



TEA19161T

适用于高效谐振电源的数字控制器

修订版: 1—2016年3月10日

产品数据手册

1. 简介

TEA19161T 是一款适用于高效谐振电源的完全数字化控制器。它与 TEA19162T PFC 控制器和 TEA1995T 双路同步整流控制器配合使用,构成完整的谐振电源,不仅易于设计,而且器件数量非常少。该电源符合能源之星、美国能源部(DoE)、欧盟生态设计指令、欧盟行为准则的能效法规,且满足其他一些准则。因此,可以省略任何辅助低功率电源。

与传统的谐振拓扑相反,由于新引入了低功率模式,TEA19161T (LLC)可在低负载下保持高效率。该模式在连续开关(也称为高功率模式)和突发模式之间的功率区域运行。

由于 TEA19161T 采用初级侧电容器上的电压进行调整,该电压包含了输送到输出端的功率的准确信息。测得的输出功率决定了工作模式(突发模式、低功率模式或高功率模式)。一个用于配置的引脚可轻松设置工作模式的转换电平。

TEA19161T 包含了一个低电压晶片,带有全数字化控制器,用于输出功率控制、启动、初始化和各种保护。上述保护包括过流保护(OCP)、过压保护(OVP)、开环保护(OLP)、容性模式调整(CMR)。它还包含高压硅上绝缘(SOI)控制器,用于高压启动、集成驱动器、电平转换器、保护和确保零电压开关的电路。

TEA19161T 设计时与 TEA19162T 功率因数控制(PFC)控制器配合使用。在有关启动和保护通信方面,TEA19161T 包含了数字控制接口。数字控制实现了快速门锁复位机制。通过将 TEA19162T 设置为在突发模式下工作,最大程度地提高在低输出功率水平下的系统效率。

TEA19161T/TEA19162T/TEA1995T 的组合让我们能够轻松地设计高效可靠的电源,这些电源提供 90 W 至 500 W 的功率,而且外部元器件数非常少。该系统提供非常低的空载输入功率(< 75 mW; 整个系统包括 TEA19161T/TEA19162T/TEA1995T 组合),在最低到最高的负载下均保持高效率。因此,我们无需再使用其他任何额外的低功率电源,从而确保可观的系统成本节省和高度简洁的电源设计。

2. 特性和优势

2.1 显著特性

- 与 TEA19162T 组合，提供完整的功能
- 集成了高压启动电源
- 集成高压电平转换器(LS)
- 极其快速的启动 ($V_{\text{mains}}=100\text{ V(AC)}$ 时, $< 500\text{ ms}$)
- 在启动和保护过程中，通过 SUPHV 引脚进行连续的 V_{SUPIC} 调节，这样使用允许最小的 SUPIC 脚的外围电容
- 在所有工作模式下，工作频率都在可听频率范围之外
- 集成软启动
- Power Good 信号功能
- 最大半桥开关频率为 500 kHz

2.2 环保特性

- 从低负载到高负载下，都提供极高的效率
- 符合用能产品指令 lot 6
- 优秀的空载输入功率（对于 TEA19161T/TEA19162T/TEA1995T 组合，输入功率低于 75 mW）
- 低的调整用的光耦电流，实现低空载功耗
- 在突发模式下的无开关动作期间，具有很低的电源电流
- 集成的、外部可调功率水平下发生不同工作模式（高功率/低功率/突发模式）转换
- 自适应非重叠时间

2.3 保护特性

- 电源欠压保护(UVP)
- 过功率保护(OPP)
- 集成可调过功率超时
- 过功率保护后发生门锁或重启的功能可调
- 片内过温保护(OTP)
- 容性模式调节(CMR)
- 精确的过压保护(OVP)
- 具有低边和高边驱动器输出最大开通时间保护
- 过流保护(OCP)
- 禁用输入

3. 应用

- 台式和一体机电脑
- 液晶电视
- 笔记本电脑适配器
- 打印机

4. 订购信息

表 1. 订购信息

型号	封装		
	名称	说明	版本
TEA19161T	SO16	塑料小型封装；16 个引脚；体宽 3.9 mm；体厚度 1.47 mm	SOT109-3

5. 功能框图

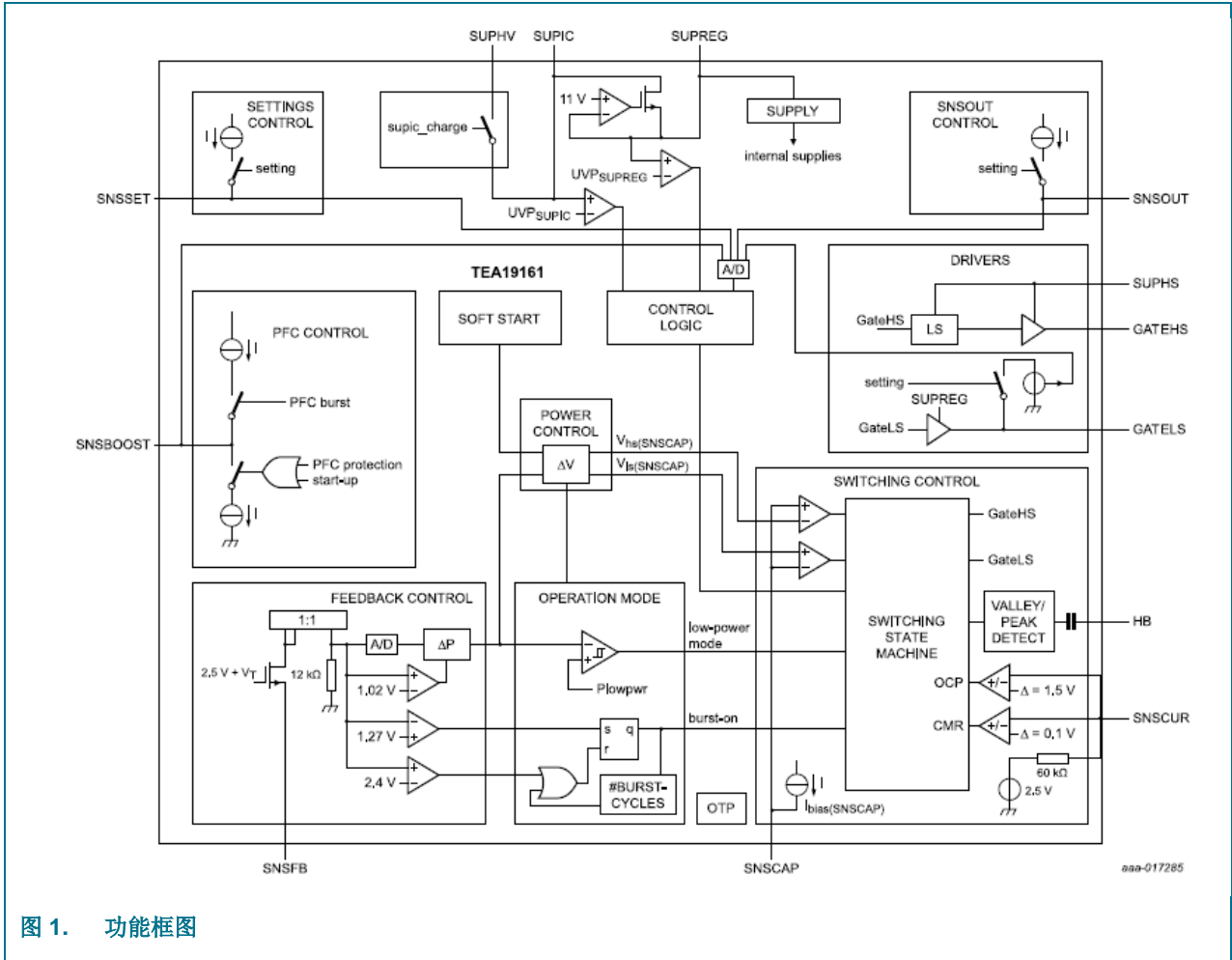
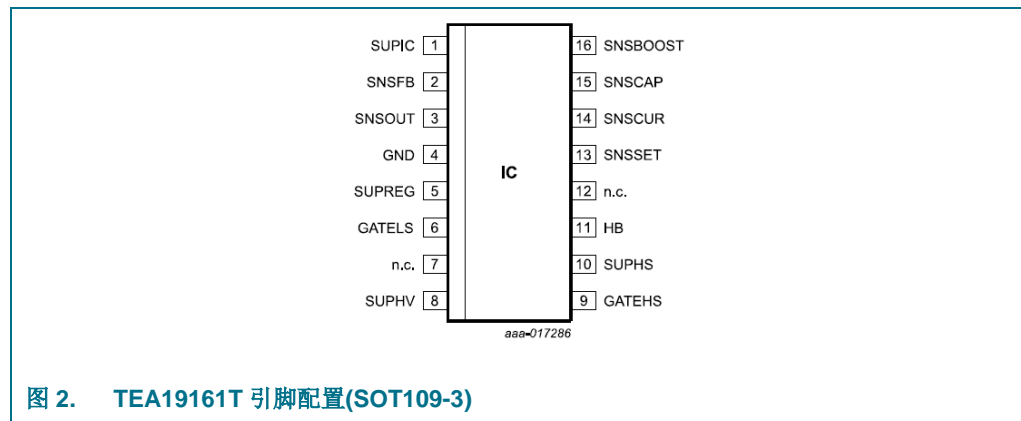


图 1. 功能框图

6. 引脚配置信息

6.1 引脚配置



6.2 引脚说明

表 2. 引脚说明

符号	引脚	说明
SUPIC	1	电源电压的输入和内部 HV 启动电源的输出；通过二极管外接 LLC 的辅助绕组，或者连接到外部直流电源
SNSFB	2	输出电压调节反馈感测输入；外接光耦合器
SNSOUT	3	感测输入，用于设置突发频率和监视 LLC 输出电压；通过电阻分压器和二极管外接辅助绕组
GND	4	芯片地
SUPREG	5	调整后的 SUPREG IC 电源，内部稳压器的输出；驱动器的输入；外接 SUPREG 缓冲电容
GATELS	6	LLC 低边 MOSFET 栅极驱动器输出
n.c.	7	未连接
SUPHV	8	内部 HV 启动源的高压电源输入；外接(PFC)升压后的电压
GATEHS	9	LLC 高边 MOSFET 栅极驱动器
SUPHS	10	高边驱动器电源输入；外接自举电容(C _{SUPHS})
HB	11	高边驱动器的低电平基准源；半桥斜率检测输入；外接 LLC MOSFET 之间的半桥节点 HB
n.c.	12	未连接
SNSSET	13	高/低功率模式和低功率/突发模式转换电平的设置，过功率电平、过功率超时、重启或门锁的设置。Power Good 信号的输出。
SNSCUR	14	LLC 电流感测输入；外接谐振电流感测电阻
SNSCAP	15	LLC 电容电压感测输入；外接 LLC 电容的分压器
SNSBOOST	16	升压电压的感测输入；PFC 升压控制的输出；外接电阻分压器分压升压电压

7. 功能说明

7.1 电源电压

TEA19161T 包括：

- 用于启动的高压电源引脚(SUPHV)
- 外接外部辅助绕组的常规电源（SUPIC 引脚）
- 精确的调整过的电压（SUPREG 引脚）
- 高边驱动器的浮动电源（SUPHS 引脚）

7.1.1 启动和电源电压

最初，SUPIC 和 SUPREG 引脚上的电容器是通过 SUPHV 引脚充电的。SUPHV 引脚通过外部电阻器连接到 PFC 的输出电压。在内部，SUPHV 和 SUPIC 引脚之间有一个高压串联开关。SUPREG 引脚使用线性稳压器从 SUPIC 引脚供电（参见图 3）。

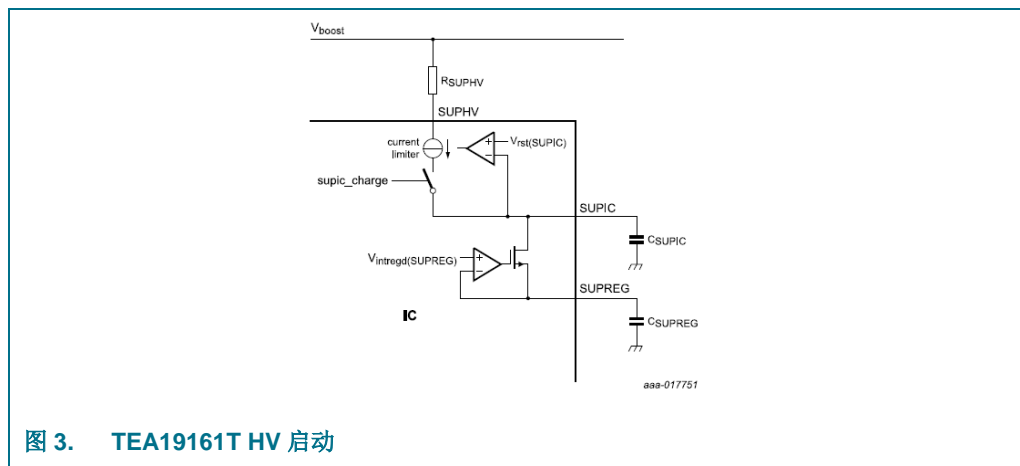


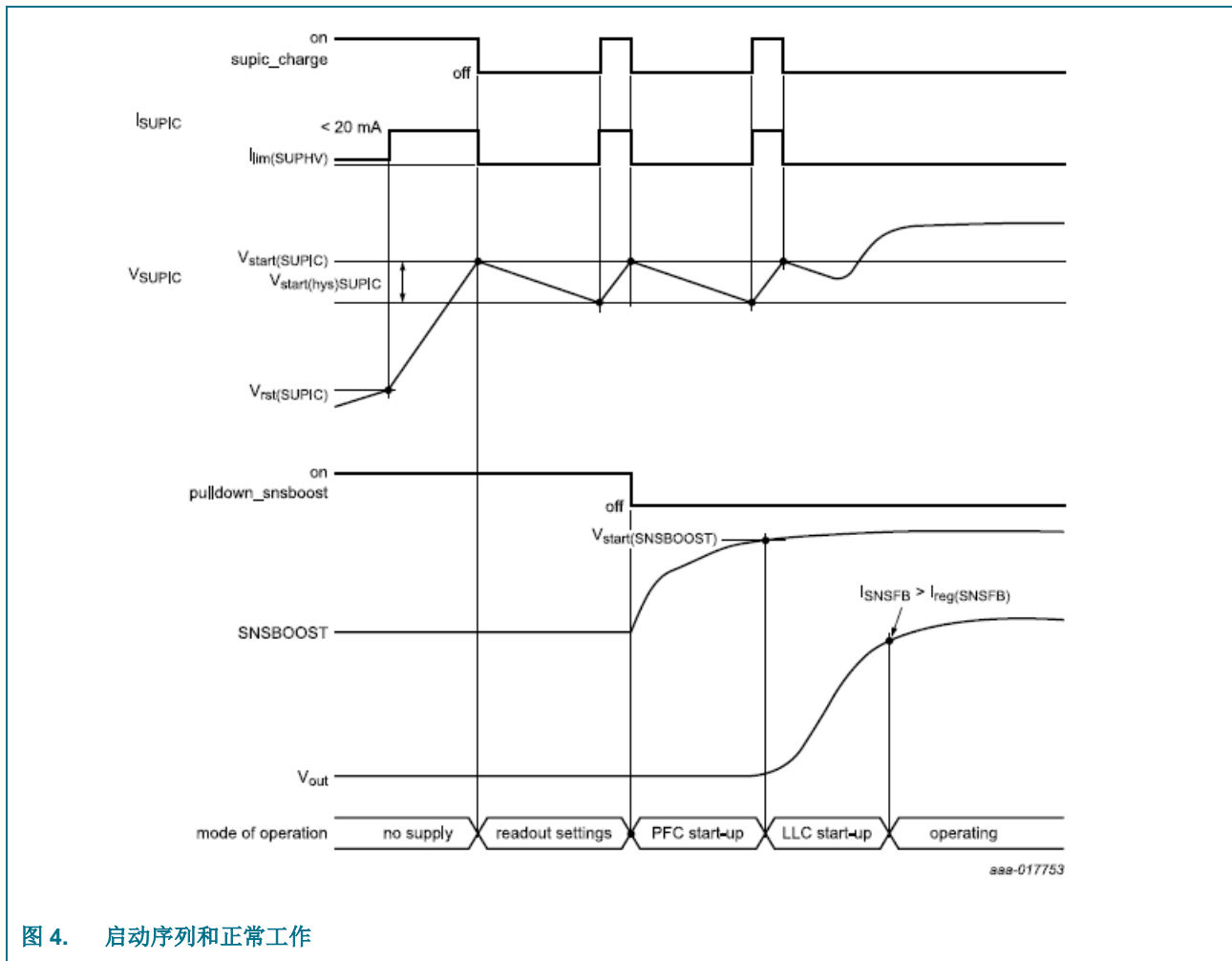
图 3. TEA19161T HV 启动

首先，当 SUPIC 引脚上的电压低于复位电平 $V_{rst}(SUPIC)$ (3.5 V) 时，SUPIC 充电电流内部限定为 $I_{lim}(SUPHV)$ (0.75 mA)。这样，当 SUPIC 对地短路时，将会限制功耗。当 SUPIC 引脚上的电压超过 $V_{rst}(SUPIC)$ 时，内部开关关闭。

为了限制 IC 功耗，在为 SUPIC 电容器充电时，必须使用外部电阻器 (R_{SUPHV})，减少 SUPHV 和 SUPIC 引脚之间的压降。 R_{SUPHV} 的电阻值大小必须确保最大电流限定在限定值 I_{SUPHV} (20 mA) 之下，而且它能够承受必需的功耗。通过使用多个串联电阻器，可以减小外部电阻器的最大功耗。

当 SUPIC 达到 $V_{start(SUPIC)}$ 电平(19.1 V)时, 它会连续不断地调节到这个启动电压, 迟滞为 $(V_{start(hys)SUPIC}; -0.7 V)$ 。当 SUPIC 电压降低到 $V_{start(SUPIC)} + V_{start(hys)SUPIC}$ 之下时, 它会激活 SUPHV 和 SUPIC 引脚之间的开关。当该电压超过 $V_{start(SUPIC)}$ 时, 它会禁用开关。启动完成后, 当 LLC 控制器正在工作时, LLC 变压器辅助绕组为 SUPIC 引脚供电。在这种工作状态下, HV 启动电源被禁用 (参见图 4)。

当系统进入保护模式时, SUPIC 引脚也调整到启动电平。在突发模式的非开关阶段, 当 SUPIC 电压降低到 $V_{low(SUPIC)}$ 以下时, 系统还会激活 SUPHV 和 SUPIC 引脚之间的开关。它会调整电压, 迟滞为 $V_{low(hys)SUPIC}$ 。采用这种方式, 由于在突发模式下存在很长的非开关阶段, 系统可以避免触发 SUPIC 欠压保护。



7.1.2 稳压电源（SUPREG 引脚）

SUPIC 引脚上的电压范围超过了最大外部 MOSFET 栅极-源极电压的范围。因此，TEA19161T 采用了集成串联稳定器。串联稳定器在缓冲电容器 C_{SUPREG} 处产生精确的稳压电压 ($V_{intregd(SUPREG)} = 11\text{ V}$)。该稳定电压用于：

- 为内部低边 LLC 驱动器供电
- 使用外部器件为内部高边驱动器供电
- 作为可选外部电路的基准电压

为了确保外部 MOSFET 获得足够的栅极驱动，在系统开始切换之前，SUPREG 引脚上的电压必须达到 $V_{uvp(SUPREG)}$ 。如果 SUPREG 的电压降低至此欠压保护水平之下，系统会重新启动。

7.1.3 高边驱动器浮动电源（SUPHS 引脚）

外部自举缓冲电容器 C_{SUPHS} 为高边驱动器供电。该自举电容器在高边驱动器电源、SUPHS 引脚、半桥节点 HB 之间连接。 C_{SUPHS} 由 SUPREG 引脚使用外部二极管 D_{SUPHS} 充电（参见图 27）。

通过精心选择适当的二极管，可以最大程度地减少 SUPREG 与 SUPHS 引脚之间的压降，尤其是在使用大 MOSFET 和高开关频率时。二极管两侧的较大压降减少了高边 MOSFET 的栅极驱动能力。

7.2 系统启动

图 5 显示了与图 4 对应的流程图。

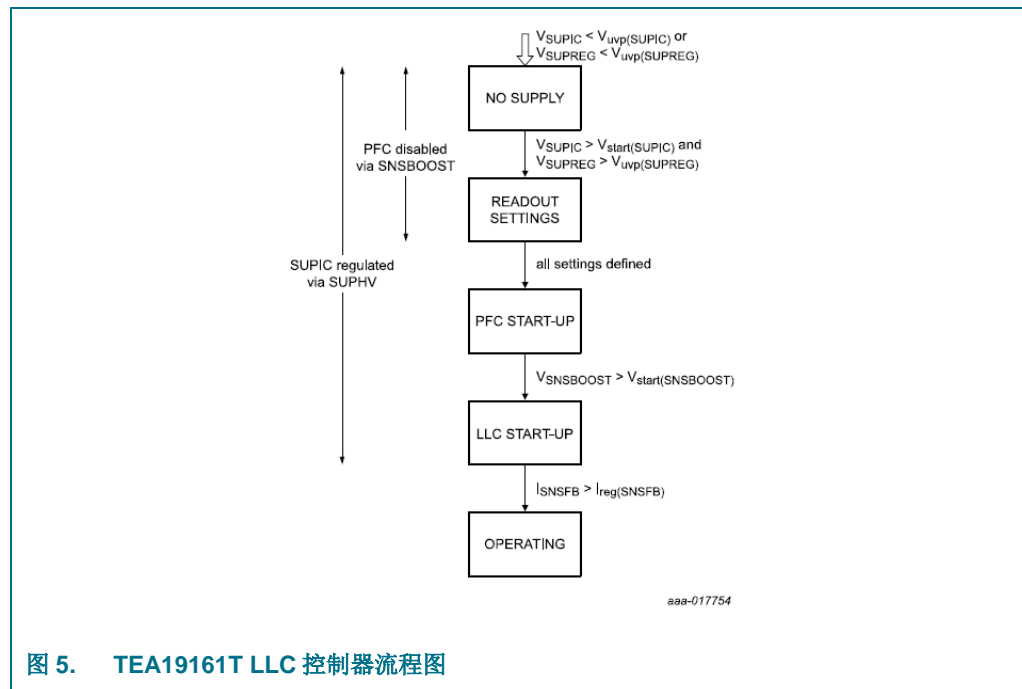


图 5. TEA19161T LLC 控制器流程图

当 SUPIC 或 SUPREG 引脚降低至停止电平之下时，TEA19161T 进入无电源状态。它通过 SUPHV 引脚为 SUPIC 和 SUPREG 充电，达到它们的启动电平。达到启动电平时，测量 SNSSET、SNSOUT 和 GATELS 上的外部电阻值可初始化设置。

在无电源和读出设置状态下，SNSBOOST 引脚被拉低，禁用 TEA19162T PFC。设置已定义之后，SNSBOOST 引脚被释放，PFC 启动。当 SNSBOOST 达到最小电平 $V_{start}(SNSBOOST)$ 时，LLC 开始开关动作。

当检测到小的光耦电流时 ($I_{SNSFB} < I_{reg}(SNSFB)$)，输出电压接近于稳压值。由于 SUPIC 引脚必须通过初级辅助绕组供电，因此禁止通过 SUPHV 充电。

7.3 LLC 系统调节

典型的谐振控制器通过调整工作频率来调节输出功率。

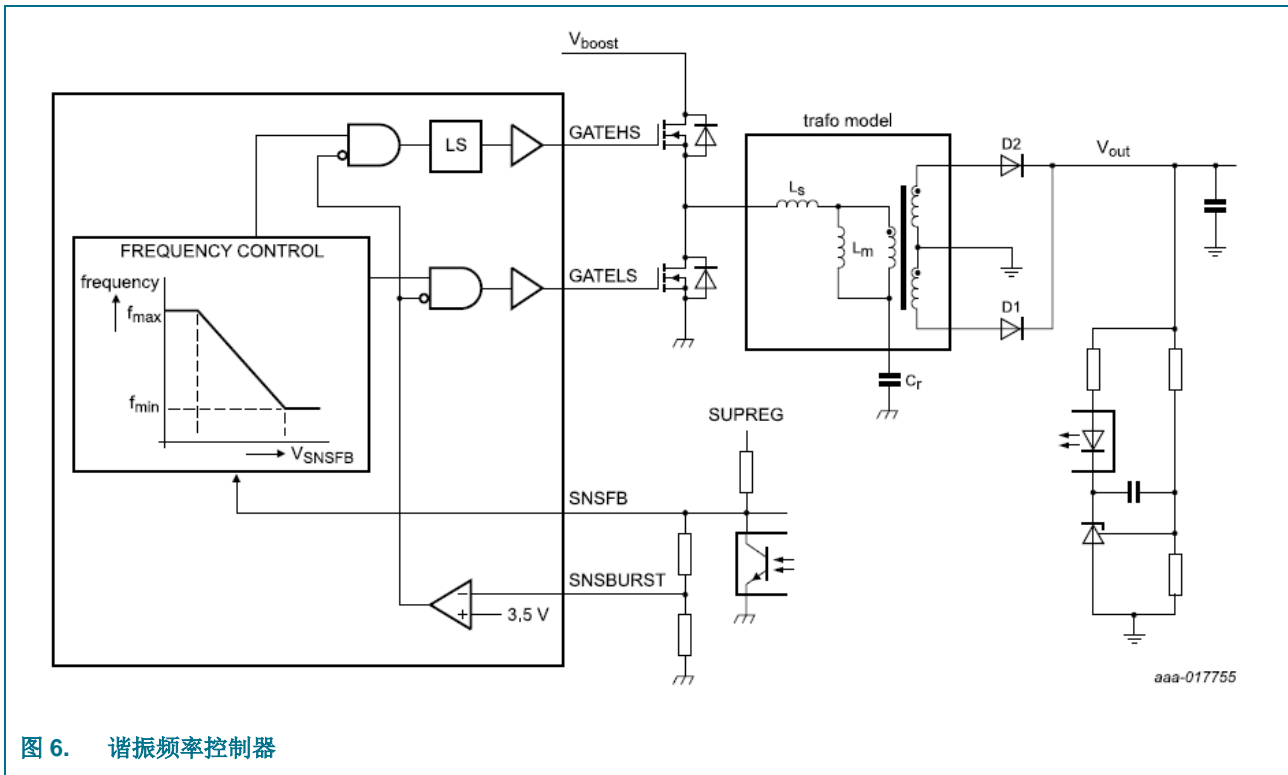


图 6. 谐振频率控制器

如果功率降低，LLC 转换器的电压超过了目标稳压值（12 V 或 19.5V 典型值），则光耦电流增加，SNSFB 的电压降低（参见图 6）。然后，谐振控制器根据内部频率控制曲线来增加频率。由于频率较高，输送到输出端的功率减少，输出电压降低。如果输出电压过低，控制器会降低系统频率，从而提高输出功率。通过这种方式，系统可以调节输出功率，以适应所需的电平。

由于频率的微小变化会带来输出功率的大幅变化，因此频率控制具有很高的控制回路增益。为了提高低负载下的效率，一旦输出功率低于最小功率水平，大多数转换器会立即切换到突发模式。

突发模式电平大部分源自 SNSFB 引脚上的电压。对于频率受控制的谐振转换器，这意味着会在特定频率下进入突发模式，而不是在特定负载下进入。谐振元器件的微小变化会导致激活突发模式的功率水平发生大幅变化。

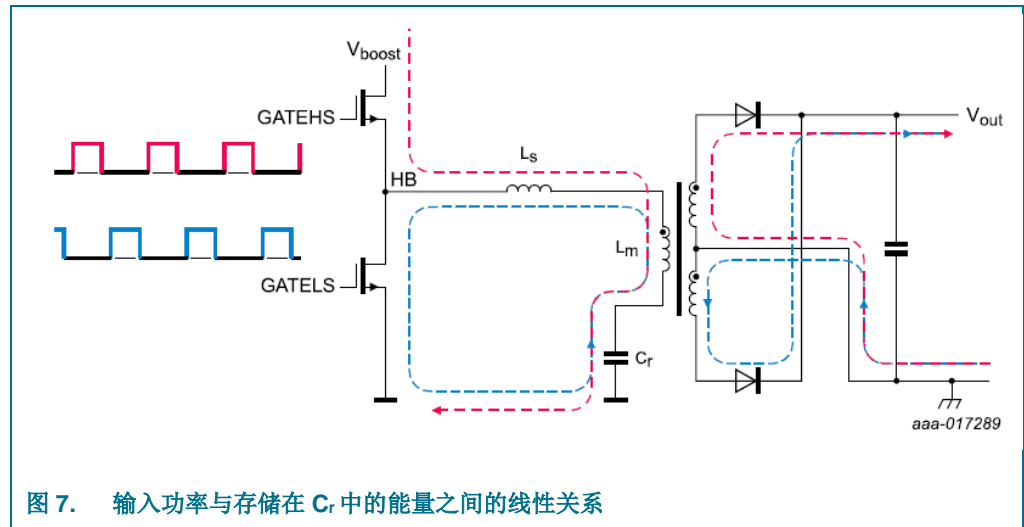
在 TEA19161T 中，控制机制有所不同。优点是控制回路的恒定增益，以及源自输出功率的突发模式。TEA19161T 不是通过调节频率来调节输出功率，而是通过调节初级侧电容器两端的电压来实现。

谐振转换器的输入功率（与输出功率相关）可使用公式 1 计算。

$$P_{in} = V_{boost} \times I_{boost} = V_{boost} \times \Delta V_{Cr} \times C_r \times f_{sw} \quad (1)$$

公式 1 显示输入功率与电容器电压差 ΔV_{Cr} 呈线性关系。

图 7 显示输入功率与存储在谐振电容器中的能量之间的线性关系的其他解释。



当高边开关打开时，一次侧电流通过变压器和谐振电容器 C_r 流动，如红线所示。输入提供的一半能量被传输到输出端。另一半能量为谐振电容器 C_r 充电。谐振电容器两端的电压提高。

当高边开关关闭且低边开关打开时，存储在谐振电容器 C_r 中的能量被传输到输出端，其电压降低。通过这种方式，可以看到谐振电容器电压和输出功率的增长之间的线性关系。

虽然 TEA19161T 使用初级侧电容器电压作为调节参数，但所有应用值，例如谐振阻抗、谐振电容器和初级 MOSFET，与受频率控制的 LLC 转换器相比保持不变。次级侧 TL431 电路，与连接到初级 SNSFB 引脚的光耦合器结合，持续地调节输出电压。

7.3.1 输出功率调节环路

图 8 显示了 TEA19161T 使用的 V_{cap} 控制的输出功率调节环路。图 9 显示了对应的时序图。

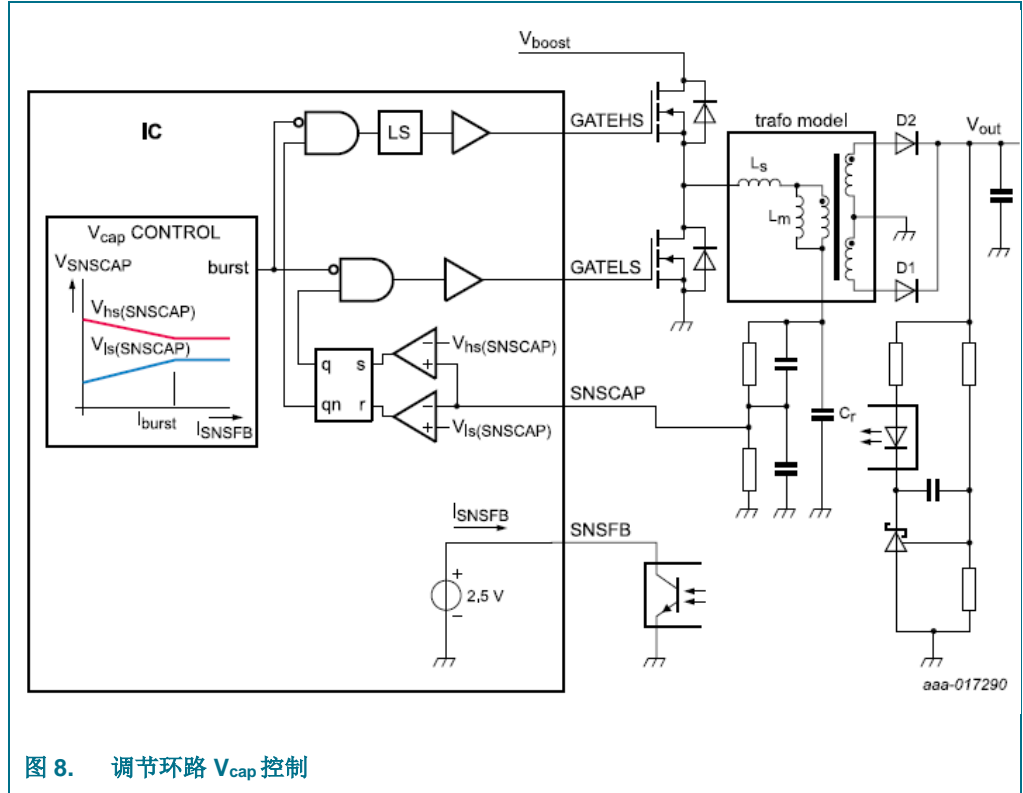


图 8. 调节环路 V_{cap} 控制

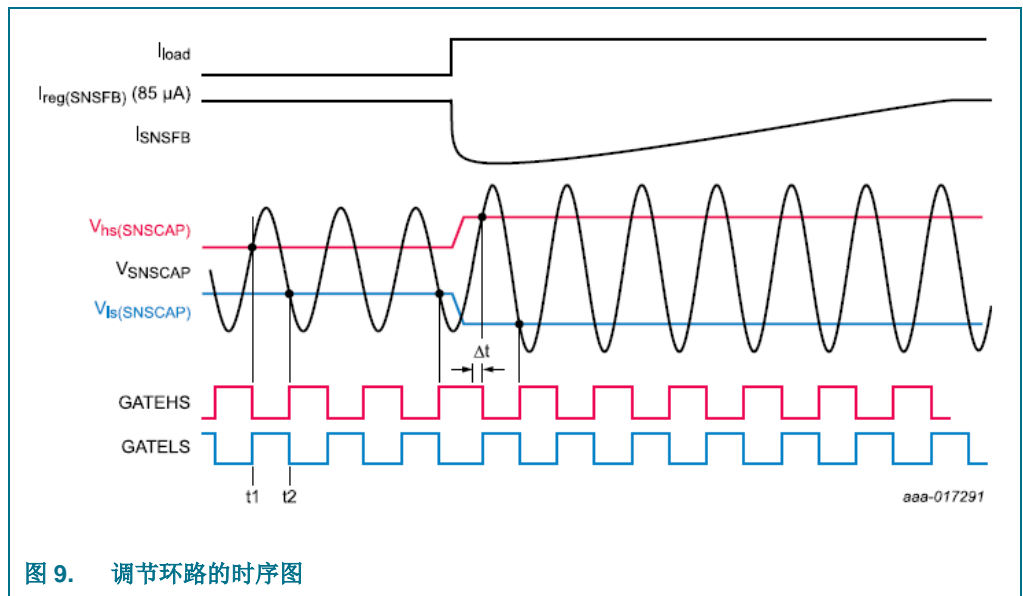


图 9. 调节环路的时序图

当分压后的谐振电容电压(V_{SNSCAP})超过设定的电容器电压的高电平($V_{hs}(SNSCAP)$)时，高边 MOSFET 会被关闭（参见图 9(t1)）。短延迟之后，低边 MOSFET 被打开。由于谐振电流，谐振电容器电压最初进一步提高，但随后逐渐降低。

当分压后的谐振电容器电压(V_{SNSCAP})降低至设定的电容器电压的低电平($V_{\text{ls(SNSCAP)}}$)以下时,低边 MOSFET 会被关闭(参见图 9(t2))。短延迟之后,高边 MOSFET 被打开。图 9 表明,开关频率是这种开关行为的结果。在受频率控制的系统中,频率是一个控制参数,输出功率是结果。TEA19161T 调节功率,频率是结果。

设定的高、低电容电压电平值之差是提供的输出功率的指标。初级光耦电流的值取决于次级侧 TL431 电路,它决定了高、低电容器电压之差。

图 9 还显示了负载瞬变时的行为。如果输出负载增加,从 SNSFB 引脚拉出的电流将会减小。结果是 TEA19161T 增大了电容器电压的高电平值,降低了电容器电压低电平值。根据公式 1,输出功率增加,输出电压逐渐增加到稳定电压水平。

为了最大程度地减小系统的空载输入功率,进入光耦合器的一次侧电流持续调节到 $85 \mu\text{A}$ (参见第 7.5 部分)。

7.3.2 启动时的输出电压

系统通过调节初级侧 V_{Cr} 来控制输出功率(参见第 7.3 部分)。当系统处于调整中,输出电压趋于稳定时, ΔV_{Cr} 的一小变化也会引起输出电流的小变化(参见公式 2)。

$$P_{\text{out}} = V_{\text{out}} \times I_{\text{out}} \sim V_{\text{boost}} \times I_{\text{boost}} = \Delta V_{\text{Cr}} \times C_r \times f_{\text{sw}} \times V_{\text{boost}} \quad (2)$$

$$I_{\text{out}} \approx C_r \times f_{\text{sw}} \times V_{\text{boost}} \times \frac{\Delta V_{\text{Cr}}}{V_{\text{out}}}$$

但是,在启动之前,当输出电压大约为零时,电容器电压(ΔV_{Cr})的少量增加会引起输出电流的大幅增加。在启动时,分压的 ΔV_{Cr} 电压(ΔV_{SNSCAP})从最小值缓慢增加到稳定电平。因此,系统在较高的频率下启动。GATELS 电阻设置 ΔV_{SNSCAP} 的起始值。

7.4 工作模式

图 10 显示了高、低电容器电压水平之差和输出功率之间的控制曲线。

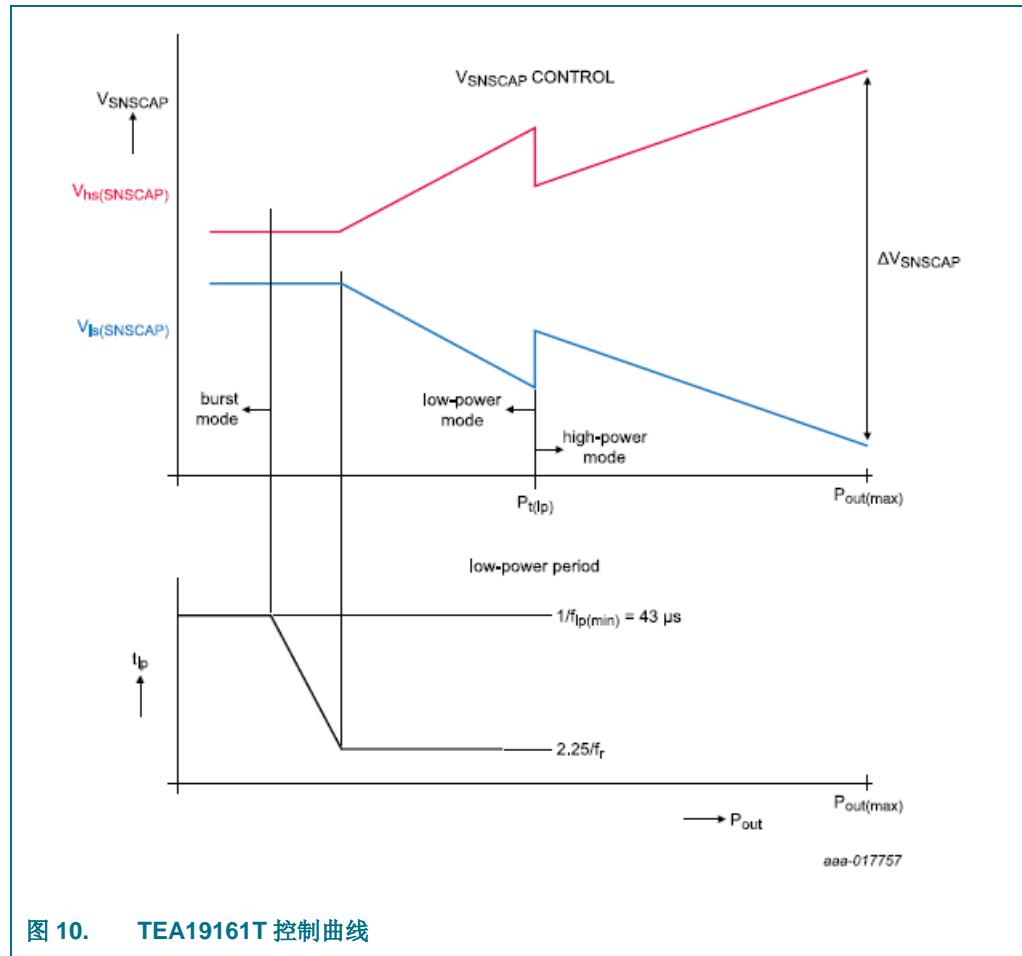


图 10. TEA19161T 控制曲线

当输出功率(P_{out})为最大值时, 低的电容器电压水平($V_{LS}(SNSCAP)$)为最小值, 高的电容器电压 ($V_{HS}(SNSCAP)$)处于最高水平。根据公式 1, 最大值 Δv_{sncap} ($V_{HS}(SNSCAP) - V_{LS}(SNSCAP)$)也就是分压 ΔV_{Cr} 电压, 对应最大输出功率。

当输出负载减小时, ΔV_{SNSCAP} 电压降低。因此, 输出功率减小, 输出电压处于在调整中。这种模式称为高功率模式。

当输出功率降低到转换点($P_{t(lp)}$)以下时, 系统进入低功率模式。外部元件可以设置需要的 $P_{t(lp)}$ 功率水平 (参见第 7.7.3 部分)。

为对暂停期进行补偿， ΔV_{SNSCAP} 在刚进入低功率模式时增加（参见[第 7.4.2 部分](#)）。在低功率模式下，最初通过调整 ΔV_{SNSCAP} 来调节输出功率，直至它达到最小值。然后，通过降低低功率模式的占空比来调节输出功率，具有固定的 ΔV_{SNSCAP} ，直至低功率周期内的一个循环时间达到最大值($1 / f_{\text{p(min)}}$)。系统进入突发模式（参见[第 7.4.3 部分](#)）。

7.4.1 高功率模式

在高功率模式下，系统的工作方式如第 7.3.1 部分中所述。图 11 显示了高功率模式的流程图。

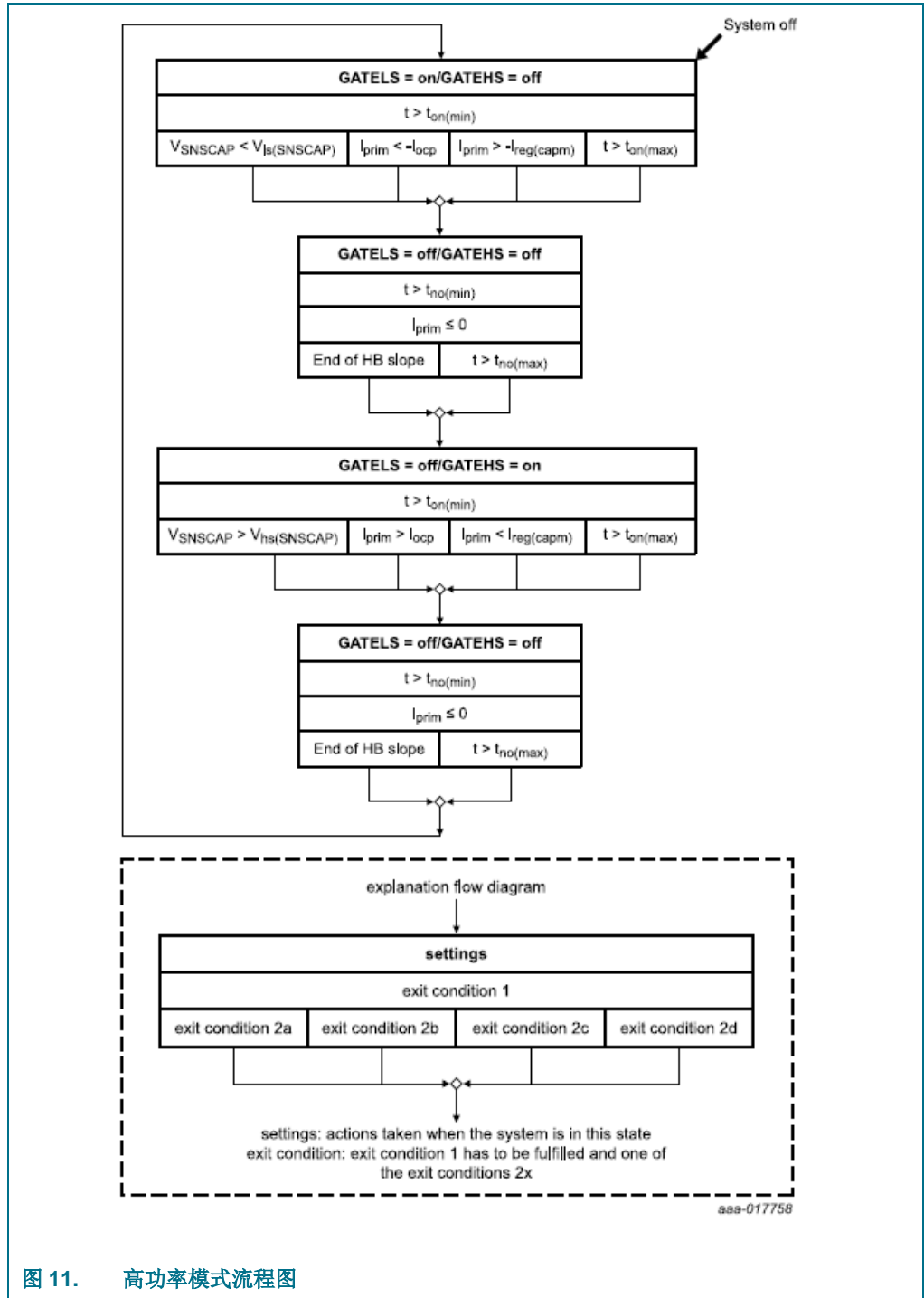


图 11. 高功率模式流程图

当系统停止工作时，GATELS 打开，GATEHS 关闭。外部自举电容(C_{SUPHS})通过 SUPREG 引脚和外部二极管充电。至少达到 GATELS 的最小导通时间内系统保持这种状态。进入下一个状态之前，必须满足以下条件之一：

- V_{SNSCAP} 电压降低到最小的 V_{SNSCAP} 电压($V_{IS(SNSCAP)}$)之下。
- 测得的电流超过了 OCP 水平（参见[第 7.6.6 部分](#)）。
- 系统接近于容性模式（参见[第 7.6.5 部分](#)）。
- 超过了最大导通时间($t_{on(max)}$)，它是一种保护，可以最大程度地增加高边或低边 MOSFET 保持打开的时间。

在下一个状态下，为了避免 HB 峰值电压的错误检测，系统会等待，直至超过最小非交叠时间($t_{no(min)}$)。一旦超过该时间，系统开始检测 HB 节点的末端电压（=峰值电压）。当它检测到 HB 节点的峰值且测量的谐振电流为负（或零）时，它将进入下一个状态。

如果系统没有在 HB 节点检测达到峰值，则在谐振电流为负（或零）的条件下，当超过最大非交叠时间($t_{no(max)}$)时，它也会进入下一个状态。

最后，第三种和第四种状态（参见[图 11](#)）描述了 GATEHS 和 GATELS 向 GATELS 转换的条件，与前两种状态相反。

7.4.2 低功率模式

在低负载下，谐振转换器的工作频率提高。因此，磁损和开关损耗也会增加。由于这个原因，在低负载下，谐振转换器的效率降低。新引入的低功率模式确保在低负载下也能达到高效率。

当输出功率降低到 $P_{t(lp)}$ 电平之下时，系统进入低功率模式（参见[图 10](#)和[图 12](#)）。它会持续切换 3 个半周期（低边、高边、低边），占空比固定为 67%。为了确保恒定的输出功率水平，它在每个半周期都会同时增加能量($V_{hs(SNSCAP)} - V_{IS(SNSCAP)}$)。因此，在 1/3 的时间，转换器处于“暂停”期。这样的结果是将磁损和开关损耗减少 33%。

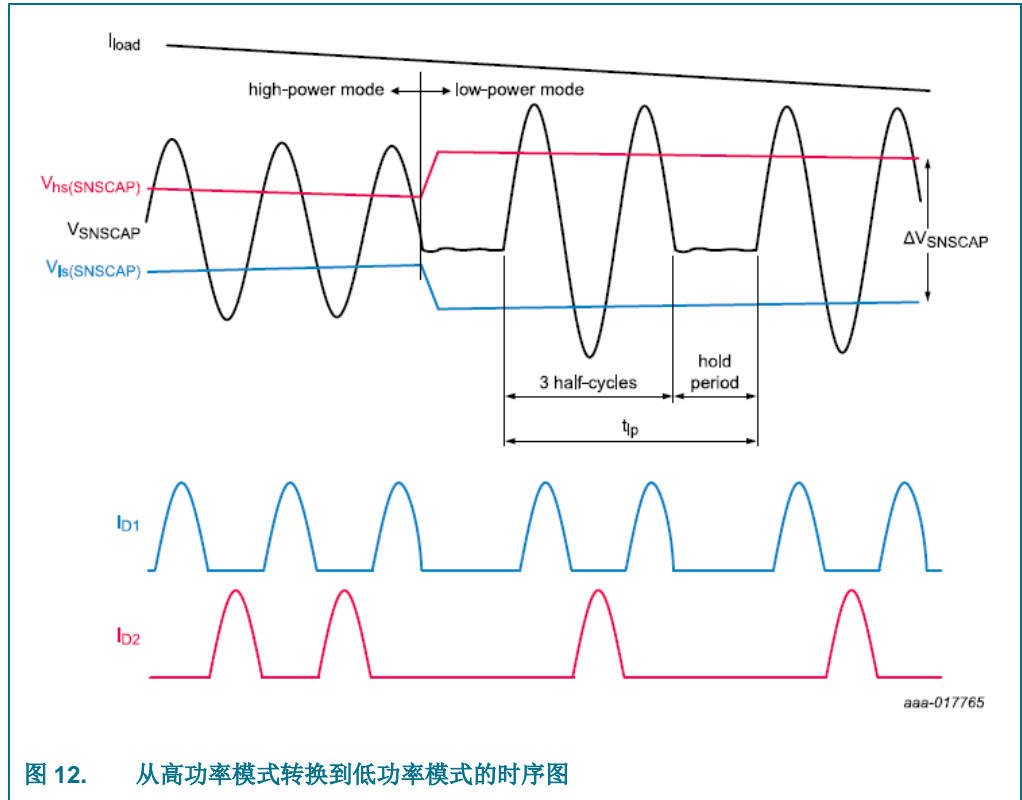


图 12. 从高功率模式转换到低功率模式的时序图

由于系统持续跟踪初级侧电容器电压，因而它确切知道应该何时进入“暂停”期。它还可以在谐振转换器刚好达到正确的电压和电流水平时重新开始。这样就可以引入“暂停”期，减少磁损和开关损耗，而且没有其他任何损耗。电流 I_{D1} 和 I_{D2} （参见图 12）是通过二极管 D1 和 D2 的次级侧电流（参见图 27）。

当处于低功率式下，输出功率进一步减小时，每周期的能量数量(= ΔV_{SNSCAP})将会减少，占空比保持不变（参见图 13）。

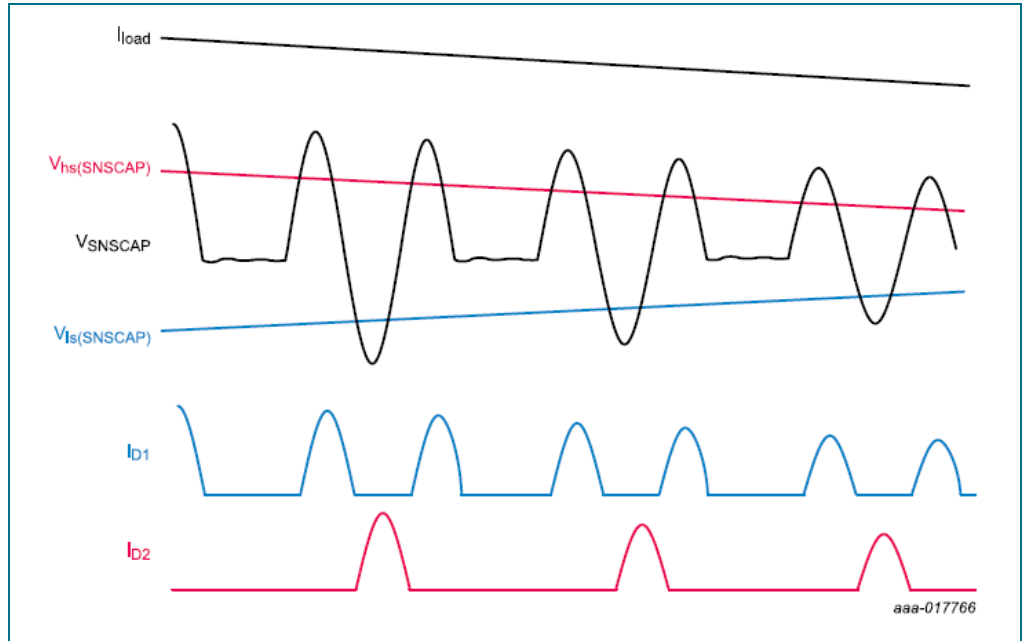


图 13. 低功率模式，减少每周期的能量(ΔV_{SNSCAP})

当处于低功率模式下，达到最小每周期能量时，占空比会调节输出功率（参见图 14）。增加“暂停”期可降低占空比。

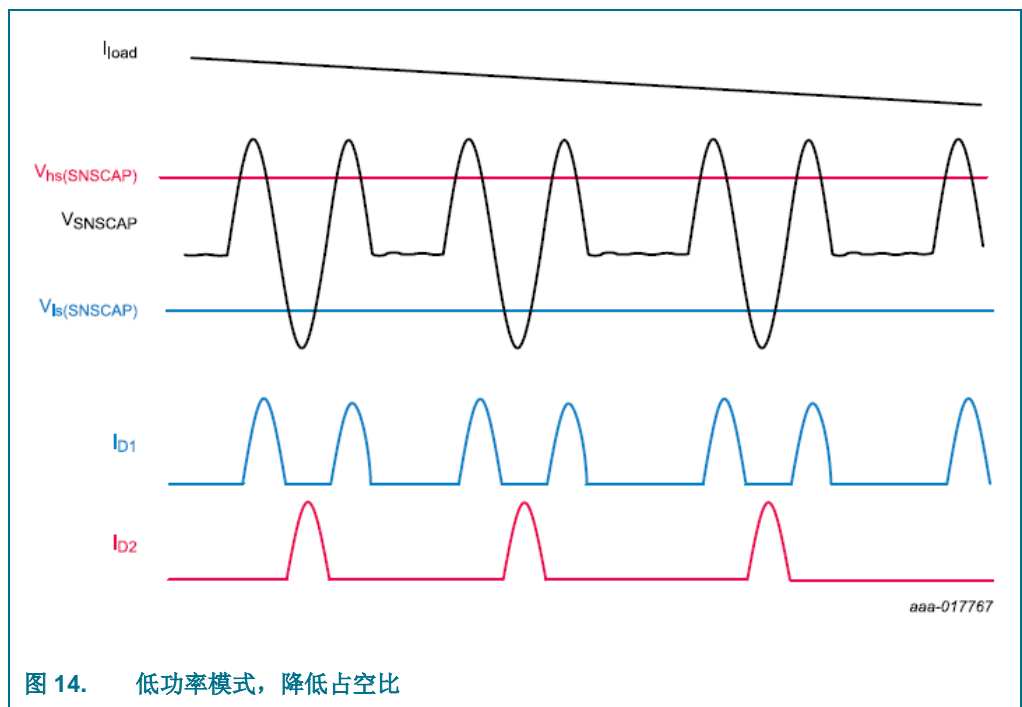


图 14. 低功率模式，降低占空比

为了避免声学噪声，系统会减少占空比，直至频率达到 $f_{ip(min)}$ (23 kHz)。如果输出功率进一步降低，系统将进入突发模式。

7.4.3 突发模式

在突发模式中，系统交替在低功率模式和延展的暂停状态下工作（参见图 15）。由于暂停期延长，磁损和开关损耗进一步减小。因此，系统的效率随之提高。

图 15 显示了可听区域之外的所有工作频率。最小低功率频率为 23 kHz。在低功率周期内，系统在转换器的谐振频率下开关，通常在 50 kHz 和 200 kHz 之间。

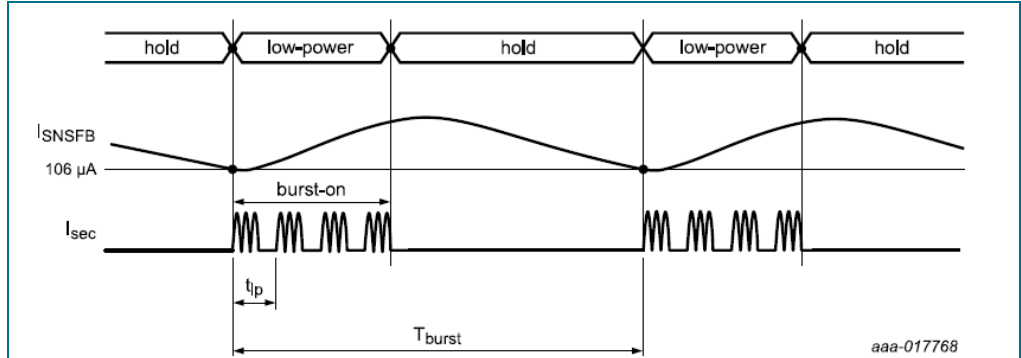


图 15. 突发模式

突发频率($1/t_{burst}$)持续调节为预定义值，该值可外部设置为 200 Hz、400 Hz、800 Hz 或 1600 Hz。 I_{sec} 是通过二极管 D1 或 D2 的次级侧电流（参见图 27）。

当初级侧光耦电流(I_{SNSFB})降低至 $106 \mu A$ 之下时，将开始新的突发周期。突发周期的结束取决于计算的低功率周期数。突发中的低功率周期数会持续调节，使得突发周期至少达到设置定义的周期（参见图 16）。

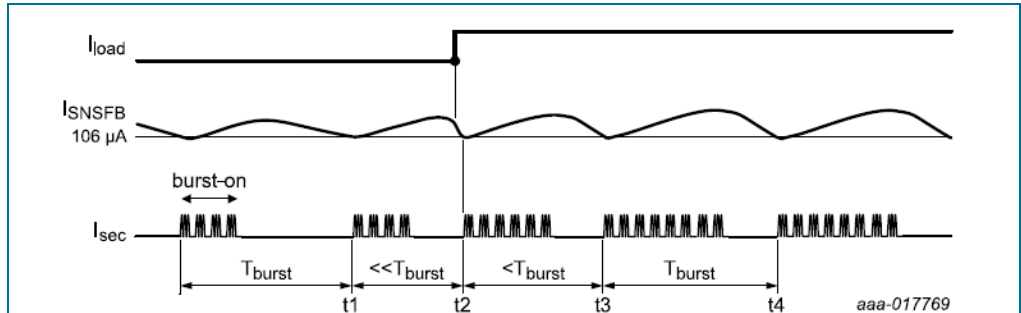


图 16. 突发模式：调节低功率周期数

系统持续地测量突发周期，从上一个突发周期开始到新的突发周期。在时间 t_1 ，测量的突发周期(t_{burst})等于要求的 T_{burst} 。因此，下一个低功率周期数等于前一个低功率周期数。在恒定的输出功率下，系统预期当下一个突发周期的低功率周期数与前一个突发周期相同时，突发周期(t_{burst})保持不变。

在正向瞬变(t2)处，即时开始一个新的低功率周期，以最大程度减少输出电压的降低。在时间 t2，测量的时间周期低于目标突发周期。系统增加了突发周期数。在时间 t3，它再次测量突发周期。在本例中，突发周期仍然少于目标突发周期。因此，系统反复增加低功率周期数，直至测量的突发周期等于目标突发周期，这在时间 t4 发生。

7.5 光耦偏置调节

在典型应用中，输出电压是使用 TL431 感测的，通过光耦合器连接到 TEA19161T 的 SNSFB 引脚（参见图 27）。由于 TL431 的特性，当输出功率位于最低水平时，通过光耦合器的电流位于最高水平。因此，它是达到需要的空载输入功率的最关键参数之一。为了在空载和低负载情况下达到最高效率，TEA19161T 持续将光耦电流调节到不受输出负载影响的低水平。

由于光耦合器集电极的寄生电容，很低的光电流可以减少系统的瞬态响应。因此，TEA19161T 在 SNSFB 引脚上施加固定电压。它测量通过光耦合器的电流，该电流决定了需要的输出功率。通过另外的内部电路（它为需求的输出功率添加偏置），光耦电流持续缓慢地调节到 $I_{reg}(SNSFB)$ 水平 (= 85 μA)。这个水平不受输出功率的影响。

在负载正向瞬变处，光耦电流首先降低（参见图 9； I_{SNSFB} ）。TEA19161T 即时增加 ΔV_{SNSCAP} ，后者再增加输出功率。

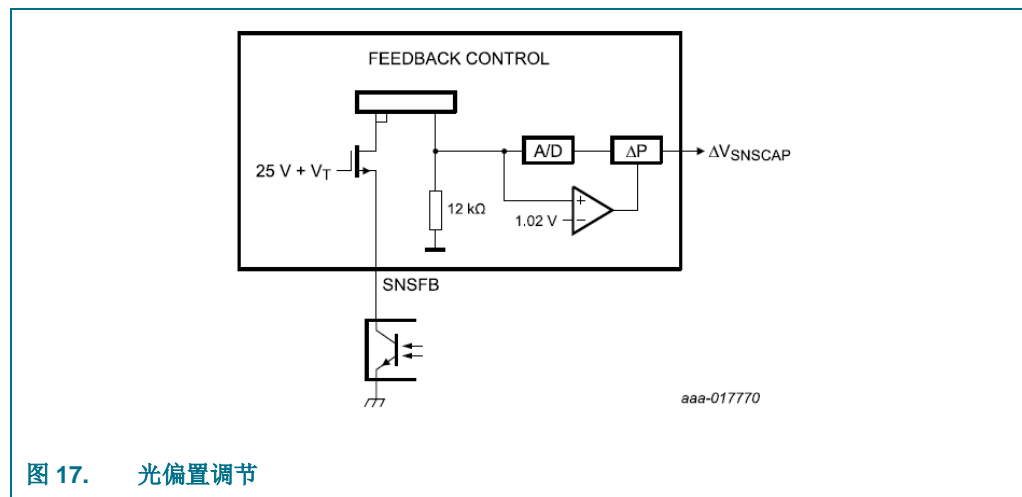


图 17. 光偏置调节

图 17 显示，当光耦电流降低时，12 k Ω 电阻器两侧的内部电压降低至目标水平 1020 mV (= 85 $\mu A \times 12 k\Omega$) 之下。然后，TEA19161T 缓慢地增加功率水平 (ΔP) 下的额外偏置。它会继续增加额外偏置，直至光耦电流到达 85 μA 的目标。在负瞬态处，功率水平的额外偏置减少。因此，输出电压增加，这又会增加光电流。通过这种方式，可持续将光耦电流调节到 $I_{reg}(SNSFB)$ 水平（参见图 9）。

连接到 SNSFB 的内部电路的行为与传输电路的行为相同。SNSFB 引脚的固定电压和光电流水平的持续调节，不会影响调节水平。但是，它的优点是降低空载输入功率，优化瞬态响应。

当系统在低功率模式，以最小的每周期能量和最小的占空比工作时，它无法再将光电流水平降低到 $I_{reg}(SNSFB)$ 目标 ($\approx 85 \mu A$)。如果输出功率进一步降低，光电流增加到 $I_{start}(burst)$ ($\approx 106 \mu A$) 水平之上，则会触发突发模式。当输出功率再次降低到该水平之下时，将会启动新的突发周期（参见图 15 和图 16）。

7.6 保护

表 3 概括了可用的保护方式。

表 3. 保护

保护	说明	操作	PFC
UVP SUPIC/SUPREG	欠压保护 SUPIC/SUPREG 引脚	LLC = 关闭；通过 SUPHV 充电； 当 $V_{SUPIC} > V_{start}(SUPIC)$ 且 $V_{SUPREG} > V_{start}(SUPREG)$ 时重新启动	关
UVP SUPHS	欠压保护 SUPHS 引脚	GATEHS = 关闭	
UVP SNSBOOST	欠压保护升压	LLC = 关闭；当 $V_{SNSBOOST} > V_{start}(SNSBOOST)$ 时重新启动	
OVP 输出	过压保护输出	5 个连续周期后门锁 ^{[1][2]}	关
CMR	容性模式调整	系统确保运行模式为感性模式	
OCP	过流保护	逐周期关闭；5 个连续周期后， 它会遵循 OPP 设置。 ^[2]	关
OTP	过温保护	门锁 ^[2]	关
OPP	过功率保护	门锁 ^[2] /安全重新启动 ^[3]	关

[1] 由于内部 ADC 转换器共享，不能再继续。

[2] 门锁意味着只有在市电断开连接之后，系统才会重新启动。

[3] 可由外部元器件设置。

当系统处于门锁或安全重新启动保护下，SUPIC 电压通过 SUPHV 引脚调节到启动水平。

7.6.1 欠压保护 SUPIC/SUPREG

当 SUPIC 引脚或 SUPREG 引脚上的电压低于欠压水平 $V_{uvp}(SUPIC) / V_{uvp}(SUPREG)$ 时，LLC 转换器停止开关。SUPIC 和 SUPREG 引脚的电容器通过 SUPHV 引脚充电（参见图 5）。SNSBOOST 引脚被拉低，禁用 PFC。当电源电压超过启动水平时，系统重新启动。

7.6.2 欠压保护 SUPHS

为了确保高边驱动器输出端(GATEHS)的最小驱动电压，当驱动器的电压低于最低水平($V_{SUPHS} < V_{rst}(SUPHS)$)时，驱动器保持关闭。

7.6.3 欠压保护：升压的电压

PFC 输出电压是通过连接到 SNSBOOST 引脚的电阻分压器来测量的。在允许系统开始开关动作之前，SNSBOOST 引脚的电压必须超过启动水平($V_{SNSBOOST} > V_{start}(SNSBOOST)$)。

当系统正在工作，且 SNSBOOST 引脚的电压降低至最低水平之下时($V_{SNSBOOST} < V_{uvp}(SNSBOOST)$)，LLC 转换器停止开关。当该电压超过启动水平时，转换器重新启动。

7.6.4 过压保护

当 SNSOUT 引脚的电压超过 $V_{ovp}(SNSOUT)$ 水平至少 5 个连续开关周期时，OVP 保护被触发。SNSOUT 引脚的电压通过 ADC 转换器进行内部测量。由于相同的 ADC 转换器在测量 SNSOUT 和 SNSBOOST 引脚之间切换（参见图 1），因此在触发 OVP 之前存在额外的延迟。OTP 是一种闩锁保护功能。PFC 通过 SNSBOOST 引脚禁用。

7.6.5 容性模式调整(CMR)

TEA19161T 具有容性模式调节(CMR)功能，确保系统始终在感性模式下工作，避免在容性模式下运行。

在较低的输入电压和较高的输出功率下，在电容器电压达到调整范围之前，谐振电流可能已经接近零，这要取决于谐振设计。

如果在开关闭合和另一个开关打开之前，谐振电流已经改变了极性，则会发生硬性开关。此事件称为容性模式。为了避免系统在容性模式下工作，当谐振电流接近零时，系统还会关闭高边/低边开关。

图 18 显示当转换器在 CMR 模式下开关时产生的信号。在时间 t_1 和 t_3 ，在 V_{SNSCAP} 达到 $V_{is}(SNSCAP)$ 之前，当谐振电流接近零时，低边开关处于打开状态。在时间 t_2 ，当分压电容器电压(V_{SNSCAP})尚未达到 $V_{hs}(SNSCAP)$ 时，谐振电流也接近于更改极性。为了避免高边开关在负电流下关闭，或避免低边开关在正电流下关闭，系统还在一次侧电流接近零时关闭高边/低边开关。因此，在时间 t_2 ，由于一次侧电流接近零，高边开关被关闭。在时间 t_3 和 t_1 ，虽然 V_{SNSCAP} 尚未达到调整水平($V_{is}(SNSCAP)$)，低边开关被关闭。一次侧电流是通过连接到 SNSCUR 引脚的外部感测电阻来测量的。容性模式保护水平是 $V_{reg}(capm)$ （分别为 -100 mV 和 +100 mV）。

在这种模式下，输出功率数减少，输出电压降低。

TEA19161T 不会进入所谓的“容性保护模式”，而是避免这种运行模式。

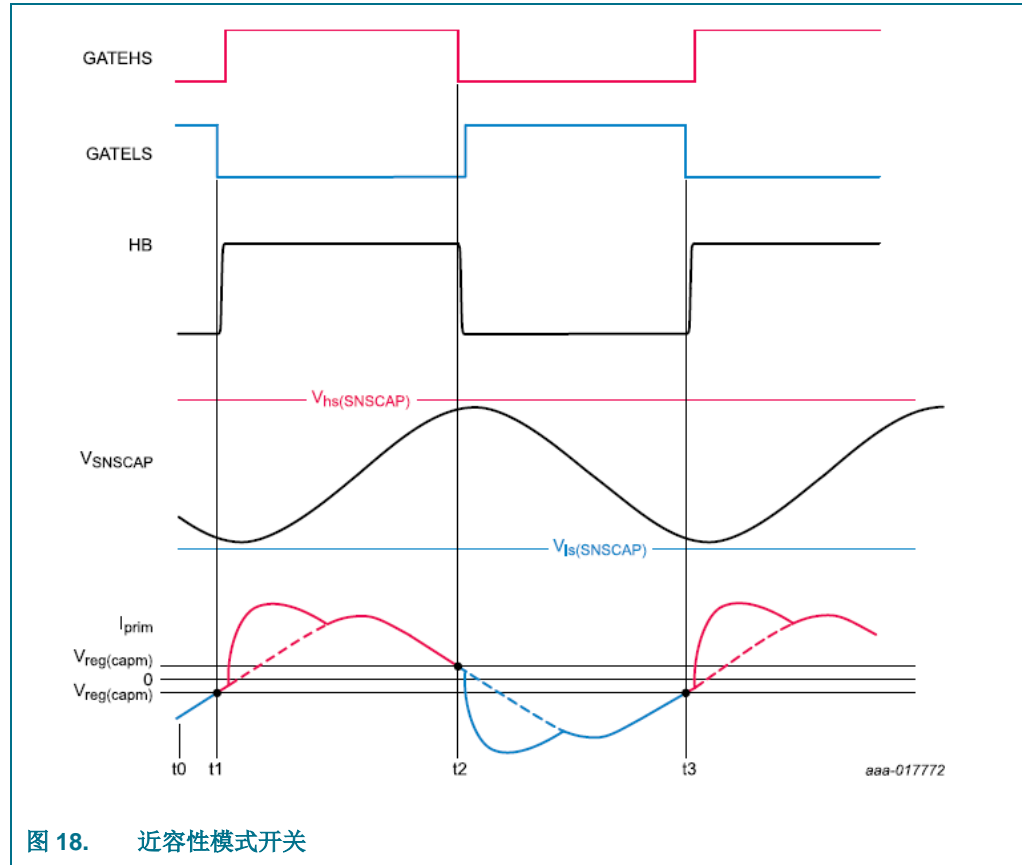


图 18. 近容性模式开关

7.6.6 过流保护

系统通过连接到 **SNSCUR** 引脚的感测电阻来持续测量一次侧电流。如果测量的电压超过了过流水平 (V_{ocp})，对应的开关 (**GATELS/GATEHS**) 将被关闭，但系统继续开关。通过这种方式，一次侧电流被限制为 **OCP** 水平。如果在 5 个连续周期 (**GATELS** 和/或 **GATEHS**) 中超过 **OCP** 水平，系统将停止开关，并进入门锁的 **OCP** 保护模式。**PFC** 通过 **SNSBOOST** 引脚禁用。

7.6.7 过温保护

当内部结点温度超过 T_{otp} 水平时，将触发过温保护。**OTP** 是一种门锁保护功能，同时会禁用 **PFC**。

7.6.8 过功率保护

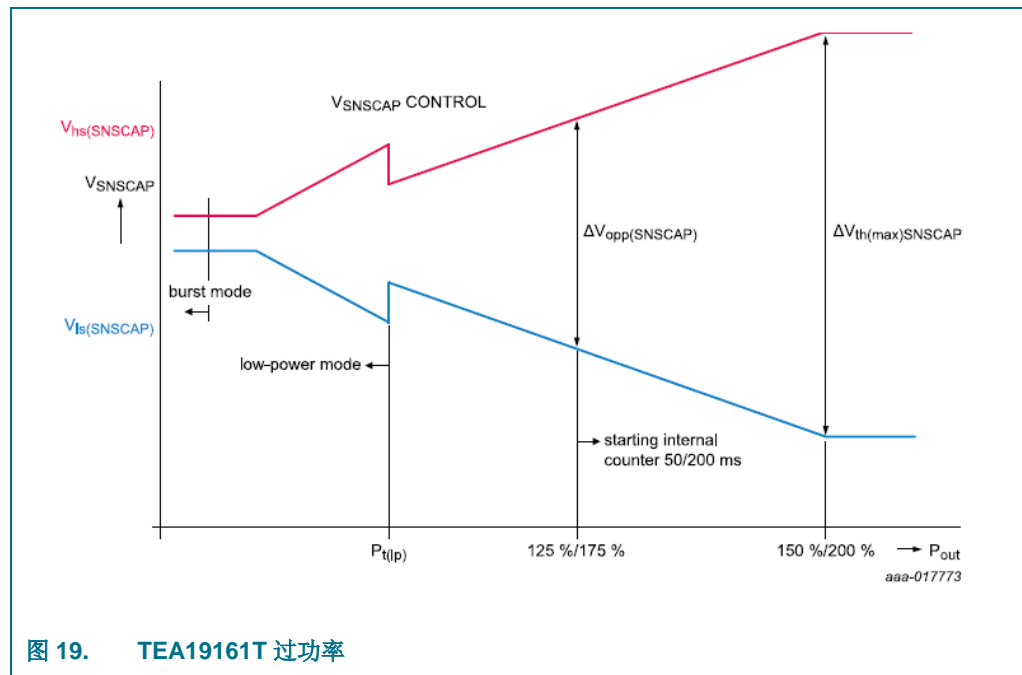


图 19. TEA19161T 过功率

在选择连接到 SNSCAP 引脚的外部电容/电阻分压器时，必须做到以下几点：

- $V_{hs}(SNSCAP)$ 和 $V_{ls}(SNSCAP)$ 之间的电压差等于 $\Delta V_{opp}(SNSCAP)$
- 这个 $V_{hs}(SNSCAP)$ 和 $V_{ls}(SNSCAP)$ 之间的电压差产生发生在最大输出功率的 125% 或 175% 处（取决于设置），

当 ΔV_{SNSCAP} ($V_{hs}(SNSCAP) - V_{ls}(SNSCAP)$) 超过 $\Delta V_{opp}(SNSCAP)$ 电压差时，内部计数器启动。当该计数器超过 $t_{d(opp)}$ (50 ms/200 ms) 时，根据外部设置的定义，系统进入门锁/安全重新启动保护。

$V_{hs}(SNSCAP)$ 和 $V_{ls}(SNSCAP)$ 之间的电压差也限定为 $\Delta V_{th(max)SNSCAP}$ ，对应于 150% 或 200% 的输出功率，这要取决于设置（参见图 19）。如果 LLC 转换器的输出需要更多功率，由于 LLC 转换器输送的功率限定为 150% 或 200%，输出电压会下降。

另一个选择是使用外部设置禁用过功率计数器。采用这种方式，可将过功率额定值用作典型功率水平的扩展。

7.7 外部设置

系统开始开关之前，会读取外部设置。在 GATELS、SNSSET、SNSOUT 引脚使用特定的电阻值，可以定义多个内部设置。

7.7.1 突发周期

图 20 显示如何使用连接到 SNSOUT 引脚的外部电阻器来设置内部调节突发频率。

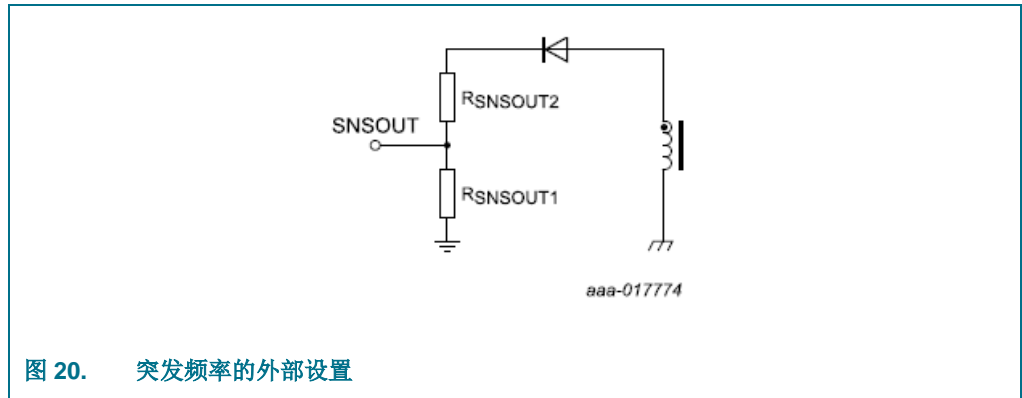


图 20. 突发频率的外部设置

表 4. 突发频率的外部设置

R _{SNSOUT1}	突发频率
22 kΩ	200 Hz
15 kΩ	400 Hz
10 kΩ	800 Hz
6.8 kΩ	1600 Hz

在 SNSOUT 引脚和地(R_{SNSOUT1})之间连接的电阻绝对值决定了突发频率。要求 1% 的精度电阻，如表 4 所示。可使用电阻 R_{SNSOUT2} 来设置 OVP 水平。

低突发频率的最大优点是最大程度地减少可听噪声。但是，高突发频率可以最大程度地减少输出电压纹波。

7.7.2 一般设置

可以使用连接到 SNSSET 引脚的电阻 R_{SNSSET1} 来设置 OPP 功能的变量（参见图 21）。

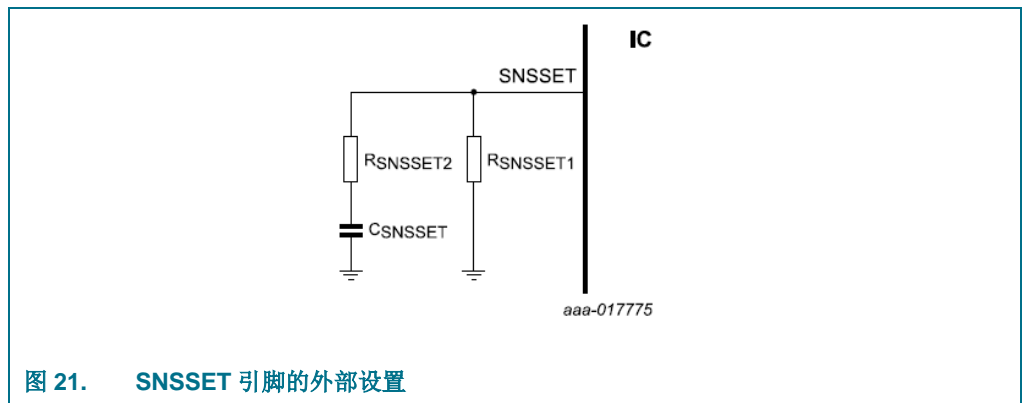


图 21. SNSSET 引脚的外部设置

表 5. 一般设置

R _{SNSSET1} (kΩ)	功率容量水平(%)	OPP 定时器水平 (%)	Power Good 定时器结束(ms)	OPP 定时器(ms)	保护
< 10		不启动			
46.4	200	无穷			
53.6	200	175	190	200	1 s 重新启动
61.9	200	175	45	50	1 s 重新启动
71.5	150	125	190	200	1 s 重新启动
82.5	150	125	45	50	1 s 重新启动
95.3	200	175	190	200	闩锁
110	200	175	45	50	闩锁
127	150	125	190	200	闩锁
147	150	125	45	50	闩锁

当测量值 $R_{SNSSET1} < 10k\Omega$ 时，系统会假定引脚接地短路，禁止启动。当该值为 $46.4 k\Omega$ ，系统持续输送 200% 的最大功率。

启动过功率定时器的输出功率水平可设置为 125% 或 175%。可选择两个对应的定时器值，即 50 ms 或 200 ms。最后， $R_{SNSSET1}$ 的值（参见表 5）可设置过功率功能的行为（1 s 重新启动或闩锁）。在保护期间，SUPIC 在 $V_{start(SUPIC)}$ 水平上进行调节。

7.7.3 低功率模式/突发模式转换功率水平

为了确保最佳效率，系统必须在高功率水平下进入低功率模式和突发模式。但是，要确保最佳输出纹波，必须在低功率水平下进入这些模式。要为特定应用选择最佳功率水平，可从外部设置系统进入低功率模式和突发模式的转换功率水平。

电阻 $R_{SNSSET2}$ 决定了系统进入低功率模式和突发模式的功率水平。表 6 提供了概览。

表 6. 高功率/低功率和低功率/突发模式转换功率水平的外部设置

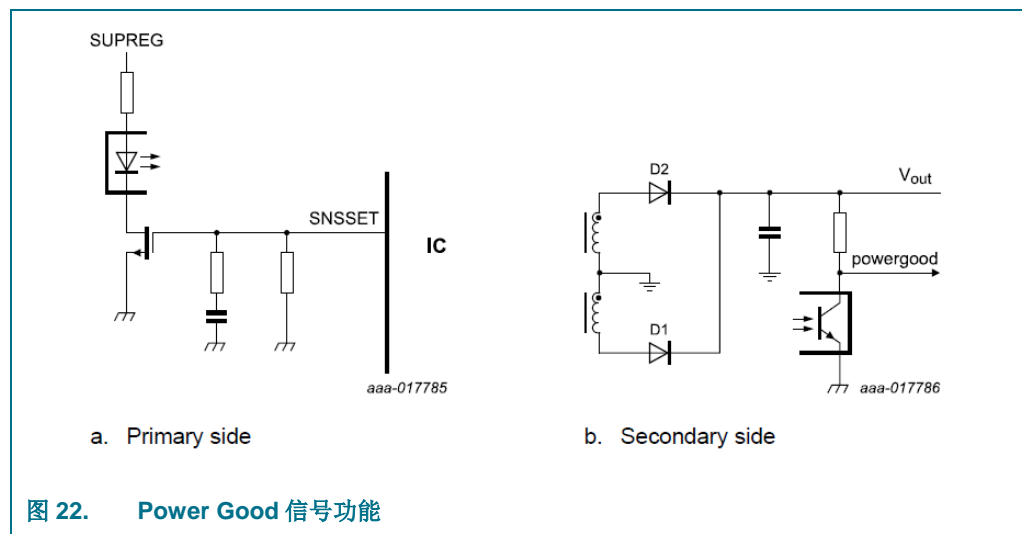
R _{SNSSET2} (kΩ)	高功率 => 低功率 (%) ^[1]	突发模式 ^[1]			
		200 Hz (%)	400 Hz (%)	800 Hz (%)	1600 Hz (%)
1	25	9	9	9	9
6.8	25	12	12	12	12
15	37.5	9	9	9	10
27	37.5	12	12	12	13
47	50	9	10	11	12
82	50	12	13	15	17
180	62.5	9	10	12	14
打开	62.5	12	15	17.5	20

[1] 表格中的值包括由于内部($t_{PD(SNSCAP)}$)延迟和典型外部延迟（分别为 150 ns 和 300 ns）导致的额外变化。当外部 R + C 网络补偿这些延迟时，功率水平可能降低，如表 6 所示。

系统进入突发模式的功率水平也取决于定义的突发周期。这样可选择效率和输出电压纹波之间的最佳平衡。

7.8 Power Good 信号功能

TEA19161T 通过 SNSSET 引脚提供 Power Good 信号功能。初始化时，TEA19161T 测量连接到 SNSSET 引脚的电阻，以设置内部变量。此后，该引脚用于 Power Good 信号功能。



系统读取外部设置之后（参见图 5），SNSSET 输出为有效高电平，打开外部 MOSFET。可以使用外部光耦合器，将次级侧 Power Good 信号拉低。

当系统进入工作状态时（参见图 5），SNSSET 输出被拉低，外部 Power Good 信号变成有效高电平。通过外部 R/C 网络，可以实现所需的任何延迟。

在低 Power Good 信号电平下，SNSSET 输出在以下情况下变成有效高电平：

- SNSBOOST 引脚上的电压降低至 $V_{\text{det(SNSBOOST)}}$ (1.95 V) 之下
- OPP 计数器的值达到如表 5 中所示值。

这样，在输出被禁用之前 5 ms 或 10 ms，次级侧 Power Good 信号被拉低。

当系统进入保护模式（OVP、OCP、UVP 或 OTP）时，它会拉低 SNSSET 引脚，并立即停止开关。

7.9 PFC/LLC 通信协议

TEA19161T 的设计目的是在一个系统中与 TEA19162T (PFC) 配合使用。TEA19161T 和 TEA19162T 可以视为一个组合，分为两个封装。两个控制器之间的所有必需功能通过组合的 SUPIC 和 SNSBOOST 引脚来实现。

7.9.1 启动

为了确保在启动时 TEA19161T 和 TEA19162T 同时使能，TEA19161T (LLC) 将 SNSBOOST 引脚拉低到 PFC 的 SNSBOOST 短路保护水平之下。TEA19161T 禁用 TEA19162T (PFC)（参见图 23），直至系统进入 PFC 启动阶段（参见图 5 和图 23）。

TEA19162T (PFC) 的 SUPIC 启动电平和停止电平低于 TEA19161T (LLC) 的 SUPIC 启动电平和停止电平。当 SUPIC 超过 TEA19161T 的启动电平时，两个控制器都会使能。

这样，两个控制器在相同的 SUPIC 启动电平和停止电平下同时使能/禁用。

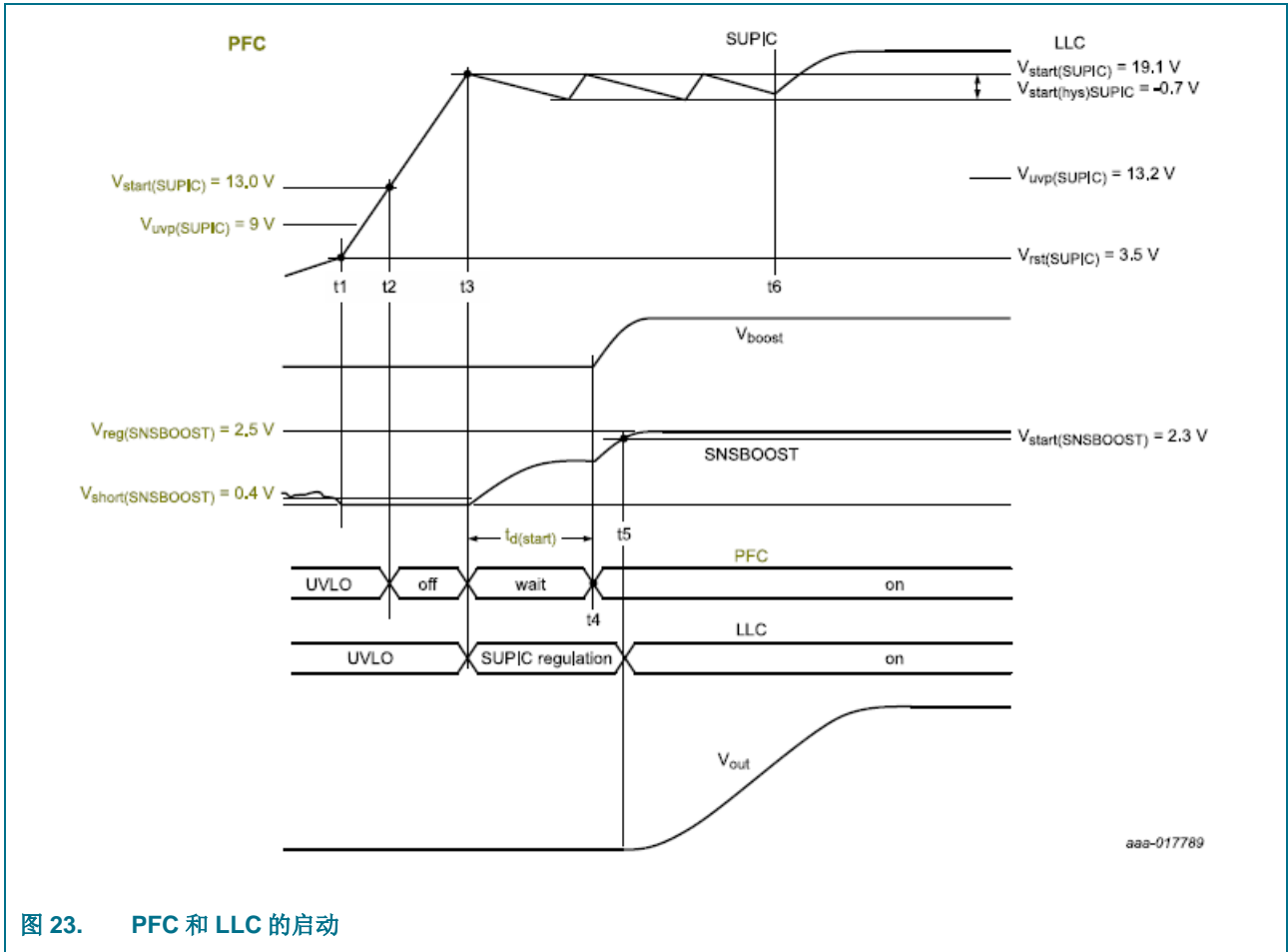


图 23. PFC 和 LLC 的启动

当 LLC 达到最低电源电压水平 ($V_{rst(SUPIC)}$; t_1) 时, LLC 拉低 SNSBOOST 引脚以禁用 PFC。

在时间 t_2 , SUPIC 达到 PFC 转换器的启动电平。但是, 随着 LLC 将 SNSBOOST 电压拉低到低于 PFC 短路保护水平, PFC 仍然处于关闭状态。在时间 t_3 , SUPIC 达到 LLC 的启动电平, 在 LLC 读取外部设置, SNSBOOST 电压不再被拉低。由于它连接到 PFC 升压电压的电阻分压器, 它的电压会增加。为了确保 SNSBOOST 电压代表了系统实际开始开关之前的 V_{boost} 电压, PFC 控制器内置了更长的启动前延迟 (直至时间 t_4)。

在时间 t_5 , SNSBOOST 电压达到 LLC 的启动电平, LLC 转换器开始开关。在时间 t_6 , SUPIC 通过初级辅助绕组供电。

7.9.2 保护

在 PFC 或 LLC 中触发保护时，它可能还会禁用另一个转换器。例如，如果在 LLC 检测到 OVP，两个转换器都会被封锁。另外，在初始启动时，PFC 禁用 LLC 转换器，直至检测到的市电电压达到开启电压。

PFC 可将 SNSBOOST 引脚下拉到 LLC 转换器的 $V_{uvp}(SNSBOOST)$ 水平之下，从而禁用 LLC 转换器。LLC 可将 SNSBOOST 引脚下拉到 PFC 转换器 SNSBOOST 引脚的短路保护水平之下，从而禁用 PFC 转换器。

第 7.6 部分的表 3 提供了 LLC 转换器中的保护的概览。它显示哪些保护也会禁用 PFC。

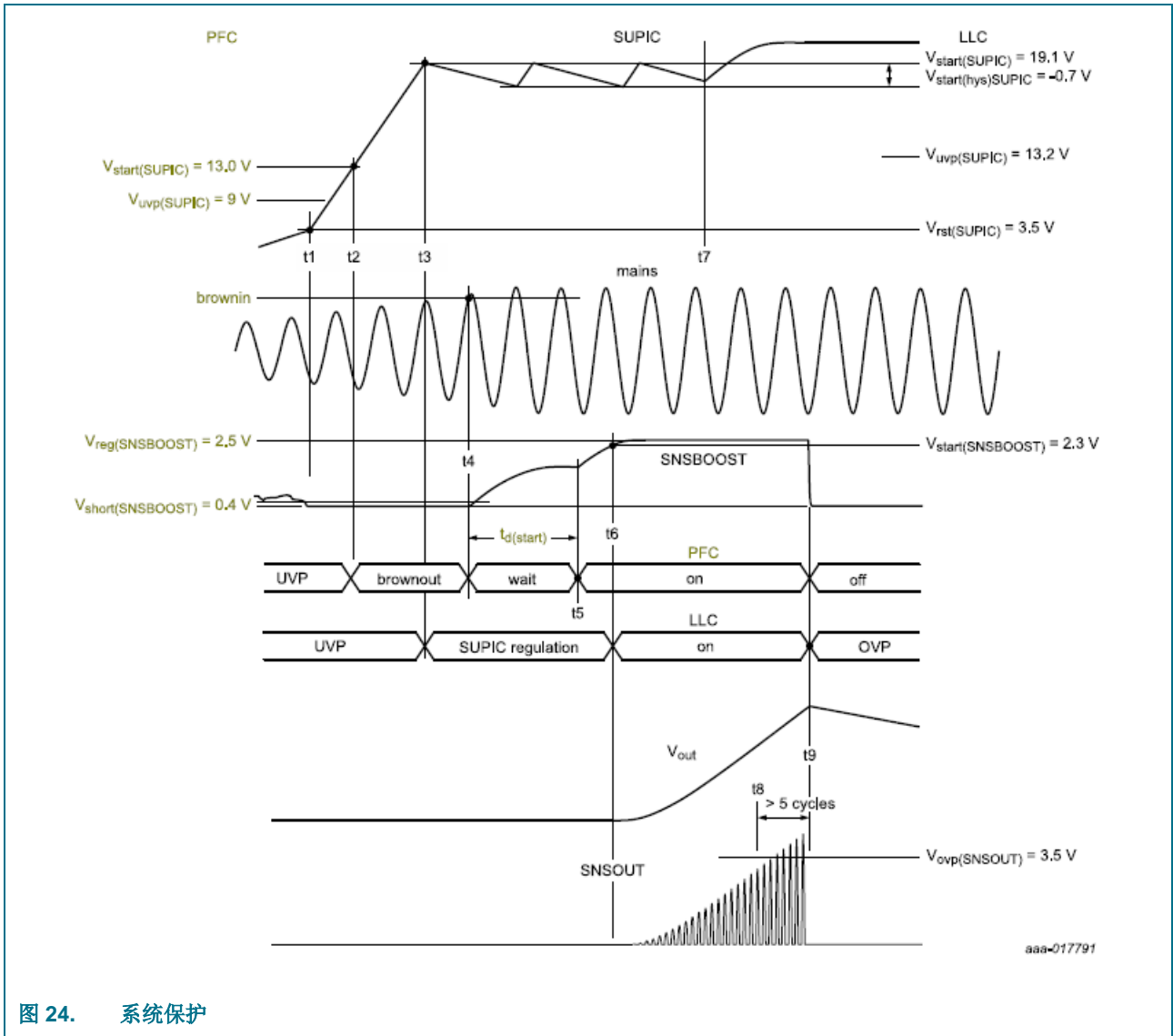


图 24. 系统保护

在图 23 和图 24 中，时间 t_3 前的启动期是相同的。在时间 t_3 ，LLC 转换器释放了 SNSBOOST 引脚的下拉。但是，由于市电电压低于开启电平，PFC 转换器拉低 SNSBOOST 引脚。当市电电压超过开启电平(t_4)，由于在 PFC 升压电压和 SNSBOOST 引脚之间连接的电阻分压器，SNSBOOST 引脚被释放并电压增加。为了 SNSBOOST 引脚上的外部电容，PFC 转换器会等待 SNSBOOST 电压稳定。

在时间 t_5 ，PFC 转换器开始开关。在时间 t_6 ，当 SNSBOOST 电压达到 LLC 转换器的 $V_{\text{start(SNSBOOST)}}$ 时，LLC 转换器也开始开关。

在时间 t_7 ，初级辅助绕组接管了 SUPIC 引脚的电源。

在时间 t_8 ，LLC 在 SNSOUT 引脚上检测到 OVP。至少 5 个连续 OVP 周期之后（时间 t_9 ），LLC 停止开关并拉低 SNSBOOST 引脚。因此，PFC 也停止开关。

当 PFC 或 LLC 被保护时，一旦 SUPIC 引脚降低至 $V_{\text{start(SUPIC)}}$ 水平以下，该引脚将立即通过 SUPHV 引脚调节至 $V_{\text{start(SUPIC)}}$ 。

7.9.3 快速闩锁复位

触发闩锁保护时，SUPIC 引脚将被调节到 $V_{\text{start(SUPIC)}}$ 水平。它能够保持在这种保护模式下，直至 PFC 输出端的连接到 SUPHV 的电容器放电。在市电断开连接之后，它可以保持在保护模式下很长时间。

在批量生产环境下测试保护模式时，大多数情况下，很长的复位时间是无法接受的。因此，PFC 和 LLC 内置了快速闩锁复位功能。当市电最初断开连接并重新连接时，PFC 或 LLC 启动的所有保护都会重新释放。

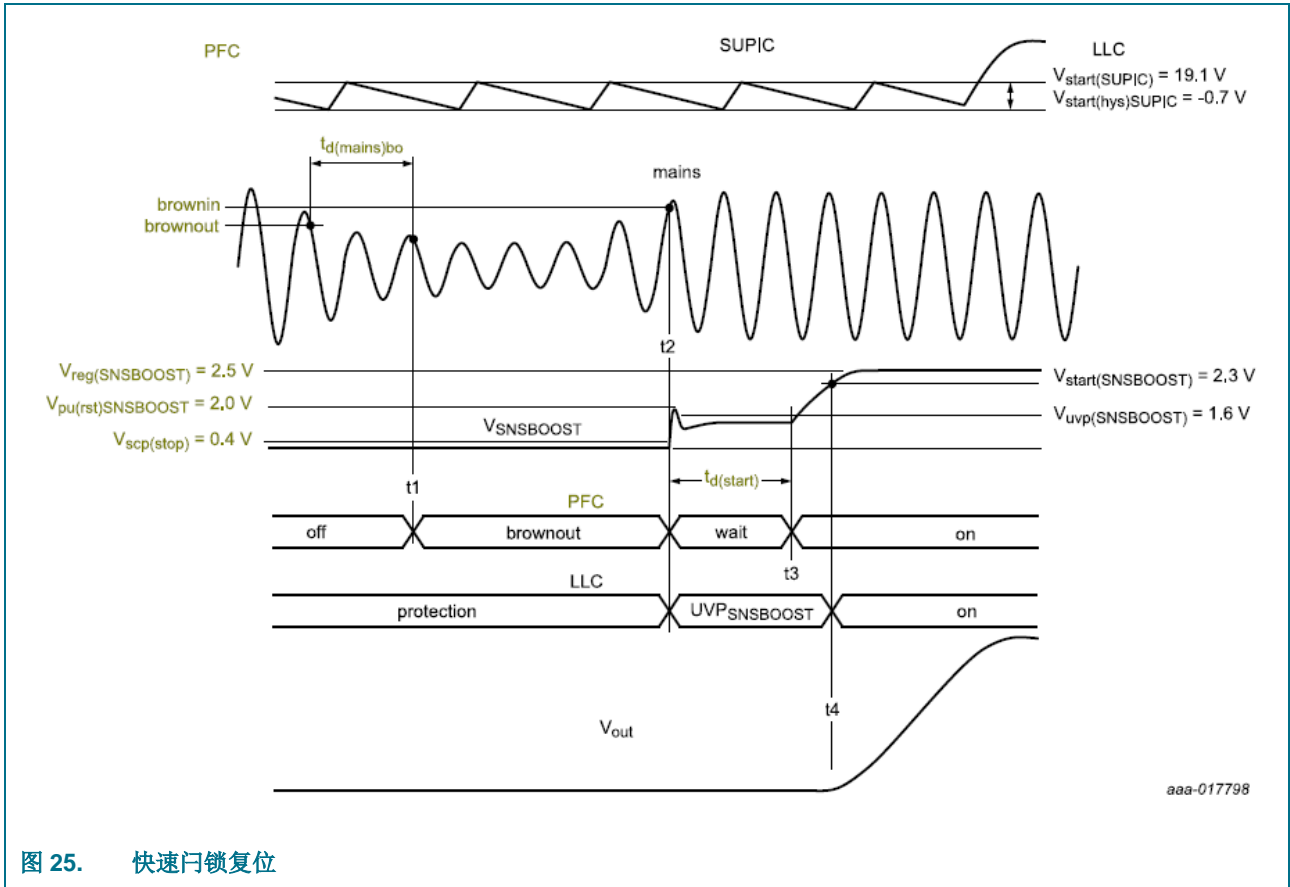


图 25. 快速门锁复位

在时间 $t1$ 之前，LLC 处于门锁保护下，并拉低 SNSBOOST 引脚，这还会禁用 PFC。

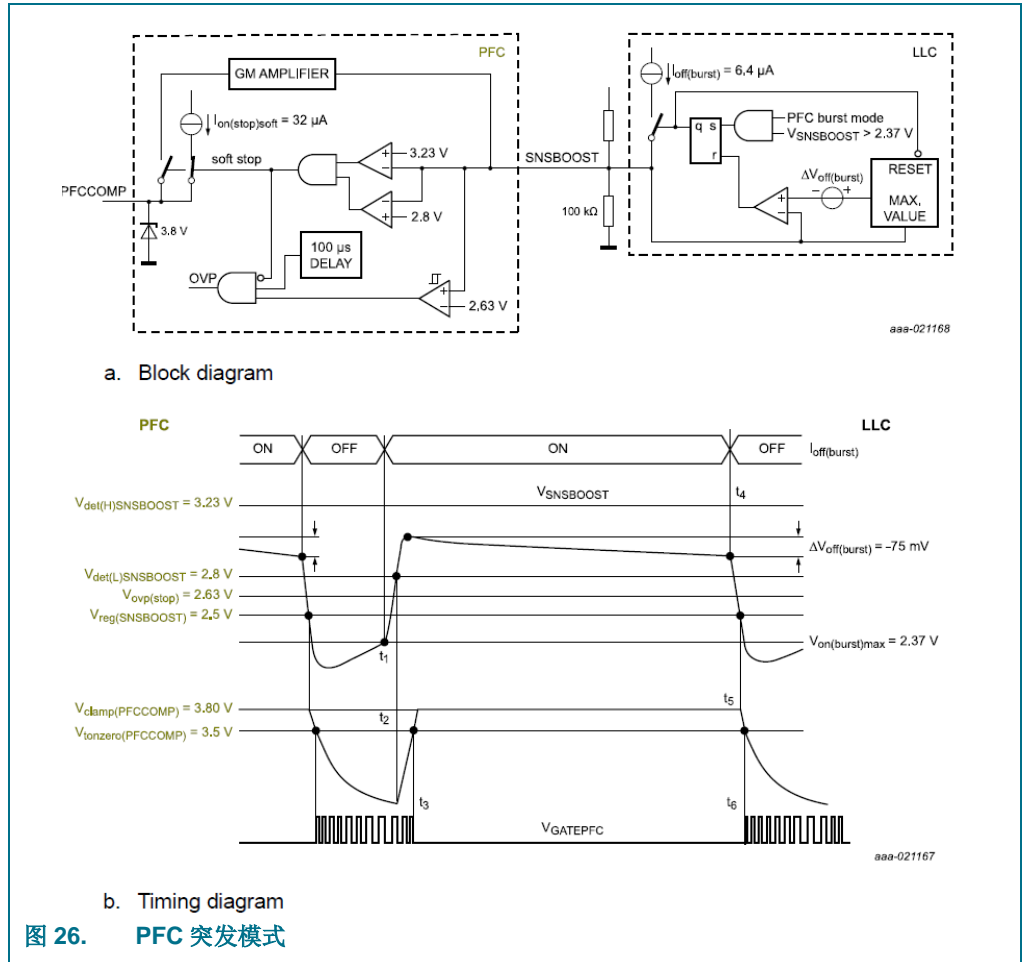
当市电电压降低到欠压电平以下并持续最短周期 $t_{d(mains)bo}$ ，PFC 进入欠压保护模式。在欠压保护模式下，当市电电压再次提高到开启电平($t2$)以上，PFC 将上拉 SNSBOOST 电压，直到达到 LLC 转换器的 $V_{uvp(SNSBOOST)}$ 水平。然后，LLC 转换器释放所有保护模式，等待 SNSBOOST 引脚超过其启动水平($V_{start(SNSBOOST)}$)。等待时间之后，PFC 转换器启动（时间 $t3$ ），随后 LLC 转换器启动（时间 $t4$ ）。

7.9.4 PFC 突发模式

当 LLC 在突发模式下工作，且突发的占空比低于 50%至少达到 8 个连续突发周期，TEA19161T (LLC)也可设置 TEA19162T (PFC)的突发模式下。相应的输出功率水平是 LLC 进入突发模式的功率水平的 50%（参见表 6）。

当输出功率超过 LLC 进入突发模式的功率水平的 75%时（参见表 6），PFC 突发模式再次被禁用。

当 PFC 突发模式使能时，SNSBOOST 引脚输出额外的电流通过软停止来停止 PFC 开关，从而最大程度地减少可听噪声（参见图 26）。



在时间 t_1 ，LLC SNSBOOST 引脚输出的电流 ($I_{off(burst)}$) 被激活，SNSBOOST 引脚上的电压提高。在 SNSBOOST 引脚和 GND 引脚之间使用外部 $100\text{ k}\Omega$ 电阻 ($R_{SNSBOOST}$) 时 (参见图 27)，SNSBOOST 电压增加大约为 $640\text{ mV} (= I_{off(burst)} * R_{SNSBOOST})$ 。由于这种增加，SNSBOOST 电压在和 PFC 的 $V_{det(L)SNSBOOST}$ 和 $V_{det(H)SNSBOOST}$ (t_2) 之间，从而开始了 PFC 的软停止。软停止结束时，PFC 进入能量安全状态并停止开关 (t_3)。由于 LLC 转换器的连续工作 (即便在 PFC 停止时)，PFC 输出电容器被放电。

当 PFC 升压电容大量放电，使得 SNSBOOST 引脚上的电压降低 75 mV ($\Delta V_{off(burst)}$; t_4) 时，LLC 转换器的内部电流源被关闭。由于 SNSBOOST 引脚上的负的压降，PFC 重新开始开关。当 $V_{SNSBOOST}$ 再次超过 LLC $V_{on(burst)max}$ 水平 (2.37 V) 时，内部电流源被重新激活，PFC 重新开始开关 (t_1)。

8. 极限值

表 7. 极限值

依据绝对最大额定值系统(IEC 60134)。

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
电压					
V _{SUPHV}	SUPHV 引脚上的电压	市电浪涌期间的最大值；不重复	-0.4	+700	V
V _{SUPHS}	SUPHS 引脚上的电压		V _{HB}	V _{HB} + 14	V
V _{HB}	HB 引脚上的电压	市电浪涌期间的最大值；不重复	-3	+700	V
		t < 1 μs	-14	-	V
V _{SUPIC}	SUPIC 引脚上的电压		-0.4	+36	V
V _{SUPREG}	SUPREG 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{GATEHS}	GATEHS 引脚上的电压		V _{HB} - 0.4	V _{SUPHS} + 0.4	V
V _{GATELS}	GATELS 引脚上的电压		-0.4	V _{SUPREG} + 0.4	V
V _{SNSFB}	SNSFB 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSOUT}	SNSOUT 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSSET}	SNSSET 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSCUR}	SNSCUR 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSCAP}	SNSCAP 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSBOOST}	SNSBOOST 引脚上的电压		-0.4	+12	V
电流					
I _{SUPHV}	SUPHV 引脚上的电流		-	20	mA
常规					
P _{tot}	总功耗	T _{amb} < 75 °C	-	0.7	W
T _{stg}	存储温度		-55	+150	°C
t _j	结点温度		-40	+150	°C
闩锁					
I _{lu}	闩锁电流	全部引脚；根据 JEDEC：标准 78D	-100	+100	mA
ESD					
V _{ESD}	静电放电电压	人体模型			
		引脚 SUPHV、SUPHS、GATEHS 和 HB	-1000	+1000	V
		其他引脚	-2000	+2000	V
		器件充电模型；全部引脚	-500	+500	V

9. 热特性

表 8. 热特性

符号	参数	条件	典型值	单位
$R_{th(j-a)}$	从结点到环境的热阻值	暴露在空气中; JEDEC 测试板	107	K/W
$R_{th(j-c)}$	从结点到机壳的热阻值	暴露在空气中, JEDEC 测试板	60	K/W

10. 特性

表 9. 特性

除另有规定外, $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 19.5\text{ V}$; 所有电压均基于 GND 测量; 流入 IC 的电流为正电流。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SUPHV 引脚						
$I_{lim}(SUPHV)$	SUPHV 引脚上的电流限制	$V_{SUPIC} < V_{rst}(SUPIC)$	0.5	0.75	1.0	mA
$I_{off}(SUPHV)$	SUPHV 引脚上的关断状态电流	$V_{SUPIC} = 15\text{ V}$	-	0.5	0.9	μA
$\Delta V_I(SUPHV-SUPIC)$	引脚 SUPHV 和引脚 SUPIC 之间的输入电压差	$I_{SUPHV} = 20\text{ mA}$	-	7	-	V
SUPIC 引脚						
$V_{start}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的启动电压		18.3	19.1	19.8	V
$V_{start}(hys)SUPIC$	SUPIC 引脚上的启动电压迟滞		-	-0.7	-	V
$V_{low}(hys)SUPIC$	SUPIC 引脚上的低电压迟滞		-	0.9	-	V
$V_{low}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的低电压	$V_{uvp}(SUPIC) = 13.3\text{ V}$; 跟随 $V_{uvp}(SUPIC)$	-	14.0	-	V
$V_{uvp}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的欠压保护电压		12.7	13.2	13.7	V
$V_{rst}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的复位电压		-	3.5	-	V
$I_{cc}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的电源电流	工作模式; $f_{HB} = 100\text{ kHz}$; GATEHS/GATELS 开; $I_{SNSFB} = -85\text{ }\mu\text{A}$; $I_{SNSCAP} = -100\text{ }\mu\text{A}$	-	5.6	-	mA
		闩锁保护; $I_{SNSFB} = 0\text{ }\mu\text{A}$; $I_{SNSCAP} = -100\text{ }\mu\text{A}$	2.3	3.0	3.7	mA
		突发模式; $I_{SNSFB} = -106\text{ }\mu\text{A}$; $I_{SNSCAP} = -100\text{ }\mu\text{A}$	-	0.7	-	mA
SUPREG 引脚						
$V_{intregd}(SUPREG)$	SUPREG 引脚上的内部调整后电压	$V_{SUPIC} > 13.8\text{ V}$; $I_{SUPREG} = 50\text{ mA}$	10.6	11.0	11.4	V
$V_{reg(acc)}SUPREG$	SUPREG 引脚上的稳压器电压精度	$V_{SUPIC} > 13.8\text{ V}$; $10\text{ }\mu\text{A} < I_{SUPREG} < 20\text{ mA}$	-150	-100	-50	mV
$I_{lim}(SUPREG)$	SUPREG 引脚上的限制电流	$V_{SUPIC} = 19.5\text{ V}$	-44	-37	-30	mA

表 9. 特性...续

除另有规定外, $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 19.5\text{ V}$; 所有电压均基于 GND 测量; 流入 IC 的电流为正电流。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{uvp}(SUPREG)$	SUPREG 引脚上的欠压保护电压		8.6	9.0	9.4	V
SNSCAP 引脚						
$V_{AV(rgd)}(SNSCAP)$	SNSCAP 引脚上的调节平均电压	$V_{hs}(SNSCAP)$ 和 $V_{ls}(SNSCAP)$ 的调整电压平均值	-	2.50	-	V
$I_{bias(max)}(SNSCAP)$	SNSCAP 引脚上的最大偏置电流		-245	-210	-175	μA
$\Delta V_{th(max)}(SNSCAP)$	SNSCAP 引脚上的最大阈值电压值	$V_{hs}(SNSCAP) - V_{ls}(SNSCAP)$; $P_{out} = 200\%$; $V_{SNSBOOST} = 2.5\text{ V}$	-	1.92	-	V
		$V_{hs}(SNSCAP) - V_{ls}(SNSCAP)$; $P_{out} = 200\%$; $V_{SNSBOOST} < 2.0\text{ V}$	2.85	3.00	3.15	V
过功率保护						
$\Delta V_{opp}(SNSCAP)$	SNSCAP 引脚上的过功率保护电压差	$V_{hs}(SNSCAP) - V_{ls}(SNSCAP)$; $P_{out} = 150\%$; $V_{SNSBOOST} = 2.5\text{ V}$	-	1.44	-	V
		$V_{hs}(SNSCAP) - V_{ls}(SNSCAP)$; $P_{out} = 150\%$; $V_{SNSBOOST} = 2.1\text{ V}$	-	2.24	-	V
$t_{PD}(SNSCAP)$	SNSCAP 引脚上的传播延迟	达到 $V_{ls}(SNSCAP)/V_{hs}(SNSCAP)$ 水平到 GATELS/GATEHS 关闭	-	150	-	ns
$t_{d(opp)}$	过功率保护延迟时间	相关 $R_{SNSSET1}$ 参见表 5	40	50	60	ms
		相关 $R_{SNSSET1}$ 参见表 5	160	170	180	ms
$t_{d(restart)}$	重新启动延迟时间		0.8	1.0	1.2	s
SNSCUR 引脚						
$V_{bias}(SNSCUR)$	SNSCUR 引脚上的偏置电压		2.4	2.5	2.6	V
$R_O(SNSCUR)$	SNSCUR 引脚上的输出电阻		-	60	-	k Ω
V_{oop}	过流保护电压	正电平; $V_{SNSCUR} - V_{bias}(SNSCUR)$	1.35	1.50	1.65	V
		负电平; $V_{SNSCUR} - V_{bias}(SNSCUR)$	-1.65	-1.50	-1.35	V
$V_{reg(capm)}$	容性模式调节电压	正电平; $V_{SNSCUR} - V_{bias}(SNSCUR)$	85	100	115	mV
		负电平; $V_{SNSCUR} - V_{bias}(SNSCUR)$	-115	-100	-85	mV
$V_{det(zero)}$	零检测电压	检测为 ≥ 0	-	-13	-	mV
		检测为 ≤ 0	-	13	-	mV
SNSBOOST 引脚						
$V_{start}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的启动电压		2.2	2.3	2.4	V
$V_{uvp}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的欠压保护电压		1.5	1.6	1.7	V
$V_{det}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的检测电压	当低于 Power good 时 = 低	-	1.95	-	V

表 9. 特性...续

除另有规定外, $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 19.5\text{ V}$; 所有电压均基于 GND 测量; 流入 IC 的电流为正电流。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
PFC 突发模式控制器						
$\delta_{en(burst)}$	突发模式使能占空比	PFC 突发模式的使能 LLC 突发模式的占空比	-	50	-	%
$N_{cy(en)burst}$	突发模式使能周期数	PFC 突发模式的使能 LLC 突发模式的周期	-	8	-	
$\delta_{dis(burst)}$	突发模式禁用占空比	PFC 突发模式的禁用 LLC 突发模式的占空比	-	75	-	%
$V_{pu(SNSBOOST)}$	SNSBOOST 引脚上的上拉电压	进入 PFC 突发模式关断状态	-	2.95	-	V
$I_{off(burst)}$	突发模式关断状态电流	在 PFC 突发模式突发模式期间	-7.1	-6.4	-5.7	μA
$\Delta V_{off(burst)}$	突发模式关断状态电压差	在 PFC 突发模式关断状态期间; 在峰值电压和关断状态结束之间	-	-75	-	mV
$V_{on(burst)max}$	突发模式进行时的最大电压	在 PFC 突发模式进行期间	2.29	2.37	2.45	V
$t_{to(det)on(burst)}$	突发模式进行时检测的超时时间	在 PFC 突发模式进行期间	3.7	4.0	4.3	ms
PFC 保护控制器						
$R_{pd(SNSBOOST)}$	SNSBOOST 引脚上的下拉电阻	在保护激活时	-	550	-	Ω
$I_{pd(SNSBOOST)}$	SNSBOOST 引脚上的下拉电流	在保护期间	94	110	127	μA
$I_{prot(SNSBOOST)}$	SNSBOOST 引脚上的保护电流		-	60	-	nA
SNSOUT 引脚						
$V_{ovp(SNSOUT)}$	SNSOUT 引脚上的过压保护电压		3.36	3.50	3.64	V
$I_{prot(SNSOUT)}$	SNSOUT 引脚上的保护电流	适用于开路引脚	-	-60	-	nA
SNSFB 引脚						
$V_{bias(SNSFB)}$	SNSFB 引脚上的偏置电压	$I_{SNSFB} = -85\text{ }\mu\text{A}$	2.2	2.5	2.8	V
光偏置调节器						
$I_{reg(SNSFB)}$	SNSFB 引脚上的调整电流	$I_{start(burst)} = 106\text{ }\mu\text{A}$; $I_{start(burst)}$ 的轨迹	-	-85	-	μA
$I_{reg(max)SNSFB}$	SNSFB 引脚上的最大调整电流	$I_{start(burst)} = 106\text{ }\mu\text{A}$; $I_{start(burst)}$ 的轨迹	-	-310	-	μA
$I_{reg(min)SNSFB}$	SNSFB 引脚上的最小调整电流	$I_{start(burst)} = 106\text{ }\mu\text{A}$; $I_{start(burst)}$ 的轨迹	-	-63	-	μA
突发模式调整						
$I_{start(burst)}$	突发模式启动电流	LLC 突发模式	-123	-106	-89	μA
$I_{stop(burst)}$	突发模式停止电流	LLC 突发模式	-	-200	-	μA

表 9. 特性...续

除另有规定外, $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 19.5\text{ V}$; 所有电压均基于 GND 测量; 流入 IC 的电流为正电流。

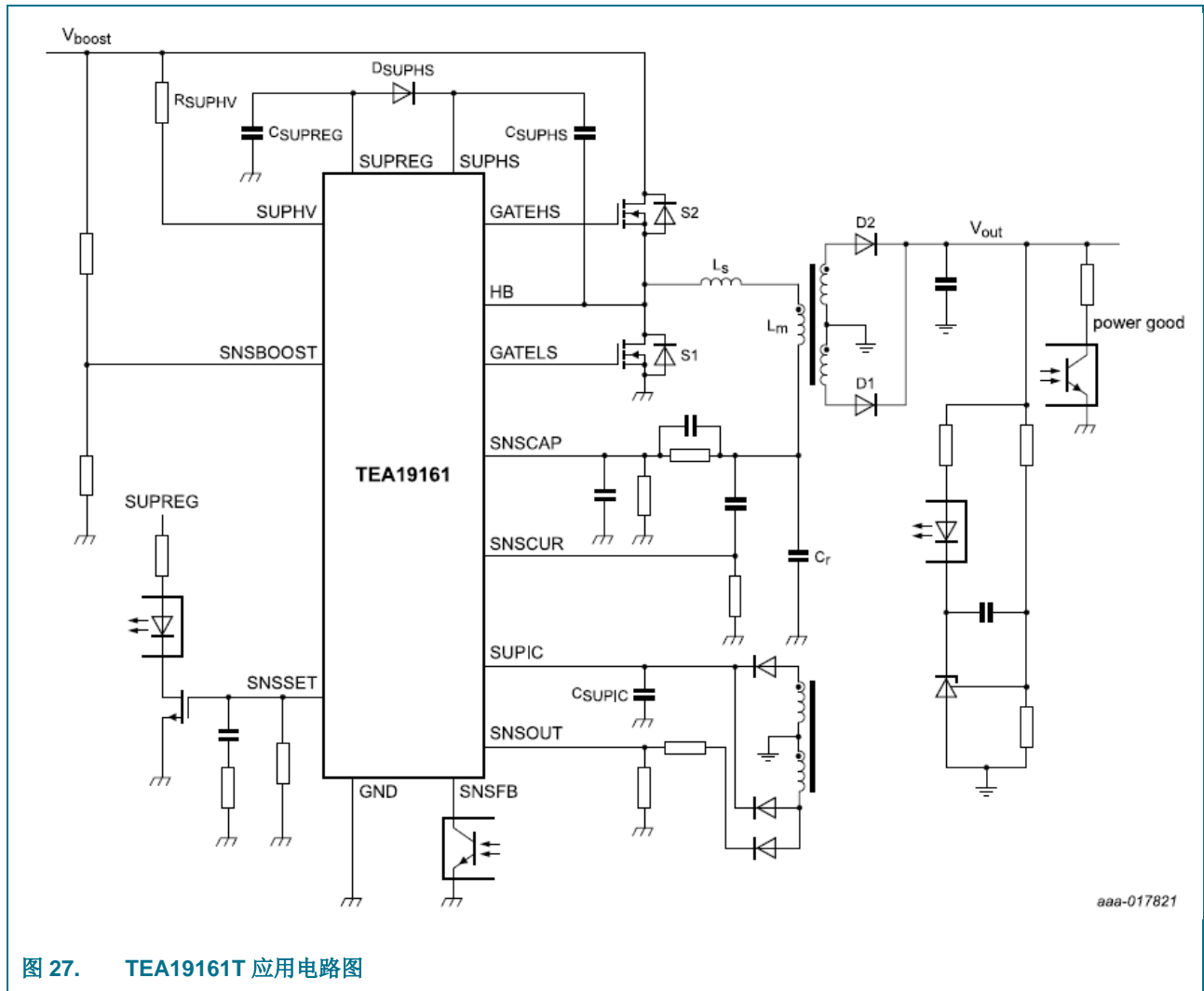
符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
GATELS 和 GATEHS 引脚						
$I_{source}(GATEHS)$	GATEHS 引脚上的扇出电流	$V_{GATEHS} - V_{HB} = 4\text{ V}$	-	-340	-	mA
$I_{source}(GATELS)$	GATELS 引脚上的扇出电流	$V_{GATELS} - V_{GND} = 4\text{ V}$	-	-340	-	mA
$I_{sink}(GATEHS)$	GATEHS 引脚上的吸入电流	$V_{GATEHS} - V_{HB} = 2\text{ V}$	-	580	-	mA
		$V_{GATEHS} - V_{HB} = 11\text{ V}$	-	2	-	A
$I_{sink}(GATELS)$	GATELS 引脚上的吸入电流	$V_{GATELS} - V_{GND} = 2\text{ V}$	-	580	-	mA
		$V_{GATELS} - V_{GND} = 11\text{ V}$	-	2	-	A
$V_{rst}(SUPHS)$	SUPHS 引脚上的复位电压		6.4	7	7.6	V
$V_{rst}(hys)SUPHS$	SUPHS 引脚上的复位电压的迟滞	$>V_{rst}(SUPHS)$	-	0.6	-	V
$t_{on}(min)$	最小导通时间		-	0.83	-	μs
$t_{on}(max)$	最大导通时间		14.8	17.4	20.0	μs
t_{sweep}	扫频时间	频率; 启动时	10	12	14	ms
低功率模式调节器						
$f_{ip}(min)$	最小低功率模式频率		20	23	26	kHz
突发模式稳压器						
$f_{burst}(max)$	最大突发模式频率	$R_{SNSOUT1} = 22\text{ k}\Omega$	170	200	230	Hz
		$R_{SNSOUT1} = 15\text{ k}\Omega$	340	400	460	Hz
		$R_{SNSOUT1} = 10\text{ k}\Omega$	680	800	920	Hz
		$R_{SNSOUT1} = 6.8\text{ k}\Omega$	1360	1600	1840	Hz
Power Good 信号特性 (引脚 SNSSET)						
$V_{OH}(SNSSET)$	SNSSET 引脚上的高电平输出电压	$I_{SNSSET} = -100\text{ }\mu\text{A}$; Power Good = 低	-	4	-	V
$I_{OH}(SNSSET)$	SNSSET 引脚上的高电平输出电流	$V_{SNSSET} = 3\text{ V}$; Power Good = 低	-11	-8	-5	mA
$I_{OL}(SNSSET)$	SNSSET 引脚上的低电平输出电流	$V_{SNSSET} = 0.5\text{ V}$; Power Good = 高	8	11	14	mA
$t_{d(H)}SNSSET$	SNSSET 引脚上的高电平延迟时间	相关 $R_{SNSSET1}$ 参见表 5	35	45	55	ms
		相关 $R_{SNSSET1}$ 参见表 5	150	190	230	ms
设置感应 (SNSOUT、SNSSET 和 GATELS 引脚)						
$I_{O}(SNSOUT)$	SNSOUT 引脚上的输出电流	在 $R_{SNSOUT1}$ 测量过程中	-	-171	-	μA
$I_{O}(SNSSET)$	SNSSET 引脚上的输出电流	在 R_{SNSSET} 测量过程中	-	-26.8	-	μA
$\Delta V_{O}(GATELS-SUPREG)$	引脚 GATELS 和引脚 SUPREG 之间的输出电压差	在 R_{GATELS} 测量过程中	-	1.25	-	V

表 9. 特性...续

除另有规定外, $T_{amb} = 25\text{ °C}$; $V_{SUPIC} = 19.5\text{ V}$; 所有电压均基于 GND 测量; 流入 IC 的电流为正电流。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
HB 引脚						
$(dV/dt)_{t_{no}(\min)}$	电压变化的最小非交叠时间斜率		-	-	120	V/ μ s
$t_{no}(\min)$	最小非重叠时间		-	200	-	ns
$t_{no}(\max)$	最大非重叠时间		-	1.1	-	μ s
过温保护						
T_{otp}	开始过温保护		130	140	150	$^{\circ}\text{C}$

11. 应用信息



12. 封装尺寸

S016: 塑封小型封装; 16 引脚; 体宽 3.9 mm; 体厚度 1.47 mm

SOT109-3

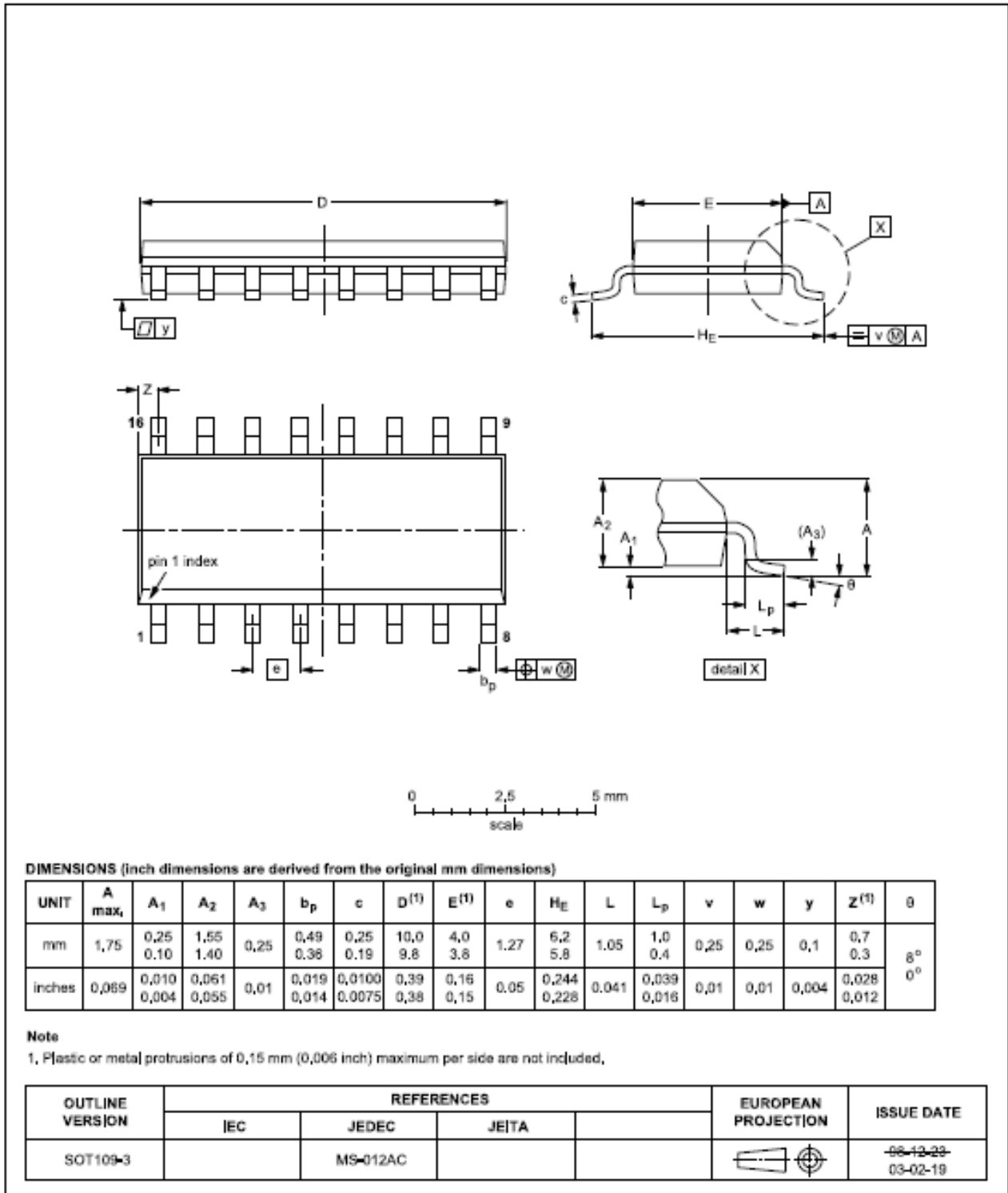


图 28. 封装外形 SOT109-3 (SO16)

13. 修订记录

表 10. 修订记录

文档 ID	发布日期	数据手册状态	更改说明	取代版本
TEA19161T v.1	20160310	产品数据手册	-	-

14. 法律信息

14.1 数据手册状态

文档状态 ^{[1][2]}	产品状态 ^[3]	定义
目标[缩略版]数据手册	开发	该文档包含产品开发目标规范的数据。
初步[缩略版]数据手册	验证	该文档含有初始规范的数据。
产品[缩略版]数据手册	生产	该文档含有产品规范。

[1] 请在开始或完成设计之前查看最新发布文件。

[2] 有关“缩略版数据手册”的说明见“定义”部分。

[3] 自本文件发布以来，文件中的器件产品状态可能已发生变化；如果存在多个器件，则可能存在差异。欲了解最新产品状态信息，请访问 <http://www.nxp.com>。

14.2 定义

草案——本文档仅为草案版本。内容仍在内部审查，尚未正式批准，可能会有进一步修改或补充。恩智浦半导体对本文信息的准确性或完整性不做任何说明或保证，并对因使用此信息而带来的后果不承担任何责任。

缩略版数据手册——缩略版数据手册是产品类型编号和标题完全相同的完整版数据手册的节选。缩略版数据手册仅供快速参考使用，不包括详细和完整的信息。欲了解详细、完整的信息，请查看相关的完整版数据手册，可向当地的恩智浦半导体销售办事处索取。如完整版与缩略版存在任何不一致或冲突，请以完整版为准。

产品规范——产品数据手册中提供的信息和数据应定义恩智浦半导体与客户之间达成一致的产品规范，除非恩智浦半导体和客户另行达成书面协议。在任何情况下，若协议认为恩智浦半导体产品需要具有超出产品数据手册规定的功能和质量，则该协议无效。

14.3 免责声明

有限保证和责任——本文中的信息据信是准确和可靠的。但是，恩智浦半导体对此处所含信息的准确性或完整性不做任何明示或暗示的声明或保证，并对因使用此信息而带来的后果不承担任何责任。若文中信息并非来自恩智浦半导体，则恩智浦半导体对该信息的内容概不负责。

在任何情况下，对于任何间接性、意外性、惩罚性、特殊性或后果性损害（包括但不限于利润损失、积蓄损失、业务中断、因拆卸或更换任何产品而产生的开支或返工费用），无论此等损害是否基于侵权行为（包括过失）、保证、违约或任何其他法理，恩智浦半导体均不承担任何责任。

对于因任何原因给客户带来的任何损害，恩智浦半导体对本文所述产品的总计责任和累积责任仅限于恩智浦商业销售条款和条件所规定的范围。

修改权利——恩智浦半导体保留对本文所发布的信息（包括但不限于规范和产品信息）随时进行修改的权利，恕不另行通知。本文档将取代并替换之前就其提供的所有信息。

适宜使用——恩智浦半导体产品并非设计、授权或担保适用于生命保障、生命关键或安全关键系统或设备，亦非设计、授权或担保适用于在恩智浦半导体产品失效或故障时可导致人员受伤、死亡或严重财产或环境损害的应用。恩智浦半导体及其供应商对在此类设备或应用中加入和/或使用恩智浦半导体产品不承担任何责任，客户需自行承担因加入和/或使用恩智浦半导体产品而带来的风险。

应用——本文档所述任何产品的应用只用于例证目的。此类应用如不经进一步测试或修改用于特定用途，恩智浦半导体对其适用性不做任何声明或保证。

客户负责自行利用恩智浦半导体产品进行设计和应用，对于应用或客户产品的设计，恩智浦半导体无义务提供任何协助。客户须自行负责检验恩智浦半导体的产品是否适用于其规划的应用和产品，以及是否适用于其第三方客户的规划应用和使用。客户须提供适当的设计和操作系统安全保障措施，以尽可能降低与应用和产品相关的风险。

对于因客户的应用或产品中的任何缺陷或故障，或者客户的第三方客户的应用或使用导致的任何故障、损害、费用或问题，恩智浦半导体均不承担任何责任。客户负责对自己基于恩智浦半导体的产品的应用和产品进行所有必要测试，以避免这些应用和产品或者客户的第三方客户的应用或使用存在任何缺陷。恩智浦不承担与此相关的任何责任。

限值——超过一个或多个限值（如 IEC 60134 绝对最大额定值体系所规定）会给器件带来永久性损害。限值为强度额定值，若器件工作于这些条件下或者超过“建议工作条件部分”（若有）或者本文档“特性”部分规定的条件下，则不在担保范围之内。持续或反复超过限值将对器件的质量和可靠性造成永久性、不可逆转的影响。

商业销售条款和条件——除非有效书面单项协议另有规定，恩智浦半导体产品的销售遵循关于商业销售的一般条款和条件，详见 <http://www.nxp.com/profile/terms>。如果只达成了单项协议，则该协议的条款和条件适用。恩智浦半导体特此明确反对，应用客户就其购买恩智浦半导体的产品而制定的一般条款和条件。

无销售或许可要约——本文档中的任何信息均不得被理解或解释为对承诺开放的销售产品的要约，或者授予、让与或暗示任何版权、专利或其他工业或知识产权的任何许可。

出口管制——本档以及此处说明的产品可能受出口法规的管制。出口可能需要事先经主管部门批准。

非汽车应用产品——除非本数据手册明确表示，恩智浦半导体的本特定产品适用于汽车应用，否则，均不适用于汽车应用。未根据汽车测试或应用要求进行验证或测试。对于在汽车器件或应用中包括和/或使用非汽车应用产品的行为，恩智浦半导体不承担任何责任。

客户将产品用于设计导入以及符合汽车规范和标准的汽车应用时，客户须(a)使用产品但恩智浦半导体不对产品的此等汽车应用、用途和规范作任何担保；并且(b)若客户超越恩智浦半导体所提供规格使用汽车应用产品，须自行承担所有风险；并且(c)对于因客户设计以及客户超出恩智浦半导体标准担保范围和恩智浦半导体所提供规格使用汽车应用产品而导致的任何责任、损害或产品故障索赔，客户须免除恩智浦半导体的全部责任。

翻译——非英文（翻译）版的文档仅供参考。如翻译版与英文版存在任何差异，以英文版为准。

14.4 商标

注意：所有引用的品牌、产品名称、服务名称以及商标均为其各自所有者的资产。

GreenChip 是恩智浦的商标。

15. 联系信息

更多详情，请访问：<http://www.nxp.com>

欲咨询销售办事处地址，请发送电子邮件至：salesaddresses@nxp.com

16. 目录

1. 简介.....	1	10. 特性.....	36
2. 特性和优势.....	2	11. 应用信息.....	41
2.1 显著特性.....	2	12. 封装尺寸.....	42
2.2 环保特性.....	2	13. 修订记录.....	43
2.3 保护特性.....	2	14. 法律信息.....	44
3. 应用.....	2	14.1 数据手册状态.....	44
4. 订购信息.....	3	14.2 定义.....	44
5. 功能框图.....	4	14.3 免责声明.....	44
6. 引脚配置信息.....	5	14.4 商标.....	45
6.1 引脚配置.....	5	15. 联系信息.....	45
6.2 引脚说明.....	5	16. 目录.....	46
7. 功能说明.....	6		
7.1 电源电压.....	6		
7.1.1 启动和电源电压.....	6		
7.1.2 调节电源 (SUPREG 引脚).....	8		
7.1.3 高边驱动器浮动电源 (SUPHS 引脚).....	8		
7.2 系统启动.....	9		
7.3 LLC 系统调节.....	10		
7.3.1 输出功率调节环路.....	12		
7.3.2 输出电压启动.....	13		
7.4 操作模式.....	14		
7.4.1 高功率模式.....	16		
7.4.2 低功率模式.....	17		
7.4.3 突发模式.....	20		
7.5 光偏置调节.....	21		
7.6 保护.....	22		
7.6.1 欠压保护 SUPIC/SUPREG.....	22		
7.6.2 欠压保护 SUPHS.....	23		
7.6.3 欠压保护升压.....	23		
7.6.4 过压保护.....	23		
7.6.5 容性模式调节(CMR).....	23		
7.6.6 过流保护.....	24		
7.6.7 过温保护.....	24		
7.6.8 过功率保护.....	25		
7.7 外部设置.....	26		
7.7.1 突发周期.....	26		
7.7.2 常规设置.....	26		
7.7.3 低功率模式/突发模式转换功率水平.....	27		
7.8 Power Good 信号功能.....	28		
7.9 PFC/LLC 通信协议.....	29		
7.9.1 启动.....	29		
7.9.2 保护.....	31		
7.9.3 快速门锁定复位.....	32		
7.9.4 PFC 突发模式.....	33		
8. 限值.....	35		
9. 热特性.....	36		

注意：关于本文及相关产品的重要说明详见“法律信息”一节。

© 恩智浦半导体 2016.

保留所有权利。

欲了解更多信息，请访问：<http://www.nxp.com>

欲咨询销售办事处地址，请发送电子邮件至：salesaddresses@nxp.com

发布日期：2016年3月10日
文档号：TEA19161T