( 请参阅表 4-3 和表 4-7 )
- 引脚短路至邻近引脚 ( 请参阅表 4-4 和表 4-8 )
- 引脚短路至 VIN ( 请参阅表 4-5 和表 4-9 )

表 4-6 到表 4-9 还会根据表 4-1 中的故障影响类别说明这些引脚状况对器件有何影响。

**表 4-1. TI 对故障影响的分类**

类别	故障影响
A	器件可能会损坏，且功能受损
B	器件未损坏，但功能丧失
C	器件未损坏，但性能下降
D	器件未损坏，功能和性能也未受到影响

以下是本部分针对引脚 FMA 的使用假设和器件配置：

- 按照相应器件数据表中的“*建议运行条件*”和“*绝对最大额定值*”使用器件。
- 按照相应器件数据表中的“*示例应用电路*”进行配置。

#### 4.1 LMR336x0 ( VQFN 封装 )

图 4-1 所示为 LMR336x0 的 VQFN-12 封装 ( RNX 标识符 ) 引脚图。有关器件引脚的详细说明，请参阅相应器件数据表中的“引脚配置和功能”部分。

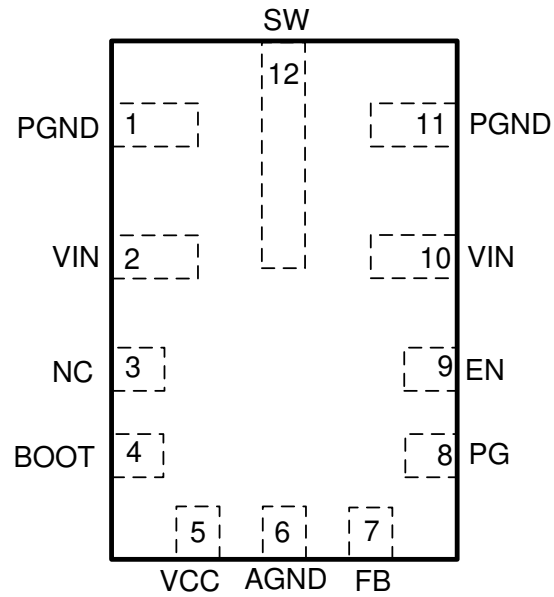


图 4-1. 引脚图



**表 4-2. 适用于短路到接地端的器件引脚的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1,11	没有影响	D
VIN	2,10	器件将无法运行。不会产生任何输出电压。输出电容器将通过输入短路放电。大的反向电流可能会损坏器件。	A
N/C	3	如果客户不使用此引脚，则没有影响。	D
		当用于 SW 节点布线以连接 CBOOT ( 根据建议 ) 时，会损坏内部功率 FET 和/或其他内部电路。	A
BOOT	4	损坏内部电路	A
VCC	5	故障模式将关闭器件	B
AGND	6	没有影响	D
FB	7	稳压器将以最大占空比运行。输出电压将上升到接近输入电压 (VIN) 的水平。可能会损坏客户负载和/或输出级组件。对器件没有影响。	B
PG	8	电源正常状态指示功能将丧失。	B
EN	9	丧失 ENABLE 功能。器件将保持关闭模式。	B
SW	12	损坏内部功率 FET 和/或其他内部电路	A

**表 4-3. 适用于开路器件引脚的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1,11	一个或两个引脚都断开时，可能会损坏器件。	A
VIN	2,10	两个引脚都断开时：损失输出电压。一个引脚断开时：可能会损坏器件。	A
N/C	3	如果客户不使用此引脚，则没有影响。	D
		当用于 SW 节点布线以连接 CBOOT ( 根据建议 ) 时，影响与“引脚 4 打开”相同	B
BOOT	4	丧失输出电压调节功能；输出电压过低或无输出电压。	B
VCC	5	VCC LDO 将变得不稳定。丧失输出电压调节功能，并可能损坏内部电路。	A
AGND	6	丧失输出电压调节功能。可能会损坏内部电路。	A
FB	7	丧失输出电压调节功能。输出电压可能会上升或下降到预期的调节窗口之外。	B
PG	8	PG 状态指示功能将丧失。	B
EN	9	丧失 ENABLE 功能。运行不稳定；可能丧失调节功能。	B
SW	12	输出电压损失。	B

**表 4-4. 适用于短路到邻近引脚的器件引脚的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	短路到	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1	VIN	器件将无法运行。不会产生任何输出电压。输出电容器将通过输入短路放电。大的反向电流可能会损坏器件。	A
VIN	2	N/C	如果客户不使用此引脚，则没有影响。	D
			当用于 SW 节点布线以连接 CBOOT ( 根据建议 ) 时，输出电压将上升到接近 VIN 水平。将损坏客户负载。可能会损坏器件	A
N/C	3	BOOT	如果客户不使用此引脚，则没有影响。	D
			当用于 SW 节点布线以连接 CBOOT ( 根据建议 ) 时，会损坏内部电路。不会产生任何输出电压。	A
BOOT	4	VCC	丧失输出调节功能，可能损坏内部电路	A
VCC	5	AGND	故障模式将关闭器件	B
AGND	6	FB	稳压器将以最大占空比运行。输出电压将上升到接近输入电压 (VIN) 的水平。可能会损坏客户负载和/或输出级组件。对器件没有影响。	B
FB	7	PG	运行不稳定；可能丧失调节功能。可能会升高输出电压或损坏客户负载。	B
PG	8	EN	运行不稳定；可能丧失调节功能。	B
EN	9	VIN	这是 EN 输入端的有效连接。ENABLE 功能将丧失；器件将保持开启。	B
VIN	10	PGND	器件将无法运行。不会产生任何输出电压。输出电容器将通过输入短路放电。大的反向电流可能会损坏器件。	A
PGND	11	SW	损坏内部功率 FET 和/或其他内部电路	A

**表 4-5. 适用于短路到 VIN 的器件引脚的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1,11	器件将无法运行。不会产生任何输出电压。输出电容器将通过输入短路放电。大的反向电流可能会损坏器件。	A
VIN	2,10	没有影响。	D
N/C	3	如果客户不使用此引脚，则没有影响。	D
		当用于 SW 节点布线以连接 CBOOT ( 根据建议 ) 时，输出电压将上升到接近 VIN 水平。将损坏客户负载。可能损坏器件	A
BOOT	4	损坏内部电路	A
VCC	5	VIN>5.5V 时会损坏内部电路	A
AGND	6	可能损坏内部电路或封装	A
FB	7	VIN>5.5V 时会损坏内部电路。	A
PG	8	损坏内部电路。	A
EN	9	不会对器件造成损坏。丧失 ENABLE 功能。	B
SW	12	输出电压将上升到接近 VIN 水平。将损坏客户负载。可能损坏器件	A

## 4.2 LMR336x0 ( HSOIC 封装 )

图 4-2 所示为 LMR336x0 的 HSOIC-8 封装 ( DDA 标识符 ) 引脚图。有关器件引脚的详细说明，请参阅相应器件数据表中的“引脚配置和功能”部分。

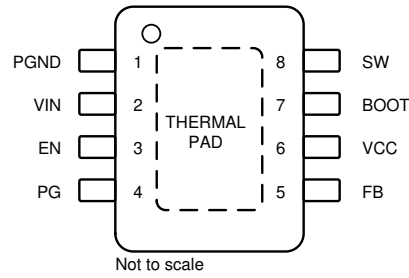


图 4-2. 引脚图

**表 4-6. 适用于短路到接地端的器件引脚的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1	没有影响	D
VIN	2	器件将无法运行。不会产生任何输出电压。输出电容器将通过输入短路放电。大的反向电流可能会损坏器件。	A
N/C	3	丧失 ENABLE 功能。器件将保持关闭模式。	B
BOOT	4	电源正常状态指示功能将丧失。	B
VCC	5	稳压器将以最大占空比运行。输出电压将上升到接近输入电压 (VIN) 的水平。可能会损坏客户负载和/或输出级组件。对器件没有影响。	B
AGND	6	没有影响	D
FB	7	损坏内部电路	A
PG	8	损坏内部功率 FET 和/或其他内部电路	A

**表 4-7. 适用于开路器件引脚的引脚 FMA**

引脚名称	引脚编号	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1	可能会损坏器件。	A
VIN	2	输出电压损失。	B
EN	3	丧失 ENABLE 功能。运行不稳定；可能丧失调节功能。	B
PG	4	PG 状态指示功能将丧失。	B
FB	5	丧失输出电压调节功能。输出电压可能会上升或下降到预期的调节窗口之外。	B
VCC	6	VCC LDO 将变得不稳定。丧失输出电压调节功能，并可能损坏内部电路。	A
BOOT	7	丧失输出电压调节功能；输出电压过低或无输出电压。	B
SW	8	输出电压损失。	B

表 4-8. 适用于短路到邻近引脚的器件引脚的引脚 FMA

引脚名称	引脚编号	短路到	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1	VIN	器件将无法运行。不会产生任何输出电压。输出电容器将通过输入短路放电。大的反向电流可能会损坏器件。	A
VIN	2	EN	这是 EN 输入端的有效连接。ENABLE 功能将丧失；器件将保持开启。	B
EN	3	PG	运行不稳定；可能丧失调节功能。	B
FB	5	VCC	输出电压将下降到接近零伏。	B
VCC	6	BOOT	丧失输出调节功能，可能损坏内部电路	A
BOOT	7	SW	损坏内部电路。不会产生任何输出电压。	A

表 4-9. 适用于短路到 VIN 的器件引脚的引脚 FMA

引脚名称	引脚编号	对潜在故障影响的说明	故障影响类别
PGND	1	器件将无法运行。不会产生任何输出电压。输出电容器将通过输入短路放电。大的反向电流可能会损坏器件。	A
VIN	2	没有影响。	D
EN	3	不会对器件造成损坏。丧失 ENABLE 功能。	B
PG	4	损坏内部电路。	A
FB	5	VIN>5.5V 时将会损坏内部电路。	A
VCC	6	VIN>5.5V 时会损坏内部电路	A
BOOT	7	损坏内部电路	A
SW	8	输出电压将上升到接近 VIN 水平。将损坏客户负载。可能会损坏器件	A

## 5 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 \* (November 2020) to Revision A (March 2021)

Page

- 更新了表 4-6 中的 AGND..... 11

## 重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司