



# STNRG011 数字化PFC+LLC一体电源 解决方案

Bota LI / Youth TAN / Fan HUANG

1 芯片介绍

2 PFC和LLC的技术创新

3 演示版实例介绍

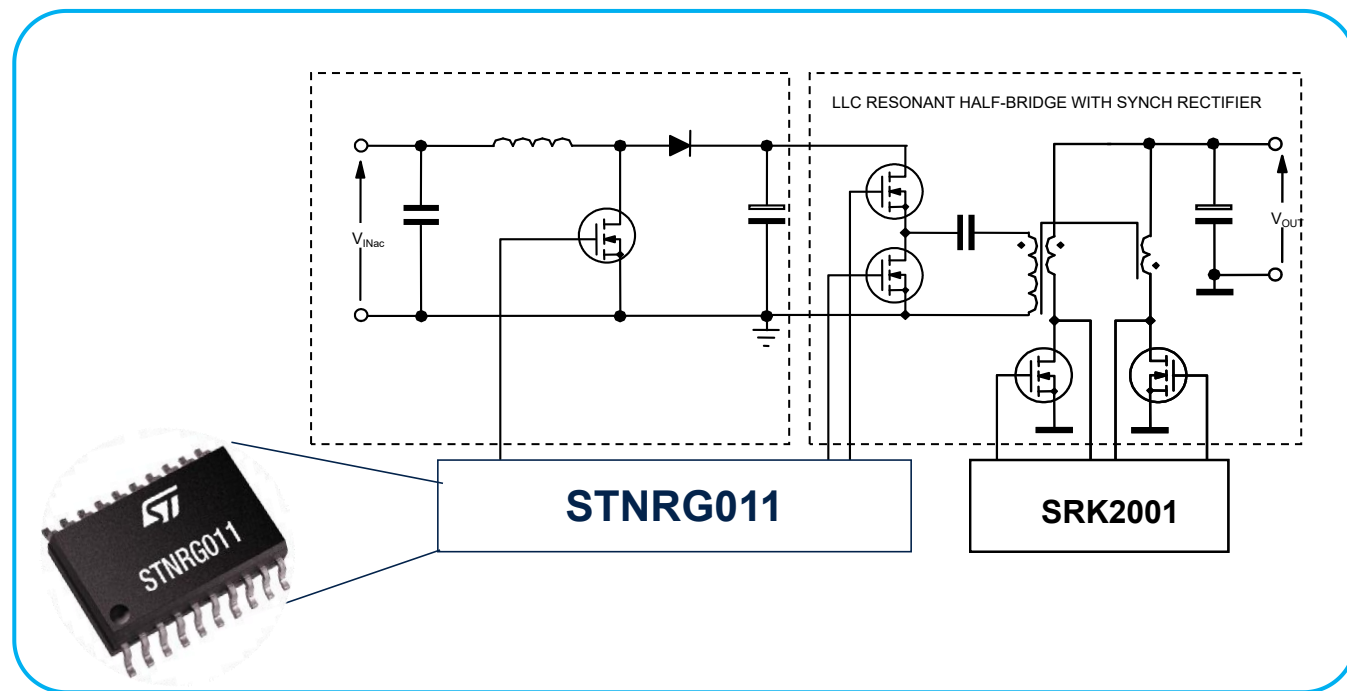
# 第一部分：芯片介绍



## 数字集成化PFC + LLC控制器

### 主要特征

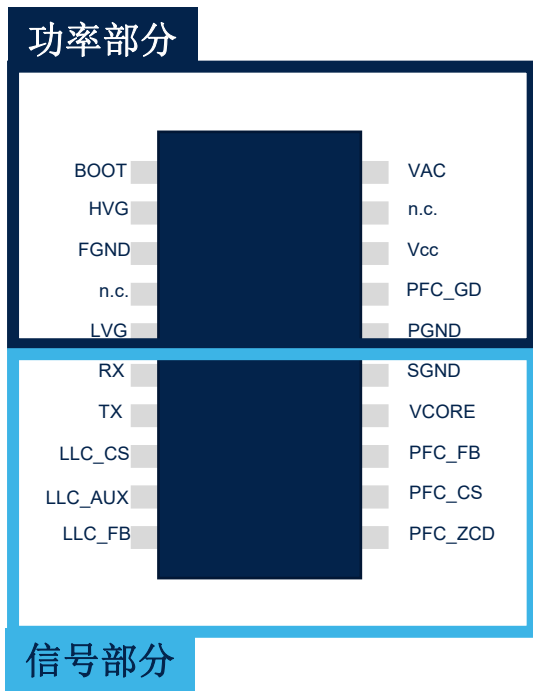
- SO20 封装
- 简单实现客户定制化
- 800V高压启动, 自带的输入电压检测以及X电容放电
- 集成PFC和LLC的驱动
- 完整的PFC和LLC保护功能
- UART通讯接口来监控电源
- 特别低的待机功耗(<100 mW)
- 多模式PFC工作: 增强型固定导通时间 (ST专利)
- 时移LLC
- 增强的突发模式



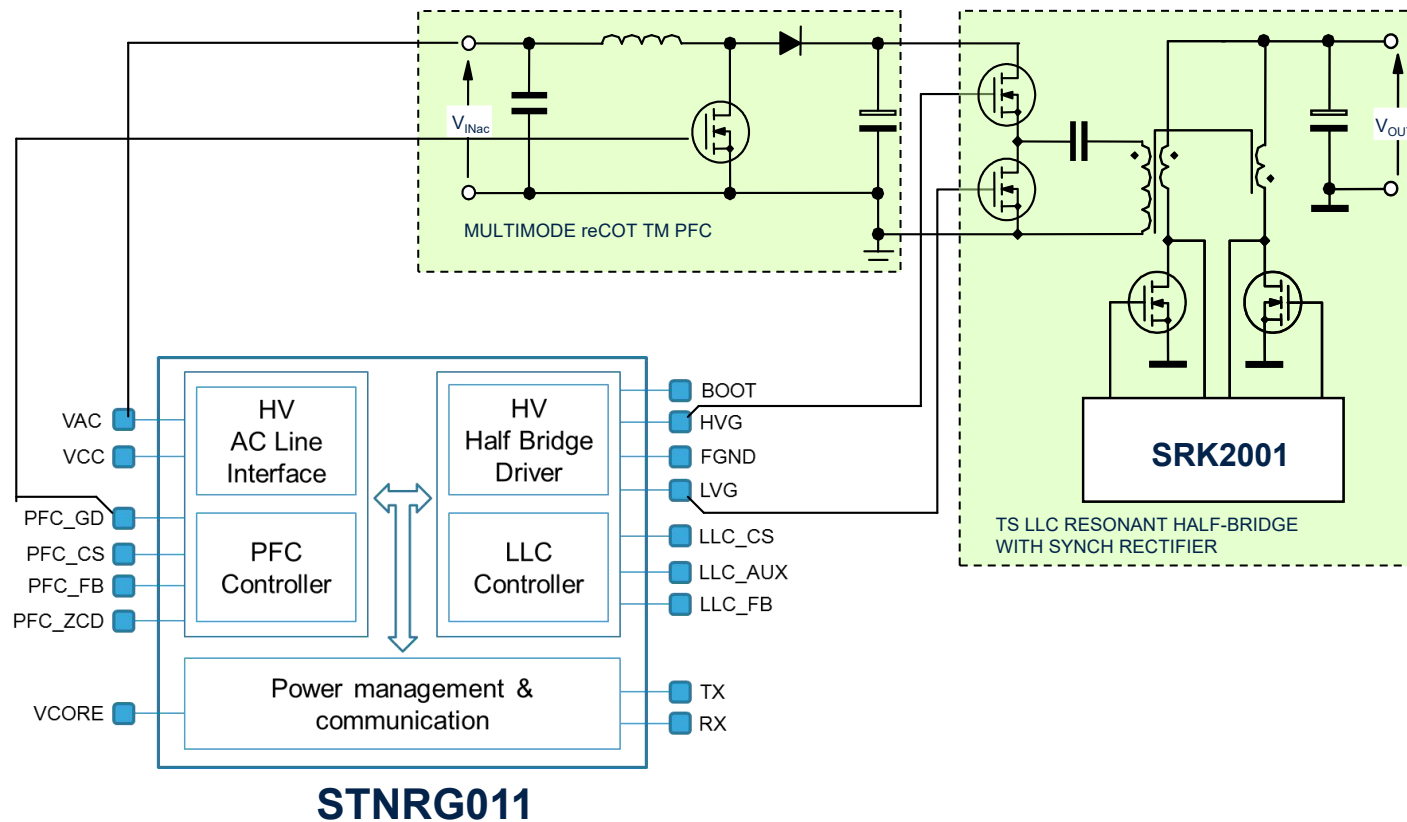
目标应用  
90W到300W的开关电源



# STNRG011 系统原理图和Pin脚配置



- 上半部分是功率部分
- 下半部分是信号部分





## 主要性能

- PFC 驱动集成
  - 最高至20V
  - 1A驱动能力
- 集成高压启动和AC电压检测以及X电容放电
- AC断开检测
- 欠压保护
- 浪涌检测

## 算法 & 工作描述

- 增强型固定导通时间算法 (ST专利)
  - 非常好的PF值, 低THD以及快速的动态响应
  - 创新的斜率补偿, 补偿输入的容性负载来实现最高的PF值
- 多模式工作
  - 在中等负载或者满载的时候工作在临界模式
  - 在小负载的时候工作在临界模式, 跳谷底模式
  - 在非常轻负载的时候工作在突发模式



## 主要性能

- LLC 高压驱动集成
  - 最高至600V
  - 1A 峰值驱动能力
- 匹配通道延时
- dv/dt 承受+/- 50V/ns
- 增强的特征以及保护
  - 安全启动
  - 容性模式保护
  - 过流保护

## 算法 & 工作描述

- 时移控制(ST专利)
  - 提高动态响应性能
  - 简单的环路补偿
  - 很大的抑制工频纹波
- 突发模式工作
  - LLC驱动突发模式
  - 可调的脉冲个数
  - 在无开关脉冲期间, 大部分电路关闭( $I_{CC}=500\mu A$ )



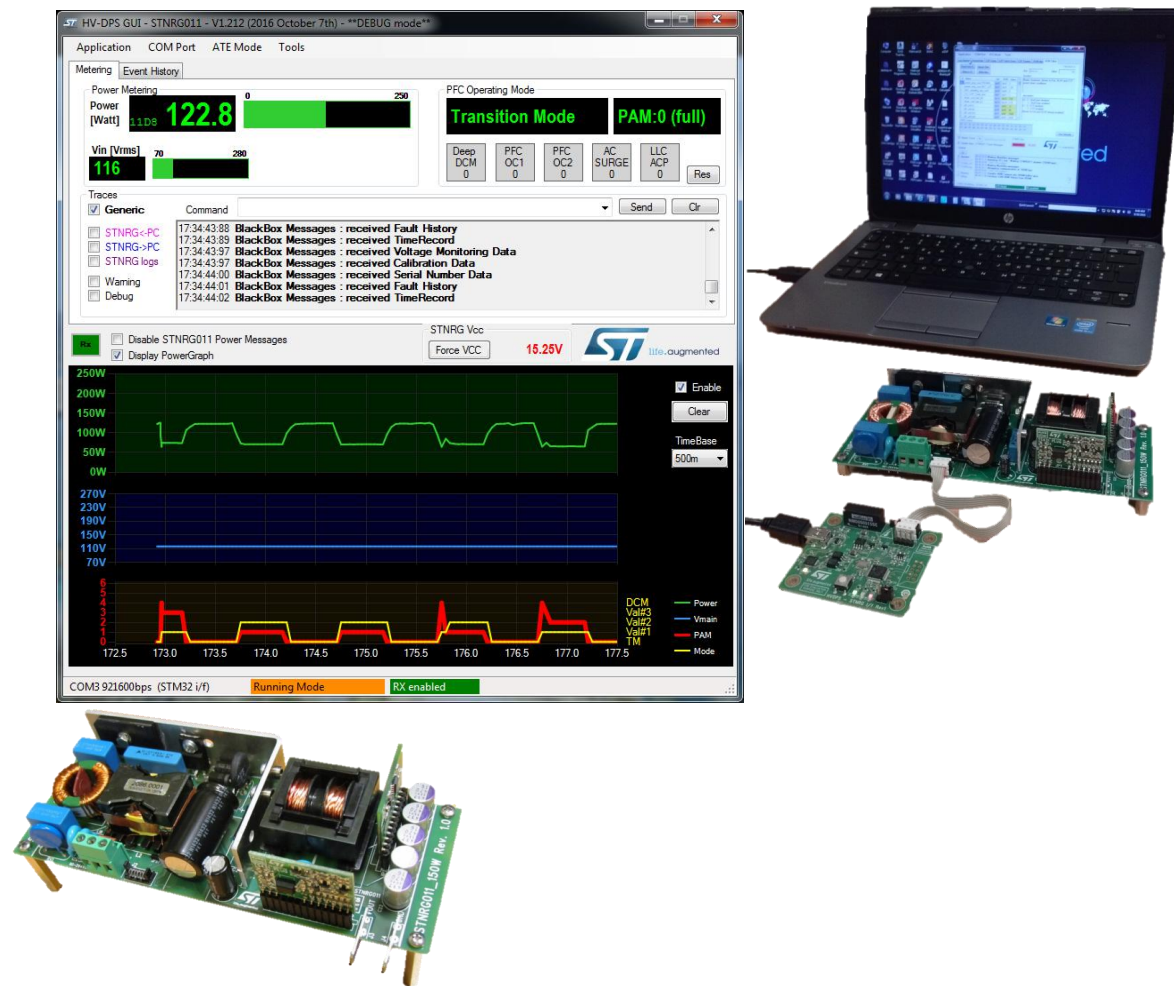
# STNRG011系统

## • 通讯板

- 通过电脑USB接口连接到电源板上
  - UART, I2C和USB协议的转换
  - 测试过程中确保电脑和电源板的电器隔离
  - 给STNRG011供电来实现AET模式和E2PROM的烧入。

## • 电脑GUI

- NVM参数的读取和烧入(ATE模式)
- E2PROM 的读写
- 读取数据
- IC工作的时候通讯







# STNRG011 相关参数的调整

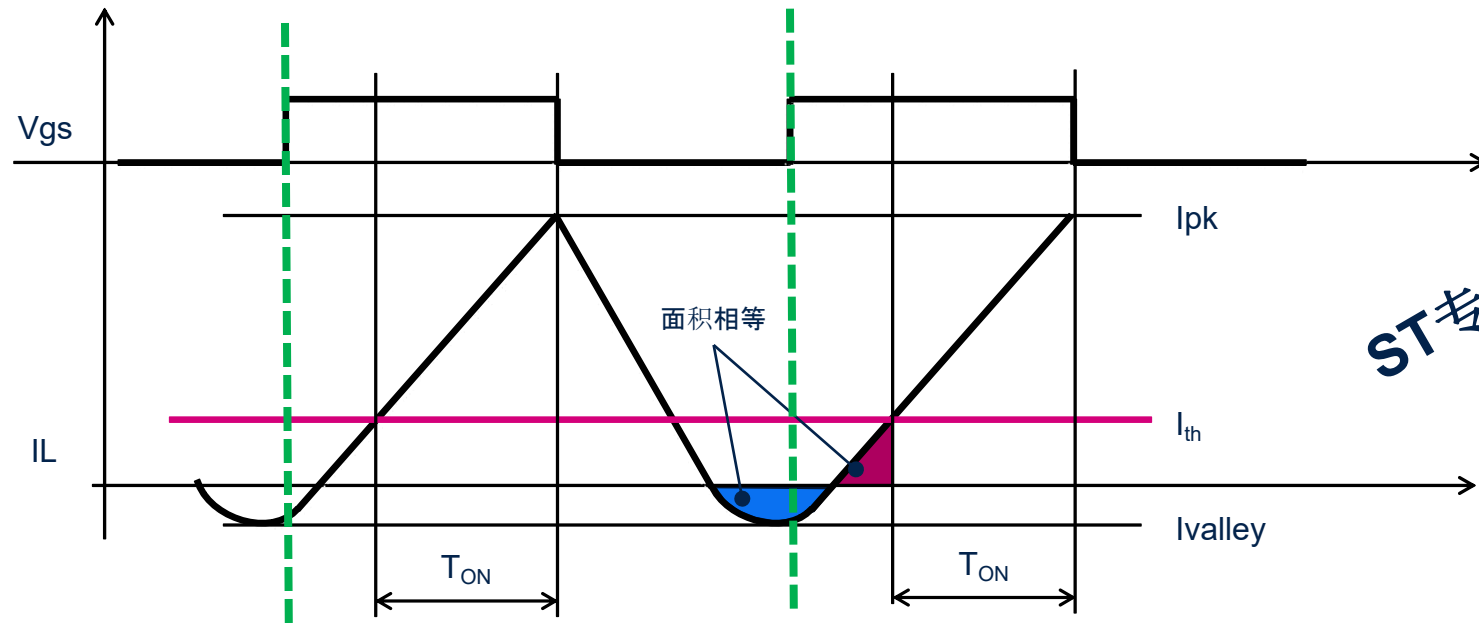
## 列举一些可以通过NVM调整的参数 (无需硬件改动)

- 保护行为(锁死 / 自恢复)
- 保护级别& 时序
- 比较器的滤波参数和阈值电压
- PFC 软启动
- PFC 环路参数
- PFC 轻载工作模式
- PFC RECOT 参数(on the fly THD adjustment)
- PFC 最大工作频率
- PFC正常、最小(UVP) 和 最大(OVP) 输出电压
- LLC 死区时间
- LLC 安全启动和软启动参数
- Burst mode 控制 (in/out 阈值, burst 个数定义)

## 第二部分:PFC和LLC技术创新



# PFC部分RECOT 创新



ST专利

计时器测量ON-time  $T_{on}$ 的起始时间从阈值  $I_{th}$ 开始，因此

$$I_{pk} = \frac{V_{pk}}{L} T_{ON} \sin \theta + I_{th}$$

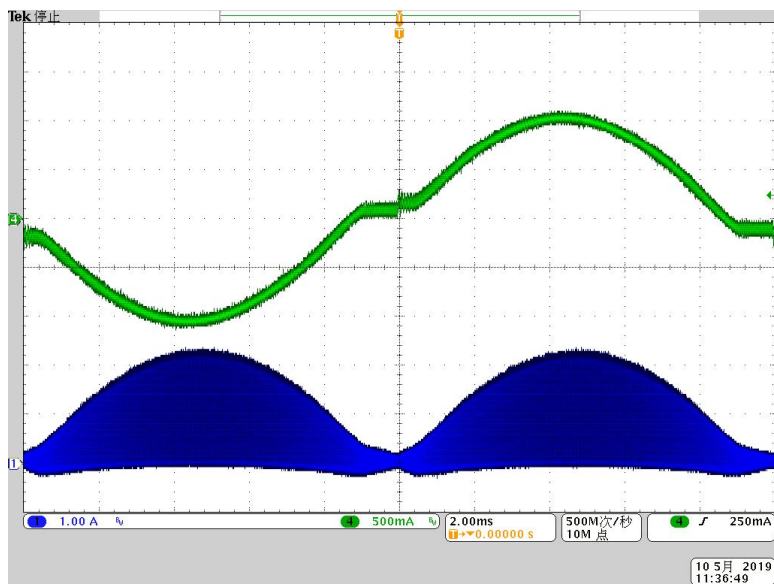
增加一个适当的补偿  $I_{th}$  后，每个开关周期的平均电感电流是：

$$\overline{I_L} \approx \frac{1}{2} \frac{V_{pk}}{L} T_{ON} \sin \theta$$

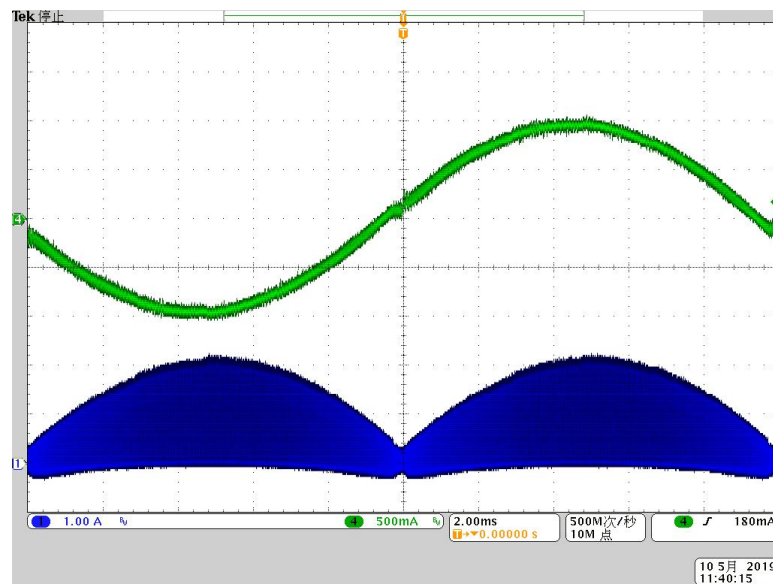
非理想状态下的固定开通时间被补偿

# PFC部分THD优化器

- 增强固定导通时间控制努力减小AC输入电流在过零处存在导通死角并造成电流畸变的影响：
  - 如果与根据反馈环路电压计算出了Ton相比，Re-COT的补偿效果更好。因为在开始计算Ton周期的时候，定义最小电流电平，这就允许PFC有能力处理更多的能量。这不仅包含给MOS充电的能量，也在线电压很低的情况下，能量传输更加高效。
- 此外，Re-COT 可在大的输入滤波电容存在的情况下补偿回流的能量（电流）



补偿前

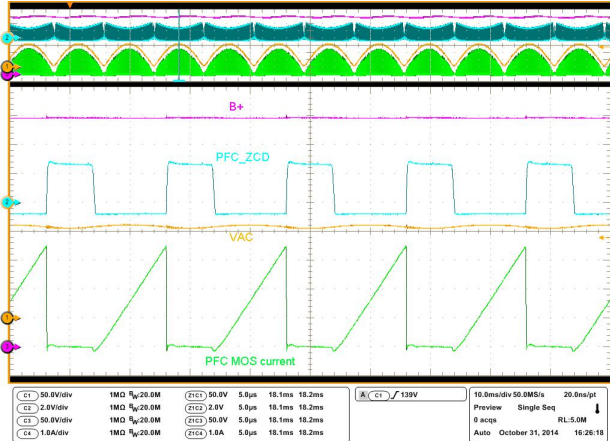


补偿后

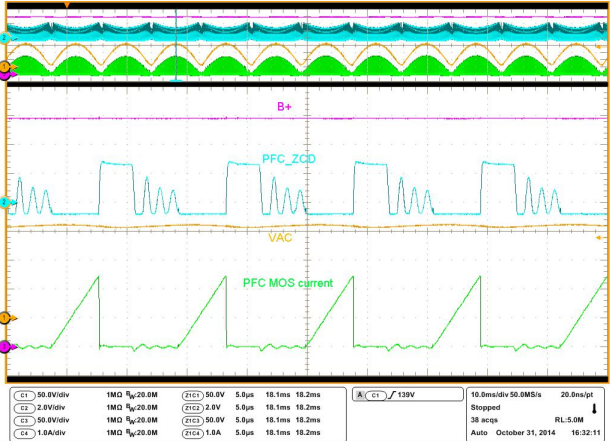
# PFC轻载工作模式优化

- PFC的工作状态可以根据负载的不同工作在不同的模式。

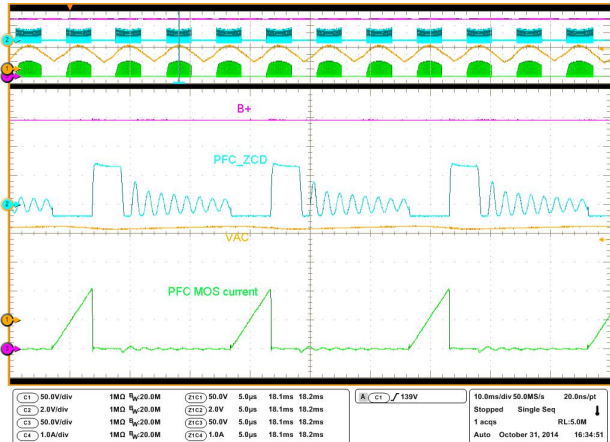
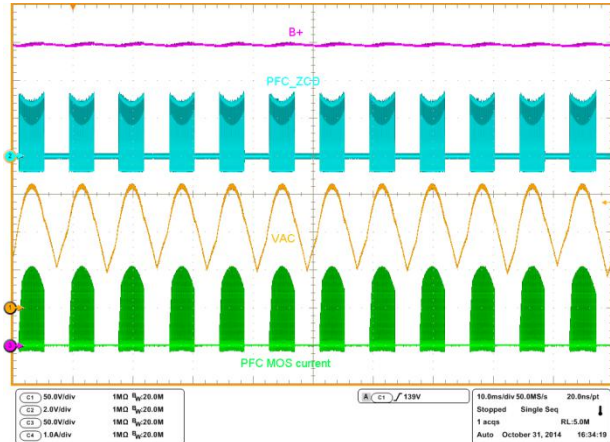
满载（临界模式）



中等负载（跳谷底模式）

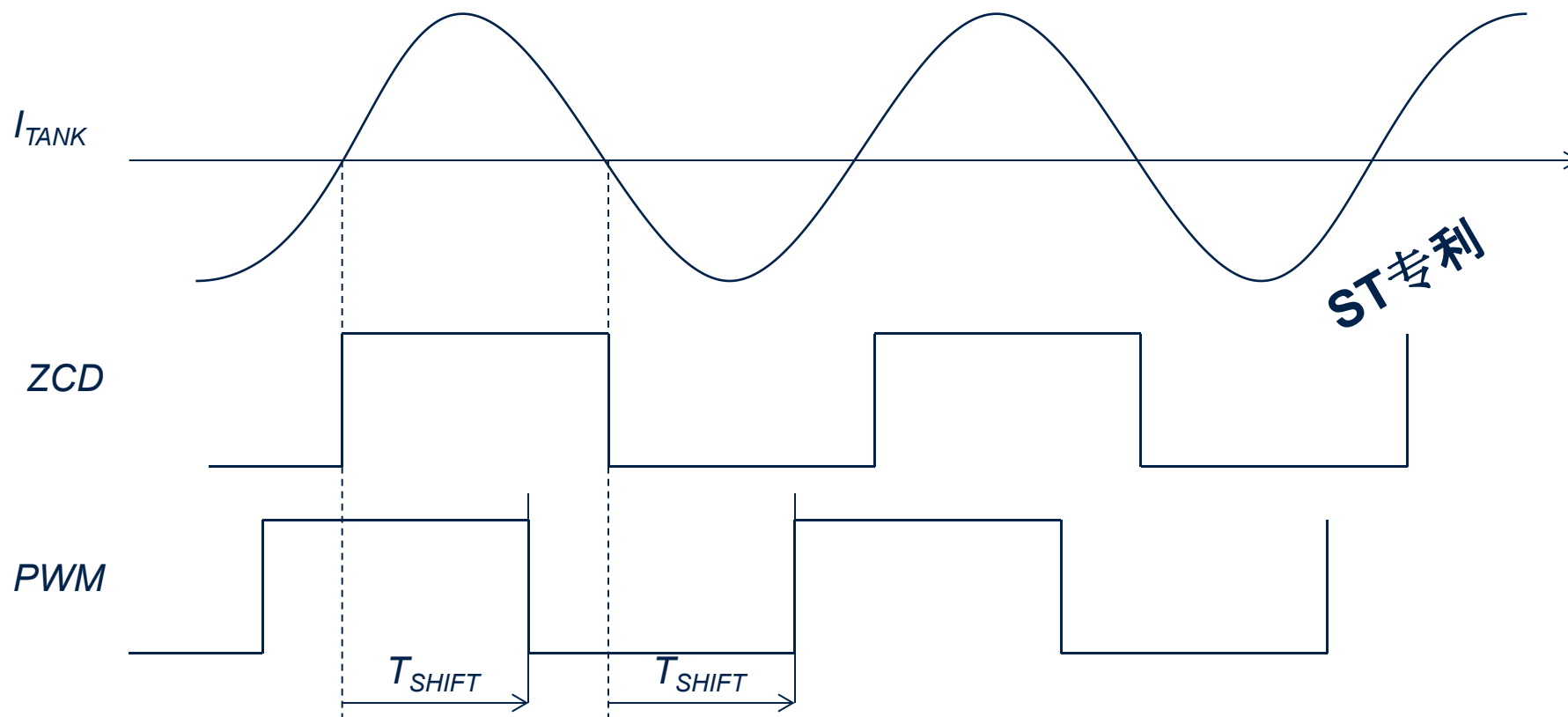


轻载（突发模式）



详细

# LLC时移控制创新

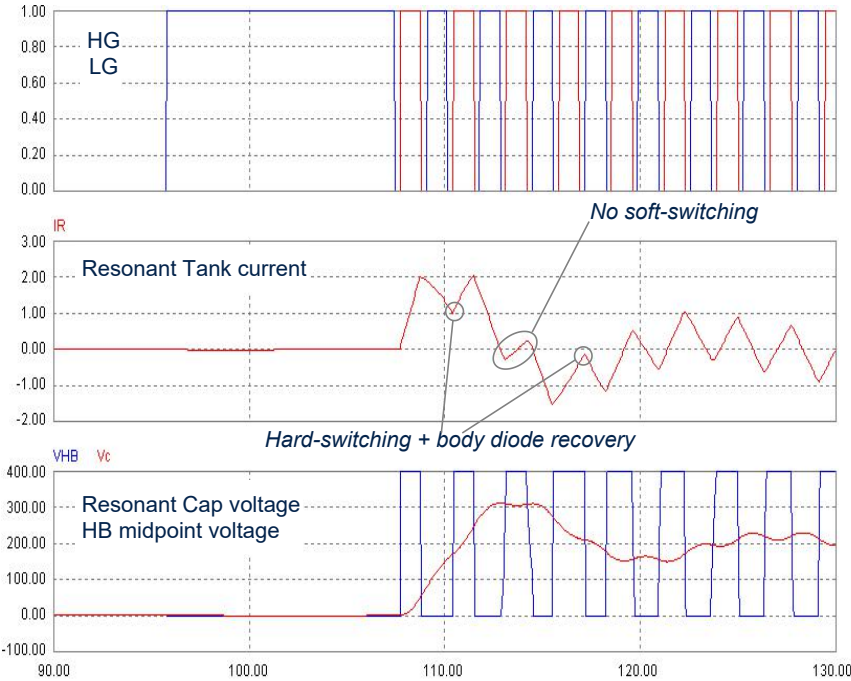


当谐振电流过零后，PWM切换TSHIFT  
TSHIFT通过读取输出反馈FB来计算得到

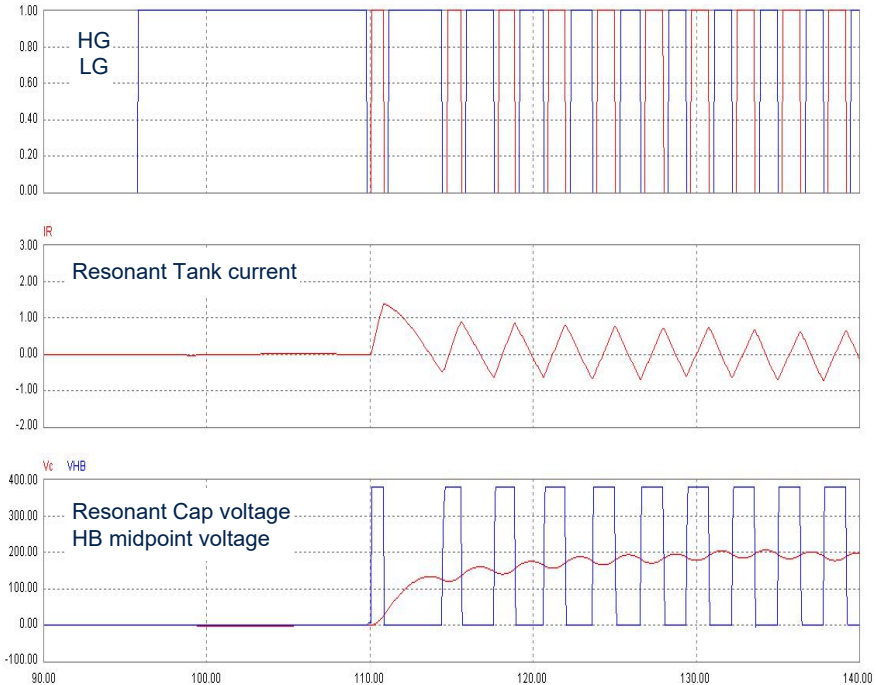
# 时移控制的优势 消除硬开关

## 时移控制消除了LLC在启动过程中的硬开关

直接频率控制



时移控制

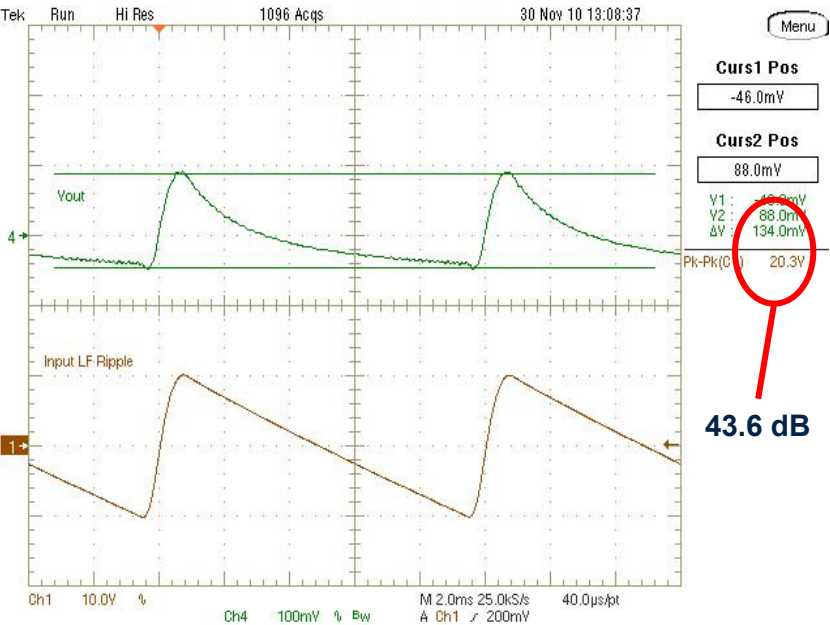


# 时移控制的优势 降低工频纹波

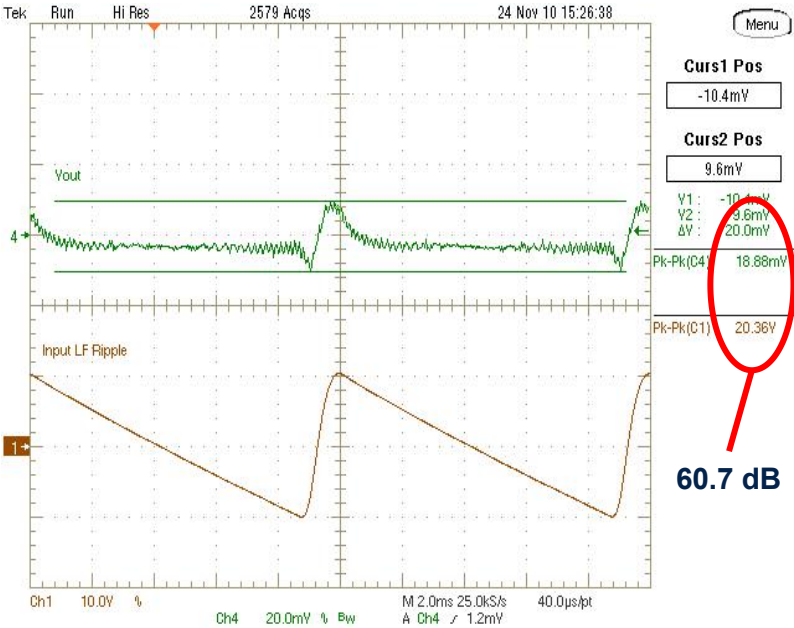
## 时移控制降低100Hz的输出纹波降低

- 测试条件：24V/170W LLC @ $V_{indc} = 395V$ ，PFC 关断

直接频率控制



时移控制



- 100 Hz输出电压纹波从134mV降低到19mV



# 第三部分：演示板介绍



## 第三部分：演示板介绍

- STNRG011 150W LLC 适配器应用
- STNRG011 150W LCC LED照明应用
- STNRG011 200W TV应用





# 演示版 - 150W适配器



效率最优化



可编程更改和数据监控

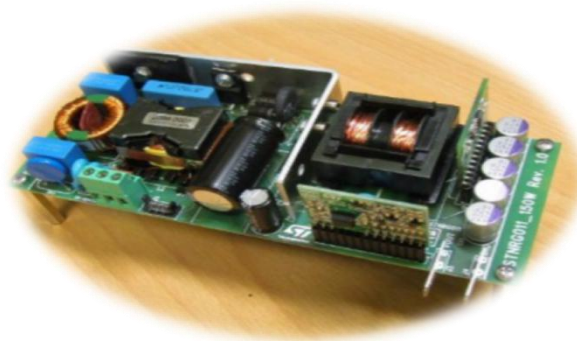


全集成

**STNRG011**

量产 & 演示版可用

基于**STNRG011+SRK2001**的**150W-12V** 适配器演示版



**GUI**接口更简单实现相关配置





# 150W适配器性能

115Vac	Vout [V]	Iout [A]	Pout [W]	Pin [W]	$\eta$ [%]
100mW	12.039	0.009	0.11	0.19	<b>57.03</b>
250mW	12.042	0.02097	0.25	0.38	<b>66.45</b>
500mW	12.037	0.04189	0.50	0.69	<b>73.08</b>
10%	12.042	1.254	15.10	18.93	<b>79.77</b>
20%	12.04	2.498	30.08	34.68	<b>86.72</b>
25%	12.039	3.126	37.63	42.64	<b>88.26</b>
50%	12.035	6.255	75.28	82.70	<b>91.03</b>
75%	12.027	9.369	112.68	122.71	<b>91.83</b>
100%	12.022	12.498	150.25	164.14	<b>91.54</b>
Average (100, 75, 50, 25 %) = <b>90.66</b>					

230Vac	Vout [V]	Iout [A]	Pout [W]	Pin [W]	$\eta$ [%]
100mW	12.04	0.009	0.11	0.20	<b>54.18</b>
250mW	12.042	0.02097	0.25	0.38	<b>66.45</b>
500mW	12.037	0.04167	0.50	0.69	<b>72.69</b>
10%	12.042	1.254	15.10	18.63	<b>81.06</b>
20%	12.04	2.498	30.08	34.15	<b>88.07</b>
25%	12.038	3.126	37.63	42.06	<b>89.47</b>
50%	12.035	6.255	75.28	81.72	<b>92.12</b>
75%	12.031	9.369	112.72	121.12	<b>93.06</b>
100%	12.028	12.498	150.33	161.43	<b>93.12</b>
Average (100, 75, 50, 25 %) = <b>91.94</b>					

Load	115Vac		230Vac	
	THD	PF	THD	PF
50%	6.90%	0.9835	10.80%	0.9323
60%	4.50%	0.989	8.20%	0.9517
70%	4.20%	0.9918	8.00%	0.9628
80%	3.90%	0.9936	7.70%	0.9701
90%	3.70%	0.9944	3.40%	0.9872
100%	3.30%	0.9948	3.10%	0.9823

No load	Pin
115 Vac	51 mW
230 Vac	63 mW

非常低的待机功耗



# 150W适配器性能

lout	Vout (PK-PK)
0-12.5A动态 10ms/10ms	650mV
0-12.5A动态 100ms/100ms	700mV

lout	Vout (PK-PK)
12.5A	53mV
1A	25mV
0.025A	76mV
0A	45mV

Figure 51. lout = 0.0 A - 12.5 A, 10 ms / 10 ms

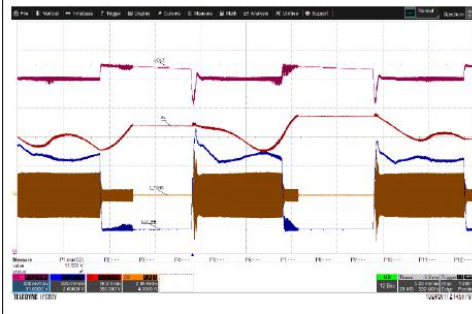


Figure 52. lout = 0.0 A - 12.5 A, 10 ms / 10 ms (zoom)



Figure 53. lout = 0.0 A - 12.5 A, 100 ms / 100 ms

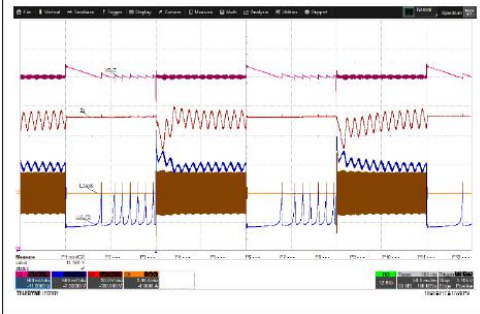


Figure 54. lout = 0.0 A - 12.5 A, 400 ms / 400 ms

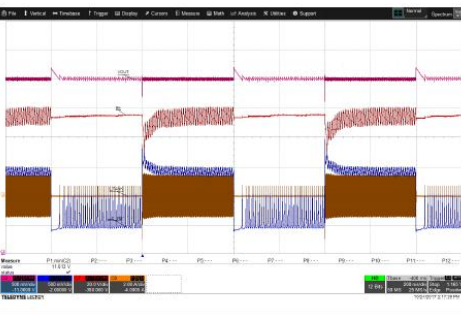


Figure 62. Vout at lout = 12.5 A

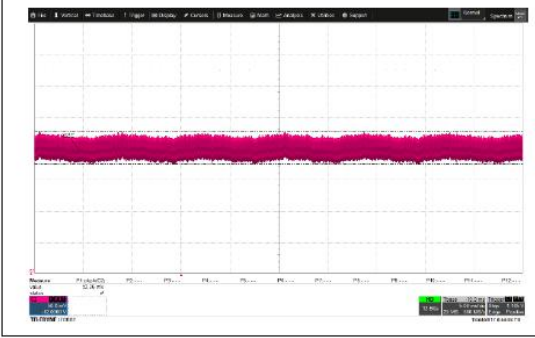


Figure 63. Vout at lout = 1.0 A

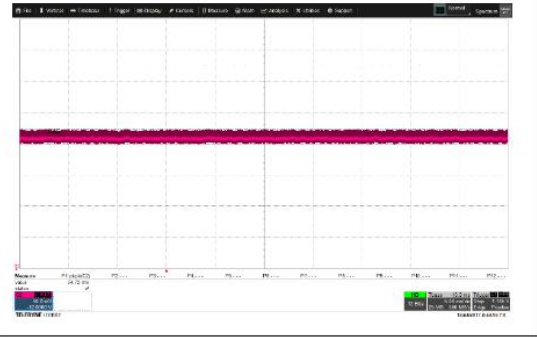


Figure 66. Vout at lout = 0.025 A



Figure 67. Vout at lout = 0.0 A, no-load



## 第三部分：演示板介绍

- STNRG011 150W LLC 适配器应用
- STNRG011 150W LCC LED照明应用
- STNRG011 200W TV应用





# 演示版 - 150W LED照明



效率最优化

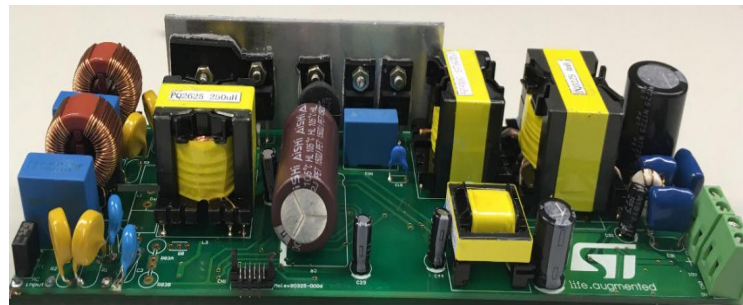


可编程更改和数据监控



全集成

## 基于STNRG011的150W LED照明



## 性能参数

No	主要参数	说明
1	输入范围: 90~265vac	
2	- Vout=5~150v/Iout=0.4~1A - Vout=50~150v/Iout=10mA~1A	
3	EN61000-3-2 Class-C compliance for Pin>=25w @230vac	THD<20% for Pin>=25w @230vac
4	全程无频闪 (1% ~100)	
5	峰值效率=93% / 满载 / 230vac	

# 150W LED照明应用测试报告

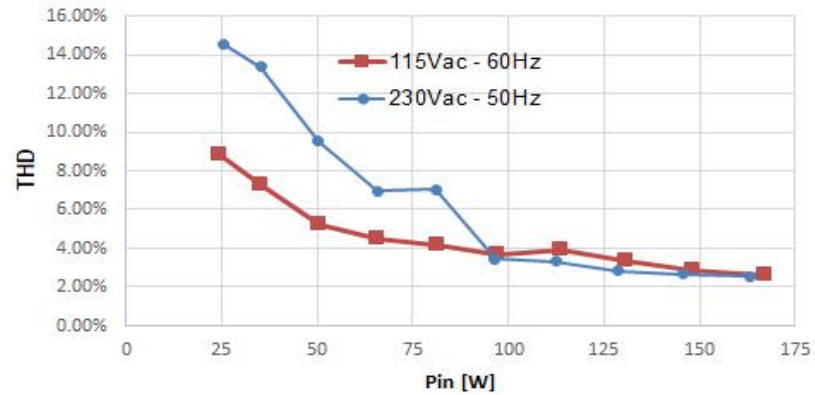
效率/THD/PF-150V LED 测试数据

Vin (Vac)	Iout (A)	DIM(V)	Vout (Vdc)	PF	THD (%)	Pin (W)	Pout (W)	Eff (%)	class-C
90	0.122	1.2	150	0.987	8.65	25.5	18.30	0.72	pass
	0.172	1.60	150	0.991	8.38	33.38	25.80	0.77	pass
	0.337	3.30	150	0.99	5.09	61.05	50.55	0.83	Pass
	0.507	5.00	150	0.99	3.97	85.8	76.05	0.89	pass
	1.000	10.00	150	0.99	3.08	168.7	150.00	0.89	Pass
115	0.130	1.20	150	0.97	13.34	24.5	19.50	0.80	pass
	0.170	1.60	150	0.97	10.7	33.3	25.50	0.77	pass
	0.340	3.30	150	0.991	8.98	59.6	51.00	0.86	Pass
	0.510	5.00	150	0.996	6.02	87.1	76.50	0.88	pass
	1.000	10.00	150	0.999	2.9	165.8	150.00	0.90	Pass
230	0.130	1.30	150	0.76	14.75	25.8	19.50	0.76	pass
	0.163	1.60	150	0.88	13.6	31.37	24.45	0.78	pass
	0.327	3.30	150	0.925	9.71	57	49.05	0.86	Pass
	0.496	5.00	150	0.96	4.83	83.4	74.40	0.89	pass
	1.000	10.00	150	0.99	2.99	162.2	150.00	0.92	Pass
265	0.130	1.30	150	0.679	18.19	25.9	19.50	0.75	pass
	0.158	1.60	150	0.72	17.6	30.17	23.70	0.79	pass
	0.329	3.30	150	0.89	13.35	58.1	49.35	0.85	pass
	0.500	5.00	150	0.932	12.8	83.7	75.00	0.90	Pass
	1.000	10.00	150	0.98	4.15	160.5	150.00	0.93	Pass

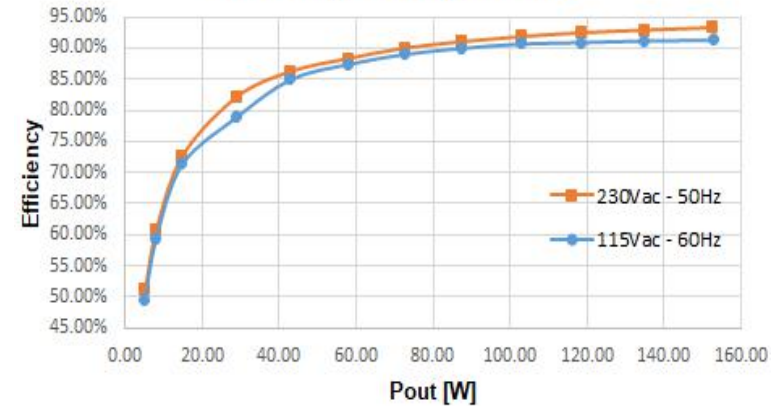


# 150W LED照明应用测试报告

不同功率下的THD  
THD vs input power



效率曲线  
Efficiency vs Output Load



待机功耗

Vin(Vac)	Pin
90V-50Hz	71mw
115V-50Hz	57mw
230V-50Hz	82.8mw
265V-50Hz	115mw
277V-50Hz	120mw

## 第三部分：演示板介绍

- STNRG011 150W LLC 适配器应用
- STNRG011 150W LCC LED照明应用
- STNRG011 200W TV应用





# 演示版 - 200W TV应用



效率最优化



可编程更改和数据监控

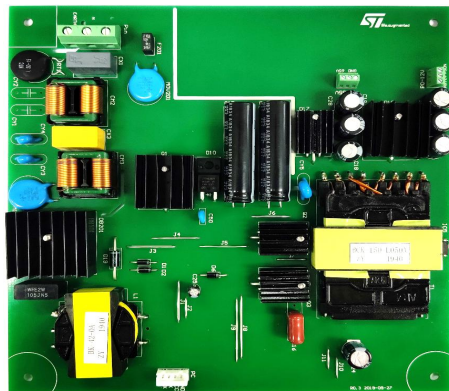


全集成

**STNRG011**

量产 & 演示版可用

基于**STNRG011**的**200W TV**电源演示版



**GUI**接口更简单实现相关配置



# 200W TV应用测试报告

## 115Vac效率测试报告

115Vac/60Hz								
	12V			Back Lighting			Pin (W)	Efficiency
	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)		
No load	12.43			66.5			0.11	
200mW	12.431	0.0161	0.2	76.89			0.40	50%
250mW	12.430	0.0206	0.256	79.01			0.47	54.47%
Full load	12.422	3.9825	49.47	64.85	2.2831	148.06	218.01	90.6%

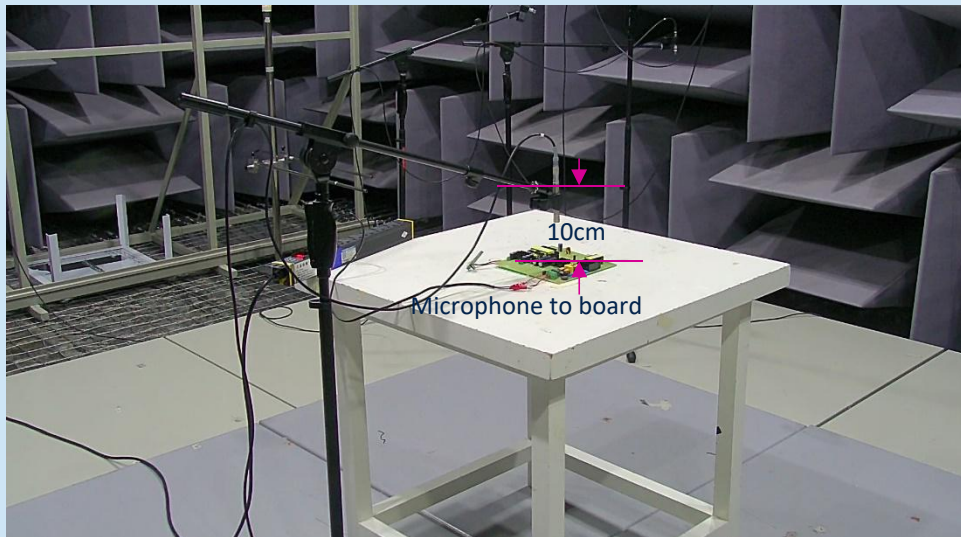
## 230Vac效率测试报告

230Vac/50Hz								
	12V			Back Lighting			Pin (W)	Efficiency
	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)		
No load	12.429			65.57			0.13	
200mW	12.429	0.0161	0.2	76.87			0.39	51.28%
250mW	12.429	0.0206	0.256	79.02			0.47	54.47%
Full load	12.422	3.9825	49.47	64.85	2.2831	148.06	212.61	92.3%

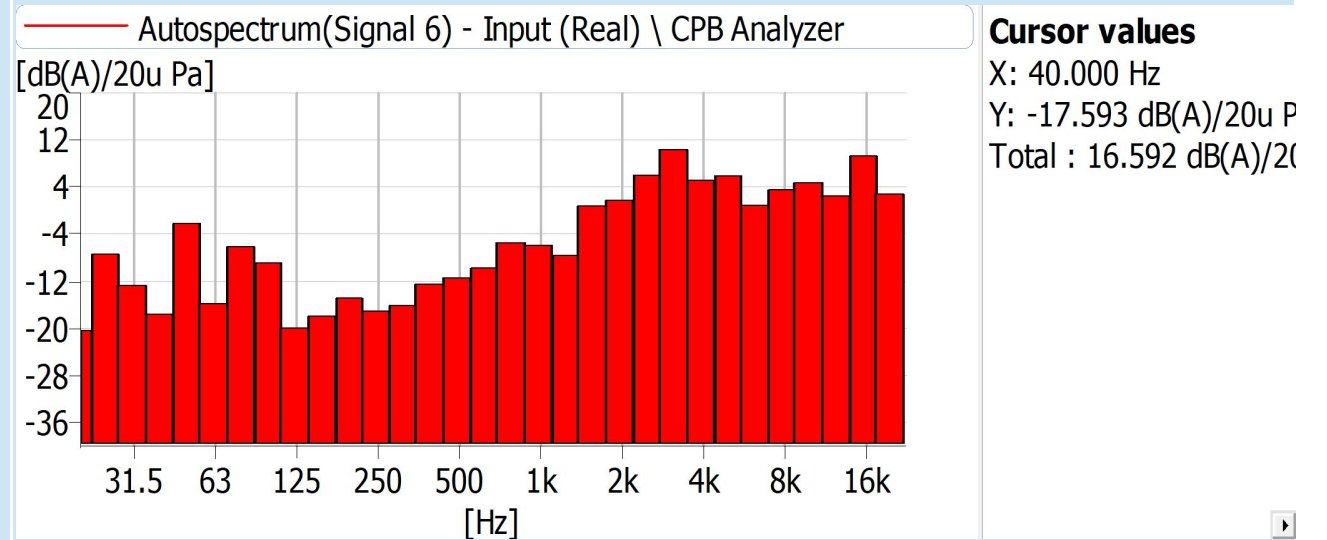
# 200W TV应用测试报告

## 音频噪音测试报告

\* 麦克风离电源10cm



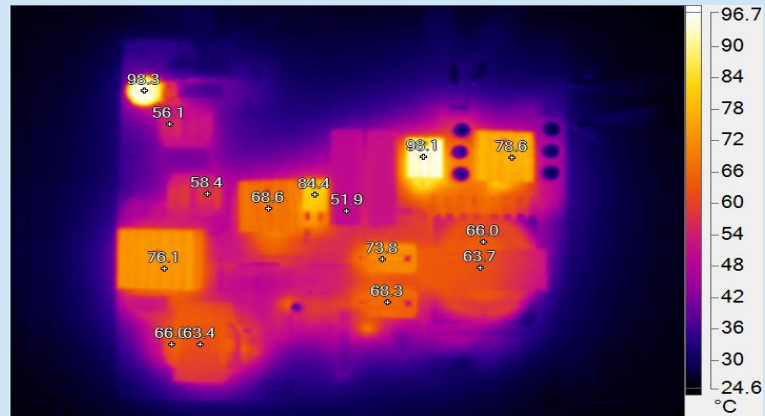
\* SPL 测试结果总共是16.592dB(A)



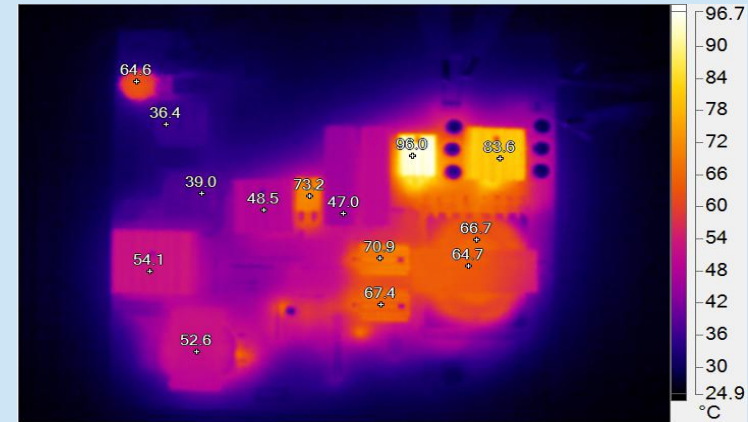
# 200W TV应用测试报告

## 热测试报告

115Vac - 60Hz - 满载, 无风扇20分钟

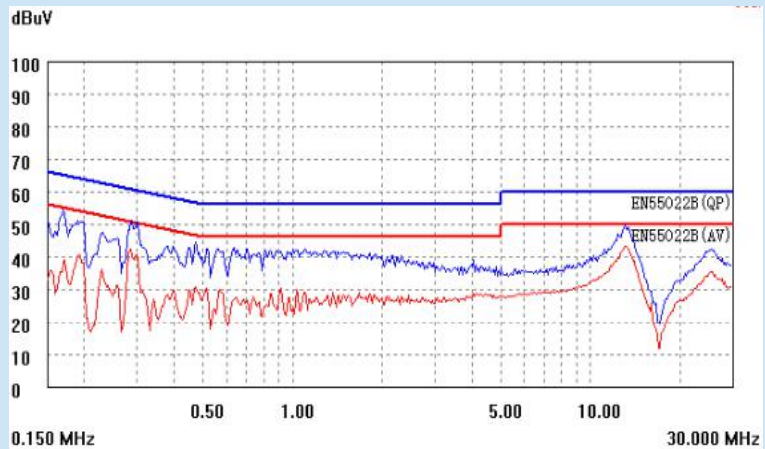


230Vac - 50Hz - 满载, 无风扇20分钟

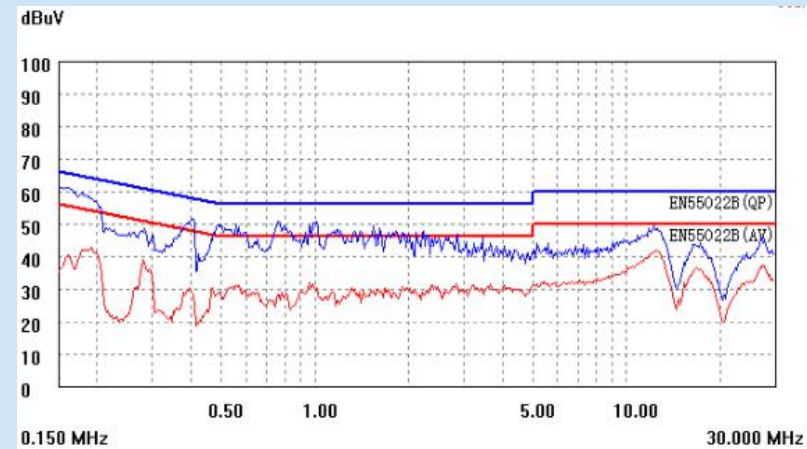


## 传导测试报告

115Vac - 60Hz - 满载



230Vac - 50Hz - 满载





life.augmented

扫描以下二维码  
获得功率及模拟产品更多资讯



PDSA 微信公众号



能以致动子网站



# 感谢您的参与

© STMicroelectronics - All rights reserved.

The STMicroelectronics corporate logo is a registered trademark of the STMicroelectronics group of companies. All other names are the property of their respective owners.



life.augmented