

英飞凌ICB2FL03G

第二代荧光灯镇流器 FL 控制器

数据手册

V1.1, 2013-08-14

最终数据手册

Edition 2013-08-14

**Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany**

©2013 Infineon Technologies AG

All Rights Reserved.

Legal Disclaimer

The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics. With respect to any examples or hints given herein, any typical values stated herein and/or any information regarding the application of the device, 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.

Information

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

Warnings

Due to technical requirements, components may contain dangerous substances. For information on the types in question, please contact the nearest Infineon Technologies Office.

Infineon Technologies components may be used in life-support devices or systems only with the express written approval of Infineon Technologies, if a failure of such components can reasonably be expected to cause the failure of that life-support device or system or to affect the safety or effectiveness of that device or system. Life support devices or systems are intended to be implanted in the human body or to support and/or maintain and sustain and/or protect human life. If they fail, it is reasonable to assume that the health of the user or other persons may be endangered.

Revision History

Page or Item	Subjects (major changes since previous revision)
Final V1.1, 2013-08-14	
page 54-55	inserted Chapter 5.3.4 Parameter limits for extended temperature range down to -40°C
Final V1.0 2013-02-14	
page 45	changed max value for $I_{HSVCCqu1}$ from 270μA to 280μA changed min value for $V_{HSVCCOn}$ from 9.9V to 9.8V
page 48	changed min value for $V_{PFCGDRise}$ from 105ns to 100ns typo correction: $V_{PFCGDRise}$ & $V_{PFCGDFall}$ --> $t_{PFCGDRise}$ & $t_{PFCGDFall}$
page 50	changed min value for $t_{LSGDRise}$ from 105ns to 100ns
page 52	changed min value for $T_{HSGDRise}$ from 140ns to 120ns typo correction: $T_{HSGDRise}$ & $T_{HSGDFall}$ --> $t_{HSGDRise}$ & $t_{HSGDFall}$

Trademarks of Infineon Technologies AG

AURIX™, C166™, CanPAK™, CIPOS™, CIPURSE™, EconoPACK™, CoolMOST™, CoolSET™, CORECONTROL™, CROSSAVE™, DAVE™, DI-POL™, EasyPIM™, EconoBRIDGE™, EconoDUAL™, EconoPIM™, EconoPACK™, EiceDRIVER™, eupec™, FCOS™, HITFET™, HybridPACK™, I²RF™, ISOFACE™, IsoPACK™, MIPAQ™, ModSTACK™, my-d™, NovalithIC™, OptiMOS™, ORIGAT™, POWERCODE™, PRIMARION™, PrimePACK™, PrimeSTACK™, PRO-SIL™, PROFET™, RASIC™, ReverSave™, SatRIC™, SIEGET™, SINDRION™, SIPMOST™, SmartLEWIS™, SOLID FLASH™, TEMPFET™, thinQ!™, TRENCHSTOP™, TriCore™.

Other Trademarks

Advance Design System™ (ADS) of Agilent Technologies, AMBA™, ARM™, MULTI-ICE™, KEIL™, PRIMECELL™, REALVIEW™, THUMB™, μVision™ of ARM Limited, UK.AUTOSAR™ is licensed by AUTOSAR development partnership. Bluetooth™ of Bluetooth SIG Inc. CAT-iq™ of DECT Forum. COLOSSUS™, FirstGPS™ of Trimble Navigation Ltd. EMV™ of EMVCo, LLC (Visa Holdings Inc.). EPCOS™ of Epcos AG. FLEXGO™ of Microsoft Corporation. FlexRay™ is licensed by FlexRay Consortium. HYPERTERMINAL™ of Hilgraeve Incorporated. IEC™ of Commission Electrotechnique Internationale. IrDA™ of Infrared Data Association Corporation. ISO™ of INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. MATLAB™ of MathWorks, Inc. MAXIM™ of Maxim Integrated Products, Inc. MICROTEC™, NUCLEUS™ of Mentor Graphics Corporation. MIPI™ of MIPI Alliance, Inc. MIPS™ of MIPS Technologies, Inc., USA. muRata™ of MURATA MANUFACTURING CO., MICROWAVE OFFICE™ (MWO) of Applied Wave Research Inc., OmniVision™ of OmniVision Technologies, Inc. Openwave™ Openwave Systems Inc. RED HAT™ Red Hat, Inc. RFMD™ RF Micro Devices, Inc. SIRIUS™ of Sirius Satellite Radio Inc. SOLARIS™ of Sun Microsystems, Inc. SPANSION™ of Spansion LLC Ltd. Symbian™ of Symbian Software Limited. TAIYO YUDEN™ of Taiyo Yuden Co. TEAKLITE™ of CEVA, Inc. TEKTRONIX™ of Tektronix Inc. TOKO™ of TOKO KABUSHIKI KAISHA TA. UNIX™ of X/Open Company Limited. VERILOG™, PALLADIUM™ of Cadence Design Systems, Inc. VLYNQ™ of Texas Instruments Incorporated. VXWORKS™, WIND RIVER™ of WIND RIVER SYSTEMS, INC. ZETEX™ of Diodes Zetex Limited.

Last Trademarks Update 2011-11-11

目录

目录	4
图片列表	6
表格列表	7
第二代荧光灯镇流器 FL 控制器	8
1 引脚配置和功能	9
1.1 引脚配置	9
1.2 PG-DSO-16封装	9
1.3 引脚功能	10
2 功能描述	14
2.1 典型应用电路	14
2.2 正常启动	14
2.2.1 从欠压锁定到软启动的工作电平	16
2.2.2 从软启动到运行模式的工作电平	17
2.3 启动和运行模式期间的灯丝检测	19
2.3.1 低边灯丝断裂时的启动流程	19
2.3.2 运行模式下的低边灯丝检测	20
2.3.3 高边灯丝断裂时启动	21
2.4 PFC 预转换器	23
2.4.1 非连续导通和临界导通模式运行	23
2.4.2 PFC 总线电压检测	23
2.4.2.1 总线过压和 PFC 开环	24
2.4.2.2 总线电压 95 % 和 75 % 检测	24
2.4.3 混合信号的 PFC 结构	25
2.4.4 通过 ZCD 信号进行 THD 校正	25
2.5 检测寿命终止和整流器效应	26
2.5.1 检测寿命终止(EOL1) - 灯管过压	27
2.5.2 检测寿命终止(EOL2) - 整流器效应	28
2.6 检测电容性负载	28
2.6.1 电容性负载 1 (空转检测 - 电流模式预热)	29
2.6.2 电容性负载 2 (过流 / 低于谐振运行)	30
2.6.3 可调式自适应死区时间	30
2.7 应急照明	31
2.7.1 短期 PFC 总线欠压	31
2.7.2 长期 PFC 总线欠压	32
2.8 内置客户测试模式操作	32
2.8.1 预热测试模式	32
2.8.1.1 跳过预热阶段 - 将RTPH 引脚设置为接地	33
2.8.1.2 IC 仍处于预热阶段	34
2.8.2 停用灯丝检测功能	35
2.8.3 内置客户测试模式 (时钟加速)	36
2.8.3.1 时钟加速使能	36
2.8.3.2 使用加速时钟启用芯片	36
3 状态图	37
3.1 不同运行模式下的功能	37
3.2 启动程序进入运行模式的操作流程	38
3.3 自动重启和锁定故障状态模式	39

4	保护功能矩阵	40
5	电气特性	42
5.1	绝对最大额定值	42
5.2	工作范围	44
5.3	特性	45
5.3.1	电源部分	45
5.3.2	PFC 部分	46
5.3.2.1	PFC 电流检测 (PFCCS)	46
5.3.2.2	PFC 零电流检测 (PFCZCD)	46
5.3.2.3	PFC 总线电压检测 (PFCVS)	47
5.3.2.4	PFC PWM 生成	47
5.3.2.5	PFC 栅极驱动(PFCGD)	48
5.3.3	逆变器部分	49
5.3.3.1	低边电流检测 (LSCS)	49
5.3.3.2	低边栅极驱动器 (LSGD)	50
5.3.3.3	逆变器控制运行 (RFRUN)	50
5.3.3.4	逆变器控制预热 (RFPH, RTPH)	51
5.3.3.5	移除灯管后重新启动 (RES)	51
5.3.3.6	灯管电压检测 (LVS)	52
5.3.3.7	高边栅极驱动器 (HSGD)	52
5.3.3.8	定时器部分	53
5.3.3.9	内置客户测试模式	53
5.3.4	温度范围扩展至 -40°C 时的参数限值	54
6	应用示例	56
6.1	54W T5 单灯镇流器示意图	56
6.2	物料清单	57
6.3	多灯镇流器拓扑 (串联)	58
7	封装外形	59
7.1	PG-DSO-16 外形尺寸图	59

图片列表

图 1	单个荧光灯镇流器的典型应用电路	8
图 2	PG-DSO-16 封装（俯视图）	9
图 3	单个荧光灯（FL）镇流器的应用电路	14
图 4	运行模式下的典型启动程序（正常运行时）	15
图 5	运行模式下的典型启动程序（正常运行时）	16
图 6	启动期间工作频率的典型变化	17
图 7	不同启动阶段的灯管电压与频率关系	18
图 8	低边灯丝断路时的启动情况	19
图 9	低边灯丝断路后的重启流程	19
图 10	低边灯丝断路运行模式	20
图 11	低边灯丝断路后的重启模式	20
图 12	高边灯丝断路时启动	21
图 13	高边灯丝断路后重启	22
图 14	DCM 和 CritCM 运行时的工作频率和导通时间与功率的关系	23
图 15	总线电压工作电平和错误检测	24
图 16	PFC 预转换器的数字和模拟混合控制结构	25
图 17	利用可调脉冲宽度扩展优化 THD	26
图 18	寿命终止和整流器效应	27
图 19	寿命终止 (EOL1) 检测，灯管电压与AC LVS 电流的关系	27
图 20	寿命终止 (EOL2) 检测，灯管电压与DC LVS 电流的关系	28
图 21	电容式和电感式操作	29
图 22	电容模式 1 运行模式下空载工作	29
图 23	电容模式 2 - 过流运行	30
图 24	半桥驱动器导通和关断的死区时间	30
图 25	运行模式期间总线电压跌落至额定总线电压75%以下且持续时间 $t < 800\text{ ms}$	31
图 26	运行模式期间总线电压跌落至额定总线电压75%以下且持续时间 $t > 800\text{ ms}$	32
图 27	预热启动	33
图 28	无预热启动	33
图 29	预热启动	34
图 30	无预热启动	34
图 31	通过 RES PIN 停用	35
图 32	通过 LVS PIN 停用	35
图 33	时钟加速（内置客户测试模式）	36
图 34	不同运行模式下的监控功能	37
图 35	启动程序期间的操作流程	38
图 36	启动模式下的运行过程和故障条件处理	39
图 37	单荧光灯镇流器电压模式预热应用电路	56
图 38	物料清单	57
图 39	双荧光灯镇流器电压模式预热应用电路	58
图 40	带爬电距离的封装外形图	59

表格列表

表 1	PG-DSO-16 引脚配置	9
表 2	指定加速度系数.....	36
表 3	保护功能矩阵.....	40

产品亮点

- 外部元件数量少
- 采用无芯变压器技术的 650 V 半桥驱动器
- 支持客户在线测试模式，缩短测试时间
- 支持多灯设计（串联）
- 集成数字定时器，最长 40 s
- 大量监控和保护功能，可实现高可靠性
- 在整个温度范围内，频率和定时器的精度高
- 待机损耗极低

- 负载范围为 0 至 100 % 的不连续模式 PFC
- PFC 控制回路的集成数字补偿
- 改进了对 AC 输入电流低总谐波失真 (THD) 的补偿, 在 DCM 运行时也是如此
- 可调节 PFC 电流限制

- 过载和整流效应 (EOL) 检测功能可调
- 电容性负载运行检测
- 经过改进的点火控制可在接近灯电感器磁饱和状态下运行
- 线路电压短时中断时, 跳过预热重新启动 (用于应急照明)
- 仅需通过电阻器配置参数
- 无铅镀层; 符合RoHS标准

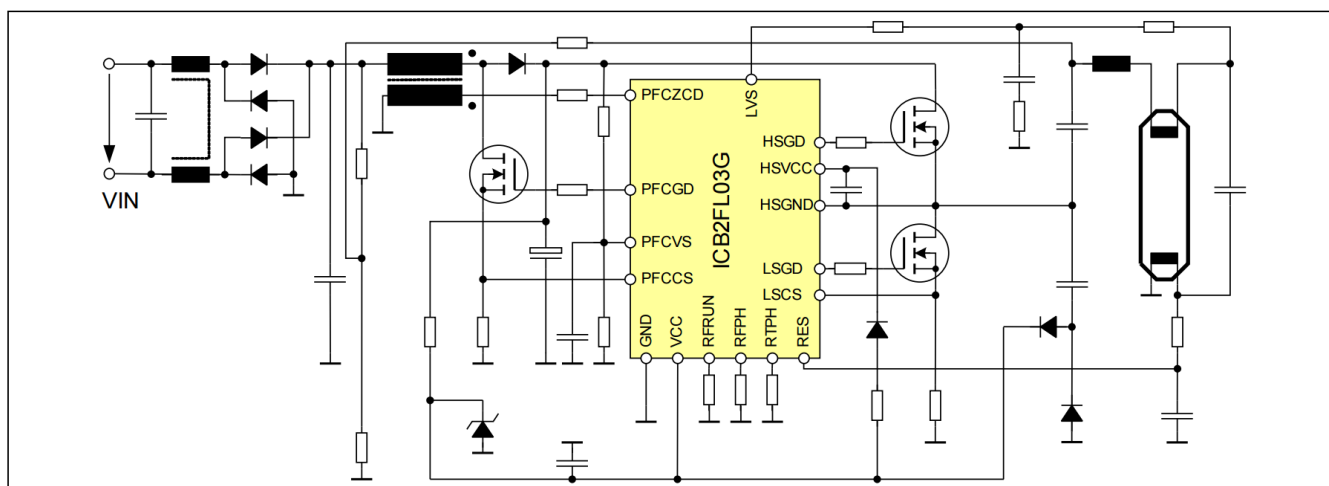


图 1 单个荧光灯镇流器的典型应用电路

描述

控制概念涵盖了单灯管和多灯管设计（支持串联）的 T5 灯镇流器的要求。ICB2FL03G 基于第二代 FL 控制器技术，易于使用，设计简单。这使得 ICB2FL03G 成为高可靠性荧光灯镇流器高性价比解决方案的基础。图 1 显示了带电流模式预热的单个荧光灯 T8 镇流器的典型应用电路。

1 引脚配置和功能

1.1 引脚配置

表 1 PG-DSO-16 引脚配置

Pin	Symbol	Function
1	LSGD	Low side gate drive (inverter)
2	LSCS	Low side current sense (inverter)
3	VCC	Supply voltage
4	GND	Low side ground
5	PFCGD	PFC gate drive
6	PFCCS	PFC current sense
7	PFCZCD	PFC zero current detector
8	PFCVS	PFC voltage sense
9	RFRUN	Set R for run frequency
10	RFPH	Set R for preheat frequency
11	RTPH	Set R for preheating time
12	LVS	Lamp voltage sense
13	RES	Restart after lamp removal
14	HSGND	High side ground
15	HSVCC	High side supply voltage
16	HSGD	High side gate drive (inverter)

1.2 PG-DSO-16 封装

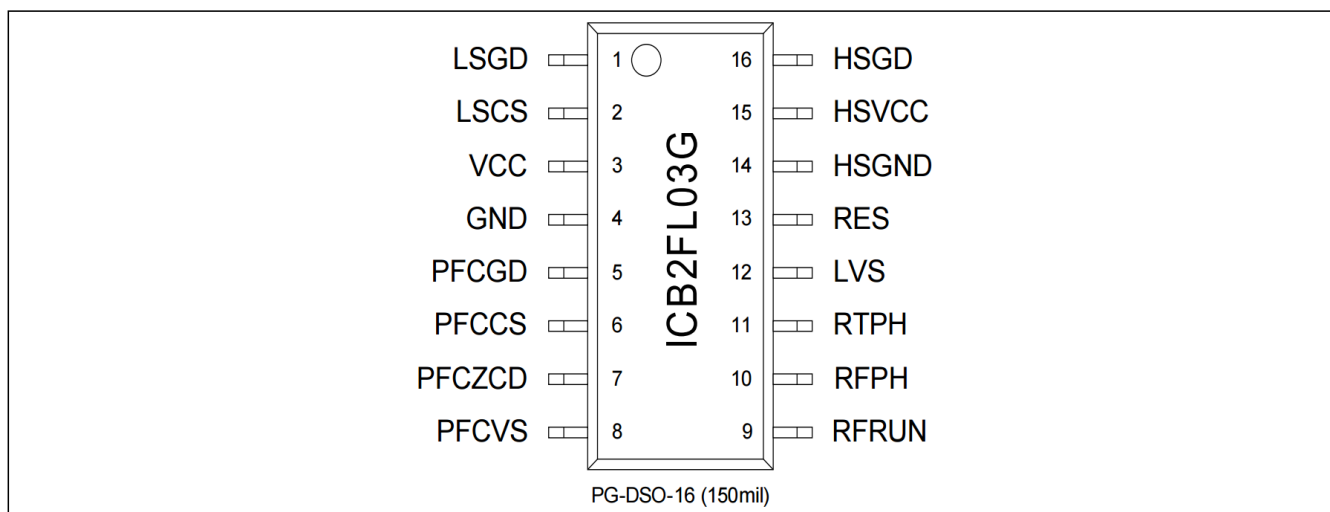


图 2 PG-DSO-16 封装（俯视图）

1.3 引脚功能

LSGD（低边栅极驱动，引脚 1）

半桥逆变器拓扑结构中低边 MOSFET 的栅极由该引脚控制。在 UVLO（欠压锁定）期间有一个有效的低电平，在正常工作期间最大高电平限制在 11.0 V。为实现 MOSFET 的软导通（降低 di_{DRAIN}/dt ），栅极电压典型值会在 245 ns 内从低电平上升到高电平。为了快速关断，栅极电压的下降时间小于 50 ns。这种措施在导通和关断时会产生不同的开关速度，因为它通常是通过在栅极驱动环路中的电阻上并联一个二极管来实现的。建议在驱动引脚和栅极之间使用一个典型值为 10 Ω 的电阻，以避免振荡，并将栅极电容放电的功率损耗转移到该电阻上。LSGD 信号和 HSGD 信号之间的死区时间在 1.05 μs 至 2.1 μs 之间自适应。

LSCS（低边电流检测，引脚 2）

该引脚直接与分流电阻相连，分流电阻位于逆变器低边 MOSFET 的源极和地之间。

通过内部钳位结构和滤波措施，无需额外的滤波元件即可检测低边逆变器 MOSFET 的源极电流。

第一个阈值为 0.8 V。如果在预热或运行模式下超过该阈值的时间超过 500 ns，则会检测到逆变过流，并导致集成电路锁存关机。如果 LSCS 引脚上检测到的斜率达到典型值 $205 \text{ mV}/\mu s \pm 25 \text{ mV}/\mu s$ ，并超过 0.8 V 的阈值，则点火控制被激活。这将停止频率下降并等待点火。点火控制现在由 LSCS 引脚持续监控。点火控制设计用于在点火期间处理饱和和扼流圈操作，以减小扼流圈尺寸。

在启动、软启动、点火模式和预运行期间，如果检测到的电流信号超过第二个阈值 1.6 V 的时间超过 500 ns，集成电路就会转入锁定关机状态。

在运行模式下，该引脚上还有更多检测电容模式运行的有效阈值。初始阈值为 50 mV，需在低边 MOSFET 的导通时间后的 50% 内检测到正电流才能正常工作（电容负载 1）。第二阈值 -50 mV 用于检测高边 MOSFET 接通前的电流。如果电压水平低于该阈值，则表示运行故障（电容负载 2）。最后，第三阈值 2.0 V 检测高边 MOSFET 导通期间的短路过流，这通常由二极管反向恢复电流引起（电容负载 2）。在运行模式下，如果这三个比较器阈值中的任何一个显示工作条件不正确，且持续时间超过 620 μs （电容负载 2）或 2500 ms（电容负载 1），集成电路将关闭栅极，并因检测到电容模式工作（非零电压开关）而转入故障模式。

在所有工作模式下，-50 mV 的阈值还可用于调整半桥驱动器关断和接通之间的死区时间，范围为 1.05 μs 至 2.1 μs 。

V_{CC}（电源电压，引脚 3）

该引脚为集成电路的接地相关部分提供电源。接通阈值为 14.0 V，欠压锁定阈值为 10.6 V，供电电压上限为 17.5 V。内部齐纳二极管将 V_{CC} 电压钳位在 16.3 V（ $I_{VCC} = 2 \text{ mA}$ 时的典型值）。齐纳二极管的最大内部电流限制为 5 mA。如果需要更大电流，则需要外部齐纳二极管。UVLO 和故障模式期间的电流消耗小于 170 μA 。电源和 GND 引脚附近需要一个陶瓷电容器，以为栅极驱动和逻辑信号电流提供低阻抗电源。为了在主电源短时中断后跳过预热，有必要从总线电压馈入启动电流（160 μA ）。注：关于外部 V_{CC} 电源，可参见流程图中的注释（第 3.3 节）。

GND (接地, 引脚 4)

该引脚与地相连, 代表集成电路电源电压、栅极驱动和检测信号的地电平。

PFCGD (PFC 栅极驱动, 引脚 5)

该引脚控制升压拓扑设计的 PFC 预转换器中 MOSFET 的栅极。UVLO 期间有一个有效的低电平, 正常工作期间最大高电平限制在 11.0 V。为了实现 MOSFET 的软导通 (di_{DRAIN}/dt 降低), 栅极驱动电压从低电平上升到高电平的时间为 245 ns。栅极电压的下降时间小于 50 ns, 以便快速关断。

建议在驱动引脚和栅极之间安装一个典型值为 10 Ω 的电阻, 以避免振荡, 并将栅极电容放电的功率损耗转移到该电阻上。

集成电路的 PFC 部分在非连续导通模式 (DCM) 下作为 PFC 预转换器控制升压转换器。控制通常从栅极驱动脉冲开始, 在 $V_{ACIN} = 230$ V 时, 其典型导通时间通常为 4.0 μ s, 最高可达 24 μ s, 关断时间为 47 μ s。只要有足够的零电流检测器 (ZCD) 信号, 在这种情况下, 运行模式将从固定频率运行变为可变频率运行。在额定负载和/或中等负载条件下, PFC 采用临界传导模式运行 (CritCM)。这意味着升压转换器扼流圈中的电流呈三角形, 没有间隙, 工作频率可变。在低负载期间 (由内部补偿器检测到), 运行模式为非连续导通模式 (DCM), 即升压转换器扼流圈中的电流为三角形, 在达到零电流水平时会出现间隙, 运行频率可变, 从而防止 AC 输入电流出现阶梯跳变。

PFCCS (PFC 电流检测, 引脚 6)

PFC MOSFET 源极与接地之间的分流电阻上的压降通过该引脚进行检测。如果电平超过 1.0 V 的阈值超过 200 ns, 只要零电流检测器 (ZCD) 启用新周期, PFC 栅极驱动就会关闭。如果在 PFC 栅极驱动器关闭后 52 μ s 内没有 ZCD 信号, 则会通过内部启动定时器启动一个新周期。

PFCZCD (PFC 零电流检测器, 引脚 7)

该引脚检测 PFC MOSFET 关断期间通过升压电感的电流变为零的时间点, 以启动新的周期。

当独立 ZCD 绕组的电压从正电平变为负电平时, 即电感绕组电压为零的时刻, 也就是电流从较低输入电压电平流向较高输出电压电平的时刻。检测电感电压变化的阈值具有滞回特性 — 电平上升时为 1.5 V, 电平下降时为 0.5 V。

当 ZCD 绕组电压超过集成电路的内部钳位电平 (6.3 V 和 -2.9 V, 典型值 @ 5 mA) 时, 连接在 ZCD 绕组和引脚 7 之间的电阻会限制检测引脚的灌电流和拉电流。

如果 ZCD 绕组的感测电压电平不足 (例如在启动期间), 内部启动定时器将在 PFC 栅极驱动关断后每 52 μ s 启动一个新周期。在 PFC-MOSFET 的导通时间内, 从该引脚流出的拉电流显示 AC 电源的电压水平。在输入电压水平较低时, PFC-MOSFET 的导通时间会延长, 以尽量减少线路电压过零期间的线路电流间隙, 并改善线路电流的总谐波失真 (THD)。通过微调该引脚和 ZCD 绕组之间的电阻, 可以优化 THD。

PFCVS (PFC 电压检测, 引脚 8)

平滑电容器上的中间电路电压 (总线电压) 由该引脚上的电阻分压器检测。额定总线电压的内部基准电压为 2.5 V。此外, 在 0.3125 V (额定总线电压的 12.5%)、1.875 V (额定总线电压的 75%) 和 2.725 V (额定总线电压的 109%) 处还设有阈值, 分别用于检测控制环路开路、欠压和过压。

过压阈值的滞回为 100 mV（额定总线电压的 4%）。为了检测启动是否成功，总线电压在 95% (2.375 V) 处进行检测。建议在该引脚和接地之间使用一个小电容作为尖峰抑制滤波器。

在运行模式下，PFC 过压会在 5 μs 内停止 PFC 栅极驱动。一旦总线电压低于额定电平的 105%，栅极驱动将再次使能。如果过压持续时间超过 625 ms，则会检测到逆变器过压，逆变器也会关闭栅极驱动器。当 $V_{BUS} < 109\%$ 时，这将导致断电和上电。

在运行模式下，总线欠压 ($V_{BUS} > 75\%$) 或逆变器过压将作为故障 U 处理。在这种情况下，集成电路将转入掉电模式，并通过内部定时器产生 100 ms 的延迟。然后启动条件进行检查，如果有效，则启动下一次启动。如果启动条件无效，则会再延迟 100 ms。

这一过程最多重复七次。如果在这七个周期内启动成功，情况将被解释为主电源短时中断，并跳过预热。任何进一步的启动尝试都将包括预热。

RFRUN（设置运行频率电阻，引脚 9）

从该引脚到地的电阻设定了逆变器在运行模式下的工作频率。典型的运行频率范围为 20 kHz 至 120 kHz。设定电阻 R_{RFRUN} 可根据运行频率 f_{RUN} 按公式计算得出：

$$R_{RFRUN} = \frac{5 \cdot 10^8 \Omega Hz}{f_{RUN}}$$

RFPH（设置预热频率电阻，引脚 10）

从该引脚到地的电阻，连同引脚 9 上的电阻，可设定逆变器在预热模式下的工作频率。典型的预热频率范围为运行频率（最低）至 150 kHz。根据预热频率 f_{PH} 和电阻 R_{RFRUN} ，可以通过等式计算出设定电阻 R_{RFPH} 的值：

$$R_{RFPH} = \frac{R_{RFRUN}}{\frac{f_{PH} \cdot R_{RFRUN}}{5 \cdot 10^8 \Omega Hz} - 1}$$

RTPH（设置预热时间电阻，引脚 11）

该引脚与地之间的电阻设定了预热模式下逆变器的预热时间。设定电阻范围为 0 至 25 kΩ，对应的预热时间范围为 0 至 2500 ms，细分为 127 步，如下所示：

$$R_{RTPH} = \frac{t_{PreHeating}}{100 \frac{ms}{k\Omega}}$$

LVS（灯管电压检测，引脚 12）

启动前，该引脚会检测整流线电压通过电阻器通过灯管高边灯丝输入的电流，以检测是否有灯管插入。

在 LVS 引脚的电压水平为 6.0 V 时，馈入 LVS 引脚的感应电流典型值必须超过 12 μA 。高边灯丝检测的反应反映在 RES 引脚上（见引脚 13）。此外，该引脚还能检测中断后的可用电源。与 RES 引脚一起，集成电路可监控一个灯管路径的灯管移除（可串联灯管）。如果不需要该引脚的功能，可将其接地禁用。

在运行模式下，该引脚通过电阻器检测与灯管电压成正比的电流，从而监控灯管电压。灯管电压过高表示过载。如果灯管电压峰峰值导致峰峰值电流超过 210 μA_{PP} 的阈值，且持续时间超过 620 μs ，则假定发生故障 EOL1（寿命终止）。如果 LVS 引脚上的 DC 电流超过阈值 $\pm 42 \mu\text{A}$ 超过 2500 ms，则假定发生故障 EOL2（整流器效应）。AC 检测电流和 DC 检测电流的电平可通过外部 RC 网络分别设置。请注意，在停用 LVS 引脚的情况下，当 LVS 引脚上的电压超过运行模式下的 $V_{\text{LVSEnable1}}$ 时，将重新激活 LVS 引脚。

RES（重启，引脚 13）

从该引脚流出的拉电流通过电阻和灯丝与地相连，监测荧光灯低边灯丝的存在，以便在移除灯管后重新启动。从该引脚直接接地的电容器可消除因低边灯丝压降而产生的叠加 AC 电压。通过第二个检测电阻，可将并联灯管的灯丝纳入灯管移除检测范围。请注意，在启动过程中，芯片电源电压 V_{CC} 必须低于 14.0 V， V_{RES} 才能达到灯丝检测电平。在连接灯丝的典型启动过程中，只要 $V_{\text{CC}} > 10.6 \text{ V}$ 和 $V_{\text{RES}} < V_{\text{RES1}} (1.6 \text{ V})$ ，电流源 I_{RES3} （-21.3 μA ）处于激活状态。当 $V_{\text{RES}} > V_{\text{RES1}}$ 时，将检测到低边灯丝开路。这种情况将阻止 IC 的启动。此外，比较器阈值被设置为 $V_{\text{RES2}} (1.3 \text{ V})$ ，电流源则变为 I_{RES4} （-17.7 μA ）。然后，系统等待 RES 引脚上的电压低于 V_{RES2} ，以显示连接的低边灯丝，从而使能 IC。

在达到 V_{CC} 启动阈值之前，如果没有灌电流 $I_{\text{LVSSINK}} (< 12 \mu\text{A typ.})$ 流入 LVS 引脚，则会检测到高边灯丝开路。在这些条件下，只要 $V_{\text{CC}} > 10.6 \text{ V}$ 和 $V_{\text{RES}} < V_{\text{RES1}} (1.6 \text{ V})$ ，RES 引脚上的电流源就是 $I_{\text{RES1}} (-42.6 \mu\text{A})$ ；当阈值变为 $V_{\text{RES2}} (1.3 \text{ V})$ 时，电流源就是 $I_{\text{RES2}} (-35.4 \mu\text{A})$ 。这样，高边灯丝的检测与 RES 引脚上的电平相对应。

在运行模式下，RES 引脚上还有一个 3.2 V 的有效阈值。如果电压水平上升超过该阈值 620 μs 以上，IC 将转入锁存故障模式。

在检测到不同反应时间的故障时，IC 会关闭栅极驱动，并转入最大电流消耗为 170 μA 的掉电模式。在再次检测启动条件之前，内部定时器会产生 200 ms 的延迟时间。一旦启动条件有效，就会启动第二次启动尝试。如果第二次尝试失败，IC 将一直处于锁存故障模式，直到 UVLO 或移除灯管产生复位。可通过将 RES PIN 设为 GND（耐用）来停用 RES PIN。

HSGND（高边接地，引脚 14）

该引脚连接至高边 MOSFET 的源极，同时也是高边和低边 MOSFET 的节点。该引脚表示高边驱动器和高边电源的浮地电平。

HSVCC（高边电源电压，引脚 15）

该引脚为 IC 的高边接地相关部分提供电源。引脚 14 和 15 之间的外部电容器就像一个浮动电池，在低边 MOSFET 导通期间，必须通过高压二极管利用低边电源电压对其进行循环充电。UVLO 阈值具有滞回特性，在 10.4 V 时使能高边部分，在 8.6 V 时禁用高边部分。

HSGD（高边栅极驱动，引脚 16）

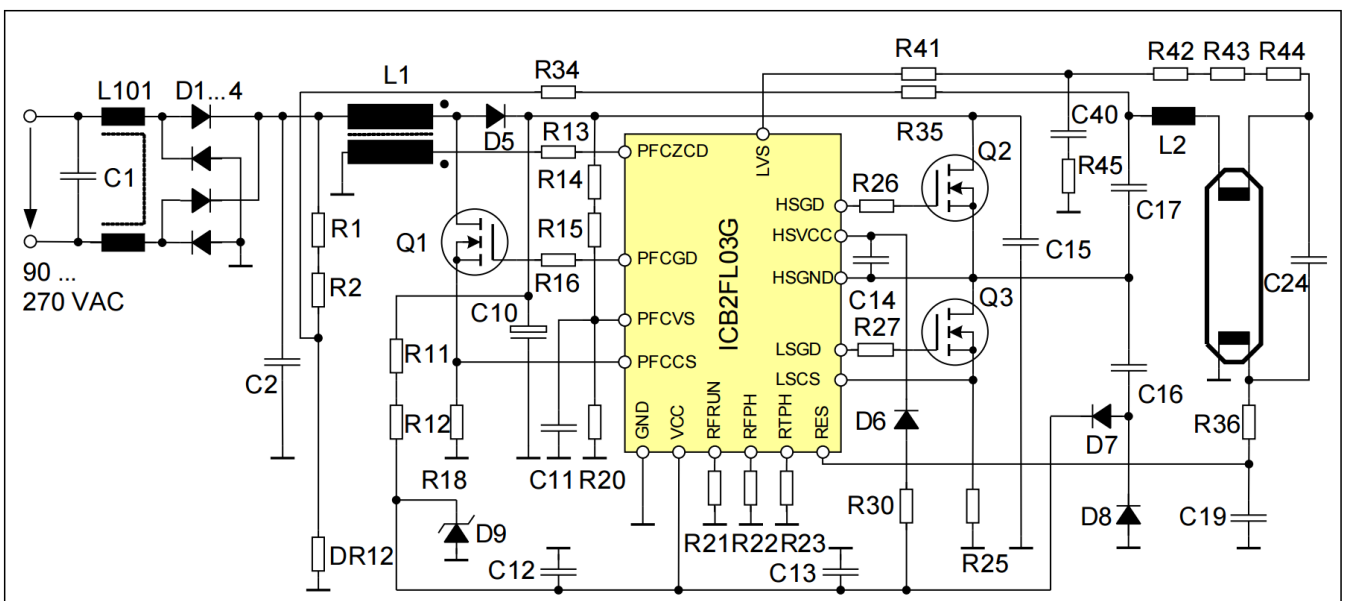
半桥逆变器拓扑结构中高边 MOSFET 的栅极由该引脚控制。UVLO 期间有一个有效的低电平，正常工作期间最大高电平限制在 11.0 V。开关特性与 LSGD（引脚 1）相同。建议在驱动引脚和栅极之间使用一个约 10 Ω 的电阻，以避免振荡，并将栅极电容放电的功率损耗转移到该电阻上。LSGD 信号和 HSGD 信号之间的死区时间可在 1.05 μs 和 2.1 μs （典型值）之间自适应。

2 功能描述

本节介绍芯片的应用和功能。

2.1 典型应用电路

图 3 中的示意图显示了 T5 单荧光灯的典型应用。其设计适用于 90 V_{AC} 至 270 V_{AC} 的通用输入电压。以下各节将参照该示意图对组件进行说明。



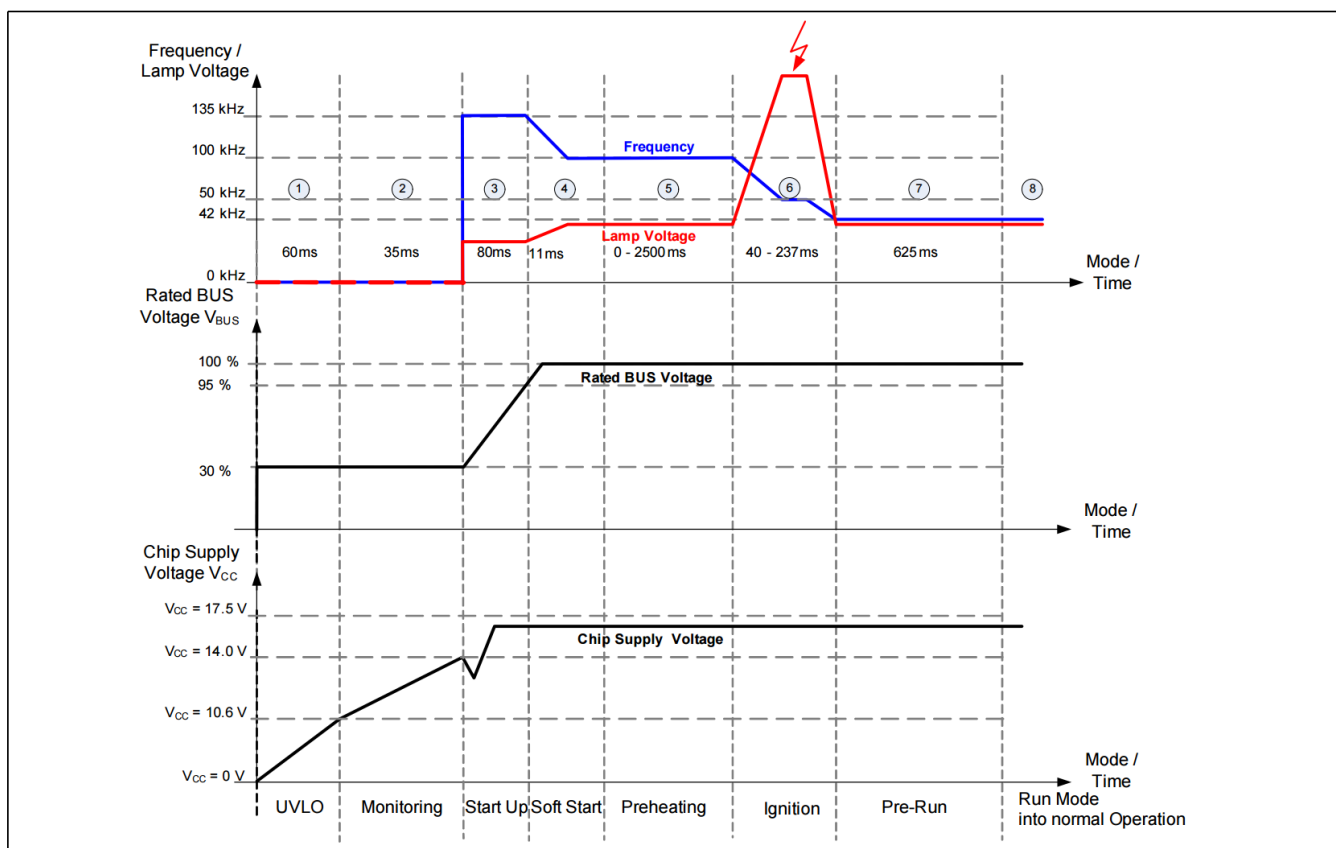


图 4 运行模式下的典型启动程序（正常运行时）

在启动滞回（第 2 阶段，图 4）结束时， $V_{CC} > 14.0 \text{ V}$ ，在第 3 阶段激活之前，第二级检测活动将在 $130 \mu\text{s}$ （IC 的传播延迟）内检测总线电压是否为 12.5% 和 105% 之间。如果满足了之前的总线电压条件并检测到灯丝，IC 将以内部固定的启动频率（通常为 135 kHz）开始运行（所有栅极均处于激活状态）。如果总线电压最迟在 80 ms 内达到额定总线电压的 95% 水平（第 3 阶段，图 4），IC 即进入软启动阶段。在软启动期间（第 4 阶段，图 4），启动频率从 135 kHz 下降到设定的预热频率（第 2.2.2 节）。在软启动阶段，灯管电压上升，芯片电源电压从 $10.6 \text{ V} < V_{CC} < 17.5 \text{ V}$ 达到工作电压。软启动结束后，IC 进入预热模式（第 5 阶段，图 4），用于预热灯丝（时间可调），以延长荧光灯灯丝的使用寿命。在完成预热后，控制器开始点火（第 6 阶段，图 4）。在点火阶段，频率从设定的预热频率降至设定的运行频率（可调，参见第 2.2.2 节）。如果点火成功，IC 进入预运行模式（第 7 阶段，图 4）。提供这种模式是为了防止 IC 因系统不稳定而发生故障，例如灯管参数不处于稳定状态。完成 625 ms 的预运行阶段后，IC 切换到运行模式（第 8 阶段，图 4），并进行全面监控。

2.2.1 从欠压锁定到软启动的工作电平

本节将详细介绍从第 1 阶段（欠压锁定）到第 4 阶段（软启动）的工作流程。镇流器的控制能够在不到 100 ms 的时间内启动运行（IC 处于激活模式）。这是通过一个小的启动电容（约 $1\mu\text{F}$ C12 和 C13 - 由图 3 中的启动电阻 R11 和 R12 供电）以及在欠压锁定（ $I_{VCC} = 130\mu\text{A}$ - 第 1 阶段，图 5）和启动滞回（ $I_{VCC} = 160\mu\text{A}$ - 定义启动电阻 - 第 2 阶段，图 5）阶段的低电流消耗来实现的。IC 的芯片供电级通过内部齐纳钳位网络提供过压保护，将电压钳位在 16.3 V，允许电流为 2.5 mA。对于钳位电流超过 2.5 mA 时，需要外接齐纳二极管（D9，图 3）。¹⁾

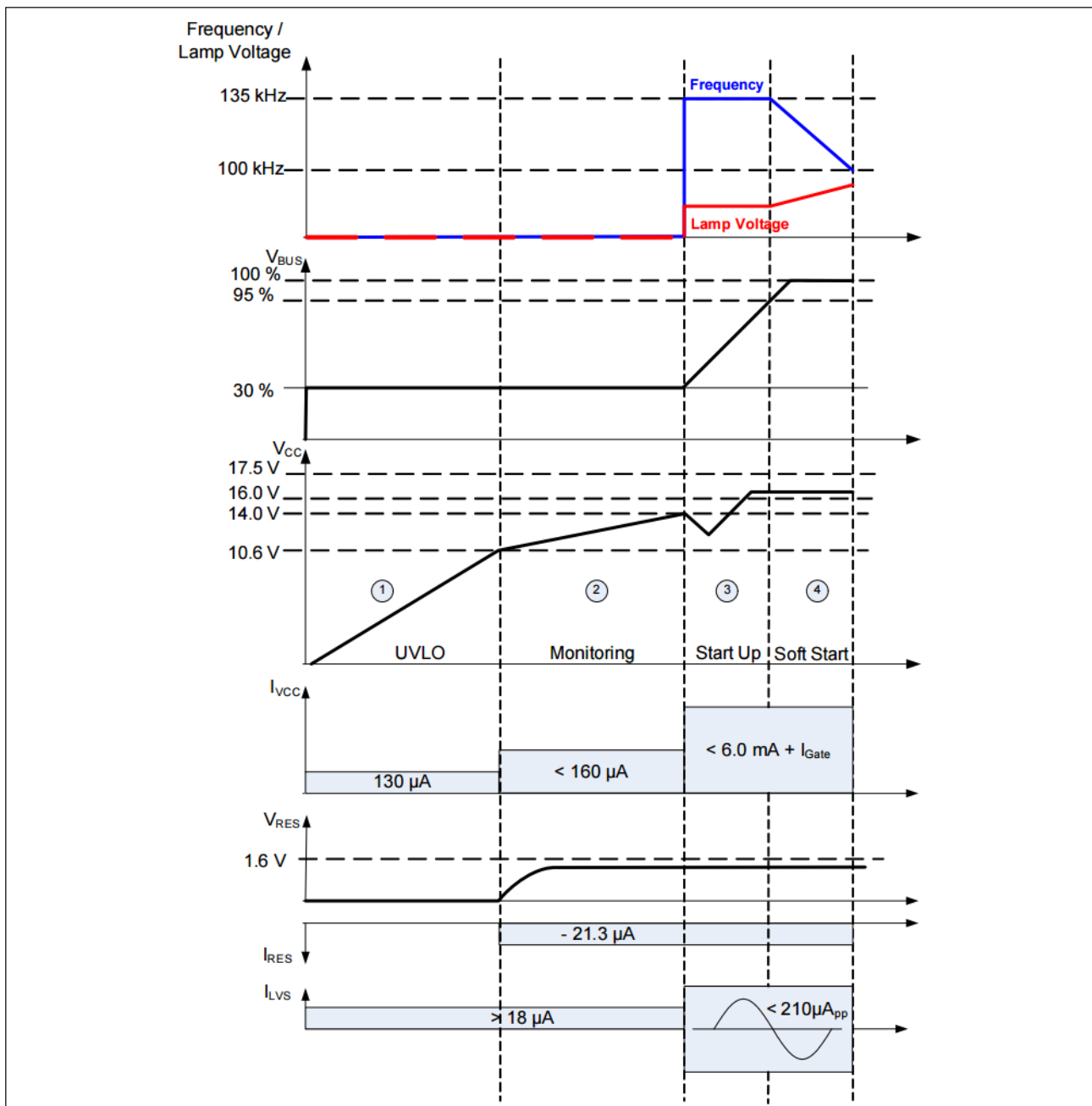


图 5 运行模式下的典型启动程序（正常运行时）

1) I_{Gate} 取决于 MOSFET

如果 V_{CC} 超过 10.6 V 且保持在 14.0 V 以下（启动滞回 – 第 2 阶段，图 5），IC 就会通过检测灯丝上的电流来检查灯管是否已装配好。

低边灯丝通过从引脚 13 RES（图 5 I_{RES} ）流出的典型 $I_{RES3} = -21.3 \mu A$ 拉电流进行检查。该电流在低边灯丝检测电阻器（图 3 中的 R36）上产生 $V_{RES} < 1.6 V$ 的压降（灯丝正常），该电阻器连接至 GND（通过低边灯丝）。当 RES 引脚上的电压超过 $V_{RES} > 1.6 V$ 阈值时（图 5 V_{RES} ），检测到低边灯丝开路（见第 2.3.2 节）。

通常通过电阻器 R41、R42、R43 和 R44（图 3）将 $I_{LVS} > 12 \mu A$ 的电流输入 LVS 引脚 12（单灯管工作时），对高边灯丝进行检查。未使用的 LVS 引脚必须通过与 GND 连接来禁用。当 LVS 引脚没有灌入电流时，将检测到高边灯丝开路（参见第 2.3.3 节）。这将导致 RES 引脚输出更大的拉电流（通常为 $42.6 \mu A / 35.4 \mu A$ ），以超过 $V_{RES} > 1.6 V$ 。在灯丝有缺陷的情况下，IC 会一直进行监控，直到 RES 引脚或 LVS 引脚产生足够的电流（例如在移除故障灯管时）。

当 V_{CC} 超过 14.0 V 阈值时（图 5，第 2 阶段启动滞回结束时），IC 等待 130 μs 并检测总线电压。如果额定总线电压在 $12.5\% < V_{BUSRATED} < 105\%$ 的范围内，IC 将启动系统并进入第 3 阶段（图 5， $V_{BUSRATED} > 95\%$ 检测）；如果不在范围内，IC 将启动 UVLO，直到芯片电源电压降至 $V_{CC} < 10.6 V$ 以下。一旦满足上电条件，IC 就会以 135 kHz 的内部固定启动频率启动逆变器栅极运行。PFC 栅极驱动启动延迟约为 300 μs 。接下来，将检查总线电压是否高于 95% 的额定水平，持续时间为 80 ms（第 3 阶段，图 5）。离开第 3 阶段后，IC 进入软启动阶段，并将频率从 135 kHz 的内部固定启动频率降至设定的预热频率，例如 $f_{RPH} = 100 kHz$ 。

2.2.2 从软启动到运行模式的工作电平

本节将详细介绍从第 5 阶段（预热模式）到第 8 阶段（运行模式）的运行流程。为了延长灯丝的使用寿命，控制器在软启动阶段之后进入预热模式（第 5 阶段，图 6）。预热频率由引脚 R_{FPH} 至 GND 的电阻 R22 与 R21（图 3）共同设定，典型值为 100 kHz，例如 R22 = 8.2 k Ω ，与 R21 = 11.0 k Ω 并联（见图 3，RFRUN 引脚）。预热时间可通过 RTPH 引脚上的编程电阻器（图 3 中的 R23）选择，从 0 ms 到 2500 ms 不等（第 5 阶段，图 6）。

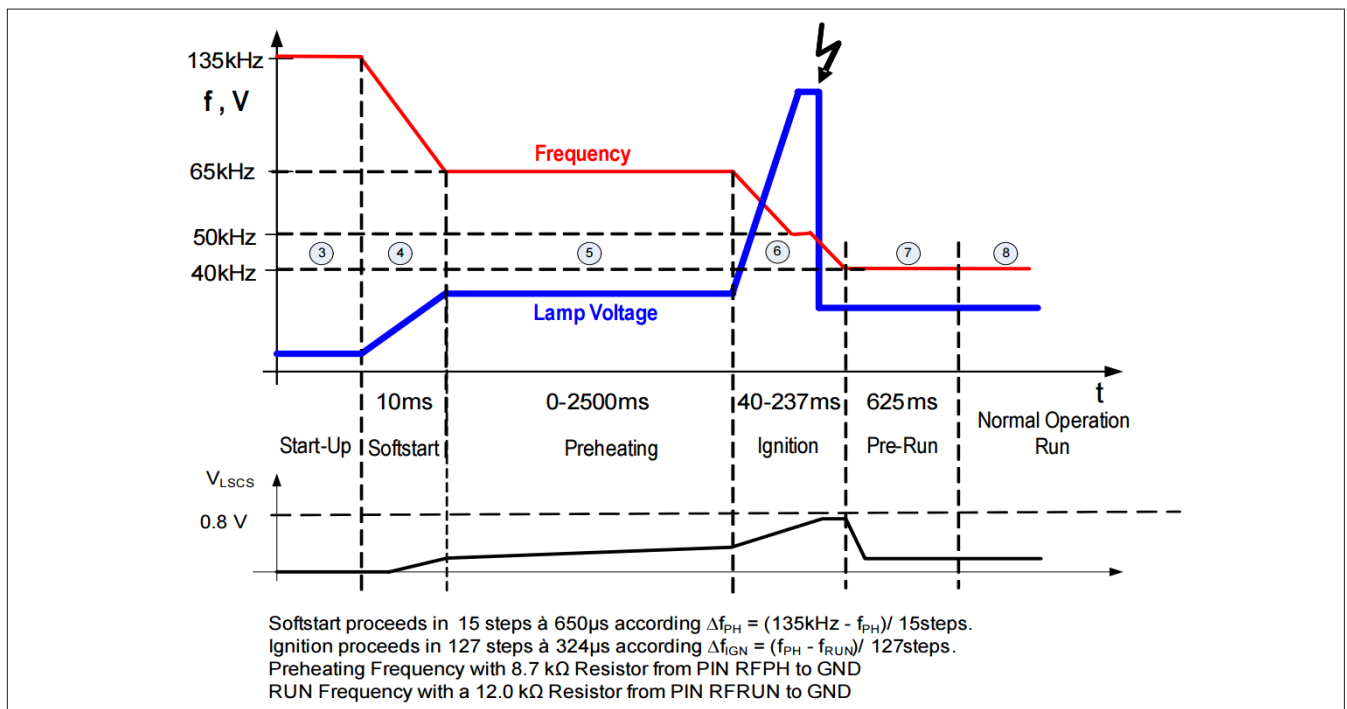


图 6 启动期间工作频率的典型变化

功能描述

在点火期间（第 6 阶段，图 6），逆变器的工作频率会在 $t_{typ} = 40 \text{ ms}$ ($t_{max} = 237 \text{ ms}$) 的时间内下移到由引脚 RFRUN 至 GND 的电阻（图 3 中的 R21）设定的运行频率（典型值：11.0 kΩ，电阻对应 45 kHz）。在这一频率转换过程中，谐振电路中的电压和电流将上升，当工作接近谐振频率时，灯管两端的电压会增加。如果 LSCS 引脚上的感应斜率达到典型值 $205 \text{ mV}/\mu\text{s} \pm 25 \text{ mV}/\mu\text{s}$ ，并超过 0.8 V 的阈值，则点火控制被激活。这将停止频率下降并等待点火。点火控制现在由 LSCS 引脚持续监控。点火过程的最长持续时间限制为 237 ms。如果在这段时间内没有点火，则点火控制被禁用，IC 转入故障锁定模式。

此外，为了减小灯扼流圈的尺寸，点火控制器设计为在点火期间与处于磁饱和状态的灯扼流圈一起工作。为了在点火过程中实现磁饱和运行，当达到点火电压时，LSCS 引脚 2 分流器上的电压必须为 $V_{LSCS} = 0.75 \text{ V}$ 。如果点火成功，IC 进入预运行模式（第 7 阶段，图 6）。预运行模式是一种安全模式，目的是防止在运行过程中由于系统不稳定发生 IC 故障，例如灯管参数不处于稳定状态。经过 625 ms 的预运行模式后，IC 转入运行模式（第 8 阶段，图 6）。运行模式监控整个系统，包括总线过压和欠压、开环、PFC 和/或逆变器过流、灯管过压 (EOL1) 和整流器效应 (EOL2)（参见第 2.5 节）以及电容负载 1 和 2（参见第 2.6 节）。

图 8 显示了从预热到运行模式不同阶段的灯管电压与频率的关系。灯管电压在预热阶段结束时随着频率的降低（如从 100 kHz 到 50 kHz）而升高，例如在点火时升至 700 V。点火后，随着频率的持续降低（图 8），灯管电压降至工作电压，例如 45 kHz（由 RFRUN 引脚对地的电阻设定）。频率下降停止后，IC 进入预运行模式。

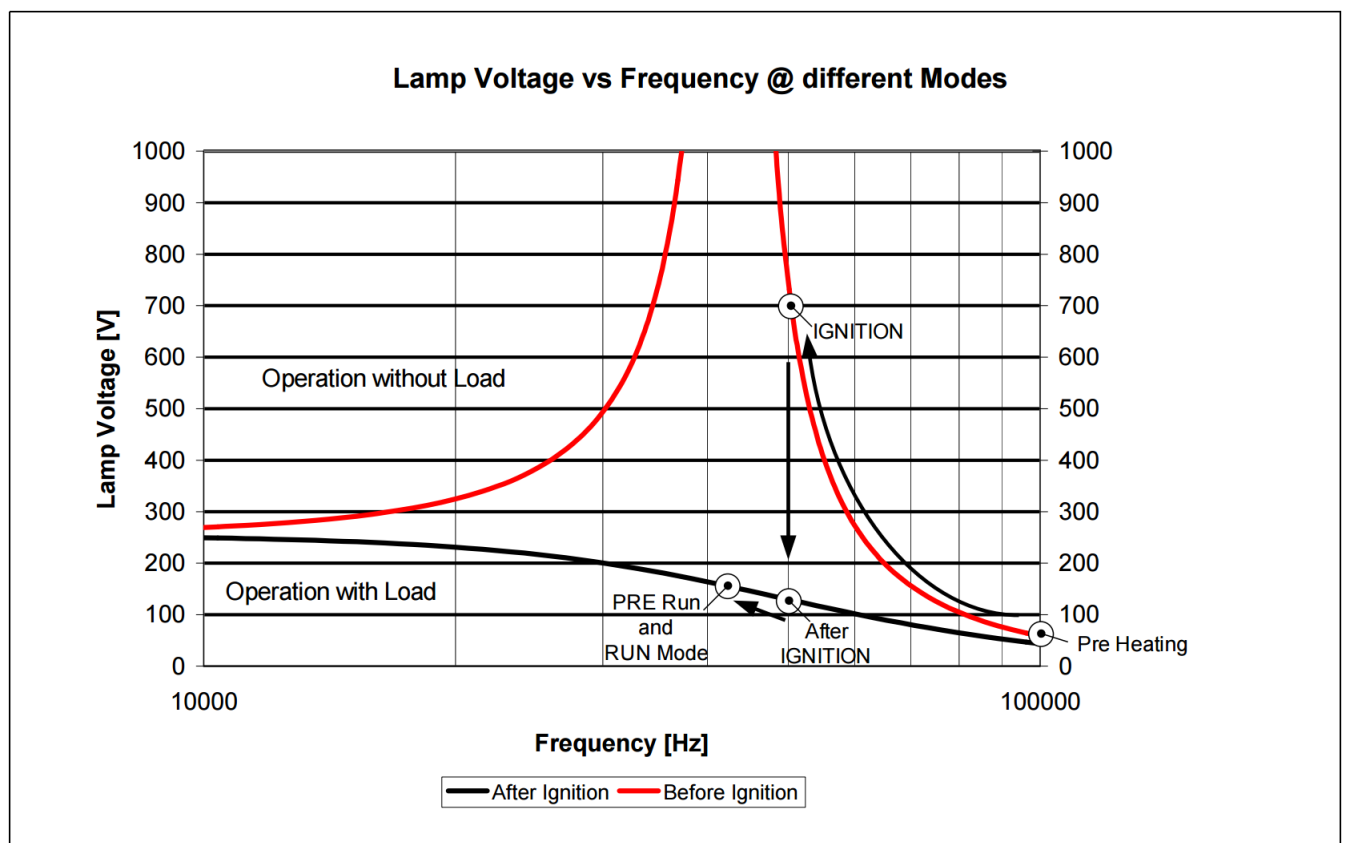


图 7 不同启动阶段的灯管电压与频率关系

2.3 启动和运行模式期间的灯丝检测

低边和高边灯丝检测通过 RES 和 LVS 引脚进行检测。启动和运行模式期间的低边灯丝仅通过 RES 引脚进行检测。启动模式期间的高边灯丝开路将通过 LVS 和 RES 引脚进行检测。

2.3.1 低边灯丝断裂时的启动流程

RES 引脚 (13) 的 $I_{RES3} = -21.3 \mu A$ 拉电流可监测启动期间（也包括运行模式）是否存在低边灯丝。如果在启动滞回（ $10.6 V < V_{CC} < 14.0 V$ ）期间出现低边灯丝开路的情况，一个电容器（图 3 中的 C19）将通过 $I_{RES3} = -21.3 \mu A$ 充电。当 RES 引脚上的电压 (13) 超过 $V_{RES1} = 1.6 V$ 时，控制器会阻止系统上电，并将 RES 电压内部钳位在 $V_{RES} = 5.0 V$ 。PFC 和逆变器级的栅极驱动无法启动。

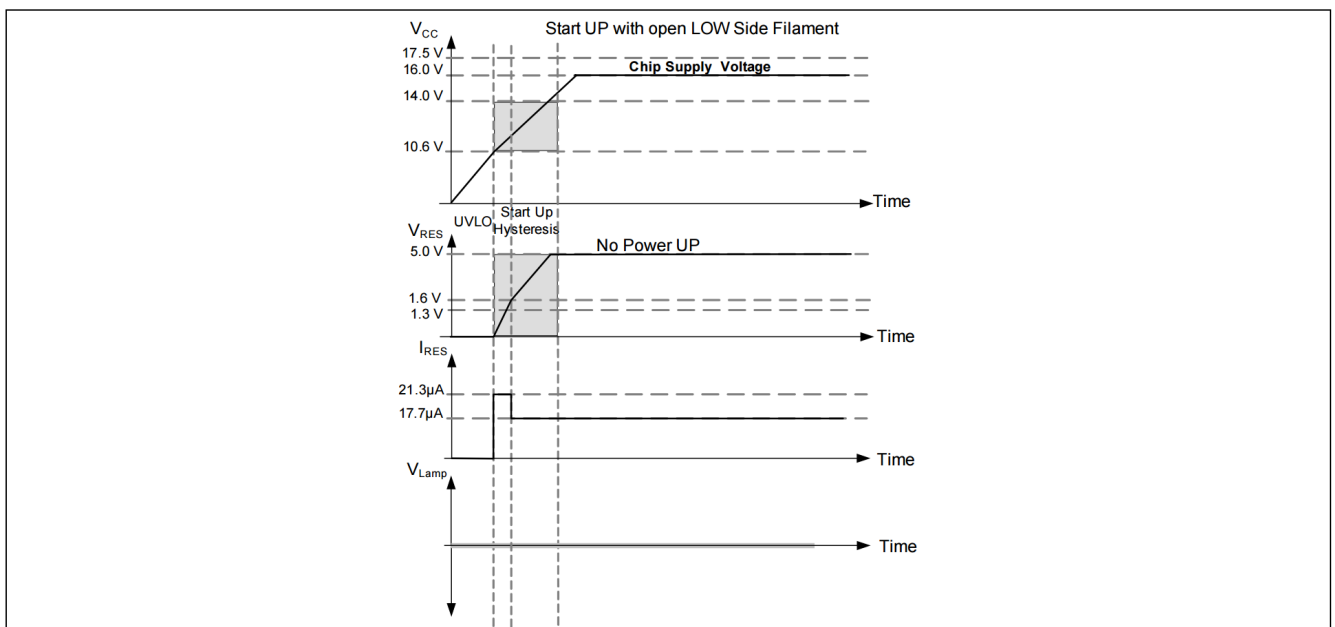


图 8 低边灯丝断路时的启动情况

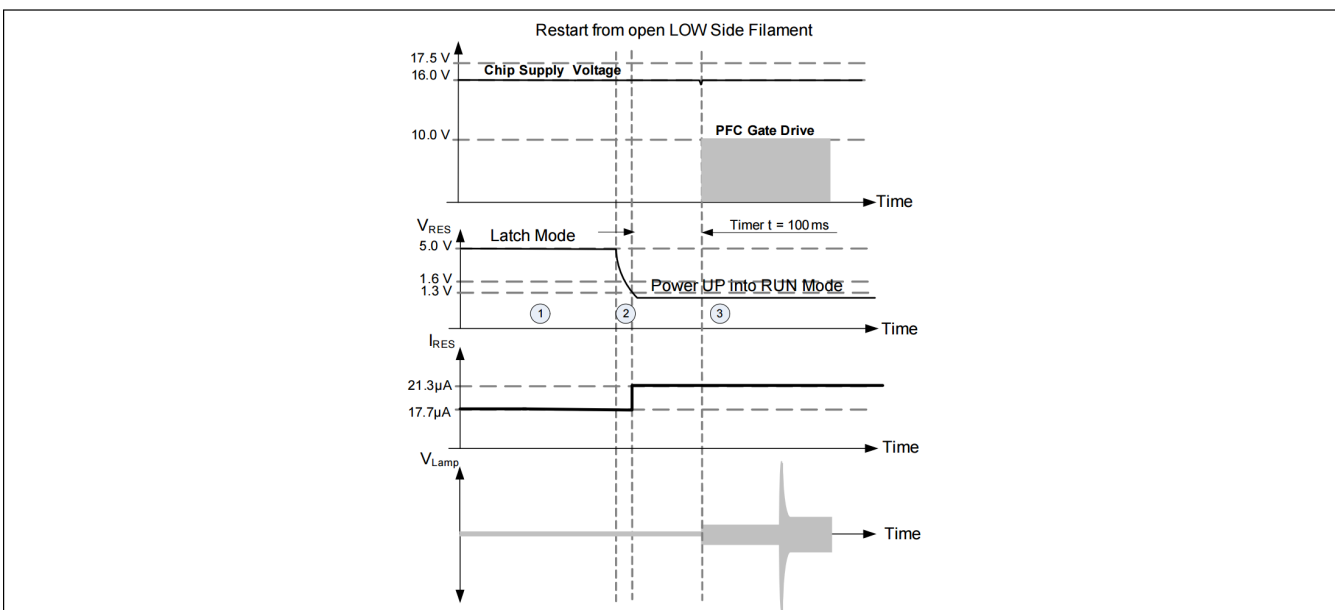


图 9 低边灯丝断路后的重启流程

然后将 IC 比较器设置为 $V_{RES1} = 1.3\text{ V}$ 和 $I_{RES4} = -17.7\mu\text{A}$ 的阈值，控制器等待 RES 引脚的电压降至 $V_{RES1} = 1.3\text{ V}$ 以下。当出现灯丝时（图 9，第 2 节），电压降至 1.3 V 以下，RES 引脚输出的拉电流值从 $I_{RES4} = -17.7\mu\text{A}$ 设置为 $I_{RES3} = -21.3\mu\text{A}$ 。然后控制器为系统上电，包括软启动和预热，进入运行模式。

2.3.2 运行模式下的低边灯丝检测

在运行模式下，如果低边灯丝开路，则从 RES 引脚流出的电流 $I_{RES3} = -21.3\mu\text{A}$ 会对图 3 中的电容器 C19 充电。如果 RES 引脚的电压超过 $V_{RES3} = 3.2\text{ V}$ 的阈值，控制器就会检测到低边灯丝开路，并在内部定时器延迟 $t = 620\mu\text{s}$ 后停止栅极驱动。

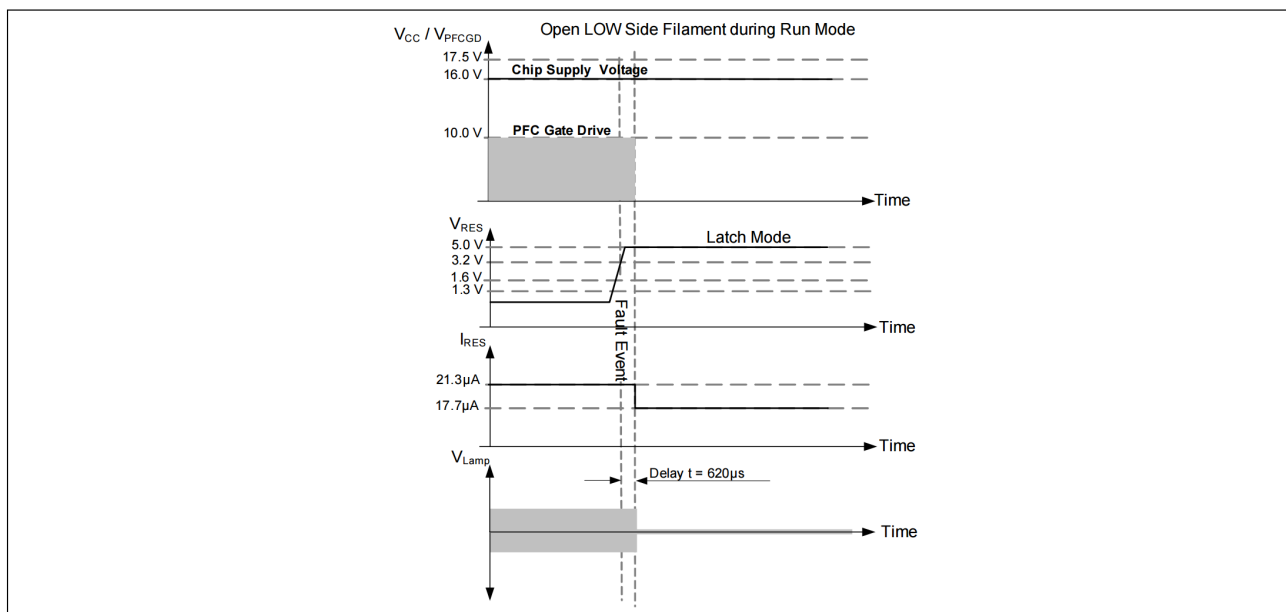


图 10 低边灯丝断路运行模式

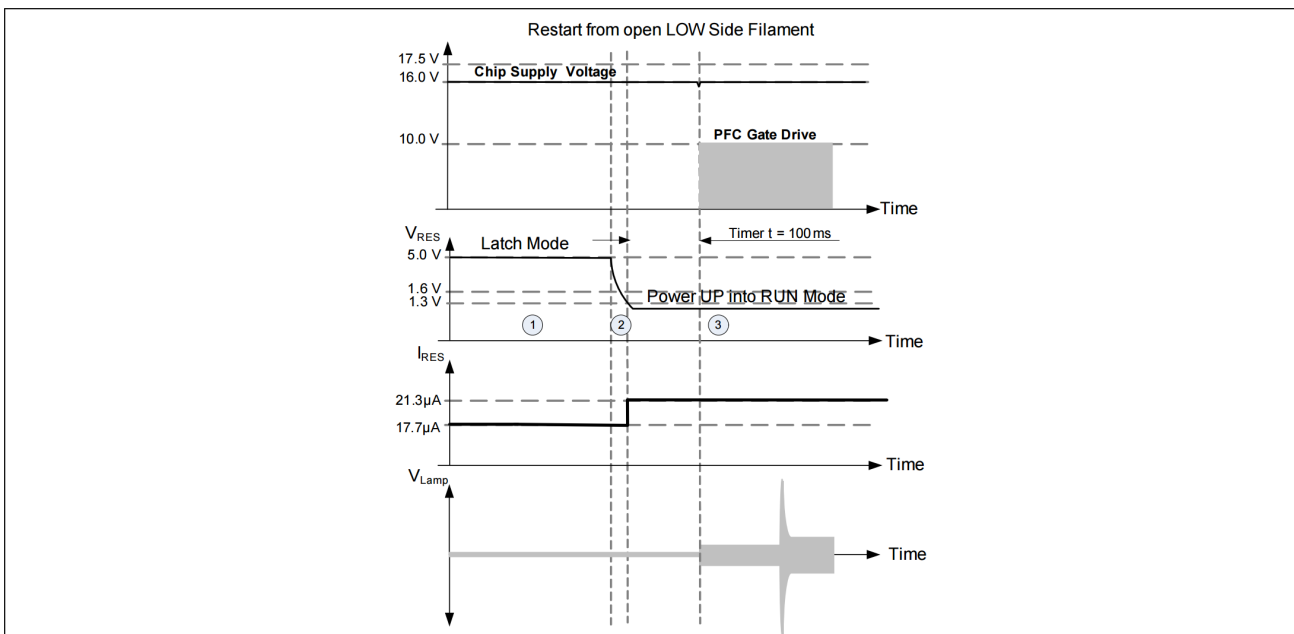


图 11 低边灯丝断路后的重启流程

当检测到灯丝时，例如在移除灯管的情况下，将启动重启。如果存在灯丝（图 11，第 2 节），电压将降至 1.3 V 以下，RES 引脚流出的拉电流值将从 $I_{RES4} = -17.7 \mu A$ 恢复为 $I_{RES3} = -21.3 \mu A$ 。控制器为系统上电，包括软启动和预热，进入运行模式（图 11，第 3 节）。

2.3.3 高边灯丝断裂时启动

在启动滞回期间（ $10.6 V < V_{CC} < 14.0 V$ ），当流入 LVS 引脚 12 的电流低于 $I_{LVS} = 12 \mu A$ 时（典型值），就会检测到高边灯丝开路。在这种情况下，流出 RES 引脚 13 的电流会升至 $I_{RES1} = -42.6 \mu A$ 。这导致 RES 引脚上的电压越过 $V_{RES1} = 1.6 V$ 。拉电流现在被设置为 $I_{RES2} = -35.4 \mu A$ ，另一个阈值 $V_{RES2} = 1.3 V$ 处于激活状态。控制器阻止上电（见图 12），PFC 和逆变器级的栅极驱动无法启动。

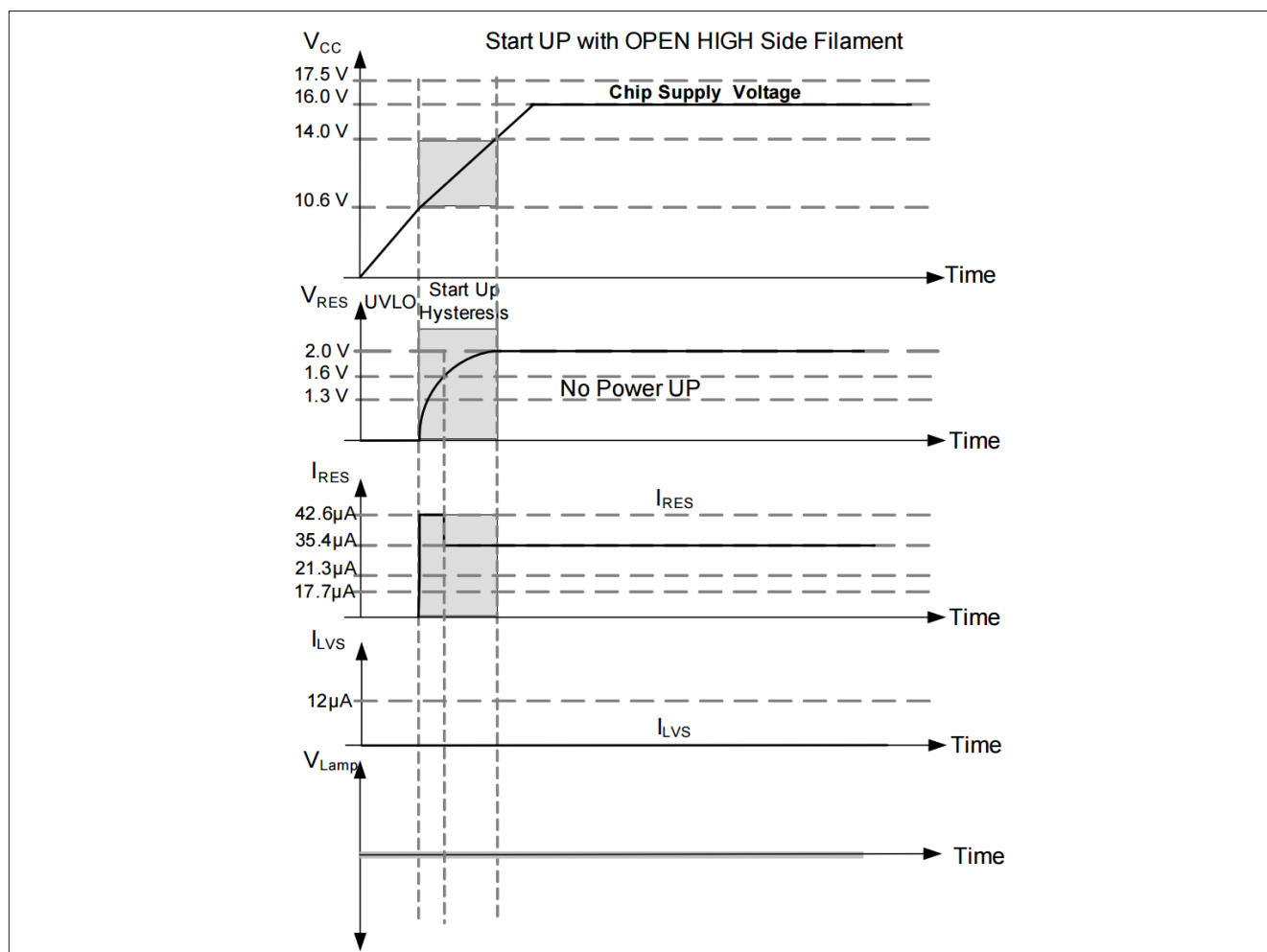


图 12 高边灯丝断路时启动

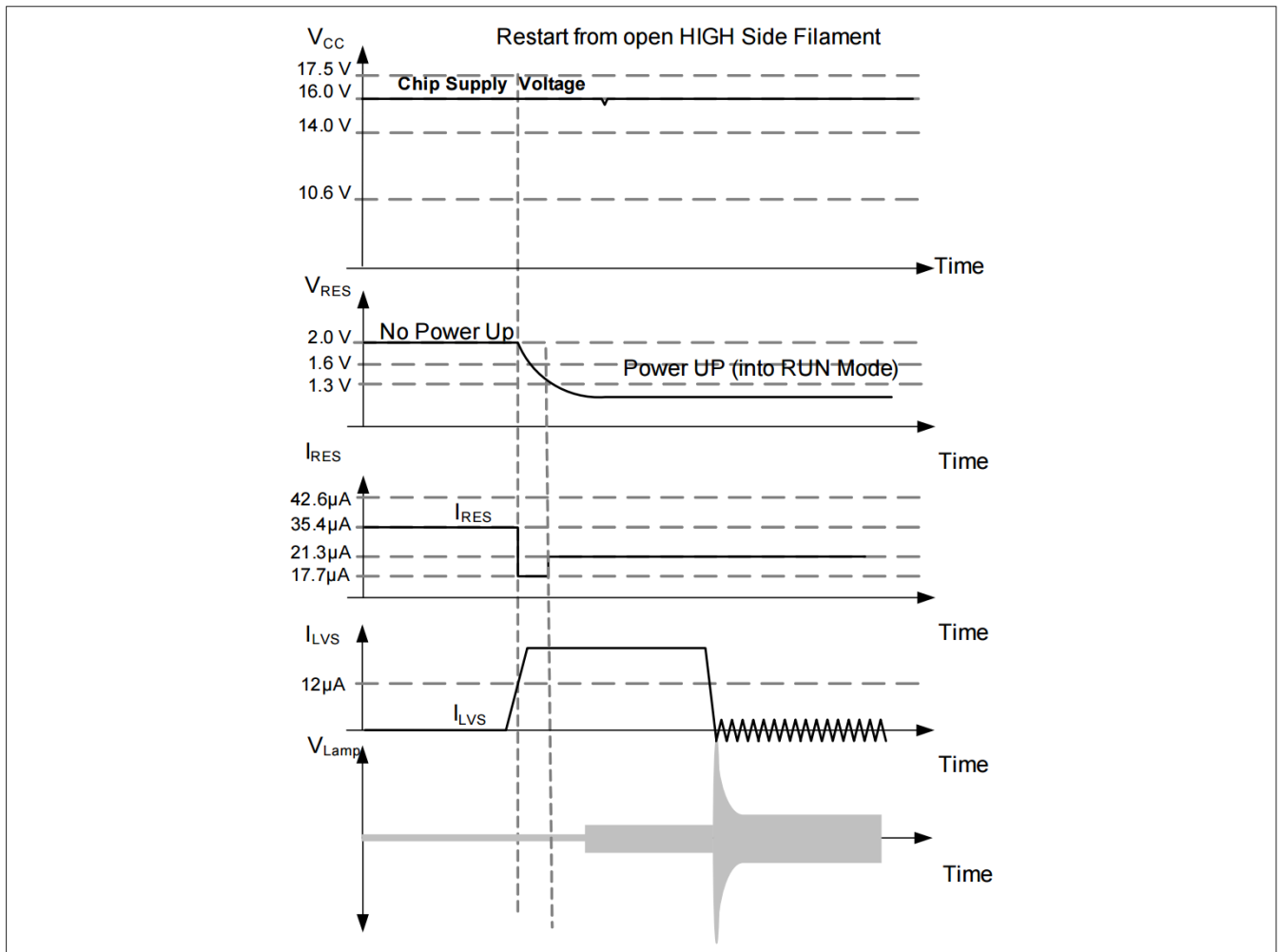


图 13 高边灯丝断路后重启

当出现高边灯丝时，例如插入灯管，有源 LVS 引脚的电流超过 $I_{LVS} > 12 \mu\text{A}$ （典型值），RES 电流从 $I_{RES2} = -35.4 \mu\text{A}$ 下降到 $I_{RES4} = -17.7 \mu\text{A}$ （图 13）。控制器随后检测低边灯丝。如果低边灯丝也存在，并且控制器的电压（由于 RES 引脚上的电容导致的短暂延迟后）下降到 $V_{RES2} = 1.3 \text{ V}$ 以下，则 RES 电流将设置为 $I_{RES3} = -21.3 \mu\text{A}$ ，控制器将启动系统。

2.4 PFC 预转换器

2.4.1 非连续导通和临界导通模式运行

数字控制 PFC 预转换器开始时的内部固定导通时间典型值为 $t_{ON} = 4.0 \mu s$ ，频率可变。导通时间每 $280 \mu s$ （典型值）增加一次，最大导通时间为 $24 \mu s$ 。变频器一旦有足够的 ZCD 信号，控制装置实际上会立即从非连续导通模式 (DCM) 切换到临界导通模式 (CritCM)。CritCM 的频率范围为 22 kHz 至 500 kHz （取决于功率）（图 14），导通时间从 $24 \mu s > t_{ON} > 0.5 \mu s$ 。

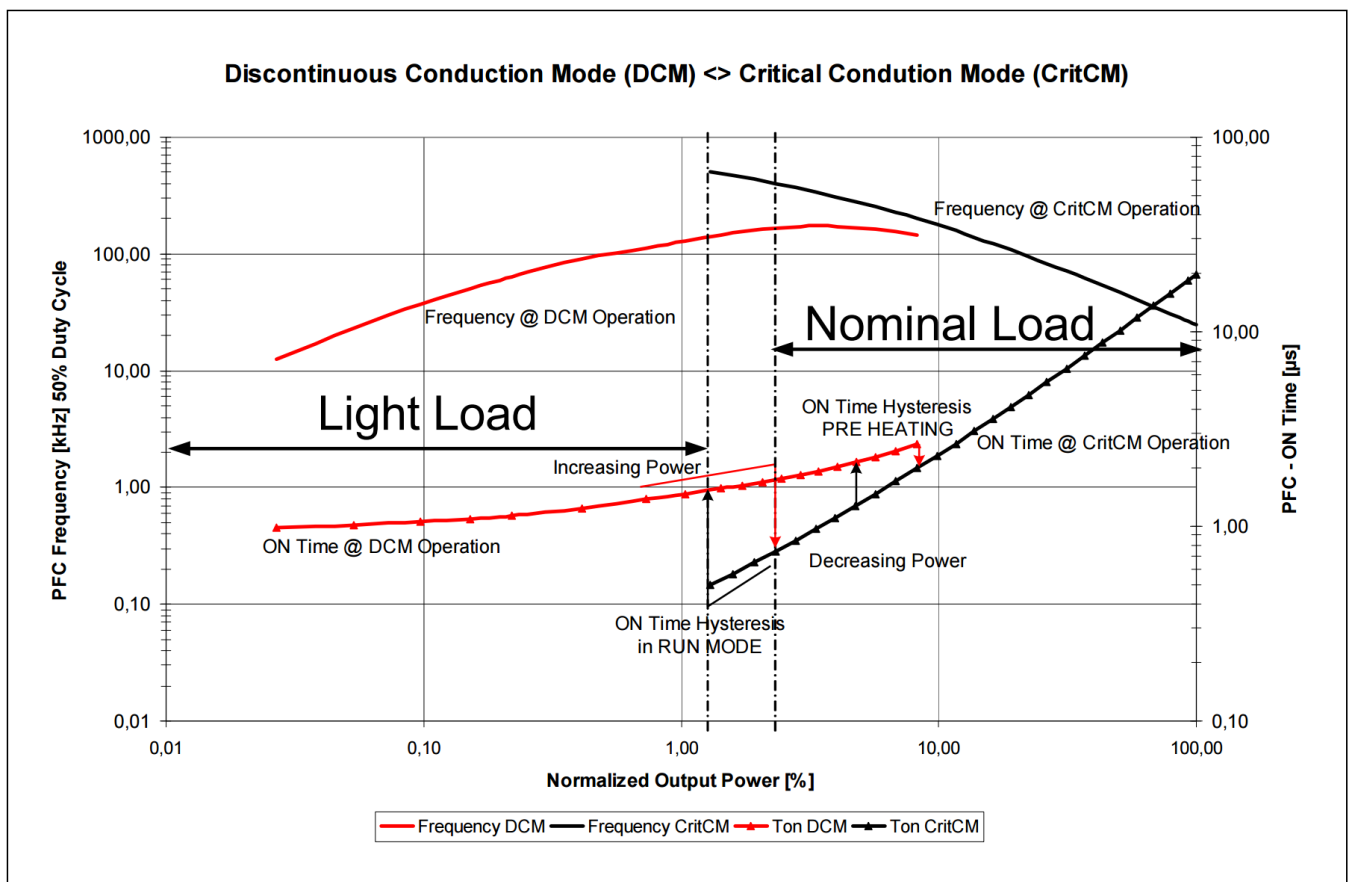


图 14 DCM 和 CritCM 运行时的工作频率和导通时间与功率的关系

对于较低的负载 ($P_{OUTNorm} < 8\%$ ，从归一化负载¹⁾)，控制器在非连续导通模式 (DCM) 下运行，导通时间从 $4.0 \mu s$ 起，关断时间不断延长。DCM 期间的频率变化范围为从 144 kHz 降至典型的 22 kHz @ 0.1% 负载（图 14）。采用这种控制方法，PFC 转换器可在 100% 负载降至 0.1% 的情况下稳定运行。图 14 显示了 DCM 和 CritCM（临界导通模式）工作时的导通时间范围。在 CritCM 和 DCM 的重叠区域，导通时间存在滞回，导致的频率变化可以忽略不计。

2.4.2 PFC 总线电压检测

PFC 总线电压的过压、开环、总线 95% 和欠压状态（图 15）通过网络 R14、R15、R20 和 C11 在 PFCVS 引脚上进行检测 - 图 3（C11 起到尖峰抑制滤波器的作用）。

1) 低线路输入电压和最大负载时的归一化功率

2.4.2.1 总线过压和 PFC 开环

总线电压环路控制是完全集成的（图 16），由一个 8 位 Σ/Δ A/D 转换器提供，典型采样率为 280 μs ，分辨率为 4 mV/位。离开第 2 阶段（监控）后，IC 开始上电（ $V_{CC} > 14.0\text{ V}$ ）。上电后，IC 会检测总线电压低于 12.5%（开环）或高于 105%（总线过压），持续 130 μs 。在第 3 至第 8 阶段中，如果出现总线过压（ $V_{BUS\text{Rated}} > 109\%$ ）或开环（ $V_{BUS\text{Rated}} < 12.5\%$ ）时，IC 将分别在 5 μs 或 1 μs 内关闭 PFC 的栅极驱动。在这种情况下，当总线电压再次重新进入有效范围（ $12.5\% < V_{BUS\text{Rated}} < 105\%$ ）内时，PFC 会自动重新启动。如果总线电压在 130 μs 后仍然有效，则总线电压传感设置为 $12.5\% < V_{BUS\text{Rated}} < 109\%$ 。如果超过这些阈值的时间超过 1 μs （开环）或 5 μs （过压），PFC 栅极驱动器将停止工作，直到电压降至低于 105% 或超过 12.5% 水平。在运行模式下，如果总线过压（ $> 109\%$ ）持续时间超过 625 ms，逆变器栅极也会关闭，并尝试完全断电重启（图 15）。

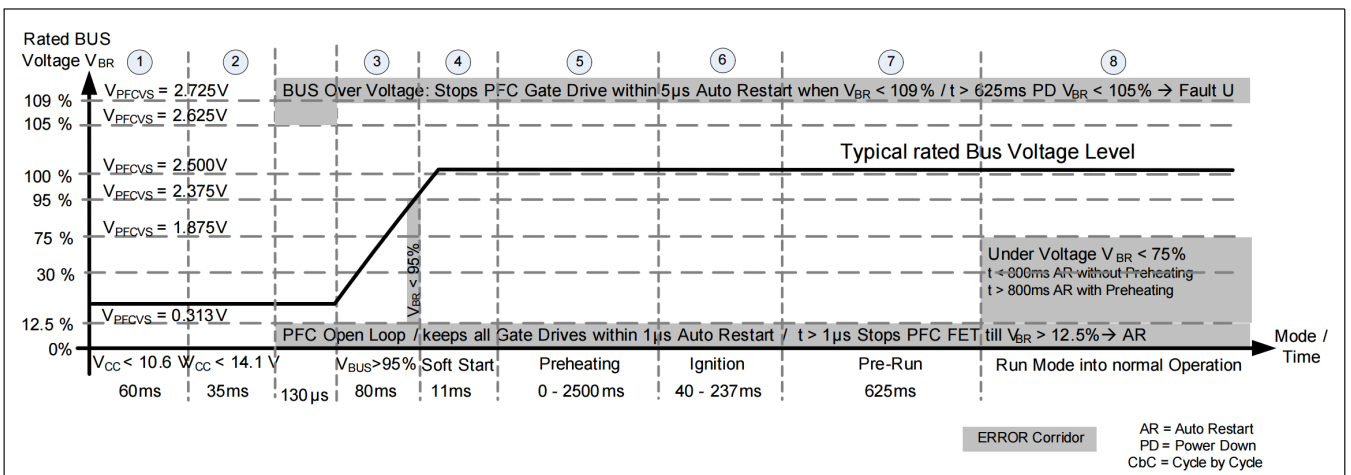


图 15 PFC 总线电压工作电平和错误检测

2.4.2.2 总线电压 95% 和 75% 检测

当额定总线电压处于 $12.5\% < V_{BUS\text{Rated}} < 109\%$ 的范围时，IC 将在进入软启动第 4 阶段之前的 80 ms 内检查总线电压是否超过 95% 的阈值（图 15，第 3 阶段）。当 IC 进入运行模式（第 8 阶段）时，另一个阈值将被激活。如果额定总线电压低于 75% 的时间超过 84 μs ，则会在计数器超过 800 ms 时尝试断电并完全重启。在短时总线电压不足的情况下（总线电压在典型值 800 ms（最小 500 ms）计时结束之前恢复至运行模式的工作电平），IC 跳过第 1 至 5 阶段，开始点火（参见第 2.7.1 节，了解应急照明的条件）。总线电压检测器 V_{PFCVS} 的内部参考电平为 2.5 V（额定总线电压的 100%），精度很高。当额定总线电压为 $V_{BUS} > 109\%$ ，低边电流检测电压为 $V_{LSCS} > 1.6\text{ V}$ （预运行模式）或 $V_{LSCS} > 0.8\text{ V}$ （运行模式）持续超过 500 ns 时，浪涌保护将被激活。

2.4.3 混合信号的 PFC 结构

数字 NOTCH 滤波器可消除输入电压纹波，不受电源频率的影响。具有 PI 特性的后续误差放大器可确保 PFC 预转换器的稳定运行（图 16）。

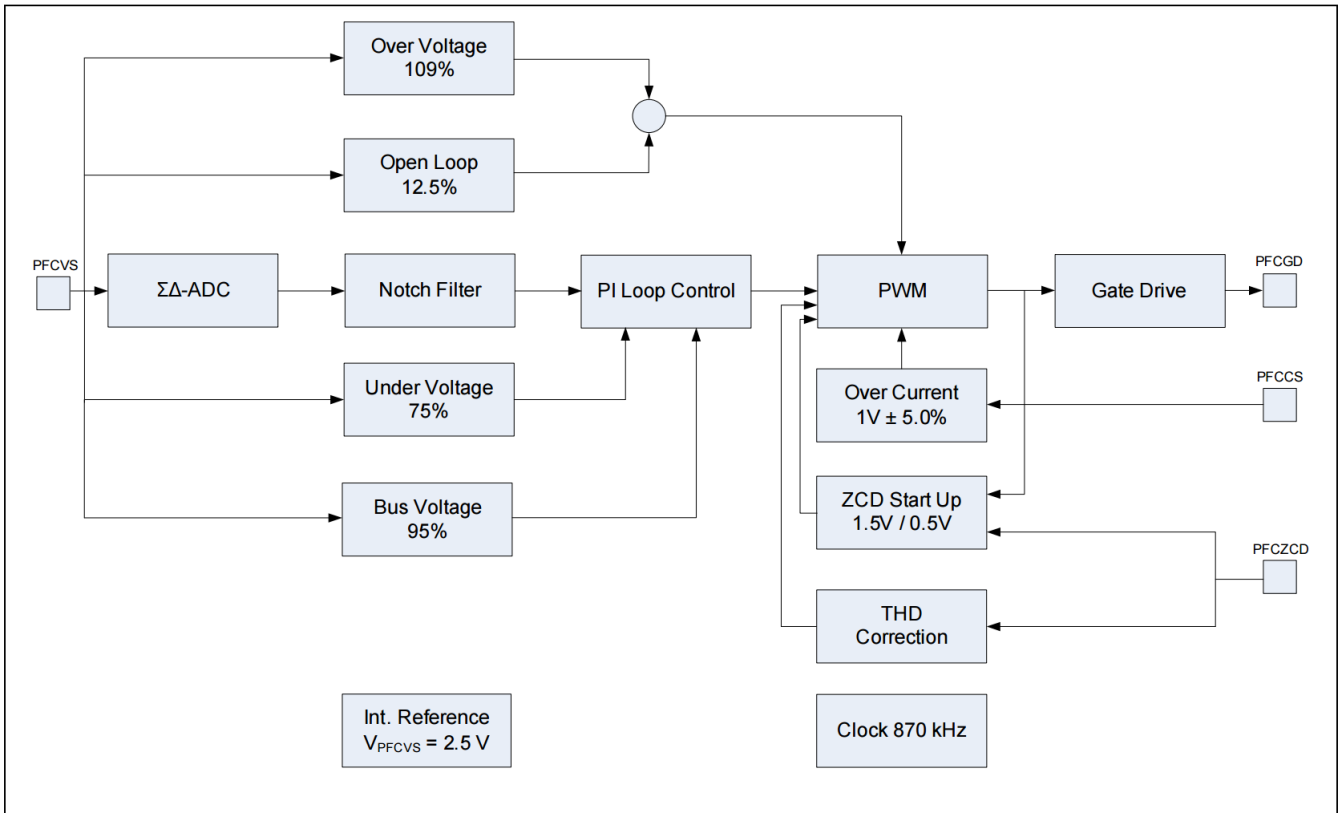


图 16 PFC 预转换器的数字和模拟混合控制结构

零电流检测 (ZCD) 由 PFCZCD 引脚通过 R13 检测（图 3）。CritCM 和 DCM 也需要在退磁过程中通知电流流动结束。输入端配有特殊的滤波系统，包括典型值为 500 ns 的消隐和典型值为 0.5 V 和 1.5 V V_{PFCZCD} 的大滞回（图 16）。

2.4.4 通过 ZCD 信号进行 THD 校正

另外一项功能是总谐波失真校正（图 16）。为了优化改进后的总谐波失真（尤其是在图 17 ZCD @ AC 输入电压所示的 A 区），除了由 V_{PFCVS} 信号控制的栅极信号（图 17 中 PFC 栅极信号的灰色部分）外，还可以通过可变 PFC ZCD 电阻器（见图 3 中的电阻器 R13）来延长栅极信号（图 17 中 PFC 栅极信号的蓝色部分）的脉冲宽度。

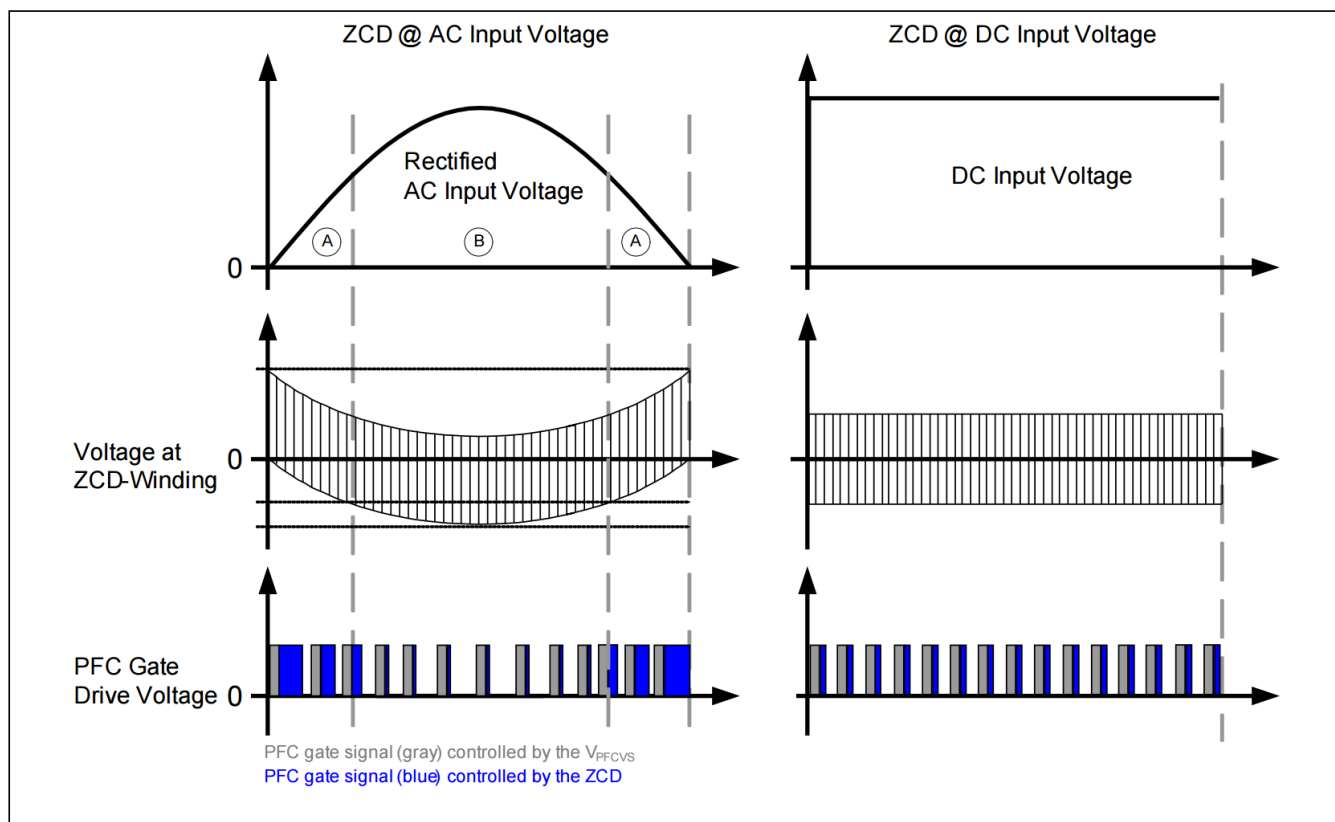


图 17 利用可调脉冲宽度扩展优化 THD

在DC输入电压的情况下（见 图 17 中的DC输入电压），脉宽栅极信号被固定为由 V_{PFCVS} 引脚（灰色）控制的栅极信号和由 ZCD 引脚（蓝色）控制的附加脉宽信号的组合，如 图 17 ZCD@ DC输入电压所示。

如果分流电阻 R_{18} （图 3）上的压降超过 $V_{PFCS} = 1.0\text{ V}$ （图 16），引脚 PFCCS 上的 PFC 电流限制将中断 PFC MOSFET 的导通时间。该中断将在 ZCD 的下一个足够信号可用后重新启动（自动重启）。电阻器的初始值可通过 PFC 主扼流圈与 ZCD 绕组匝数比、总线电压以及典型电流为 1.5 mA 来计算（ZCD 电阻的良好实用值见下式）。调整 ZCD 电阻可优化总谐波失真。

$$R_{ZCD} = \frac{\frac{N_{ZCD}}{N_{PFC}} * V_{BUS}}{1.5\text{mA}}$$

2.5 检测寿命终止和整流器效应

寿命终止（EOL）会产生两种效应：灯管过压（EOL1）和整流器效应（EOL2）。

点火后（见 图 18 中的 1），灯管电压随着频率的降低而下降到运行电压水平。达到运行频率后，IC 进入预运行模式，持续 625 ms 。在此期间，EOL 检测仍处于禁用状态。在随后的运行模式（图 18 中的 2）中，EOL1（灯管过压，见 图 18 中的 3）和 EOL2（整流器效应，见 图 18 中的 4）检测完全使能。

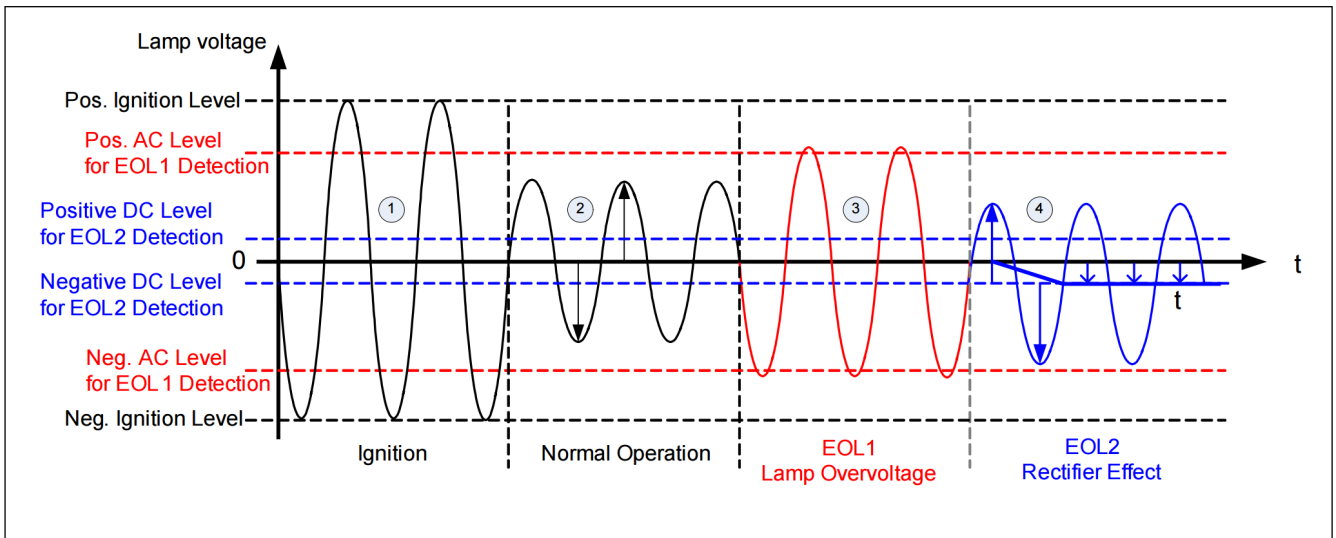


图 18 寿命终止和整流器效应

2.5.1 检测寿命终止 1 (EOL1) - 灯管过压

通过输入 LVS 引脚（图 19）的 AC 电流测量灯管电压的正负峰值电平，从而检测 EOL1 事件。该 AC 电流通过网络 R41、R42、R43、R44 以及低通滤波器 C40 和 R45 输入 LVS 引脚（见图 3）。如果检测到的 AC 电流超过 $210 \mu A_{pp}$ ，且持续时间超过 $620 \mu s$ 时，将检测到寿命终止 (EOL1) 状态（灯管过压/过载；见图 19 LVSAC 电流）。EOL1 故障会导致锁定掉电模式（尝试一次重启后）。控制器持续监控状态，直到 EOL1 状态发生变化（如插入新灯管）。

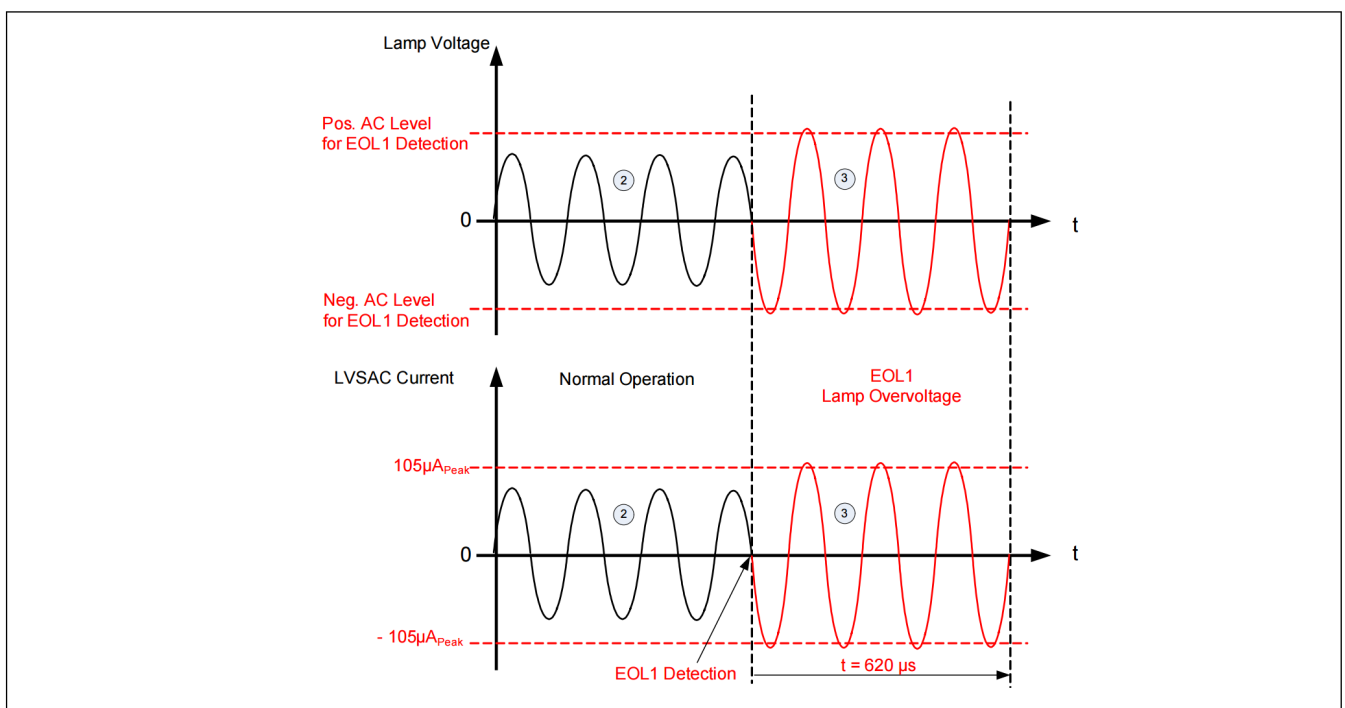


图 19 寿命终止 (EOL1) 检测，灯管电压与 AC LVS 电流的关系

2.5.2 检测寿命终止 2 (EOL2) - 整流器效应

整流器效应 (EOL2) 是通过输入 LVS 引脚的电流测量灯管电压的正负DC电平来检测的 (图 20)。该电流通过网络 R41、R42、R43 和 R44 输入 LVS 引脚 (见图 3)。如果检测到的DC电流超过 $\pm 42 \mu\text{A}$ (图 20 LVSDC 电流)，且持续时间超过 2500 ms，则会检测到寿命终止 (EOL2) 状态。EOL2 故障会导致锁定断电模式 (尝试一次重启后)，控制器将持续监控。插入新灯管或中断输入电压会复位 IC 的状态。

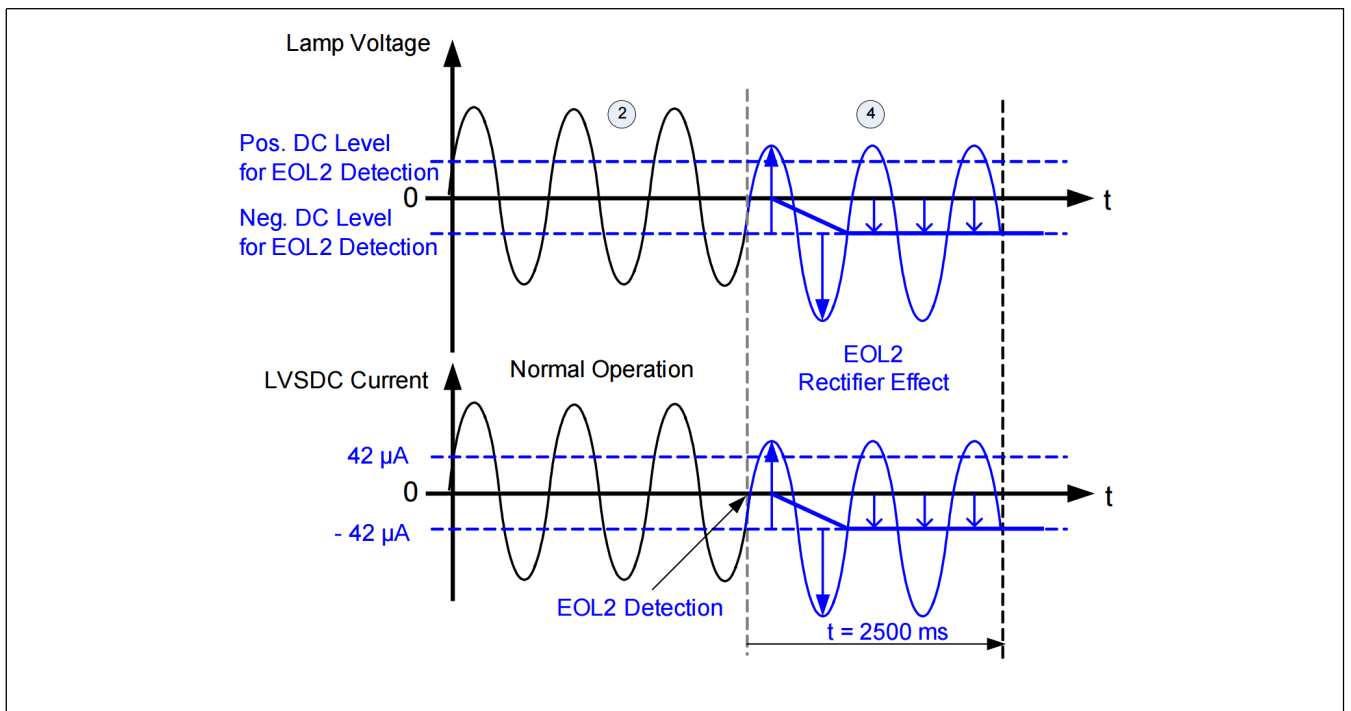


图 20 寿命终止 (EOL2) 检测，灯管电压与DC LVS 电流的关系

2.6 检测电容性负载

为了防止在运行模式下由于某些偏离正常负载的情况 (如灯管损坏、灯管突然断裂.....) 而导致电容负载区域 (见图 21) 出现故障，IC 集成了三个阈值，仅通过 LSCS (引脚 2) 进行检测。控制器可区分电容性负载的两种不同状态：空载运行检测 (空载检测，CapLoad 1) 和短时过流工作 (CapLoad 2)。这种状态 (CapLoad 2) 会影响电容性负载区域共振以下的运行 (图 23)。在这两种情况下，IC 都会在单次重启后进入锁定掉电模式。锁定掉电模式后，控制器会持续监控输入电压和灯丝，并在输入电压中断或插入新灯管后重新启动。

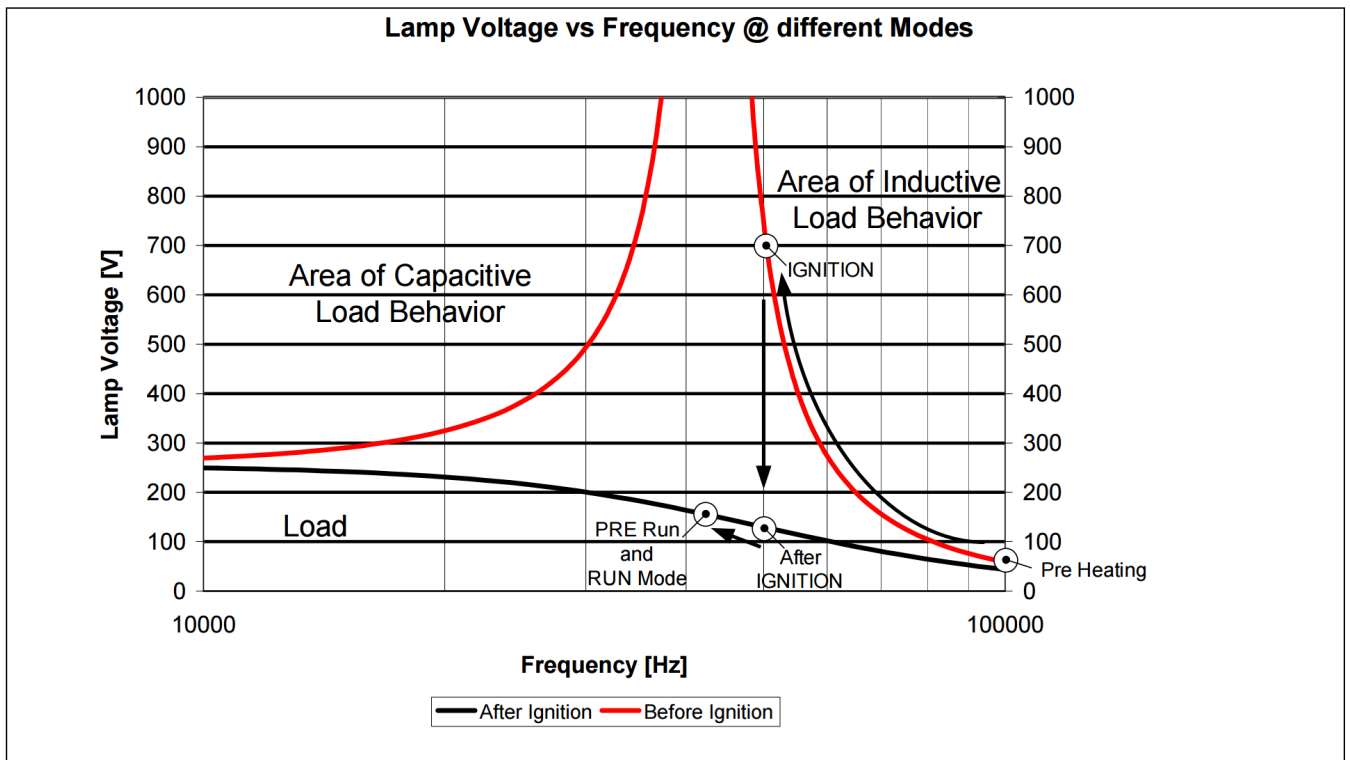


图 21 电容式和电感式操作

2.6.1 电容性负载 1 (空转检测 - 电流模式预热)

在低边 MOSFET 的第二个 50% 导通时间内, 当 LSCS 引脚的电压低于 +50 mV 时, 会检测到电容性负载 1 工作 (空转) (见 图 22 中的电容性负载 1 (空转))。如果该状态持续时间超过 2500 ms, 控制器会在尝试单次重启后触发锁定掉电模式。控制器会持续监控该状态, 直到出现足够的负载 (如移除灯管), 然后 IC 才转入正常工作状态。

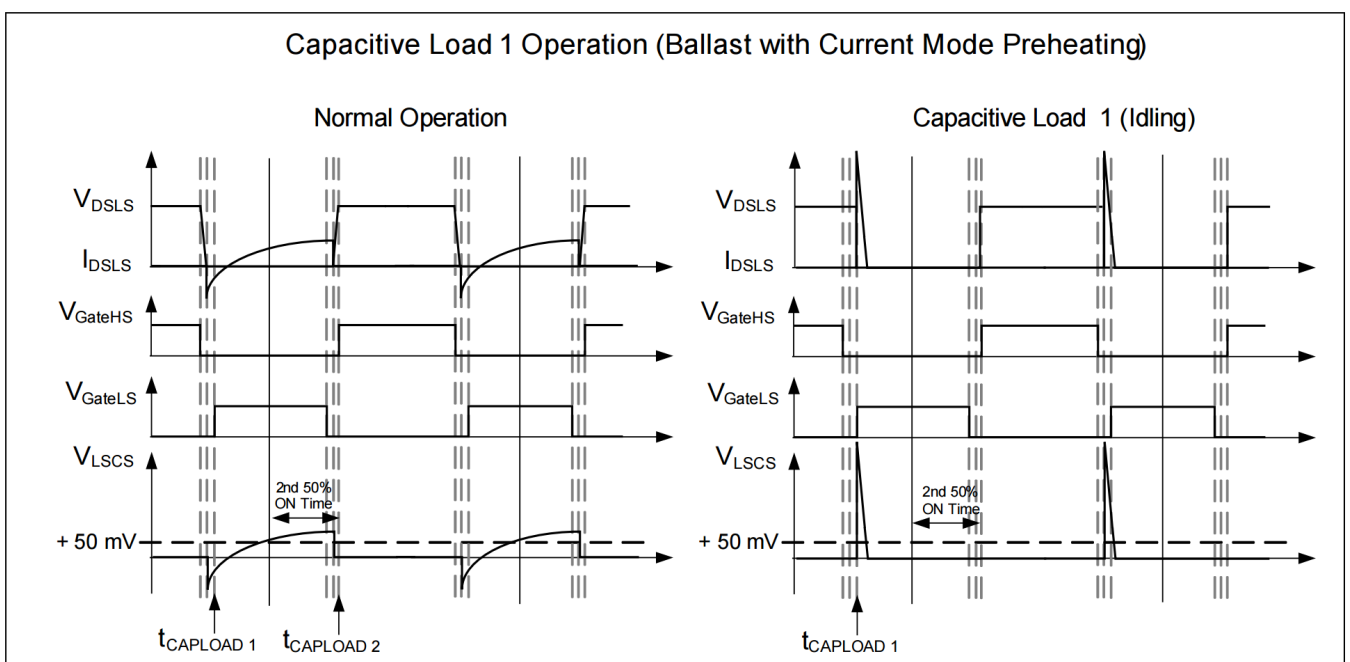


图 22 电容模式 1 运行模式下空载工作

2.6.2 电容性负载 2（过流/低于谐振运行）

如果 LSCS 引脚上的电压在高边 MOSFET 接通前直接降至第二个阈值 $V_{LSCS} = -50 \text{ mV}$ 以下，或在高边 MOSFET 的导通过程中超过第三个阈值 $V_{LSCS} = 2.0 \text{ V}$ ，则会检测到电容性负载 2 运行。如果过电流持续时间超过 $620 \mu\text{s}$ ，IC 将在尝试单次重启后触发锁定掉电模式。控制器会持续监控状态，直到出现足够的负载，例如插入新的灯管，IC 才会转入正常运行。

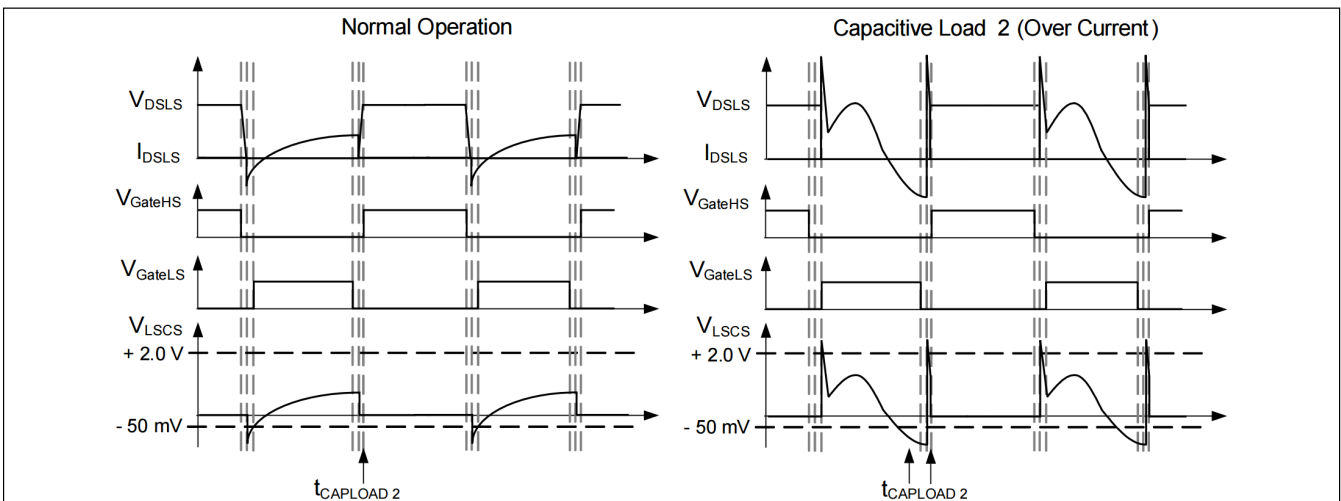


图 23 电容模式 2 - 过流运行

2.6.3 可调式自适应死区时间

半桥驱动器关断和接通之间的死区时间可调（C16，见图 3），并通过 LSCS 电压的第二个阈值（ -50 mV ）进行检测。在所有工作模式下，死区时间的调节范围为 $1.05 \mu\text{s}$ 至 $2.1 \mu\text{s}$ 。死区时间测量的起始点是高边 MOSFET 的关断开关。当 V_{LSCS} 下降超过典型值 200 ns （内部固定传播延迟），低于 -50 mV 时，死区时间测量结束。这段时间将被存储（存储死区时间），低边栅极驱动器接通。低边开关断开和存储的死区时间结束后，高边栅极驱动器再次接通。

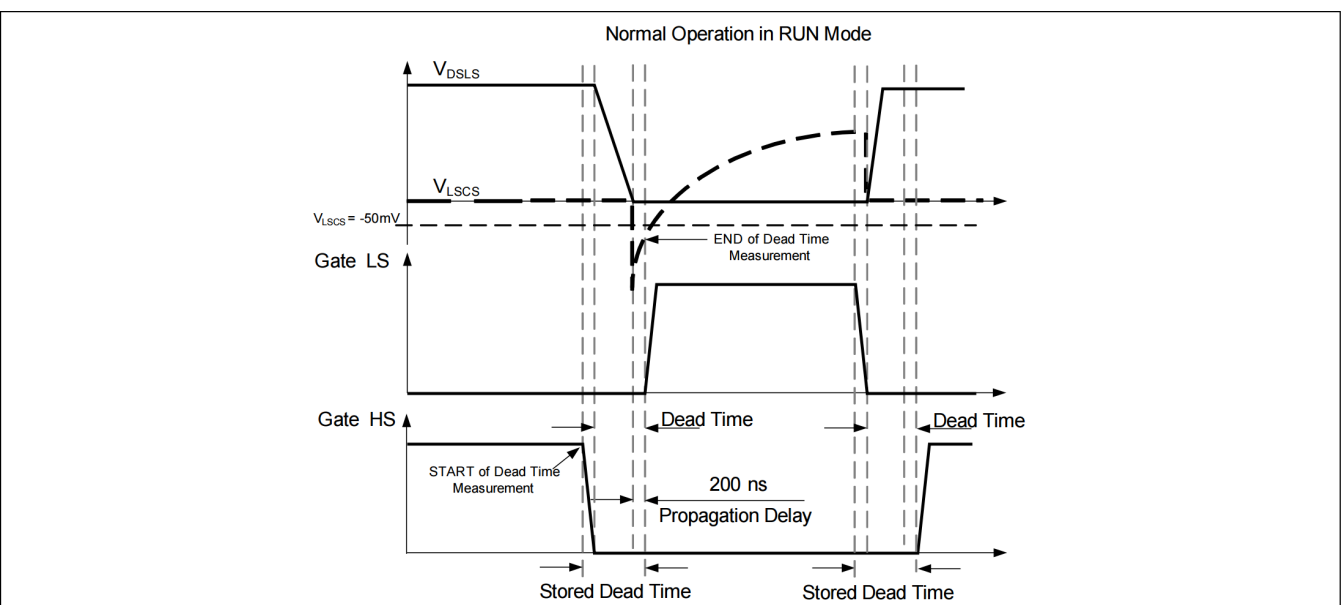


图 24 半桥驱动器导通和关断的死区时间

2.7 应急照明

市电中断（总线电压下降）由 PFCVS 检测。在运行模式下，如果额定 PFC 总线电压低于 $V_{BUSRated} < 75\%$ ，控制器就会检测到 PFC 总线欠压。为了满足应急照明标准，控制器会区分 PFC 总线欠压的两种不同状态：短期和长期 PFC 总线欠压。只要总线欠压存在，定时器就会延长时间。在总线电压再次达到额定值后，如果定时器值保持在 $t < 800\text{ ms}$ （典型值）以下（最小值为 500 ms ），则会检测到短期总线欠压。这将导致在不预热的情况下重新启动（VDE0108 的应急标准）参见 图 25。如果定时器超过 $t > 800\text{ ms}$ ，控制器会因总线长期欠压而强制完全重启系统（图 26）。

2.7.1 短期 PFC 总线欠压

如果欠压持续时间不超过 800 ms （定时器保持在 $t < 800\text{ ms}$ 以下，见 图 25），则可检测到短期 PFC 总线欠压（图 25）。在这种情况下，PFC 和逆变器驱动器会立即关闭，控制器会在锁定掉电模式下持续监控总线电压状态（ $I_{CC} < 170\text{ }\mu\text{A}$ ）。如果 LVS 引脚上的信号超过 $18\text{ }\mu\text{A}$ 且额定总线电压高于 12.5% ，同时定时器低于 $t < 800\text{ ms}$ ，则控制器无需预热即可从开机状态重新启动。进入运行模式时，定时器复位至 0。

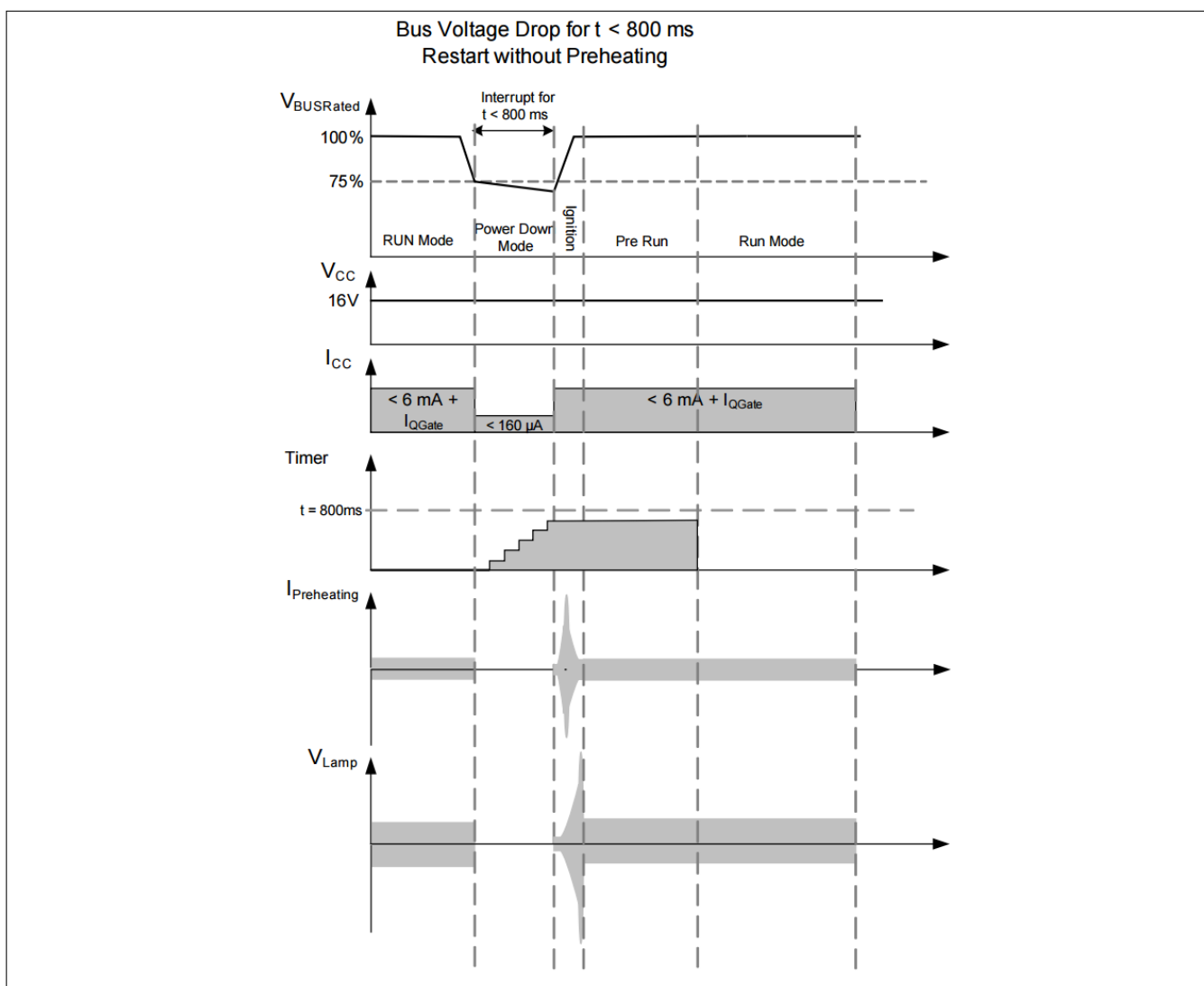


图 25 运行模式期间总线电压跌落至额定总线电压75%以下且持续时间 $t < 800\text{ ms}$

2.7.2 长期 PFC 总线欠压

如果总线欠压持续时间超过 $t > 800 \text{ ms}$ (见 图 26)，控制器将强制执行欠压锁定 (UVLO)。芯片电源电压降至 $V_{CC} = 10.6 \text{ V}$ 以下，芯片电源电流 $I_{CC} < 130 \mu\text{A}$ 。当 V_{CC} 电压再次超过 10.6 V 阈值时，IC 的电流消耗低于 $I_{CC} < 160 \mu\text{A}$ 。在这种情况下，控制器会复位定时器，并重新启动整个启动程序，包括监控、开机、启动、软启动、预热、点火、预运行和运行模式，如 图 26 所示。

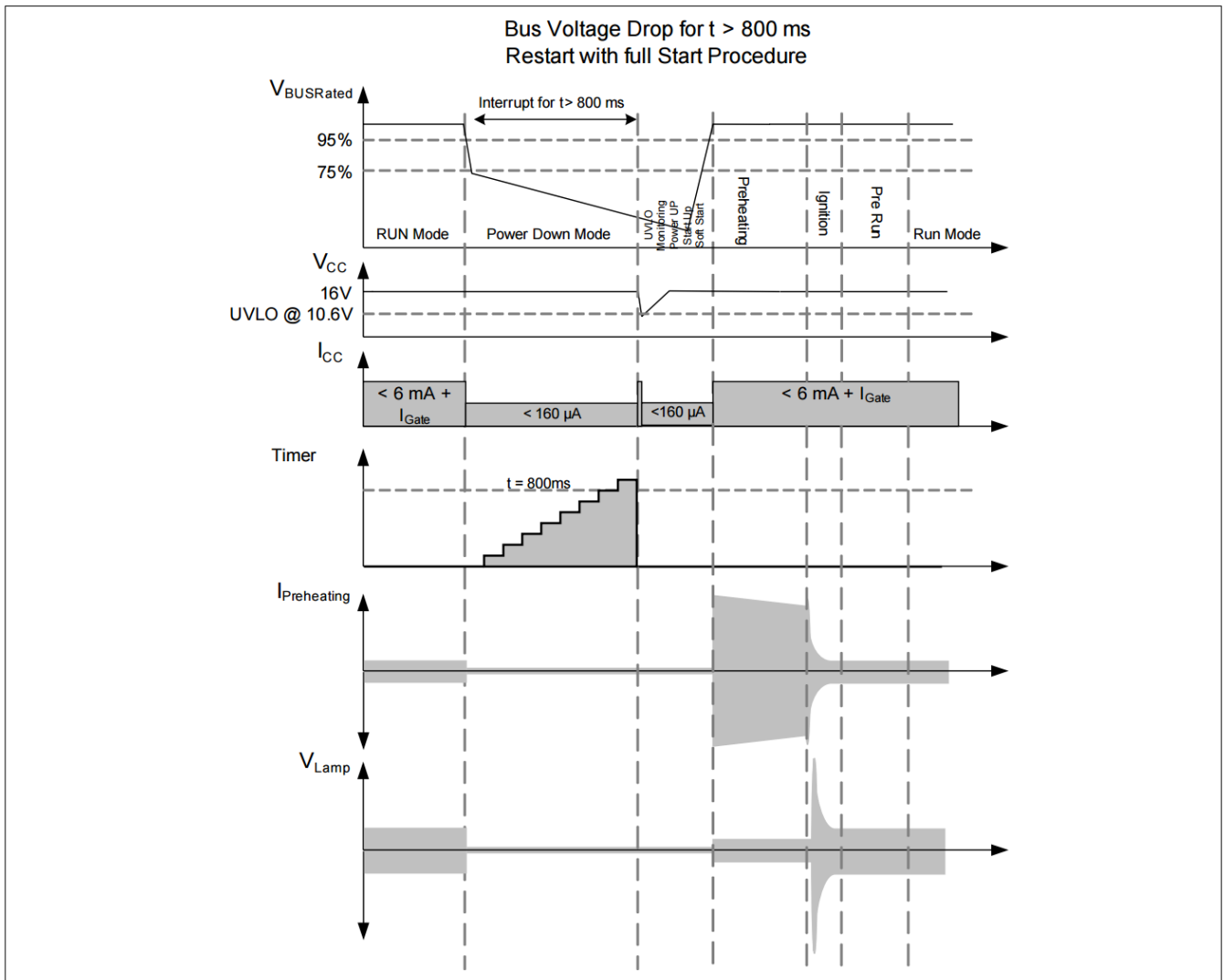


图 26 运行模式期间总线电压跌落至额定总线电压75%以下且持续时间 $t > 800 \text{ ms}$

2.8 内置客户测试模式操作

为了减少客户的最终镇流器测试时间，第二代镇流器 IC 支持内置的客户测试模式及多项功能以禁用 IC 某些功能和工作状态。

2.8.1 预热测试模式

该功能可强制 IC 保持在预热模式 (参见 第 2.8.1.2 节) 或跳过预热直接启动点火 (参见 第 2.8.1.1 节)。该引脚上的电阻定义了预热阶段的持续时间。通常，预热阶段的范围为 0 ms 至 2500 ms ，通过从 RTPH 引脚至 GND 的电阻器 $R_{RTPH} = 0 \Omega$ 至 $25 \text{ k}\Omega$ 进行设置。当 RTPH 引脚设置为接地时，将跳过预热阶段。如果该引脚上的信号为 $V_{RTPH} > 5.0 \text{ V}$ ，则 IC 仍处于预热模式。

2.8.1.1 跳过预热阶段 - 将 RTPH 引脚设置为接地

图 27 显示的是标准启动情况，预热时间通过 RTPH 引脚 11 至 GND 的电阻设定（例如 8.2 k Ω - 相当于约 820 ms 的预热阶段）。通过将 RTPH 引脚 11 直接设置为接地，可以跳过预热阶段。在这种情况下，点火直接在软启动阶段之后进行（参见图 28）。

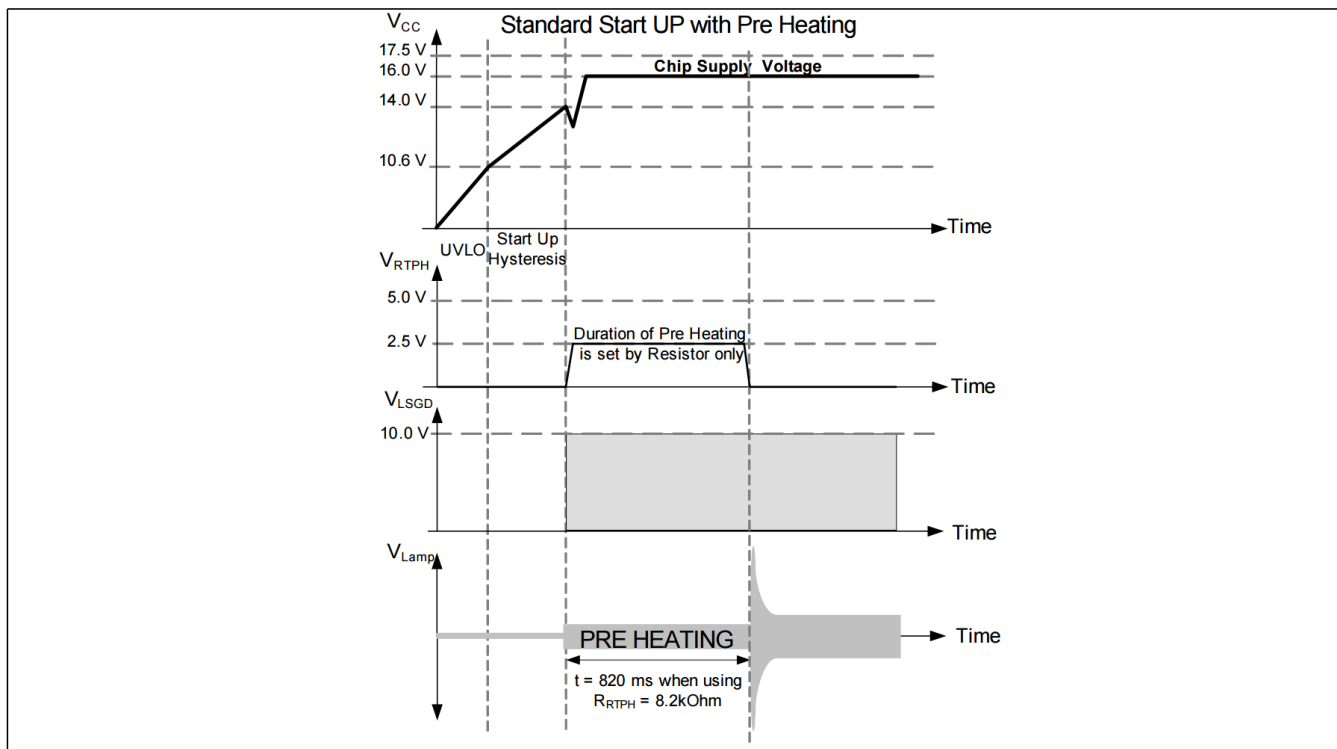


图 27 预热启动

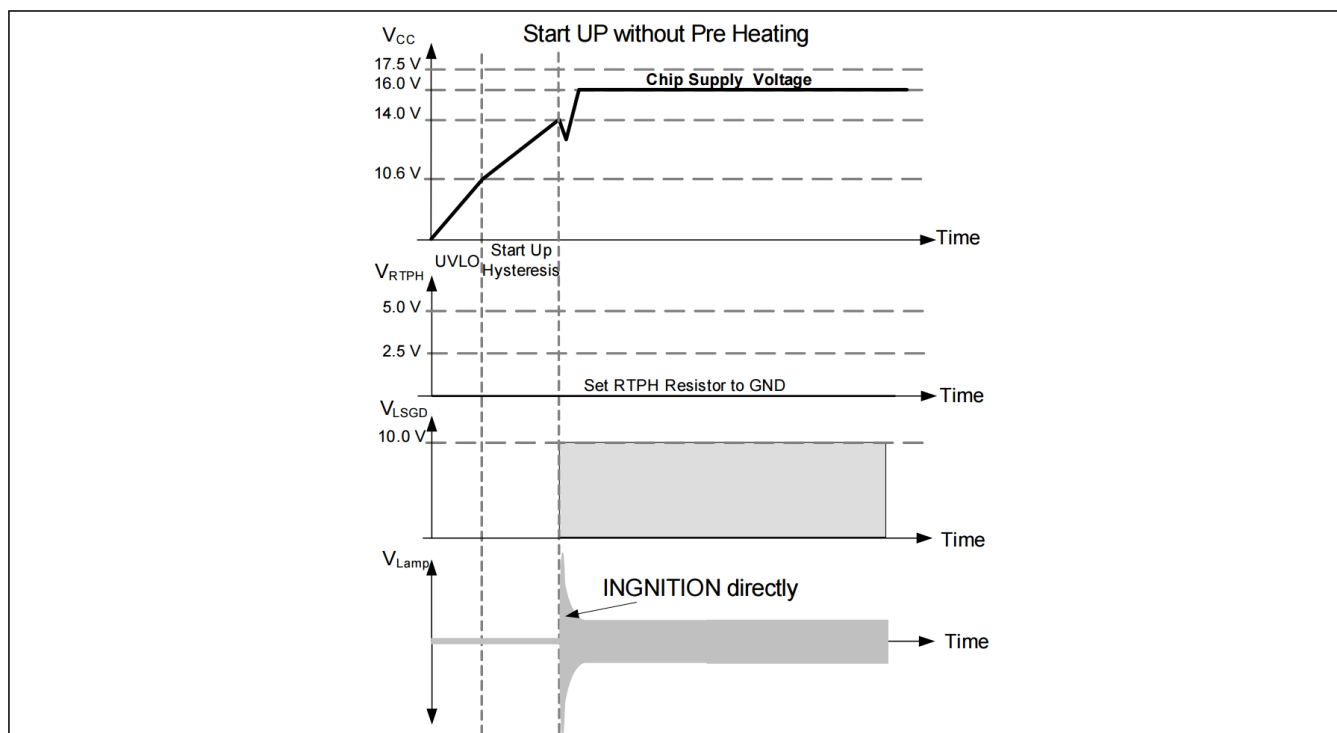


图 28 无预热启动

2.8.1.2 IC 仍处于预热阶段

这一功能使客户可以灵活地根据预热阶段的灯丝功率调整预热频率。图 29 显示了一个标准的启动过程，预热时间设定为 820 ms，RTPH 引脚 11 上的电阻为 8.2 kΩ。为了强制 IC 保持预热状态，必须将 RTPH 引脚 11 的电压水平设置为 5.0 V。5.0 V 信号的持续时间定义了预热时间（参见图 30 中的 $I_{PreHeat}$ ）。

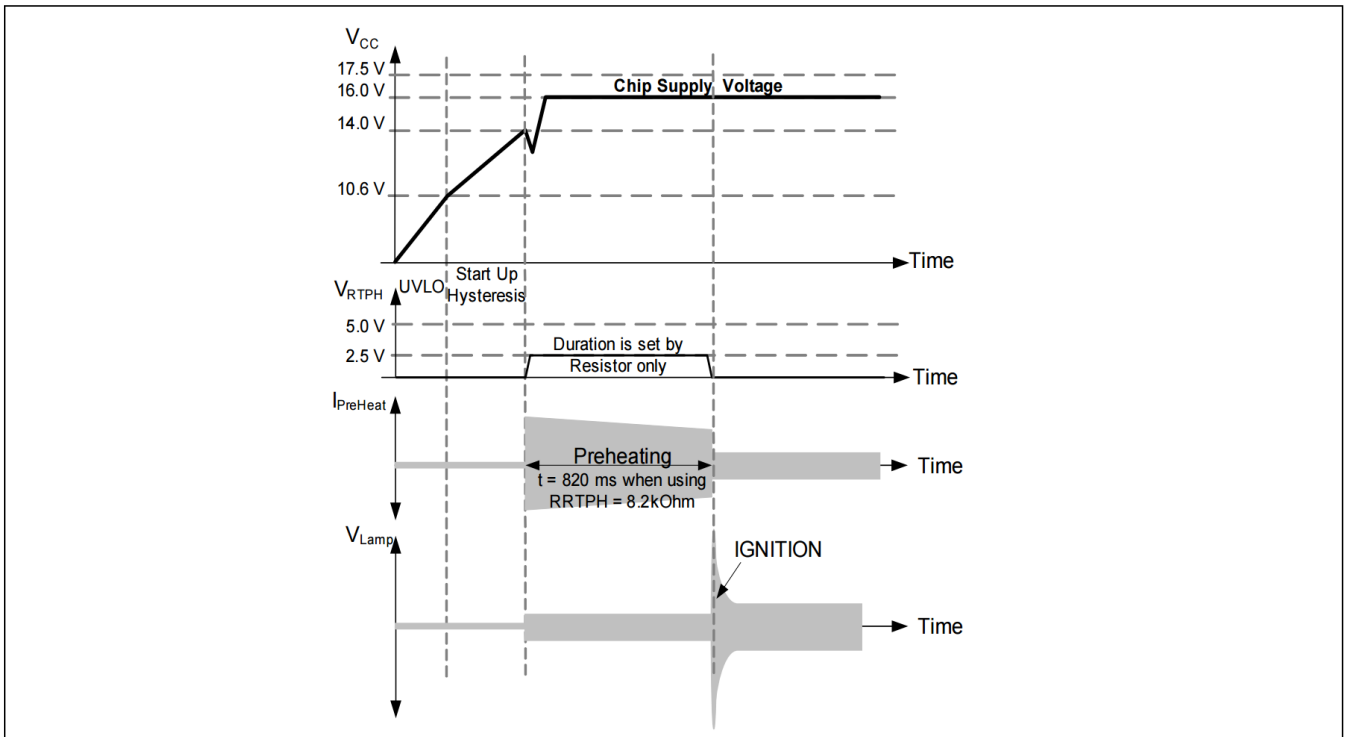


图 29 预热启动

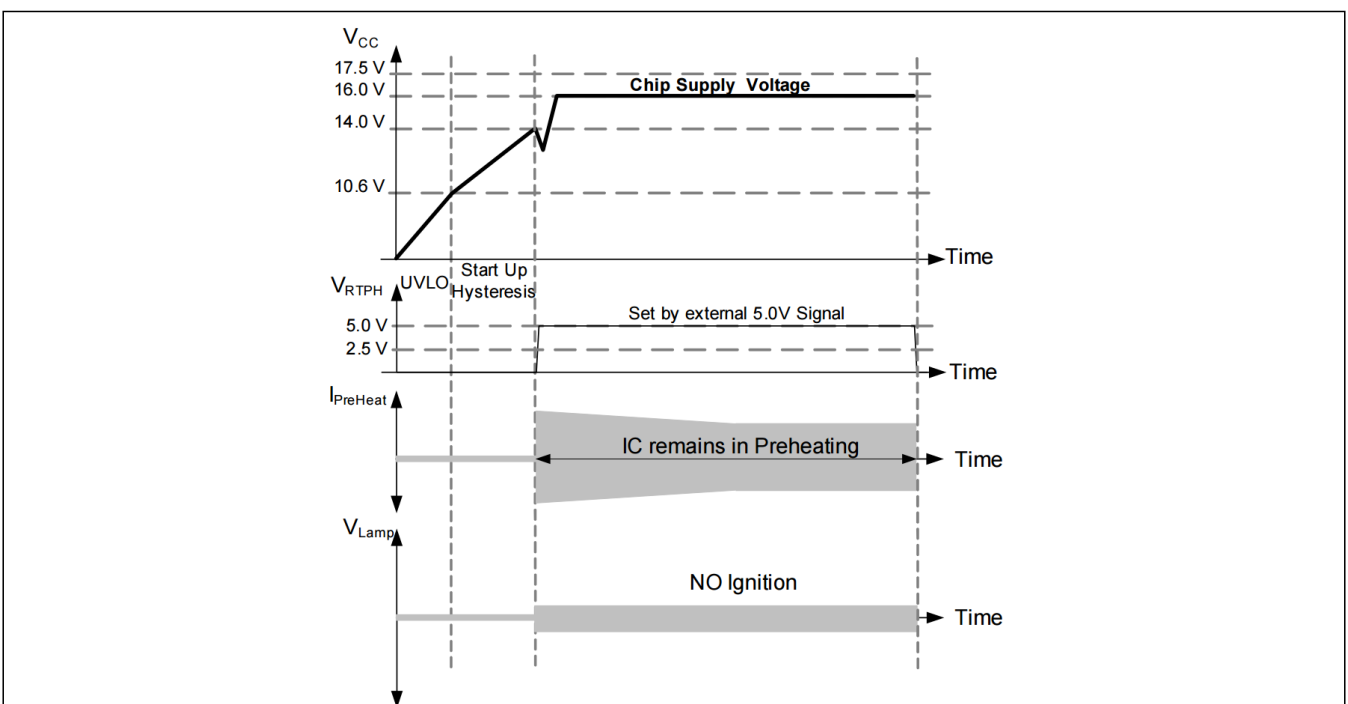


图 30 无预热启动

2.8.2 停用灯丝检测功能

要停用低边或高边灯丝检测功能，请将 RES 引脚 13 或 LVS 引脚设置为接地。在这种情况下，IC 在正常工作时启动，无需检查灯丝，例如使用等效灯管电阻负载代替负载。

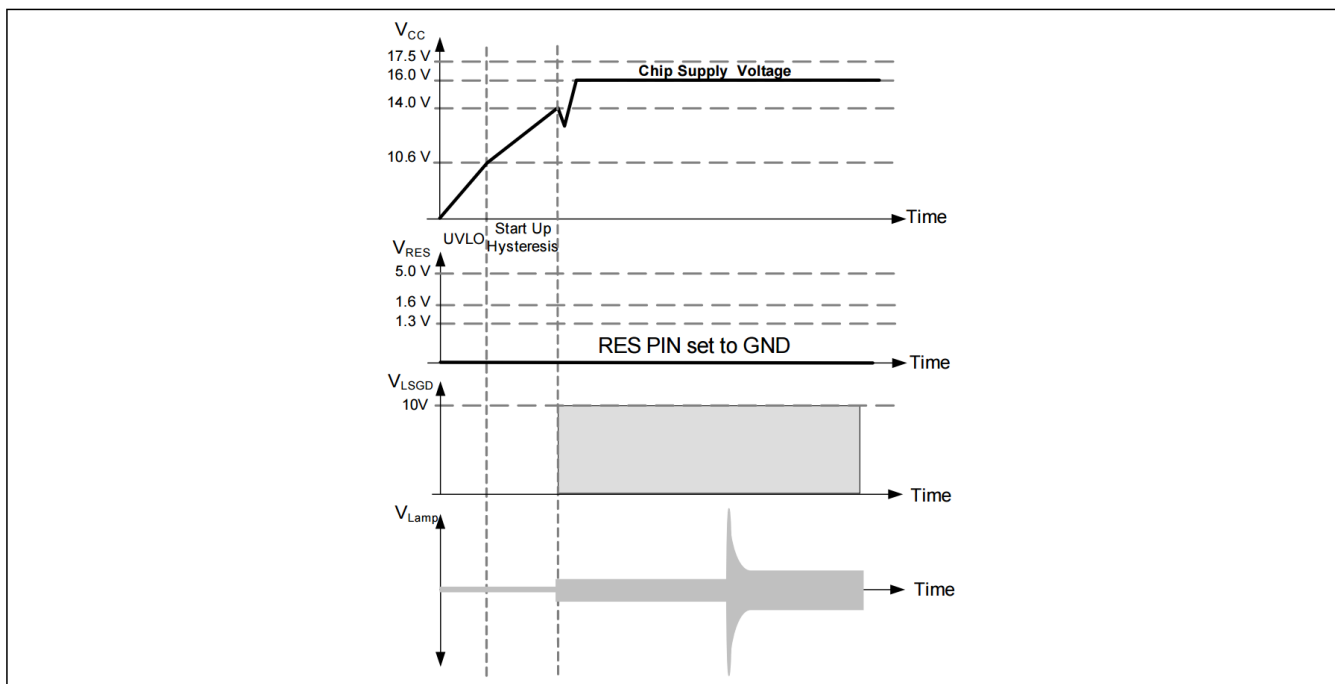


图 31 通过 RES PIN 停用

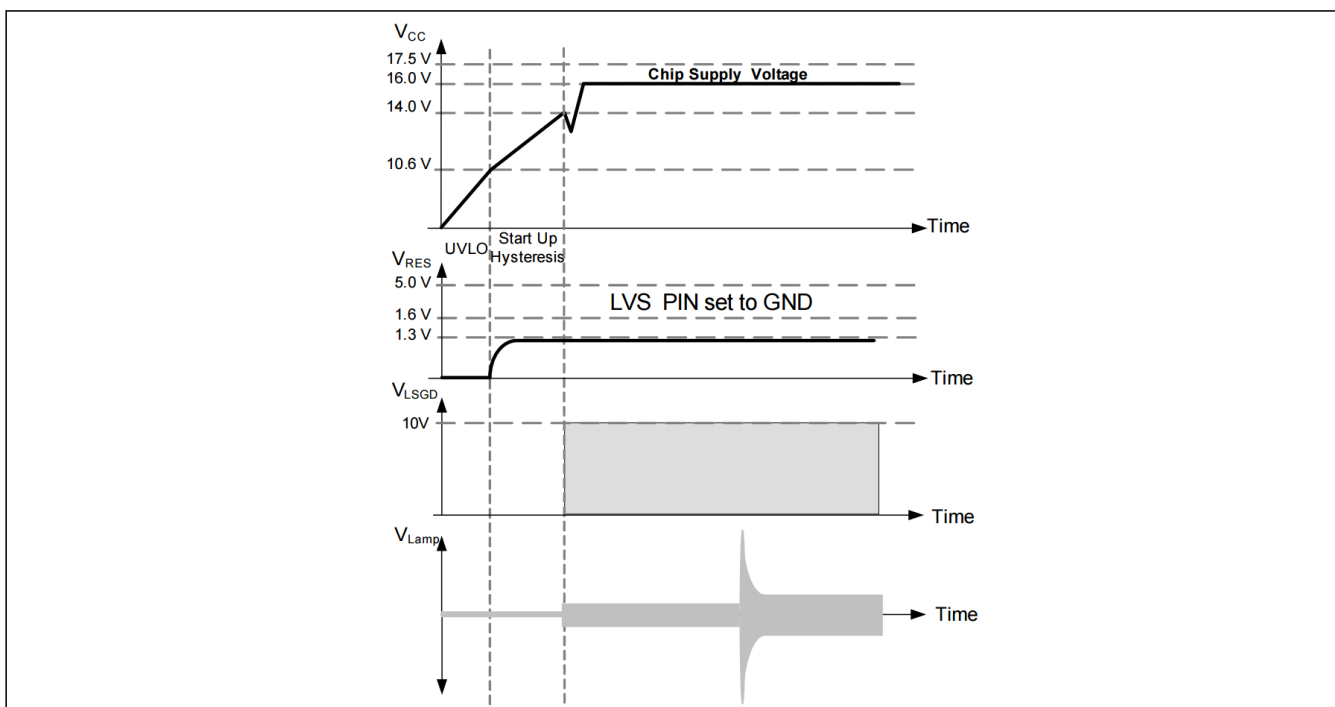


图 32 通过 LVS PIN 停用

图 31 显示了通过将 RES 引脚 13 设为接地而停用低边和高边灯丝的情况。图 32 显示通过将 LVS 引脚设置为接地，停用高边灯丝检测。

注：未使用的 LVS 引脚必须设置为接地。

2.8.3 内置客户测试模式（时钟加速）

该 IC 支持内置客户测试模式，可为客户节省镇流器端部测试时间。在该模式下，IC 会加速内部时钟，从而通过以下因素缩短 4 个不同流程的时间（见 表 2）。

表 2 指定加速度系数

Phase	Duration for Test [ms]	Acceleration Factor	Nominal Duration [ms]
Preheating	625	4	2500 (max)
Time Out Ignition	118.5	2	237
Pre Run Mode	41.7	15	625
EOL2	41.7	60	2500

2.8.3.1 时钟加速使能

当芯片电源电压超过 $V_{CC} > 14.0\text{ V}$ ，且运行和预热频率引脚的电压设置为 $V_{RFRUN} = V_{RFPH} = 5.0\text{ V} (\pm 5\%)$ 时，时钟加速（内置客户测试模式）被激活，参见 图 33。RES 引脚电压为 $V_{RES} > 3.5\text{ V}$ 至 $5.0\text{ V} (\pm 5\%)$ 时，IC 无法上电，只要 RES 引脚电压为 $V_{RES} > 3.5\text{ V}$ 至 $5.0\text{ V} (\pm 5\%)$ ，IC 就会保持上电前的模式 — 不上电。

注：激活时钟加速模式后，可释放运行和预热频率引脚 ($V_{RFRUN} = V_{RFPH}$) 上的 5.0 V 电压电平。

2.8.3.2 使用加速时钟启动芯片

为了用加速时钟启动 IC，请将 RES 引脚的电压设为 GND ($V_{RES} = 0\text{ V}$)，参见 图 33。IC 为系统上电，并开始使用加速时钟工作。不同模式的持续时间按表 2 所示的系数加速。

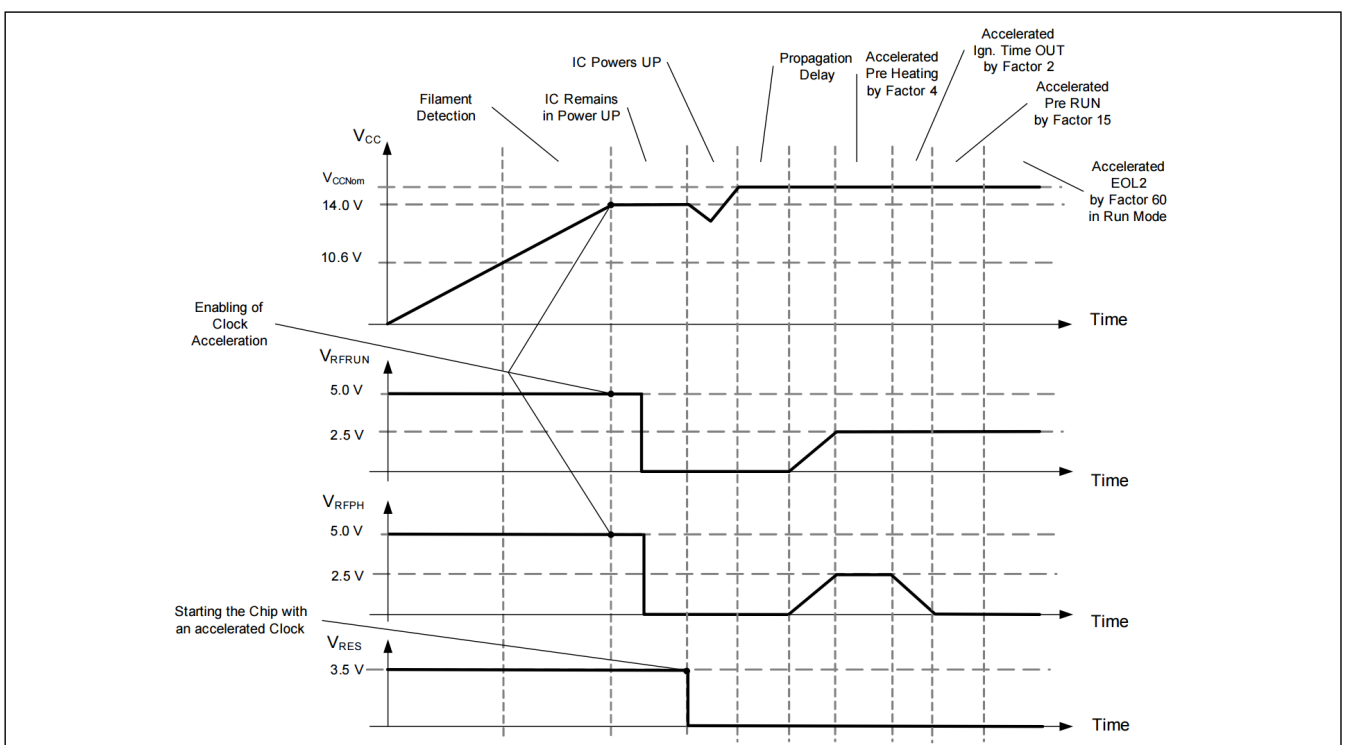


图 33 时钟加速（内置客户测试模式）

3 状态图

3.1 不同运行模式下的功能

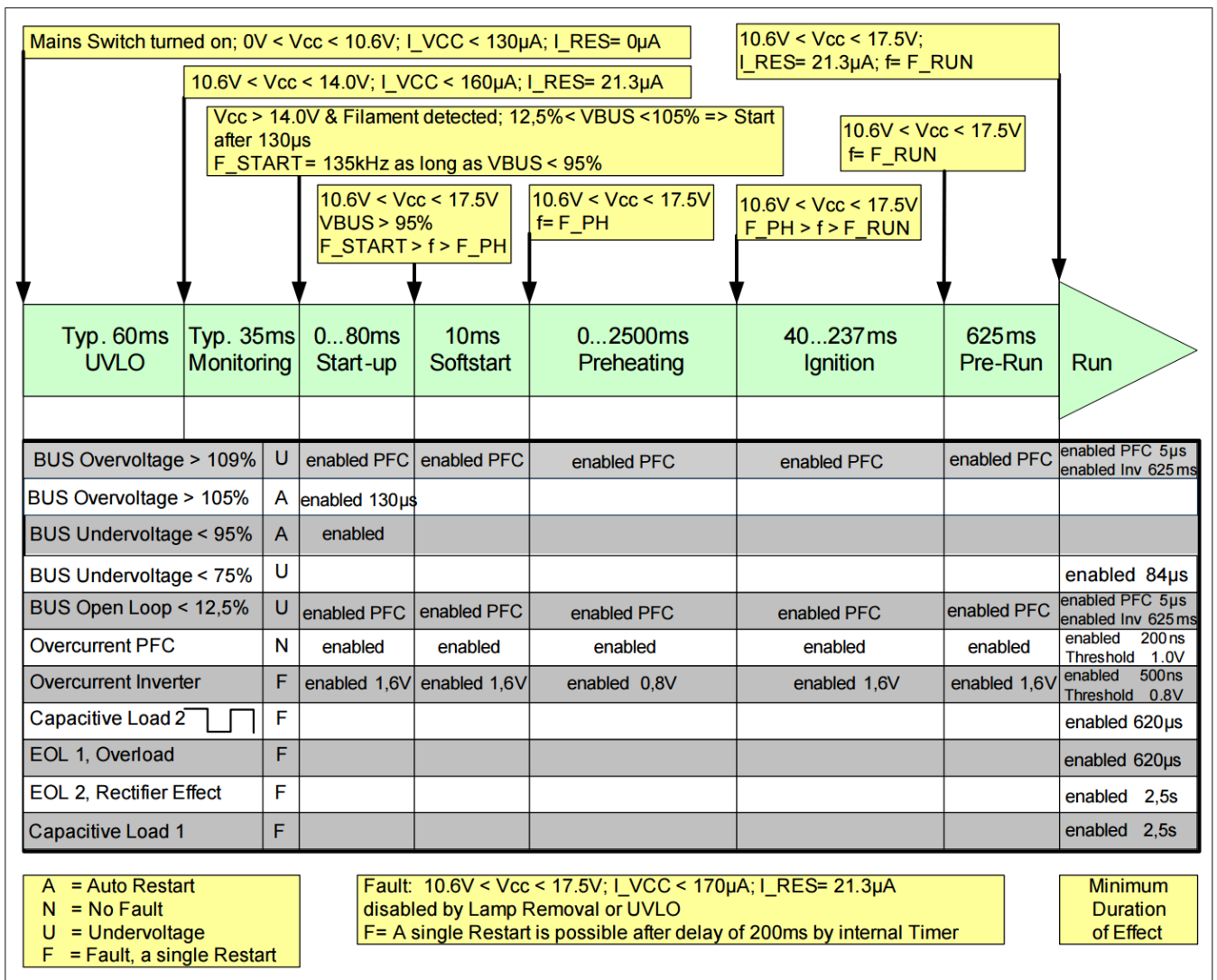


图 34 不同运行模式下的监控功能

3.2 启动程序进入运行模式的操作流程

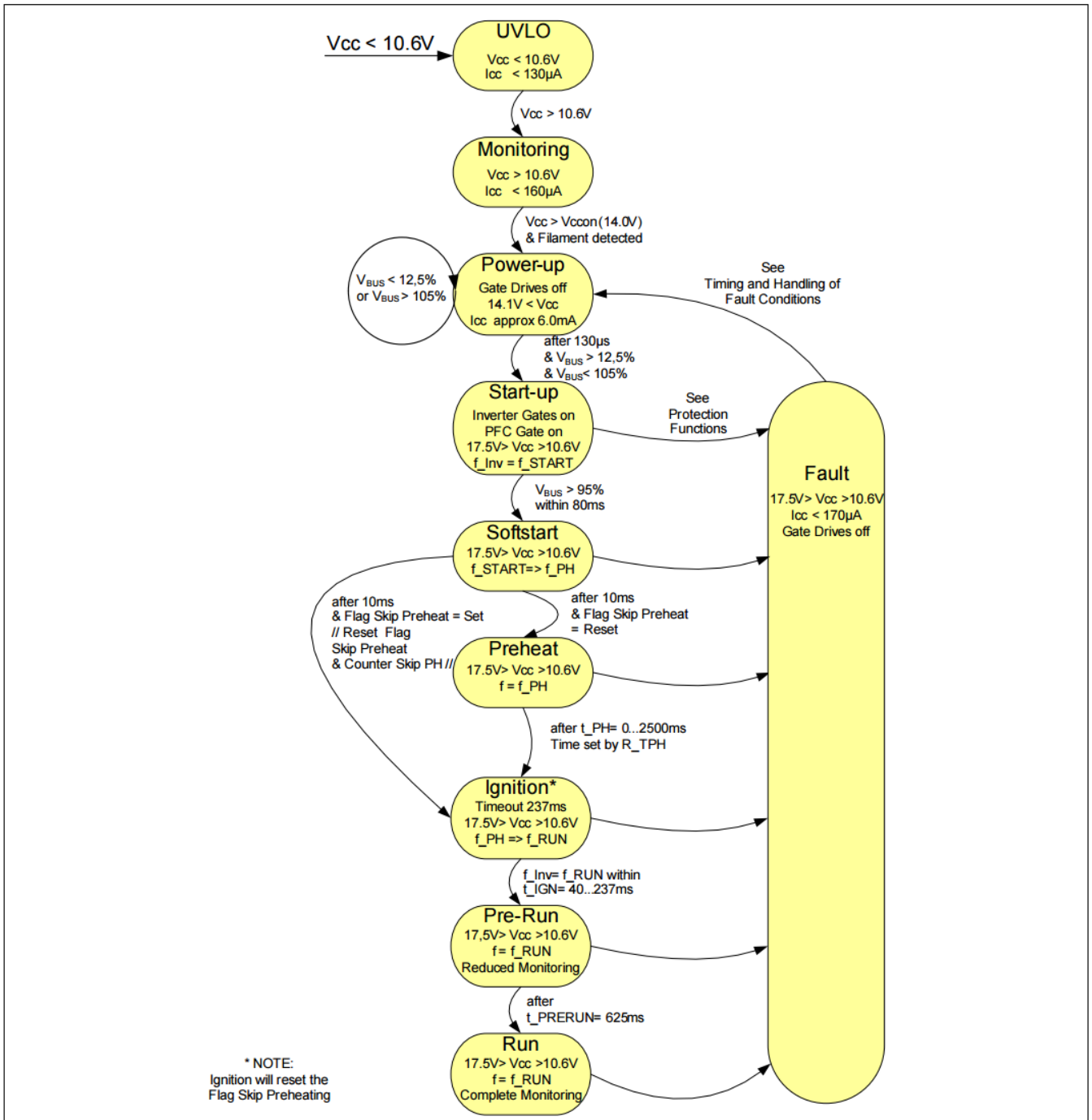


图 35 启动程序期间的操作流程

3.3 自动重启和锁定故障状态模式

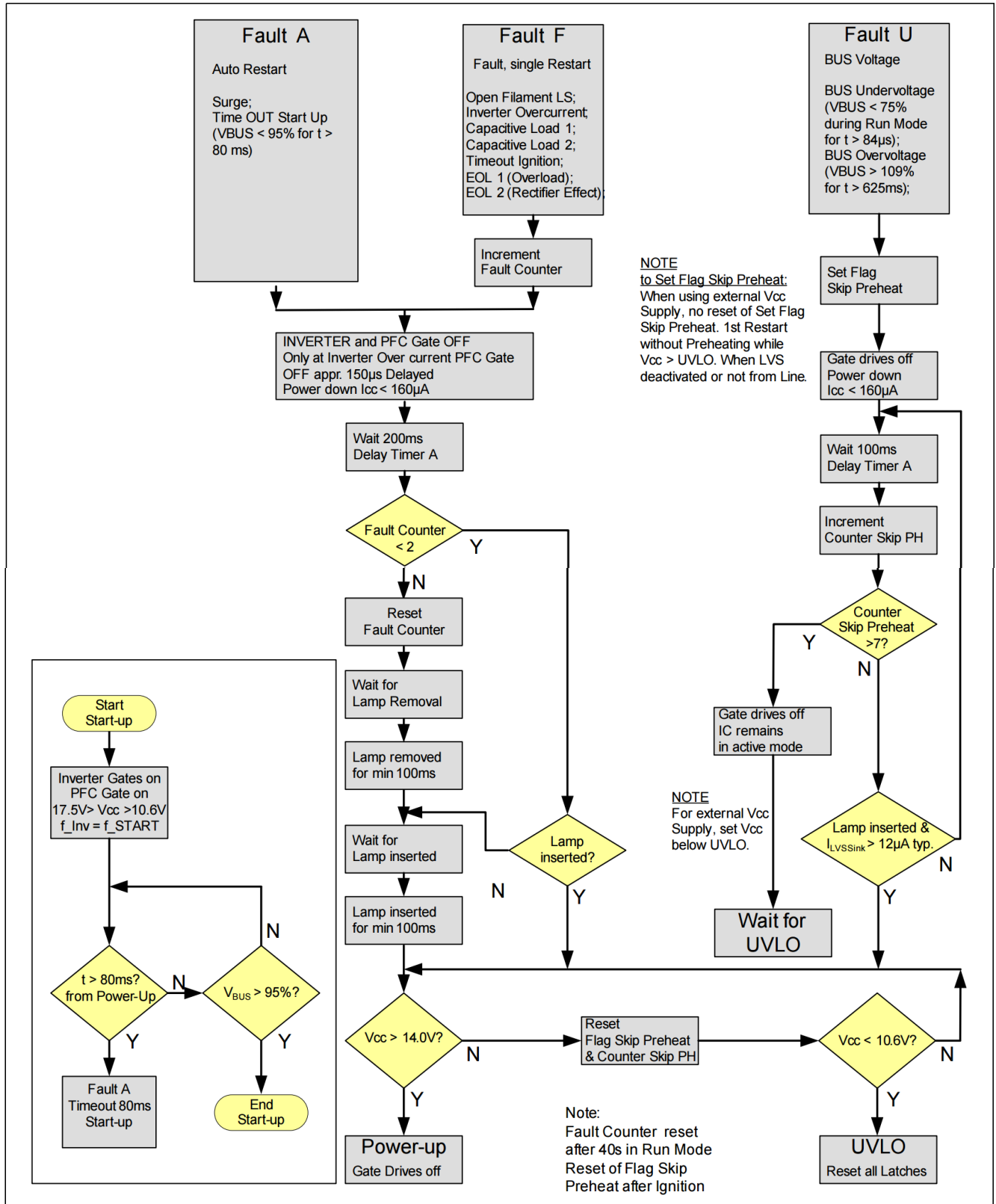


图 36 启动模式下的运行过程和故障条件处理

4 保护功能矩阵

表 3 保护功能矩阵

Description of Fault	Characteristics of Fault			Operating Mode Detection Active								Consequence
	Name of Fault	Type of fault	Minimum Duration of effect	Monitoring	Power-up 130 μ s	Start-up until $V_{BUS} > 95\%$	Softstart 10ms	Preheat Mode 0 – 2500ms	Ignition Mode 40 – 237ms	Pre-Run Mode 625ms	Run Mode	
Supply voltage $V_{CC} < 14.0$ V before power-up	Below start-up threshold	S	1 μ s	X								Prevents power-up
Supply voltage $V_{CC} < 10.6$ V after power-up	Below UVLO threshold	S	5 μ s	X	X	X	X	X	X	X	X	Power-down, reset failure latch
Current into LVS pin $< 12\mu$ A (typ.) before power-up	Open filament HS	S	100 μ s	X								Prevents power-up
Voltage at RES pin > 1.6 V before power-up	Open filament LS	S	100 μ s	X								Prevents power-up
Voltage at RES pin > 3.2 V	Open filament LS	F	620 μ s								X	Power down, latched fault mode, 1 restart
Bus voltage $< 12.5\%$ of rated level 10 μ s after power-up	Open loop detection	S	1 μ s		X							Keep Gate drives off, re-start after V_{CC} hysteresis
Bus voltage $< 12.5\%$ of rated level	Open loop detection	N	1 μ s			X	X	X	X	X	X	Stops PFC FET until $V_{BUS} > 12.5\%$
Bus voltage $< 12.5\%$ of rated level	Shut-down option	U	625ms								X	Power down, restart when $V_{BUS} > 12.5\%$
Bus voltage $< 75\%$ of rated level add. shut down delay 120 μ s	Under-voltage	U	84 μ s								X	Power down, 100ms delay, restart, skip pre- heating max 7 times
Bus voltage $< 95\%$ of rated level during start-up	Timeout max start-up time	A	80ms			X						Power down, 200ms delay, restart
Bus voltage $> 105\%$ of rated level 10 μ s after power-up	Over-voltage	S	5 μ s		X							Keep Gate drives off, re-start after V_{CC} hysteresis
Bus voltage $> 109\%$ of rated level in active operation	PFC overvoltage	N	5 μ s			X	X	X	X	X	X	Stops PFC FET until $V_{BUS} < 105\%$
Bus voltage $> 109\%$ of rated level in active operation	Inverter overvoltage	U	625ms								X	Power down, restart when $V_{BUS} < 105\%$
+/- peak level of lamp voltage at pin LVS above threshold	EOL 1 overvoltage	F	620 μ s								X	Power down, latched fault mode, 1 restart
DC level of lamp voltage above +/- threshold	EOL 2 rect. effect	F	2500ms								X	Power down, latched fault mode, 1 restart
Capacitive load 1	Cap load 1 idling	F	2500ms								X	Power down, latched fault mode, 1 restart
Capacitive load 2, operation below resonance	Cap. load 2 overload	F	620 μ s								X	Power down, latched fault mode, 1 restart

表 3 保护功能矩阵 (续)

Description of Fault	Characteristics of Fault			Operating Mode Detection Active								Consequence
	Name of Fault	Type of fault	Minimum Duration of effect	Monitoring	Power-up 130 μs	Start-up until V _{BUS} > 95%	Softstart 10ms	Preheat Mode 0 – 2500ms	Ignition Mode 40 – 237ms	Pre-Run Mode 625ms	Run Mode	
Run frequency cannot be achieved	Timeout ignition	F	237ms						X			Power down, latched fault mode, 1 restart
Voltage at PFCCS pin >1.0V	PFC overcurrent	N	200ns			X	X	X	X	X	X	Stops on-time of PFC FET immediately
Voltage at LSCS pin >0.8V	Inverter current lim	N	200ns						X			Activates ignition control
Voltage at LSCS pin >0.8V	Inverter overcurrent	F	500ns					X			X	Power down, latched fault mode, 1 restart
Voltage at LSCS pin >1.6V	Inverter overcurrent	F	500ns			X	X		X	X		Power down, latched fault mode, 1 restart
Inverter overcurrent & V _{BUS} > 109% (Surge)	Surge	A	500ns							X	X	Power-down, restart when V _{BUS} < 109 %
After jump into latched fault mode F wait			200ms	A single restart attempt after delay of internal timer								
Reset of failure latch in run mode after			40s	Reset of failure latch by UVLO or 40 s in run mode								

S = 启动条件, N = 无故障, A = 自动重启, U = 欠压

F = 一次重启故障; 第二次 F 导致故障锁定

注: 所有数值均为典型的50 Hz 电源频率

5 电气特性

不含高边信号的所有电压均以接地（引脚 4）为基准进行测量。高边电压是相对于 17 引脚测量的。如果没有违背其他额定值，则电压电平都有效。

5.1 绝对最大额定值

绝对最大额定值是指超出后可能导致IC损坏的额定值。出于同样的原因，在组装应用电路之前，确保要连接到引脚 3 (V_{CC}) 或引脚 15 (HSV_{CC}) 的任何电容器都已放电。

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		min.	max.		
LSCS Voltage	V_{LSCS}	-5	6	V	
LSCS Current	I_{LSCS}	-3	3	mA	
LSGD Voltage	V_{LSGD}	-0.3	$V_{CC}+0.3$	V	Internally clamped to 11 V
LSGD Peak Source Current	$I_{LSGDsmax}$	-75	5	mA	< 500 ns
LSGD Peak Sink Current	$I_{LSGDsimax}$	-50	400	mA	< 100 ns
VCC Voltage	V_{VCC}	-0.3	18.0	V	
VCC Zener Clamp Current	$I_{VCCzener}$	-5	5	mA	IC in Power Down Mode
PFCGD Voltage	V_{PFCGD}	-0.3	$V_{CC}+0.3$	V	
PFCGD Peak Source Current	$I_{PFCGDsmax}$	-150	5	mA	< 500 ns
PFCGD Peak Sink Current	$I_{PFCGDsimax}$	-100	700	mA	< 100 ns
PFCCS Voltage	V_{PFCCS}	-5	6	V	
PFCCS Current	I_{PFCCS}	-3	3	mA	
PFCZCD Voltage	V_{PFCZCD}	-3	6	V	
PFCZCD Current	I_{PFCZCD}	-5	5	mA	
PFCVS Voltage	V_{PFCVS}	-0.3	5.3	V	
RFRUN Voltage	V_{RFRUN}	-0.3	5.3	V	
RFPH Voltage	V_{RFPH}	-0.3	5.3	V	
RTPH Voltage	V_{RTPH}	-0.3	5.3	V	
RES Voltage	V_{RES}	-0.3	5.3	V	
LVS Voltage	V_{LVS}	-6	7	V	
LVS Current1	I_{LVS_1}	-1	1	mA	IC in Power Down Mode
LVS Current2	I_{LVS_2}	-3	3	mA	IC in active Mode
HSGND Voltage	V_{HSGND}	-650	650	V	Referring to GND ⁽¹⁾
HSGND Voltage Transient	dV_{HSGND}/dt	-40	40	V/ns	
HSVCC Voltage	V_{HSVCC}	-0.3	18.0	V	Referring to HSGND
HSGD Voltage	V_{HSGD}	-0.3	$V_{HSVCC}+0.3$	V	Internally clamped to 11V
HSGD Peak Source Current	$I_{HSGDsmax}$	-75	0	mA	< 500 ns
HSGD Peak Sink Current	$I_{HSGDsimax}$	0	400	mA	< 100 ns
Junction Temperature	T_J	-25	150	°C	

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		min.	max.		
Storage Temperature	T_s	-55	150	°C	
Maximum Power Dissipation	P_{TOT}	–	1	W	PG_DSO-16 $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$
Thermal Resistance (Both Chips) Junction-Ambient	R_{thJA}	–	125 ²⁾	K/W	PG_DSO-16
Soldering Temperature Wave		–	260	°C	Wave Soldering ³⁾
Soldering Temperature Reflow		–	4)	°C	Reflow Soldering
ESD Capability HBM	V_{ESD_HBM}	–	2	kV	Human Body Model ⁵⁾
ESD Capability CDM	V_{ESD_CDM}	–	1	kV	Charged Device Model ⁶⁾
Rated Bus Voltage (95%)	$V_{PFCVS95}$	2.33	2.43	V	

1) 终端测试电压能力的限制

2) @ $T_a = 85^{\circ}\text{C}$ & PCB 面积 > 30mmx20mm

3) 根据 JESD22A111 标准

4) 根据 J-STD-020D 标准

5) 根据 EIA/JESD22-A114-B 标准

6) 根据 JESD22-C101 标准

5.2 工作范围

一旦此处列出的值在工作范围内，IC 就会按照功能说明中的描述运行。

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		min.	max.		
HSVCC Supply Voltage	V_{HSVCC}	V_{HSVCCoff}	17.5	V	Referring to HSGND
HSGND Voltage	V_{HSGND}	-650	650	V	Referring to GND ¹⁾
VCC Voltage @ 25°C	V_{VCC}	V_{VCCoff}	17.5	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$
VCC Voltage @ 125°C	V_{VCC}	V_{VCCoff}	18.0	V	$T_j = 125^\circ\text{C}$
LSCS Voltage Range	V_{LSCS}	-4	5	V	In active mode
PFCVS Voltage Range	V_{PFCVS}	0	4	V	
PFCCS Voltage Range	V_{PFCCS}	-4	5	V	In active mode
PFZCD Current Range	I_{PFZCD}	-3	3	mA	In active mode
LVS Voltage Range	V_{LVS}	-6	6 ²⁾	V	
LVS Current Range	I_{LVS}	³⁾	210	μA	IC Power Down Mode
LVS Current Range	I_{LVS}	-2.5	2.5	mA	IC active mode
RFPH Frequency	$F_{\text{RFPHrange}}$	F_{RUN}	150	kHz	
RFPH Source Current Range	I_{RFPH}	-500	0	μA	@ $V_{\text{RFPH}} = 2.5\text{ V}$
RTPH Voltage Range	V_{RTPH}	0	2.5	V	
Junction Temperature	T_j	-25	125	°C	
Adjustable Preheating Freq.	F_{RFPH}	F_{RFRUN}	150	kHz	Range set by RFPH
Adjustable Run Frequency	F_{RFRUN}	20	120	kHz	Range set by RFRUN
Adjustable Preheating Time	t_{RTPH}	0	2500	ms	Range set by RTPH
Set Resistor for Run Freq.	R_{RFRUN}	4	25	kΩ	
Set Resistor for Preheat Freq.	R_{RFPH}	4	-	kΩ	R_{RFRUN} parallel to R_{RFPH}
Set Resistor for Preheat Time	R_{RTPH}	0	25	kΩ	
Mains Frequency	f_{Mains}	45	65	Hz	NOTCH Filter Operation

1) HS&LS 引脚之间的爬电距离造成的限制

2) 受 LVS 电流范围最大值限制

3) 受 LVS 电压范围最小值限制

5.3 特性

5.3.1 电源部分

电气特性涉及额定电源电压和结温范围 T_J (-25°C 至 125°C) 内的数值分布。典型值代表 25°C 下的中位值。如无其他说明，则假设电源电压为 15 V， $V_{HSVCC} = 15$ V，IC 以激活模式运行。此外，如无特殊说明，所有电压均指接地。

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
VCC Quiescent Current1	I_{VCCqu1}	–	90	130	μA	$V_{VCC} = V_{VCCoff} - 0.5V$
VCC Quiescent Current2	I_{VCCqu2}	–	120	160	μA	$V_{VCC} = V_{VCCOn} - 0.5V$
VCC Supply Current ¹⁾	$I_{VCCSupply}$	–	4.2	6.0	mA	$V_{PFCVS} > 2.725V$
VCC Supply Current in Latched Fault Mode	$I_{VCCLatch}$	–	110	170	μA	$V_{RES} = 5V$
LSVCC Turn-On Threshold	V_{VCCOn}	13.5	14.0	14.5	V	Hysteresis
LSVCC Turn-Off Threshold	V_{VCCOff}	10.0	10.6	11.0	V	
LSVCC Turn-On/Off Hyst.	V_{VCCHys}	3.2	3.6	4.0	V	
VCC Zener Clamp Voltage	$V_{VCCClamp}$	15.5	16.3	16.9	V	$I_{VCC} = 2mA/V_{RES} = 5V$
VCC Zener Clamp Current	$I_{VCCZener}$	2.5	–	5	mA	$V_{VCC} = 17.5V/V_{RES} = 5V$
High Side Leakage Current	$I_{HSGNDleak}$	–	0.01	2	μA	$V_{HSGND} = 650V, V_{GND}=0V$
HSVCC Quiescent Current	$I_{HSVCCqu1}$ ²⁾	–	190	280	μA	$V_{HSVCC} = V_{HSVCCOn} - 0.5V$
HSVCC Quiescent Current ¹⁾	$I_{HSVCCqu2}$ ²⁾	0.3	0.65	1.2	mA	$V_{HSVCC} > V_{HSVCCOn}$
HSVCC Turn-On Threshold	$V_{HSVCCOn}$ ²⁾	9.8	10.4	11.0	V	Hysteresis
HSVCC Turn-Off Threshold	$V_{HSVCCOff}$ ²⁾	8.1	8.6	9.3	V	
HSVCC Turn-On/Off Hyst.	$V_{HSVCCHy}$ ²⁾	1.4	1.7	2.0	V	
Low Side Ground	GND					

1) 非激活栅极

2) 参考高边接地 (HSGND)

5.3.2 PFC 部分

5.3.2.1 PFC 电流检测 (PFCCS)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Turn – Off Threshold	$V_{PFCCSOff}$	0.95	1.0	1.05	V	
Over Current Blanking + Propagation Delay ¹⁾	$t_{PFCCSOff}$	140	200	260	ns	
Leading Edge Blanking	$t_{Blanking}$	180	250	310	ns	Pulse width when $V_{PFCCS} > 1.0\text{ V}$
PFCCS Bias Current	$I_{PFCCSBias}$	-0.5	-	0.5	μA	$V_{PFCCS} = 1.5\text{ V}$

1) 传播延迟 = 50 ns

5.3.2.2 PFC 零电流检测 (PFCZCD)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Zero Crossing upper Thr. ¹⁾	$V_{PFCZCDUp}$	1.4	1.5	1.6	V	
Zero Crossing lower Thr. ²⁾	$V_{PFCZCDLow}$	0.4	0.5	0.6	V	
Zero Crossing Hysteresis	$V_{PFCZCDHys}$	-	1.0	-	V	
Clamping of pos. Voltages	$V_{PFCZCDpclp}$	4.1	4.6	5.1	V	$I_{PFCZCDSink} = 2\text{ mA}$
Clamping of neg. Voltages	$V_{PFCZCDnclp}$	-1.7	-1.4	-1.0	V	$I_{PFCZCDSource} = -2\text{ mA}$
PFCZCD Bias Current	$I_{PFCZCDBias}$	-0.5	-	5.0	μA	$V_{PFCZCD} = 1.5\text{ V}$
PFCZCD Bias Current	$I_{PFCZCDBias}$	-0.5	-	0.5	μA	$V_{PFCZCD} = 0.5\text{ V}$
PFCZCD Ringing Su. ³⁾ Time	$t_{Ringsup}$	350	500	650	ns	
Limit Value for ON Time Extension	$\Delta t \times I_{ZCD}$	500	700	900	pAxs	

1) 关闭阈值

2) 开启阈值

3) 振铃抑制时间

5.3.2.3 PFC 总线电压检测 (PFCVS)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Trimmed Reference Voltage	$V_{PFCVSRef}$	2.47	2.50	2.53	V	$\pm 1.2\%$
Overvoltage turn Off (109%)	$V_{PFCVSRUp}$	2.68	2.73	2.78	V	
Overvoltage turn On (105%)	$V_{PFCVSLow}$	2.57	2.63	2.68	V	
Overvoltage Hysteresis	$V_{PFCVSHys}$	70	100	130	mV	4 % rated bus voltage
Under voltage (75%)	$V_{PFCVSUV}$	1.835	1.88	1.915	V	
Under voltage (12.5%)	$V_{PFCVSUV}$	0.237	0.31	0.387	V	
Rated Bus Voltage (95%)	$V_{PFCVS95}$	2.325	2.38	2.425	V	
PFCVS Bias Current	$I_{PFCVSBias}$	-1.0	-	1.0	μA	$V_{PFCVS} = 2.5V$

5.3.2.4 PFC PWM生成

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Initial ON – Time ¹⁾	$t_{PFCON_initial}$	-	4.0	-	μs	$V_{PFCZCD} = 0V$
Max. ON – Time ²⁾	t_{PFCON_max}	18.0	24.0	28.0	μs	$0.45V < V_{PFCVS} < 2.45V$
Switch Threshold from CritCM into DCM	t_{PFCON_min}	160	270	370	ns	
Repetition Time ¹⁾	t_{PFCRep}	47	52	57	μs	$V_{PFCZCD} = 0V$
Off Time	t_{PFCOff}	42	47	52	μs	

1) 当缺少过零信号时

2) AC线路输入电压的最大值

5.3.2.5 PFC 栅极驱动 (PFCGD)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
PFCGD Low Voltage	$V_{PFCGDLow}$	0.4	0.7	0.9	V	$I_{PFCGD} = 5mA$
		0.4	0.75	1.1	V	$I_{PFCGD} = 20mA$
		-0.2	0.3	0.6	V	$I_{PFCGD} = -20mA$
PFCGD High Voltage	$V_{PFCGDHigh}$	10.0	11.0	11.6	V	$I_{PFCGD} = -20mA$
		9.0	-	-	V	$I_{PFCGD} = -1mA / V_{VCC1}$
		8.5	-	-	V	$I_{PFCGD} = -5mA / V_{VCC}^{1)}$
PFCGD active Shut Down	$V_{PFCGASD}$	0.4	0.75	1.1	V	$I_{PFCGD} = 20mA$ $V_{VCC}=5V$
PFCGD UVLO Shut Down	$V_{PFCGDuVlo}$	0.3	1.0	1.5	V	$I_{PFCGD} = 5mA$ $V_{VCC}=2V$
PFCGD Peak Source Current	$I_{PFCGDSouce}$	-	-100	-	mA	²⁾⁺³⁾
PFCGD Peak Sink Current	$I_{PFCGDSink}$	-	500	-	mA	²⁾⁺³⁾
PFCGD Voltage during sink Current	$V_{PFCGDHigh}$	11.0	11.7	12.3	V	$I_{PFCGDSinkH} = 3mA$
PFC Rise Time	$t_{PFCGDRise}$	100	245	405	ns	$2V > V_{LSGD} > 8V^{2)}$
PFC Fall Time	$t_{PFCGDFall}$	20	45	70	ns	$8V > V_{LSGD} > 2V^{2)}$

1) $V_{VCC} = V_{VCCoff} + 0.3V$

2) $R_{Load} = 4\Omega$ 和 $C_{Load} = 3.3nF$

3) 该参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

5.3.3 逆变器部分

5.3.3.1 低边电流检测 (LSCS)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Overcurrent Shut Down Volt.	$V_{LSCSOVC1}$	1.5	1.6	1.7	V	¹⁾
Overcurrent Shut Down Volt.	$V_{LSCSOVC2}$	0.75	0.8	0.85	V	²⁾
Duration of Overcurrent	$t_{LSCSOVC}$	450	600	700	ns	
Capacitive Mode Det. Level 1	$V_{LSCSCap1}$	30	50	73	mV	During Run Mode
Capacitive Mode Duration 1	$t_{LSCSCap1}$	–	280	–	ns	³⁾
Capacitive Mode Det. Level 2	$V_{LSCSCap2}$	1.8	2.0	2.2	V	During Run Mode
Capacitive Mode Duration 2	$t_{LSCSCap2}$	–	50	–	ns	⁴⁾
Capacitive Mode Det. Level 3	$V_{LSCSCap3}$	–70	–50	–27	mV	
Capacitive Mode Duration 3	$t_{LSCSCap3}$	–	280	–	ns	⁵⁾
LSCS Bias Current	$I_{LSCSBias}$	–1.0	–	1.0	μA	@ $V_{LSCS} = 1.5V$

1) 过电流电压阈值在以下情况下有效：启动、软启动、点火和预运行模式

2) 过流电压阈值在以下情况下有效：预热和运行模式

3) 在运行模式下 LSGD 的第二个 50% 占空比期间

4) 运行模式下 HSGD 接通期间有效

5) 运行模式下 HSGD 接通前有效

5.3.3.2 低边栅极驱动器 (LSGD)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
LSGD Low Voltage	V_{LSGDLow}	0.4	0.7	1.0	V	$I_{\text{LSGD}} = 5\text{mA}^{1)}$
		0.4	0.8	1.2	V	$I_{\text{LSGD}} = 20\text{mA}^{1)}$
		-0.3	0.2	0.5	V	$I_{\text{LSGD}} = -20\text{mA}$ (Source)
LSGD High Voltage	V_{LSGDHigh}	10.0	10.8	11.6	V	²⁾
		9.0	-	-	V	³⁾
		8.5	-	-	V	⁴⁾
LSGD active Shut Down	V_{LSGDASD}	0.4	0.75	1.1	V	$V_{\text{CC}}=5\text{V} / I_{\text{LSGD}} = 20\text{mA}^{1)}$
LSGD UVLO Shut Down	V_{LSGDUVLO}	0.3	1.0	1.5	V	$V_{\text{CC}}=2\text{V} / I_{\text{LSGD}} = 5\text{mA}^{1)}$
LSGD Peak Source Current	$I_{\text{LSGDSource}}$	-	-50	-	mA	⁵⁾⁺⁶⁾
LSGD Peak Sink Current	I_{LSGDSink}	-	300	-	mA	⁵⁾⁺⁶⁾
LSGD Voltage during ¹⁾	V_{LSGDHigh}	-	11.7	-	V	$I_{\text{LSGDsinkH}} = 3\text{mA}$
LSGD Rise Time	t_{LSGDRise}	100	245	405	ns	$2\text{V} < V_{\text{LSGD}} < 8\text{V}^{5)}$
LSGD Fall Time	t_{LSGDFall}	20	35	60	ns	$8\text{V} > V_{\text{LSGD}} > 2\text{V}^{5)}$

1) 灌电流

2) $I_{\text{LSGD}} = -20\text{mA}$ 拉电流

3) $V_{\text{CCOFF}} + 0.3\text{V}$ 和 $I_{\text{LSGD}} = -1\text{mA}$ 拉电流

4) $V_{\text{CCOFF}} + 0.3\text{V}$ 和 $I_{\text{LSGD}} = -5\text{mA}$ 拉电流

5) 负载: $R_{\text{Load}} = 10\Omega$ 和 $C_{\text{Load}} = 1\text{nF}$

6) 该参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

5.3.3.3 逆变器控制运行 (RFRUN)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Fixed Start – Up Frequency	F_{StartUp}	121.5	135	148.5	kHz	
Duration of Soft Start	$t_{\text{SoftStart}}$	9	11	13.5	ms	¹⁾
RFRUN Voltage in Run Mode	V_{RFRUN}	-	2.5	-	V	@ $100\mu\text{A} < I_{\text{RFRUN}} < 600\mu\text{A}$
Run Frequency	F_{RFRUN}	49	50	51	kHz	$R_{\text{RFRUN}} = 10\text{k}\Omega$
Adjustable Run Frequency	F_{RFRUN1}	-	20	-	kHz	$I_{\text{RFRUN}} = -100\mu\text{A}$
	F_{RFRUN2}	-	40	-	kHz	$I_{\text{RFRUN}} = -200\mu\text{A}$
	F_{RFRUN3}	-	100	-	kHz	$I_{\text{RFRUN}} = -500\mu\text{A}$
RFRUN max. Current Range	I_{RFRUNmax}	-	-1000	-650	μA	@ $V_{\text{RFRUN}} = 0\text{V}$

1) 将启动频率移频至预热频率

5.3.3.4 逆变器控制预热 (RFPH, RTPH)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
RFPH Voltage Preheating	V_{RFPH}	–	2.5	–	V	$V_{RFPH} = 0V$ in Run Mode
Preheating Frequency	F_{RFPH1}	97	100	103	kHz	$R_{RFPH} = R_{RFRUN} = 10k\Omega$
RFPH max. Current Range	$I_{RFPHmax}$	–	–1000	– 550	μA	@ $V_{RFPH} = 0V$
Current for set Preh. Time	I_{RTPH}	–	–100	–	μA	
Preheating Time	t_{RTPH1}	950	1000	1050	ms	$R_{RTPH1} = 10k\Omega$
	t_{RTPH2}	50	100	150	ms	$R_{RTPH2} = 1k\Omega$
	t_{RTPH3}	–	500	–	ms	$R_{RTPH3} = 5k\Omega$
	t_{RTPH4}	–	2000	–	ms	$R_{RTPH4} = 20k\Omega$
	t_{RTPH5}	–	2500	–	ms	$R_{RTPH5} = 25k\Omega$

5.3.3.5 移除灯管后重新启动 (RES)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
High Side Filament In Det.	V_{RES1}	1.55	1.60	1.65	V	$U_{VLO}, V_{CC} < V_{CCON}$
	V_{RES2}	1.25	1.30	1.35	V	
	V_{RES3}	–	3.2	–	V	Run Mode
RES Current Source	I_{RES1}	–53.2	–42.6	–32.0	μA	$V_{RES} = 1V; LVS = 5\mu A$
	I_{RES2}	–44.2	–35.4	–26.6	μA	$V_{RES} = 2V; LVS = 5\mu A$
	I_{RES3}	–26.6	–21.3	– 16.0	μA	$V_{RES} = 1V; LVS = 30\mu A$
	I_{RES4}	–22.1	–17.7	–13.3	μA	$V_{RES} = 2V; LVS = 30\mu A$

5.3.3.6 灯管电压检测 (LVS)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Source Current before Startup	$I_{LVSSource}$	-5.0	-3.0	-2.0	μA	$V_{LVS} = 0V$
Enable Lamp Monitoring	$V_{LVSEnable1}$	350	530	750	mV	1)
Sink Current for Lamp Det.	$I_{LVSSink}$	8.0	12.0	18.0	μA	$V_{LVS} > V_{LVSClamp}$
Positive Clamping Voltage	$V_{LVSClamp}$	-	6.5	-	V	@ $I_{LVS} = 300\mu A$
AC EOLCurrent Threshold	$I_{LVSSourceAC}$	190	210	230	μApp	$I_{LVS} > I_{LVSEOLpp}$ EOL 1
Positive EOL Current Thr.	$I_{LVSDCPos}$	34	42	50	μA	$I_{LVS} > I_{LVSDCPos}$ EOL 2
Negative EOL Current Thr.	$I_{LVSDCNeg}$	-50	-42	-34	μA	$I_{LVS} > I_{LVSDCNeg}$ EOL 2

1) 如果 $V_{LVS} < V_{LVSEnable1}$ 监控被禁用

5.3.3.7 高边栅极驱动器 (HSGD)

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
HSGD Low Voltage	$V_{HSGDLow}$	0.02	0.05	0.1	V	$I_{HSGD} = 5mA$ (sink)
		0.5	1.1	2.5	V	$I_{HSGD} = 100mA$ (sink)
		-0.4	-0.2	-0.05	V	$I_{LSGD} = -20mA$ (source)
HSGD High Voltage	$V_{HSGDHigh}$	9.7	10.5	11.2	V	$V_{CCHS} = 15V$ $I_{HSGD} = -20mA$ (source)
		7.8	-	-	V	$V_{CCHSOFF} + 0.3V$ $I_{HSGD} = -1mA$ (source)
HSGD active Shut Down	$V_{HSGDASD}$	0.05	0.22	0.5	V	$V_{CCHS} = 5V$ $I_{HSGD} = 20mA$ (sink)
HSGD Peak Source Current	$I_{HSGDSource}$	-	-50	-	mA	$R_{Load} = 10\Omega + C_{Load} = 1nF^{1)}$
HSGD Peak Sink Current	$I_{HSGDSink}$	-	300	-	mA	$R_{Load} = 10\Omega + C_{Load} = 1nF^{1)}$
HSGD Rise Time	$t_{HSGDRise}$	120	220	300	ns	$2V < V_{LSGD} < 8V$ $R_{Load} = 10\Omega + C_{Load} = 1nF$
HSGD Fall Time	$t_{HSGDFall}$	20	35	70	ns	$8V > V_{LSGD} > 2V$ $R_{Load} = 10\Omega + C_{Load} = 1nF$

1) 该参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

5.3.3.8 定时器部分

Delay Timer 1	t_{TIMER1}	70	100	160	ms	For lamp detection
Delay Timer 2	t_{TIMER2}	74	84	94	ms	For $V_{\text{BUS}} > 95\%$
Inverter Time	t_{Inv}	100	130	160	μs	
Inverter Dead Time Max	t_{DeadMax}	1.75	2.1	2.40	μs	
Inverter Dead Time Min	t_{DeadMin}	0.8	1.05	1.3	μs	
Δ Inverter Dead Time Max	t_{DeadMax}	-200	-	200	ns	
Δ Inverter Dead Time Min	t_{DeadMin}	-200	-	200	ns	
Min. Duration of Ignition	t_{Ignition}	34	40	48	ms	
Max. Duration of Ignition	$t_{\text{NOIgnition}}$	197	-	236	ms	
Duration of Pre – Run	t_{PRERUN}	565	625	685	ms	

5.3.3.9 内置客户测试模式

Voltage at RTPH Pin	V_{RTPH}	0	V	Preheating time = 0 ms (skipped preheating)
Voltage at RTPH Pin	V_{RTPH}	5.0	$V^{(1)}$	IC remains in Preheating
Voltage at LVS	V_{LVS}	0	V	Disables Lamp Voltage Sense
Voltage at RES Pin	V_{RES}	0	V	Disable the Filament Detection
Voltage at RFPH Pin	V_{RFPH}	5.0	$V^{(1)}$	Built-in Customer Test Mode - Clock Acceleration. Decreasing time for the following procedures: Preheating by factor 4 Timeout ignition by factor 2 Pre-run by factor 15; EOL by 60
Voltage at RFRUN Pin	V_{RFRUN}	5.0	$V^{(1)}$	
Voltage at VCC Pin	V_{CC}	> 14.0	V	
Voltage at RES Pin	V_{RES}	0	V	

1) 该电压的公差为 $\pm 5\%$

5.3.4 温度范围扩展至 -40°C 时的参数限值

对于下面未列出的任何其他参数，-25°C 限制也适用于 -40°C

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
Junction Temperature	T_J	-40		150	°C	
LSVCC Turn-On Threshold	V_{VCCOn}	13.48	14.0	14.5	V	Hysteresis
VCC Zener Clamp Voltage	$I_{VCCZener}$	2.5	-	5.05	mA	$V_{VCC} = 17.5V/V_{RES} = 5V$
HSVCC Quiescent Current	$I_{HSVCCqu2}$	0.26	0.65	1.2	mA	$V_{HSVCC} > V_{HSVCCOn}$
HSVCC Turn-On Threshold	$V_{HSVCCOn}$	9.8	10.4	11.0	V	Hysteresis
HSVCC Turn-Off Threshold	$V_{HSVCCOff}$	8.08	8.6	9.3	V	
HSVCC Turn-On/Off Hyst.	$V_{HSVCCHy}$	1.4	1.7	2.03	V	
Over Current Blanking + Propagation Delay	$t_{PFCCSOFF}$	140	200	262	ns	
Leading Edge Blanking	$t_{Blanking}$	180	250	315	ns	Pulse width when $V_{PFCCS} > 1.0 V$
Clamping of pos. Voltages	$V_{PFCZCDpclp}$	4.1	4.6	5.12	V	$I_{PFCZCDSink} = 2mA$
Clamping of neg. Voltages	$V_{PFCZCDnclp}$	-1.69	-1.4	-1.0	V	$I_{PFCZCDSOURCE} = -2mA$
PFCZCD Ringing Suppress. Time	$t_{Ringsup}$	350	500	660	ns	
Limit Value for ON Time Extension	$\Delta t \times I_{ZCD}$	498	700	900	pAxs	
Trimmed Reference Voltage	$V_{PFCVSRef}$	2.468	2.50	2.53	V	$\pm 1.2 \%$
Overvoltage turn Off (109%)	$V_{PFCVSRUp}$	2.677	2.73	2.78	V	
Overvoltage turn On (105%)	$V_{PFCVSLow}$	2.567	2.63	2.68	V	
Under voltage (75%)	$V_{PFCVSUV}$	1.832	1.88	1.915	V	
Rated Bus Voltage (95%)	$V_{PFCVS95}$	2.320	2.38	2.425	V	
Max. ON – Time	t_{PFCON_max}	18.0	24.0	28.6	μs	$0.45V < V_{PFCVS} < 2.45V$
Off Time	t_{PFCOff}	42	47	52.5	μs	
PFCGD Low Voltage	$V_{PFCGDLow}$	0.4	0.7	0.92	V	$I_{PFCGD} = 5mA$
		0.4	0.75	1.12	V	$I_{PFCGD} = 20mA$
		-0.2	0.3	0.62	V	$I_{PFCGD} = -20mA$
PFCGD High Voltage	$V_{PFCGDHigh}$	10.0	11.0	11.6	V	$I_{PFCGD} = -20mA$
		8.98	-	-	V	$I_{PFCGD} = -1mA / V_{VCC1}$
		8.47	-	-	V	$I_{PFCGD} = -5mA / V_{VCC}^{1)}$
PFCGD active Shut Down	$V_{PFCGASD}$	0.4	0.75	1.12	V	$I_{PFCGD} = 20mA V_{VCC}=5V$
PFCGD UVLO Shut Down	$V_{PFCGDuvlo}$	0.3	1.0	1.56	V	$I_{PFCGD} = 5mA V_{VCC}=2V$
PFC Rise Time	$t_{PFCGDRise}$	100	245	450	ns	$2V > V_{LSGD} > 8V^{2)}$
PFC Fall Time	$t_{PFCGDFall}$	20	45	72	ns	$8V > V_{LSGD} > 2V^{2)}$
LSGD Low Voltage	$V_{LSGDLow}$	0.4	0.7	1.02	V	$I_{LSGD} = 5mA (sink)$
		0.4	0.8	1.22	V	$I_{LSGD} = 20mA (sink)$
		-0.3	0.2	0.53	V	$I_{LSGD} = -20mA (source)$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Conditions
		min.	typ.	max.		
LSGD High Voltage	V_{LSGDHigh}	10.0	10.8	11.6	V	
		8.98	–	–	V	
		8.47	–	–	V	
LSGD active Shut Down	V_{LSGDASD}	0.4	0.75	1.12	V	$V_{\text{CC}}=5\text{V} / I_{\text{LSGD}} = 20\text{mA (sink)}$
LSGD UVLO Shut Down	V_{LSGDUVLO}	0.3	1.0	1.6	V	$V_{\text{CC}}=2\text{V} / I_{\text{LSGD}} = 5\text{mA (sink)}$
LSGD Rise Time	t_{LSGDRise}	100	245	460	ns	$2\text{V} < V_{\text{LSGD}} < 8\text{V}^{(3)}$
LSGD Fall Time	t_{LSGDFall}	20	35	61	ns	$8\text{V} > V_{\text{LSGD}} > 2\text{V}$
Fixed Start – Up Frequency	F_{StartUp}	120	135	148.5	kHz	
Duration of Soft Start	$t_{\text{SoftStart}}$	9	11	13.56	ms	⁴⁾
Run Frequency	F_{RFRUN}	49	50	51.07	kHz	$R_{\text{RFRUN}} = 10\text{k}\Omega$
RFRUN max. Current Range	I_{RFRUNmax}	–	-1000	-612	μA	@ $V_{\text{RFRUN}} = 0\text{V}$
RFPH max. Current Range	I_{RFPHmax}	–	-1000	-512	μA	@ $V_{\text{RFPH}} = 0\text{V}$
Preheating Time	t_{RTPH1}	920	1000	1050	ms	$R_{\text{RTPH1}} = 10\text{k}\Omega$
High Side Filament In Det.	V_{RES1}	1.546	1.60	1.65	V	$U_{\text{VLO}}, V_{\text{CC}} < V_{\text{CCON}}$
	V_{RES2}	1.247	1.30	1.35	V	
RES Current Source	I_{RES1}	-53.2	-42.6	-30.5	μA	$V_{\text{RES}} = 1\text{V} ; \text{LVS} = 5\mu\text{A}$
	I_{RES2}	-44.2	-35.4	-25.1	μA	$V_{\text{RES}} = 2\text{V} ; \text{LVS} = 5\mu\text{A}$
	I_{RES3}	-26.6	-21.3	-15	μA	$V_{\text{RES}} = 1\text{V} ; \text{LVS} = 30\mu\text{A}$
	I_{RES4}	-22.1	-17.7	-12.3	μA	$V_{\text{RES}} = 2\text{V} ; \text{LVS} = 30\mu\text{A}$
Source Current before Startup	$I_{\text{LVSSource}}$	-5.0	-3.0	-1.9	μA	$V_{\text{LVS}} = 0\text{V}$
Sink Current for Lamp Det.	I_{LVSSink}	7.0	12.0	18.0	μA	$V_{\text{LVS}} > V_{\text{LVSClamp}}$
AC EOLCurrent Threshold	$I_{\text{LVSSourceAC}}$	186	210	230	μApp	$I_{\text{LVS}} > I_{\text{LVSEOLpp}} \text{ EOL } 1$
HSGD Low Voltage	V_{HSGDLow}	0.018	0.05	0.1	V	$I_{\text{HSGD}} = 5\text{mA (sink)}$
		0.46	1.1	2.5	V	$I_{\text{HSGD}} = 100\text{mA (sink)}$
		-0.4	-0.2	-0.04	V	$I_{\text{LSGD}} = -20\text{mA (source)}$
HSGD active Shut Down	V_{HSGDASD}	0.041	0.22	0.5	V	$V_{\text{CCHS}}=5\text{V}$ $I_{\text{HSGD}} = 20\text{mA (sink)}$
HSGD Fall Time	t_{HSGDFall}	19	35	70	ns	$8\text{V} > V_{\text{LSGD}} > 2\text{V}$ $R_{\text{Load}} = 10\Omega + C_{\text{Load}} = 1\text{nF}$
Delay Timer 1	t_{TIMER1}	70	100	163.6	ms	For lamp detection
Inverter Time	t_{Inv}	100	130	163	μs	
Inverter Dead Time Max	t_{DeadMax}	1.75	2.1	2.50	μs	
Inverter Dead Time Min	t_{DeadMin}	0.8	1.05	1.33	μs	
Δ Inverter Dead Time Max	t_{DeadMax}	-240	–	200	ns	
Δ Inverter Dead Time Min	t_{DeadMin}	-230	–	200	ns	

1) $V_{\text{VCC}} = V_{\text{VCCoff}} + 0.3\text{V}$

2) $R_{\text{Load}} = 4\Omega$ 和 $C_{\text{Load}} = 3.3\text{nF}$

3) 负载: $R_{\text{Load}} = 10\Omega$ 和 $C_{\text{Load}} = 1\text{nF}$

4) 将启动频率移至预热频率

6 应用示例

6.1 54W T5 单灯镇流器示意图

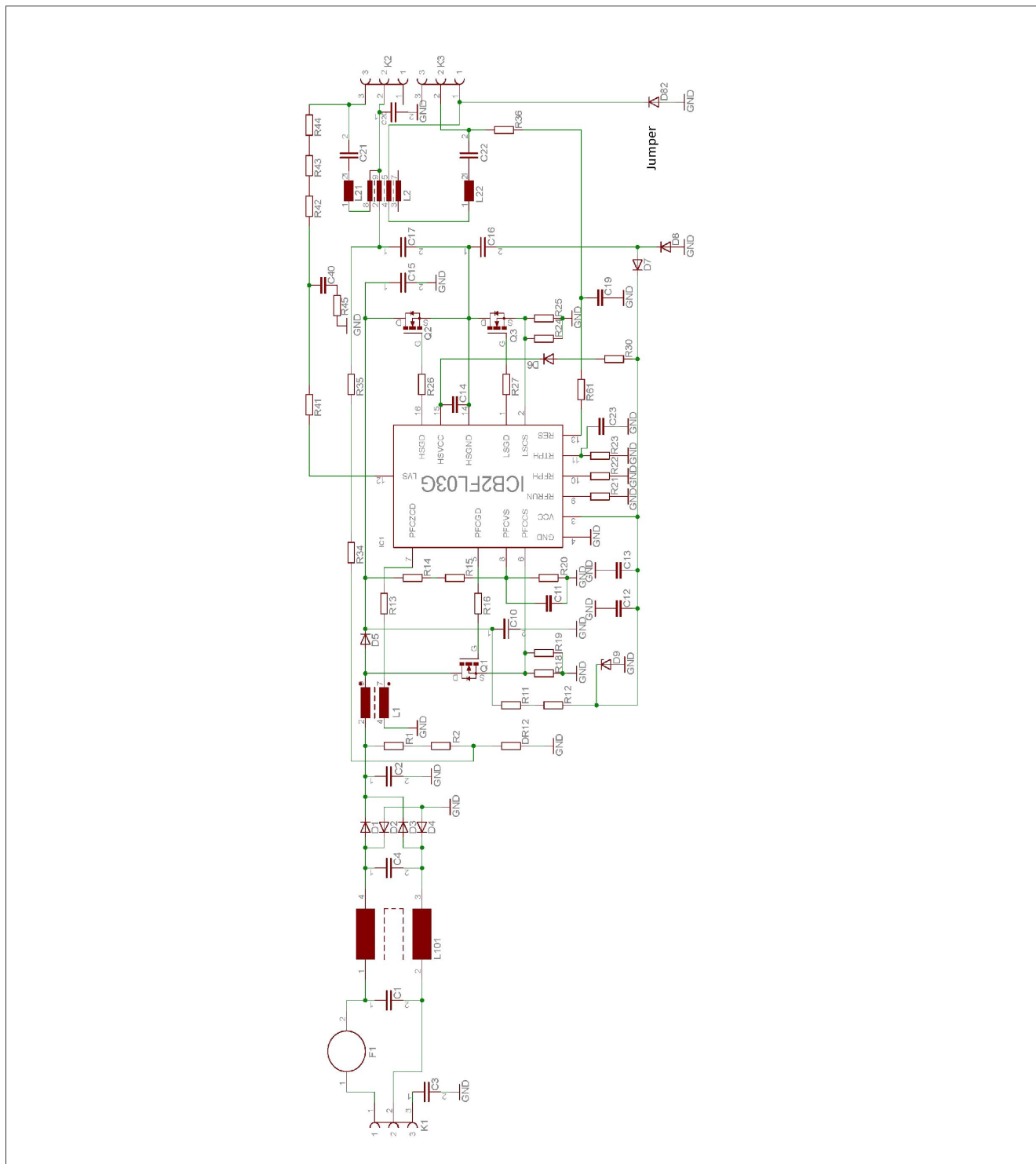


图 37 单荧光灯镇流器电压模式预热应用电路

6.2 物料清单

BOM: Demoboard 1x54W T5 - VM - 180VAC to 270VAC - ICB2FL03G

					ICB2FL03G		
Input voltage = 180VAC to 270VAC					VBUS = 410 VRMS		
Package					Package		
F1	Fuse 1A fast	Wickmann	Typ 370		R1	470kΩ	.1206
K1/1	AC Input	WAGO 250-203			R2	470kΩ	.1206
K1/2	AC Input				R11	470kΩ	.1206
K1/3	PE				R12	470kΩ	.1206
K2/1	not connected	WAGO 250-203			R13	33kΩ	.1206
K2/2	High Side Filament				R14	820kΩ	.1206
K2/3	High Side Filament				R15	820kΩ	.1206
K3/1	Low Side Filament	WAGO 250-203			R16	10Ω	.0805
K3/2	Low Side Filament				R18	1Ω	.1206
K3/3	not connected				R19	not assembled	.1206
IC1	ICB2FL03G	Infineon		SO-16	R20	10kΩ	.0805
Q1	IPD60R1k4C6	Infineon		D-Pack	R21	11kΩ	.0805
Q2	IPD60R1k4C6	Infineon		D-Pack	R22	8.2kΩ	.0805
Q3	IPD60R1k4C6	Infineon		D-Pack	R23	10kΩ	.0805
D1...4	S1M	Fairchild	(1000V/1A/2μs)	DO-214AC	R24	0.68Ω	.1206
D5	MURS160T3	ON Semi	(600V/1A/75ns)	SMB	R25	0.68Ω	.1206
D6	BYG20J	Philips	(600V/1,5A/75ns)	SOD124	R26	10Ω	.0805
D7	BYG22D	Philips	(200V/1A/25ns)	DO214	R27	10Ω	.0805
D8	BYG22D	Philips	(200V/1A/25ns)	DO214	R30	33Ω	.1206
D9	BZV55-C16	NXP		SOD-80C	R34	150kΩ	.1206
DR12	110kΩ			.1206	R35	150kΩ	.1206
D82	0Ω			.2512	R36	56kΩ	.1206
L101	2x68mH/0.6A	Epcos	B82732F2601B001		R41	68kΩ	.0805
L1 PFC	1.58mH	Epcos	B78326P7373A005	EFD25/13/9	R42	68kΩ	.1206
L 2	1.46mH	Epcos	B78326P7374A005	EFD25/13/9	R43	68kΩ	.1206
L 21	100μH/760mA	Epcos	B82144B1104J000	RM5	R44	68kΩ	.1206
L 22	100μH/760mA	Epcos	B82144B1104J000	RM5	R45	6.8kΩ	.1206
C1	220nF/X2/305V	Epcos	B32922C3224M000	RM15	R61	0Ω	.0805
C2	33nF/630V/MKT	Epcos	B32521N8333K000	RM10			
C3	3,3nF/Y2/300V	Epcos	B32021A3332K000	RM10			
C4	220nF/X2/305V	Epcos	B32922C3224M000	RM15			
C10	10μF/450V	Epcos	B43888C5106M000	single ended			
C11	2,2nF/50V	X7R		.0805			
C12	100nF/50V	X7R		.0805			
C13	1μF/25V	X7R		.1206			
C14	68nF/50V	X7R		.0805			
C15	22nF/630V/MKT	Epcos	B32621A6223K000	RM10			
C16	1nF/630V/MKT	Epcos	B32529C8102K000	RM5			
C17	100nF/630V/MKP	Epcos	B32612A6104K008	RM15			
C19	22nF/50V	X7R		.0805			
C20	4,7nF/1600V/MKP	Epcos	B32612-J1472J008	RM15			
C21	22nF/400V/MKP	Epcos	B32620A4223J000	RM7,5			
C22	22nF/400V/MKP	Epcos	B32620A4223J000	RM7,5			
C23	10nF/50V	X7R		.0805			
C40	220nF/50V	X7R		.0805			

图 38 物料清单

6.3 多灯镇流器拓扑（串联）

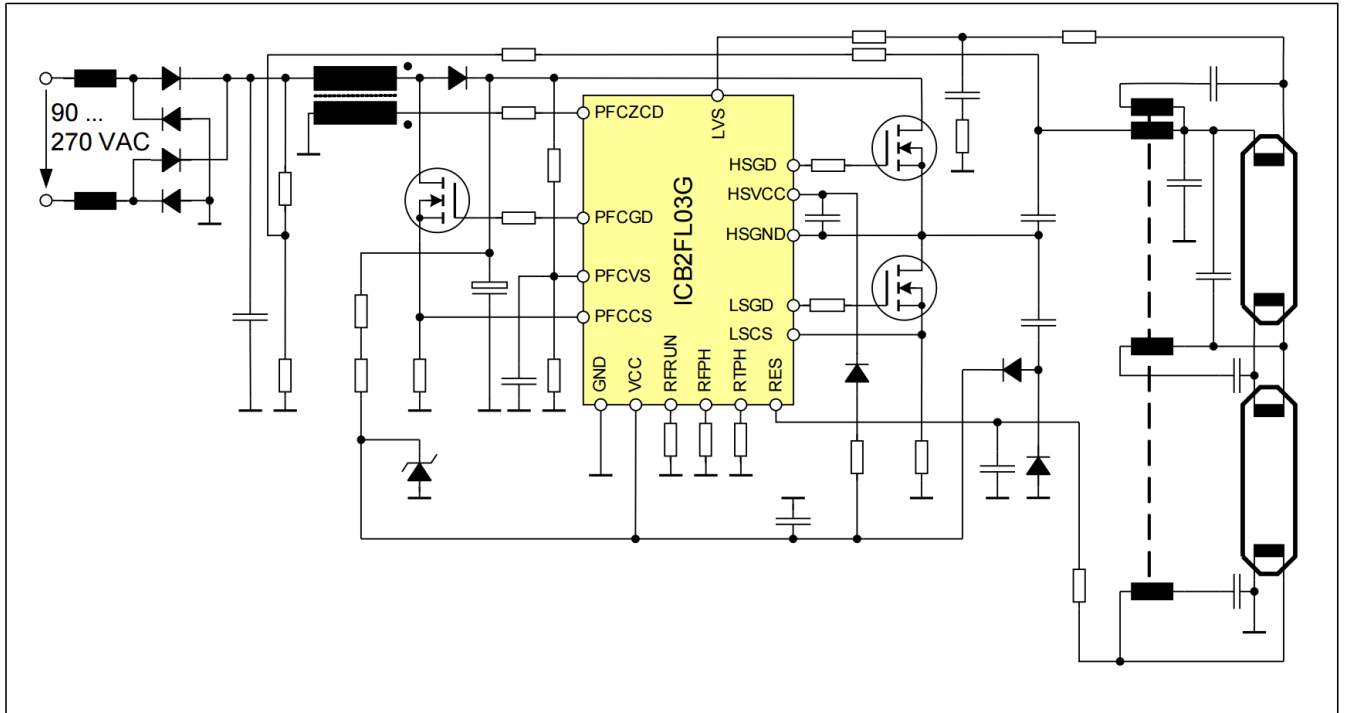


图 39 双荧光灯镇流器电压模式预热应用电路

7 封装外形

7.1 PG-DSO-16 外形尺寸图

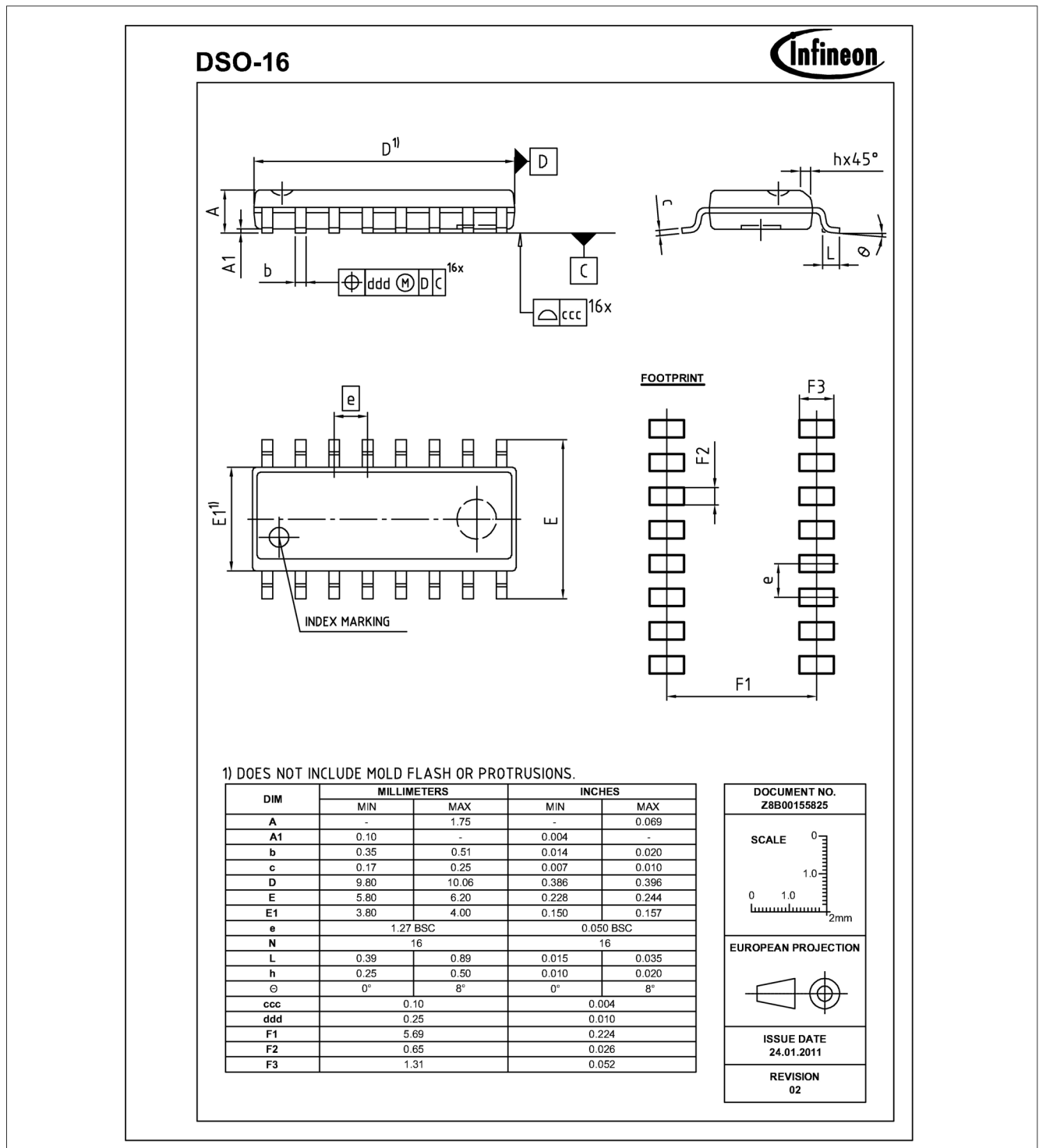


图 40 带爬电距离的封装外形图

www.infineon.com



免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks

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

重要通知

版本 2026-08-21

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

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

Email:

erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上述合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据勘探（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。