

大师高级课程系列之

高性能,高速 ADC 设计高级课程

“High-Performance and High-Speed ADC Design”

ADC Part I: 2017 年 06 月 05-06 日 | 上海

ADC Part II: 2017 年 06 月 26-27 日 | 上海

一、为什么参加：

在多样的现代电子系统中，高性能高速模数转换器是一个基本的、不可被替代的部件，它的应用范围从数据通信到医学成像等等。模数转换器衔接了实际物理世界和有着无限可能的数字信号处理王国。因此，对模数转换器基本特性的理解对于合理选取数字域处理器很重要。

课程的第一部分由 **Marcel Pelgrom** 教授讲述转换器的限制因素，并结合了采样和量化问题。通过对抖动和失配的预估，可以对性能做一些量化预估。量化和采样的限制因素成为选取有效转换型架构的第一要素。

参考源、比较器和数模转换也是模数转换器中的重要单元。通过对 **Flash ADC** 和时钟交织 **ADC** 的进一步分析也说明了这些设计考虑因素。

然后通过近期的文章和我们的工作案例来阐释这些理论。

课程的第二部分由 **Boris Murmann** 教授继续讲述模数转换器中另外 5 个主题，它们代表了 **ADC** 设计中的最基本问题：逐次逼近型 **ADC** 流水线型 **ADC**，过采样 **ADC**，开关电容电路中的噪声分析，以及 **gm/Id** 运放的设计。

通过这次课程，我们将会讨论和说明在之前国际会议发表文章中所用到的设计技术。

High-performance and high-speed analog-to-digital converter are essential and irreplaceable components in a wide variety of modern electronic systems, ranging from data communication to medical imaging. And an analog-to-digital converter connects our physical world to the realm of unlimited digital signal processing. Therefore the understanding of the fundamental properties of analog-to-digital conversion is crucial for determining what processing makes sense in the digital domain.

Part I of this course will be delivered by Prof. Marcel Pelgrom will explore the limits of conversion, especially linked to the problem of sampling and of quantization. Estimating jitter and mismatch will allow some quantitative prediction on the performance. From the limitations found in quantization and sampling also a first indication can be obtained on what conversion architecture is most promising. Reference source design, comparators and digital-to-analog conversion are crucial elements for building converters. Further analysis of

flash and time-interleaved converters will clarify the design considerations.

Examples from recent papers and own work will illustrate the theory.

Part II will be delivered by Prof. Boris Murmann is a continuation of part I. It will cover five additional topics that represent important cornerstone-knowledge in data converter design: Successive approximation ADCs, pipeline ADCs, oversampling ADCs, noise analysis in switched capacitor circuits, as well as gm/ID-based amplifier design. Throughout the course, we will discuss and illustrate the state of the art using designs that were recently published at premier international conferences.

二、谁应该参加：

参加本课程需要具备基本的模拟电路知识，对 **ADC** 感兴趣的设计工程师，设计经理，在校的高年级本科生、研究生等。

Advanced undergraduate or graduate students and practicing engineers who wish to develop a solid knowledge of ADC. A basic understanding of analog circuits is assumed.

三、所需基本知识：

基本的 **MOS** 器件模型，晶体管级模拟电路，基本单元增益级，反馈。
基本的电路和系统理论，频率响应，拉普拉斯和 **Z** 域变换，模拟电路的噪声分析

Basic MOS device modeling, transistor-level analog circuits, elementary gain stages, feedback.
Basic signals and systems theory, frequency response, Laplace and z-transforms
Noise analysis in analog circuits

四、课程主办单位：

上海林恩信息咨询有限公司
上海集成电路技术与产业促进中心

五、课程安排

1、高性能,高速 **ADC** 设计高级课程（上半部分，授课老师：**Macel Pelgrom** 教授）

课程时间：2017 年 06 月 05—06 日（2 天）

报到注册时间：2017 年 06 月 05 号，上午 8:30-9:00

2、高性能,高速 **ADC** 设计高级课程（下半部分，授课老师：**Boris Murmann** 教授）

课程时间：2017 年 06 月 27—27 日（2 天）

报到注册时间：2017 年 06 月 26 号，上午 8:30-9:00

课程地点：上海集成电路技术与产业促进中心（上海市浦东新区张东路 1388 号 21 幢）

六、课程注册费用

- 1、ADC Part I 报名价格：3800 元/人；学生价：3000 元/人；
 - 2、ADC Part II 报名价格：3800 元/人；学生价：3000 元/人；
 - 3、ADC Part I and Part II 报名价格：6500 元/人；学生价：5000 元/人；
- 4 人以上团体报名优惠可协商。

以上价格含授课费、场地租赁费、资料费、课程期间午餐。学员交通、食宿等费用自理（报名回执表中将提供相关协议酒店信息供选择）；

七、报名方式

请各单位收到通知后，积极选派人员参加。报名截止日期为 2017 年 05 月 31 日,请在此日期前将报名回执表发送 Email 至：

邮件：steven.yu@lynneconsulting.com

报名咨询电话：021-51096090

或者添加微信：136 7161 3108（手机），暗号：ADC 课程。

八、课程具体安排

ADC Part I: 2017 年 06 月 05-06 日

1、高性能,高速 ADC 设计高级课程（上半部分，授课老师：Macel Pelgrom 教授）

第一天课程：2017 年 06 月 05 日（9:00-17:00）

1、ADC 基础- Fundamentals of ADC:

采样，奈奎斯特，kT/C，抖动，重构；量化，SNqR，精度限制因素，FOM，能量限制因素；
Sampling, Nyquist, kT/C, jitter, reconstruction; Quantization, SNqR, limits of accuracy, F.o.M. energy limits;

2、基本 ADC/DAC 架构概述- Overview elementary ADC/DAC architectures:架构:

一元，二进制，非二进制，电阻型、电容型、电流舵型和时钟型 DAC 设计;基本的 ADC 拓扑: Flash 型;基本的 ADC 拓扑: Log 型: 子范围，流水线，SAR;基本的 ADC 拓扑: 线型: 斜率;基本的 ADC 拓扑: 基于时间，SD 型;

比较: 优缺点，频率和分辨率范围;

Architectures: unary, binary, non-binary; Resistive, Capacitive, Current-steering and Timing DAC;

Elementary ADC topologies: flash, Elementary ADC topologies: Log: sub-range, pipeline, SAR; Elementary ADC

Topologies: linear: slope; Elementary ADC topologies: time based, SD;

Comparison: advantages/disadvantages, freq+resolution rang;

3、数模转换器- Digital-to-analog conversion:

架构: 一元，二进制; 电阻型 DAC: 阻抗、版图、统计分析; 电流舵型 DAC: 调制，排序算法; 电容型 DAC: 版图，共质心画法等;

Architectures: unary, binary, resistive DAC: impedance, lay-out, statistical analysis; current steering DAC: modulation, sorting algorithms; capacitive DAC: lay-out, common centroid etc.

4、基准电路- Reference circuits:

各种基准源，Bandgap 基础; 如何设计一个基准电路;

Various reference options, fundamental bandgap properties; How to design a reference circuit.

第二天课程: 2016 年 06 月 07 日 (9:00-17:00)

5、Flash 转换器- Flash conversion:

比较器: 基础知识, 速度, BER, 迟滞, 统计, 8 种拓扑结构, 梯型电阻阵列设计, 反冲(Kick-back); 解码; 良率计算; 增益级和平均, 折叠式转换器; 技术: 降低晶体管增益效应, 失配的影响; 几个新颖的案例: level-crossing 型 ADC, M.Flynn 的论文;

Comparator: basics, speed, BER, hysteresis, statistics, 8 topologies; Design of resistors ladders, kick-back;

Decoding; Yield calculations; Gain stage and averaging, folding converters; Technology: effects of reduced transistor gain, mismatch. Some strange examples: level crossing, M.Flynn papers.

6、时钟交织- Time interleaving:

提升速度的必要性; 基本拓扑和误差: 失配, 增益, BW 和采样; 参考负载的问题。

纠错和校准; 案例: Doris/Jansen 2013, El-Chammas 2011, Verbruggen 2012, Kapusta 2013, Bradolini 2015, Kull 2016, LeCroy

Correction and calibration; Examples: Doris/Jansen 2013, El-Chammas 2011, Verbruggen 2012, Kapusta 2013, Bradolini 2015, Kull 2016, LeCroy;

ADC Part II: 2017 年 06 月 26-27 日

2、高性能, 高速 ADC 设计高级课程 (下半部分, 授课老师: Boris Murmann 教授)

第一天课程：2017 年 06 月 26 日（9:00-17:00）

1、逐次比较型 ADC - Successive approximation ADCs:

转换器概念；上极板和下极板采样技术；冗余；DAC 设计和开关方案；异步时钟；设计案例；Conversion concept; Top and bottom-plate sampling; Redundancy; DAC design & switching schemes; Asynchronous timing; State-of-the-art design examples.

2、流水线性 ADC - Pipeline ADCs:

转换器概念；冗余；MDAC 设计；级数缩减；设计案例；Conversion concept; Redundancy; MDAC design; Stage scaling; State-of-the-art design examples.

第二天课程：2017 年 06 月 27 日（9:00-17:00）

3、过采样 ADC - Oversampling ADCs:

噪声整形的概念；一阶调制器；高阶调制器，稳定性；数据加权平均；连续时间环路滤波器；抽取滤镜。

Concept of noise shaping; First-order modulator; High-order modulators, stability; Data weighted averaging; Continuous time loop filters; Decimation filters.

4、SC 电路中的噪声分析和仿真- Noise analysis and simulation in SC Circuits:

历史展望；无源 T/H；有源箱式采样器；无源 SC 低通滤波器；有源 T/H；有源 SC 积分器；Delta-sigma 调制器。

Historical perspective; Passive T/H; Active boxcar sampler; Passive SC lowpass filter; Active T/H; Active SC Integrator; Delta-sigma modulator.

5、基于 g_m/I_D 放大器电路设计- g_m/I_D -based design of amplifier circuits

工艺特性；放大器拓扑的考虑；单级放大器；折叠共源共栅放大器；两级放大器；共模反馈的考虑；工艺角。

Process characterization; Amplifier topology considerations; Single-stage amplifier; Folded-cascode amplifier; Two-stage amplifier; Common-mode feedback considerations; Process corners.

九、金牌会员免费送

凡报名参加本课程，我们将免费赠送摩尔学堂在线课程价值 1180 元的金牌会员，可以免费学习金牌会员所属所有收费课程。免费赠送名额有限，速速报名！

如何获得：

1、报名参加本次课程 → 2、完成注册缴费 → 3、添加摩尔学堂微信号（moorext）→ 4、告知摩尔学堂用户名 → 5、审核后获得免费金牌会员身份。

十、教授简介

Marcel Pelgrom 教授



Marcel Pelgrom 教授毕业于荷兰屯特大学获得学位，并与 1979 年加入飞利浦研究实验室，他的研究方向包括电荷耦合检测器，MOS 匹配特性，模数转换器，数字图像容错和各种模拟模块的设计。他曾领导了许多项目，并成为高速模数转换器研究的领导者。1996 年至 2003 年，他成为了混合信号电子研究的部门负责人。在 2003 年，他在学术休假期间被任命为斯坦福大学的一名咨询教授。他以研究员的身份参与了设计和工艺边缘领域的研究。2013 年起留在了 NXP 成为讲师和顾问。

Marcel Pelgrom 教授两次成为 IEEE 的杰出讲师，他发表了 40 多篇文章，3 本书，7 本书的章节作者以及 37 个美国专利，他在屯特大学、代尔夫特大学，斯坦福大学以及公司内部讲课。

Marcel Pelgrom 博士是天主教鲁汶大学的荣誉教授，他在 2017 年获得了 IEEE Gustav Krichhoff 奖以表彰他在电子学基础领域的贡献。

推荐阅读：

Marcel Pelgrom, “Analog-to-Digital conversion, 3rd ed.”, Springer 2017, ISBN: 978-3-319-44970-8 (Print) 978-3-319-44971-5 (Online)

Boris Murmann 教授



Boris Murmann 教授于 2004 年加入斯坦福大学， he 现在是电子工程学的教授。他在 2003 年获得了加州大学伯克利分校的电子工程博士学位。从 1994 年到 1997 年，他在德国 Neutron 微电子研究了在自动化 CMOS 技术中的低功耗，低功耗 ASIC。Boris Murmann 教授研究兴趣主要有混合信号集成电路设计，尤其是重点研究数据转换和传感器接口。在 2008 年，他在 VLSI 会议上成为最佳学生论文奖的共同获得者，并获得 IEEE CICC 会议的最佳邀请论文奖。他在 2009 年获得 Agilent Early Career Professor Award 以及在 2012 年获得

Friedrich Wilhelm Bessel Research Award。他是 JSSC 的副编辑以及 ISSCC 数据转换分会的主席。他是 ISSCC2017 的程序主席并成为 IEEE Fellow。

他以作者和共同作者的身份在会议、杂志以及书籍上发表了 150 多篇技术论文。