

1. 简介

TEA1716T 在一个多芯片 IC 中集成了功率因数校正控制器(PFC)和半桥谐振变换器(HBC)，可驱动升压转换器的分立 MOSFET 和谐振半桥中的两个分立功率 MOSFET。

通过在高功率时实行准谐振(QR)工作和在低功率时实行准谐振工作与谷值跳跃来实现 PFC 的高效工作。内置的过流保护(OCP)、过压保护(OVP)以及退磁检测功能可确保控制器在所有条件下安全工作。

HBC 模块是一个高压控制器，用于零电压开关 LLC 谐振转换器。该模块含有一个高压电平转换电路和多个保护电路，其中包括过流保护、开路保护、容性模式保护和通用闭锁保护输入。

该高压芯片采用专有的高压双极性 CMOS-DMOS 功率逻辑工艺制造，支持直接从整流后的通用市电电压高效启动。低电压硅上绝缘芯片(SOI)用于精确、高速保护功能和控制。

TEA1716T 控制的 PFC 电路和谐振转换器都非常灵活，适用于较宽的市电电压范围内的各种应用。TEA1716T 在单一芯片中集成 PFC 和 HBC 控制器，是 LCD 和等离子电视电源控制的理想之选。

使用 TEA1716T 可轻松设计功率范围从 90 W 至 500 W 的高能效和高可靠性电源，仅需很少的外部元器件。

TEA1716T 的集成突发模式和电源管理功能支持实施满足用能产品指令(EuP)lot 6（待机模式下 < 0.5 W）要求的谐振应用。

注：除非另行指明，所有值均为典型值。

2. 特性和优势

2.1 一般特性

- 集成 PFC 和 HBC 控制器
- 可在通用的市电电源下工作（交流 70 V - 276 V）
- 高度集成使得设计所需外部元器件数量较少、成本效益高
- 集成突发模式感测
- 符合用能产品指令(EuP)lot 6
- 有使能输入，用以单独启用 PFC，或者启用 PFC 和 HBC 控制器
- 片内高压启动电源
- 独立工作模式或外部直流电源给 IC 供电

2.2 PFC 控制器特性

- 导通时间受控的临界工作模式
- 谷低/零电压开关可以最大限度减小开关损耗
- 频率限止以减小开关损耗
- 精确的升压调整
- 带软启动和软停止突发模式开关

2.3 HBC 控制器特性

- 集成高压电平转换器
- 可调的最小和最大频率
- 最大 500 kHz 的半桥开关频率
- 自适应非重叠时间
- 有突发模式开关

2.4 保护特性

- 系统错误时安全重启模式
- 通用闩锁保护输入用于输出过压保护或外部温度保护
- 超时和重启保护定时器
- 过温保护
- 两种控制器都有软（重）启动
- 市电电源（掉电），升压电压，IC 电源和输出电压均有欠压保护
- 用于两种控制器的过流调节和保护
- 用于升压电压的精确过压保护
- 用于 HBC 控制器的容性模式保护

3. 应用

- 液晶电视
- 等离子电视
- 笔记本电脑适配器
- 台式电脑和一体机

4. 订购信息

表 1. 订购信息

型号	封装		
	名称	说明	版本
TEA1716T/2	SO24	塑料小型封装；24 个引脚；体宽 7.5 mm	SOT137-1

5. 功能框图

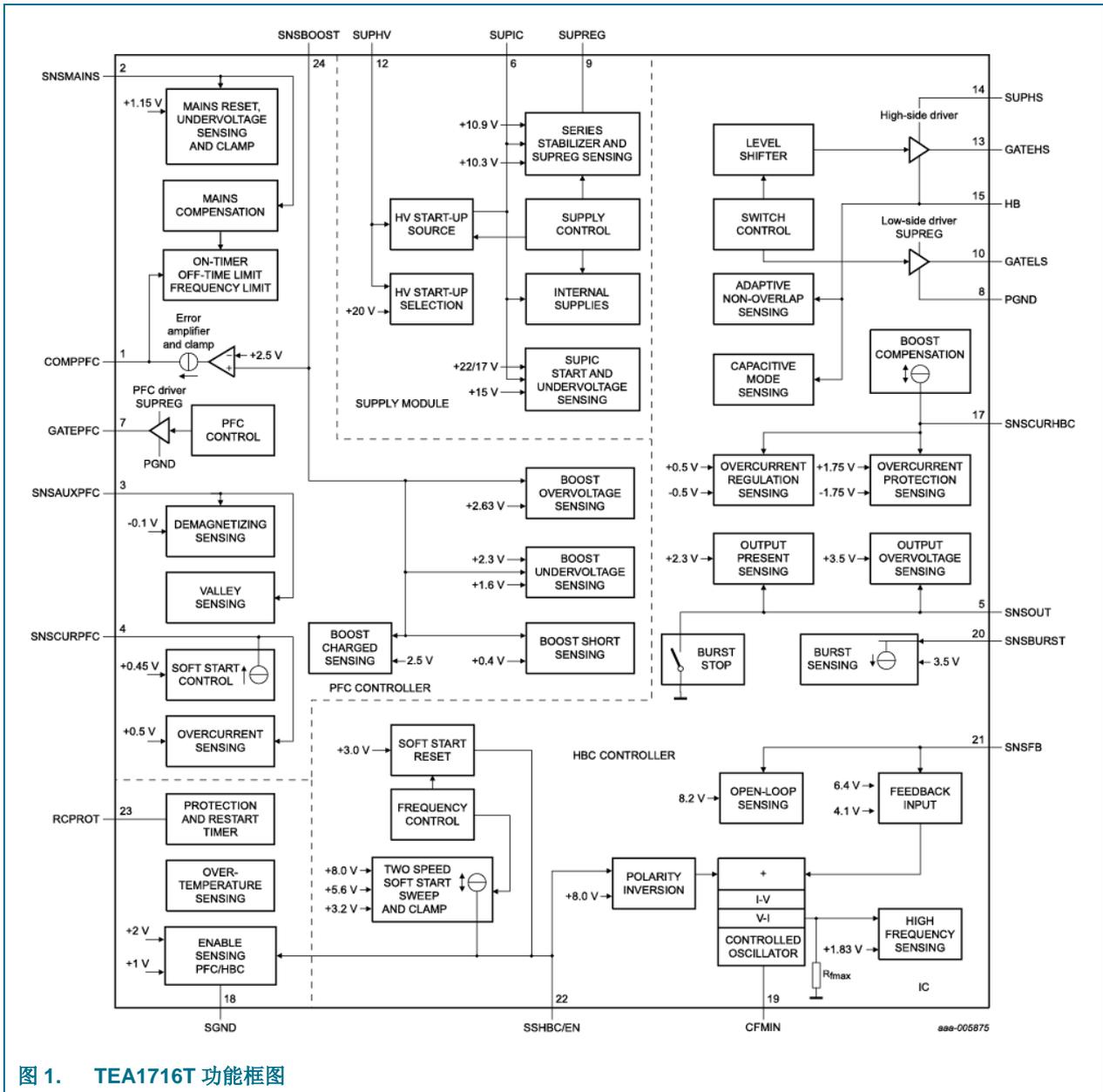
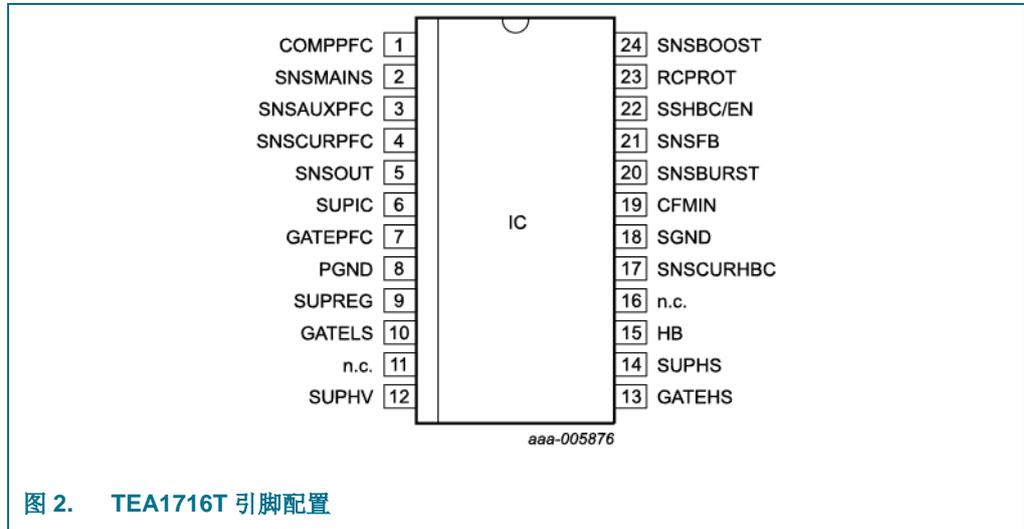


图 1. TEA1716T 功能框图

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
COMPPFC	1	PFC 控制器频率补偿，外接滤波器
SNSMAINS	2	市电电压感测输入；外接电阻分压市电电压
SNSAUXPFC	3	PFC 退磁定时感测输入；外接 PFC 的辅助绕组
SNSCURPFC	4	瞬时电流感测输入和 PFC 控制器的软启动；外接电流感测电阻和软启动滤波器
SNSOUT	5	用于监控 HBC 输出电压的感测输入；外接辅助绕组
SUPIC	6	SUPIC 输入的低压电源和内部 HV 启动电源的输出；外接 HBC 的辅助绕组或外部直流电源
GATEPFC	7	PFC MOSFET 栅极驱动器输出
PGND	8	电源地；HBC 低边和 PFC 驱动器的参考地
SUPREG	9	调整后的 SUPREG IC 电源，内部电压调节器的输出；驱动器输入；外接 SUPREG 缓冲电容
GATELS	10	HBC 的低边 MOSFET 栅极驱动器输出
n.c.	11	未连接；高压隔离。
SUPHV	12	内部 HV 启动源的高压电源输入；外接升压电压
GATEHS	13	HBC 的高边 MOSFET 栅极驱动器输出
SUPHS	14	高压侧驱动器电源输入；外接到自举电容(C _{SUPHS})

表 2. 引脚说明 (续)

符号	引脚	说明
HB	15	高边驱动器的参考地和半桥斜率检测输入；外接 HBC MOSFET 之间的半桥节点 HB (参见图 17)
n.c.	16	未连接；高压隔离
SNSCURHBC	17	瞬时 HBC 电流的感测输入；外接谐振电流感测电阻
SGND	18	信号地和 IC 参考地
CFMIN	19	HBC 的最小频率设置；外接电容
SNSBURST	20	突发模式的停止、激活感测输入；外接电阻分压 SNSFB 电压
SNSFB	21	输出电压调节反馈感测输入；外接光耦合器和上拉电阻
SSHBC/EN	22	HBC 软启动时间选择和 IC 使能输入；启用 PFC，或者仅启用 PFC，或者启用 PFC 和 HBC 控制器；外接软启动电容和启用下拉信号
RCPROT	23	超时和重启的保护定时器设置；外接电阻和电容
SNSBOOST	24	升压电压调节的感测输入；外接电阻分压升压电压

7. 功能说明

7.1 IC 模块概述

TEA1716T 的功能可分为以下几类：

- 电源模块：
IC 电源管理。包括重启和（闩锁）关断状态
- 保护和重启定时器：
外部可调定时器，用于延迟保护和重启定时
- 使能输入：
使能和禁用控制器的控制输入；禁用时功耗极低
- PFC 控制器：
控制和保护功率因素(PF)转换器。基于整流交流市电输入，以高功率因数产生 400 V (直流) 升压电压
- HBC 控制器：
控制和保护谐振转换器；从 400 V (直流) 升压电压产生经调整的与市电隔离的输出电压
- 突发输入：
控制突发模式操作的输入；激活低功耗的突发停止状态

图 1 所示为 TEA1716T 的功能框图。典型应用如图 17 所示。

7.2 电源

TEA1716T 包含多个电源相关的引脚 SUPIC、SUPREG、SUPHS 和 SUPHV。关于这些引脚的描述，参见[章节 7.2.1](#)至[章节 7.2.4](#)。

7.2.1 低压电源输入（SUPIC 引脚）

SUPIC 引脚是 IC 的主要低压电源引脚。所有内部电路均由该引脚直接或间接（使用 SUPREG 引脚）供电。但是，高压电路不是由 SUPIC 引脚供电。SUPIC 引脚外接一个缓冲电容 C_{SUPIC} 。该缓冲电容支持多种充电方式：

- 从内部高压启动电源充电
- 从 HBC 变压器辅助绕组供电
- 从开关半桥节点的容性电源充电
- 从外部直流电源（如待机电源）充电

IC 在 SUPIC 引脚上的电压达到启动电平时开始运行，此时 SUPREG 引脚上的电压也应达到启动电平。启动电平取决于 SUPHV 引脚的条件：

- SUPHV 引脚上为高电压($V_{SUPHV} > V_{det}(SUPHV)$)。

在独立应用中即是这种情况，其中， C_{SUPIC} 开始从 HV 启动源充电。启动电平为 $V_{start(hvd)}(SUPIC)$ (20 V)。启动电平和停止电平 ($V_{uvp}(SUPIC)$) 之间较宽的差值允许从 SUPIC 缓冲电容获得足够的能量，直到输出电压稳定为止。

- 未连接或 SUPHV 上无电压($V_{SUPHV} < V_{det}(SUPHV)$)。

当 TEA1716T 以外部直流电源供电时即是如此。启动电平为 $V_{start(nohvd)}(SUPIC)$ (15 V)。IC 在启动过程中以直流电源供电。为了降低功耗，流向 SUPIC 引脚的直流电源应大于但接近 $V_{uvp}(SUPIC)$ (13 V)。

当 $V_{SUPIC} < V_{uvp}(SUPIC)$ 时，IC 将停止运行。 $V_{uvp}(SUPIC)$ 该电压即为 SUPIC 引脚欠压保护(UVP)电压(UVP-SUPIC；参见[第 7.9 节](#))。PFC 控制器立即停止开关，但 HBC 控制器会继续工作，直到低边 MOSFET 导通为止。

功耗取决于 IC 的状态。TEA1716T 的运行状态详见[第 7.3 节](#)。

- 禁用 IC 状态
当通过 SSHBC/EN 引脚禁用 IC 时，功耗($I_{dism}(SUPIC)$)极低。
- SUPIC 充电、SUPREG 充电、热保持、重启和保护关断状态

在保护功能激活之后启动前或在关断过程中，重启序列中，在 C_{SUPIC} 和 C_{SUPREG} 充电时，IC 内的部分处于激活状态。PFC 和 HBC 控制器禁用。功耗限于 $I_{protm}(SUPIC)$ 。

- 升压充电状态

PFC 控制器在开关中；HBC 控制器关闭。来自高压启动源的电流较大，足以作为 SUPIC 引脚供电（功耗 $< I_{ch(nom)}(SUPIC)$ ）。

- 工作时电源状态

PFC 和 HBC 控制器都处于开关过程。功耗为 $I_{oper}(SUPIC)$ 。当 HBC 控制器使能时，开关频率开始时较高，HBC MOSFET 驱动器的功耗将占主导。 C_{SUPIC} 中存储的能量将为 SUPIC 提供初始电流，然后由 SUPIC 电源接管。

- 突发模式停止状态

在 C_{SUPREG} 充电时，只有 IC 的一小部分处于激活状态，且 SNSBURST 输入感测处于激活状态。PFC 和 HBC 控制器停止。功耗限于 $I_{burstm}(SUPIC)$ 。

SUPIC 引脚具有较低的短路检测电压 ($V_{scp}(SUPIC) = 0.65\text{ V}$)。当 $V_{SUPIC} < V_{scp}(SUPIC)$ 时，HV 启动源消耗有限的电流（参见 [第 7.2.4 节](#)）。

7.2.2 可调的电源（SUPREG 引脚）

SUPIC 引脚上的电压范围大于外部 MOSFET 栅极电压范围。TEA1716T 包含一个集成串联稳定器。串联稳定器在缓冲电容器 C_{SUPREG} 处产生精确的可调电压 ($V_{reg}(SUPREG) = 11.3\text{ V}$)。该稳定电压用于：

- 为内部 PFC 驱动器供电
- 为内部低边 HBC 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

SUPREG 串联稳压器在 C_{SUPIC} 完全充电后开始工作。充电后稳定器的使能可以确保连接到 SUPREG 的任何可选外部电路不会消耗启动电流。

为了确保外部 MOSFET 能获得充足的栅极驱动电流，SUPREG 引脚上的电压必须达到 $V_{start}(SUPREG)$ 。此外，SUPIC 引脚上的电压必须达到启动电平。IC 在两个电压都达到启动电平时开始运行，

SUPREG 配有欠压保护功能 (UVP-SUPREG；参见 [第 7.9 节](#))。当 $V_{SUPREG} < V_{uvp}(SUPREG)$ (10 V) 时，会触发两个事件：

- IC 停止工作以防止发生不可靠的开关，因为栅极驱动器电压太低。PFC 控制器立即停止开关，但 HBC 控制器会继续工作，直到低边驱动被激活为止。
- 当 SUPREG 引脚出现过载且 SUPIC 引脚由外部直流电源供电时，来自内部 SUPREG 串联稳定器的最大电流降至 $I_{ch(red)}(SUPREG)$ (5.4 mA)，此特性会减少串联稳压器的功耗。

7.2.3 高压侧驱动器浮动电源 (SUPHS 引脚)

高边驱动器由一个外部自举缓冲电容 C_{SUPHS} 供电。该自举电容连接在高边基准地引脚 HB 与高边驱动器电源输入引脚 SUPHS 之间。 C_{SUPHS} 由 SUPREG 引脚通过一个外部二极管 D_{SUPHS} 供电。

通过精心选择适当的二极管，可以减少 SUPREG 与 SUPHS 之间的压降，尤其是在使用大 MOSFET 和高开关频率时。

7.2.4 高压电源输入 (SUPHV 引脚)

在独立电源应用中，SUPHV 引脚连接至升压电压。 C_{SUPIC} 和 C_{SUPREG} 由 HV 启动源通过该引脚充电（该启动源将一个恒定电流从 SUPHV 传递至 SUPIC）。

SUPIC 引脚上的短路保护 (SCP-SUPIC; 参见第 7.9 节) 在 SUPIC 短接至接地引脚时将限制 HV 启动源的功耗。当 SUPIC 上的电压低于 $V_{scp}(SUPIC)$ 时，SCP-SUPIC 将 SUPHV 上的电流限制为 $I_{red}(SUPHV)$ 。

在正常工作条件下，SUPIC 引脚上的电压将在启动后迅速超过 $V_{scp}(SUPIC)$ ，并且 HV 启动源将切换至 $I_{nom}(SUPHV)$ 。

启动和重启过程中，HV 启动源将对 C_{SUPIC} 充电，并通过迟滞控制调节 SUPIC 上的电压。启动电平存在较低程度的迟滞 $V_{start}(hys)(SUPIC)$ 。当 V_{SUPIC} 超过启动电平 $V_{start}(hvd)(SUPIC)$ 时，HV 启动源将关断。之后通过 SUPHV 引脚 ($I_{tko}(SUPHV)$) 的功耗较低。

启动完成且 HBC 控制器工作时，SUPIC 可以通过 HBC 变压器的辅助绕组供电。在这种工作状态下，HV 启动源禁用。

7.3 流程图

TEA1716T 的工作流程可以分成多个状态参见图 3，图 3 中所用的缩写详见表 8。

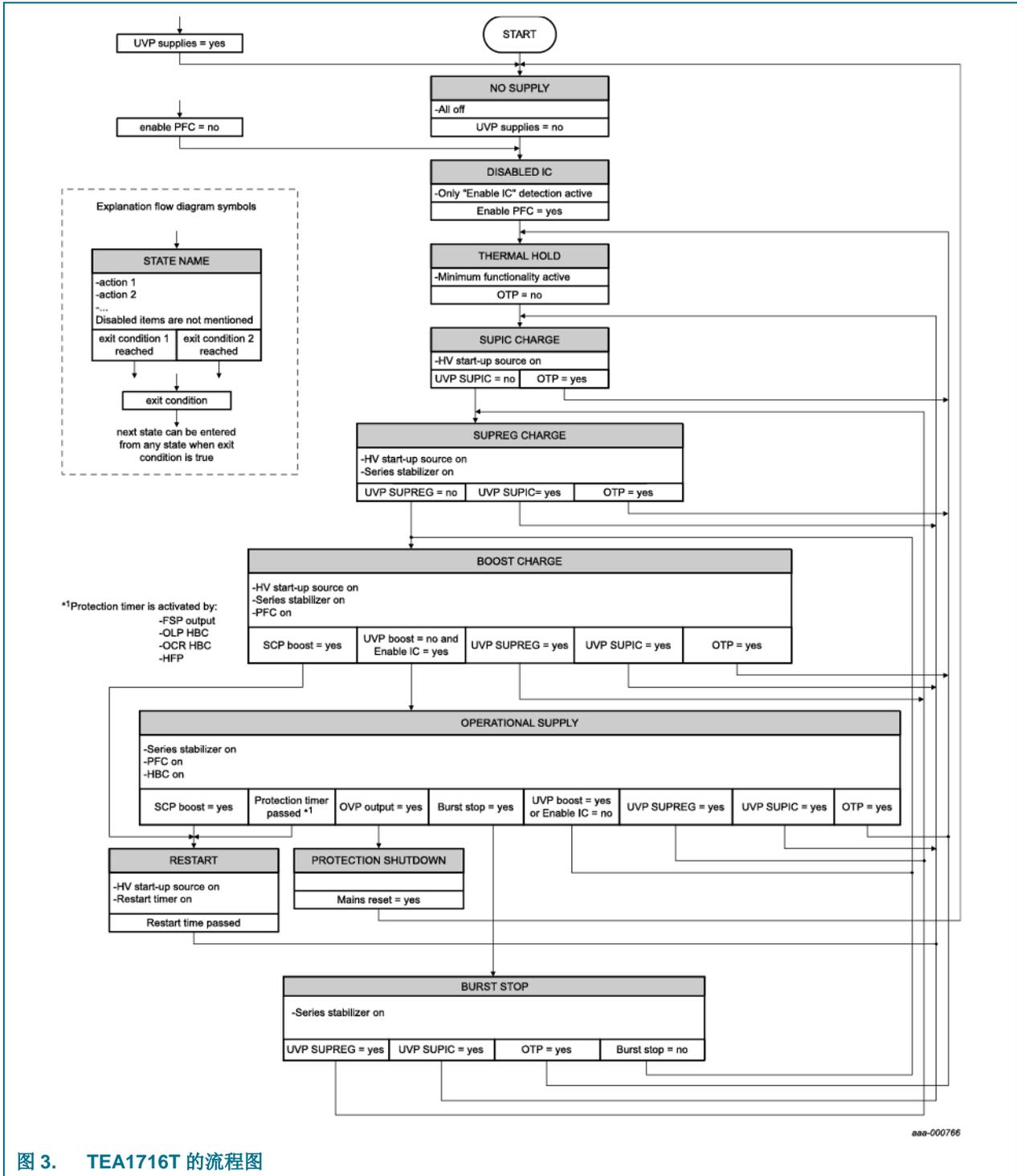


图 3. TEA1716T 的流程图

表 3. 运行状态

状态	说明
无电源	SUPIC 和 SUPHV 上的电源电压太低，提供不了任何功能。当 $V_{SUPHV} < V_{rst(SUPHV)}$ 和 $V_{SUPIC} < V_{rst(SUPIC)}$ 时，欠压保护（UVP 电源；参见第 7.9 节）激活。IC 被重置。
禁用 IC	由于 SSHBC/EN 引脚为低电平，IC 禁用。
热停止	只要 OTP 使能，则激活。IC 未工作。PFC 和 HBC 控制器禁用， C_{SUPIC} 和 C_{SUPREG} 未充电。
SUPIC 充电	HV 启动源为 IC 电源电容(C_{SUPIC})充电。 C_{SUPREG} 未充电。
SUPREG 充电	可调电源的电容(C_{SUPREG})由串联调压器充电。
升压充电	工作中的 PFC，提高升压电压。
工作中的电源	产生输出电压。PFC 和 HBC 控制器完全工作。
突发脉冲停止	适用于突发模式操作的节能状态。PFC 和 HBC 控制器禁用， C_{SUPIC} 未充电。 C_{SUPREG} 已充电。
重启	当保护功能触发时激活。重启定时器激活。在此期间，PFC 和 HBC 控制器禁用， C_{SUPREG} 未充电。 C_{SUPIC} 已充电。
保护关断	当保护功能触发时激活。IC 未工作。PFC 和 HBC 控制器禁用， C_{SUPIC} 和 C_{SUPREG} 未充电。

7.4 使能输入（SSHBC/EN 引脚）

可通过拉低 SSHBC/EN 引脚来禁用电源应用。

图 4 所示为内部功能。当 SUPHV 引脚或 SUPIC 引脚上存在电压时，电流 $I_{pu(EN)}$ (42 μ A) 从 SSHBC/EN 引脚流出。如果不下拉该引脚，则该电流将使电压升至 $V_{pu(EN)}$ (3 V)。由于该电压同时大于 $V_{en(PFC)(EN)}$ (1.2 V) 和 $V_{en(IC)(EN)}$ (2.2 V)，IC 使能。

当 SSHBC/EN 引脚上的电压通过光耦合器下拉至 $V_{en(PFC)(EN)}$ 和 $V_{en(IC)(EN)}$ 以下时，IC 禁用。光耦合器从 HBC 变压器次级侧驱动（参见图 4）。PFC 控制器立即停止开关，但 HBC 控制器会继续开关，直到低边脉冲激活为止。也可通过一个二极管从次级侧的另一个电路来控制 SSHBC/EN 引脚上的电压。外部下拉电流必须大于内部软启动充电电流 $I_{ss(hf)(SSHBC)}$ 。

如果 SSHBC/EN 引脚上的电压下拉至低于 $V_{en(IC)(EN)}$ 但不低于 $V_{en(PFC)(EN)}$ ，则仅 HBC 禁用。当 PFC 的升压电压连有另一个功率转换器时，这一功能非常有用。

当通过 SSHBC/EN 引脚禁用 HBC 时，HBC 的低边功率开关将开启。

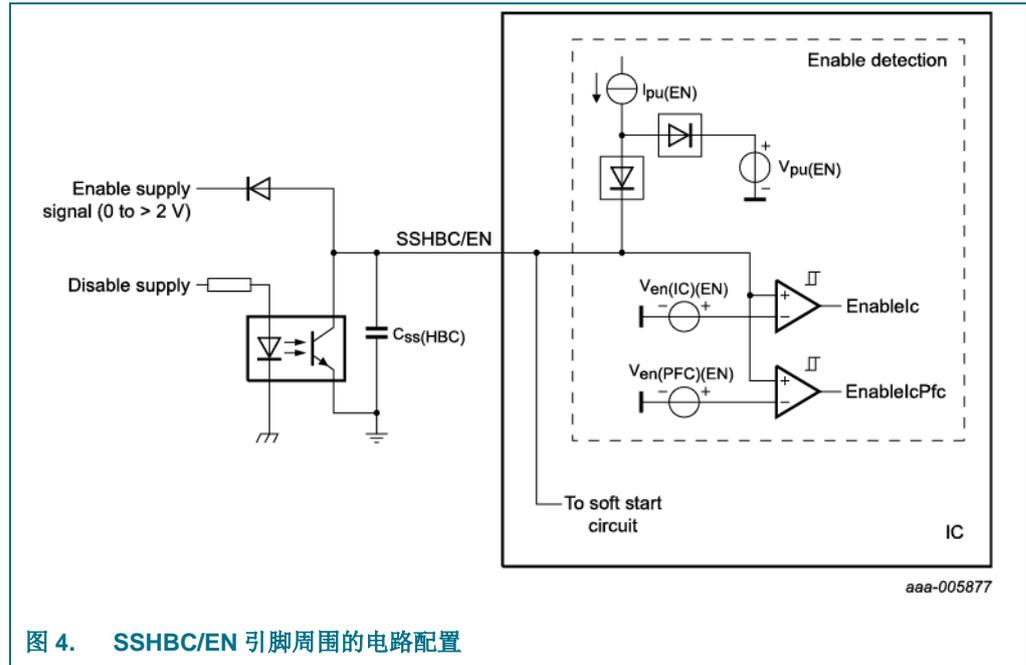


图 4. SSHBC/EN 引脚周围的电路配置

7.5 IC 保护

7.5.1 IC 重启和关断

除了影响 PFC 和 HBC 控制器运行的保护功能以外，同时提供多种保护功能，以禁用这两个控制器。请参看第 7.9 节保护功能概述部分，了解哪些保护功能激活重启或保护关断。

- 重启

当 TEA1716T 进入重启状态时，PFC 和 HBC 控制器关闭。在重启定时器规定的时间后，IC 将在正常启动周期之后自动重启。

- 保护关断

当 TEA1716T 进入保护关断状态时，PFC 和 HBC 控制器关闭。保护关断状态采用闩锁方式，因此 IC 不会再次自动启动。但可以通过下列方式之一重置保护关断状态来重启：

- 将 V_{SUPIC} 和 V_{SUPHV} 降低到低于各自的复位电平 $V_{rst(SUPIC)}$ 和 $V_{rst(SUPHV)}$
- 通过快速关断重置（参见第 7.5.3 节）。
- 通过使能引脚（参见第 7.4 节）

- 热停止

在热停止状态下，PFC 和 HBC 控制器关闭。热停止状态保持有效，直到 IC 结点温度降至比 T_{op} 低 $10^{\circ}C$ 左右（参见第 7.5.6 节）。

7.5.2 保护和重启定时器

TEA1716T 集成一个可编程定时器，可用于为多种保护功能定时。该定时器有两种使用方式——作为保护定时器和作为重启定时器。定时器的时序可以通过一个与 RCPROT 引脚相连的外部电阻 R_{prot} 和电容 C_{prot} 单独设置。

7.5.2.1 保护定时器

在采用保护措施前，可以允许某些错误条件持续一定时间。由保护定时器定义该保护时期——即在保护功能激活前允许错误持续的时间。有关利用保护定时器实现的保护功能，详见第 7.9 节保护功能概述部分。

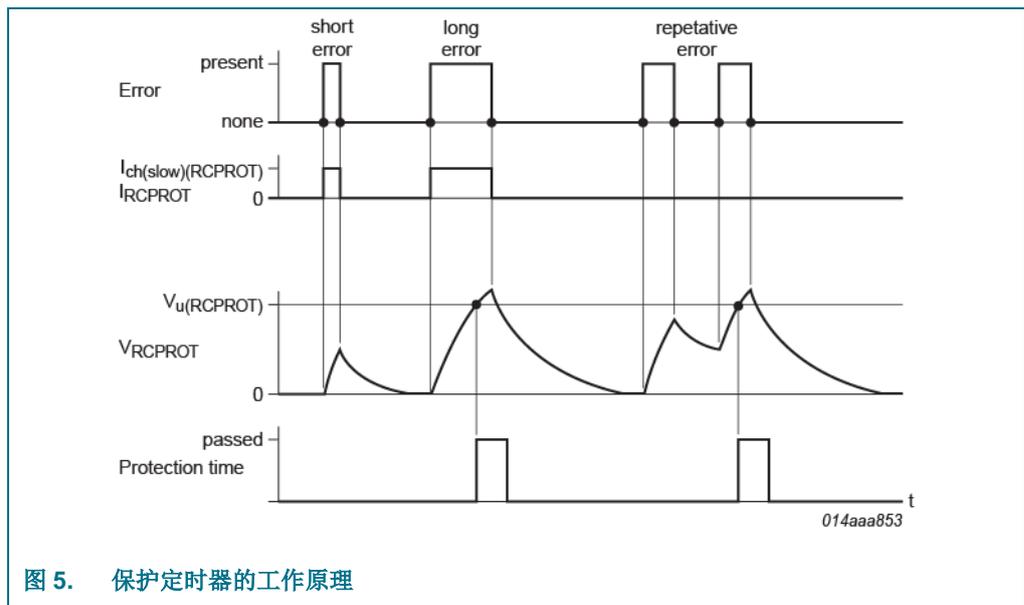


图 5 所示为保护定时器的工作原理。当错误条件发生时，一个固定电流 $I_{ch(slow)(RCPROT)}$ (100 μ A) 从 RCPROT 引脚流出并为 C_{prot} R_{prot} 充电，导致电压呈比例升高。当 RCPROT 引脚上的电压达到上限开关电平 $V_u(RCPROT)$ (4 V) 时，保护时间已过。当保护时间已过，会采取适当的保护措施，并使 C_{prot} 放电。

如果错误条件在 RCPROT 引脚电压达到 $V_u(RCPROT)$ 之前消失，则 C_{prot} 通过 R_{prot} 放电，且不会采取任何措施。

外部电路强迫重启，可导致 RCPROT 电压升高至 $V_u(RCPROT)$ 以上。

7.5.2.2 重启定时器

在某些错误条件下，IC 必须禁用一定时间，尤其是当错误条件可能导致器件过热时。在这种情况下，应在自动重启前禁用该 IC，以允许电源冷却。重启时间由重启定时器决定。重启定时器在重启状态下有效。有关激活重启的保护功能，详见第 7.9 节保护功能概述部分。

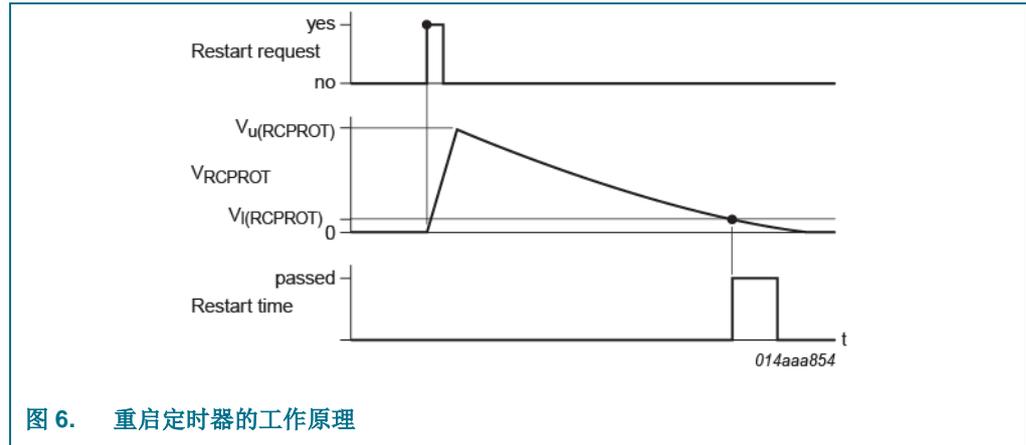


图 6. 重启定时器的工作原理

图 6 所示为重启定时器的工作原理。正常情况下， C_{prot} 放电至 0 V。当需要重启时， C_{prot} 被快速充电至切换电平上限 $V_{u(RCPROT)}$ 。此时，RCPROT 引脚变为高电阻， C_{prot} 通过 R_{prot} 放电，当 V_{RCPROT} 达到开关电平下限 $V_{l(RCPROT)}$ (0.5 V) 时，重启时间已过。此时，IC 重启， C_{prot} 放电。

7.5.3 快速关断重置 (SNSMAINS 引脚)

当 V_{SUPIC} 和 V_{SUPHV} 降至各自重置电平 ($V_{rst(SUPIC)}$ 和 $V_{rst(SUPHV)}$) 以下时，闩锁保护关断状态将被重置。一般地，PFC 升压电容 C_{boost} 需要在 V_{SUPIC} 和 V_{SUPHV} 降至其重置电平之前放电， C_{boost} 放电可能需要较长时间。

快速关断重置可以加快重置速度。当市电中断时，SNSMAINS 引脚上的电压将下降。当 $V_{SNSMAINS}$ 降至 $V_{rst(SNSMAINS)}$ 以下，然后再次升高一个迟滞值时，IC 将离开保护关断状态。升压电容 C_{boost} 无需放电，也可触发新的启动。

也可以通过下拉使能输入 (SSHBC/EN 引脚) 来结束保护关断状态。

7.5.4 输出过压保护 (SNSOUT 引脚)

TEA1716T 输出拥有过压保护 (OVP-输出；参见第 7.9 节)。输出电压可以通过谐振变压器的辅助绕组测量。该电压可以在 SNSOUT 引脚处通过一个外部整流器和电阻分压器感测。当 SNSOUT 电压超过 $V_{ovp(SNSOUT)}$ (3.5 V) 时，即会检测到过压。一旦检测到过压，TEA1716T 将进入保护关断状态。

可以将其他外部保护电路 (如外部 OTP 电路) 连接至该引脚。使用一个二极管将它们连接至 SNSOUT 引脚，以使错误条件能触发 OVP 事件。

7.5.5 输出启动失败保护，FSP 输出 (SNSOUT 引脚)

TEA1716T 输出拥有启动失败保护 (FSP 输出；参见第 7.9 节)。启动过程中，输出电压在一定时间内低于 $V_{fsp(SNSOUT)}$ 。只要电压下降的持续时间不超过预期，则不应视为错误条件。因此，当 $V_{SNSOUT} < V_{fsp(SNSOUT)}$ 时，保护定时器启动。

正常条件下，过了保护时间，输出电压已经存在，不需要作出保护动作。如果保护时间已过但 FSP 输出事件仍然有效，重启状态将被激活。

7.5.6 过温保护 (OTP)

TEA1716T 内置精确的内部过温保护功能。当结点温度超过过温保护激活温度 T_{otp} ($T_{otp} = 150^{\circ}\text{C}$) 时，IC 进入热停止状态。当温度再次下降至比 T_{otp} 低 10°C 左右时，TEA1716T 将退出热停止状态。

7.6 突发模式操作 (SNSBURST 引脚)

HBC 和 PFC 控制器可以工作于突发模式。在突发模式下，控制器将开启一定时间，然后关闭一定时间。在低负载条件下，突发模式可以提升效率。

SNSBURST 引脚上的电压将定义从电源运作状态 (= 突发开启时段) 向突发脉冲停止状态 (= 突发脉冲停止时段) 的过渡，以及返回。

SNSFB 引脚上的电压代表转化的功率水准。SNSBURST 引脚上的电压可以通过外部电阻分压器与 SNSFB 引脚关联。SNSBURST 引脚拥有一个内部转换电平 $V_{burst(SNSBURST)}$ (3.5 V) 和固定的迟滞 $V_{burst(hys)(SNSBURST)}$ (24 mV)。此外，可开关的电流流入 SNSBURST 引脚 $I_{burst(hys)(SNSBURST)}$ (3 μA)，外部分压器的电阻则决定有效迟滞。当 SNSBURST 电压低于 $V_{burst(SNSBURST)}$ 时，会流出电流

当 SNSBURST 引脚上的电压降至 $V_{burst(SNSBURST)}$ 以下时，PFC 和 HBC 控制器操作暂停。只要升压电压仍然低于调整水平，PFC 继续工作。然后以软停止的方式停止。当 GATELS 引脚激活之后，HBC 几乎直接停止。当 PFC 和 HBC 都停止开关时，进入突发脉冲停止模式。在突发停止状态下，IC 的功耗低，且 SNSOUT 引脚被拉低。SNSOUT 信息可用于在应用中实现更多功能。

当 SNSBURST 的电压增加到超过 $V_{burst(SNSBURST)} + V_{burst(hys)(SNSBURST)}$ 时，TEA1716T 离开突发停止状态，进入电源工作状态。PFC 以软启动开始操作。HBC 恢复正常工作，而不执行软启动过程。

直到 SNSOUT 引脚达到 $V_{fsp(SNSOUT)}$ 电平，才会进入突发模式操作，以免在启动期间激活不必要的突发模式。

7.7 PFC 控制器

PFC 控制器将整流市电电压转换成精确的可调整的升压电压，其值为 400 V (直流)。该控制器工作于准谐振(QR)模式或非连续导通模式(DCM)，通过一个导通时间控制系统控制。典型应用中，产生的市电谐波电流可以满足 D 类 MHR 要求。

PFC 控制器利用谷底开关来降低损耗。当前一次二次侧开通已结束且 PFC MOSFET 中的电压达到最小值时，才会启动初级开关。

7.7.1 PFC 栅极驱动器（GATEPFC 引脚）

功率 MOSFET 栅极的驱动电路具有 0.6 A 的扇出电流 $I_{\text{source(GATEPFC)}}$ 和 1.2 A 的吸入电流 $I_{\text{sink(GATEPFC)}}$ 。较高的扇出电流和吸入电流允许快速开启和关闭，确保实现高效运行。驱动器以可调整的 SUPREG 电源供电。

7.7.2 PFC 导通时间控制

PFC 工作于导通时间控制模式。PFC MOSFET 的导通时间取决于：

- 误差放大器以及通过 COMPPFC 引脚电压进行的环路补偿
 $V_{\text{ton(COMPPFC)zero}}$ (3.5 V) 时，导通时间降为零。 $V_{\text{ton(COMPPFC)max}}$ 时，导通时间取最大值
- 通过 SNSMAINS 引脚上的电压进行市电输入电压补偿

7.7.2.1 PFC 误差放大器（COMPPFC 和 SNSBOOST 引脚）

升压电压通过高阻分压器分压，然后馈入 SNSBOOST 引脚。跨导误差放大器与该引脚相连，该跨导将 SNSBOOST 电压与精确的可调整基准电压 $V_{\text{reg(SNSBOOST)}}$ 进行比较。输出电流通过 COMPPFC 引脚处的外部环路补偿网络过滤。在典型应用中，由 1 个电阻和 2 个电容设置调节环路的带宽。

误差放大器的跨导不是固定的，它可以改善启动行为和瞬时响应。当 SNSBOOST 电压比基准参考电压高 80 mV 或低于该电压时，跨导值大幅提高。结果就是，向 COMPPFC 引脚发送更高的输出电流。图 7 所示为跨导放大器的行为。

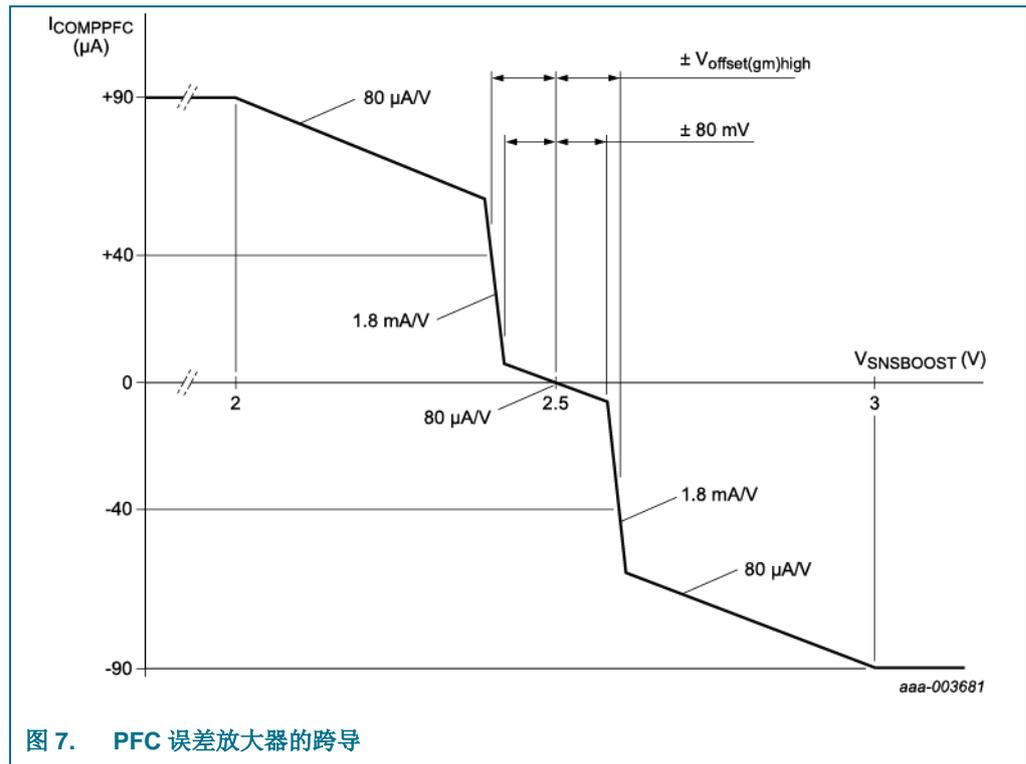


图 7. PFC 误差放大器的跨导

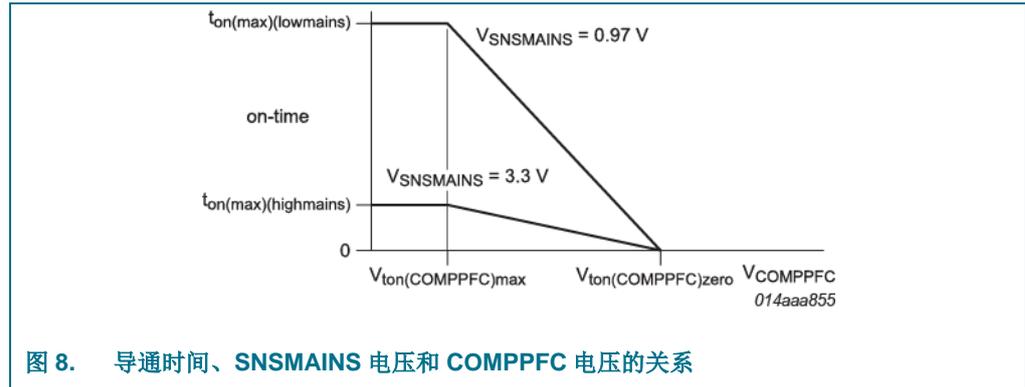
COMP_PFC 电压钳位于 $V_{\text{clamp}(\text{COMP}_\text{PFC})}$ 最大值。当升压电压上升至调节电平以上并持续一段时间时，此钳位可以避免恢复时间过长。

7.7.2.2 PFC 市电输入电压补偿 (SNSMAINS 引脚)

功率因数校正控制器转换功能数学公式包含市电输入电压的平方计算。在典型应用中，这会造成低市电输入电压低带宽。在高市电输入电压情况下，可能难于达到 MHR 要求。

TEA1716T 包括一个校正电路，用于对这种效应进行补偿。平均市电电压通过 SNSMAINS 引脚测量，测得的信息馈入一个内部补偿电路。

图 8 展示了 SNSMAINS 电压、COMP_PFC 电压和导通时间三者之间的关系。利用这种补偿，可在整个市电输入电压波动范围内保持恒定的调整回路带宽。这种特性能对负载变化做出快速瞬时响应，同时仍然满足 D 级 MHR 要求。



7.7.3 PFC 退磁感测 (SNSAUXPFC 引脚)

SNSAUXPFC 引脚上的电压用于检测放大器退磁。二次开通过程中，变压器被磁化，电流流入在升压输出电路中。在此期间， $V_{\text{SNSAUXPFC}} < V_{\text{demag(SNSAUXPFC)}} (-100 \text{ mV})$ ，PFC MOSFET 保持关闭。

一段时间后，变压器退磁，电流在升压输出中停止流动。此后， $V_{\text{SNSAUXPFC}} > V_{\text{demag(SNSAUXPFC)}}$ ，并启动谷底检测。MOSFET 保持关闭。

为了确保开关能在所有情况下都能连续，如果在 GATEPFC 变为低之后，未在 $t_{\text{to(mag)}} (50 \mu\text{s})$ 内检测到变压器磁化 ($V_{\text{SNSAUXPFC}} < V_{\text{demag(SNSAUXPFC)}}$)，则 MOSFET 将被强制开启。

将一个 $5 \text{ k}\Omega$ 的串联电阻连接至该引脚，以保护内部电路，使其免受雷击影响。电阻应靠近印刷电路板的 IC 放置，以避免因外部干扰而发生错误的开关。

7.7.4 PFC 谷底感测 (SNSAUXPFC 引脚)

如果 MOSFET 漏极的电压为最小值（谷底开关），下一击 PFC MOSFET 将被开启，击。这项操作可以减少开关损耗和 EMI（参见图 9）。

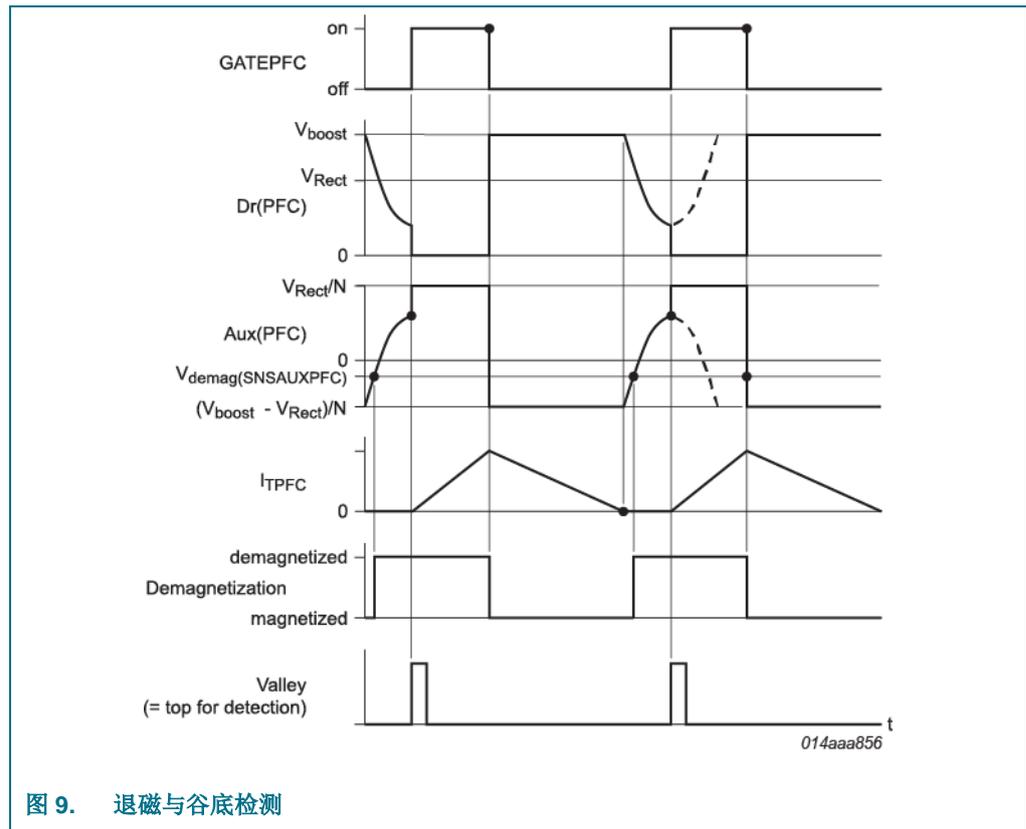


图 9. 退磁与谷底检测

由这个连接至 SNSAUXPFC 引脚的谷底检测模块检测谷底。该模块测量 PFC 变压器辅助绕组的电压，该电压反相并缩减复制了 MOSFET 漏极电压。当检测到漏极电压的谷底 (= SNSAUXPFC 电压的峰值) 时，MOSFET 开启。

如果在检测到退磁之后的 $t_{to(vrec)}$ ($4 \mu s$) 之内，未在 SNSAUXPFC 引脚上检测到峰值 (= 漏极电压的谷底)，则 MOSFET 被强制开启。

7.7.5 PFC 频率和关闭时间限制

为了优化变压器、减少开关损耗，开关频率限为 $f_{max(PFC)}$ 。如果准谐振模式频率高于 $f_{max(PFC)}$ ，系统将切换到断续导通模式。当漏源电压最小时（谷底开关），PFC MOSFET 开启。

最小关断时间限制为 $t_{off(PFC)min}$ ，以确保在所有情况下均能对 PFC MOSFET 进行适当的控制。

7.7.6 PFC 软启动和软停止（SNSCURPFC 引脚）

PFC 控制器具备软启动功能，能在启动时缓慢提高一次侧的峰值电流；软停止功能则用于在停止工作前缓冲降低变压器峰值电流。这些功能是为了防止变压器在启动时或突发模式过程中发出声响。

在 SNSCURPFC 引脚和电流感测电阻 $R_{cur(PFC)}$ 之间连接电阻 $R_{ss(PFC)}$ 和电容 $C_{ss(PFC)}$ 可以达到此效果。启动时，一个内部电流源 $I_{ch(ss)(PFC)}$ 将电容充电至 $V_{SNSCURPFC} = I_{ch(ss)(PFC)} \times R_{ss(PFC)}$ 。

电压被限制到 PFC 软启动钳位电压的最大值 $V_{clamp(ss)PFC}$ 。充电电容中的额外电压将导致峰值电流减少。启动后，内部电流源关闭，电容 $C_{ss(PFC)}$ 通过 $R_{ss(PFC)}$ 放电，峰值电流升高。

启动电平和正在升高的一次侧电流的时间常数可以通过改变 $R_{ss(PFC)}$ 和 $C_{ss(PFC)}$ 的值，实现外部调节。

$$I_{Cur(PFC)(pk)} = \frac{V_{ocr(PFC)} - (I_{ch(ss)(PFC)} \times R_{ss(PFC)})}{R_{cur(PFC)}}$$

$$\tau = R_{ss(PFC)} \times C_{ss(PFC)}$$

开启内部电流源 $I_{ch(ss)(PFC)}$ 会启动软启动。 $I_{ch(ss)(PFC)}$ 对 $C_{ss(PFC)}$ 充电。不断升高的电容电压将减少峰值电流。当 SNSCURPFC 引脚上的电压低于最大 PFC 软启动电压(0.5 V)时，有充电电流流出。如果 $V_{SNSCURPFC}$ 超过最大 PFC 软启动电压，则软启动电流源将开始限制充电电流。为了准确确定电容是否充电，只在 PFC 电源开关关闭时测量电压。当 $V_{SNSCURPFC} > V_{stop(ss)(PFC)}$ 时，PFC 停止工作。

在突发停止状态下，PFC 没有运行，且 SNSCURPFC 引脚保持在 PFC 软启动电压的最大值，在 PFC 必须在突发停止状态后运行时，立即启动软启动过程。

7.7.7 PFC 过流调整，OCR-PFC (SNSCURPFC 引脚)

最大峰值电流逐周期进行限制，其方法是对连接至外部 MOSFET 源的一个外部感测电阻 ($R_{cur(PFC)}$) 中的电压进行检测。该电压通过 SNSCURPFC 引脚测量，门限值为 $V_{ocr(PFC)}$ 。

当 PFC MOSFET 开启漏极电容被放电时， $V_{SNSCURPFC}$ 上将出现电压峰值。前沿消隐时间 ($t_{ieb(PFC)}$) 可确保过流感测模块不会对这种短时峰值作出反应。

7.7.8 PFC 输入电压欠压保护/掉电保护，UVP-输入电压 (SNSMAINS 引脚)

对 SNSMAINS 引脚上的电压进行持续检测，以防止 PFC 工作于极低的市电输入电压。当 $V_{SNSMAINS} < V_{uvp(SNSMAINS)}$ ，PFC 开关停止。市电欠压保护也称掉电保护。

$V_{SNSMAINS}$ 钳位至最小值 $V_{pu(SNSMAINS)}$ ，以便在市电电压在掉电后恢复时快速重启。当 $V_{SNSMAINS}$ 超过启动电平 $V_{start(SNSMAINS)}$ 时，PFC 启动或重新启动。

7.7.9 PFC 升压过压保护, OVP-升压 (SNSBOOST 引脚)

内置过压保护电路的目的是防止在负载级和输入电压瞬变过程中发生升压电压过压。当 SNSBOOST 引脚上的电压 $> V_{ovp}(SNSBOOST)$, 功率因数校正电路将被禁止开关。

当 $V_{SNSBOOST}$ 再次降至 $V_{ovp}(SNSBOOST)$ 以下时, PFC 将恢复开关。

当 SNSBOOST 引脚与接地之间的电阻发生开路时, 也会激活过压保护。

7.7.10 PFC 短路/开环保护, SCP/OLP-PFC (SNSBOOST 引脚)

在 SNSBOOST 引脚电压超过 $V_{scp}(SNSBOOST)$ 之前, PFC 电路不会开始开关, 这充当着升压电压的短路保护功能 (SCP-升压)。

SNSBOOST 引脚吸入较小的输入电流 $I_{prot}(SNSBOOST)$ 。如果该引脚断开, 该电流将下拉 $V_{SNSBOOST}$, 激发短路保护 (SCP-升压)。这种组合形成了一种开环保护 (OLP-PFC)。

7.8 HBC 控制器

HBC 控制器将来自 PFC 的 400 V 升压电压转换为一个或多个可调整的直流电压, 并驱动半桥结构中连至变压器的两个外部 MOSFET。该变压器与谐振电容和输出端的负载一起构成谐振电路。该变压器拥有一个漏电感和一个磁化电感。调节通过频率控制实现。

7.8.1 HBC 高边和低边驱动器 (GATEHS 和 GATELS 引脚)

两种驱动器有着相同的驱动能力。各驱动器的输出连接到一个外部高压功率 MOSFET 的栅极。

低边驱动器以 PGND 引脚为基准, 由 SUPREG 引脚供电。

高边驱动器为浮动模式。高边驱动器以 HB 引脚为基准, 连至外部半桥的中点。高边驱动器由 SUPHS 引脚供电, 后者连至外部自举电容 C_{SUPHS} 。在低边 MOSFET 开启时, 该自举电容由 SUPREG 通过外部二极管 D_{SUPHS} 充电。

7.8.2 HBC 升压欠压保护, UVP-升压 (SNSBOOST 引脚)

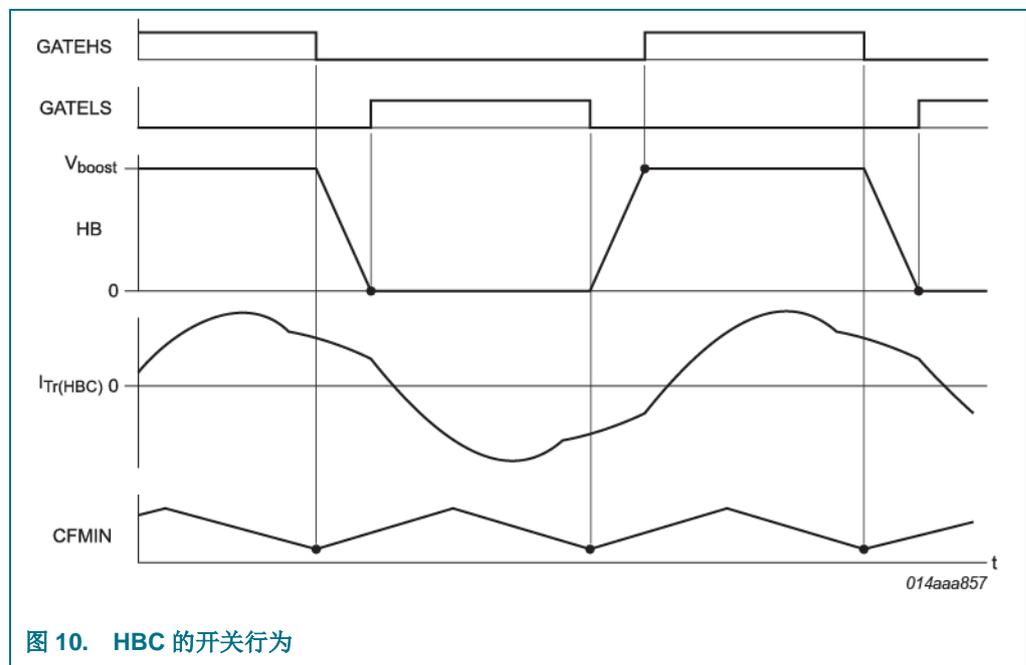
对 SNSBOOST 引脚上的电压进行持续检测, 以防止 HBC 控制器工作于极低的升压输入电压。当 $V_{SNSBOOST} < V_{uvp}(SNSBOOST)$, HBC 将在下次 GATELS 变高时停止开关。当 $V_{SNSBOOST} > V_{start}(SNSBOOST)$ 时, HBC 将恢复开关。

7.8.3 HBC 开关控制

HBC 开关控制决定 MOSFET 何时开启和关闭。该开关使用来自多个其他模块的输出。

- 分压器被用来实现高边和低边 MOSFET 在各振荡器周期的交替开关。振荡器频率为半桥频率的两倍。
- 受控振荡器确定关闭点。
- 自适应非交叠时间感测决定开启点。此功能就是自适应非交叠时间功能。
- 数个保护电流和 SSHBC/EN 输入的状态决定是否允许谐振转换器开始开关。
- 启动时，GATELS 引脚处于高电平。节点 HB 被拉至接地，自举电容 C_{SUPHS} 充电。
- 突发关闭期间，GATELS 和 GATEHS 均处于低电平。禁用的 MOSFET 会阻止谐振回路放电。

图 10 简要显示了典型的开关行为。



7.8.4 HBC 自适应非交叠(ANO)时间功能 (HB 引脚)

7.8.4.1 感性模式 (正常工作)

谐振转换器的高频特性是功率 MOSFET 零电压开关(ZVS)的结果，也称为软开关。为了便于软开关，需要在高边和低边 MOSFET 的导通时间之间设定一个较小的非交叠时间。在该非交叠时间期间，一次侧谐振电流对接地与升压电压之间的半桥电容进行充电或放电。

充电或放电之后, MOSFET 的体二极管开始导通。由于跨过 MOSFET 的电压为零, 因此, 当 MOSFET 开启时, 不存在开关损耗。这种工作模式被称为感性模式。在感性模式中, 开关频率高于谐振频率, 且谐振回路具有电感阻抗。

HB 电压跳变所需时间取决于谐振电流在开关时刻的幅度。该幅度、频率、升压电压以及输出电压之间的关系非常复杂。理想情况下, IC 应在 HB 跳变完成时立即开启 MOSFET。如果等待较长时间, HB 电压则可能回归原位, 高输出负载下尤其如此。因为先进的自适应非交叠时间的原因, 不需要选择固定的死区时间 (这始终是一种妥协方案)。这样可以减少外部元件的数量。

自适应非交叠时间感测在一个 MOSFET 关闭之后对 HB 的斜率进行测量。正常情况下, HB 斜率会立即开始 (即电压开启上升或下降)。HB 节点处的跳变一旦完成, 斜坡即终止 (电压停止上升/下降)。这种斜坡终止点由 ANO 时间传感器检测, 另一个 MOSFET 开启。这样可以自动优化非交叠时间, 降低开关损耗, 即使 HB 跳变无法完全完成, 亦无影响。

图 11 展示了自适应非交叠时间功能在感性模式下的工作情况。

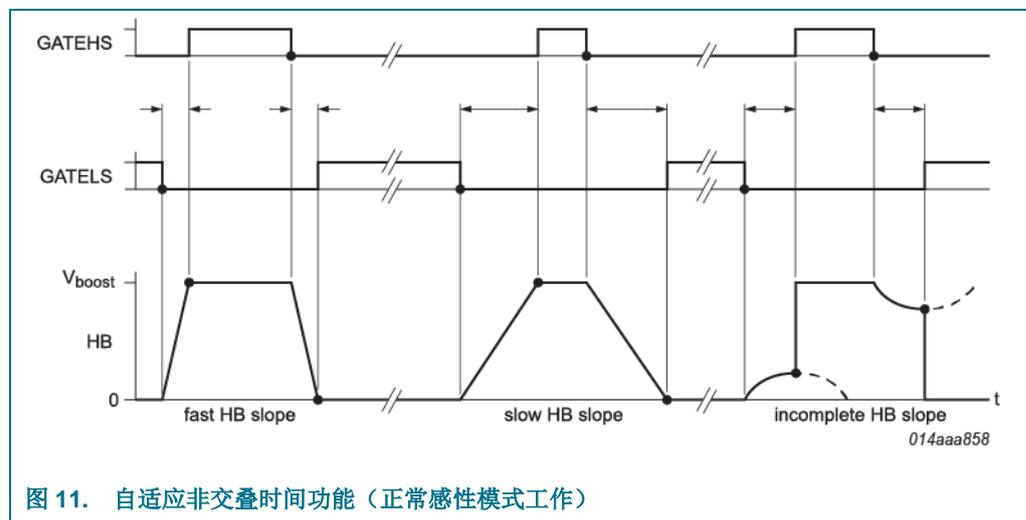


图 11. 自适应非交叠时间功能 (正常感性模式工作)

非交叠时间取决于 HB 斜坡, 但有上下限。

集成的最小非交叠时间($t_{no(min)}$)可以防止发生任何交叠导通。

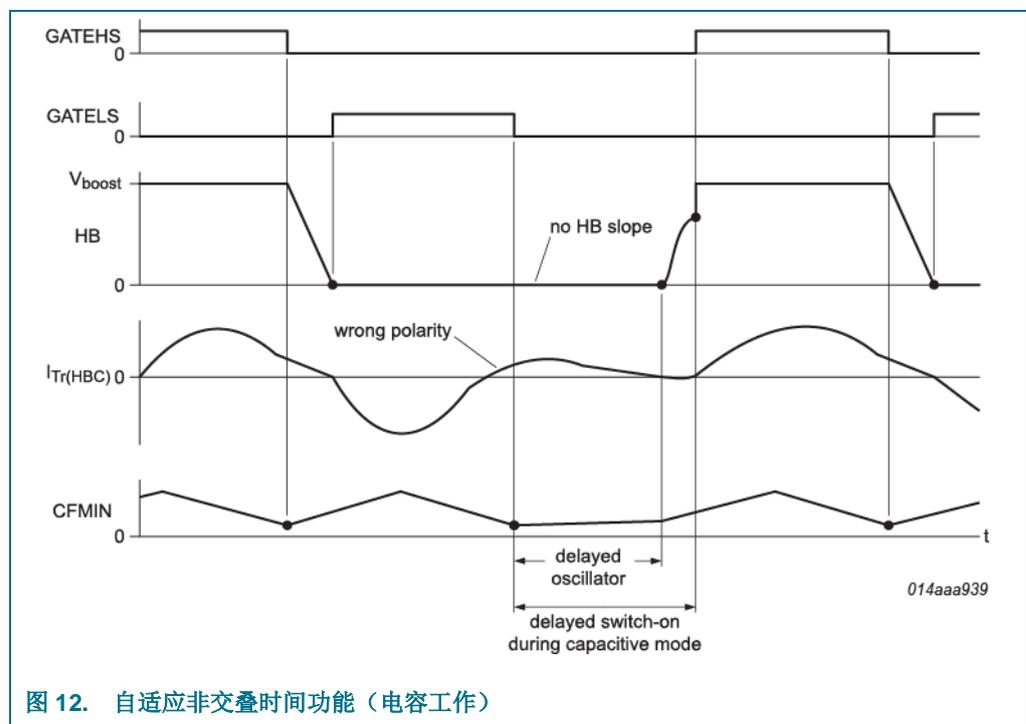
最大非交叠时间不得超过振荡器充电时间。如果 HB 斜坡的持续时间超过振荡器充电时间 (HB 开关周期的 $1/4$), 则 MOSFET 将被强制开启。此时, MOSFET 不是软开关。这种限制可以确保, MOSFET 导通时间至少为 HB 开关周期的 $1/4$ 。

7.8.4.2 容性模式

第 7.8.4.1 节的描述适用于开关频率高于谐振频率的正常工作模式。当出现错误条件时（如输出短路、负载脉冲过高等），开关频率可能比谐振频率低。此时，谐振回路将出现容性阻抗。在容性模式下，HB 斜坡不会在 MOSFET 开启后启动。这种情况下，不建议开启另一个 MOSFET。软开关的缺失会导致 MOSFET 中的功耗增加。容性模式下，关闭的 MOSFET 的体二极管可能会开始导通。此时开启另一个 MOSFET 可能会立即损坏 MOSFET。

TEA1716T 具有先进的自适应非交叠时间功能，会一直等到半桥节点的斜坡开始为止。这样可以确保 MOSFET 在所有情况下均能安全开关。图 12 展示了自适应非交叠时间功能在容性模式下的工作情况。

在容性模式下，在谐振电流变回正确的极性并开始对半桥节点充电之前，谐振周期可能会流逝一半。振荡器将变慢，直到半桥斜坡开始支持相对较长的等待时间为止。有关振荡器的更多详情，请参看第 7.8.5 节。



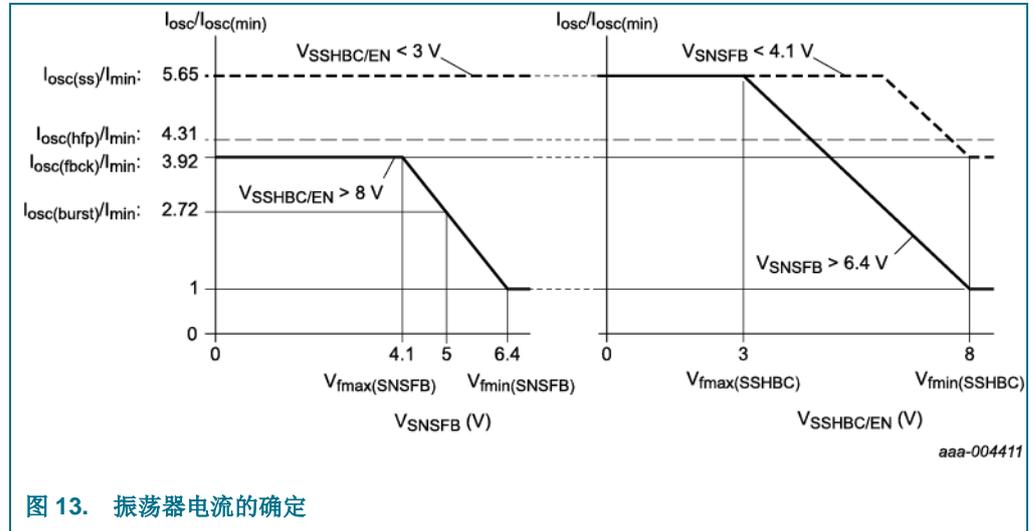
如果半桥斜坡未能启动且振荡器电压达到 $V_u(CFMIN)$ ，则 MOSFET 将被强制开启。

开关频率升高，以消除与容性工作模式相关的问题，请参见第 7.8.11 节。

7.8.5 HBC 斜坡控制振荡器 (CFMIN 引脚)

斜坡控制振荡器决定半桥的开关频率。振荡器在外部电容 C_{fmin} 的 $V_{u(CFMIN)}$ 和 $V_{l(CFMIN)}$ 之间产生一个三角波形。

图 13 展示了频率的确定方式。



两个外部元件决定频率范围：

- 连接于 CFMIN 引脚与接地之间的电容 C_{fmin} 与内部调节电流源 $I_{osc(min)}$ 共同设定最小频率
- 内部电阻 R_{fmax} 设定频率范围，从而确定最大频率。电阻 R_{fmax} 为固定至（典型值：18 k Ω ）

振荡器频率取决于 C_{fmin} 的充电和放电电流。充电和放电电流含有一个固定组分 $I_{osc(min)}$ ，用于决定最小频率。此外，包含一个可变元件，比流经电阻 R_{fmax} 中的电流大 4.9 倍：

- 在最大频率时，电阻 R_{fmax} 中的电压为 $V_{fmin(RFMAX)}$ (0 V)
- 最大反馈频率下，电阻 R_{fmax} 的电压为 $V_{fmax(fb)(RFMAX)}$ (1.5 V)
- 最大软启动频率下，电阻 R_{fmax} 的电压为 $V_{fmax(ss)(RFMAX)}$ (2.5 V)

振荡器的最大频率由内部进行限制。HB 频率限制为 $f_{limit(HB)}$ （最小值：500 kHz）。

振荡器由半桥斜坡控制。振荡器充电电流开始时设为低值 $I_{osc(red)}$ (30 μ A)。当检测到半桥斜坡开始时，充电电流升至正常值。这一功能与第 7.8.4.2 节和图 12 所述自适应非交叠时间功能结合使用。

正常情况下，由于半桥斜坡直接在 MOSFET 开启后开始，振荡器电流的持续时间较低。

7.8.6 HBC 反馈输入（SNSFB 引脚）

在典型电源应用中，在次级侧对输出电压进行比较和放大。误差放大器的输出通过一个光耦合器传递至初级侧。该光耦合器可以直接连接至 SNSFB 引脚。光耦合器中的电流设置可以通过外部上拉电阻进行选择。

SNSFB 引脚是一个电压输入。SNSFB 电压为 $V_{\text{fmin(SNSFB)}}$ (6.4 V) 时，频率最小。最大频率在 $V_{\text{fmax(SNSFB)}}$ (4.1 V) 时达到。使用 SNSFB 引脚可以达到的最大频率比使用 SSHBC/EN 引脚可以达到的最大频率低(70%)。

7.8.7 HBC 开环保护，OLP-HBC（SNSFB 引脚）

正常工作条件下，光耦合器电流位于 $I_{\text{fmin(SNSFB)}}$ 和 $I_{\text{fmax(SNSFB)}}$ 之间，会下拉 SNSFB 引脚处的电压。受反馈环路错误的影响，该电流可能低于 $I_{\text{fmin(SNSFB)}}$ ，而 HBC 控制器则输出最大功率。

HBC 控制器具有开环保护功能(OLP)，对 SNSFB 引脚上的电压进行监控。当 V_{SNSFB} 超过 $V_{\text{olp(SNSFB)}}$ 时，保护定时器启动。如果保护时间已过但 OLP 条件仍然存在，结果将激活重启状态。

7.8.8 HBC 软启动（SSHBC/EN 引脚）

开关频率与输出电流之间的关系并非恒定不变。它对输出电压和升压电压具有较强的依赖性。这种关系可能非常复杂。TEA1716T 集成软启动功能，用以确保谐振转换器以安全电流启动或重启。该软启动功能强迫 HBC 在高频下启动，结果使电流符合所有条件要求。然后，软启动将缓慢降低频率。正常情况下，输出频率调节将在软启动达到最小频率之前接管频率控制。在启动过程中限制输出电流同时也会限制输出电压上升的速度并防止过冲。

软启动使用 SSHBC/EN 引脚上的电压。外接电容 $C_{\text{ss(HBC)}}$ 会设置软启动时间。引脚 SSHBC/EN 也被用作使能输入。软启动电压电平高于使能电压阈值。

7.8.8.1 软启动电压电平

图 13 所示为 SSHBC/EN 引脚上的软启动电压和振荡器电流之间的关系。

初始启动时， $V_{\text{SSHBC/EN}} < V_{\text{fmax(SSHBC)}}$ (3.2 V)，这与最大频率对应。启动期间， C_{SSHBC} 充电， $V_{\text{SSHBC/EN}}$ 升高，频率下降。 $V_{\text{SSHBC/EN}} > V_{\text{fmin(SSHBC)}}$ (8.0 V) 时，软启动功能对频率的贡献为零。

$V_{\text{SSHBC/EN}}$ 钳位于 $V_{\text{clamp(SSHBC)}}$ (8.4 V) 最大值(频率最小)和最小值(≈ 3 V)。低于 $V_{\text{fmax(SSHBC)}}$ (最大频率) 时，放电电流降至最大频率软启动电流 (5 μA)。电压钳位于最小值 $V_{\text{pu(EN)}}$ (3 V)。两个钳位电平都位于 $V_{\text{fmax(SSHBC)}}$ 至 $V_{\text{fmin(SSHBC)}}$ 工作范围之外。该裕量可以在正常输出电压调节期间避免频率干扰，同时确保过流调整可以快速响应。

7.8.8.2 软启动充电和放电

初次启动时，软启动电容 $C_{SS(HBC)}$ 充电以使频率扫描从最大下降至工作频率。软启动功能被用于软启动谐振转换器和调整目的（例如过流调整）。因此，可以对 $C_{SS(HBC)}$ 进行充电或放电。在过流调整情况下，将在充电和放电之间连续交换。这样可以对 $V_{SSHBC/EN}$ 进行调节，从而使来自反馈输入的信号无效。

充电和放电电流的值可以较高 $I_{SS(hf)(SSHBC)}$ (160 μA)，从而实现快速充电和放电。也可能为低值 $I_{SS(lf)(SSHBC)}$ (40 μA)，导致充电和放电速度慢。这种双速软启动扫描设计不但可以使谐振转换器启动时间短，还能获得稳定的调节环路（如过流调节）。

快速充电和放电用于频率范围的上半部分，其中 $V_{SSHBC/EN} < V_{SS(hf-lf)(SSHBC)}$ (5.6 V)。在上半部分频率范围中，转换器中的电流不会对频率变化作出强烈反应。

慢速充电和放电用于频率范围的下半部分，其中 $V_{SSHBC/EN} > V_{SS(hf-lf)(SSHBC)}$ (5.6 V)。在下半部分频率范围中，转换器中的电流会对频率变化作出强烈反应。

[第 7.8.10.2 节](#)描述了双速软启动功能用于过流调节的方式。

在突发模式下，软启动电容在非工作时间不会充电或者放电。在此过程中，软启动电压不会发生变化。

7.8.8.3 软启动重置

有些保护功能（如过流保护）要求快速校正工作频率设定点，但不会要求停止开关。请参看 [第 7.9 节](#)，详细了解哪些保护功能利用这一步骤来获得最大频率。TEA1716T 有一个针对 HBC 控制器的特别快速软启动重置功能，该 HBC 控制器迫使跳至最大频率。在 HBC 控制器通过 SSHBC/EN 引脚使能时或者在重启之后，软启动重置还可用于确保最大频率下能实现安全启动。在突发模式下，当停止工作时，不使用软启动重置。

当保护功能激活时，振荡器控制输入从连接于 SSHBC/EN 引脚与接地之间的软启动电容 $C_{SS(HBC)}$ 断开，开关频率立即设为最大频率。在多数情况下，将开关频率设为最大值会恢复安全开关工作模式。与此同时，电容放电至最大频率电平 $V_{fmax}(SSHBC)$ 。 $V_{SSHBC/EN}$ 一旦达到该电平，振荡器控制输入将再次连接 SSHBC/EN 引脚，其后进行正常的软启动扫描。[图 14](#)所示为软启动重置和双速下向频率扫描。

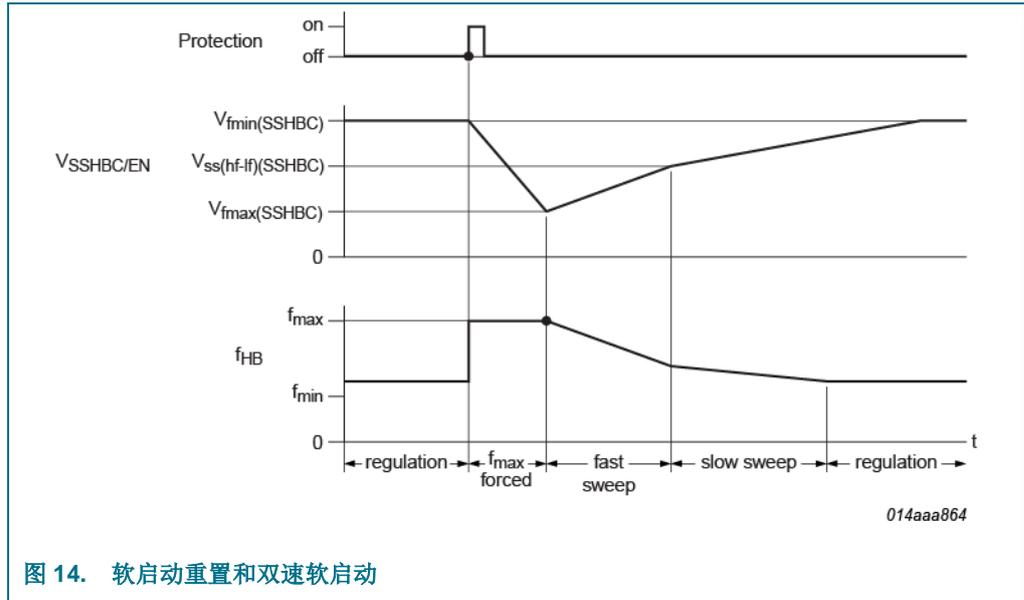


图 14. 软启动重置和双速软启动

7.8.9 HBC 高频保护，HFP-HBC

正常情况下，转换器不会连续工作于最大频率，因为它会向下扫描至较低值。某些错误条件（如变压器断开）可能使转换器连续工作于最大频率。如果零电压开关条件不复存在，则 MOSFET 可能过热。TEA1716T 采用针对 HBC 控制器的高频保护功能(HFP)，以防止 HBC 控制器在这类情况下损坏。

HFP 感测内部电阻 R_{fmax} 上的电压。该电压指示电流频率。当该频率比较软启动频率范围高 75 % 时，保护定时器启动。这个 75 % 相当于 R_{fmax} 的电压值为 $V_{hfp(RFMAX)}$ (4.31 V)。

7.8.10 HBC 过流调节和保护，OCR 和 OCP（SNSCURHBC 引脚）

HBC 控制器有两种过流保护方式：

- 过流调整(OCR)，会缓慢增加频率；保护定时器同时启动。
- 过流保护(OCP)，跳变至最大频率。

芯片的升压电压补偿功能，用于减少输出电流保护电平的变化。

7.8.10.1 升压补偿

一次侧电流（亦称谐振电流）通过 SNSCURHBC 引脚感测。该引脚对通过外部电流感测电阻 $R_{cur(HBC)}$ 的瞬时电压进行感测。通过利用瞬时电流信号，可以实现快速过流保护，有利于简化过流调整的稳定设计。OCR 和 OCP 比较器将 $V_{SNSCURHBC}$ 与最大正负值进行比较。

输出功率相同时，当升压电压低时，一次侧电流较高。集成一种升压补偿功能，用于减少保护输出电流电平对升压电压的依赖。升压补偿从 SNSCURHBC 引脚获得扇出电流和吸入电流。该电流会在串联电阻 R_{curcmp} 上产生压降。

电流的幅度与升压电压呈线性关系。额定升压电压下，电流为零，电流感测电阻中的电压 $V_{Cur(HBC)}$ 同样存在于 SNSCURHBC 引脚。UVP-升压电压欠压开始点 $V_{Uvp(SNSBOOST)}$ 下，电流为最大值。吸入电流或扇出电流的方向取决于有效栅极信号。 R_{curcmp} 上形成的压降会降低引脚的电压幅度，结果导致有效电流保护电平升高。 R_{curcmp} 值设置补偿量。图 15 展示了升压补偿在人为的电流信号下的工作原理。吸入补偿电流仅当 $V_{SNSCURHBC}$ 为正时流动，这是电路设计使然。

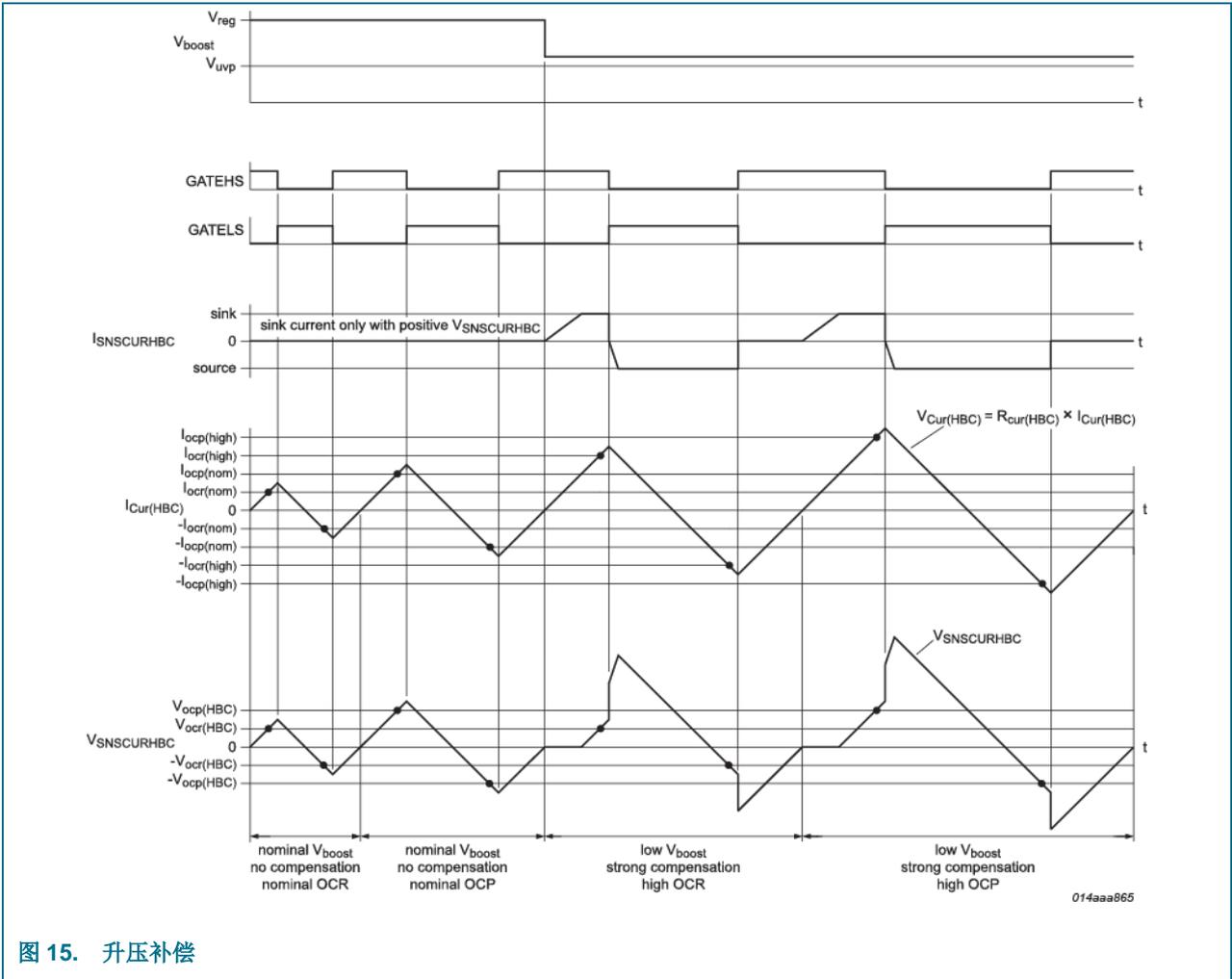


图 15. 升压补偿

7.8.10.2 过流调整(OCR-HBC)

SNSCURHBC 引脚处的最低比较器电平 $V_{ocr(HBC)}$ (-0.5 V 和 +0.5 V)，与过流调整电压相关。正极性和负极性均配有比较器。在高边导通时间期间以及在高边-低边非交叠时间之后，正比较器有效。在其余时间，负比较器有效。如果超过其中一个电平，频率将缓慢升高。对软启动电容放电可以达到。

每当超过 **OCR** 电平时，事件将锁存起来，直到下次开关为止，同时开始软启动放电。当同时超过正负 **OCR** 电平时，软启动放电电流将连续流动。

过流调整对于限制启动期间的输出电流十分有效。可用一个小软启动电容来实现快速启动。虽然使用小电容有时可能会使输出电流过高，但 **OCR** 功能将在必要时放缓频率扫描速率，以使输出电流保持于指定范围之内。图 16 所示为 **OCR** 在输出电压启动过程中的工作原理。

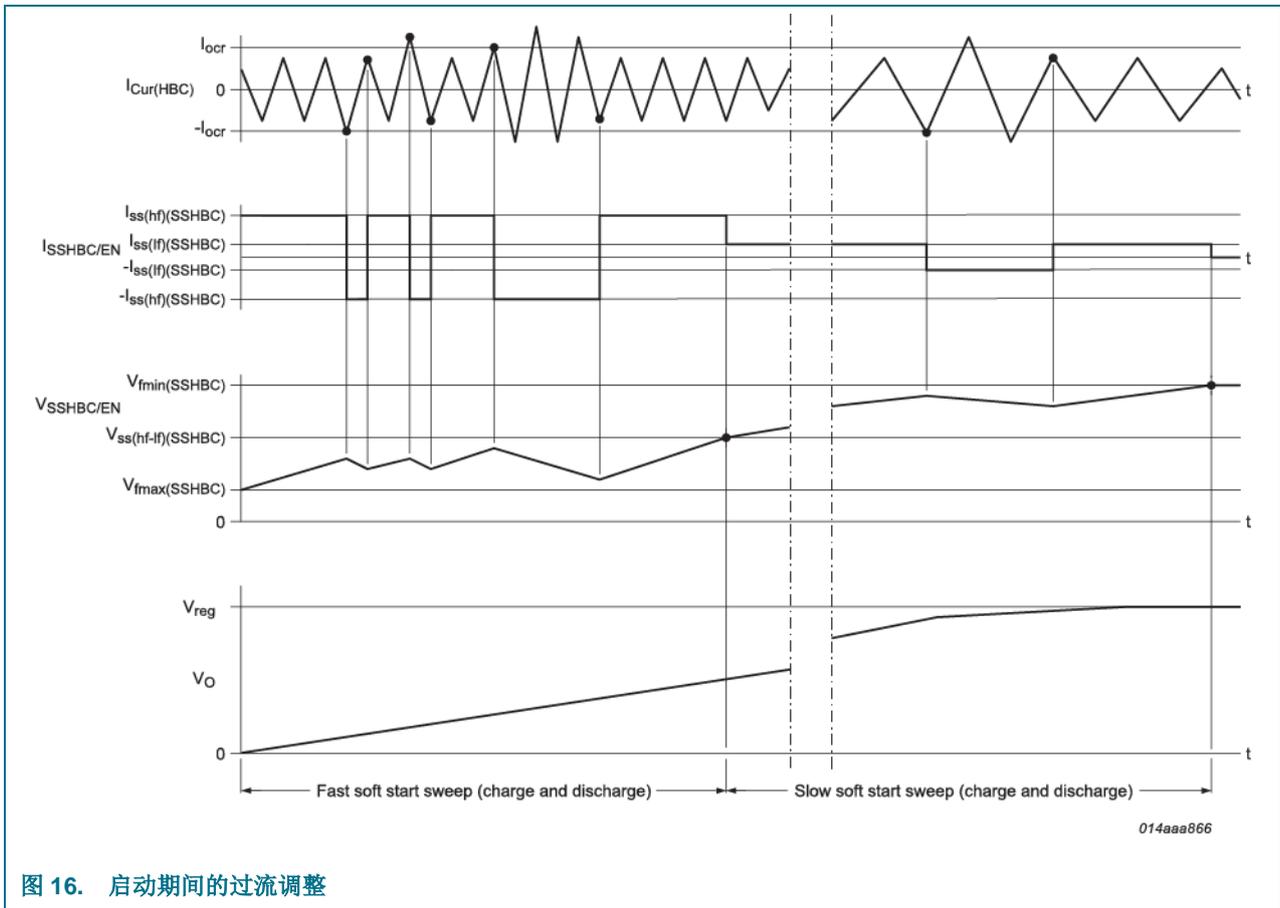


图 16. 启动期间的过流调整

保护定时器同时启动。如果保护时间已过但 **OCR-HBC** 条件仍然存在，结果将激活重启状态。

7.8.10.3 过流保护(OCP-HBC)

正常工作条件下，**OCR** 可以确保电流保持在指定的最大值之下。然而，当发生某些错误条件时，可能速度不够快，无法限制电流。采用 **OCP** 就是为了防止这类错误条件的不利影响。**OCP** 电平 $V_{ocp(HBC)}$ (-1.75 V 和 $+1.75\text{ V}$) 高于 **OCR** 电平 $V_{ocr(HBC)}$ 。

当达到 OCP 电平时，频率将通过软启动重置立即跳至最大值，其后是正常的向下扫描。

7.8.11 HBC 容性模式调节, CMR (HB 引脚)

半桥中的 MOSFET 驱动着谐振电路。依据具体的输出负载、输出电压和开关频率，该谐振电路可能拥有感性阻抗或容性阻抗。最好是电、感性阻抗，因为它有利于实现高效的零电压开关。

容性模式下，由自适应非交叠时间功能来避免有害的开关（见第 7.8.4.2 节）。同时执行额外操作，结果产生容性模式调整(CMR)。CMR 使半桥电路从容性模式返回感性模式。

在 MOSFET 关闭之后，如果 HB 斜坡未在 $t_{to(cmr)}$ 之内启动，将检测到容性模式。检测到容性模式将增加开关频率。这种增加的方式是：从 $t_{to(cmr)}$ 失效开始，以相对高的电流 $I_{cmr(hf)}(SSHBC)$ 使软启动电容放电，直到半桥斜坡开始为止。频率升高会将 HBC 调节到容性模式与感性模式的边界。

7.9 保护功能一览

表 4. 保护功能一览

受保护器件	符号	静电保护	受影响器件	操作	说明
IC	UVP-SUPIC	SUPIC 欠压保护	IC	禁用	7.2.1 节
IC	UVP-SUPREG	SUPREG 欠压保护	IC	禁用	7.2.2 节
IC	UVP-电源	电源欠压保护	IC	禁用和重置	第 7.3 节
IC	SCP-SUPIC	SUPIC 短路保护	IC	低 HV 启动电流	7.2.4 节
IC	OVP-输出	输出过压保护	IC	关断	7.5.4 节
IC	FSP 输出	启动失败保护输出	IC	保护时间之后重启	7.5.5 节
IC	OTP	过温保护	IC	禁用	7.5.6 节
PFC	OCR-PFC	PFC 过流调节	PFC	按周期关闭	7.7.7 节
PFC	UVP-市电	市电欠压保护	PFC	暂停开关	7.7.8 节
PFC	OVP-升压	升压过压保护	PFC	暂停开关	7.7.9 节
PFC	SCP-升压	短路保护升压	IC	重启	7.7.10 节
PFC	OLP-PFC	PFC 开环保护	IC	重启	7.7.10 节
HBC	UVP-升压	升压电压欠压保护	HBC	禁用	7.8.2 节
HBC	OLP-HBC	HBC 开环保护	IC	保护时间之后重启	7.8.7 节
HBC	HFP-HBC	HBC 高频保护	IC	保护时间之后重启	7.8.9 节
HBC	OCR-HBC	HBC 过流调整	HBC IC	增加频率保护时间之后重启	7.8.10.2 节
HBC	OCP-HBC	HBC 过流保护	HBC	跳至最大频率	7.8.10.3 节
HBC	CMR	容性模式调整	HBC	增加频率	7.8.11 节
HBC	ANO	自适应非叠加	HBC	防止危险开关	7.8.4 节

8. 极限值

表 5. 极限值

依据绝对最大额定值系统(IEC 60134)；所有电压均基于 SGND 引脚测量；流入 IC 的电流为正电流；只要不违反其他额定值，则电压额定值有效；只要不违反最大额定功率，则电流额定值有效。

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	连续	-0.4	+630	V
V _{SUPHS}	SUPHS 引脚上的电压	DC	-0.4	+570	V
		t < 0.5 s	-0.4	+630	V
		以 HB 引脚为基准	-0.4	+14	V
V _{SUPIC}	SUPIC 引脚上的电压		-0.4	+38	V
V _{SNSAUXPFC}	SNSAUXPFC 引脚上的电压		-25	+25	V
V _{SUPREG}	SUPREG 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSOUT}	SNSOUT 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{RCPROT}	RCPROT 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSFB}	SNSFB 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SSHBC/EN}	SSHBC/EN 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSBURST}	SNSBURST 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{GATEHS}	GATEHS 引脚上的电压		11 -0.4	V _{SUPHS} + 0.4	V
V _{GATELS}	GATELS 引脚上的电压		11 -0.4	V _{SUPREG} + 0.4	V
V _{GATEPFC}	GATEPFC 引脚上的电压		11 -0.4	V _{SUPREG} + 0.4	V
V _{SNSCURHBC}	SNSCURHBC 引脚上的电压		-5	+5	V
V _{SNSBOOST}	SNSBOOST 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSMAINS}	SNSMAINS 引脚上的电压		-0.4	+12	V
V _{SNSCURPFC}	SNSCURPFC 引脚上的电压	电流受限	-0.4	+5	V
V _{COMPFC}	COMPFC 引脚上的电压		-0.4	+5	V
V _{CFMIN}	CFMIN 引脚上的电压		-0.4	+5	V
V _{PGND}	PGND 引脚上的电压		-1	+1	V
电流					
I _{GATEPFC}	流入 GATEPFC 引脚的电流	占空比 < 10 %	-0.8	+2	A
I _{SNSCURPFC}	流入 SNSCURPFC 引脚的电流		-1	+10	mA
一般					
P _{tot}	总功耗	T _{amb} < 75 °C	-	0.8	W
T _{stg}	存储温度		-55	+150	°C
T _j	结点温度		-40	+150	°C

表 5. 限值 (续)

依据绝对最大额定值系统(IEC 60134): 所有电压均基于 SGND 引脚测量; 流入 IC 的电流为正电流; 只要不违反其他额定值, 则电压额定值有效; 只要不违反最大额定功率, 则电流额定值有效。

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位	
ESD						
VESD	静电放电电压	人体模型				
		引脚 12 (SUPHV)	[2]	-	1500	V
		引脚 13、14、15 (HS 驱动器)	[2]	-	1000	V
		其他引脚	[2]	-	2000	V
	机器模型	全部引脚	[3]	-	200	V
		器件充电模型				
		全部引脚		-	500	V

[1] 超过这个短峰值电流额定值($t < 10\mu\text{s}$)是允许的。

[2] 相当于通过 1.5 k Ω 的串行电阻对 100 pF 电容放电。

[3] 相当于通过一个 0.75 μH 线圈和一个 10 Ω 电阻来对一个 200 pF 电容放电。

9. 热特性

表 6. 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	在暴露的空气中; JEDEC 单层测试板	90	K/W

10. 特性

表 7. 特性

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 20\text{ V}$; $V_{SUPHV} > 40\text{ V}$; 所有电压均基于 SGND 测量; 流入 IC 的电流为正电流; 除非另有说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
高压启动电源 (SUPHV 引脚)						
I _{dism(SUPHV)}	禁用模式, SUPHV 引脚上的电流	禁用 IC 状态	-	140	-	μA
I _{red(SUPHV)}	减少的 SUPHV 引脚上的电流	$V_{SUPIC} < V_{scp(SUPIC)}$	-	1.2	-	mA
I _{nom(SUPHV)}	SUPHV 引脚上的额定电流	$V_{SUPIC} < V_{start(hvd)(SUPIC)}$	4.3	5.1	-	mA
I _{tko(SUPHV)}	接管后 SUPHV 引脚上的电流	$V_{SUPIC} > V_{start(hvd)(SUPIC)}$	-	7	-	μA
V _{det(SUPHV)}	SUPHV 引脚上的检测电压		-	-	25	V
V _{rst(SUPHV)}	SUPHV 引脚上的重置电压	$V_{SUPIC} < V_{rst(SUPIC)}$	-	7	-	V

表 7. 特性 (续)

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 20\text{ V}$; $V_{SUPHV} > 40\text{ V}$; 所有电压均基于 SGND 测量; 流入 IC 的电流为正电流; 除非另有说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
低压 IC 电源 (SUPIC 引脚)						
$V_{start(hvd)}(SUPIC)$	检测到高压时的启动电压	$V_{SUPHV} > V_{det}(SUPHV)$	19	20	21	V
$V_{start(nohvd)}(SUPIC)$	未检测到高压时的启动电压	$V_{SUPHV} < V_{det}(SUPHV)$ 或打开	14.1	15	15.9	V
$V_{start(hys)}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的启动电压迟滞		-	0.3	-	V
$V_{uvp}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的欠压保护电压		12.3	13	13.7	V
$V_{rst}(SUPIC)$	引脚上的重置电压 SUPIC	$V_{SUPHV} < V_{rst}(SUPHV)$	-	7	-	V
$V_{scp}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的短路保护电压		0.55	0.65	0.75	V
$I_{ch(red)}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上减少的充电电流	$V_{SUPIC} < V_{scp}(SUPIC)$	-	-0.95	-	mA
$I_{ch(nom)}(SUPIC)$	SUPIC 引脚上的额定充电电流		-	-4.8	-4.0	mA
$I_{dism}(SUPIC)$	SUPIC 引脚在禁用模式下的电流	禁用 IC 状态	-	0.22	0.29	mA
$I_{protm}(SUPIC)$	SUPIC 引脚在保护模式下的电流	SUPIC 充电, SUPREG 充电; 重启或关闭状态	-	0.4	-	mA
$I_{oper}(SUPIC)$	SUPIC 引脚在工作模式下的电流	工作电源状态; 驱动器引脚断开。	-	3.2	3.7	mA
$I_{burstm}(SUPIC)$	引脚 SUPIC 上的突发模式电流	突发脉冲停止状态	-	0.6	0.75	mA
可调电源 (SUPREG 引脚)						
$V_{reg}(SUPREG)$	SUPREG 引脚上的调节电压	$I_{SUPREG} = -1\text{ mA}$ 至 -40 mA	[1] 11.0	11.3	11.6	V
$V_{start}(SUPREG)$	SUPREG 引脚上的开启电压		[1] -	10.7	-	V
$V_{uvp}(SUPREG)$	SUPREG 引脚上的欠压保护电压		[1] -	10	10.4	V
$I_{ch}(SUPREG)_{max}$	SUPREG 引脚上的最大充电电流	$V_{SUPREG} > V_{uvp}(SUPREG)$	-40	-100	-	mA
$I_{ch(red)}(SUPREG)$	SUPREG 引脚上减低的充电电流	$V_{SUPREG} < V_{uvp}(SUPREG)$; $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。	-	-5.5	-	mA
		$T = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	-	-2.5	mA
使能输入 (SSHBC/EN 引脚)						
$V_{en(PFC)}(EN)$	EN 引脚上的 PFC 使能电压	仅 PFC	[2] 0.8	1.2	1.4	V
$V_{en(IC)}(EN)$	EN 引脚上的 IC 使能电压	PFC + HBC	[2] 1.8	2.2	2.4	V
$I_{pu}(EN)$	EN 引脚上的上拉电流	$V_{SSHBC/EN} = 2.5\text{ V}$	-	-42	-	μA
$V_{pu}(EN)$	EN 引脚上的上拉电压		-	3.0	-	V

表 7. 特性 (续)

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 20\text{ V}$; $V_{SUPHV} > 40\text{ V}$; 所有电压均基于 SGND 测量; 流入 IC 的电流为正电流; 除非另有说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
快速关断重置 (SNSMAINS 引脚)						
$V_{rst}(SNSMAINS)$	SNSMAINS 引脚上的重置电压		2	-	0.8	- V
保护和重启定时器 (RCPROT 引脚)						
$V_u(RCPROT)$	RCPROT 引脚上的高电压		3.8	4.0	4.2	V
$V_l(RCPROT)$	RCPROT 引脚上的低电压		0.4	0.5	0.6	V
$I_{ch}(fast)(RCPROT)$	RCPROT 引脚上的快速充电电流		-	-2.2	-	mA
$I_{ch}(slow)(RCPROT)$	RCPROT 引脚上的慢速充电电流		-120	-100	-80	μA
输出电压保护感测, OVP/FSP 输出 (SNSOUT 引脚)						
$V_{ovp}(SNSOUT)$	SNSOUT 引脚上的过压保护电压		2	3.40	3.50	3.60 V
$V_{fsp}(SNSOUT)$	SNSOUT 引脚上的启动失败保护电压		2	2.35	2.5	2.65 V
$I_{pu}(SNSOUT)$	SNSOUT 引脚上的上拉电流		-	75	-	nA
过温保护						
T_{otp}	过温保护断路		2	130	150	160 $^{\circ}\text{C}$
突发模式激活 (SNSBURST 引脚)						
$V_{burst}(SNSBURST)$	SNSBURST 引脚上的突发脉冲停止状态激活	突发模式激活	3.42	3.5	3.58	V
$V_{burst}(hys)SNSBURST)$	SNSBURST 引脚上的突发模式迟滞电压		-	23	-	mV
$I_{burst}(hys)SNSBURST)$	SNSBURST 引脚上的突发模式迟滞电流	$V_{SNSBURST} < V_{burst}(SNSBURST)$	2.5	3	3.5	μA
$R_{pd}(SNSOUT)$	SNSOUT 引脚上的下拉电阻	突发脉冲停止状态	-	400	-	Ω
PFC 驱动器 (GATEPFC 引脚)						
$I_{source}(GATEPFC)$	GATEPFC 引脚上的扇出电流	$V_{GATEPFC} = 2\text{ V}$	-	-0.6	-	A
$I_{sink}(GATEPFC)$	GATEPFC 引脚上的吸入电流	$V_{GATEPFC} = 2\text{ V}$	-	0.6	-	A
		$V_{GATEPFC} = 10\text{ V}$	-	1.4	-	A
PFC 导通定时器 (COMPPFC 引脚)						
$V_{ton}(COMPPFC)_{zero}$	COMPPFC 引脚上的零导通时间电压		-	3.5	-	V
$V_{ton}(COMPPFC)_{max}$	COMPPFC 引脚上的最大导通时间电压		-	1.25	-	V
$f_{max}(PFC)$	PFC 最大频率		100	125	150	kHz

表 7. 特性 (续)

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 20\text{ V}$; $V_{SUPHV} > 40\text{ V}$; 所有电压均基于 SGND 测量; 流入 IC 的电流为正电流; 除非另有说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$t_{off}(\text{PFC})_{min}$	最短 PFC 关闭时间		-	1.4	-	μs	
PFC 误差放大器 (SNSBOOST 和 COMPPFC 引脚)							
$V_{reg}(\text{SNSBOOST})$	SNSBOOST 引脚上的 调节电压	$I_{COMPPFC} = 0$	2.475	2.500	2.525	V	
g_m	跨导	V_{SNSBOOST} 至 $I_{COMPPFC}$; $ V_{\text{SNSBOOST}} - V_{reg}(\text{SNSBOOST}) < 40\text{ mV}$	-	80	-	$\mu\text{A/V}$	
$I_{sink}(\text{COMPPFC})$	COMPPFC 引脚上的 吸入电流	$V_{\text{SNSBOOST}} = 2.0\text{ V}$	-	90	-	μA	
$I_{source}(\text{COMPPFC})$	COMPPFC 引脚上的 扇出电流	$V_{\text{SNSBOOST}} = 3.3\text{ V}$	-	-90	-	μA	
$V_{offset}(g_m)_{high}$	高跨导偏置电压	SNSBOOST 引脚; $I_{COMPPFC} = 40\text{ }\mu\text{A}$	-	100	-	mV	
		$I_{COMPPFC} = +40\text{ A}$	-	-100	-	mV	
$V_{clamp}(\text{COMPPFC})$	COMPPFC 引脚上的 钳位电压		[3]	4	-	V	
PFC 市电补偿 (SNSMAINS 引脚)							
$t_{on}(\text{max})$	最大导通时间	高市电; $V_{\text{SNSMAINS}} = 3.3\text{ V}$	3.5	4.7	5.9	μs	
		低市电; $V_{\text{SNSMAINS}} = 0.97\text{ V}$	29	44	59	μs	
$V_{mvc}(\text{SNSMAINS})_{max}$	SNSMAINS 引脚上的 最大市电电压补偿电 压		4.0	-	-	V	
PFC 退磁感测 (SNSAUXPFC 引脚)							
$V_{demag}(\text{SNSAUXPFC})$	SNSAUXPFC 引脚上 的退磁电压		-150	-100	-50	mV	
$t_{to}(\text{mag})$	退磁超时时间		40	50	60	μs	
$I_{prot}(\text{SNSAUXPFC})$	SNSAUXPFC 引脚上 的保护电流	$V_{\text{SNSAUXPFC}} = 50\text{ mV}$	-75	-33	-	nA	
PFC 谷底感测 (SNSAUXPFC 引脚)							
$(dV/dt)_{vrec}(\text{min})$	电压变化的最小谷底 识别斜率		-	-	1.7	V/ μs	
$t_{slope}(\text{vrec})_{min}$	最小谷底识别斜坡时 间	$V_{\text{SNSAUXPFC}} = 1\text{ V (p-p)}$	[4]	-	300	ns	
		退磁至 $\Delta V / \Delta t = 0$	[5]	-	50	ns	
$t_d(\text{val-dem})_{max}$	最大谷底至退磁延迟 时间		-	200	-	ns	
$t_{to}(\text{vrec})$	谷底识别超时时间		3	4	6	μs	
PFC 软启动 (SNSCURPFC 引脚)							
$I_{ch}(\text{ss})(\text{PFC})$	PFC 软启动充电电流		-	-60	-	μA	
$V_{clamp}(\text{ss})(\text{PFC})$	PFC 软启动钳位电压		[1]	0.44	0.50	0.56	V

表 7. 特性 (续)

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 20\text{ V}$; $V_{SUPHV} > 40\text{ V}$; 所有电压均基于 SGND 测量; 流入 IC 的电流为正电流; 除非另有说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{stop(ss)(PFC)}$	PFC 软启动停止电压		11 -	0.45	-	V
$R_{ss}(PFC)$	PFC 软启动电阻		12	-	-	kΩ
PFC 过流感测 (SNSCURPFC 引脚)						
$V_{ocr}(PFC)$	PFC 过流调节电压	$dV/dt = 50\text{ mV}/\mu\text{s}$	0.49	0.52	0.55	V
		$dV/dt = 200\text{ mV}/\mu\text{s}$	0.51	0.54	0.57	V
$t_{leb}(PFC)$	PFC 前沿消隐时间		250	310	370	ns
$I_{prot}(SNSCURPFC)$	SNSCURPFC 引脚上的保护电流		-50	-33	-	nA
PFC 市电电压感测和钳位 (SNSMAINS 引脚)						
$V_{start}(SNSMAINS)$	SNSMAINS 引脚上的启动电压		11 1.11	1.15	1.19	V
$V_{uvp}(SNSMAINS)$	SNSMAINS 引脚上的欠压保护电压		11 0.84	0.89	0.94	V
$V_{pu}(SNSMAINS)$	SNSMAINS 引脚上的上拉电压	UVP-市电有效	11 -	1.05	-	V
$I_{pu}(SNSMAINS)$	最大钳位电流	UVP-市电有效	-	-42	-35	μA
$I_{prot}(SNSMAINS)$	SNSMAINS 引脚上的保护电流	$V_{SNSMAINS} > V_{uvp}(SNSMAINS)$	-	33	100	nA
PFC 升压电压保护感测, SCP/UVP/OVP 升压 (SNSBOOST 引脚)						
$V_{scp}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的短路保护电压		0.35	0.40	0.45	V
$V_{start}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的启动电压		-	2.30	2.40	V
$V_{uvp}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的欠压保护电压		1.50	1.60	-	V
$V_{ovp}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的过压保护电压		2.59	2.63	2.67	V
$I_{prot}(SNSBOOST)$	SNSBOOST 引脚上的保护电流	$V_{SNSBOOST} = 2.4\text{ V}$	-	45	100	nA
HBC 高边和低边驱动器 (GATEHS 和 GATELS 引脚)						
$I_{source}(GATEHS)$	GATEHS 引脚上的扇出电流	$V_{GATEHS} - V_{HB} = 4\text{ V}$	-	-310	-	mA
$I_{source}(GATELS)$	GATELS 引脚上的扇出电流	$V_{GATELS} - V_{PGND} = 4\text{ V}$	-	-310	-	mA
$I_{sink}(GATEHS)$	GATEHS 引脚上的吸入电流	$V_{GATEHS} - V_{HB} = 2\text{ V}$;	-	560	-	mA
		$V_{GATEHS} - V_{HB} = 11\text{ V}$	-	1.9	-	A
$I_{sink}(GATELS)$	GATELS 引脚上的吸入电流	$V_{GATELS} - V_{PGND} = 2\text{ V}$	-	560	-	mA
		$V_{GATELS} - V_{PGND} = 11\text{ V}$	-	1.9	-	A

表 7. 特性 (续)

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 20\text{ V}$; $V_{SUPHV} > 40\text{ V}$; 所有电压均基于 SGND 测量; 流入 IC 的电流为正电流; 除非另有说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{rst}(SUPHS)$	SUPHS 引脚上的重置电压		-	4.5	-	V
$I_{q}(SUPHS)$	SUPHS 引脚上的静态电流	$V_{SUPHS} - V_{HB} = 11\text{ V}$	-	37	-	μA
HBC 自适应非交叠时间 (HB 引脚)						
$(dV/dt)_{ano(min)}$	最小自适应非交叠时间的电压变化率		-	-	120	V/ μs
$t_{no(min)}$	最小非叠加时间		-	-	160	ns
HBC 电流控制振荡器 (CFMIN 引脚)						
$f_{min}(HB)$	HB 引脚上的最小频率	$C_{fmin} = 390\text{ pF}$; $V_{SSHBC/EN} > V_{fmin}(SSHBC)$ $V_{SNSFB} > V_{fmin}(SNSFB)$	40	45	50	kHz
$I_{osc(min)}$	最小振荡器电流	充电和放电	138	153	168	μA
$I_{osc(burst)}/I_{min}$	突发振荡器电流与最小电流比	$V_{SNSFB} = 5\text{ V}$; $I_{min} = I_{osc(min)} = 153\text{ }\mu\text{A}$	2.50	2.72	2.93	-
$I_{osc(fbck)}/I_{min}$	反馈振荡器电流与最小电流比	$V_{SNSFB} < V_{fmax}(SNSFB)$; $I_{min} = I_{osc(min)} = 153\text{ }\mu\text{A}$; 最大振荡器反馈电流	3.53	3.92	4.31	-
$I_{osc(ss)}/I_{min}$	软启动振荡器电流与最小电流比	$V_{SSHBC/EN} < V_{fmax}(SSHBC)$; $I_{min} = I_{osc(min)} = 153\text{ }\mu\text{A}$; 最大振荡器软启动电流	4.54	5.65	6.77	-
$I_{osc(red)}$	减少的振荡器电流	速度减慢后的振荡器	-	-30	-	μA
$f_{limit}(HB)$	HB 引脚上的限制频率	$C_{fmin} = 20\text{ pF}$	500	670	-	kHz
$V_{u}(CFMIN)$	CFMIN 引脚上的高电压		2.85	3.0	3.15	V
$V_{l}(CFMIN)$	CFMIN 引脚上的低电压		0.9	1.0	1.1	V
HBC 反馈输入 (SNSFB 引脚)						
$V_{olp}(SNSFB)$	SNSFB 引脚上的开环保护电压		[2] 7.7	8.2	8.5	V
$V_{fmin}(SNSFB)$	SNSFB 引脚上的最小频率时的电压		6.1	6.4	6.9	V
$V_{fmax}(SNSFB)$	SNSFB 引脚上的最大频率时的电压	$V_{SSHBC/EN} > V_{fmin}(SSHBC)$	3.9	4.1	4.3	V
HBC 软启动 (SSHBC/EN 引脚)						
$V_{fmax}(SSHBC)$	SSHBC 引脚上的最大频率时的电压		-	3.2	-	V
$V_{fmin}(SSHBC)$	SSHBC 引脚上的最小频率时的电压	$V_{SNSFB} > V_{fmin}(SNSFB)$	7.7	8.0	8.3	V
$V_{clamp}(SSHBC)$	SSHBC 引脚上的钳位电压		-	8.4	-	V

表 7. 特性 (续)

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SUPIC} = 20\text{ V}$; $V_{SUPHV} > 40\text{ V}$; 所有电压均基于 SGND 测量; 流入 IC 的电流为正电流; 除非另有说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{ss}(lf-hf)(SSHBC)$	高-低频时 SSHBC 引脚上的软启动电压		[2] -	5.6	-	V
$I_{ss}(hf)(SSHBC)$	引脚 SSHBC 上的高频软启动电流	$V_{SSHBC} < V_{ss}(lf-hf)(SSHBC)$ 充电电流	-	-160	-	μA
		放电电流	-	+160	-	μA
$I_{ss}(lf)(SSHBC)$	高-低频时引 SSHBC 上的软启动电流	$V_{SSHBC} > V_{ss}(lf-hf)(SSHBC)$ 充电电流	-	-40	-	μA
		放电电流	-	+40	-	μA
$I_{cmr}(hf)(SSHBC)$	高频 CMR 时 SSHBC 引脚上的电流	仅适用于 $V_{SSHBC} < V_{ss}(lf-hf)(SSHBC)$ 放电	-	1800	-	μA
$I_{cmr}(lf)(SSHBC)$	低频 CMR 时 SSHBC 引脚上的电流	仅适用于 $V_{SSHBC} > V_{ss}(lf-hf)(SSHBC)$ 放电	-	440	-	μA
HBC 高频感测, HFP-HBC (CFMIN 引脚)						
$I_{osc}(hfp)/I_{min}$	高频保护振荡器电流与最小电流比	$I_{min} = I_{osc}(min) = 153\text{ }\mu\text{A}$	3.89	4.31	4.73	
HBC 过流感测, OCR/OCP-HBC (SNSCURHBC 引脚)						
$V_{ocr}(HBC)$	HBC 过流调节电压	正电平; HS 开启 + HS-LS 非交叠时间	+0.45	+0.50	+0.55	V
		负电平; LS 开启 + LS-HS 非交叠时间	-0.55	-0.50	-0.45	V
$V_{ocp}(HBC)$	HBC 过流保护电压	正电平; HS 开启 + HS-LS 非交叠时间	+1.6	+1.75	+1.9	V
		负电平; LS 开启 + LS-HS 非交叠时间	-1.9	-1.75	-1.6	V
$I_{bstc}(SNSCURHBC)_{max}$	SNSCURHBC 引脚上的最大升压电压补偿电流	$V_{SNSBOOST} = 1.8\text{ V}$ 源电流; $V_{SNSCURHBC} = -0.5\text{ V}$	-	-175	-	μA
		吸电流; $V_{SNSCURHBC} = 0.5\text{ V}$	-	175	-	μA
HBC 容性模式保护(CMP) (HB 引脚)						
$t_{to}(cmr)$	超时容性模式调节		-	690	-	ns

[1] 该引脚上的标记电平具有相关性。与电平本身的绝对值相比, 电平之间的压差扩散程度要低许多。

[2] 开关电平具有一定的迟滞。迟滞限于限值之内。

[3] 适用 COMPPFC 引脚上设有补偿网络的典型应用, 如图 17 所示例子。

[4] SNSAUXPFC 引脚谷底识别仅需最小的电压变化时间。

[5] SNSAUXPFC 引脚上, 退磁检测与 $\Delta V / \Delta t = 0$ 之间仅需最小时间。

11. 应用信息

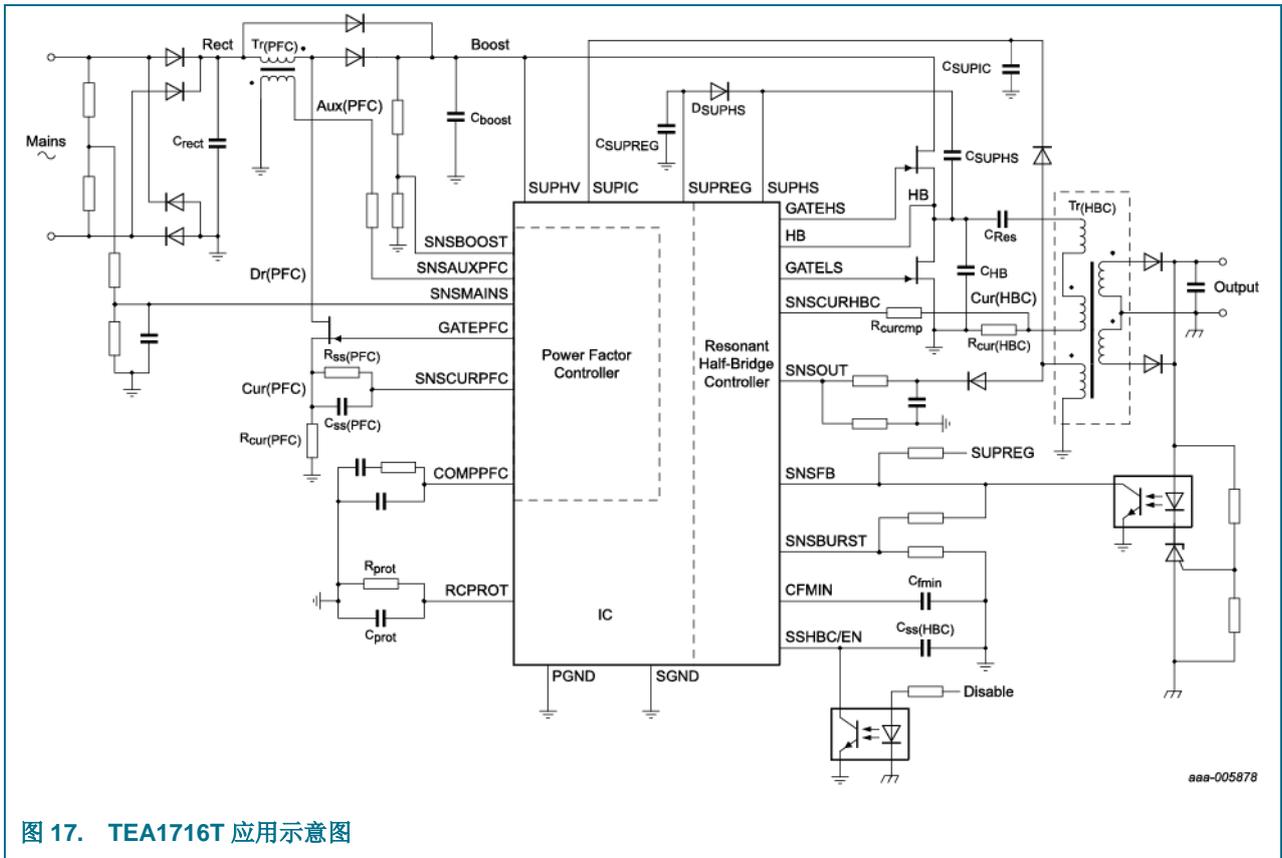


图 17. TEA1716T 应用示意图

12. 封装尺寸

SO24: 塑料小型封装; 24 个引脚; 体宽 7.5 mm

SOT137-1

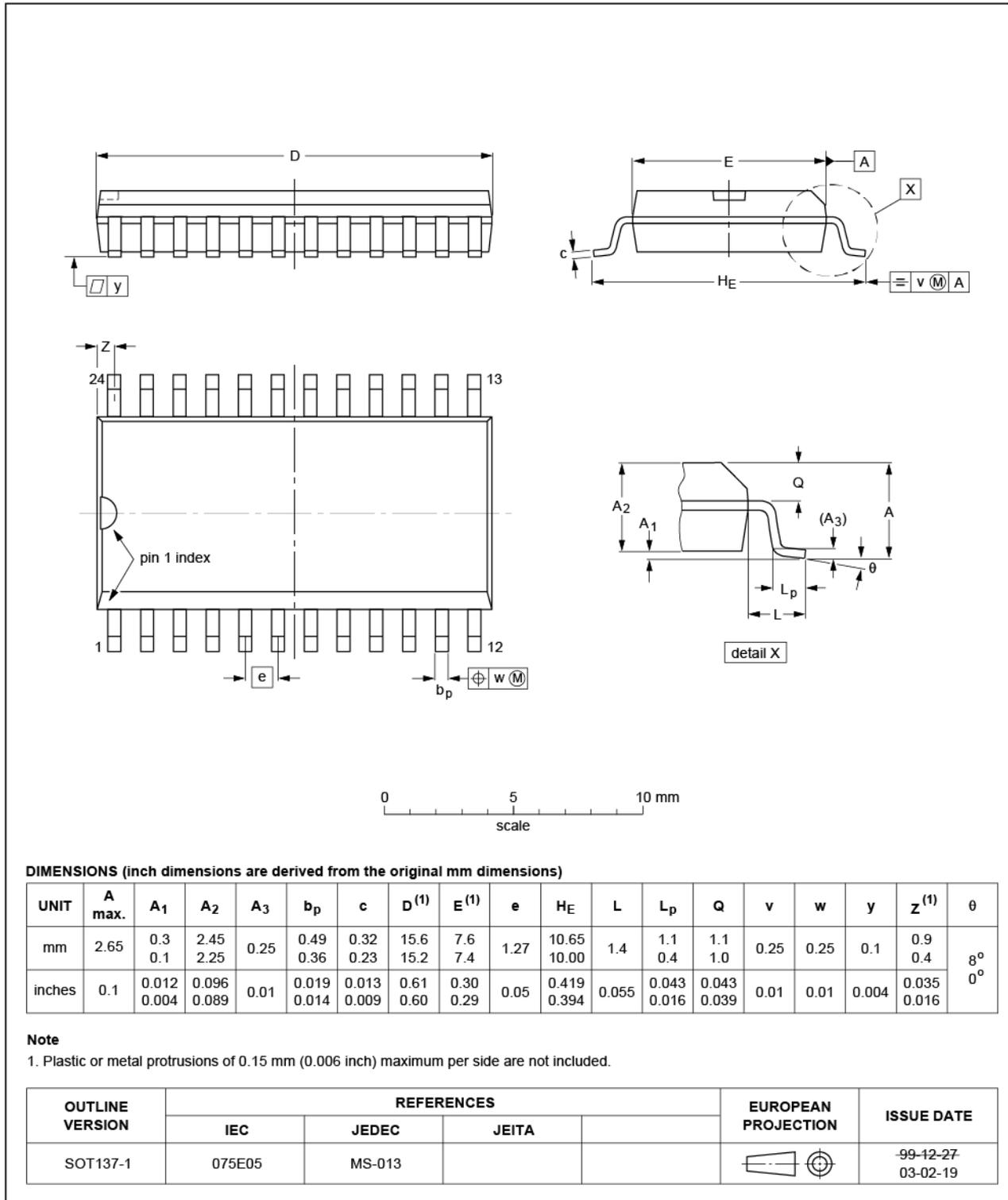


图 18. 封装尺寸 SOT137 (SO24)

13. 缩略词

表 8. 缩略词

首字母缩略词	说明
ANO	自适应非叠加
CMOS	互补性金属氧化物半导体
CMR	容性模式调节
DMOS	双扩散金属氧化物半导体
EMI	电磁干扰
FSP	启动失败保护
HBC	半桥转换器或控制器。产生调节输出电压的谐振转换器。
HFP	高频保护
高压	高电压
OCP	过流保护
OCR	过流调节
OLP	开环保护
OTP	过温保护
OVP	过压保护
PFC	功率因数转换器或控制器。进行功率因数校正的转换器。
UVP	欠压保护
SCP	短路保护

14. 修订记录

表 9. 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
TEA1716T, 第 3 版	20121130	产品数据手册	-	TEA1716T, 第 2 版
变更内容:	• 整个数据手册的文本和图纸都已更新。			
TEA1716T, 第 2 版	20120821	产品数据手册	-	TEA1716T, 第 1 版
TEA1716T, 第 1 版	20120127	客观数据手册	-	

15. 法律信息

15.1 数据手册状态

文档状态 ^{[1][2]}	产品状态 ^[3]	定义
客观[缩略版]数据手册	开发	该文档包含产品开发客观规范的数据。
初始[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。最新产品状态信息通过互联网发布，网址为：<http://www.nxp.com>。

15.2 定义

初稿 - 本文仅为初稿版本。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 - 缩略版数据手册为产品型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其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。

15.3 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说明）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 and 应用，对于应用或客户产品设计，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。限值仅为强度额定值，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，恩智浦半导体的产品的销售遵循关于商业销售的一般条款和条件（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——本文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。

15.4 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。

16. 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

17. 目录

1.	简介.....	1	7.7.3	PFC 退磁感测 (SNSAUXPFC 引脚)	18
2.	特性和优势.....	2	7.7.4	PFC 谷底感测 (SNSAUXPFC 引脚)	18
2.1	一般特性	2	7.7.5	PFC 频率和关闭时间限制	19
2.2	PFC 控制器特性	2	7.7.6	PFC 软启动和软停止 (SNSCURPFC 引脚)	19
2.3	HBC 控制器特性.....	2	7.7.7	PFC 过流调节, OCR-PFC (SNSCURPFC 引 脚)	20
2.4	保护特性	2	7.7.8	PFC 市电欠压保护/掉电保护, UVP-市电 (SNSMAINS 引脚)	20
3.	应用.....	3	7.7.9	PFC 升压过压保护, OVP-升压 (SNSBOOST 引脚)	21
4.	订购信息	3	7.7.10	PFC 短路/开环保护, SCP/OLP-PFC (SNSBOOST 引脚)	21
5.	功能框图	4	7.8	HBC 控制器	21
6.	引脚配置信息	5	7.8.1	HBC 高边和低边驱动器 (GATEHS 和 GATELS 引脚)	21
6.1	引脚配置	5	7.8.2	HBC 升压过压保护, UVP-升压 (SNSBOOST 引脚)	21
6.2	引脚说明	5	7.8.3	HBC 开关控制	22
7.	功能说明	6	7.8.4	HBC 自适应非交叠(ANO)时间功能 (HB 引脚)	22
7.1	IC 模块概述	6	7.8.4.1	感性模式 (正常工作)	22
7.2	电源.....	7	7.8.4.2	容性模式.....	24
7.2.1	低压电源输入 (SUPIC 引脚)	7	7.8.5	HBC 斜坡控制振荡器 (CFMIN 引脚)	25
7.2.2	调节电源 (SUPREG 引脚)	8	7.8.6	HBC 反馈输入 (SNSFB 引脚)	26
7.2.3	高压侧驱动器浮动电源 (SUPHS 引脚)	9	7.8.7	HBC 开环保护, OLP-HBC (SNSFB 引脚)	26
7.2.4	高压电源输入 (SUPHV 引脚)	9	7.8.8	HBC 软启动 (SSHBC/EN 引脚)	26
7.3	流程图	9	7.8.8.1	软启动电压电平	26
7.4	使能输入 (SSHBC/EN 引脚)	11	7.8.8.2	软启动充电和放电	27
7.5	IC 保护	12	7.8.8.3	软启动重置	27
7.5.1	IC 重启和关断.....	12	7.8.9	HBC 高频保护, HFP-HBC	28
7.5.2	保护和重启定时器	13	7.8.10	HBC 过流调节和保护, OCR 和 OCP (SNSCURHBC 引脚)	28
7.5.2.1	保护定时器	13	7.8.10.1	升压补偿.....	28
7.5.2.2	重启定时器	13	7.8.10.2	过流调节(OCR-HBC).....	29
7.5.3	快速关断重置 (SNSMAINS 引脚)	14	7.8.10.3	过流保护(OCP-HBC).....	30
7.5.4	输出过压保护 (SNSOUT 引脚)	14	7.8.11	HBC 容性模式调节, CMR (HB 引脚)	31
7.5.5	输出启动失败保护, FSP 输出 (SNSOUT 引 脚)	14	7.9	保护功能一览.....	31
7.5.6	过温保护 (OTP)	15			
7.6	突发模式操作 (SNSBURST 引脚)	15			
7.7	PFC 控制器	15			
7.7.1	PFC 栅极驱动器 (GATEPFC 引脚)	16			
7.7.2	PFC 导通控制.....	16			
7.7.2.1	PFC 误差放大器 (COMPPFC 和 SNSBOOST 引脚)	16			
7.7.2.2	PFC 市电补偿 (SNSMAINS 引脚)	17			

续>>

8.	限值.....	32
9.	热特性.....	33
10.	特性.....	33
11.	应用信息	40
12.	封装尺寸	41
13.	缩略词	42
14.	修订记录	43
15.	法律信息	44
15.1	数据手册状态	44
15.2	定义.....	44
15.3	免责声明	44
15.4	商标.....	45
16.	联系信息	45
17.	目录.....	46

注意：关于本文及相关产品的重要说明详见“法律信息”一节。

© NXP B.V. 2012.

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：2012年11月30日
文档号：TEA1716T