

The eGaN[®] FET
Journey Continues

基于eGaN[®]FET与MOSFET
并符合A4WP无线电源第三级规范的
ZVS D类放大器的性能的比较

2015年9月1日 -- IIC电源管理及半导体研讨会

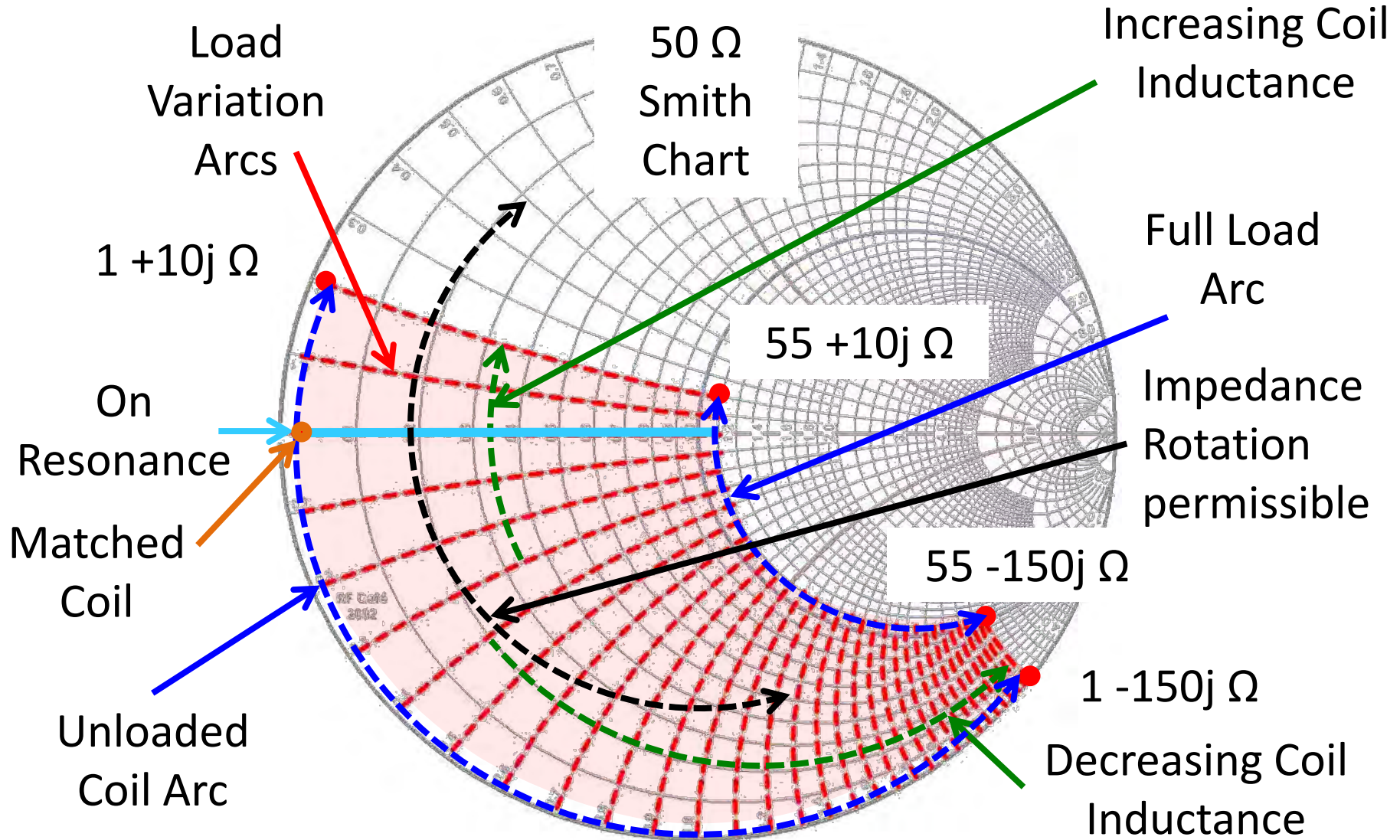
- A4WP第三级规范导论
- ZVS D类放大器拓扑
- 比较采用eGaN®FET与MOSFET的放大器的性能
- 同步Bootstrap FET的栅极驱动器
- 实验结果
- 总结

eGaN® is a registered trademark of Efficient Power Conversion Corporation

- 无线电源传送需要简单方便，例如可支持装置的方向及距离、多终端充电、使用者认为简单易用及充电范围等方面
- 只有无线充电联盟 (A4WP/Rezence) 的标准可以符合以上的要求：
 - 高度谐振 (6.78 MHz ISM 频带)
 - 使用松散耦合线圈
 - 工作在 off-resonance 条件下
- 测试 ZVS D 类放大器是否符合 A4WP 第三级规范的要求

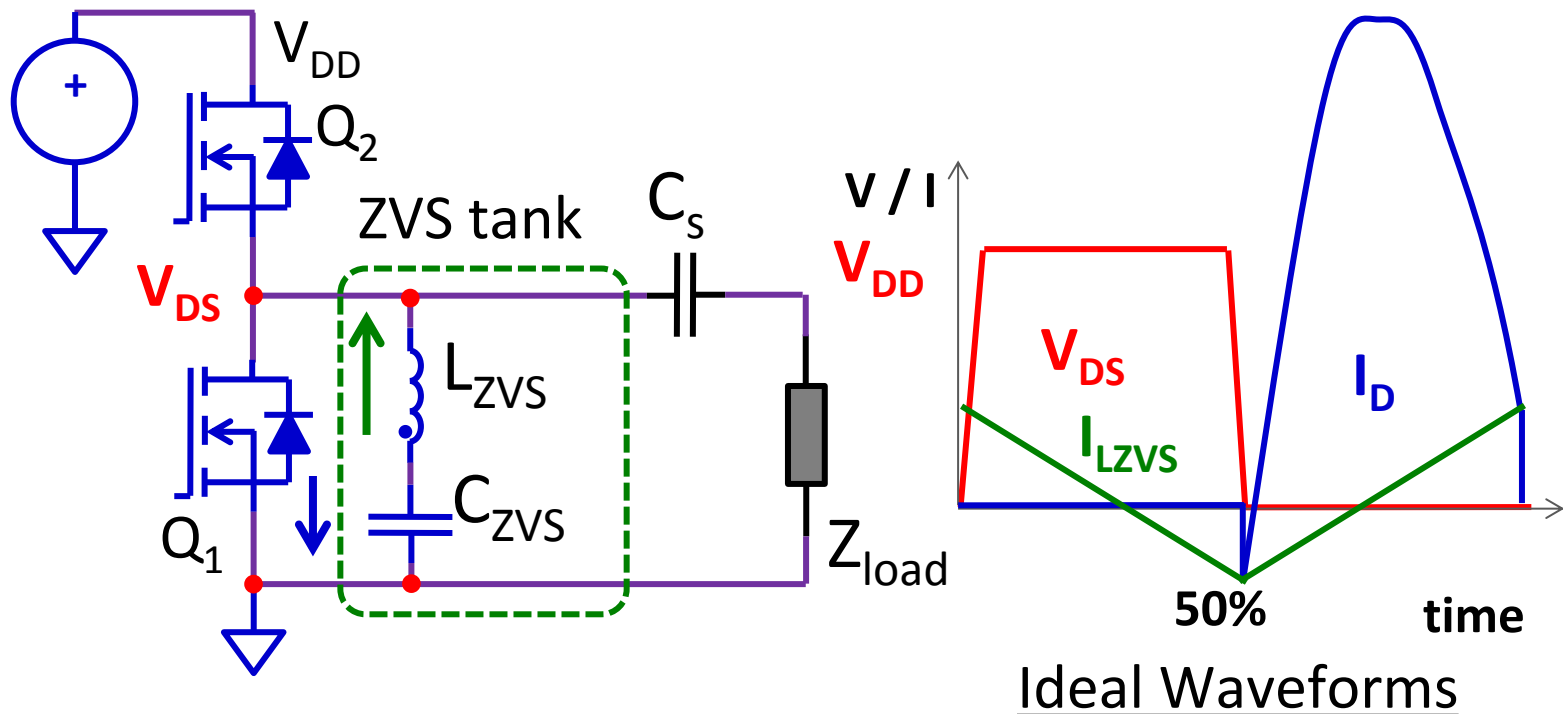
rezence
Alliance for Wireless Power

A4WP第三级规范对阻抗的要求



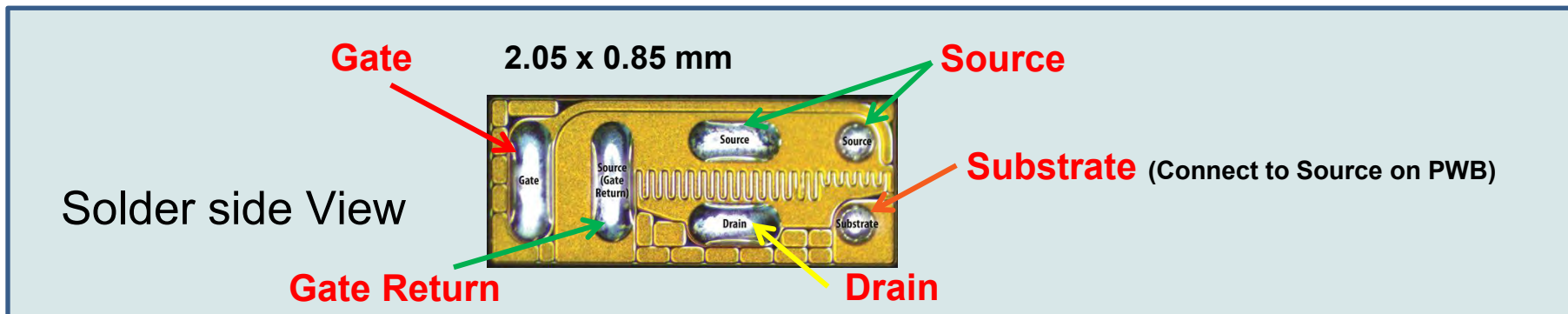
ZVS D类放大器

- 开关额定电压 = Supply (V_{DD}).
- C_{OSS} Voltage is transitioned by the ZVS tank
- ZVS tank circuit does not carry load current
- 线圈电压 = $\frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_{DD}$ [V_{RMS}]



超高频eGaN FET

- 已被证实可适用于多种无线电源传送放大器
- 低 C_{ISS}
- 低 C_{OSS}
- 没有 Q_{RR}
- dv/dt 抗扰



Part Number	Package (mm)	V_{DS} (V)	V_{GS} (V)	$R_{DS(on)}$ @5 V (m Ω)	Q_G @5 V Typ. (pC)	Q_{GS} Typ. (pC)	Q_{GD} Typ. (pC)	R_G Typ. (Ω)	V_{th} Typ. (V)	Q_{RR} (nC)	I_D (A)	T_J Max. ($^{\circ}C$)
EPC8004	LGA 2.05x0.85	40	6	125	358	110	31	0.34	1.4	0	2.7	150
EPC8009	LGA 2.05x0.85	65	6	138	380	116	36	0.3	1.4	0	2.7	150
EPC8010	LGA 2.05x0.85	100	6	160	354	109	32	0.3	1.4	0	2.7	150

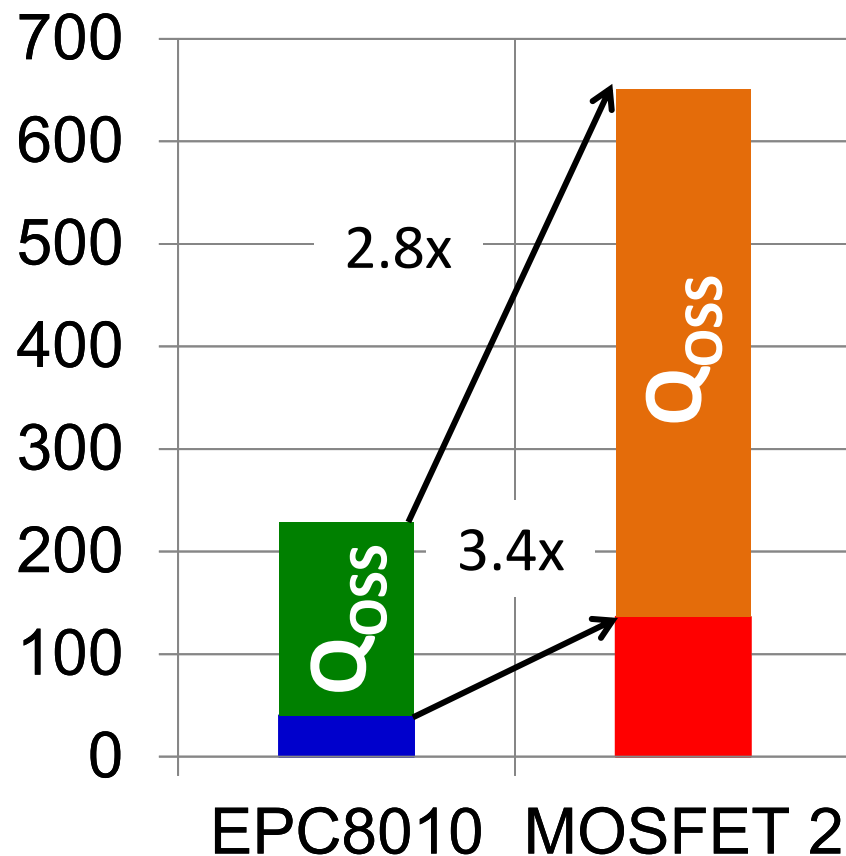
无线电源传送的品质因数 (FOM)



与最优越的MOSFET比较

- 所以拓扑都是 ZVS: $Q_G - Q_{GD}$
- 虽然 C_{OSS} 在匹配网络中被吸收 (“absorbed”) 但它是非常重要, 因为:
 - 除去谐振损耗
 - 决定设计能力
- 不需理会 Q_{RR} - 不充分的定义、放大器是软开关, 但是:
 - transition time $< t_{RR}$:
 - eGaN FET $Q_{RR} = 0$ nC
 - MOSFET 2 $Q_{RR} = 18.1$ nC !
(FoM = 1900 nC·mΩ)

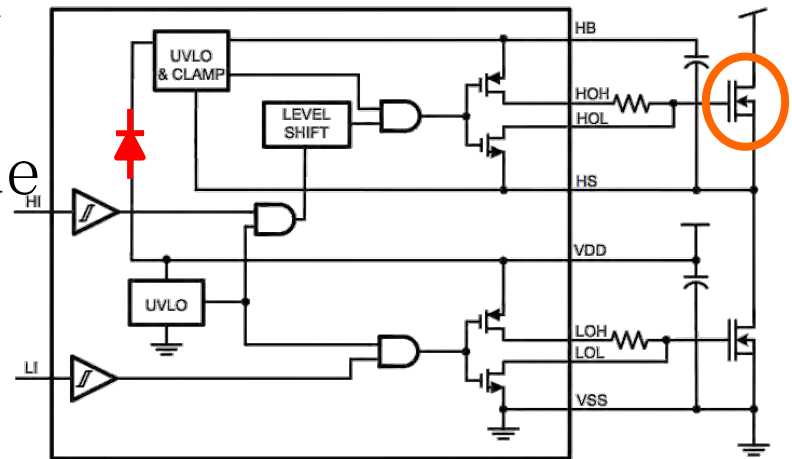
FoM_{WPT} [nC·mΩ]



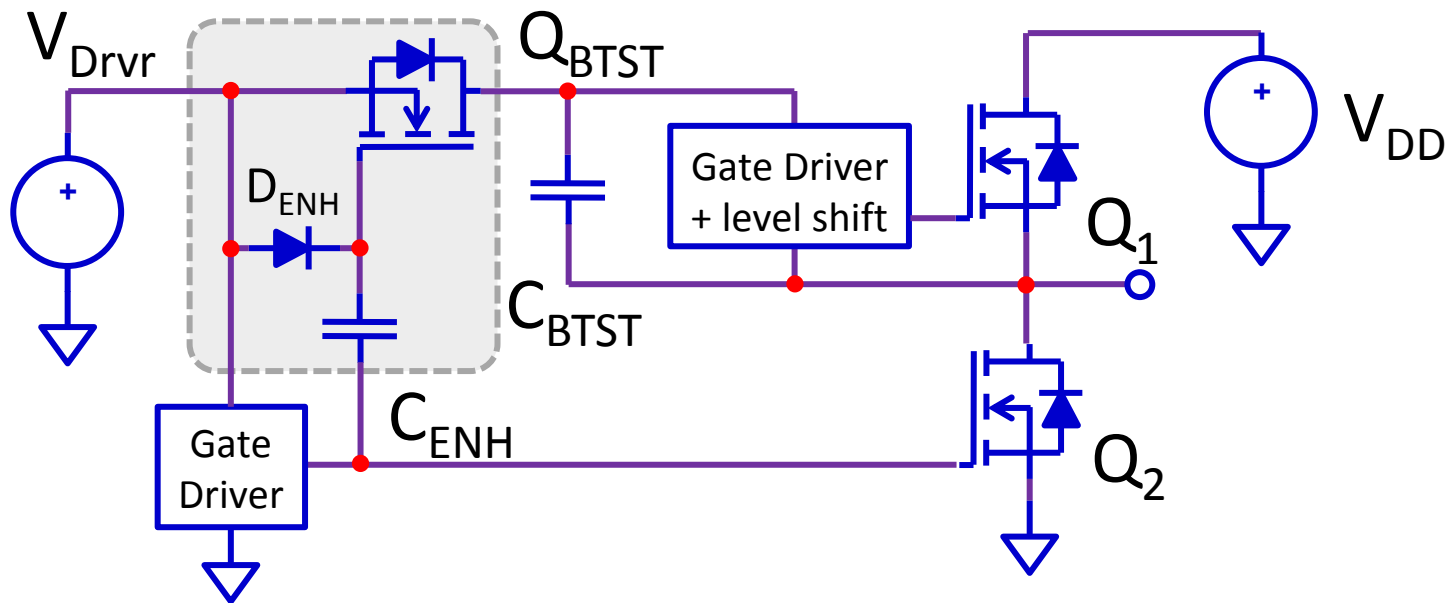
$$FOM_{WPT} = R_{DS(on)} \cdot (Q_G - Q_{GD} + Q_{OSS})$$

栅极驱动器所引致的损耗

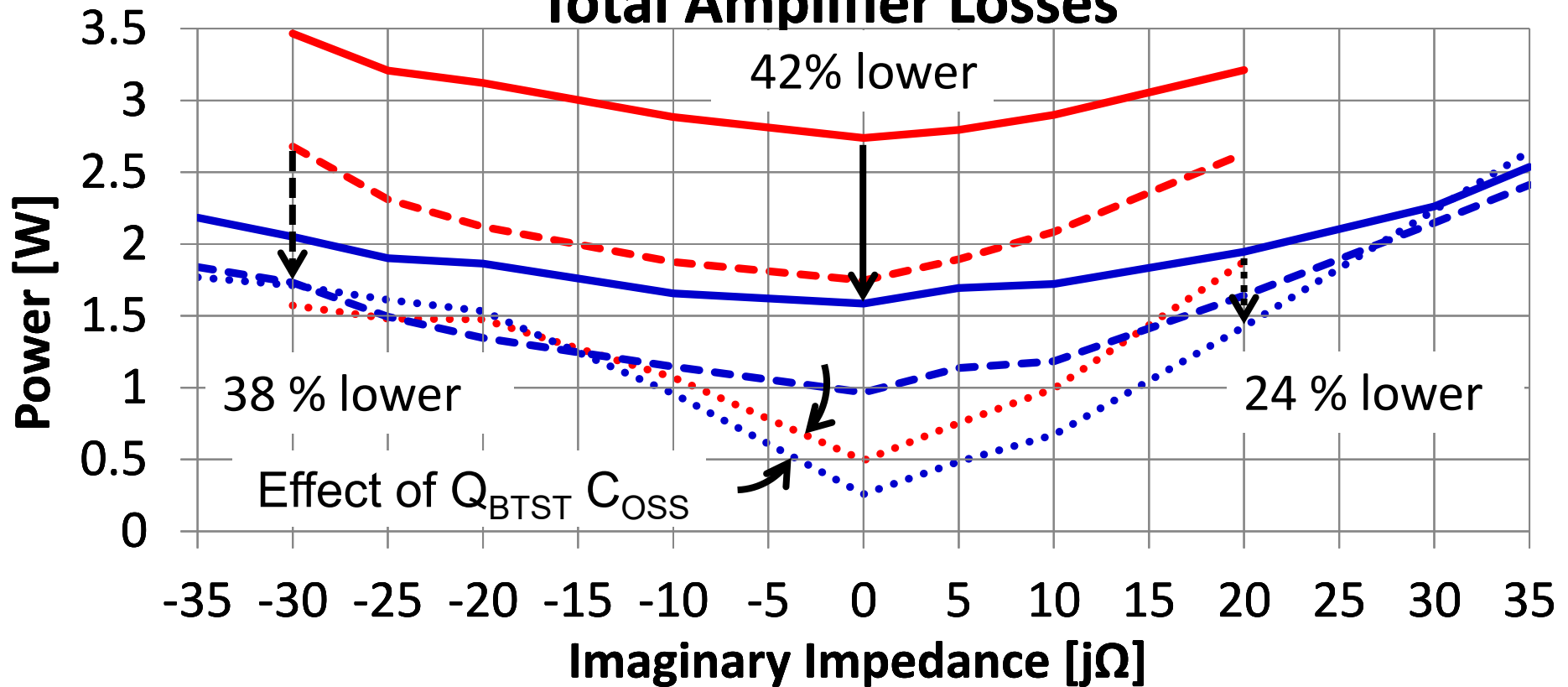
- 采用内部 bootstrap diodes 的栅极驱动器通常有 Q_{RR} (要 schottky diode 实现 IC 形式是非常困难)
- 在高侧器件, Bootstrap diode Q_{RR} 所引致的损耗
 - 与频率成比例的 Q_{RR} 损耗
 - 在 ZVS 拓扑也有的损耗, 因为 t_{ZVS} (Switch-node voltage transition time) 比 t_{RR} 短促



- Q_{BTST} - Bootstrap FET for main switch (Q_1) zero Q_{RR}
- Q_{BTST} - 与 Q_2 同步开关
- 同步开关而不需要额外添加栅极驱动电路
- C_{ENH} - 用来实现电平移位
- D_{ENH} - Bootstrap diode for C_{ENH} (Low voltage < 20V zero Q_{RR})



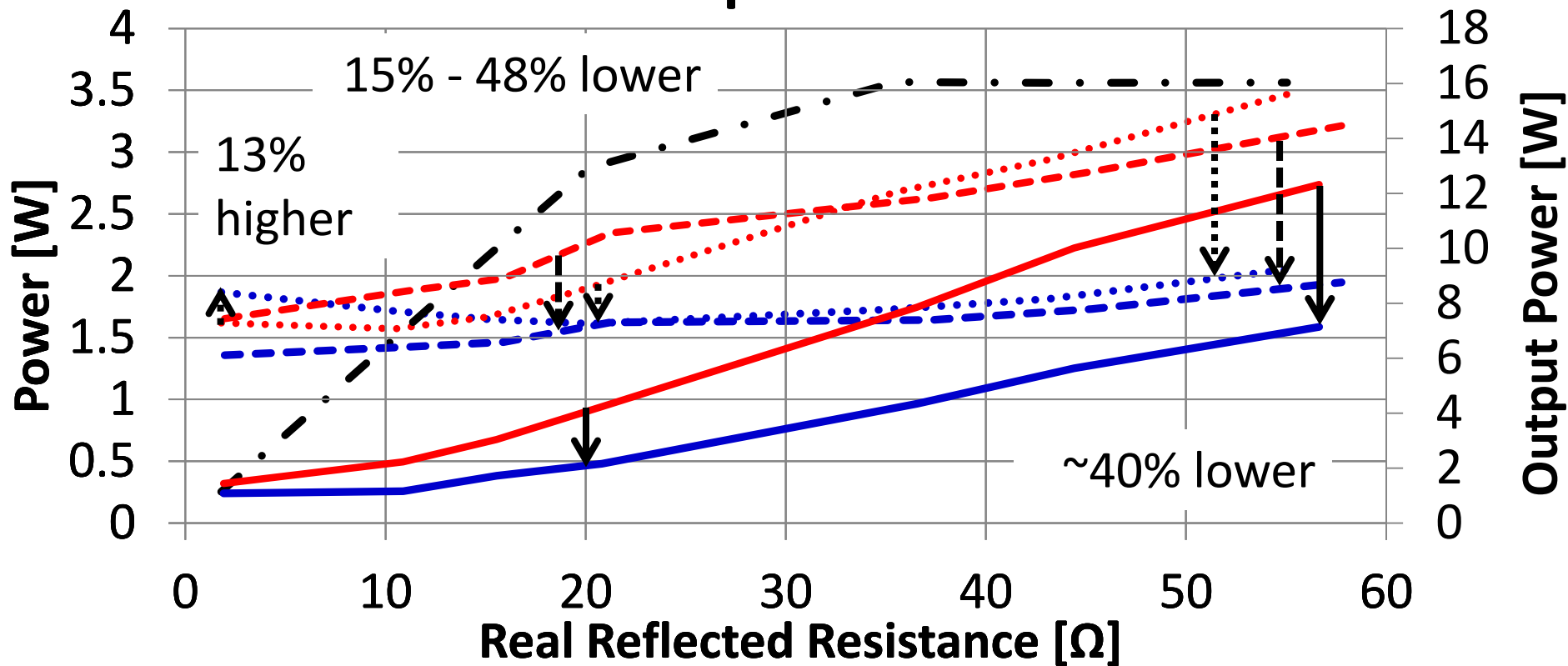
Total Amplifier Losses



- EPC8010 10 Ω 7 W
- EPC8010 36 Ω 16 W
- EPC8010 55 Ω 16 W

- MOSFET 10 Ω 7 W
- MOSFET 36 Ω 16 W
- MOSFET 55 Ω 16 W

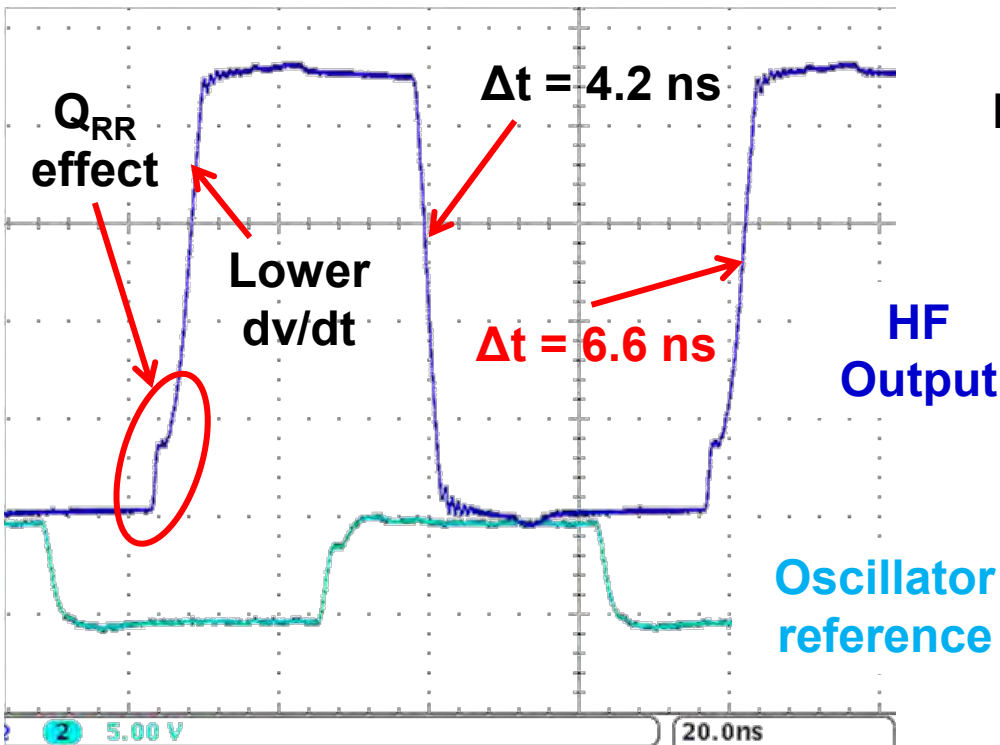
Total Amplifier Losses



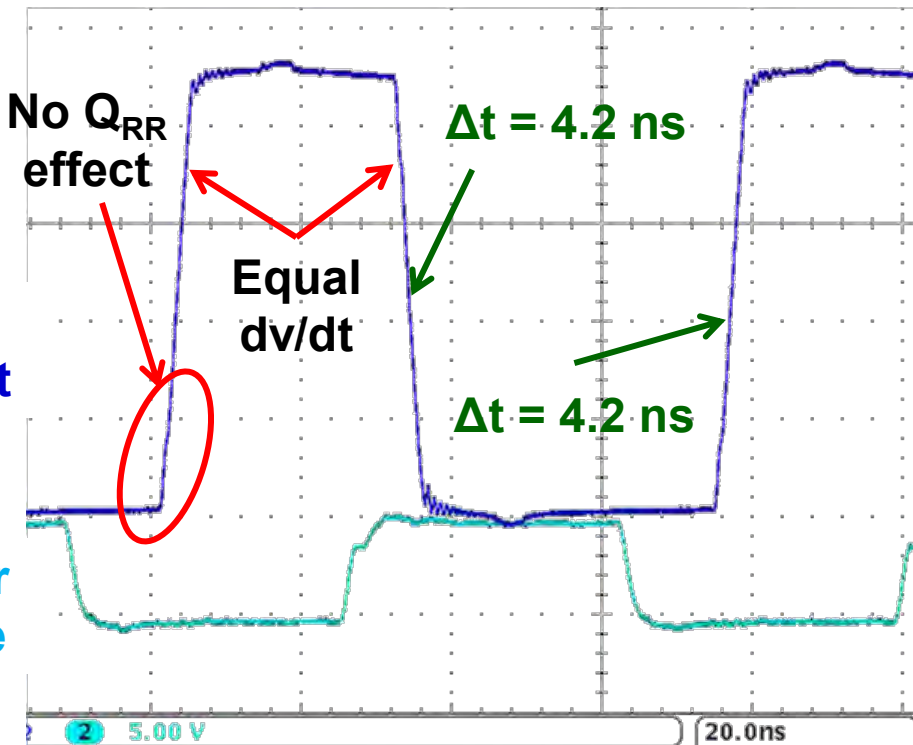
- EPC8010 $-30j\Omega$ MOSFET $-30j\Omega$
- EPC8010 $+20j\Omega$ ---- MOSFET $+20j\Omega$
- EPC8010 $0j\Omega$ —— MOSFET $0j\Omega$
- . - P_{out}

改善了的波形图

$V_{DD} = 45 \text{ V}$, No load



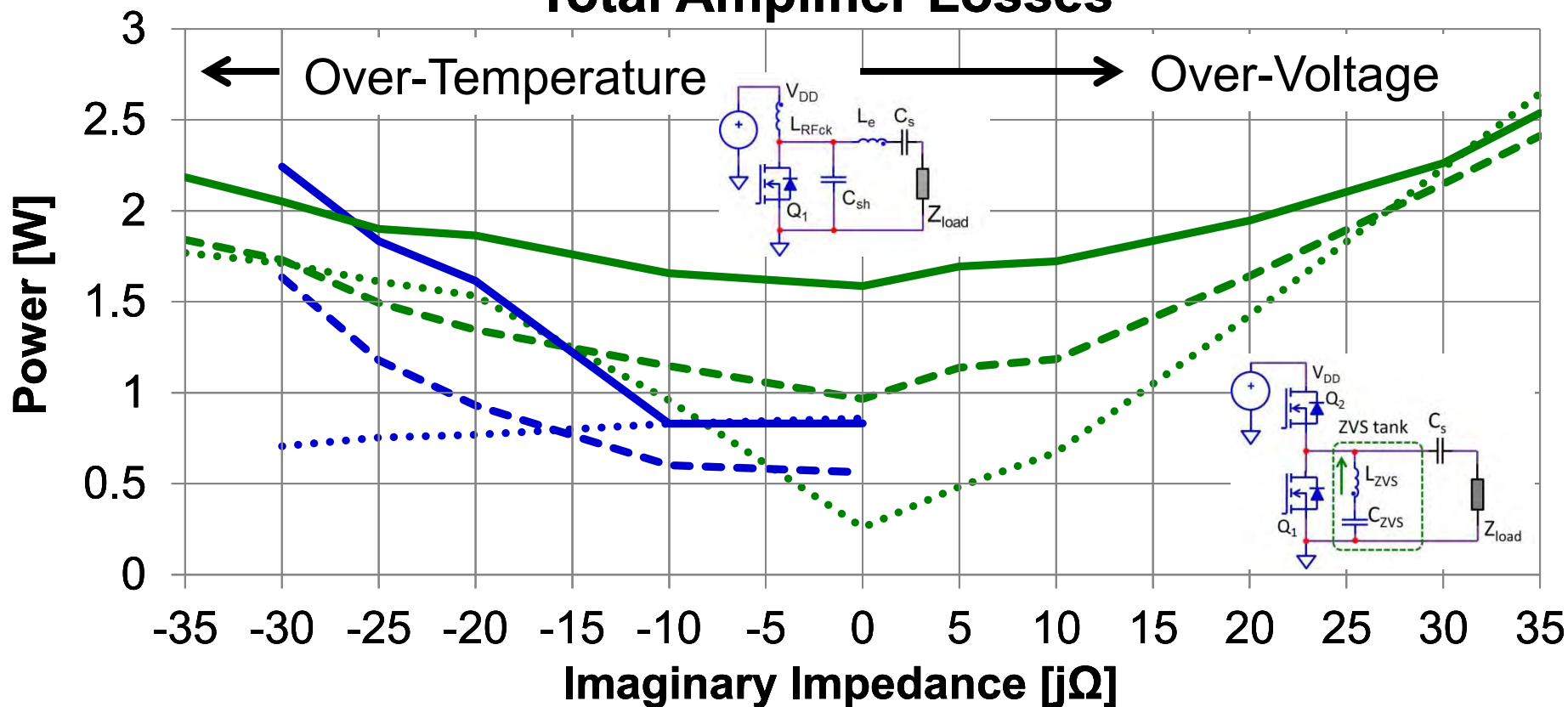
Original Internal Bootstrap Diode



eGaN FET Synchronous Bootstrap FET

与E类放大器拓扑的比较

Total Amplifier Losses



- EPC2012 10 Ω 7 W
- EPC2012 36 Ω 16 W
- EPC2012 55 Ω 16 W

- EPC8010 10 Ω 7 W
- EPC8010 36 Ω 16 W
- EPC8010 55 Ω 16 W

我们测试符合A4WP第三级规范并采用eGaN FET的 ZVS D类放大器的结果表明：

- eGaN FET通常比最优越的MOSFET取得更高效率
- 栅极驱动器及eGaN FET的温度维持在100°C以下
- eGaN FET具备更低的 C_{OSS} ，从而减少所需的ZVS 电流 ， 结果是FET and L_{ZVS} 都同时具备较低的功率损耗
- 采用eGaN FET可以减低器件的占板面积达40%
- 与MOSFET相比， eGaN FET可实现更宽阔的阻抗驱动范围

关于以上提及到和更多的无线电源传送应用的资料可在《无线电源手册》找到。



EPC

EFFICIENT POWER CONVERSION



Where is GaN going...

www.epc-co.com.cn

