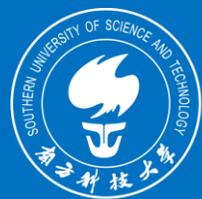


南方科技大学 深港微电子学院 高源课题组介绍

2025.11



课题组基本情况

研究方向

- 电源芯片与系统设计
- 模拟及混合电路芯片设计

实验室：功率集成电路与系统设计实验室

- 平台可以满足各类电源芯片设计和常用测试需求

团队情况：

- 博士6人，硕士10人，本科15人，访问学者1人，科研助理1人
- 团队长期致力于电源芯片设计研究，近年发表包括 **JSSC**、**ISSCC**、**VLSI Symp.**、**CICC**及**ESSERC**在内的芯片设计顶级期刊和会议论文40余篇



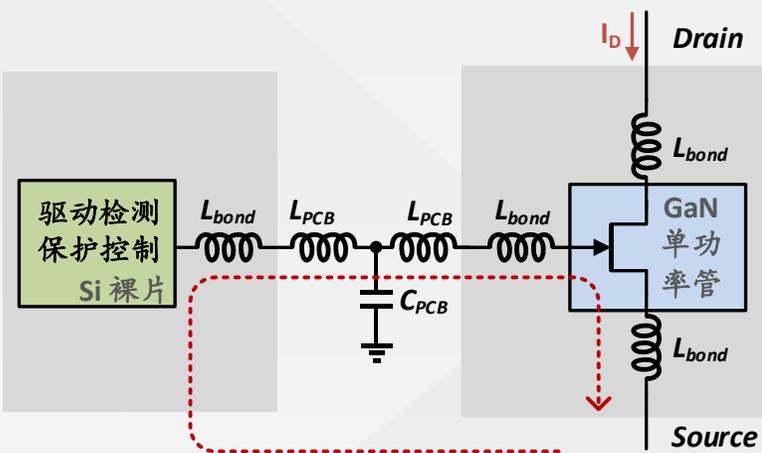
PI: 高源 长聘副教授,
博士生导师



GaN芯片与Si芯片划分

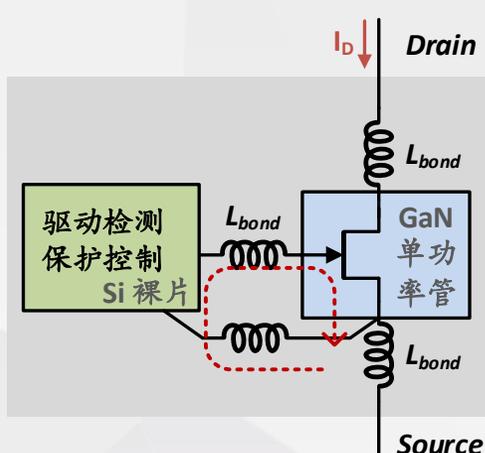
分立

集成

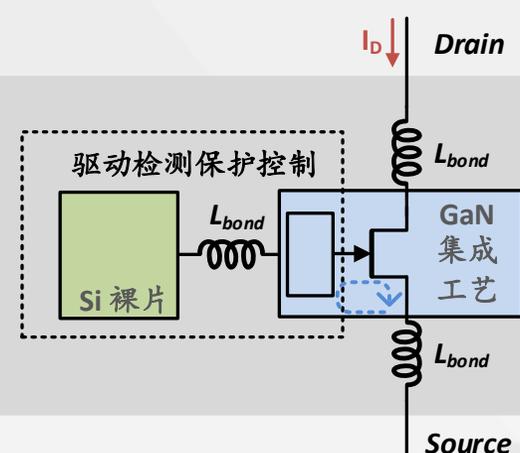


分立器件

eGaN

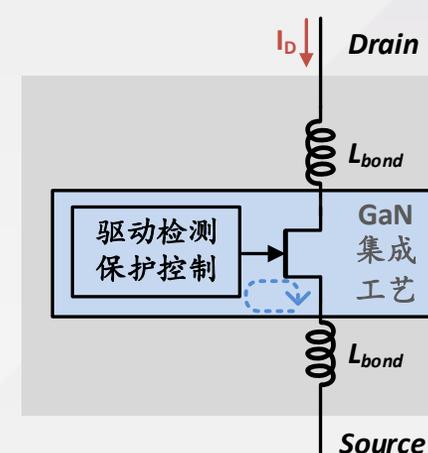


合封: Si驱动+GaN功率管



部分集成: Si芯片+GaN芯片

GaN IC



GaN单片集成

- GaN功率驱动芯片及集成系统



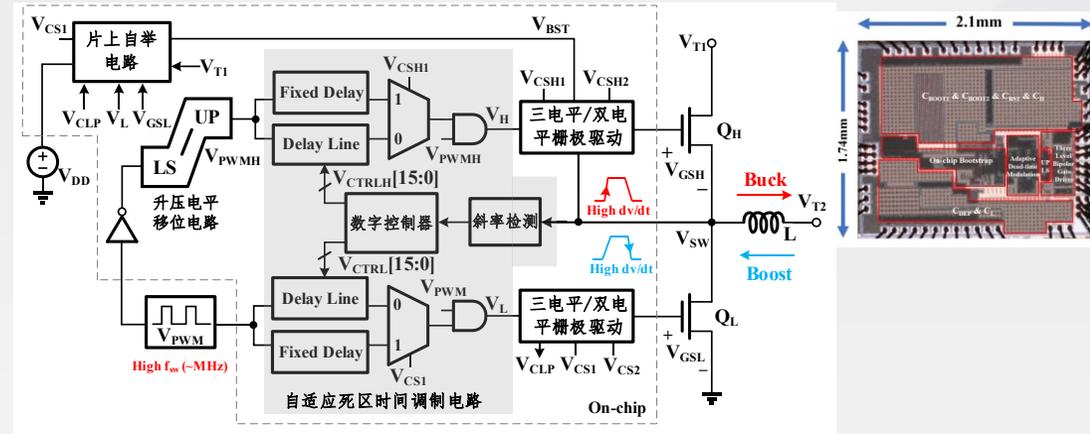
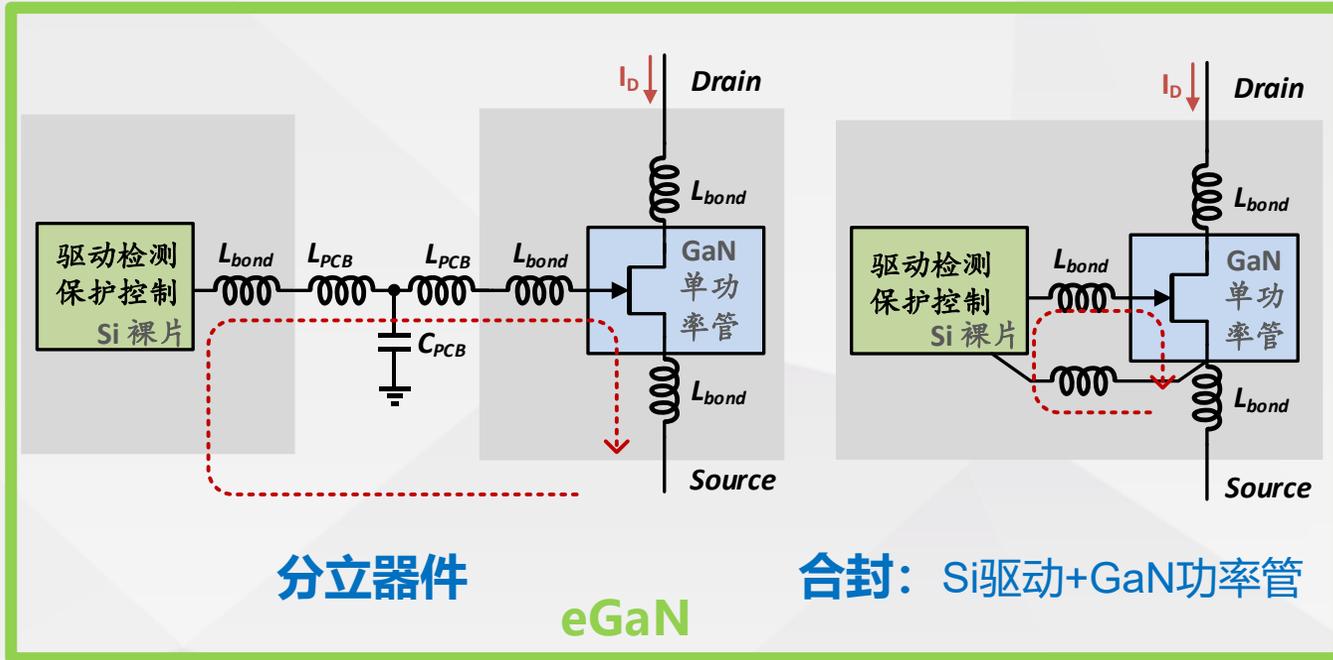
发展趋势: 可靠、集成、智能

驱动芯片: eGaN、GaN IC & dGaN

Si驱动+GaN功率管

分立

集成



IEEE TCAS-I 2022, DOI: 10.1109/TCSI.2022.3146190
IEEE ISCAS 2023, best paper award

- 低阈值, 寄生电感 L_s , 续流管误开启
- 反向导通机制 (无体二极管), 死区时间效率低
- 采用外部自举电路, 死区时栅极过压
- 同一驱动芯片无法同时应用于BUCK或者BOOST



- 双向电压转换 (BUCK模式或者反向BOOST模式)
- 续流管三电平驱动 / 自适应死区时间 / 全集成有源自举电路 (包括 C_{BST} 电容)
- 100V GaN HEMT, 50V \rightarrow 10V~12V, 89%@5MHz, 20W
- 测试可工作频率>10MHz

IEEE TCAS-I 2022, DOI: 10.1109/TCSI.2022.3146190
IEEE ISCAS 2023, best paper award

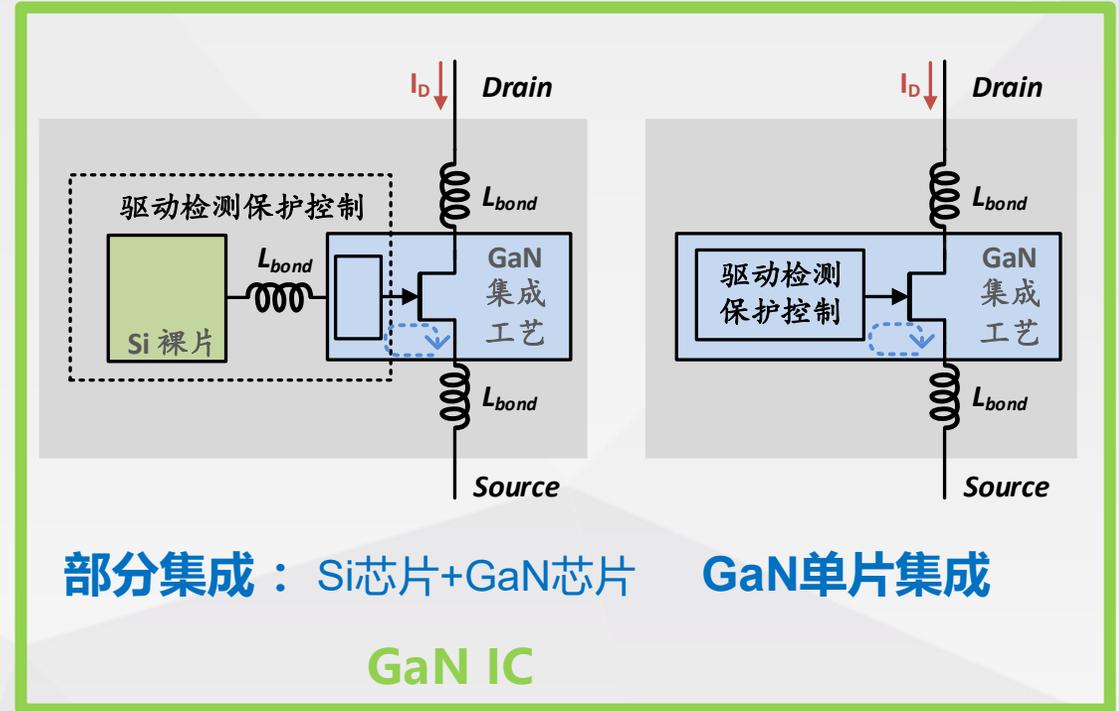
Si IC+GaN IC和GaN单片集成

分立

集成

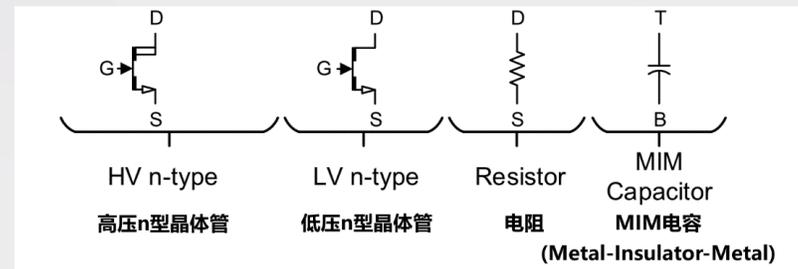
Si芯片与GaN芯片的功能划分?

- Si+GaN: 大电流留给GaN, 复杂控制留给Si
- All-GaN: 特殊应用 (高温, 抗辐照)
- GaN集成哪些器件可以减小寄生的影响?
 - 下拉管 (消除 L_S 影响) 甚至最后一级驱动 (降低 L_G 影响)
 - 电流SENSE管及电阻 / VSW SENSE电容
 - 其它可能的器件或简单模块.....



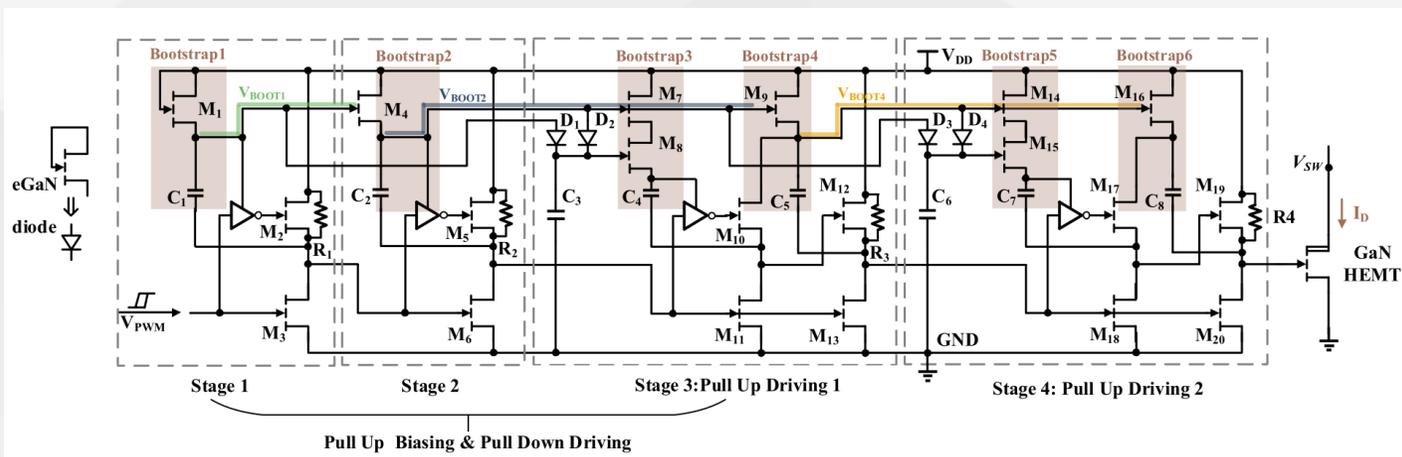
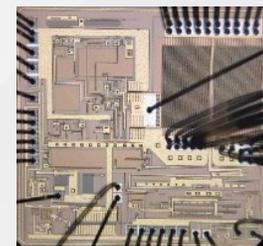
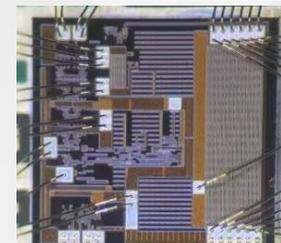
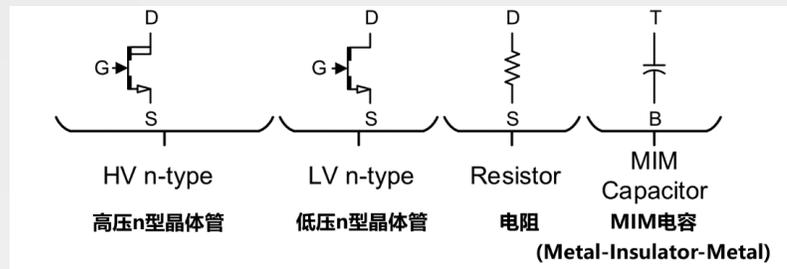
GaN IC挑战：现有集成元器件较少，特别是缺少P型管

- 所有模块需要重新设计，现有硅基电路设计方法不适用
- 面积和成本显著增加

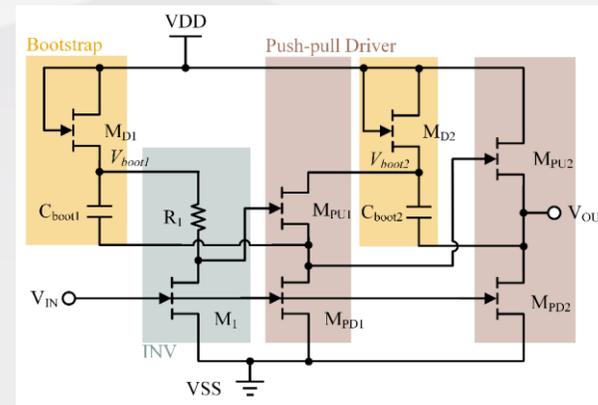


目前相关技术总结

- 低延时全摆幅驱动 (不同工艺测试验证)
- Si+GaN无损电流检测 (Si仿真验证, GaN芯片流片)
- All-GaN无损电流检测 (仿真验证)
- 模拟基础模块AMP, LDO (简单版本测试验证, 复杂版本仿真验证, 准备流片)
- 基础数字逻辑单元 (简单和复杂版本测试验证)
- 内建有源BST (测试验证)

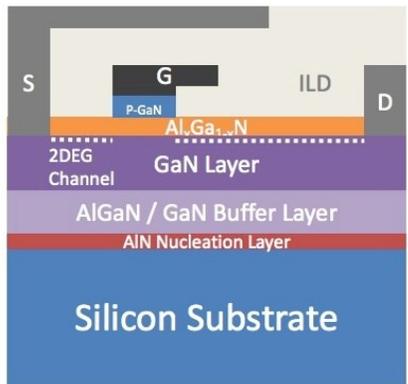


低延时全摆幅驱动

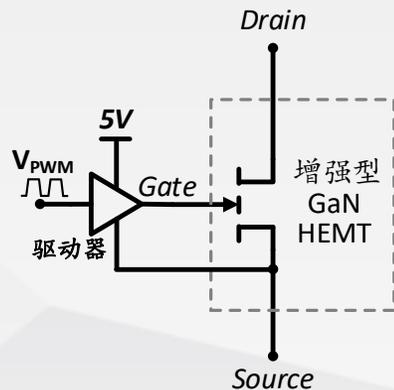


基于GaN工艺的快速反相器

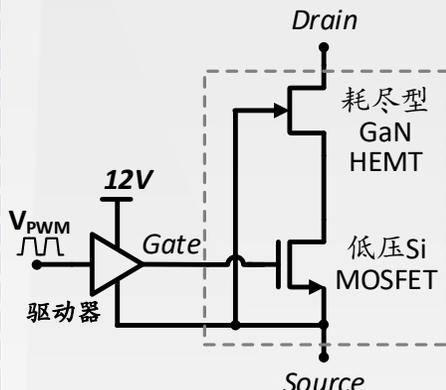
DGaN Driver: 高压GaN驱动类型对比



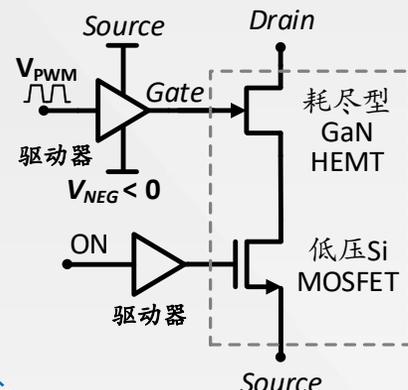
E-Mode GaN HEMT



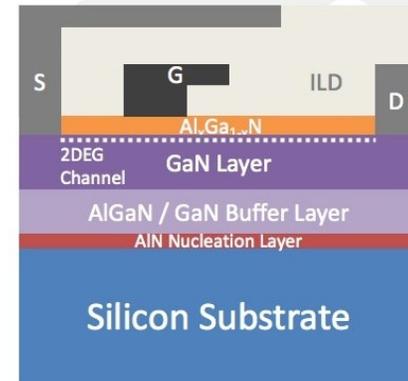
E-GaN 增强型



D-GaN + Cascode结构



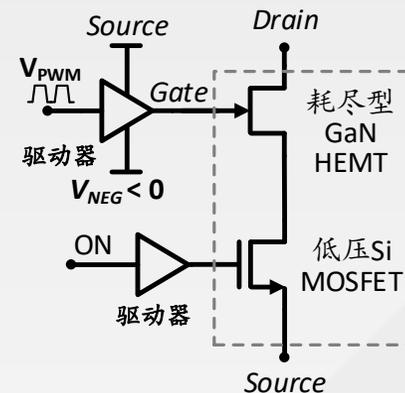
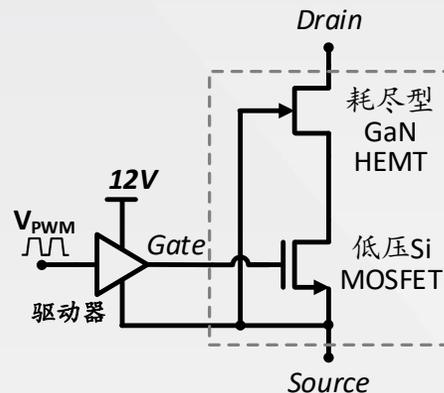
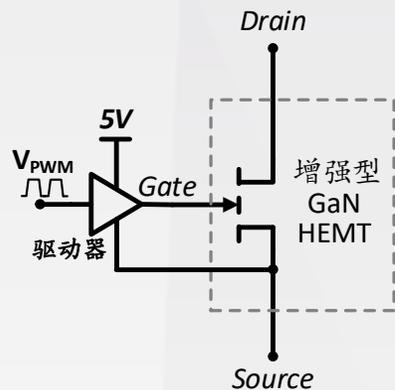
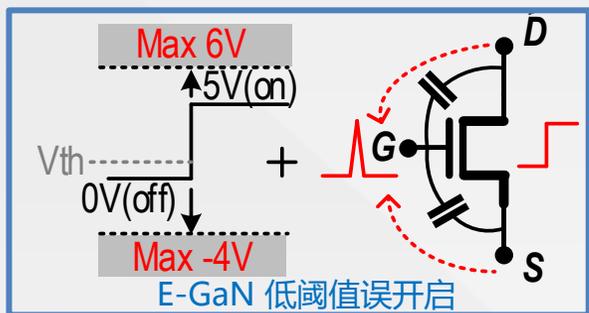
D-GaN + Direct Drive
负压直驱结构



D-Mode GaN HEMT



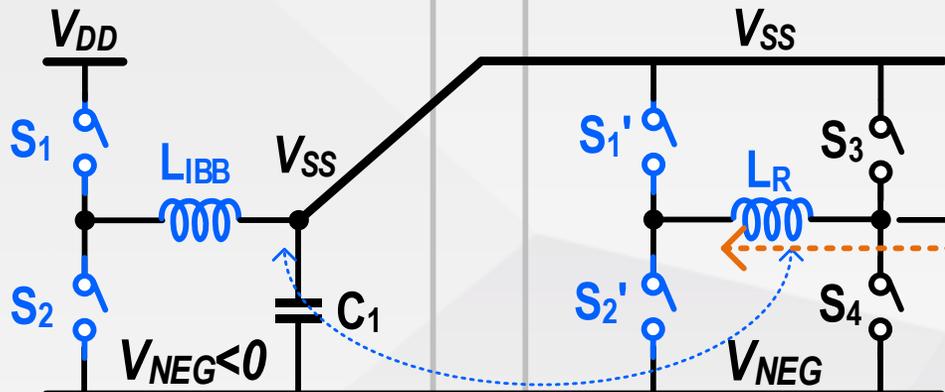
DGaN Driver: 高压GaN驱动类型对比



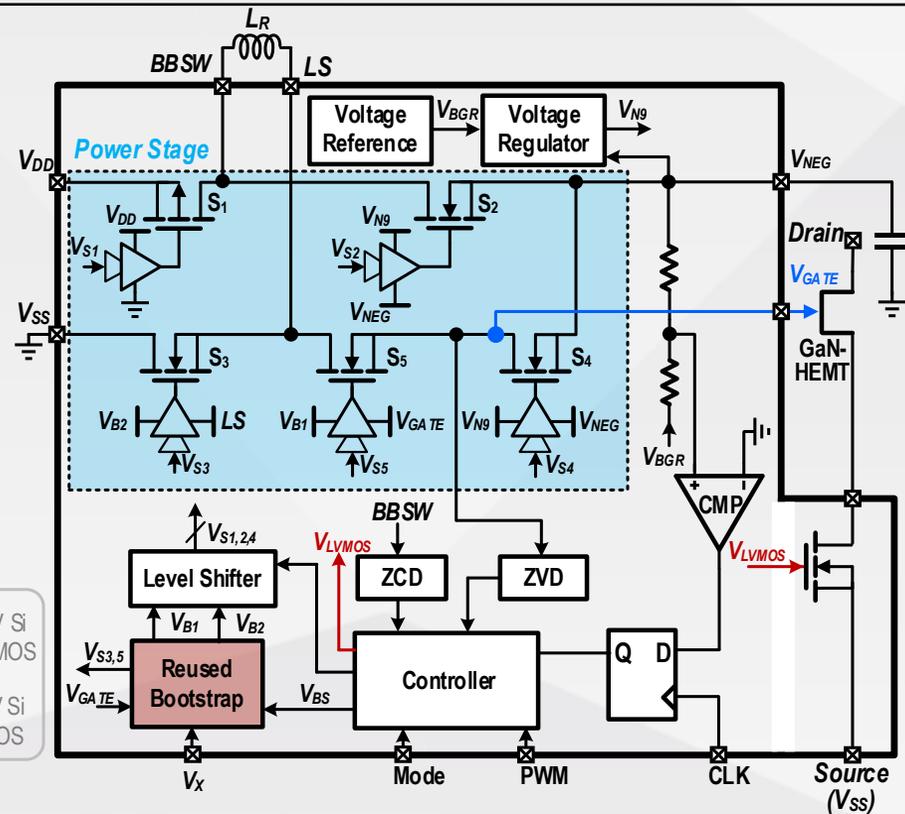
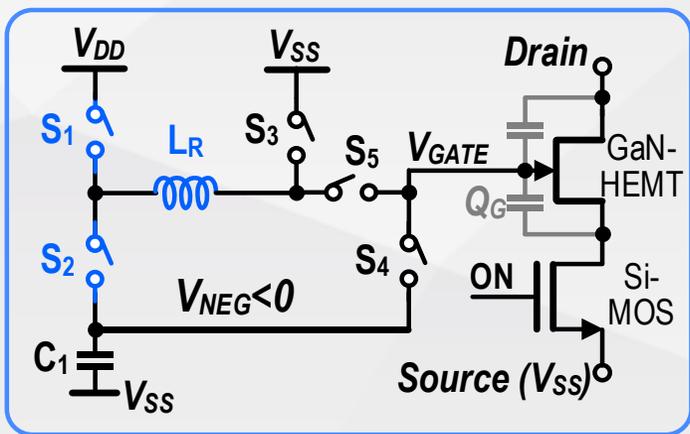
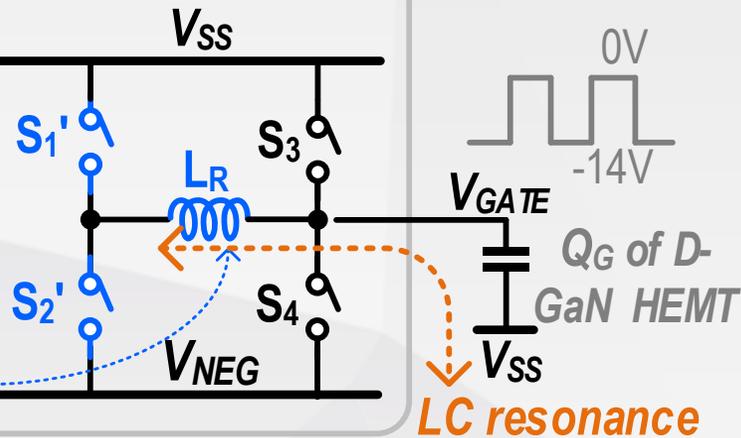
	E-GaN增强型	D-GaN + Cascode结构	D-GaN + Direct Drive负压直驱结构
高耐压GaN器件规模制造	☹️	😊	😊
V _G 过压损坏, 低V _{TH} 导致的误开启	☹️	😊	😊
高开关频率下的动态特性和噪声串扰抑制	😊	☹️ 间接驱动, 难以控制	😊
开关损耗和反向恢复损耗	😊	☹️	😊
保证可靠性的集成保护电路 (过流、过温及欠压保护)	? 😊 GaN IC集成	☹️	😊 ?
设计复杂度及成本	😊 ?	😊	☹️

DGaN Driver:提出的电感和开关复用的双模式负压直驱方案

Inverting Buck-Boost



Resonant Driver



Die Micrograph

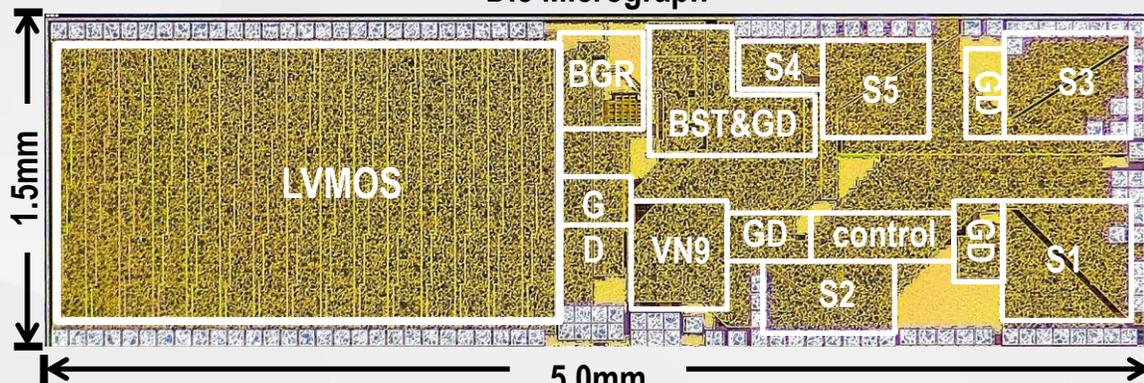
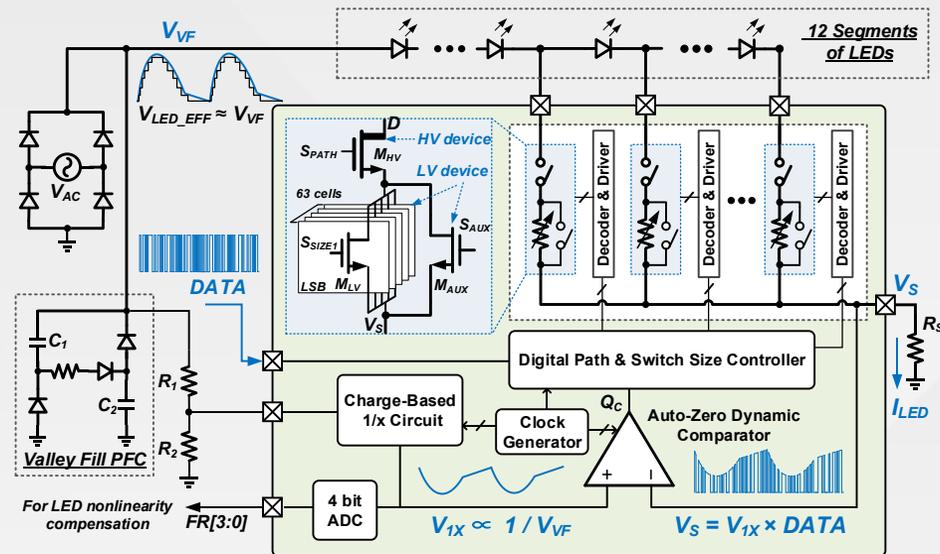
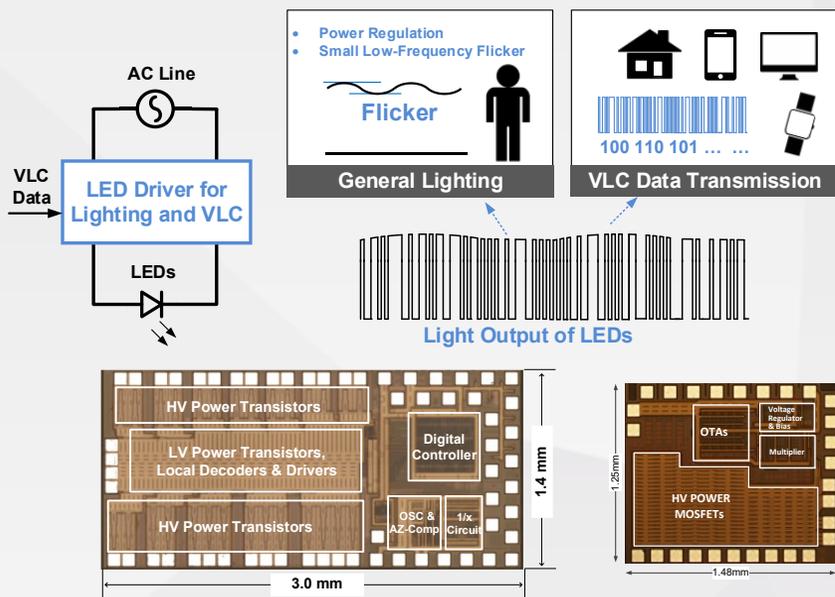


Photo of the PCB

IEEE VLSI Sympo.

DOI: 10.23919/VLSITechnologyandCir65189.2025.11075222

智能高效LED驱动芯片

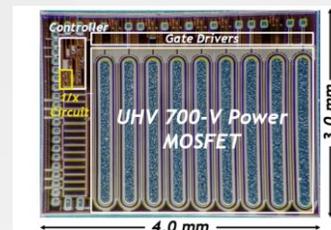
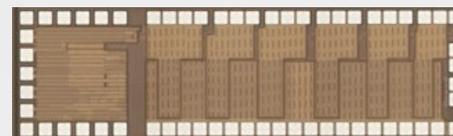
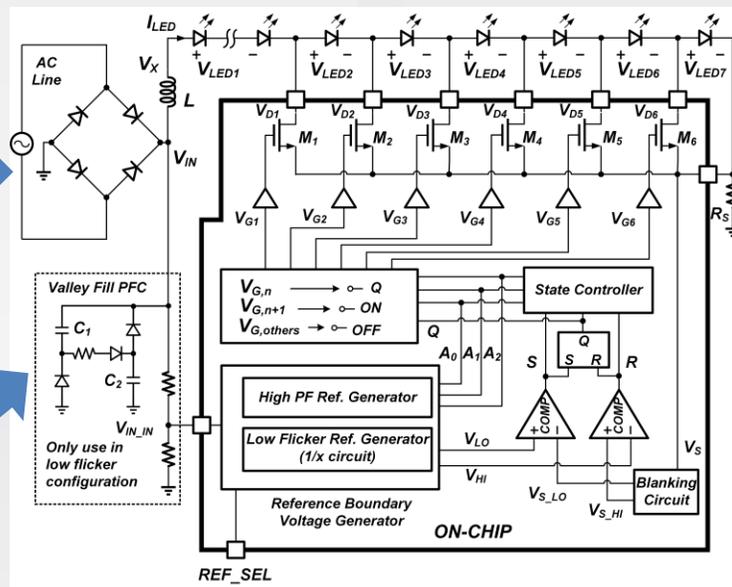
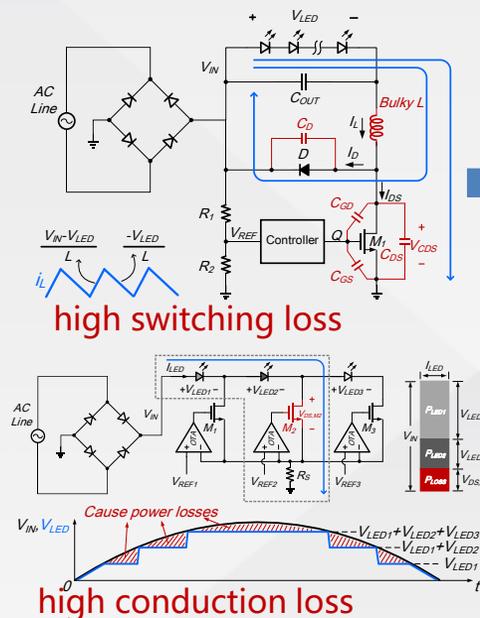


相关文章: *ISSCC 2017*, DOI: 10.1109/ISSCC.2017.7870422
JSSC 2018, DOI: 10.1109/JSSC.2018.2829204

低成本、小型化的照明与可见光通信集成芯片

- ✓ 固态照明技术和可见光通讯技术相结合，实现用LED灯同时满足**高效率（89.2%）照明和数据传输需求（8Mbps）**
- ✓ 可直接接入高压交流市电，减少功率传输级数
- ✓ 与传统**无电感**方案比较，有效**减少**对人体有害的低频率**闪频**，显著提高使用者的感受
- ✓ 系统架构和电路实现多个层面设计，消除了无源器件的影响，实现了低环路带宽下的高速数据传输

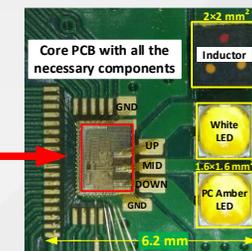
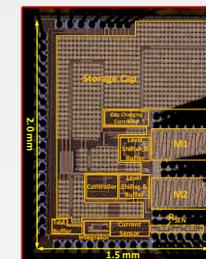
智能高效LED驱动芯片



提出的设计

电感: 6.8 μ H

峰值效率 > 95%



混合型高效高集成度LED驱动芯片

- ✓ 结合开关型和无电感型两种方案的优点, 在交流输入电压变化时, 可自动选择工作模式, 以实现小尺寸 (电感6.8 μ H) 及高开关频率 (峰值频率~5MHz) 条件下的高效率 (>95%)
- ✓ 与主流交流输入商业产品比较, 有效减少需要的电感值和系统尺寸

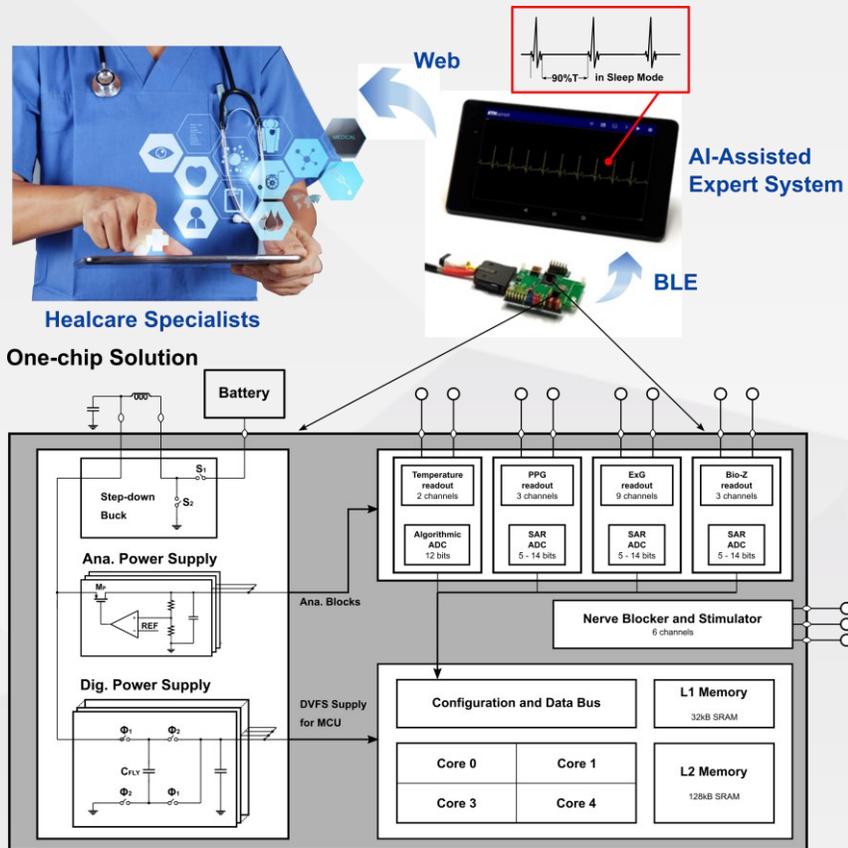
相关文章:

JSSC 2024, DOI:10.1109/JSSC.2023.3331763

JSSC 2020, DOI:10.1109/JSSC.2020.2987730

TCAS-II 2021, DOI: 10.1109/TCSII.2021.3066416

便携式设备集成电源芯片

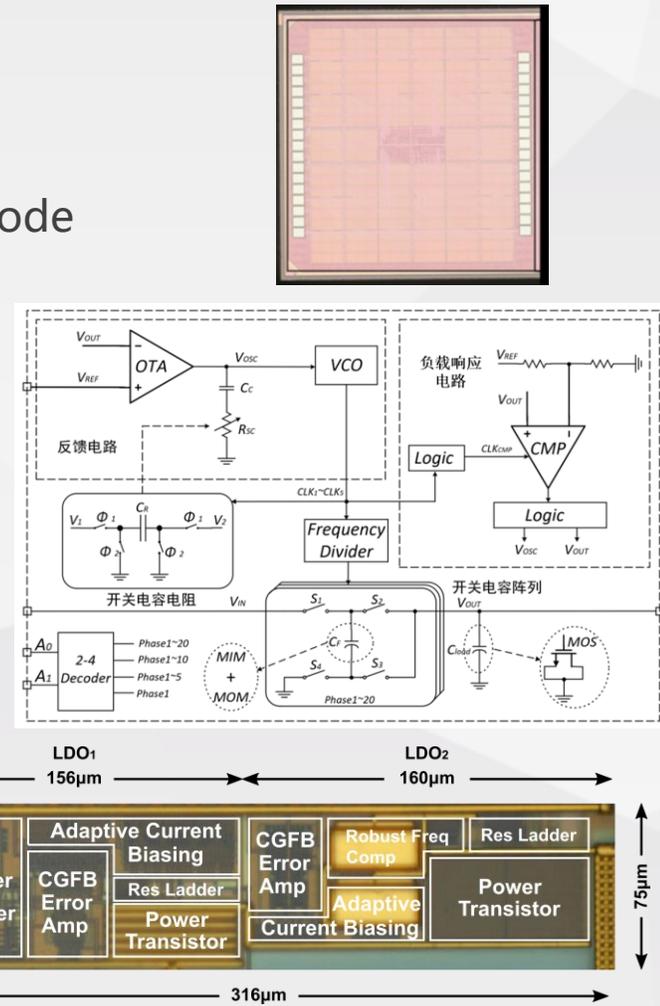
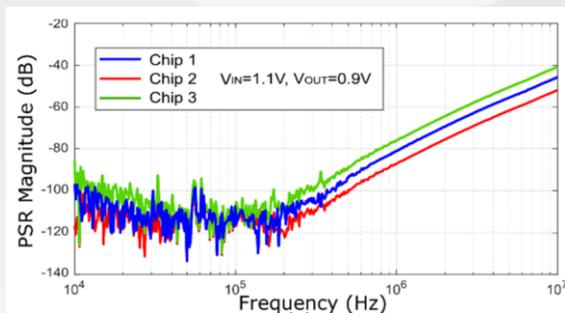


便携或植入设备SoC中

- 不同模块供电需求差异大
- 90%以上时间工作在sleep mode
- 小尺寸, 宽范围, 快速响应

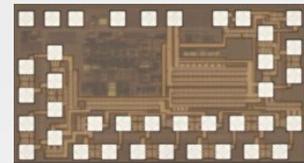
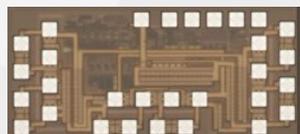
PMU解决方案

- 开关电容(SC) DC-DC
- 超高PSR 全集成LDO
- TEG能量采集芯片



相关文章:

SSCL 2024, DOI: 10.1109/LSSC.2024.3456374
 SSCL 2022, DOI: 10.1109/LSSC.2022.3172318
 TPEL 2021, DOI: 10.1109/TPEL.2021.3077013





谢谢!