

# 用于半桥谐振转换器的功率开关

## FSFR-XS 系列

### 说明

FSFR-XS 系列包括高度集成的电源开关，专为高效率半桥谐振转换器而设计。它提供构建可靠、强健的谐振转换器所需的一切，FSFR-XS 系列不仅简化了设计，同时提高了生产力和性能。FSFR-XS 系列将 Power MOSFET 与快速恢复型二极管、高侧栅极驱动电路、精确电流控制的振荡器、频率限制电路、软启动和内置保护功能整合在一起。高侧栅极驱动电路具有共模噪声消除功能，通过卓越的抗噪能力确保运行稳定。MOSFET 的快速恢复型二极管可提高可靠性，防止异常操作情况的发生，同时又能将反向恢复的影响降至最低。使用零电压开关 (ZVS) 技术可显著降低开关损耗并提高效率。ZVS 还可显著降低开关噪声，允许使用小尺寸的电磁干扰 (EMI) 滤波器。

### 特性

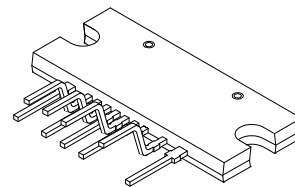
- 为半桥谐振转换器拓扑提供了 50% 占空比的变频控制
- 通过零电压开关 (ZVS) 实现高效率
- 具有快速恢复型二极管的内部 UniFET™
- 为 MOSFET 优化的固定死区时间 (350 ns)
- 工作频率最高可达 300 kHz
- 利用外部 LVCC 实现所有保护的自动重新启动操作
- 保护功能 过压保护 (OVP)、过流保护 (OCP)、异常过流保护 (AOCP)、内部热关断 (TSD)

### 应用

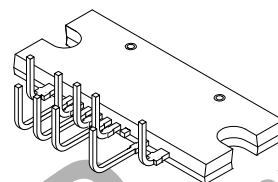
- 等离子 (PDP) 与液晶 (LCD) 电视
- 台式计算机与服务器
- 适配器
- 通信电源

### 相关资源

[AN-4151](#) - 使用 FSFR 系列功率开关的半桥 LLC 谐振转换器设计

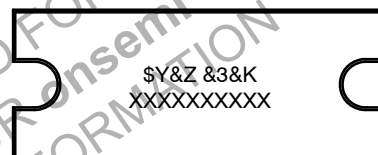


SIP9 26x10.5  
CASE 127EM



SIP9 26x10.5  
CASE 127EN

### MARKING DIAGRAM



\$Y = onsemi Logo  
&Z = Assembly Plant Code  
&3 = 3-Digit Date Code  
&K = 2-Digits Lot Run Traceability Code  
XXXXXXXXXX = Device Code

### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 2 of this data sheet.

## 订购信息

| 器件编号        | 封装            | 工作结温         | R <sub>DS(ON_MAX)</sub> | 不带散热片的最大输出功率<br>(V <sub>IN</sub> = 350~400 V) (注意 1, 2) | 带散热片的最大输出功率<br>(V <sub>IN</sub> = 350~400 V) (注意 1, 2) |
|-------------|---------------|--------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| FSFR2100XS  | 9-SIP         | -40 至 +130°C | 0.51 Ω                  | 180 W                                                   | 400 W                                                  |
| FSFR1800XS  |               |              | 0.95 Ω                  | 120 W                                                   | 260 W                                                  |
| FSFR1700XS  |               |              | 1.25 Ω                  | 100 W                                                   | 200 W                                                  |
| FSFR1600XS  |               |              | 1.55 Ω                  | 80 W                                                    | 160 W                                                  |
| FSFR2100XSL | 9-SIP<br>L-成型 |              | 0.51 Ω                  | 180 W                                                   | 400 W                                                  |
| FSFR1800XSL |               |              | 0.95 Ω                  | 120 W                                                   | 260 W                                                  |
| FSFR1700XSL |               |              | 1.25 Ω                  | 100 W                                                   | 200 W                                                  |
| FSFR1600XSL |               |              | 1.55 Ω                  | 80 W                                                    | 160 W                                                  |

1. 结温可限制最大输出功率。
2. 50°C 环境温度时开架式设计中的最大实际持续功率。

### 应用电路图

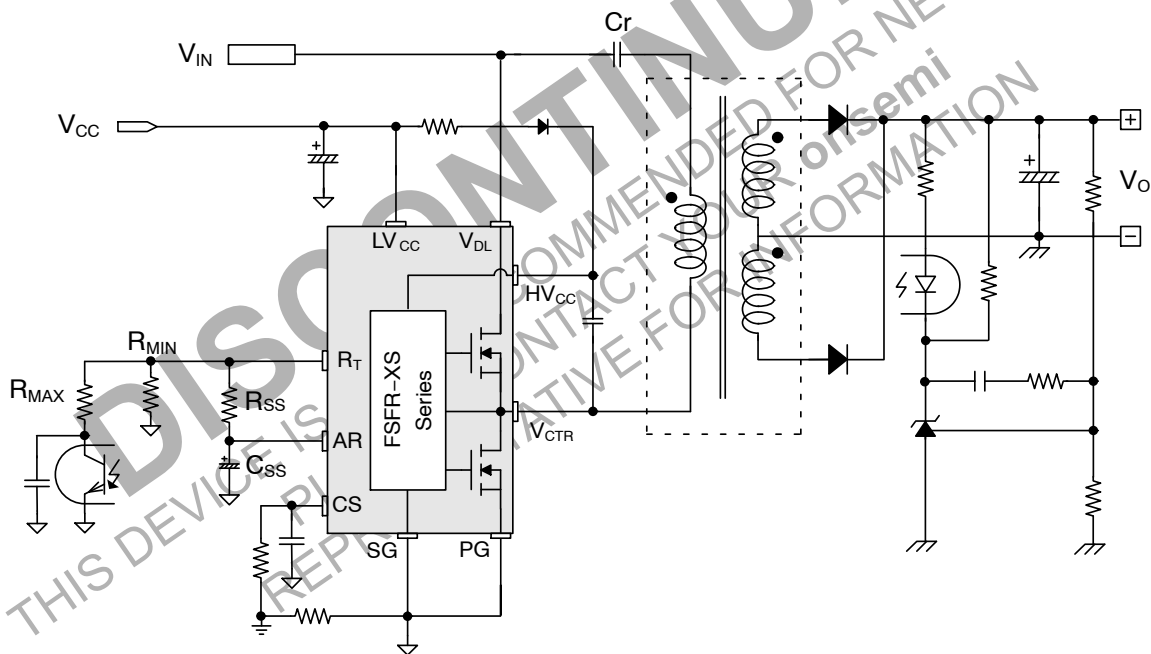


图 1. 典型应用电路 (LLC 谐振半桥转换器)

框图

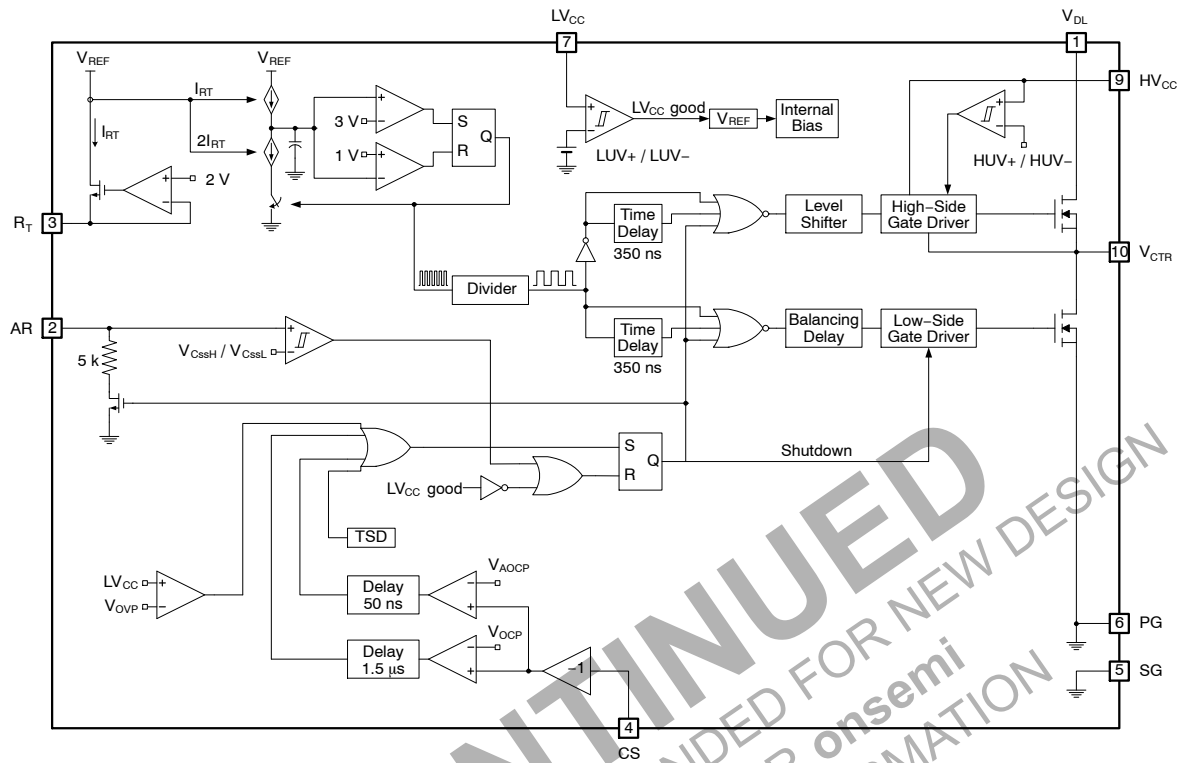


图 2. 内部框图

## 引脚布局

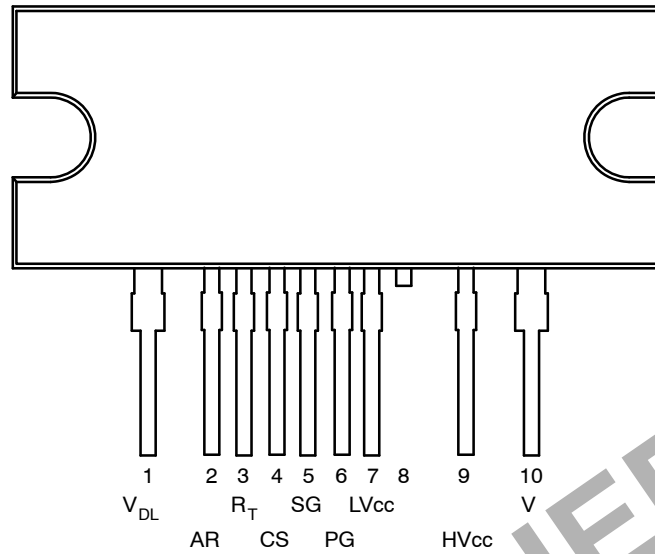


图 3. 封装图

## 引脚定义

| 引脚号 | 名称               | 说明                                                               |
|-----|------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1   | V <sub>DL</sub>  | 这是高侧 MOSFET 的漏极，通常连接至高压直流输入。                                     |
| 2   | AR               | 此引脚用于在任何保护机制被触发时对外部软启动电容放电。当此引脚的电压降至 0.2 V 时，将复位所有保护并且控制器再次开始工作。 |
| 3   | R <sub>T</sub>   | 该引脚用于编程开关频率。一般地，需要光耦连接到该引脚，用来调节输出电压的开关频率。                        |
| 4   | CS               | 此引脚检测流经低侧 MOSFET 的电流。典型地，负电压被施加到该引脚。                             |
| 5   | SG               | 该引脚为控制地。                                                         |
| 6   | PG               | 该引脚为电源地。该引脚连接到低侧 MOSFET 的源极。                                     |
| 7   | LV <sub>CC</sub> | 该引脚为控制 IC 的供电电压。                                                 |
| 8   | NC               | 无连接。                                                             |
| 9   | HV <sub>CC</sub> | 这是高侧栅极驱动电路 IC 的电源电压。                                             |
| 10  | V <sub>CTR</sub> | 这是低侧 MOSFET 的漏极。典型地，变压器连接到该引脚。                                   |

绝对最大额定值 ( $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 除非另有说明。)

| 符号                                  | 参数                                                                   |              | 最小值  | 最大值              | 单位   |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|------|------------------|------|
| V <sub>DS</sub>                     | 最大漏极至源极电压 (V <sub>DL</sub> -V <sub>CTR</sub> 和 V <sub>CTR</sub> -PG) |              | 500  | –                | V    |
| LV <sub>CC</sub>                    | 低侧电源电压                                                               |              | –0.3 | 25.0             | V    |
| HV <sub>CC</sub> 至 V <sub>CTR</sub> | 高侧 V <sub>CC</sub> 引脚至低侧漏极电压                                         |              | –0.3 | 25.0             | V    |
| HV <sub>CC</sub>                    | 高侧浮动电源电压                                                             |              | –0.3 | 525.0            | V    |
| V <sub>AR</sub>                     | 自动重启引脚输入电压                                                           |              | –0.3 | LV <sub>CC</sub> | V    |
| V <sub>CS</sub>                     | 电流感测 (CS) 引脚输入电压                                                     |              | –5.0 | 1.0              | V    |
| V <sub>RT</sub>                     | R <sub>T</sub> 引脚输入电压                                                |              | –0.3 | 5.0              | V    |
| dV <sub>CTR</sub> /dt               | 允许的低侧 MOSFET 漏极电压压摆率                                                 |              | –    | 50               | V/ns |
| P <sub>D</sub>                      | 总功耗 (注意 3)                                                           | FSFR2100XS/L | –    | 12.0             | W    |
|                                     |                                                                      | FSFR1800XS/L | –    | 11.7             |      |
|                                     |                                                                      | FSFR1700XS/L | –    | 11.6             |      |
|                                     |                                                                      | FSFR1600XS/L | –    | 11.5             |      |
| T <sub>J</sub>                      | 最大结温 (注意 4)                                                          | –            | +150 | °C               |      |
|                                     | 推荐的工作结温 (注意 4)                                                       | –40          | +130 |                  |      |
| T <sub>STG</sub>                    | 存储温度范围                                                               |              | –55  | +150             | °C   |

#### MOSFET 部分

|                  |                                 |              |                        |     |      |   |
|------------------|---------------------------------|--------------|------------------------|-----|------|---|
| V <sub>DGR</sub> | 漏极栅极电压 (R <sub>GS</sub> = 1 MΩ) |              | 500                    | –   | V    |   |
| V <sub>GS</sub>  | 栅极源极 (GND) 电压                   |              | –                      | ±30 | V    |   |
| I <sub>DM</sub>  | 脉冲漏电流 (注意 5)                    | FSFR2100XS/L | –                      | 32  | A    |   |
|                  |                                 | FSFR1800XS/L | –                      | 23  |      |   |
|                  |                                 | FSFR1700XS/L | –                      | 20  |      |   |
|                  |                                 | FSFR1600XS/L | –                      | 18  |      |   |
| I <sub>D</sub>   | 连续漏极电流                          | FSFR2100XS/L | T <sub>C</sub> = 25°C  | –   | 10.5 | A |
|                  |                                 |              | T <sub>C</sub> = 100°C | –   | 6.5  |   |
|                  |                                 | FSFR1800XS/L | T <sub>C</sub> = 25°C  | –   | 7.0  |   |
|                  |                                 |              | T <sub>C</sub> = 100°C | –   | 4.5  |   |
|                  |                                 | FSFR1700XS/L | T <sub>C</sub> = 25°C  | –   | 6.0  |   |
|                  |                                 |              | T <sub>C</sub> = 100°C | –   | 3.9  |   |
|                  |                                 | FSFR1600XS/L | T <sub>C</sub> = 25°C  | –   | 4.5  |   |
|                  |                                 |              | T <sub>C</sub> = 100°C | –   | 2.7  |   |

#### 封装部分

|    |        |     |        |
|----|--------|-----|--------|
| 扭矩 | 建议螺栓扭矩 | 5~7 | kgf·cm |
|----|--------|-----|--------|

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

(参考译文)

如果电压超过最大额定值表中列出的值范围, 器件可能会损坏。如果超过任何这些限值, 将无法保证器件功能, 可能会导致器件损坏, 影响可靠性。

3. 每个 MOSFET (两个 MOSFET 都导通)。

4. 所推荐的工作节温最大值受限于热保护功能。

5. 脉冲宽度受限于最大结温。

热阻测试 ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 除非另有说明。)

| 符号            | 参数                     | 数值           | 单位    |
|---------------|------------------------|--------------|-------|
| $\theta_{JC}$ | 结壳中心热阻 (两个 MOSFET 导通时) | FSFR2100XS/L | 10.44 |
|               |                        | FSFR1800XS/L | 10.68 |
|               |                        | FSFR1700XS/L | 10.79 |
|               |                        | FSFR1600XS/L | 10.89 |
| $\theta_{JA}$ | 节-环境之间热阻               | FSFR XS系列    | 80    |

电气特性 ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 除非另有说明。)

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----|----|------|-----|-----|-----|----|
|----|----|------|-----|-----|-----|----|

#### MOSFET 部分

|              |                      |              |                                                                                                        |     |      |      |          |
|--------------|----------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|------|----------|
| $BV_{DSS}$   | 漏极至源极击穿 电压           |              | $I_D = 200 \mu\text{A}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$                                                     | 500 | –    | –    | V        |
|              |                      |              | $I_D = 200 \mu\text{A}$ , $T_A = 125^\circ\text{C}$                                                    | –   | 540  | –    |          |
| $R_{DS(ON)}$ | 导通电阻                 | FSFR2100XS/L | $V_{GS} = 10 \text{ V}$ , $I_D = 6.0 \text{ A}$                                                        | –   | 0.41 | 0.51 | $\Omega$ |
|              |                      | FSFR1800XS/L | $V_{GS} = 10 \text{ V}$ , $I_D = 3.0 \text{ A}$                                                        | –   | 0.77 | 0.95 |          |
|              |                      | FSFR1700XS/L | $V_{GS} = 10 \text{ V}$ , $I_D = 2.0 \text{ A}$                                                        | –   | 1.00 | 1.25 |          |
|              |                      | FSFR1600XS/L | $V_{GS} = 10 \text{ V}$ , $I_D = 2.25 \text{ A}$                                                       | –   | 1.25 | 1.55 |          |
| $t_{rr}$     | 体二极管反向恢复时间<br>(注意 6) | FSFR2100XS/L | $V_{GS} = 0 \text{ V}$ , $I_{Diode} = 10.5 \text{ A}$ ,<br>$dI_{Diode}/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$ | –   | 120  | –    | ns       |
|              |                      | FSFR1800XS/L | $V_{GS} = 0 \text{ V}$ , $I_{Diode} = 7.0 \text{ A}$ ,<br>$dI_{Diode}/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$  | –   | 160  | –    |          |
|              |                      | FSFR1700XS/L | $V_{GS} = 0 \text{ V}$ , $I_{Diode} = 6.0 \text{ A}$ ,<br>$dI_{Diode}/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$  | –   | 160  | –    |          |
|              |                      | FSFR1600XS/L | $V_{GS} = 0 \text{ V}$ , $I_{Diode} = 4.5 \text{ A}$ ,<br>$dI_{Diode}/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$  | –   | 90   | –    |          |
| $C_{ISS}$    | 输入电容 (注意 6)          | FSFR2100XS/L | $V_{DS} = 25 \text{ V}$ , $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ,<br>$f = 1.0 \text{ MHz}$                            | –   | 1175 | –    | pF       |
|              |                      | FSFR1800XS/L |                                                                                                        | –   | 639  | –    | pF       |
|              |                      | FSFR1700XS/L |                                                                                                        | –   | 512  | –    | pF       |
|              |                      | FSFR1600XS/L |                                                                                                        | –   | 412  | –    | pF       |
| $C_{OSS}$    | 输出电容 (注意 6)          | FSFR2100XS/L | $V_{DS} = 25 \text{ V}$ , $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ,<br>$f = 1.0 \text{ MHz}$                            | –   | 155  | –    | pF       |
|              |                      | FSFR1800XS/L |                                                                                                        | –   | 82.1 | –    | pF       |
|              |                      | FSFR1700XS/L |                                                                                                        | –   | 66.5 | –    | pF       |
|              |                      | FSFR1600XS/L |                                                                                                        | –   | 52.7 | –    | pF       |

#### 电源部分

|            |                           |                                     |   |     |     |               |
|------------|---------------------------|-------------------------------------|---|-----|-----|---------------|
| $I_{LK}$   | 偏置漏电流                     | $HV_{CC} = V_{CTR} = 500 \text{ V}$ | – | –   | 50  | $\mu\text{A}$ |
| $I_{QHVC}$ | $HV_{CC}$ 静态电源电流          | $(HV_{CC}UV+) - 0.1 \text{ V}$      | – | 50  | 120 | $\mu\text{A}$ |
| $I_{QLVC}$ | $LV_{CC}$ 静态电源电流          | $(LV_{CC}UV+) - 0.1 \text{ V}$      | – | 100 | 200 | $\mu\text{A}$ |
| $I_{OHVC}$ | 工作 $HV_{CC}$ 电源电流 (RMS 值) | $f_{OSC} = 100 \text{ kHz}$         | – | 6   | 9   | mA            |
|            |                           | 无开关                                 | – | 100 | 200 | $\mu\text{A}$ |
| $I_{OLVC}$ | 工作 $LV_{CC}$ 电源电流 (RMS 值) | $f_{OSC} = 100 \text{ kHz}$         | – | 7   | 11  | mA            |
|            |                           | 无开关                                 | – | 2   | 4   | mA            |

电气特性 ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 除非另有说明。) (continued)

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----|----|------|-----|-----|-----|----|
|----|----|------|-----|-----|-----|----|

#### UVLO 部分

|              |                                    |  |      |      |      |   |
|--------------|------------------------------------|--|------|------|------|---|
| $LV_{CCUV+}$ | $LV_{CC}$ 电源欠压正向阈值 ( $LV_{CC}$ 启动) |  | 11.2 | 12.5 | 13.8 | V |
| $LV_{CCUV-}$ | $LV_{CC}$ 电源欠压负向阈值 ( $LV_{CC}$ 停止) |  | 8.9  | 10.0 | 11.1 | V |
| $LV_{CCUVH}$ | $LV_{CC}$ 电源欠压滞回                   |  | –    | 2.50 | –    | V |
| $HV_{CCUV+}$ | $HV_{CC}$ 电源欠压正向阈值 ( $HV_{CC}$ 启动) |  | 8.2  | 9.2  | 10.2 | V |
| $HV_{CCUV-}$ | $HV_{CC}$ 电源欠压负向阈值 ( $HV_{CC}$ 停止) |  | 7.8  | 8.7  | 9.6  | V |
| $HV_{CCUVH}$ | $HV_{CC}$ 电源欠压滞回                   |  | –    | 0.5  | –    | V |

#### 振荡器与反馈部分

|           |             |                                                                 |     |     |     |     |
|-----------|-------------|-----------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| $V_{RT}$  | V-I 转换器阈值电压 | $R_T = 5.2\text{ k}\Omega$                                      | 1.5 | 2.0 | 2.5 | V   |
| $f_{OSC}$ | 输出振荡频率      |                                                                 | 94  | 100 | 106 | kHz |
| DC        | 输出占空比       |                                                                 | 48  | 50  | 52  | %   |
| $f_{SS}$  | 内部软启动初始频率   | $f_{SS} = f_{OSC} + 40\text{ kHz}$ , $R_T = 5.2\text{ k}\Omega$ | –   | 140 | –   | kHz |
| $t_{SS}$  | 内部软启动时间     |                                                                 | 2   | 3   | 4   | ms  |

#### 保护部分

|               |                                     |                         |       |       |       |                  |
|---------------|-------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|------------------|
| $V_{C_{SS}H}$ | 开始电压至放电 $C_{SS}$                    |                         | 0.9   | 1.0   | 1.1   | V                |
| $V_{C_{SS}L}$ | 充电 $C_{SS}$ 和重启的开始电压                |                         | 0.16  | 0.20  | 0.24  | V                |
| $V_{OVP}$     | $LV_{CC}$ 过压保护                      | $LV_{CC} > 21\text{ V}$ | 21    | 23    | 25    | V                |
| $V_{AOCP}$    | AOCPP 阈值电压                          |                         | –1.0  | –0.9  | –0.8  | V                |
| $t_{BAO}$     | AOCPP 消隐时间 (注意 6)                   | $V_{CS} < V_{AOCP}$     | –     | 50    | –     | ns               |
| $V_{OCP}$     | OCP 阈值电压                            |                         | –0.64 | –0.58 | –0.52 | V                |
| $t_{BO}$      | OCP 消隐时间 (注意 6)                     | $V_{CS} < V_{OCP}$      | 1.0   | 1.5   | 2.0   | $\mu\text{s}$    |
| $t_{DA}$      | 延迟时间 (低侧) 从 $V_{AOCP}$ 检测到关断 (注意 6) |                         | –     | 250   | 400   | ns               |
| $T_{SD}$      | 热关闭温度 (注意 6)                        |                         | 120   | 135   | 150   | $^\circ\text{C}$ |

#### 死区时间控制部分

|       |             |  |   |     |   |    |
|-------|-------------|--|---|-----|---|----|
| $D_T$ | 死区时间 (注意 7) |  | – | 350 | – | ns |
|-------|-------------|--|---|-----|---|----|

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

(参考译文)

除非另有说明,“电气特性”表格中列出的是所列测试条件下的产品性能参数。如果在不同条件下运行,产品性能可能与“电气特性”表格中所列性能参数不一致。

6. 该参数由设计保证;未经产品测试

7. 这些参数尽管经过保证,也仅在 EDS (硅片测试) 过程中测试。

## 典型性能特征

(这些特性图在  $T_A = 25^\circ\text{C}$  下标准化。)

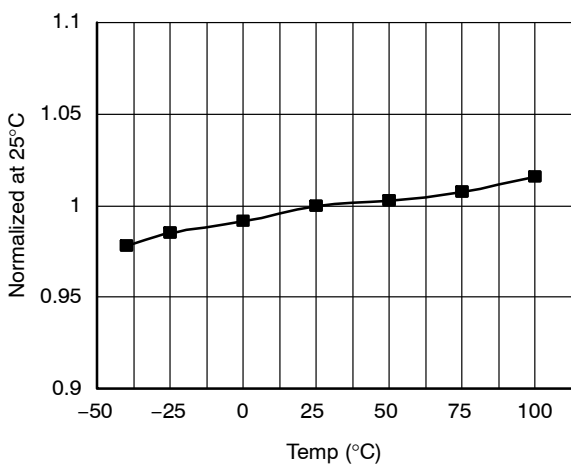


图 4. 低侧 MOSFET 占空比与温度的关系

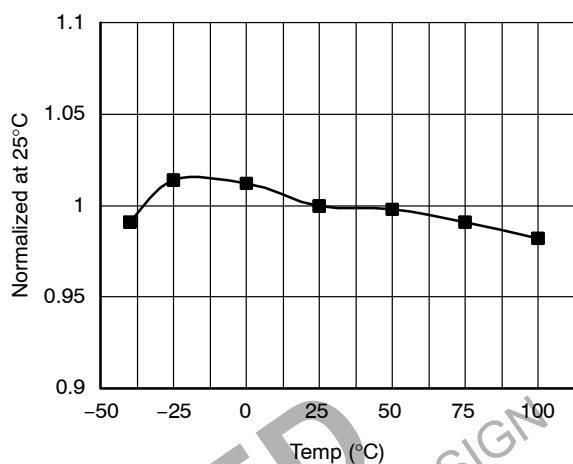


图 5. 开关频率与温度的关系

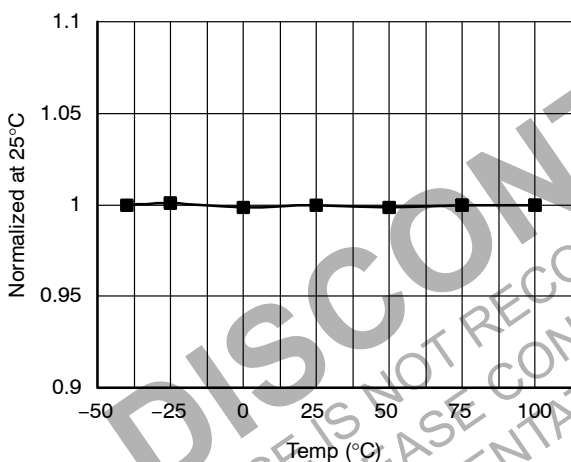


图 6. 高侧  $V_{CC}$  (HV $_{CC}$ ) 启动与温度的关系

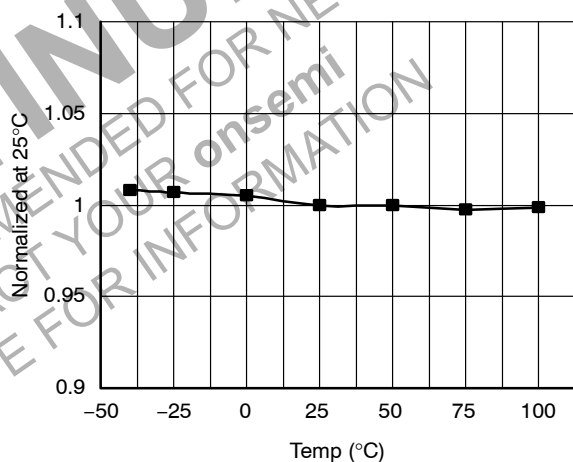


图 7. 高侧  $V_{CC}$  (HV $_{CC}$ ) 停止与温度的关系

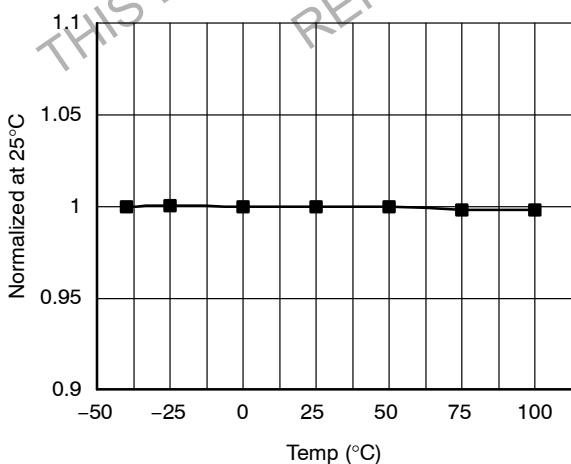


图 8. 低侧  $V_{CC}$  (LV $_{CC}$ ) 启动与温度的关系

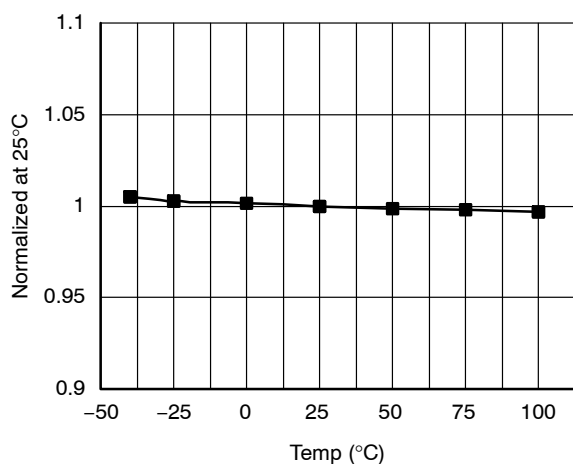


图 9. 低侧  $V_{CC}$  (LV $_{CC}$ ) 停止与温度的关系

典型性能特征 (接上页)  
(这些特性图在  $T_A = 25^\circ\text{C}$  下标准化。)

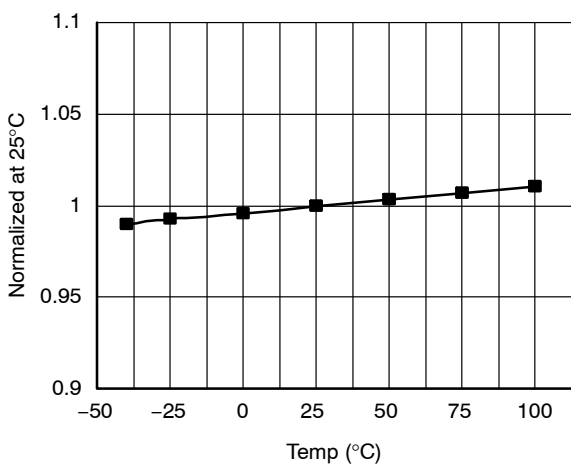


图 10. LVCC OVP 电压与温度的关系

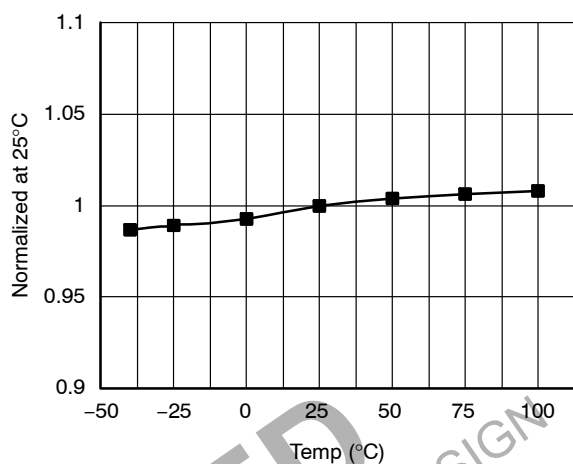


图 11.  $R_T$  电压与温度的关系

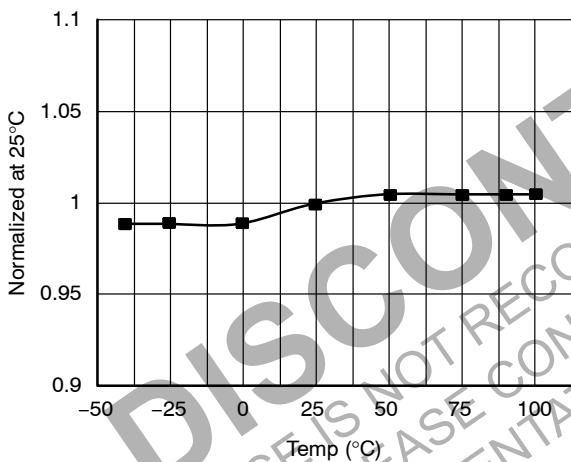


图 12.  $V_{CSSL}$  与温度的关系

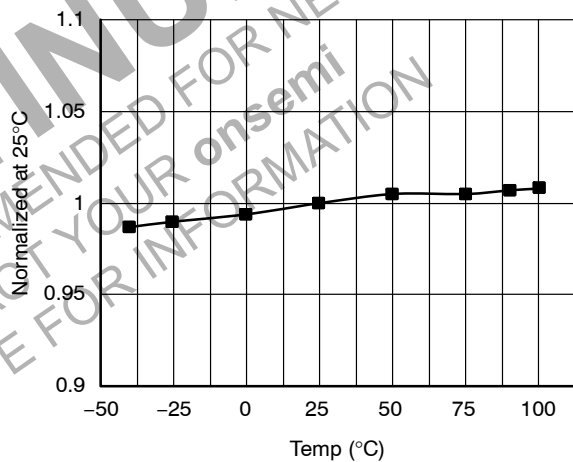


图 13.  $V_{CSSH}$  与温度的关系

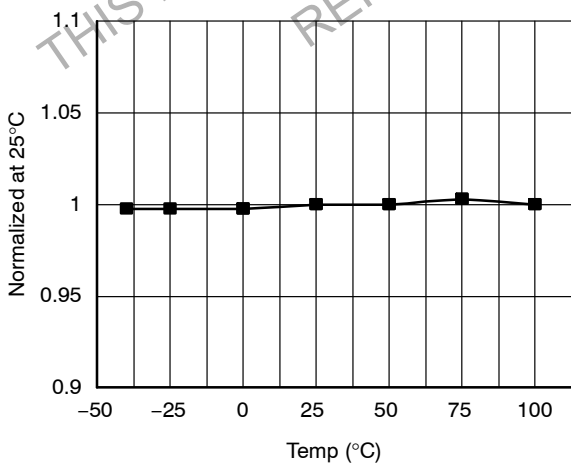


图 14. OCP 电压与温度的关系

## 功能说明

### 基本操作

FSFR-XS 系列设计为驱动高侧和低侧 MOSFET，各占 50% 占空比。在连续转换期间引入了固定死区时间 350 ns，如图 15 所示。

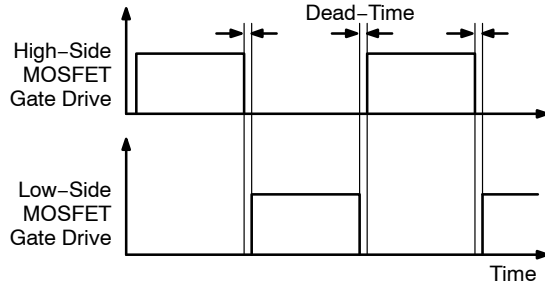


图 15. MOSFET 栅极驱动信号

### 内部振荡器

FSFR-XS 系列采用电流控制的振荡器，如图 16 所示。在内部， $R_T$  引脚的电压调节在 2 V，并且振荡器电容  $C_T$  的充电/放电电流通过使用电流镜像复制从  $R_T$  引脚 ( $I_{CTC}$ ) 流出的电流来获得。因此，开关频率随着  $I_{CTC}$  的增加而增加。

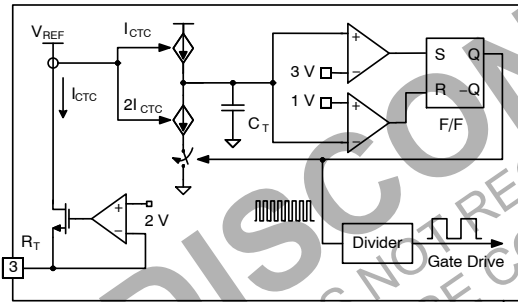


图 16. 电流控制的振荡器

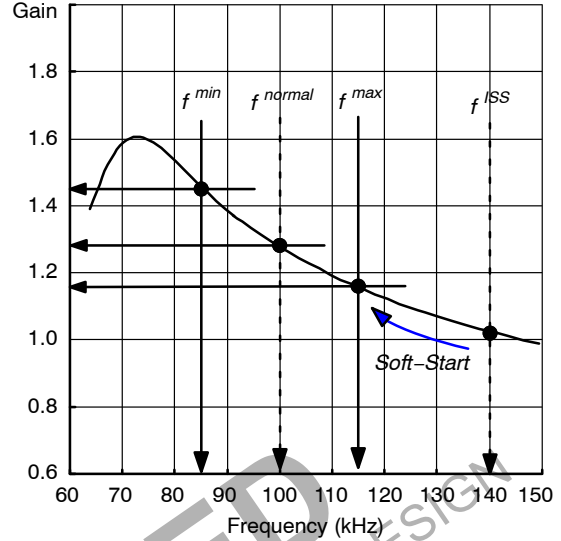


图 17. 谐振转换器典型增益曲线

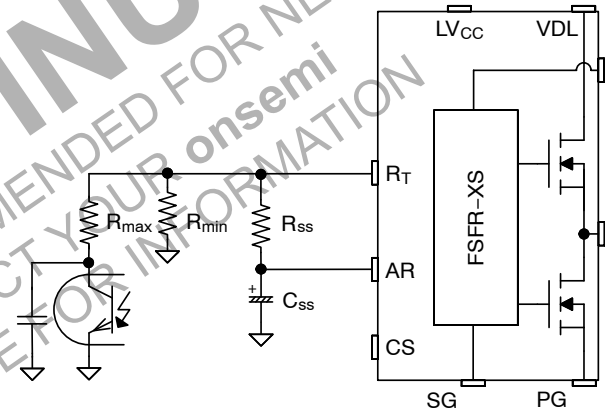


图 18. 频率控制电路

### 频率设置

图 17 显示谐振转换器的典型电压增益曲线，其中增益与 ZVS 区中的开关频率成反比。输出电压可通过调制开关频率来调节。图 18 显示  $R_T$  引脚的典型电路配置，其中光电耦合器电阻连接至  $R_T$  引脚以调制开关频率。

最小开关频率由下式确定：

$$f_{min} = \frac{5.2 \text{ k}\Omega}{R_{min}} \times 100 \text{ (kHz)} \quad (\text{eq. 1})$$

假定光电耦合器电阻的饱和电压为 0.2 V，则最大开关频率由下式确定：

$$f_{max} = \left( \frac{5.2 \text{ k}\Omega}{R_{min}} + \frac{4.68 \text{ k}\Omega}{R_{max}} \right) \times 100 \text{ (kHz)} \quad (\text{eq. 2})$$

为了防止在启动阶段，冲击电流过大，输出电压过冲，需要逐渐增加该谐振转换器的电压增益。由于谐振转换器的电压增益与开关频率成反比，因此通过从初始高频 ( $f_{ISS}$ ) 向下扫描开关频率直至建立输出电压，来实施软启动。通过在  $R_T$  引脚上连接 R-C 系列网络来建立软启动电路，如图 18 所示。FSFR-XS 系列也有一个 3 ms 的内部软启动来降低初始周期过程中的电流过冲，这就向外部软启动电路的初始频率中增加了 40 kHz，如图 19 所示。软启动的初始频率由下式给出：

$$f_{ISS} = \left( \frac{5.2 \text{ k}\Omega}{R_{min}} + \frac{5.2 \text{ k}\Omega}{R_{SS}} \right) \times 100 + 40 \text{ (kHz)} \quad (\text{eq. 3})$$

通常将软启动的初始频率设置为谐振网络的谐振频率 ( $f_0$ ) 的两至三倍。软启动时间是 RC 时间常数的三至四倍。

RC 时间常数为:

$$\tau = R_{SS} \cdot C_{SS} \quad (\text{eq. 4})$$

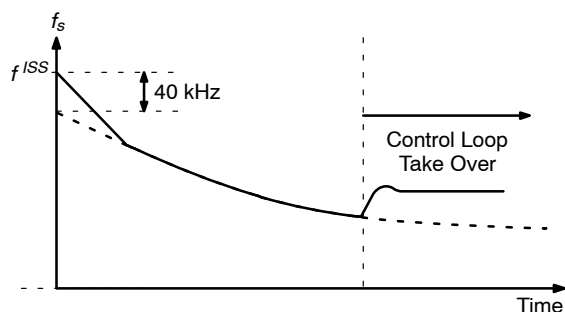


图 19. 软启动的频率扫描

### 自动重启

即使使用外部电源电压来触发任何内置保护，FSFR-XS 系列也可自动重启。如图 20 和图 21 中可看出，一旦触发任何保护，M1 开关将接通并且 V-I 转换器被禁用。C<sub>SS</sub> 开始放电，直至 C<sub>SS</sub> 上的 V<sub>CSS</sub> 降至 V<sub>CSSL</sub>。然后，所有保护复位，M1 关断，并且同时 V-I 转换器恢复。FSFR-XS 再次通过软启动开始开关操作。如果在 V<sub>CSS</sub> 处于 V<sub>CSSL</sub> 和 V<sub>CSSH</sub> 电平以下时触发保护，将立即终止开关操作，V<sub>CSS</sub> 继续增大直至达到 V<sub>CSSH</sub>，然后 C<sub>SS</sub> 被 M1 放电。

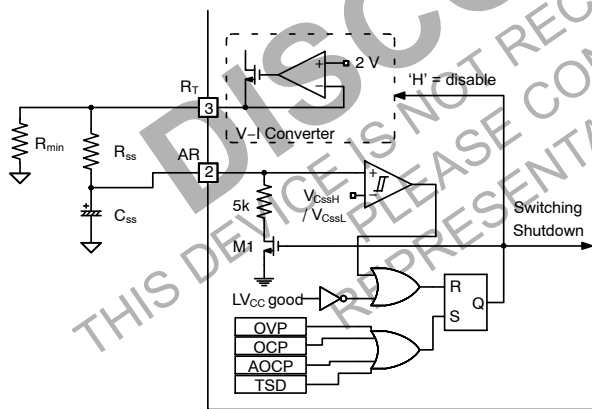


图 20. AR 引脚的内部框图

触发保护后，FSFR-XS 在停止时间  $t_{stop}$  期内被禁用，其中 V<sub>CSS</sub> 下降并达到 V<sub>CSSL</sub>。FSFR-XS 的停止时间可由下式估算得出：

$$t_{STOP} = C_{SS} \cdot \{(R_{SS} + R_{MIN}) \parallel 5 \text{ k}\Omega\} \quad (\text{eq. 5})$$

软启动时间  $t_{s/s}$  可设置为等式 (4)。

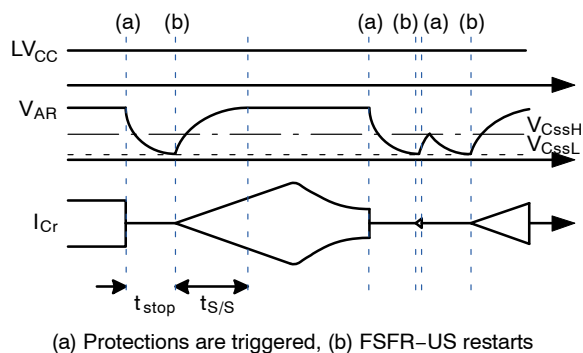


图 21. 自动重启操作

### 保护电路

FSFR-XS 系列具有多个自我保护功能，如过流保护 (OLP)、异常过流保护 (OCP)、过压保护 (OVP) 和热关断 (TSD)。这些保护为自动重启模式保护，如图 22 所示。

一旦检测到故障情况，开关操作即终止并且 MOSFET 保持关断。当 LVcc 降至 10 V 的 LVcc 停止电压或 AR 信号为高电平时，将复位保护。当 LVcc 达到 12.5 V 的启动电压时，FSFR-XS 恢复正常操作。

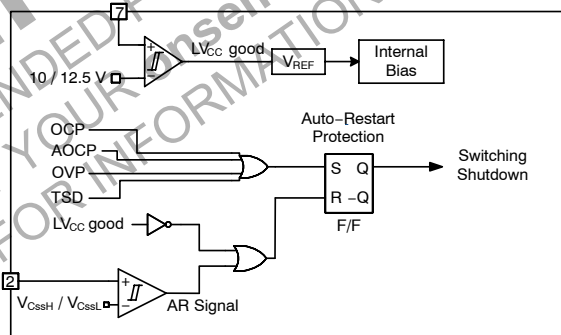


图 22. 保护框图

### 过流保护 (OCP)

当感测引脚电压降至低于 -0.58 V 时，触发 OCP 并且 MOSFET 保持关断。此保护具有 1.5  $\mu$ s 的关断时间延迟以避免启动期间提前关断。

### 异常过流保护 (AOCP)

如果次级整流器二极管短路，具有极高 di/dt 的大电流可在触发 OCP 之前流经 MOSFET。如果感测引脚电压降至低于 -0.9 V，将触发 AOCP 且没有关断延迟。

### 过压保护 (OVP)

当 LVcc 达到 23 V 时，将触发 OVP。在使用辅助绕组供应 FSFR-XS 功率开关的 Vcc 时，使用此保护。

### 热关断 (TSD)

MOSFET 和控制 IC 在一个封装中使控制 IC 检测 MOSFET 的异常过温变得更简单。如果温度超过约 130°C，将触发热关断。

### 使用电阻的电流感测

FSFR-XS 系列检测漏电流为负压，如图 23 和图 24 所示。半波检测方式允许检测电阻产生低功耗，但是全波检测方式的检测信号具有较低开关噪声。

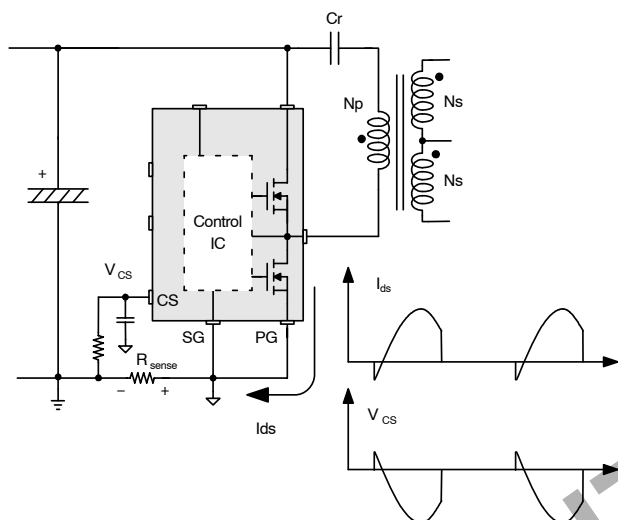


图 23. 半波检测

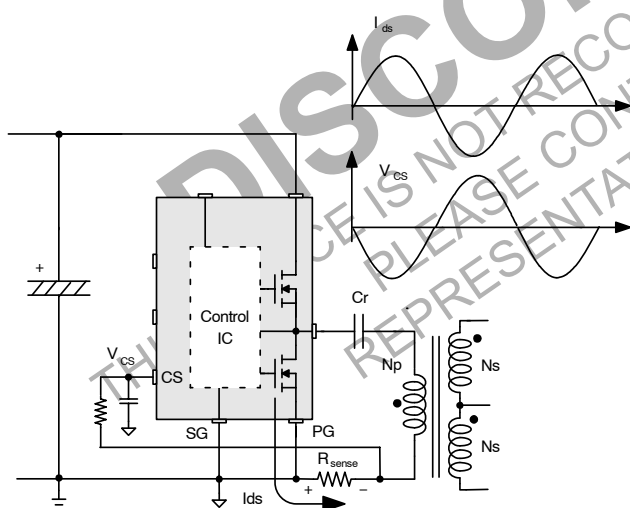


图 24. 全波检测

### PCB 布局指南

由于主变压器的辐射噪音、主变压器的次级端漏感不相等等原因可能发生占空比不平衡问题。RT 引脚附近的控制元件在 PCB 布局上被主初级端电流环路包围是造成占空比不平衡的主要原因。当高低侧 MOSFET 交替导通时，由初级端电流流向导致的元件上磁场的方向发生变化。方向相反的磁场产生通过、进入或从 RT 引脚流出的电流，这使得每个 MOSFET 的导通持续时间各不相同。强烈建议将 RT 引脚附近的控制元件与 PCB 布局上的初级端电流路径分开。图 25 显示占空比平衡情况的示例。

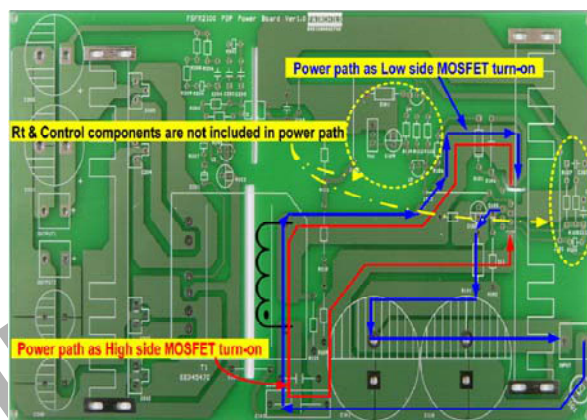
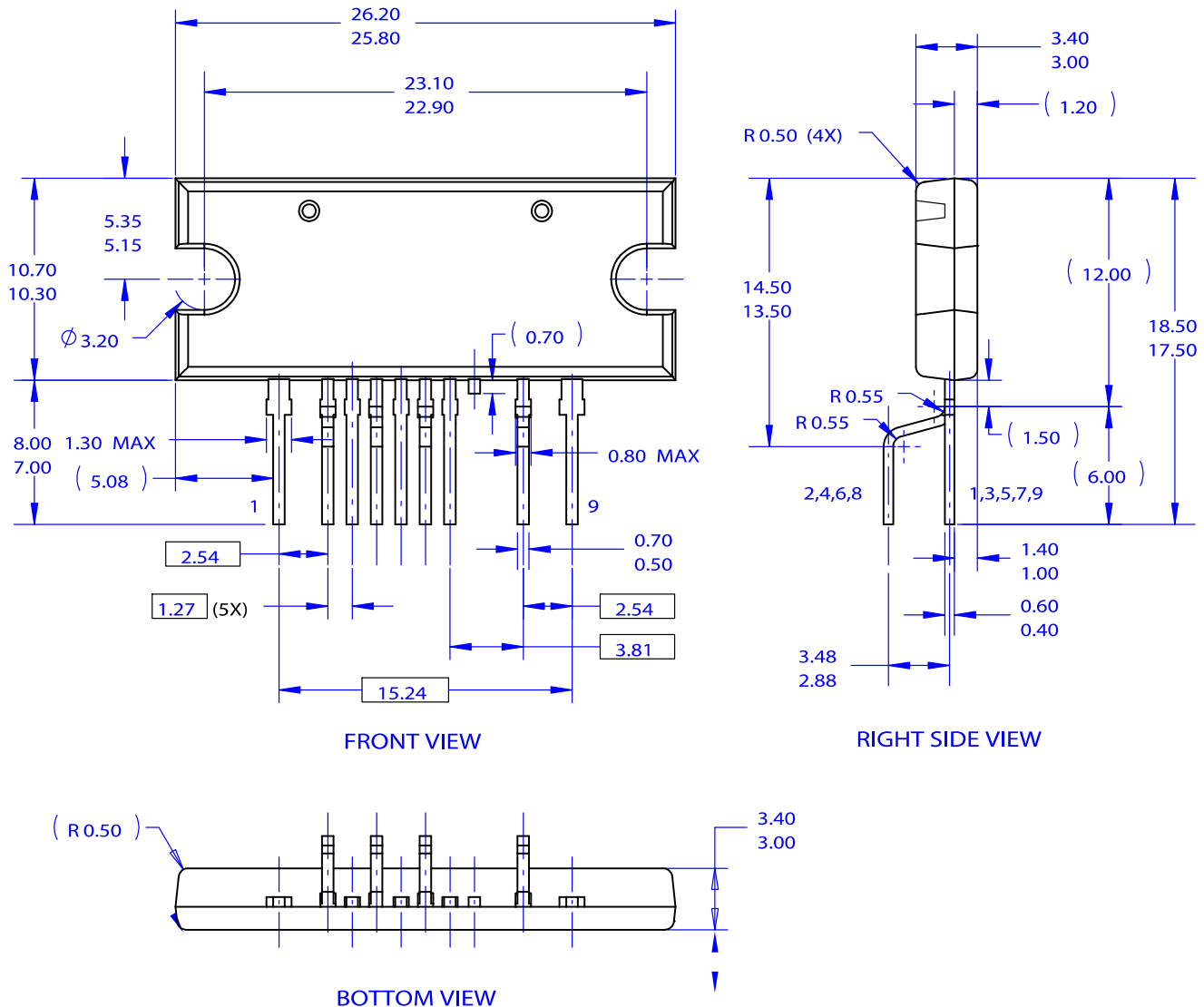


图 25. 占空比平衡示例

**SIP9 26x10.5**  
**CASE 127EM**  
**ISSUE O**

DATE 31 DEC 2016



**NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED**

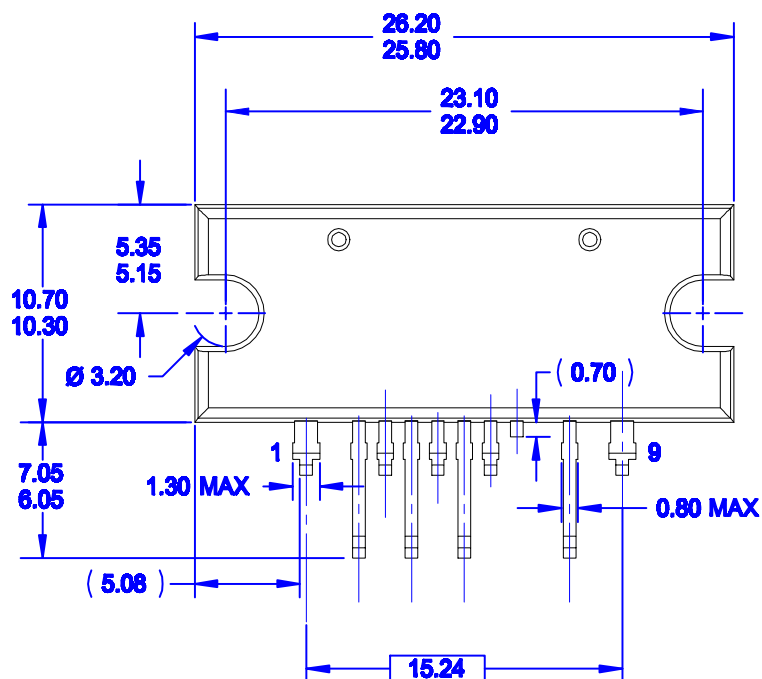
- A. THIS PACKAGE DOES NOT COMPLY TO ANY CURRENT PACKAGING STANDARD.
- B. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH AND TIE BAR PROTRUSIONS.

|                         |                     |                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DOCUMENT NUMBER:</b> | <b>98AON13718G</b>  | Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository.<br>Printed versions are uncontrolled except when stamped "CONTROLLED COPY" in red. |
| <b>DESCRIPTION:</b>     | <b>SIP9 26x10.5</b> | <b>PAGE 1 OF 1</b>                                                                                                                                                                  |

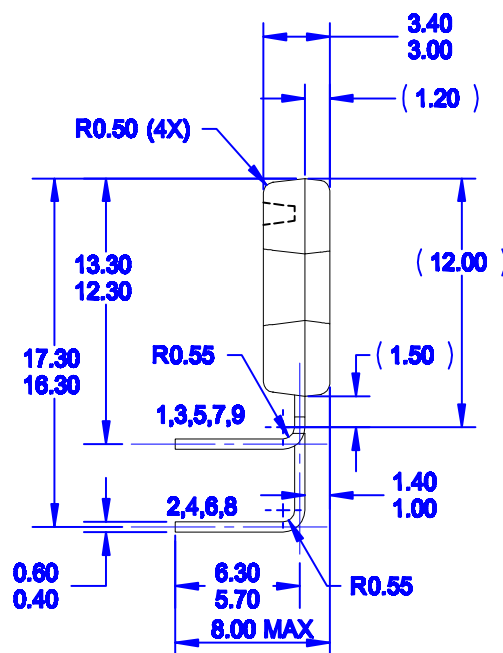
onsemi and onsemi are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba onsemi or its subsidiaries in the United States and/or other countries. onsemi reserves the right to make changes without further notice to any products herein. onsemi makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does onsemi assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. onsemi does not convey any license under its patent rights nor the rights of others.

**SIP9 26x10.5**  
**CASE 127EN**  
**ISSUE 0**

DATE 31 DEC 2016

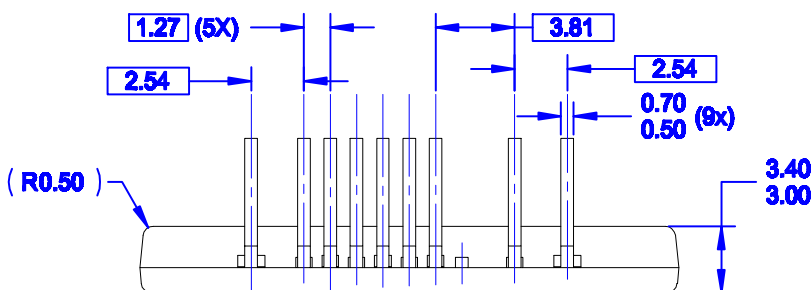


### BOTTOM VIEW



### RIGHT SIDE VIEW

**Note: Terminal face upwards**



**BACK VIEW**

**NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED**

- A. THIS PACKAGE DOES NOT COMPLY TO ANY CURRENT PACKAGING STANDARD.  
B. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.  
C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH AND TIE BAR PROTRUSIONS.**

|                         |                     |                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DOCUMENT NUMBER:</b> | <b>98AON13719G</b>  | Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository.<br>Printed versions are uncontrolled except when stamped "CONTROLLED COPY" in red. |
| <b>DESCRIPTION:</b>     | <b>SIP9 26x10.5</b> | <b>PAGE 1 OF 1</b>                                                                                                                                                                  |

**onsemi** and **onsemi** are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba **onsemi** or its subsidiaries in the United States and/or other countries. **onsemi** reserves the right to make changes without further notice to any products herein. **onsemi** makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does **onsemi** assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. **onsemi** does not convey any license under its patent rights nor the rights of others.

**onsemi**, **Onsemi**, and other names, marks, and brands are registered and/or common law trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba "**onsemi**" or its affiliates and/or subsidiaries in the United States and/or other countries. **onsemi** owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of **onsemi**'s product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). **onsemi** reserves the right to make changes at any time to any products or information herein, without notice. The information herein is provided "as-is" and **onsemi** makes no warranty, representation or guarantee regarding the accuracy of the information, product features, availability, functionality, or suitability of its products for any particular purpose, nor does **onsemi** assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using **onsemi** products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by **onsemi**. "Typical" parameters which may be provided in **onsemi** data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. **onsemi** does not convey any license under any of its intellectual property rights nor the rights of others. **onsemi** products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use **onsemi** products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold **onsemi** and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that **onsemi** was negligent regarding the design or manufacture of the part. **onsemi** is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

## ADDITIONAL INFORMATION

### TECHNICAL PUBLICATIONS:

Technical Library: [www.onsemi.com/design/resources/technical-documentation](http://www.onsemi.com/design/resources/technical-documentation)  
onsemi Website: [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

### ONLINE SUPPORT: [www.onsemi.com/support](http://www.onsemi.com/support)

For additional information, please contact your local Sales Representative at  
[www.onsemi.com/support/sales](http://www.onsemi.com/support/sales)