

PD多口充电器应用介绍

TEA2016/7+TEA2095

邓平飞
应用工程师
2022年5月



SECURE CONNECTIONS
FOR A SMARTER WORLD

PUBLIC

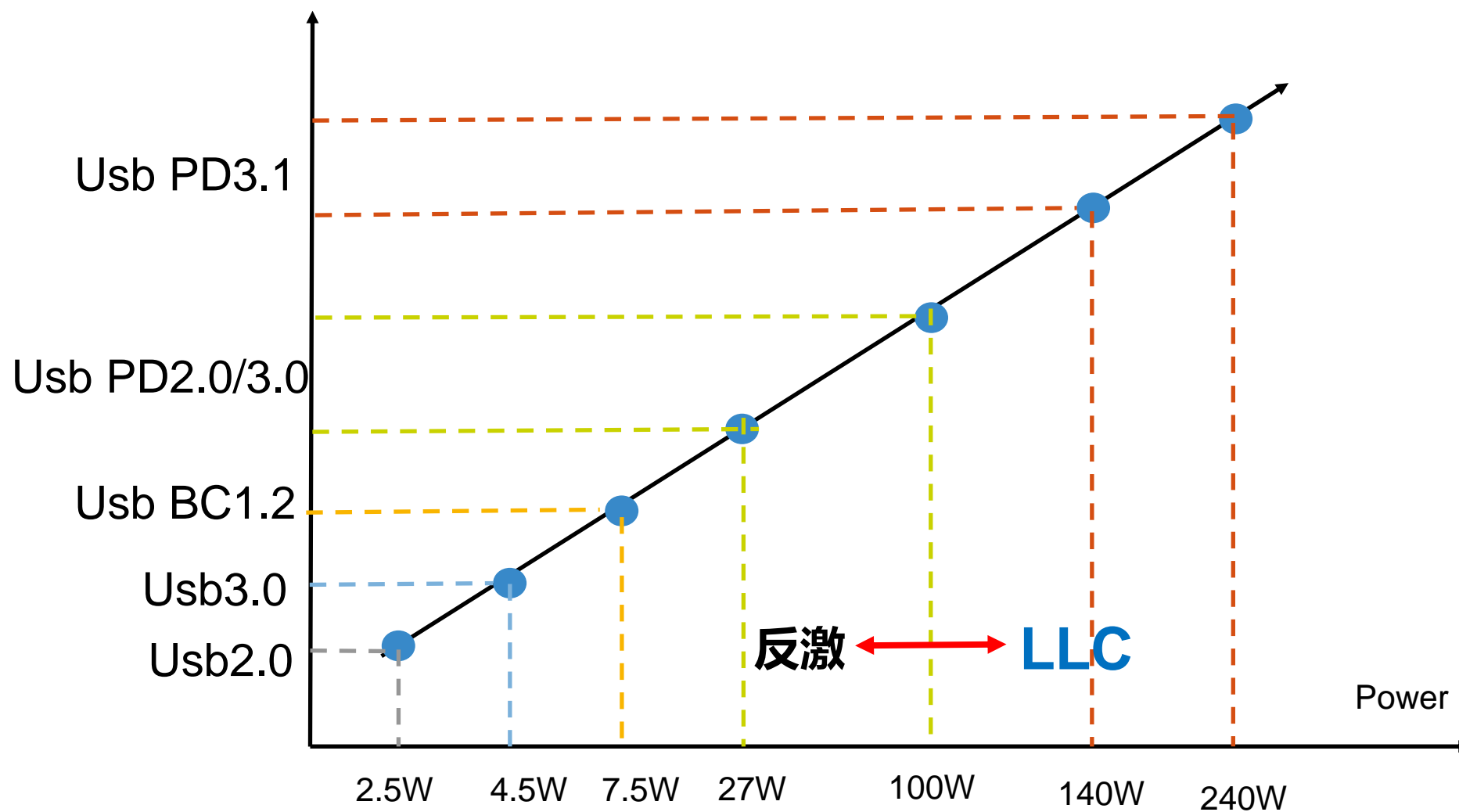
NXP, THE NXP LOGO AND NXP SECURE CONNECTIONS FOR A SMARTER WORLD ARE TRADEMARKS OF NXP B.V.
ALL OTHER PRODUCT OR SERVICE NAMES ARE THE PROPERTY OF THEIR RESPECTIVE OWNERS. © 2021 NXP B.V.



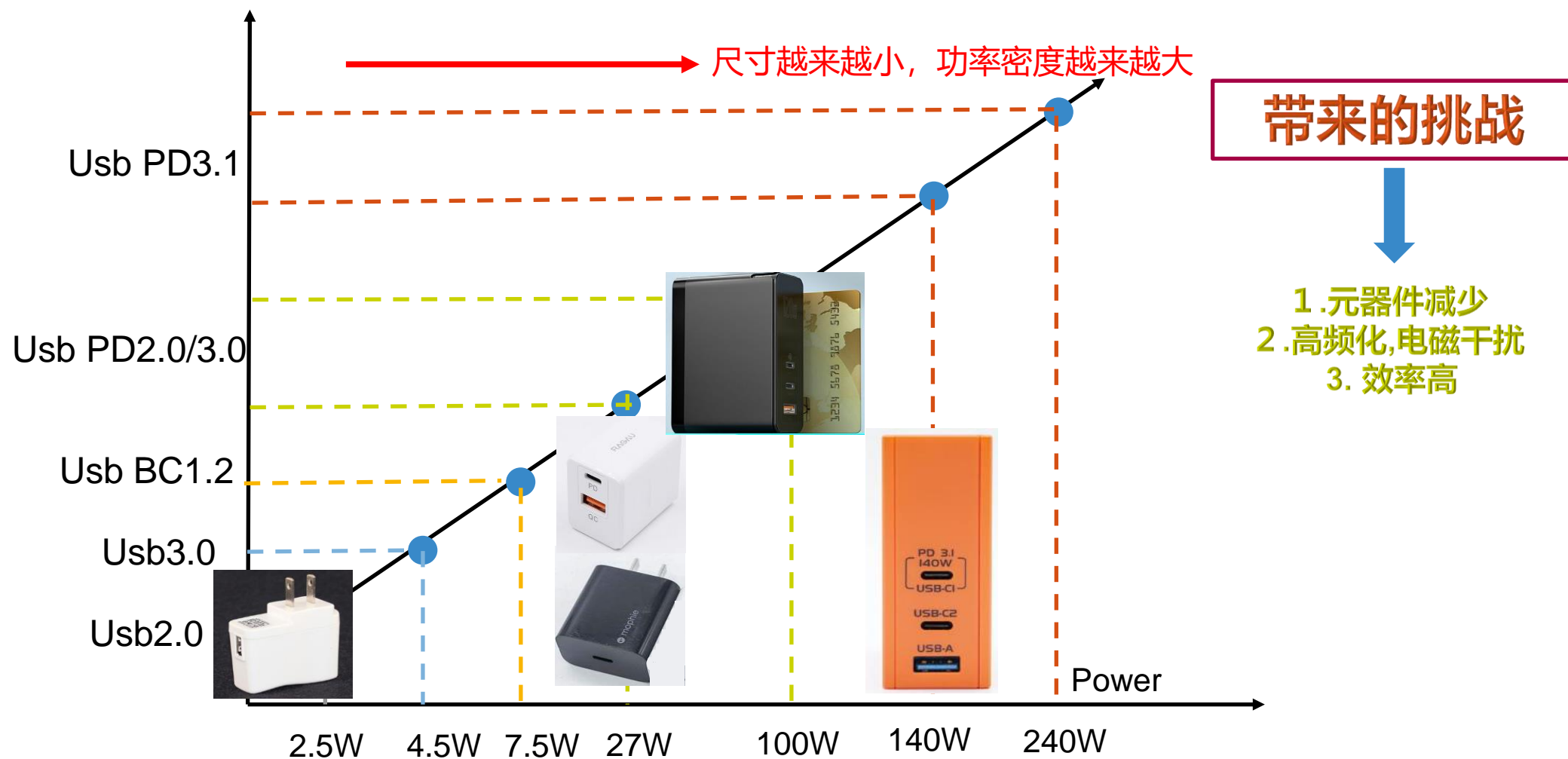
多口PD充电器方案介绍

- **充电器发展历程**
- TEA2016/7 关键功能
- TEA2016/7详细功能的介绍
- TEA2095 同步整流功能介绍
- TEA2016/7 应用的介绍

USB充电器发展历程



USB充电器发展历程



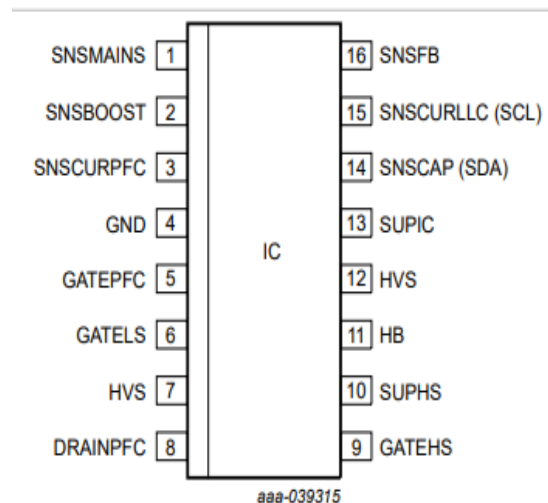
多口PD充电器方案介绍

- 充电器发展历程
- **TEA2016/7 关键功能**
- TEA2016/7详细功能的介绍
- TEA2095 同步整流功能介绍
- TEA2016/7 应用的介绍

TEA2016/7 关键的功能介绍

关键功能:

- ✓ 封装SO-16,很多功能是软件设定, 外部原件极少, 软件设定同时方便开发设计。
- ✓ PFC 和LLC 的最高频率可以通过软件设定, TE2016 PFC最高可以到500kHz, TEA2017最高可以到250kHz, LLC最高可以到1MHz, 可以大大提高PCB尺寸
- ✓ PFC有谷底检查, 可以工作准谐振模式, LLC 实现零电压开通, 可以大大提高整体效率。
- ✓ 具有输入欠压和过压保护
- ✓ PFC第二级过压保护
- ✓ TEA2016 PFC工作模式 DCM/QR
- ✓ TEA2017 PFC 工作模式 DCM/QR/CCM
- ✓ X-cap 放电功能
- ✓ 待机功耗可以满足<75mW 以下
- ✓ 可以支持DC输入
- ✓ TEA2017 PF在高低可以达到0.98以上,THD可以10%以内

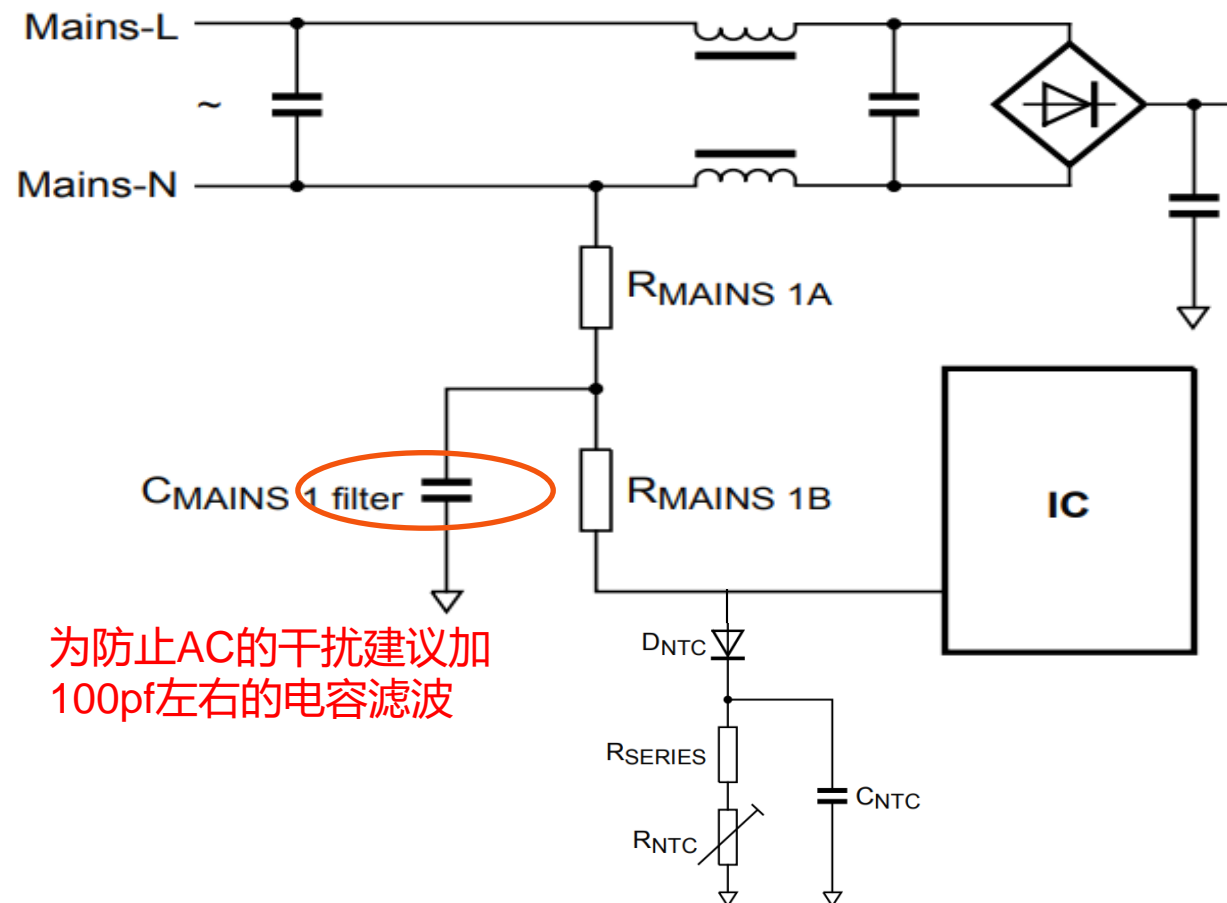


多口PD充电器方案介绍

- 充电器发展历程
- TEA2016/7 关键功能
- **TEA2016/7详细功能的介绍**
- TEA2095 同步整流功能介绍
- TEA2016/7 应用的介绍

TEA2016/7 Snsmain功能

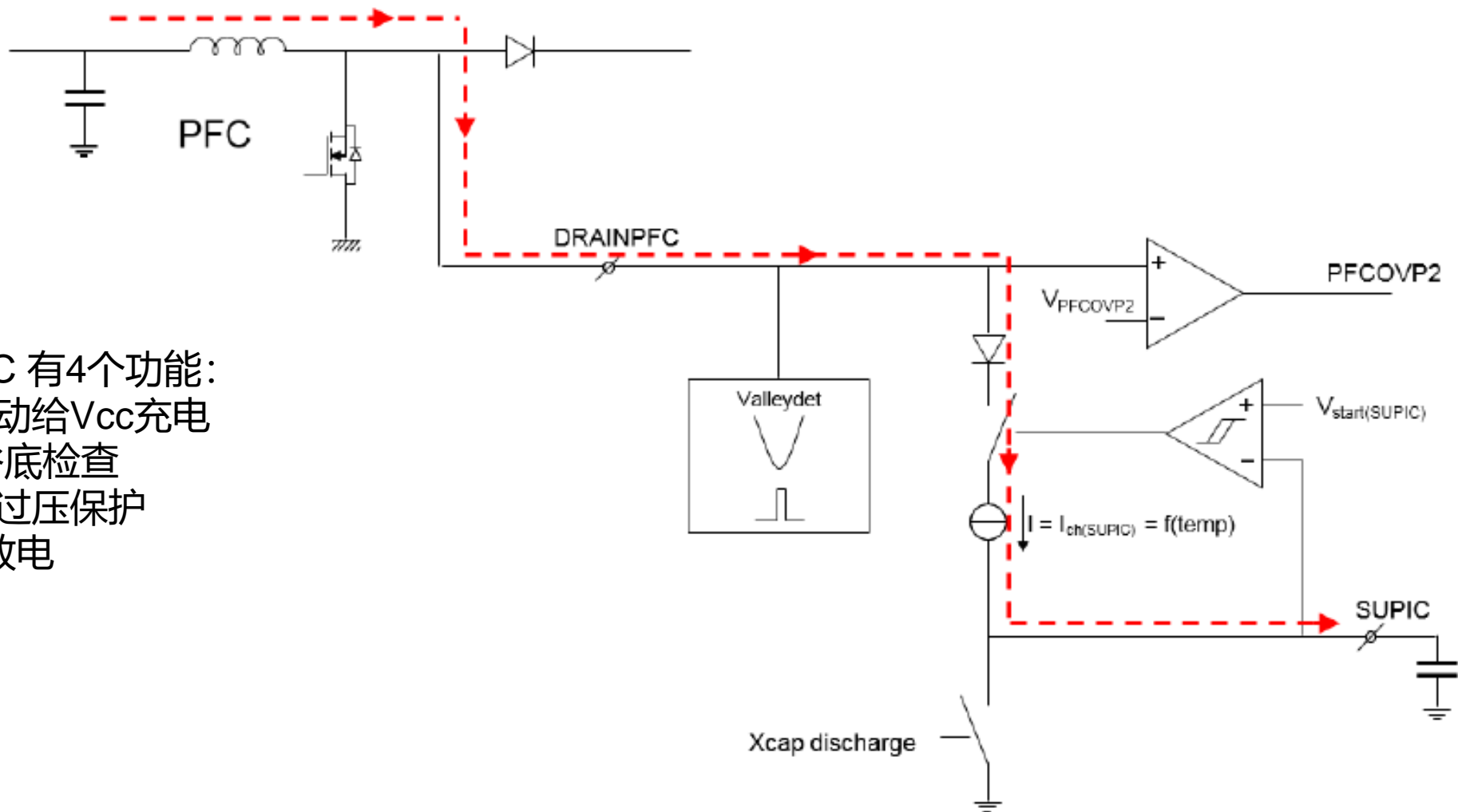
1. 输入高低压的功率补充
2. 输入开启(brown in) 和 欠压 (brown out) 功能
3. 外部的过温保护。
4. 快速开关解开锁死功能



TEA2016/7 Drainpfc功能

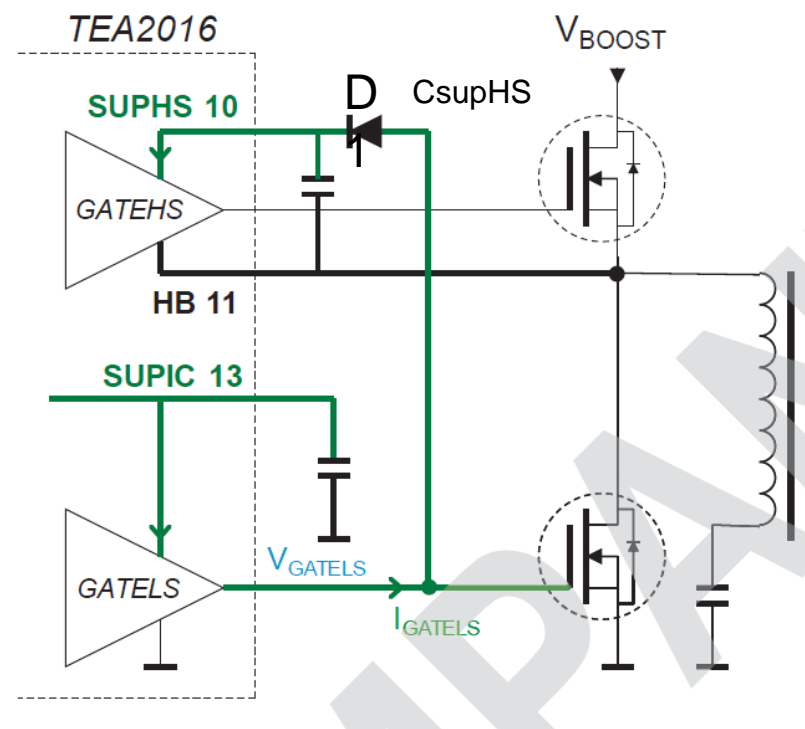
DRAINPFC 有4个功能:

1. 高压启动给Vcc充电
2. PFC 谷底检查
3. 第二级过压保护
4. X-cap放电

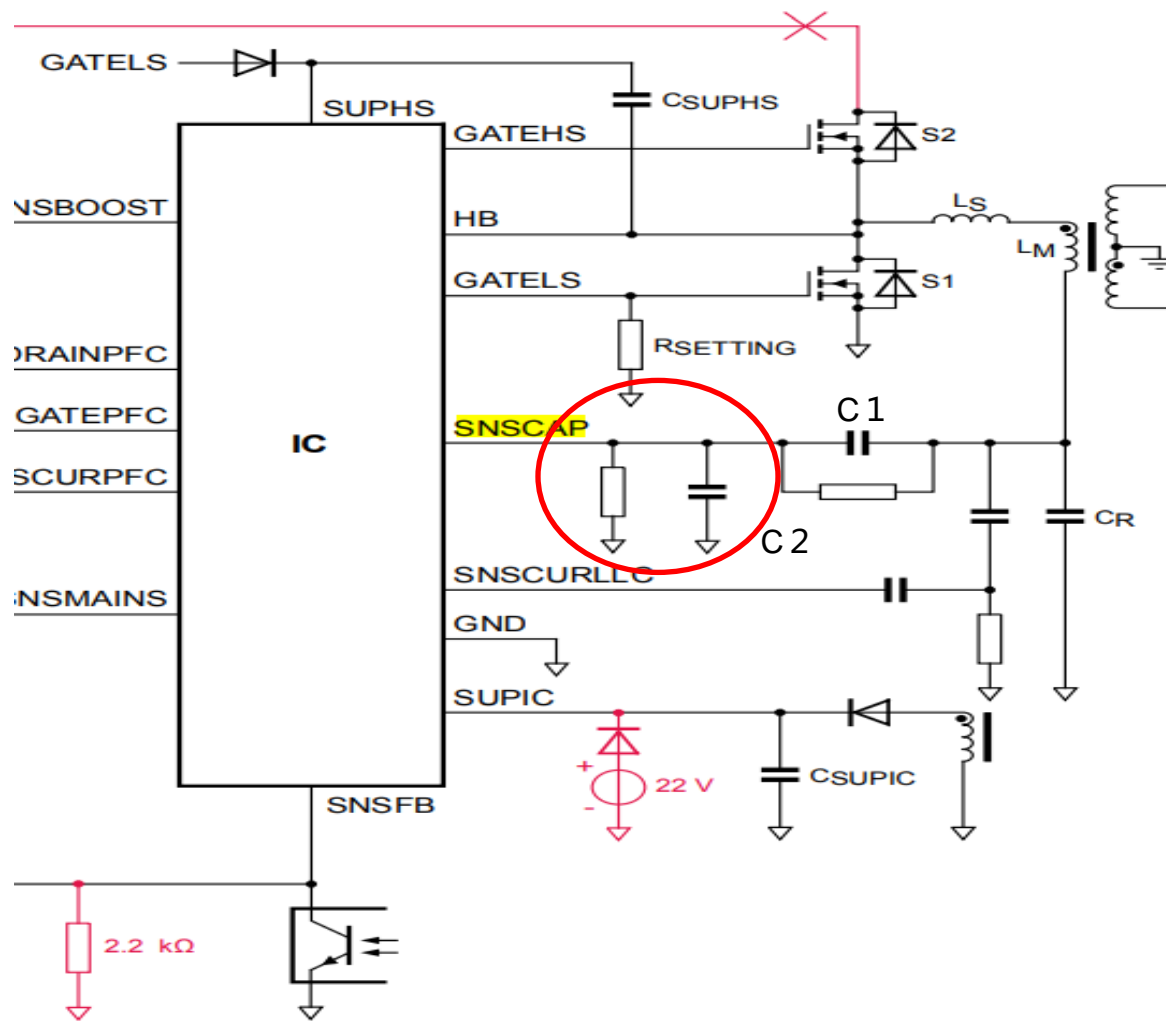


TEA2016/7 SUPHS供电

1. SUPHS 供电来自LLC下管驱动,不需要通过Vcc加线性稳压来供电.
2. SUPHS自身有过压和欠压保护.



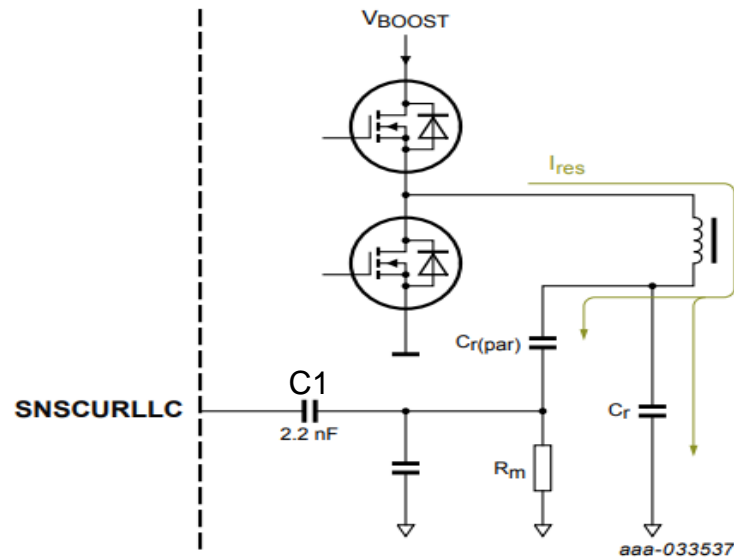
TEA2016/7 SNSCAP功能



1. 输出电压稳定的调整

2. 输出过功率的调整, 只需调整C2的电容大小, 保护时间比较长。

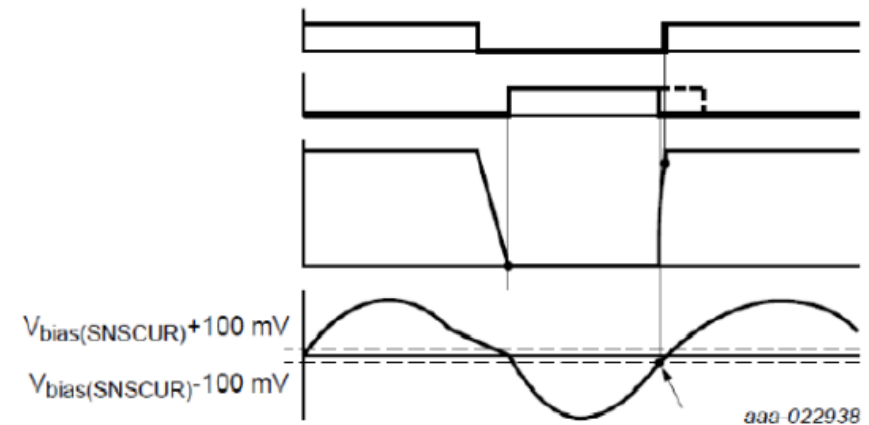
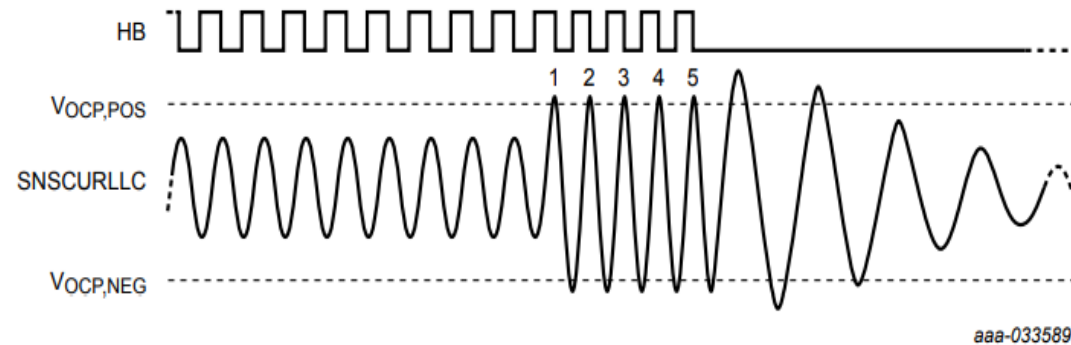
TEA2016/7 SNSCURLLC功能



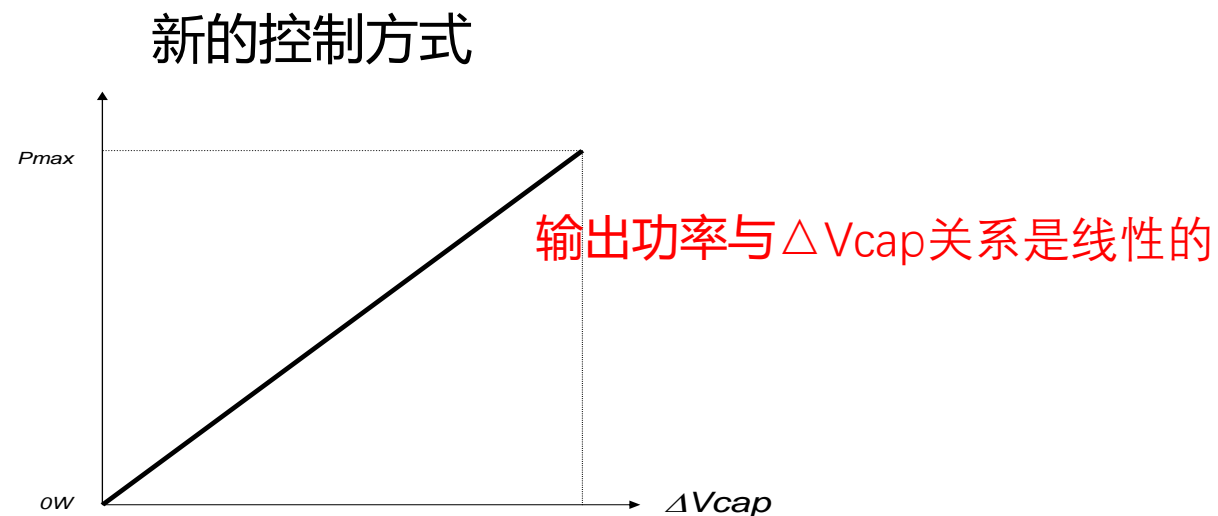
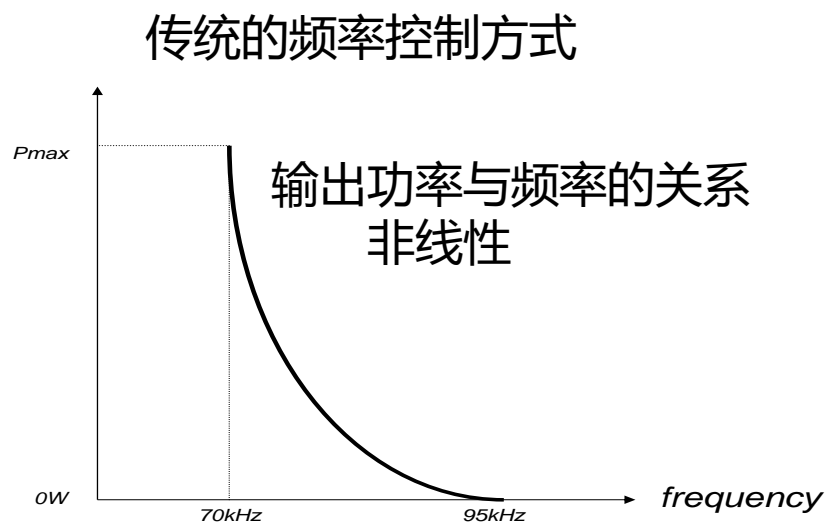
1. 输出短路时候保护,保护时间比较短

2. 谐振电路的容性保护。

3. C1建议2.2nf, 短路保护和容性保护调整Rm



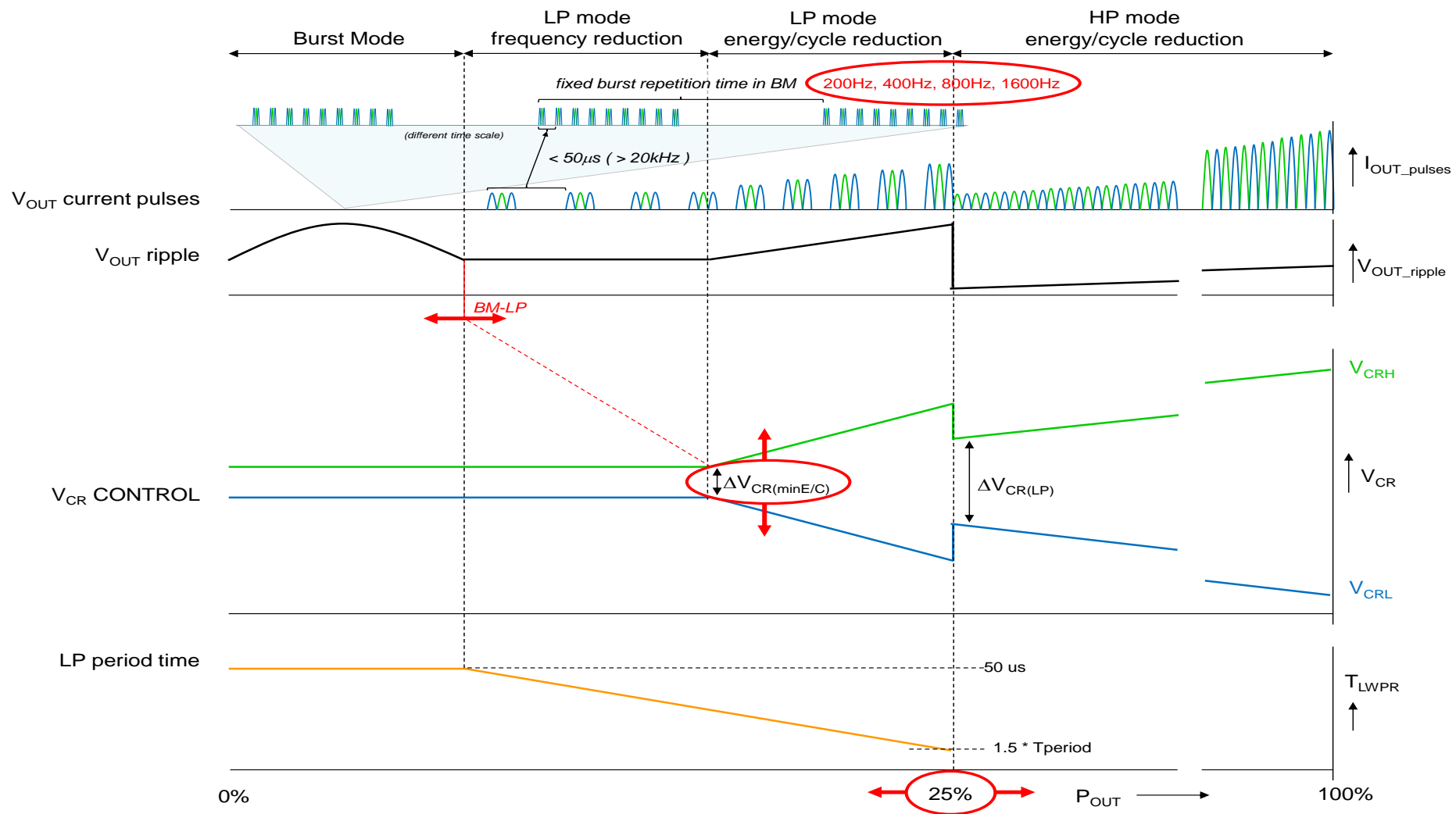
TEA2016/2017 LLC控制方式



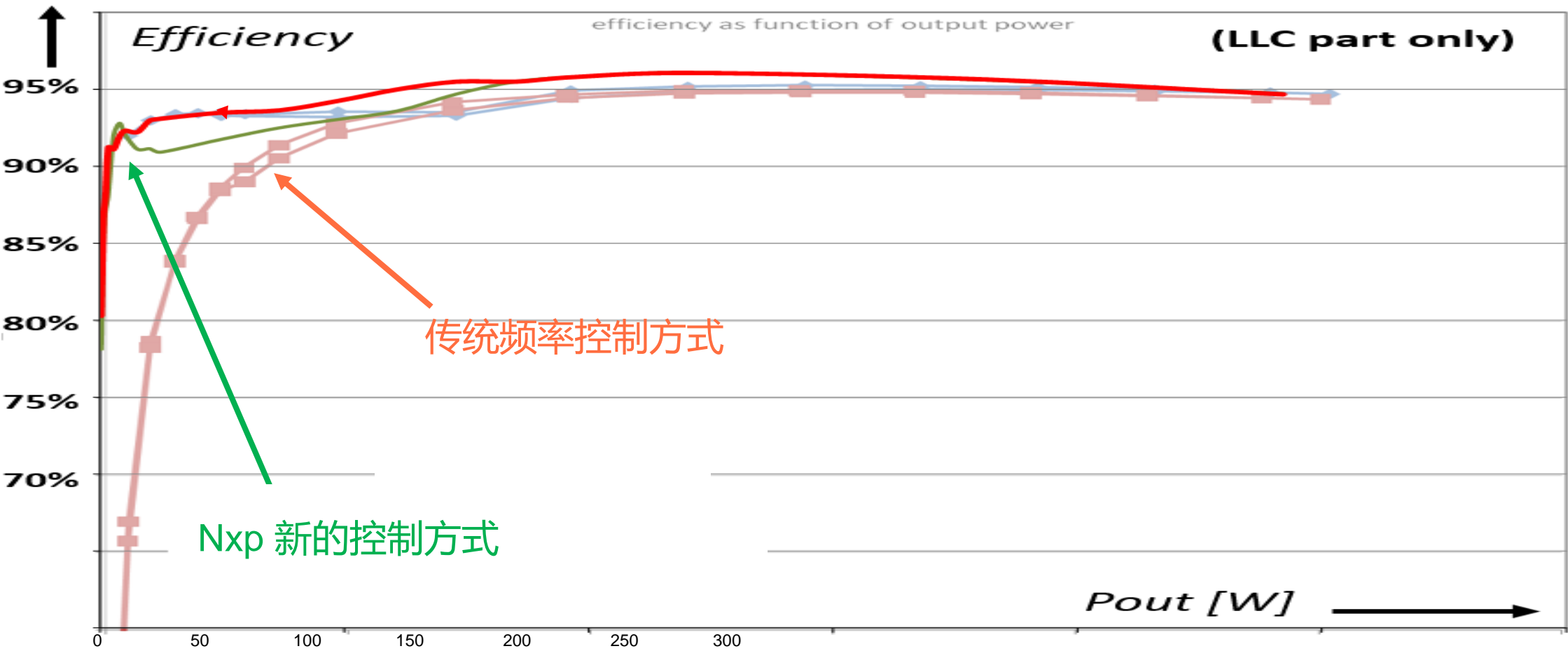
用这种方式控制的好处？

- ◆ 线性的控制方式让功率控制变得更加容易，可以很精准控制BM,LP, HP 进退出点。
- ◆ 非常好的动态响应速度。

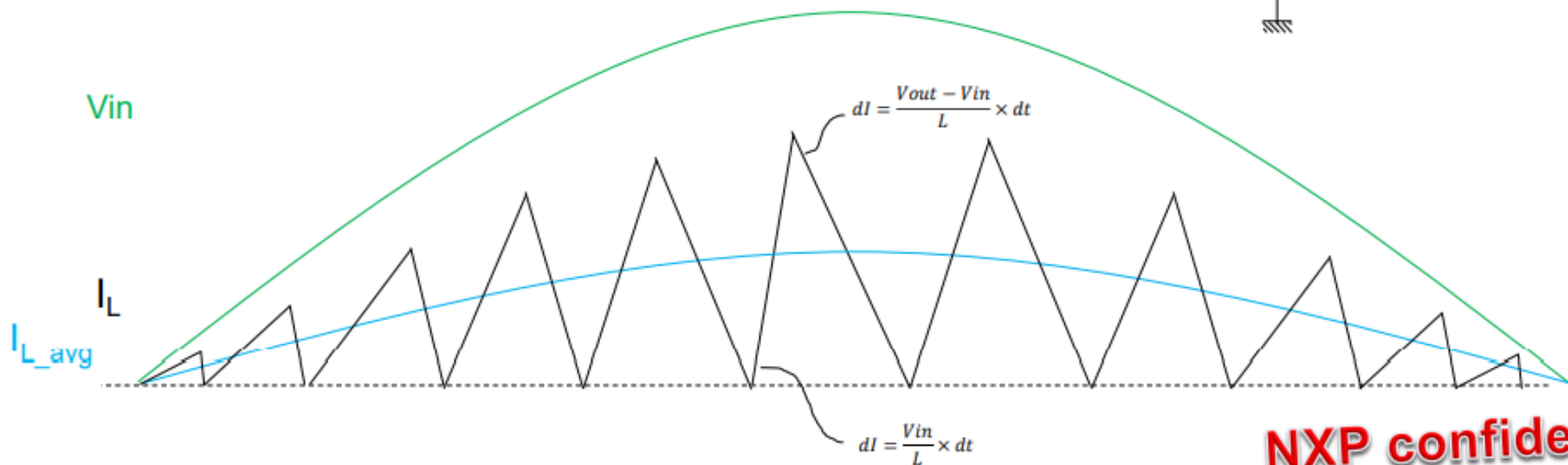
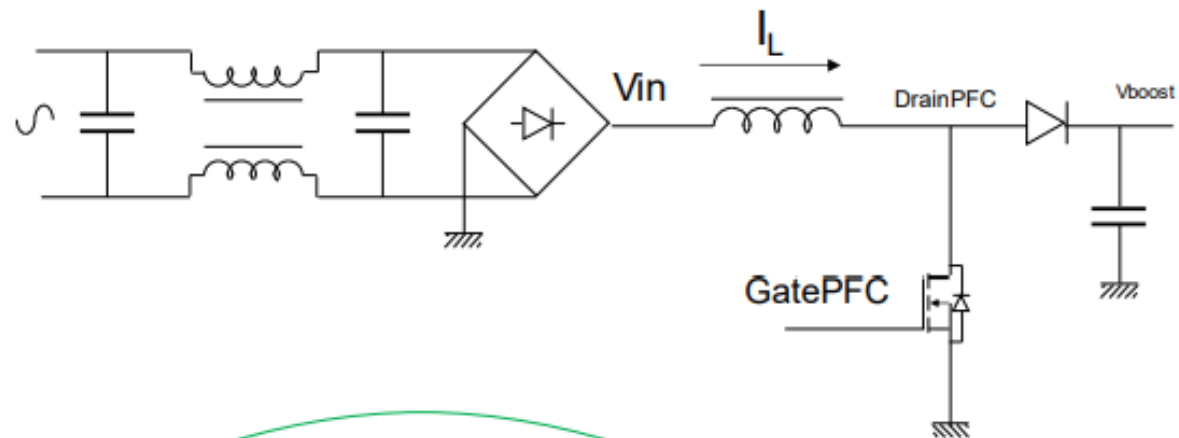
LLC工作的三种模式



LLC相比传统控制提升效率

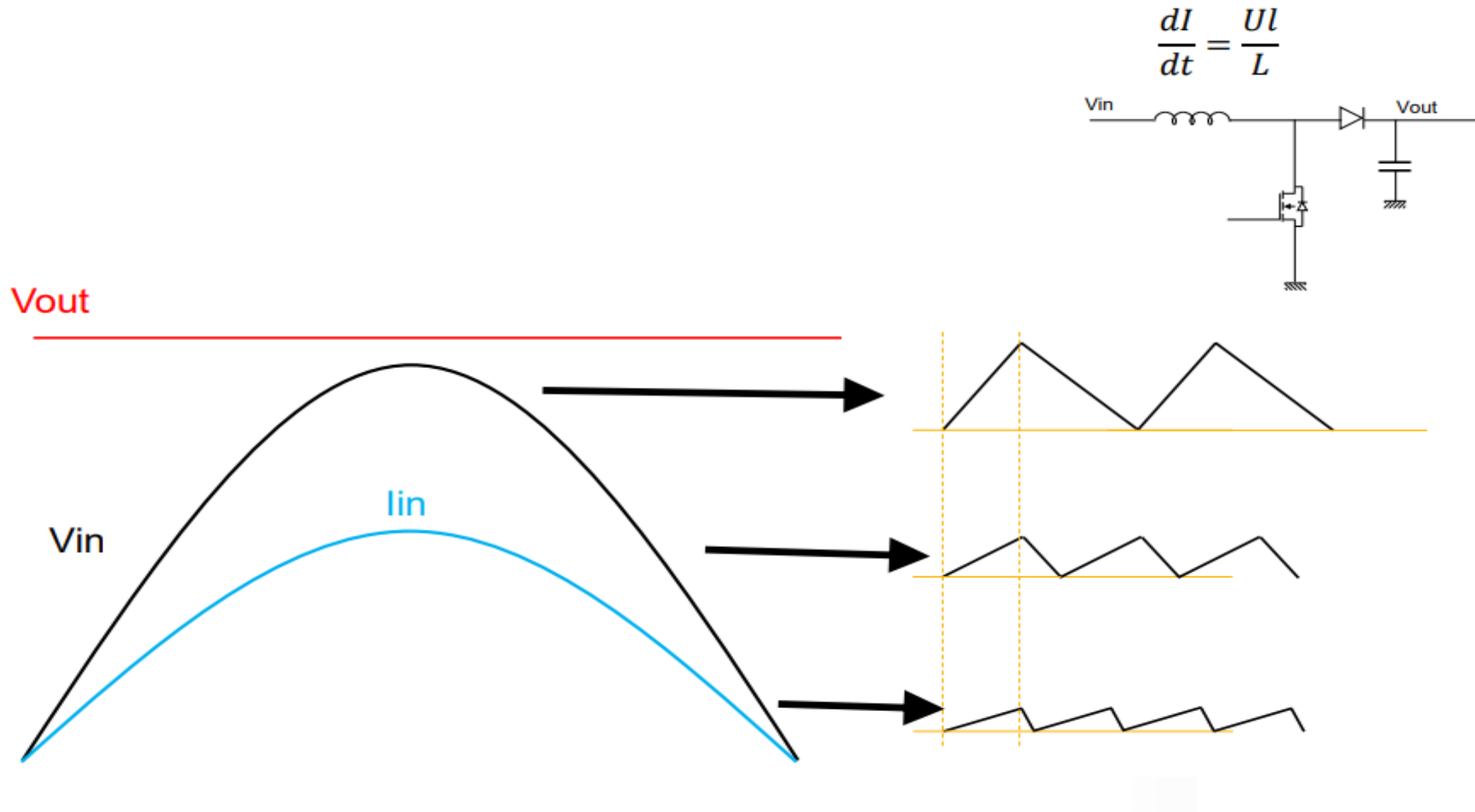


TEA2016 功率因数校正

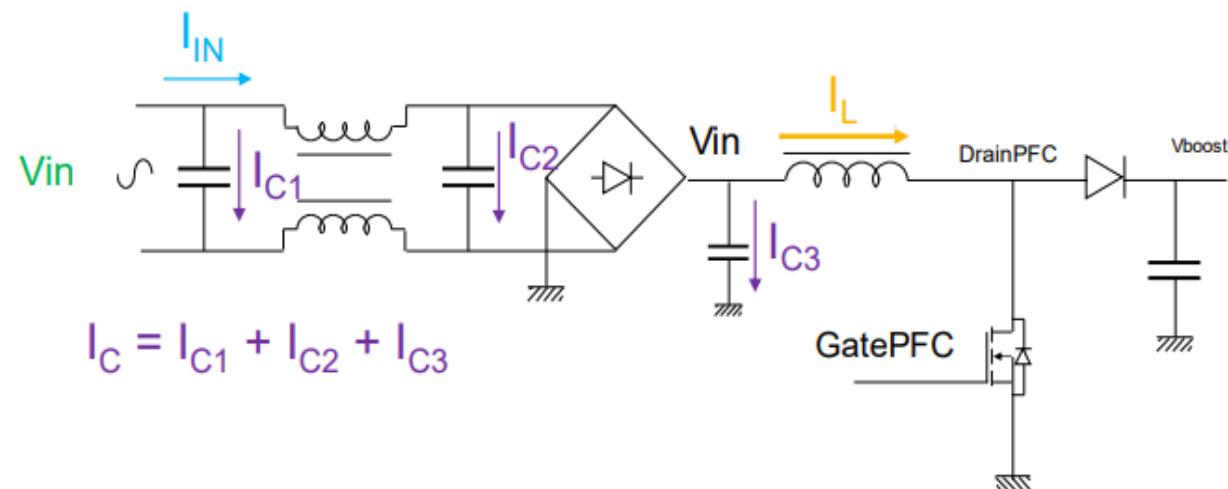


NXP confidential

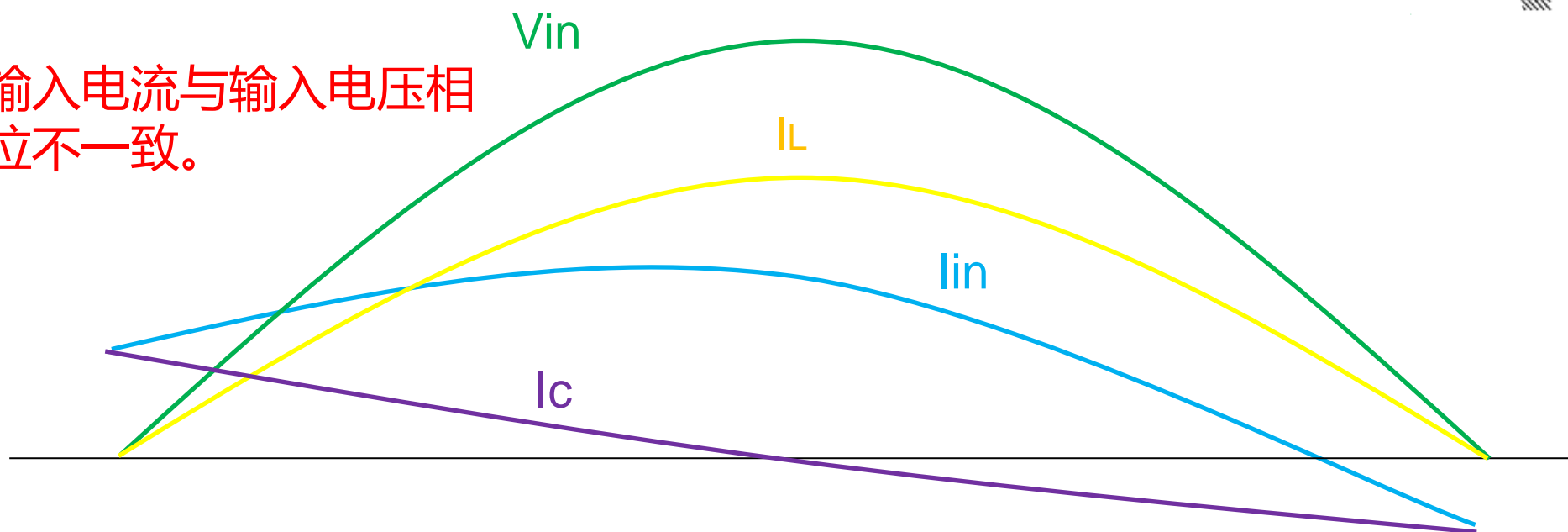
TEA2016 功率因数校正



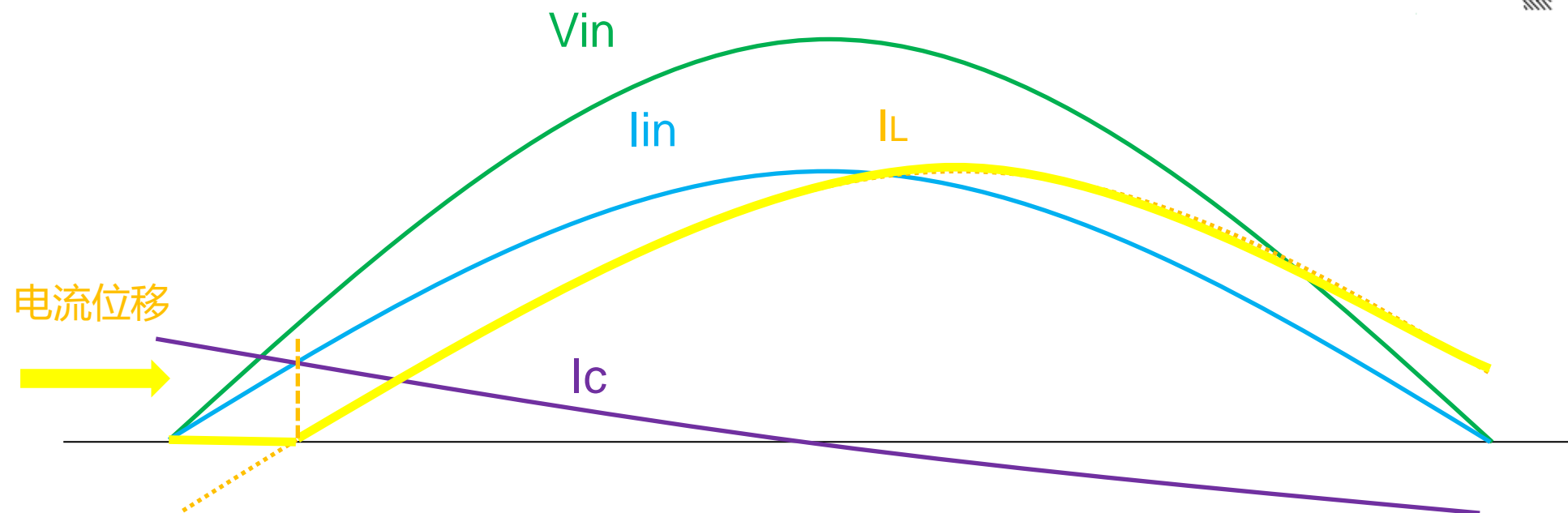
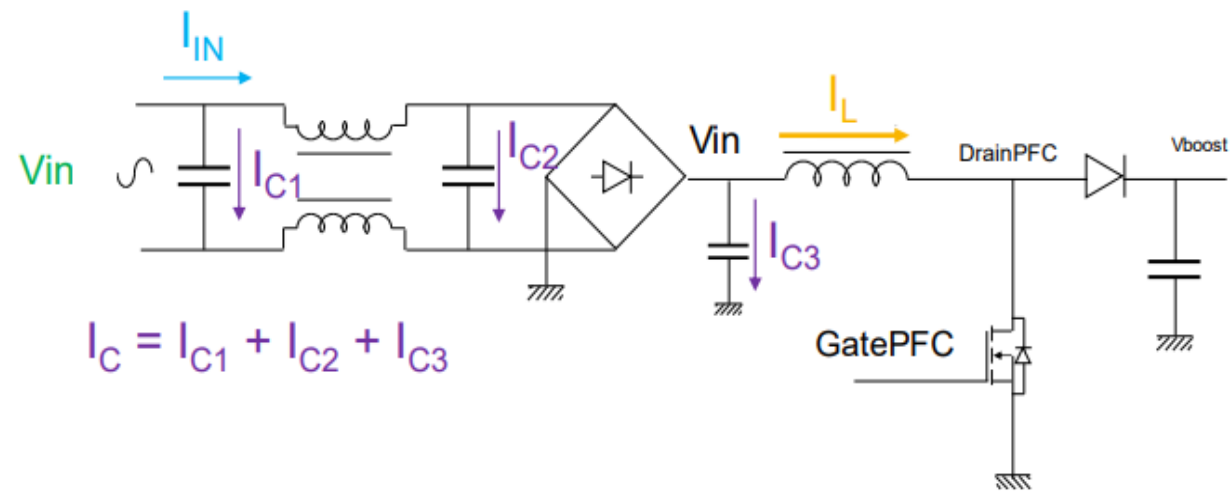
TEA2017 功率因数校正



★ 输入电流与输入电压相位不一致。



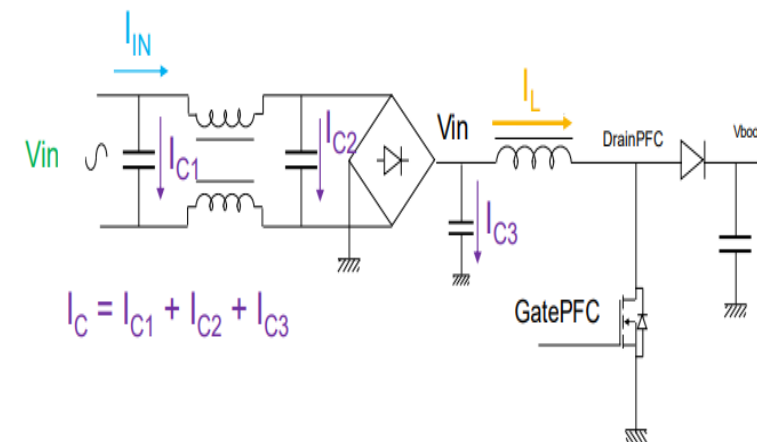
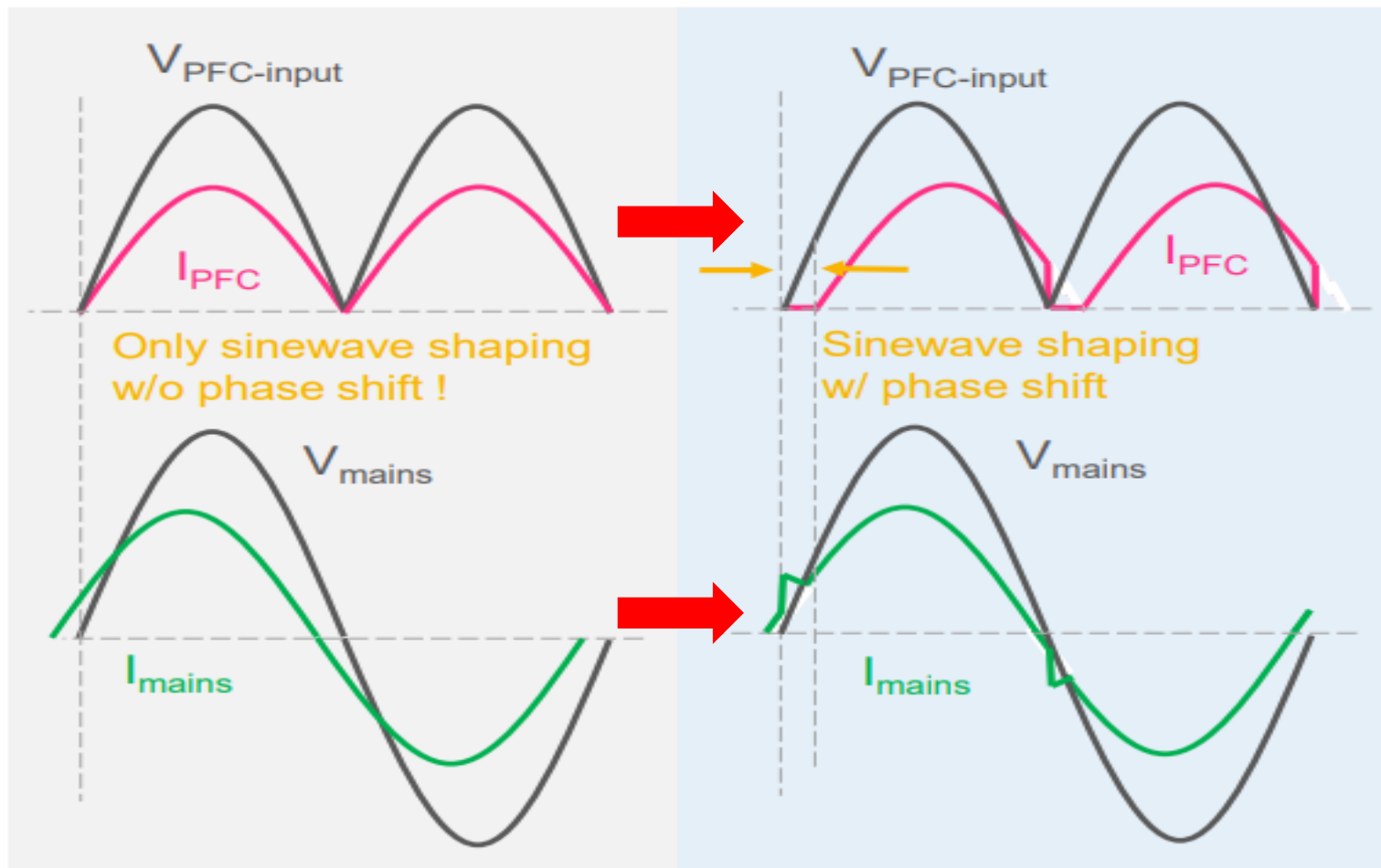
TEA2017 功率因数校正



测试结果

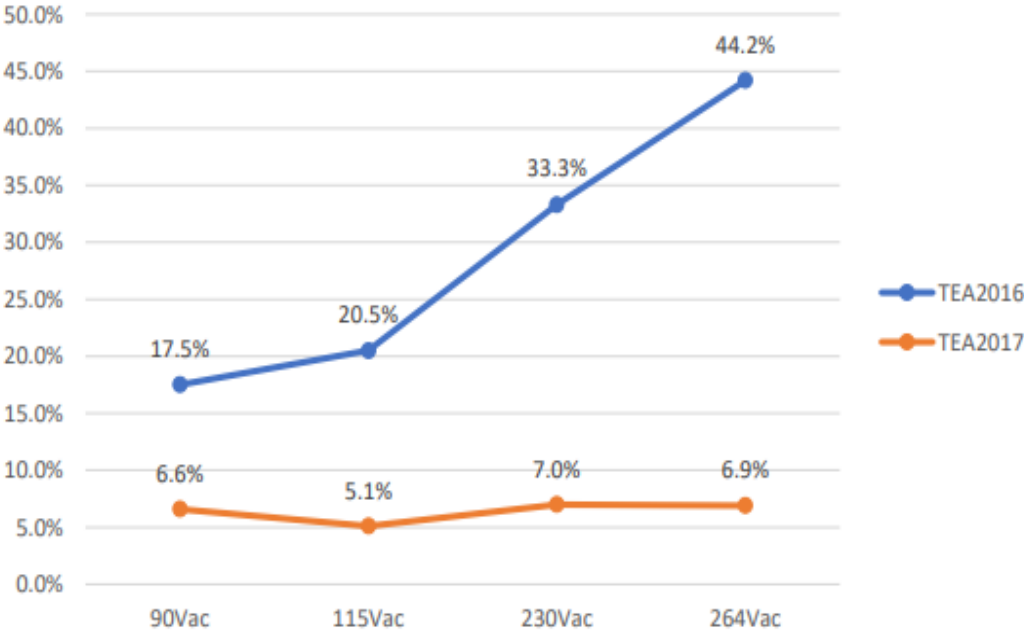
没有相位的结果

有相位的结果



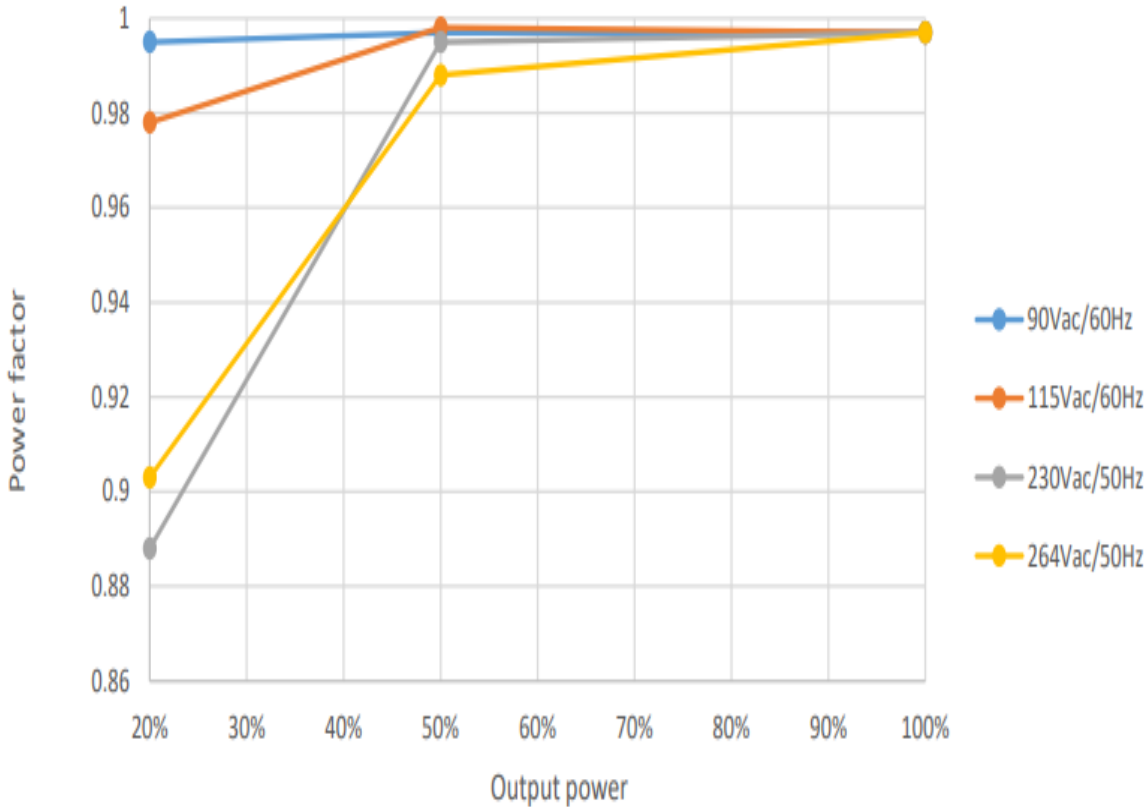
PF和THD测试结果比较

TEA2016和TEA2017 THD结果比较

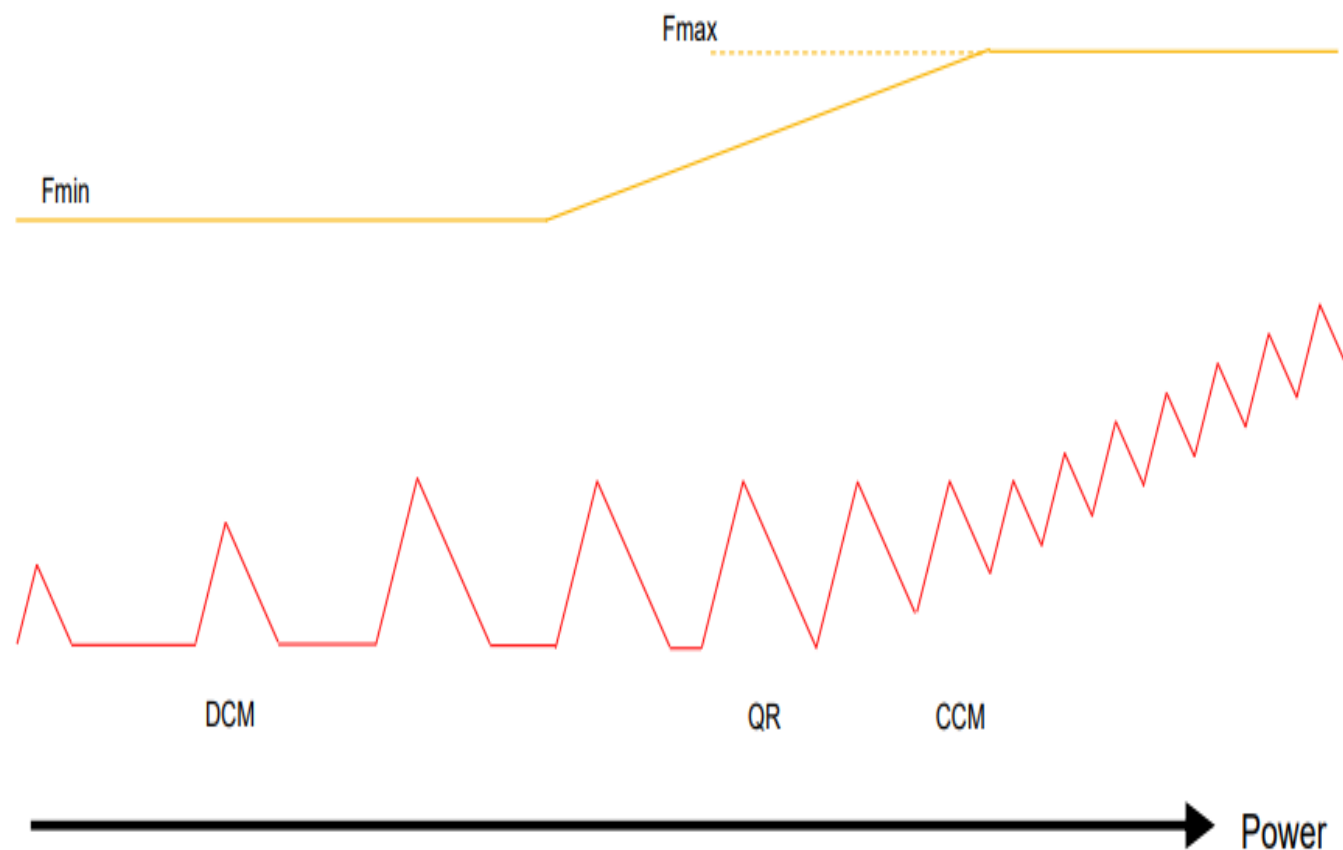


• Test result at half load condition

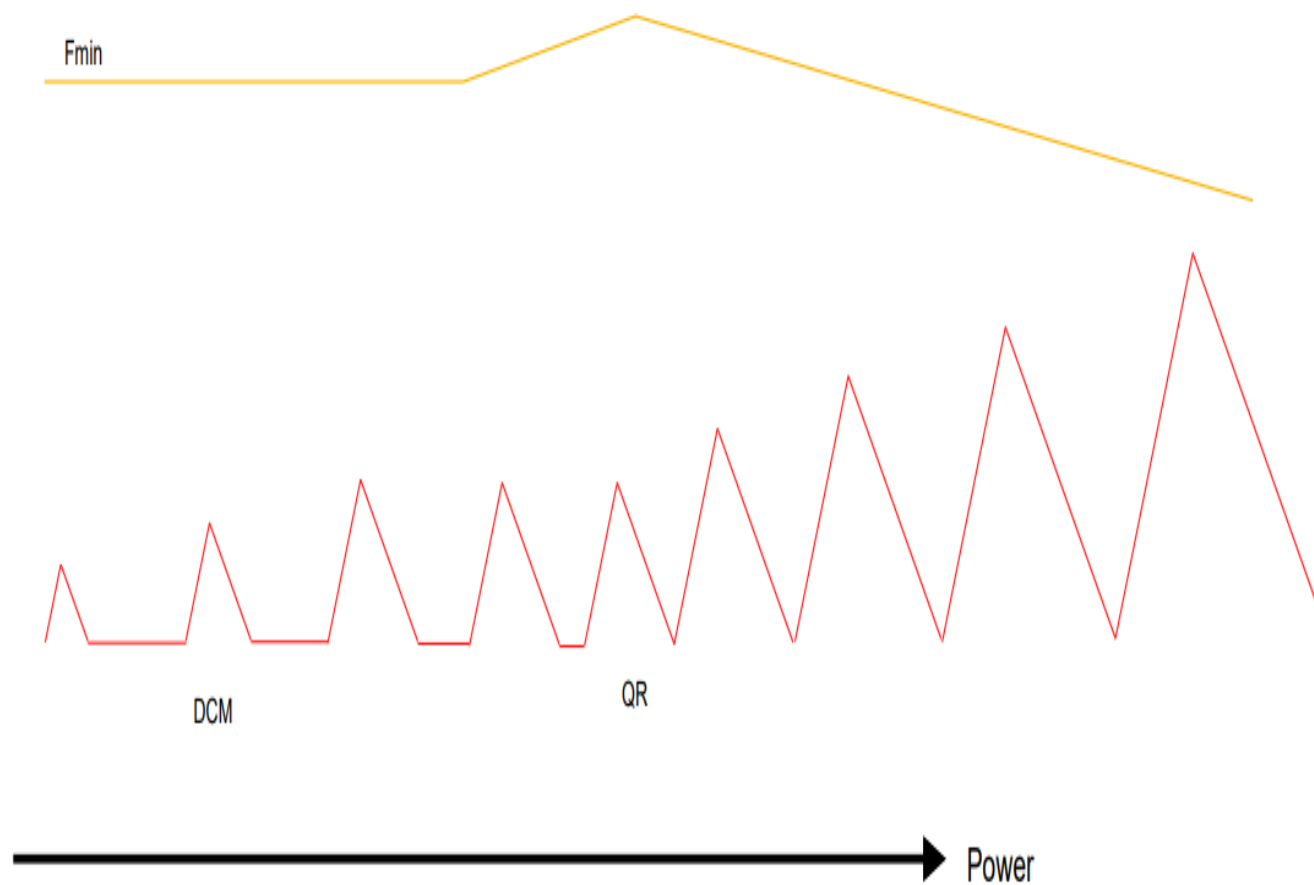
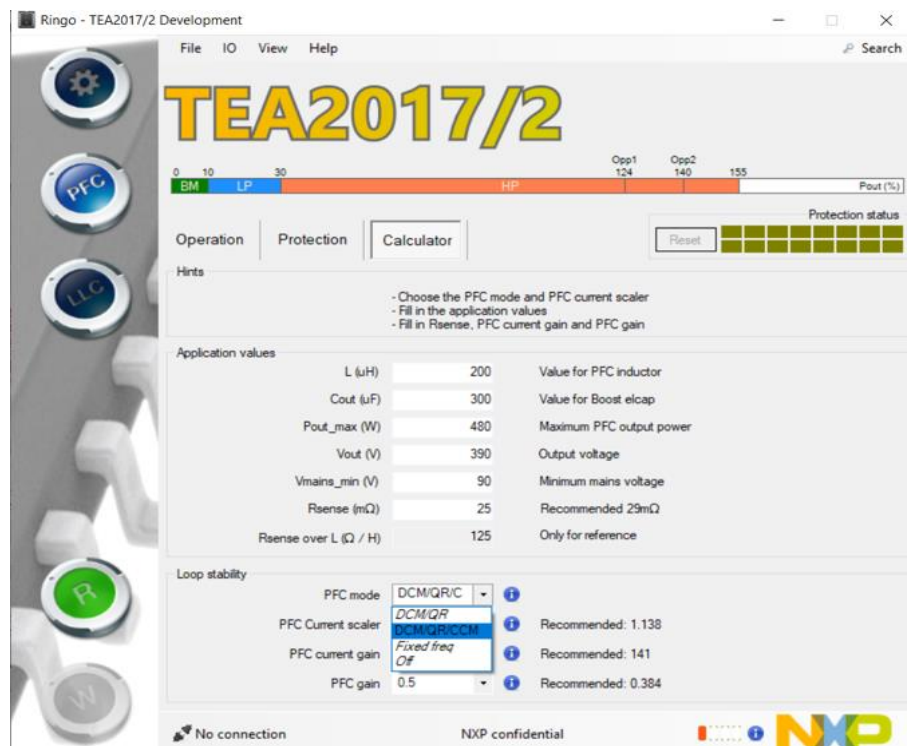
TEA2017 PF 结果



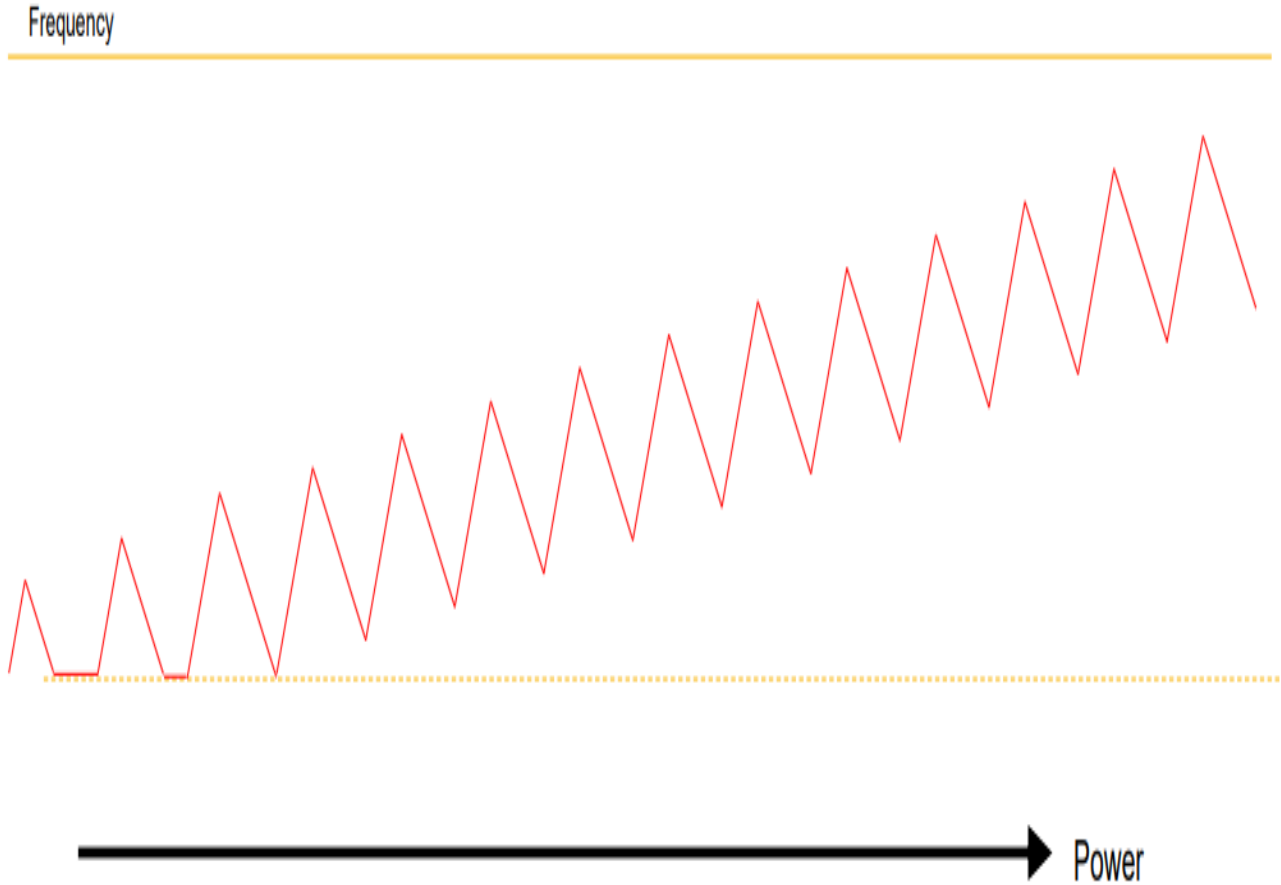
TEA2017 PFC 多种工作模式: DCM/QR/CCM



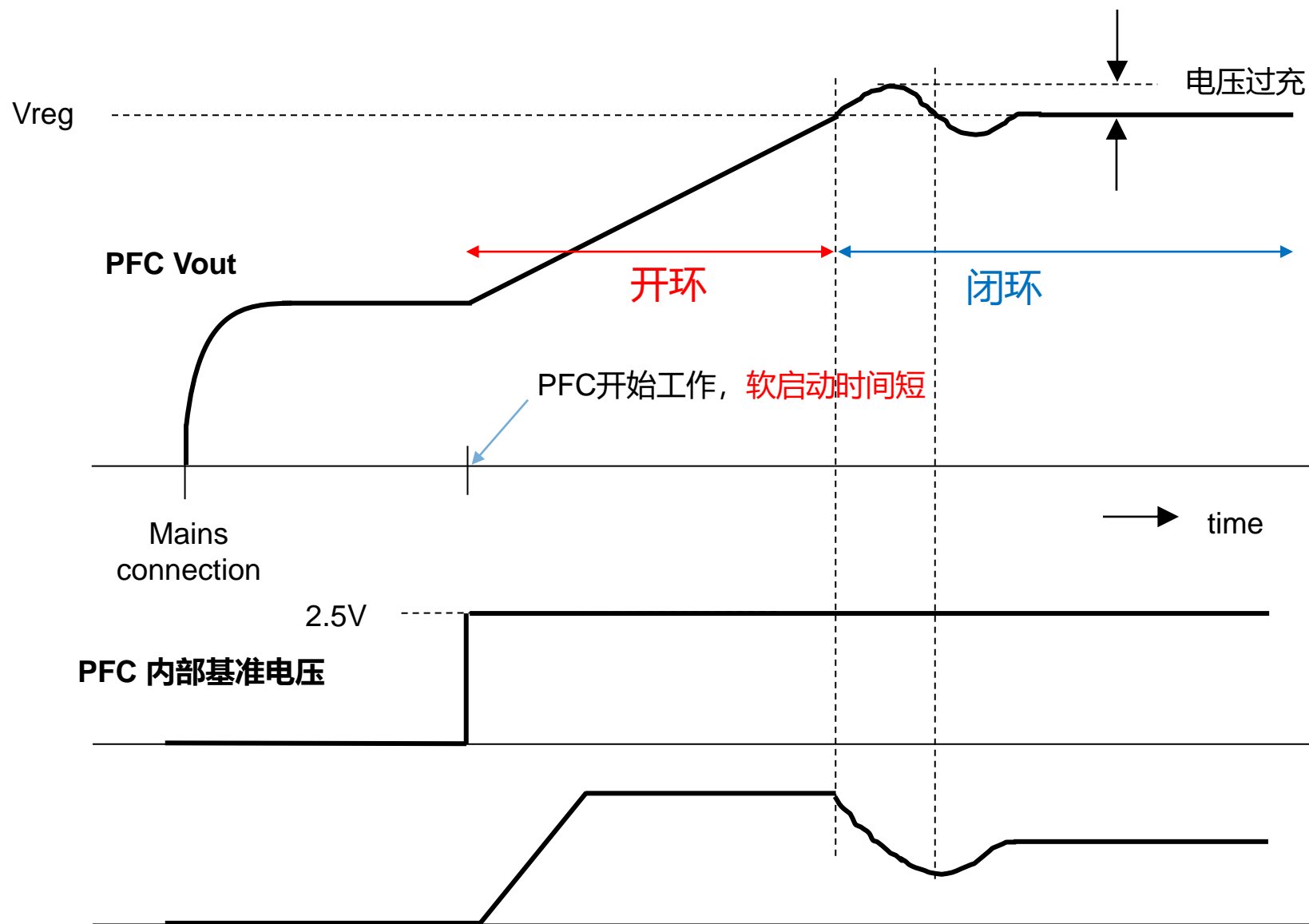
TEA2017 PFC 多种工作模式: DC/QR



TEA2017 PFC 多种工作模式: CCM



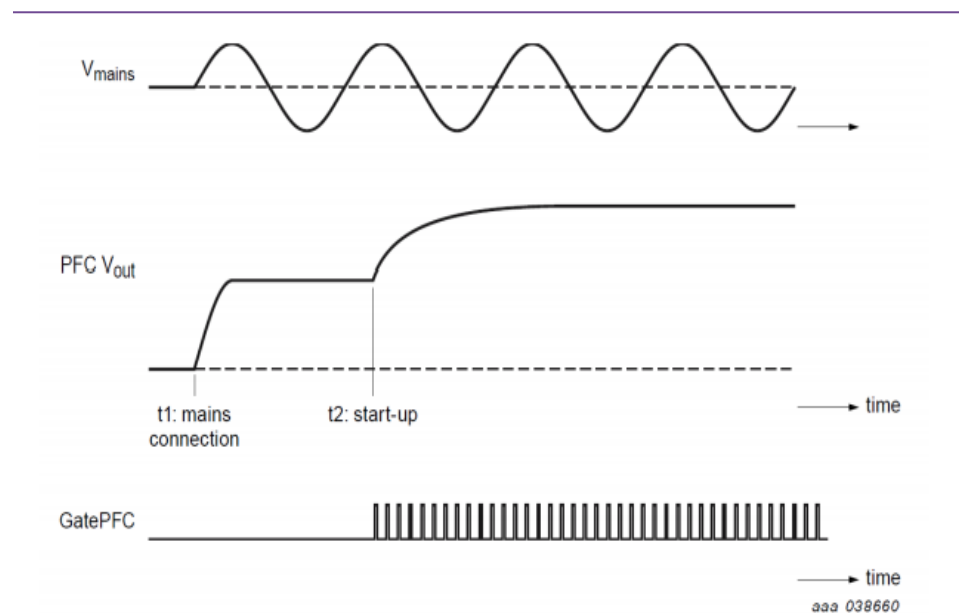
TEA2016 PFC 工作_开机



TEA2017 PFC 工作_开机

1. 软件可以设定比较长的软启动时间:

- 可以减少PFC电感开机时候电流
- 可以减小开机时候的噪声
- 可以减小PFC输出电压的过充现象。



TEA2016 与 TEA2017的差异

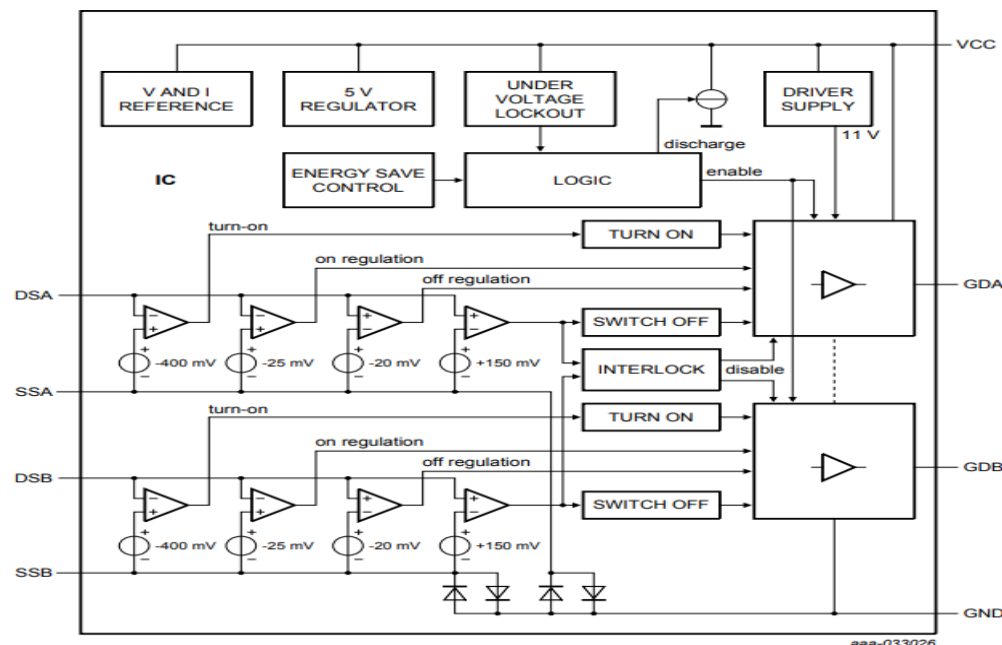
	TEA2016	TEA2017	注释
PFC部分			
PFC 工作方式	固定导通时间	平均电流	
PFC 工作模式	断续和临界模式	三种工作模式可以选择： 1.断续，临界，连续 2.断续，临界 3.连续	TEA2017可以应用在更高的功率
PF/THD 实现方式	固定导通时间	平均电流和相位移的方式	TEA2017可以得到更好的PF和THD
工作频率	限定最高频率	频率控制方式	TEA2017轻载效率可以更好。
频率抖动	没有	有	改善EMI
PFC软启动	固定的软起动时间。	软起的时间可以选择	TEA2017可以更好的解决开机电压过充的问题。



多口PD充电器方案介绍

- 充电器发展历程
- TEA2016/7 关键功能
- TEA2016/7详细功能的介绍
- **TEA2095 同步整流功能介绍**
- TEA2016/7 应用的介绍

TEA2095



(1) TEA2095 特性:

- 1, DSA,DSB 耐压120V,
- 2, Vcc工作电压非常宽: 4.5V~38V
- 3, 驱动自适应, 可以提升轻载效率

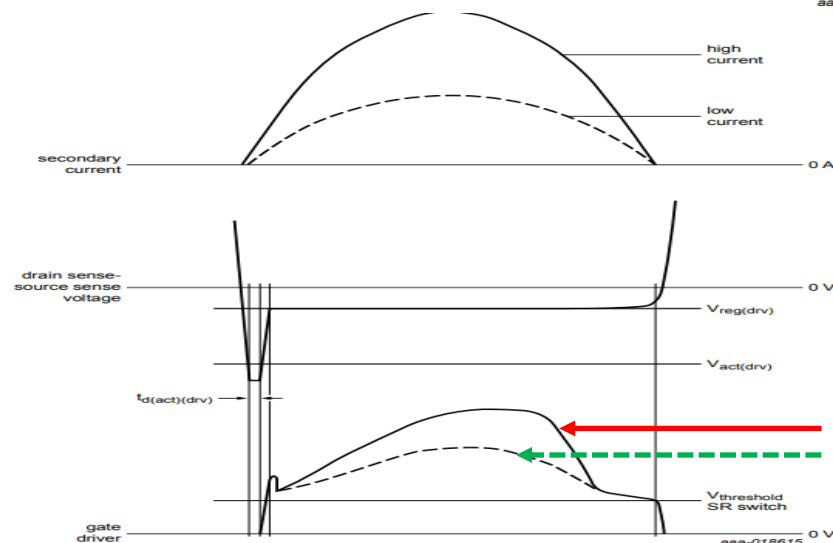
(2) TEA2095工作原理,采样流过MOSFET的工作电流, 也就是Vds的压降。

开通过程:

1. Vds电压小于-400mV给IC一个Vgs可以开通的一个条件
2. 当Vds电压小于-25mV, IC可以提高驱动电压, 从而降低Rds, 来维持Vds的电压在-25mV.

关断过程:

1. 当流过MOSFET电流减小时, 并大于-20mV的时候, IC会降低驱动电压, 从而提高Rds, 开维持Vds的电压在-20mV.
2. Vds电压大于150mV的时候, 驱动会立即关断。



电流大的时候, 驱动电压高,
电流小的时候, 驱动电压低, 可以提升轻载效率

多口PD充电器方案介绍

- 充电器发展历程
- TEA2016/7 关键功能
- TEA2016/7详细功能的介绍
- TEA2095 同步整流功能介绍
- **TEA2016/7 应用的介绍**

150W 氮化镓演示板

输入规格: 90Vac~264V

输出规格: 21.5V, 150W

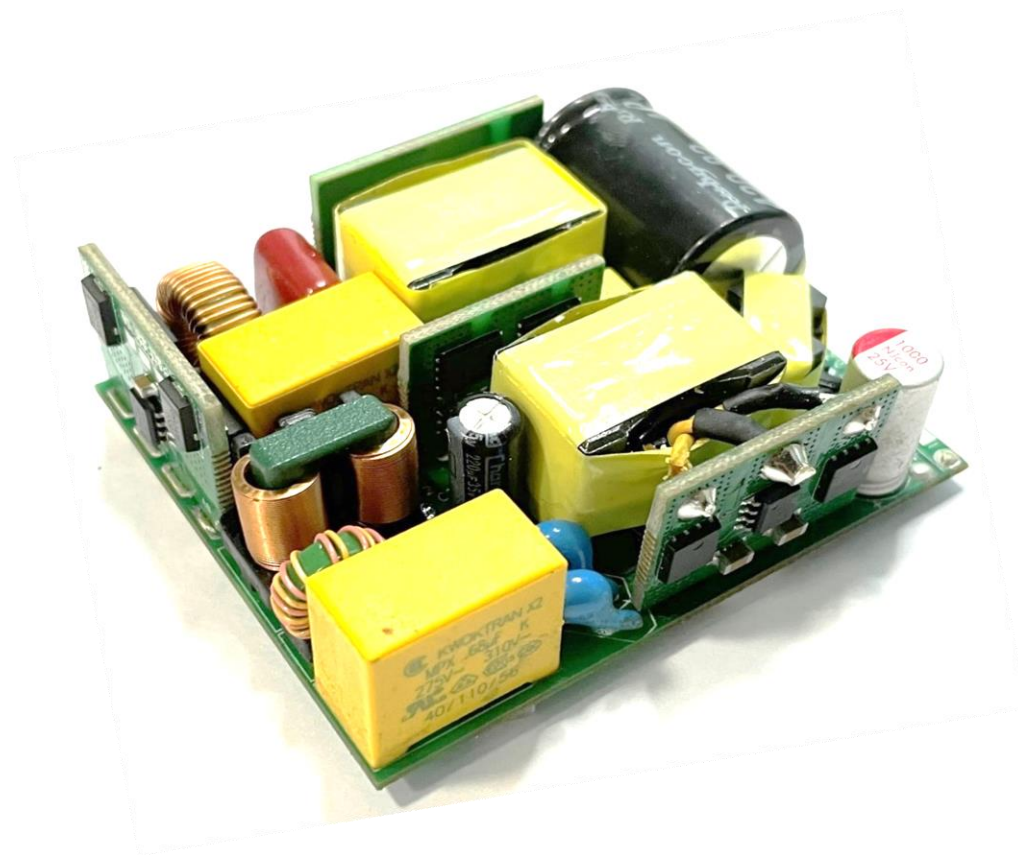
功率密度: 1.91W/厘米³

PCB尺寸: 6.5cm*5.5cm*2.2cm

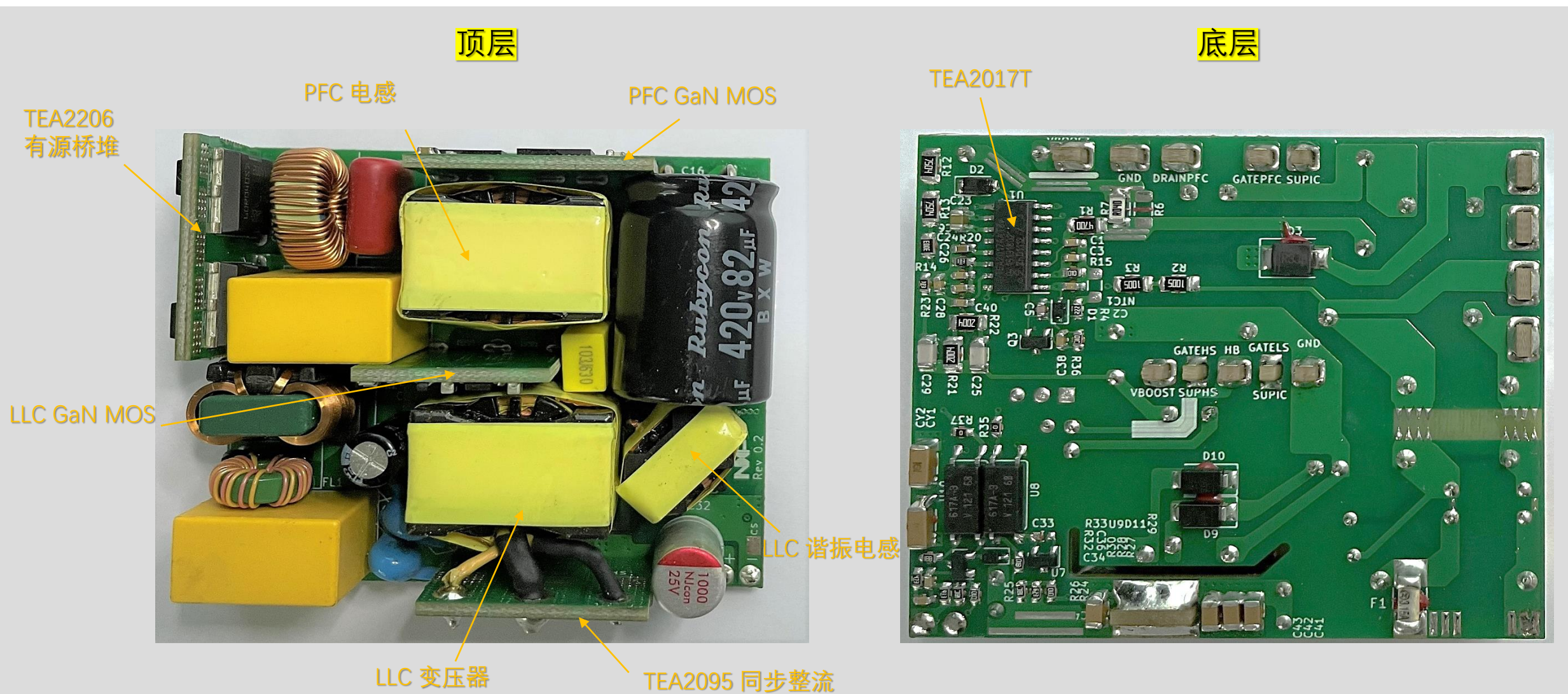
工作频率: PFC@200kHz

LLC@250KHz

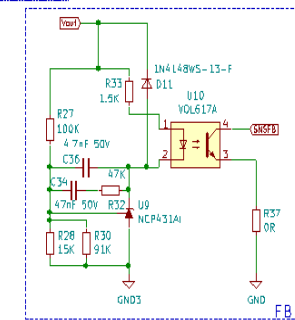
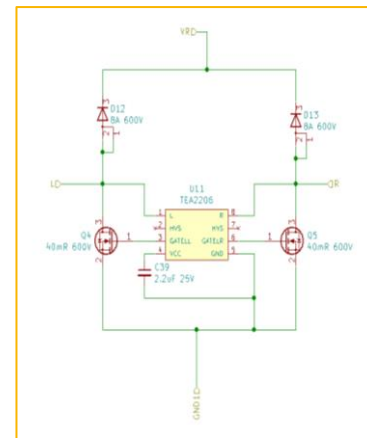
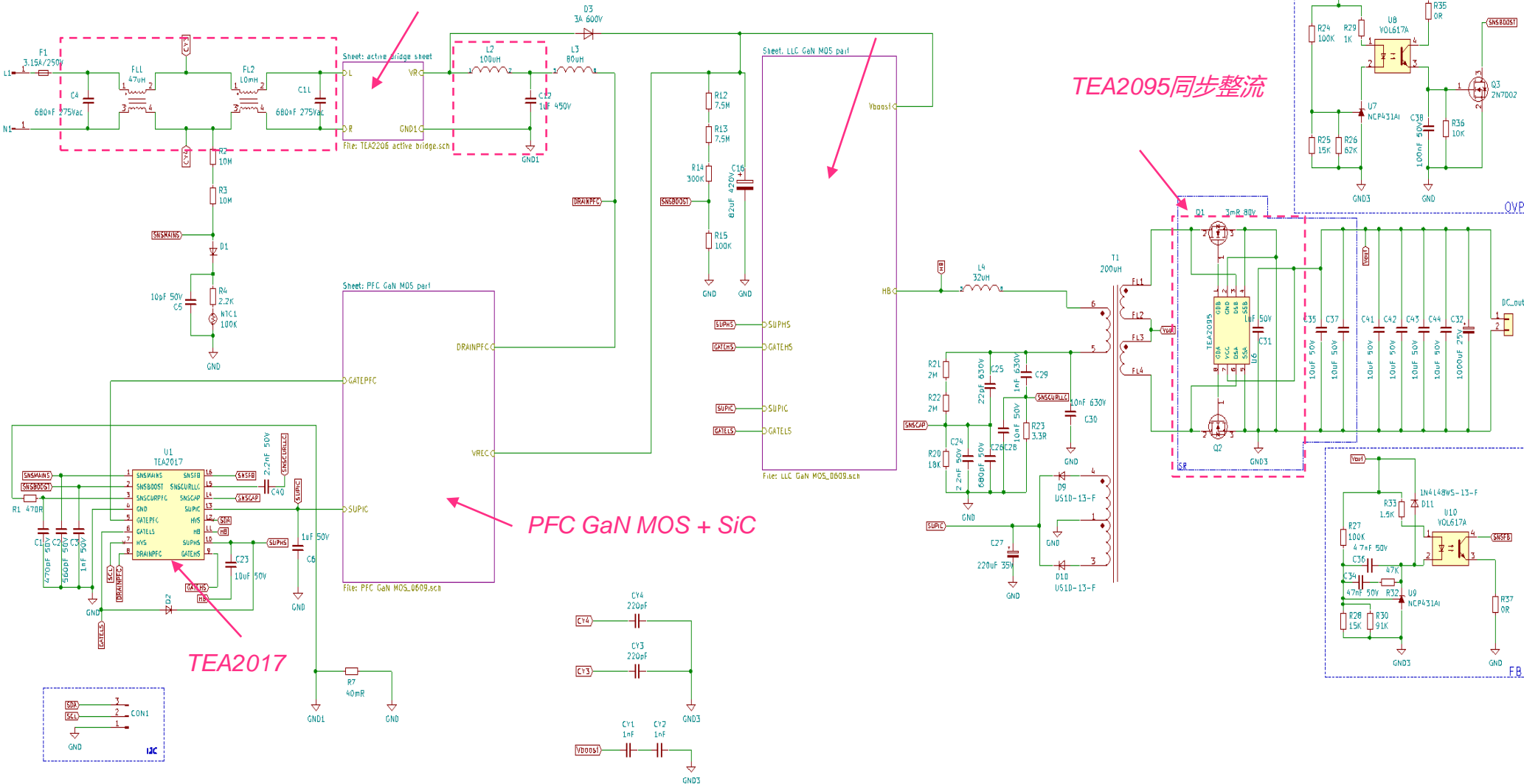
应用nxp产品:	TEA2017	SO16	PFC+LLC
	TEA2206	SO8	有源桥堆
	TEA2095	SO8	同步整流



150W 氮化镓演示板

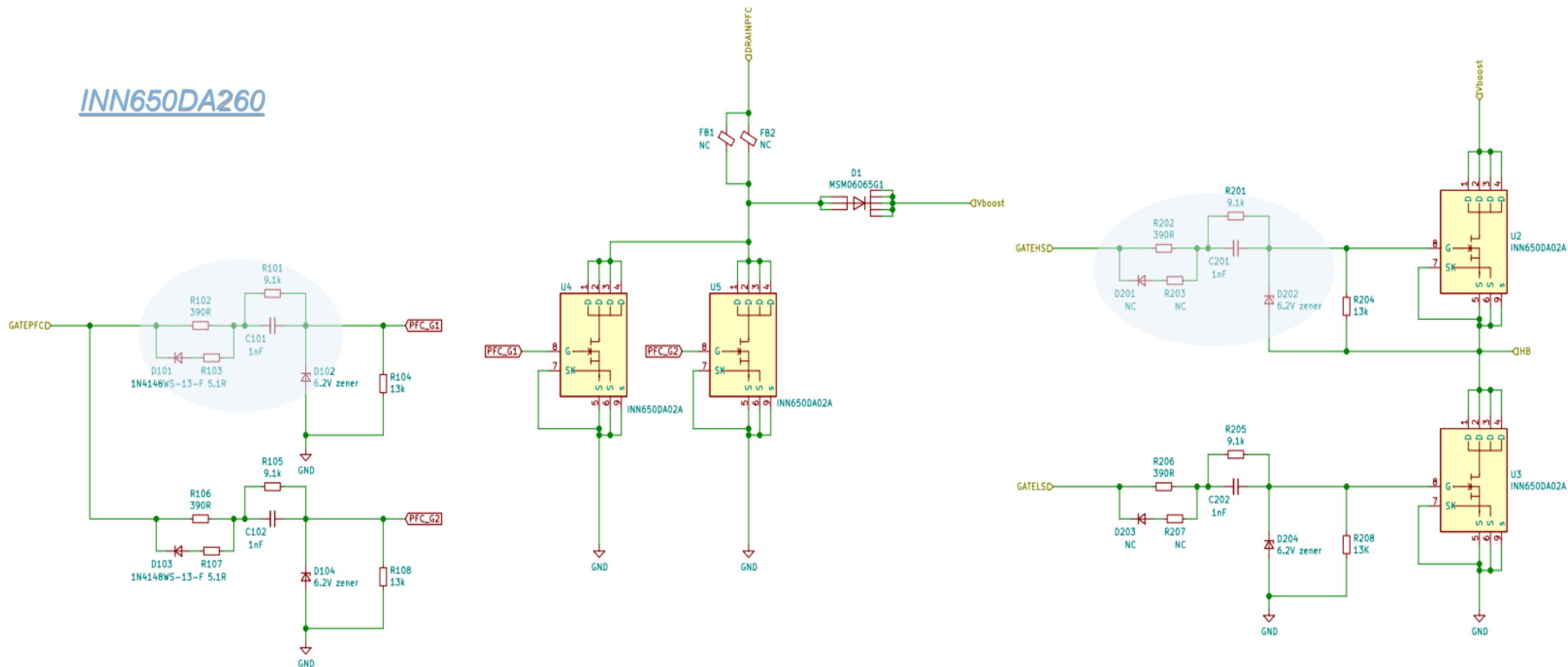


150W 氮化镓原理图



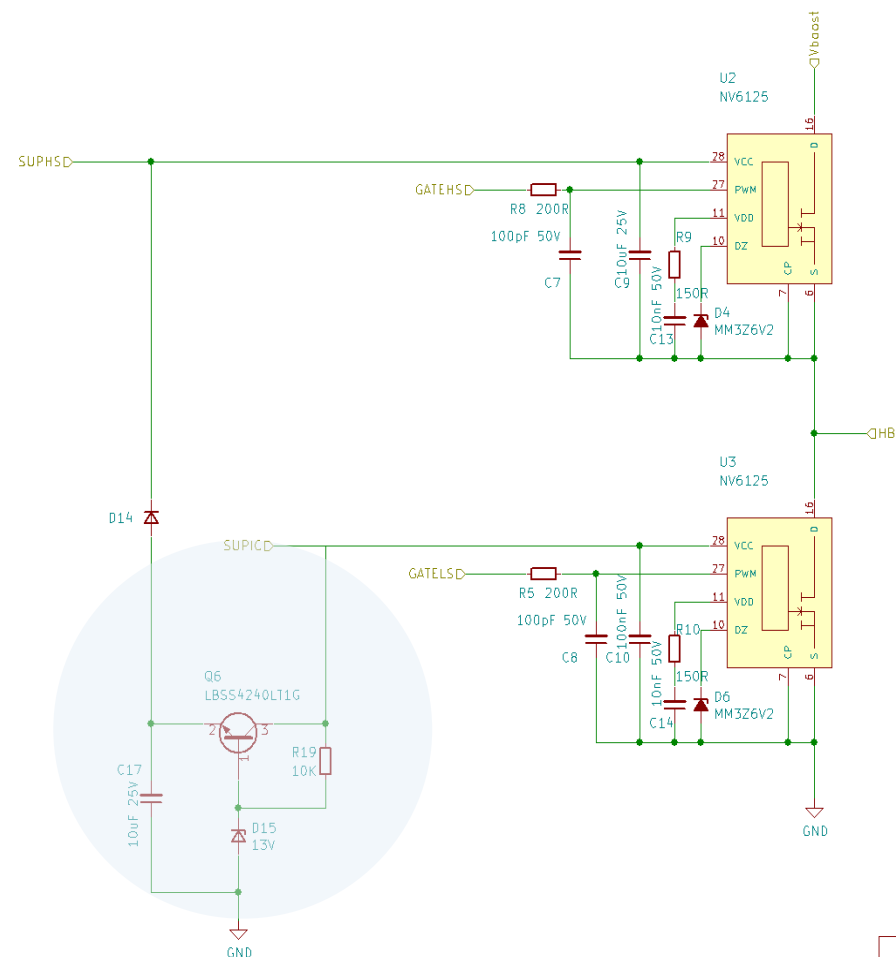
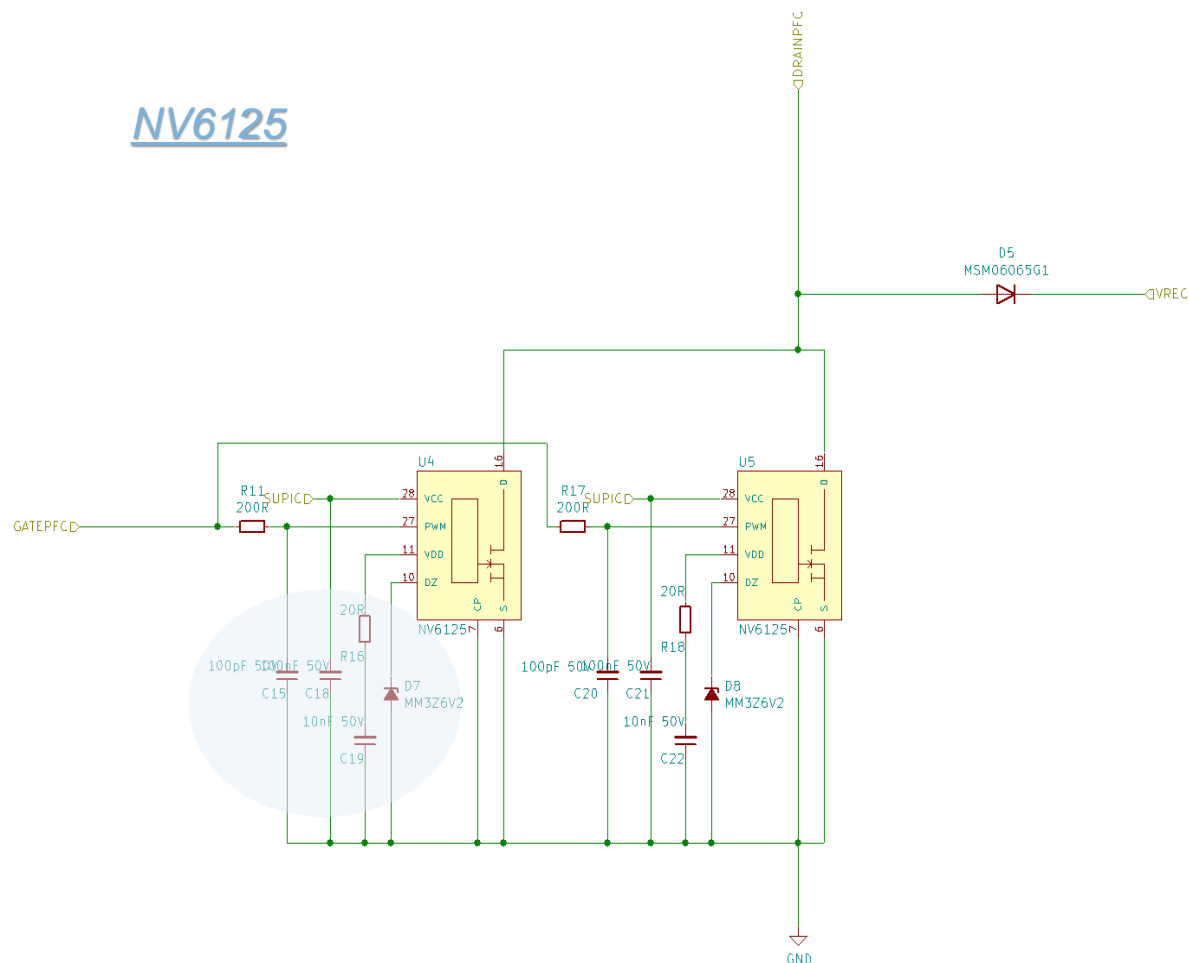
150W 氮化镓驱动线路

INN650DA260



150W 氮化镓驱动线路

NV6125



需要外部加LDO,防止在BM模式下
SUPHS供电不足。

150W 氮化镓设计的差异

	Navitas, NV6125	Innoscence, INN650DA260A	平面MOSFET
TEA2017 VCC	$C_{SUPIC} = 220\mu F$ $C_{SUPHS} = 10\mu F$ LDO for SUPHS	$C_{SUPIC} = 100\mu F$ $C_{SUPHS} = 1\mu F$ No ext. LDO	$C_{SUPIC} = 47\mu F$ $C_{SUPHS} = 330nF$ No ext. LDO

150W 氮化镓设计的MTP设定

PFC部分

Frequency

PFC maximum switching frequency ⓘ

PFC minimum switching frequency ⓘ

Application values

L (uH)	<input type="text" value="300"/>	Value for PFC inductor
Cout (uF)	<input type="text" value="390"/>	Value for Boost elcap
Pout_max (W)	<input type="text" value="750"/>	Maximum PFC output power
Vout (V)	<input type="text" value="410"/>	PFC output voltage
Vmains_min (V)	<input type="text" value="75"/>	Minimum mains voltage
Rsense (mΩ)	<input type="text" value="12"/>	Recommended 9mΩ
Rsense over L (Ω / H)	<input type="text" value="40"/>	Only for reference

Loop stability

PFC mode	<input type="text" value="DCM/QR"/>	ⓘ
PFC current scaler	<input type="text" value="2.013"/>	ⓘ Recommended: 2.013
PFC current gain	<input type="text" value="10"/>	ⓘ Recommended: 250
PFC gain	<input type="text" value="0.375"/>	ⓘ Recommended: 0.562

LLC部分

Startup

LLC soft-start speed ⓘ


Maximum (start-up) frequency ⓘ

LLC soft-start current limit ⓘ

LLC converter ⓘ

150W 氮化镓设计计算工具

PFC部分



LLC Resonant Converter Design Tool

- PFC + LLC: TEA2017, Active Bridge Rectifier: TEA2208/TEA2209/TEA2206, SR: TEA1995/TEA2095

PFC Design

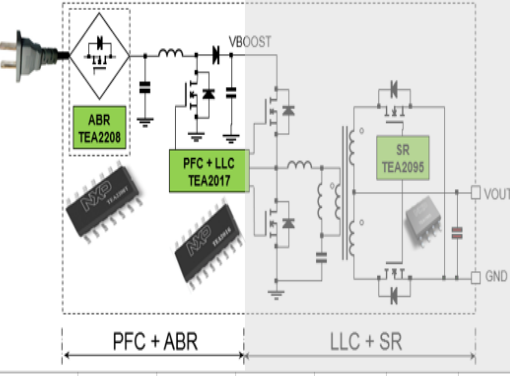
Step 1. Input Spec. > Step 2. Output Cap. > Step 3. Boost Inductor > Step 4. Sense Resistor > Step 5. MOSFET & Diode > Step 6. Bridge Rectifier > Step 7. Input Filter Etc. > Step 8. Control & Misc.

Note: "User Input" is for users to enter typical design or component parameter; "Default" is recommended typical parameter or calculation result.

1. Input Requirements

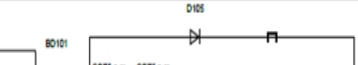
1.1. Input

	User Input	Default	Unit
Min AC line voltage (Vac_min)	90	90	Vrms
Nominal low AC line voltage (Vac_low)	110	110	Vrms
Nominal high AC line voltage (Vac_high)	230	230	Vrms
Max AC line voltage (Vac_max)	264	264	Vrms
Min AC line frequency	47	47	Hz
Max ambient temperature	50	50	C
Nominal output power (Pout)	150	240	W
Peak output power (Pout_peak)	232.5	232.5	W
Nominal output voltage	400	400	V
Minimum output voltage	300	300	V
Efficiency of LLC	95.0	95	%
Efficiency of PFC	95.0	95	%
Brown-in voltage	70	70	V
Estimated total output capacitance of PFC MOSFET	130	130	pF
PFC input power at nominal Pout		157.9	W
Brown-out voltage	60.9	60.9	V
PFC mode of operation	DCM/QR	DCM/QR/CCM	
	Default parameter = DCM/QR/CCM		



2. PFC Output Capacitor

	Default	Unit
Peak to Peak Output Ripple Voltage	16	V



LLC部分

LLC Design:

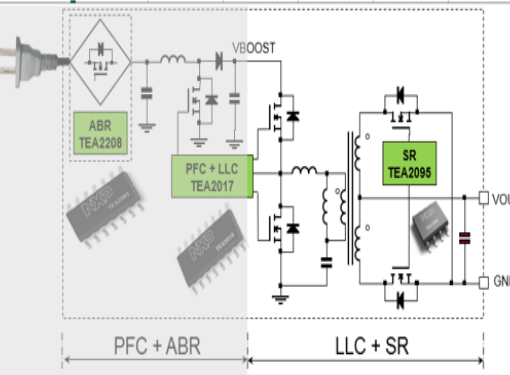
Step 1. In/Out Spec. > Step 2. Ini. Settings > Step 3. Power Train > Step 4. LLC MOSFET > Step 5. TEA2017 Rel. > Step 6. Output Cap. > Step 7. Output > Step 8. Compensation

Note: "User Input" is for users to enter typical design or component parameter; "Default" is recommended typical parameter or calculation result.

1. Input/Output Specifications

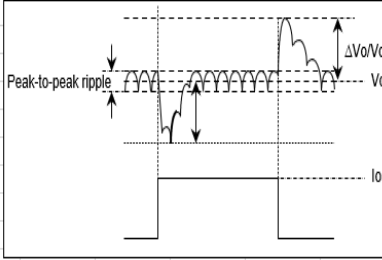
1.1. Input Specifications

	User Input	Default	Unit
Min AC line voltage	90	90	Vrms
Max AC line voltage	264	264	Vrms
Max ambient temperature	50	50	C
Min PFC output voltage for hold-up time	300.0	300	V
Min PFC regulated output voltage (Min VBOOST)	392.0	392	V
Typ PFC regulated output voltage (Typ VBOOST)	400.0	400	V
Max PFC regulated output voltage (Max VBOOST)	408.0	408	V
Max PFC output OVP voltage (OVP VBOOST)	427.2	427.2	V




1.2. Output Specifications

	User Input	Default	Unit
Normal output voltage (Vo)	12	12	V
Max nominal output current (Io)	20	20	A
Max nominal output power		240.0	W
Over power output current	25	25	A
Over Power output power		300	W
CV regulation tolerance (+/-)	3	3	%
Max output voltage ripple (+/-)	3	3	%
Max output peak-to-peak ripple (+/-)		360	mV
Peak transient voltage deviation at load release ($\Delta V_o/V_o$)	5	5	%
Output over voltage protection (OVP) ratio	125	125	%
Max output voltage (at OVP)		15	V



1.3. Output Rectifier Design Concept

	User Input	Default	Unit
Rectifier winding type	Center tap	Center tap	



150W 氮化镓软启动波形:

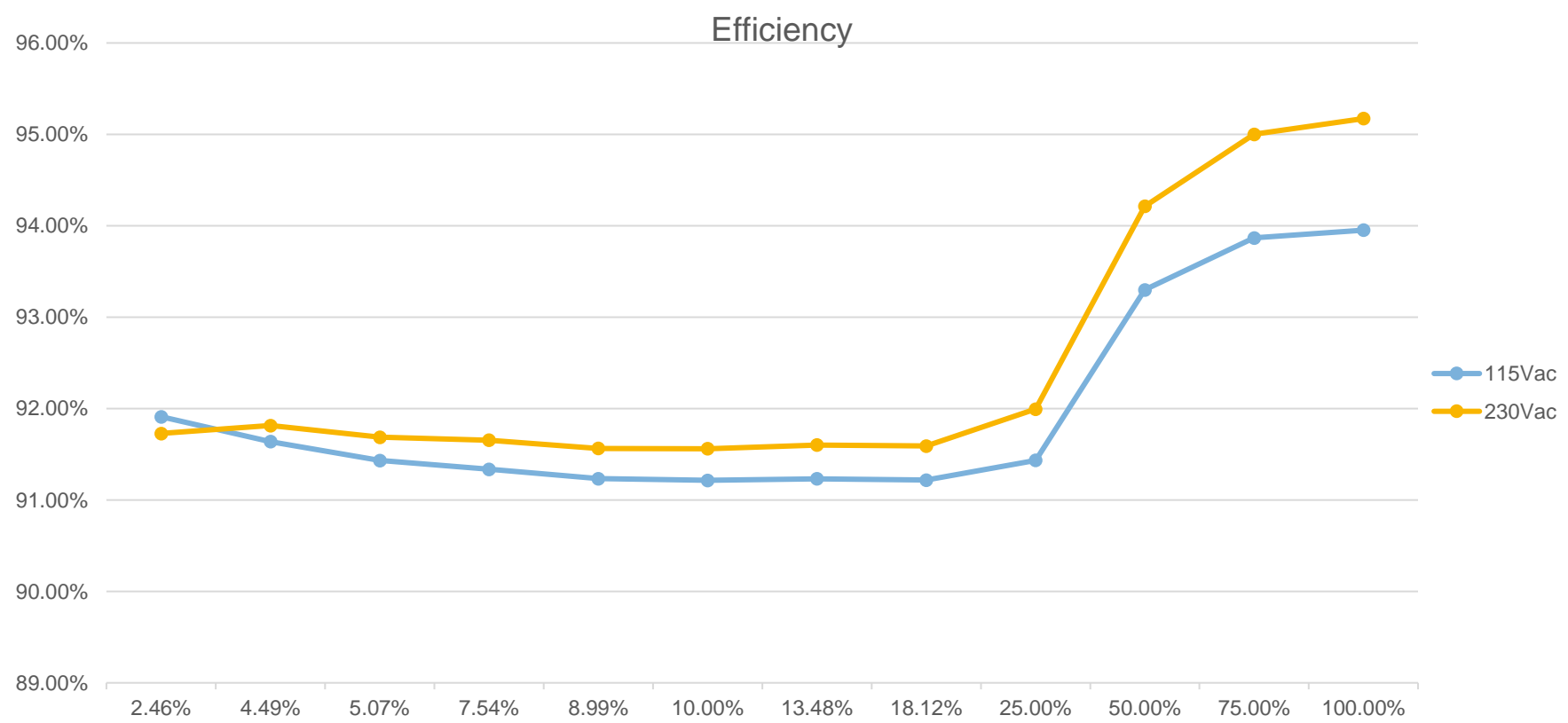


I_{cr}最大3.78A@700K



I_{cr}最大4.81A@450K

150W 氮化镓效率



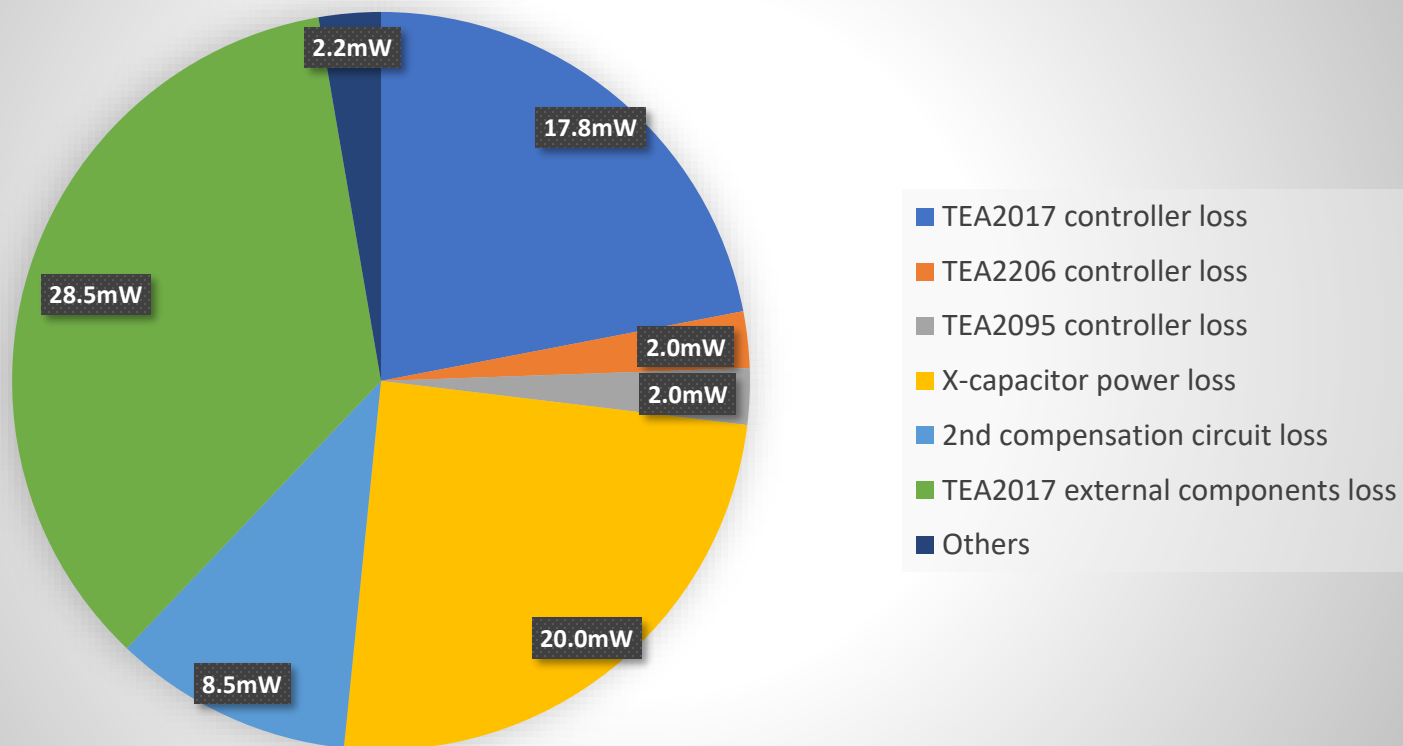
2.46%	4.49%	5.07%	7.54%	8.99%	10%	13.48%	18.12%
5V*0.75A	9V*0.75A	5V*1.5A	5V*2.25A	9V*1.5A	5V*3A	9V*2.25A	9V*3A



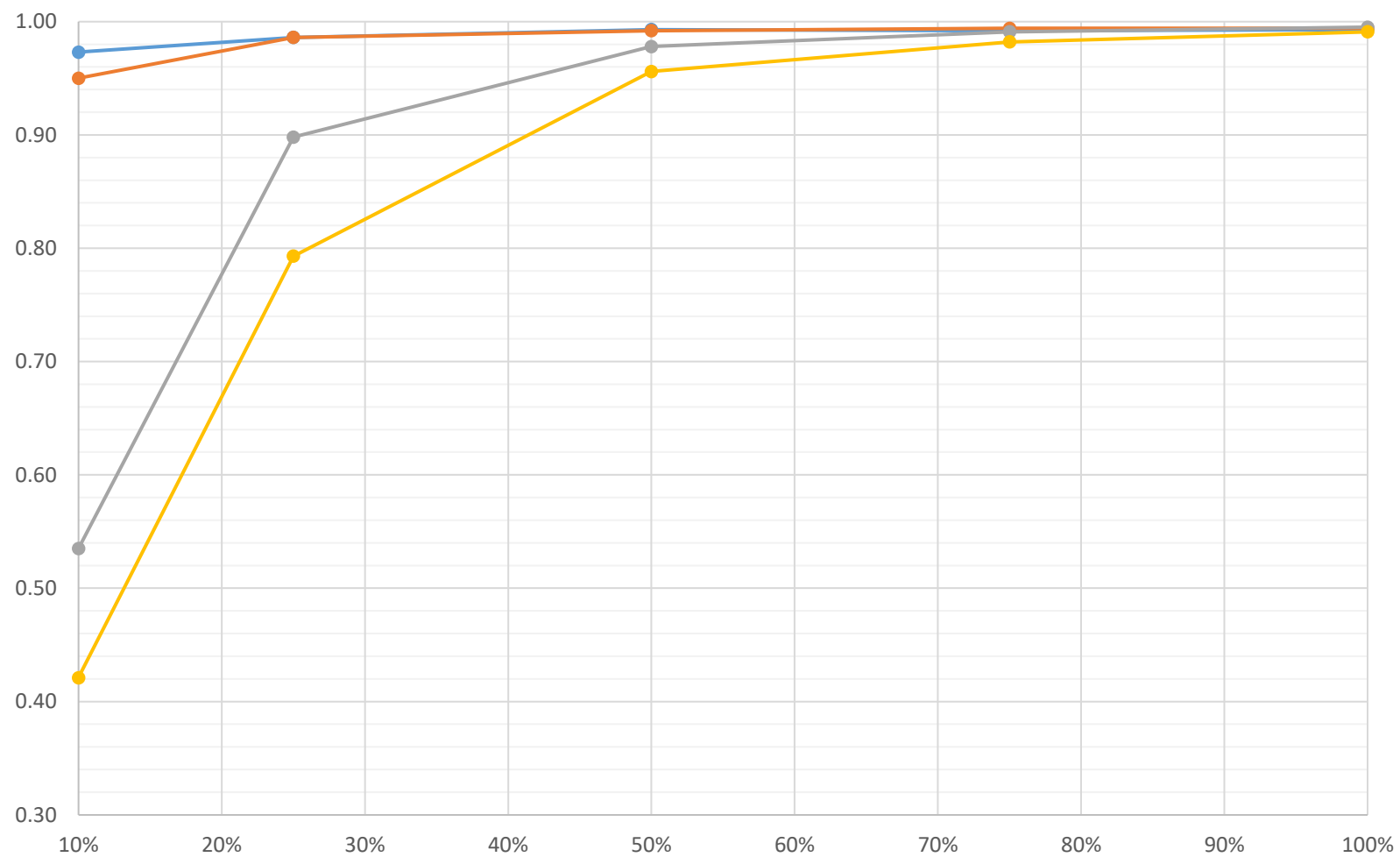
150W 氮化镓待机功耗

230Vac输入测试待机总共损耗 81 mW

Standby power loss breakdown



150W 氮化镓PF



140W 氮化镓演示板

输入规格: 90Vac~264V

输出规格: 28.5V, 140W

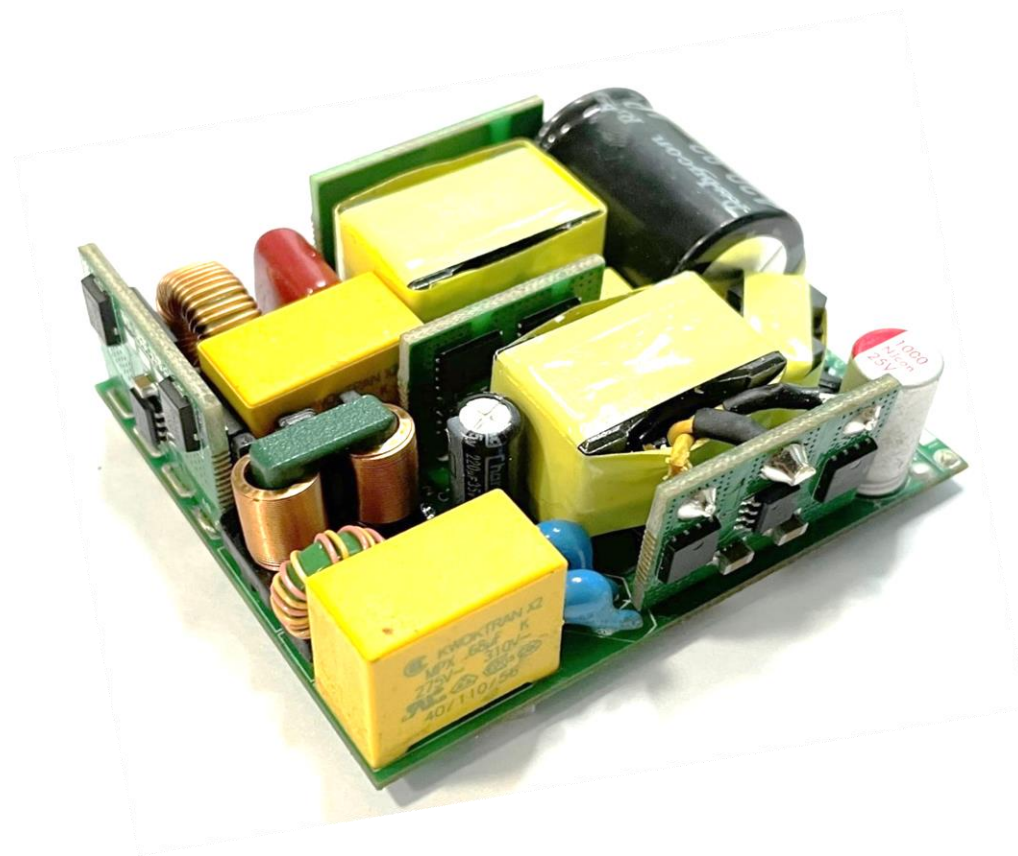
功率密度: 1.83W/厘米³

PCB尺寸: 6.5cm*5.5cm*2.2cm

工作频率: PFC@200kHz
LLC@250KHz

应用nxp产品:	TEA2017	SO16	PFC+LLC
	TEA2206	SO8	有源桥堆
	TEA2098	SO8	同步整流

满载效率: 94.3% at 115Vac,
95.3% at 230Vac



140W 氮化镓演示板 Vs 150W 氮化镓演示板

	28.5V/140W <i>All GaN solution (PFC/LLC/SR)</i>	21.5V/150W <i>GaN (PFC/LLC), SR (MOSFET)</i>
<i>SR drive temperature</i>	~85 °C / TEA2098T	~118 °C/ TEA2095T
<i>SR switch temperature</i>	~84°C / INN150LA070A (7mohm)	~100°C/ SFS06R03GF (3mohm)
<i>Output ripple</i>	396mV _{max}	270mV _{max}
<i>LLC switching frequency</i>	~250KHz	~250KHz
<i>Solution efficiency</i>	95.33% / 230Vac	95.34% / 230Vac
<i>Standby power loss</i>	96mW	89mW

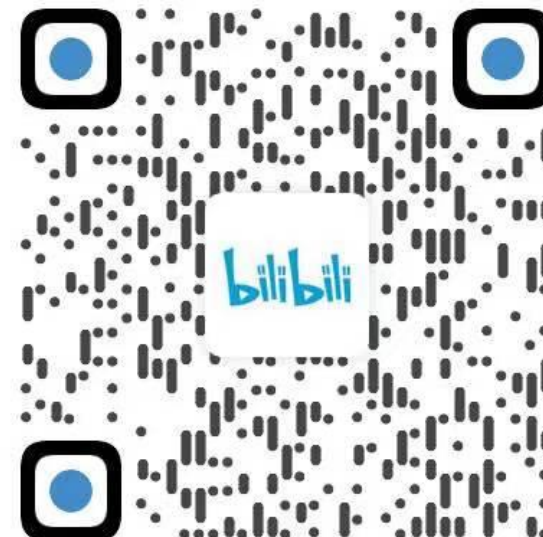
欢迎关注恩智浦社交账号



欢迎您关注「恩智浦微招聘」公众号
及时获取恩智浦“芯”职位及员工
活动相关资讯



关注NXP客栈公众号，查看恩
智浦最新官方资讯及技术材料



关注恩智浦B站官方账号，观
看恩智浦最新技术视频



TECHNOLOGY SHOWROOM

JOURNEYS BY DESIRED ENGAGEMENT

Self-guided tour
Live-streaming at set times
Guided tours

40+ VIRTUAL DEMOS

Focus on system solutions
Set up along NXP verticals

JOURNEYS BY DESIRED FOCUS

Edge & AI/ML
Safety & Security
Connectivity
Analog



SHOWROOM.NXP.COM

Q&A





SECURE CONNECTIONS
FOR A SMARTER WORLD



[SHOWROOM.NXP.COM](https://showroom.nxp.com)