

第296回群馬大学アナログ集積回路研究会

「アナログのおもしろさ」

講師： 中谷隆之氏（群馬大学、東京電機大学）

日時： 2016年04月19日（火） 12:40～14:10

場所：群馬大学理工学部（桐生キャンパス）

これからエレクトロニクスエンジニアを目指す学生諸子に、アナログ技術の学び方そして面白さの片鱗をお伝えできたらと思います。

アナログ技術に興味ある若き社会人の皆様も奮ってご参加ください。

- ・ 原理、原則、理論を学びかた
 まずは全体像イメージをつかんでから細部理解へ
- ・ 先人に学ぶ
 先人の良い回路技術を良い教科書とする
- ・ アナログは実験&評価が重要
- ・ 回路シミュレータをうまく活用しよう
- ・ 多用な技術をアナログ性能向上に活かす
 数学(信号処理)をアナログ性能向上に活かす
 生物機能を知りアナログ性能向上に活かす
- ・ アナログ回路技術は周波数が高くなっても普遍性あり
 MHz, GHz, THz 高周波回路も基本回路アーキテクチャは同じ
- ・ オーディオ分野でのアナログ話題あれこれ
 音声圧縮技術がおもしろい
 ハイパーソニック：人間の耳に聞こえない 20kHz 以上が大切なわけ
 真空管も健在なり
- ・ 興味深いピュアアナログ IC
- ・ 優秀なアナログ屋の設計物(回路図および基板)は美的である

関係 HP

<http://analog.el.gunma-u.ac.jp/>

<http://analog.el.gunma-u.ac.jp/main/showworkshop?id=374>

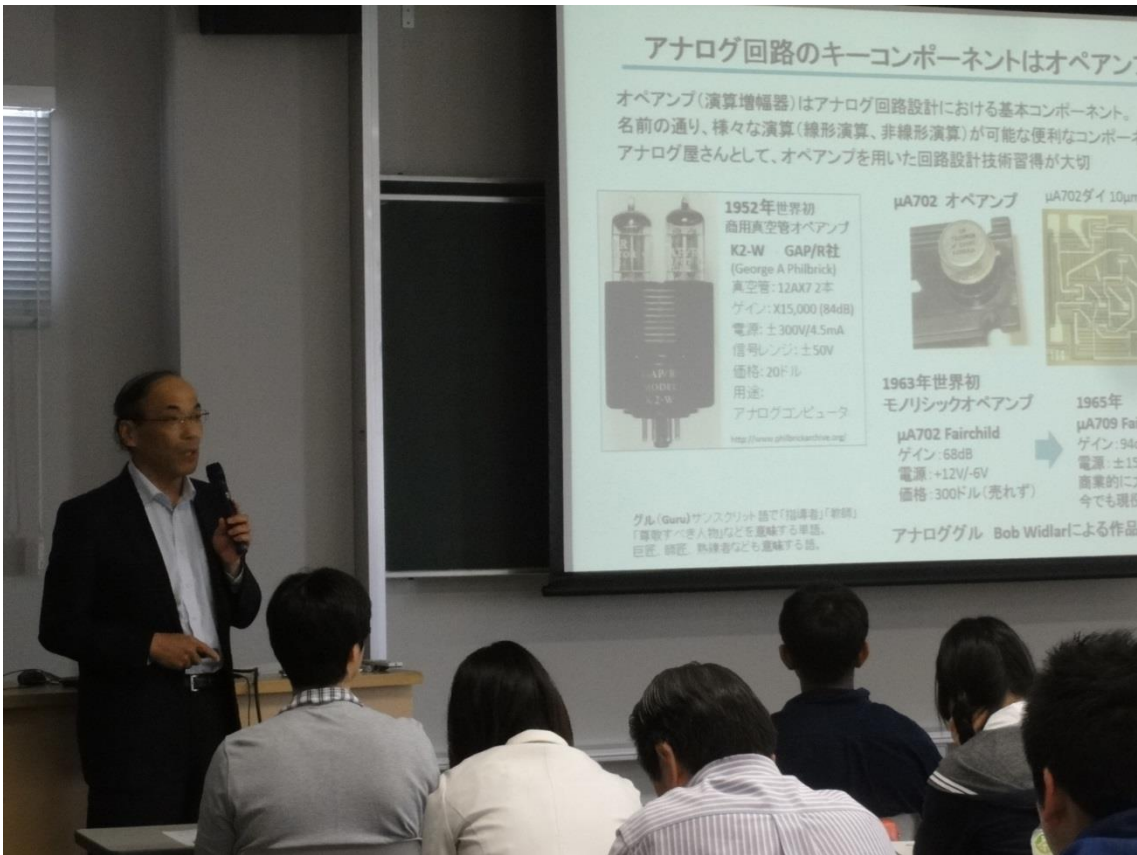
<http://www.ohyokagaku.org/>

講演が聴きながら思ったこと

- 入門教育・導入教育は経験豊富・視野の広いベテランが適している。
- アナログ関係では昔からの技術・製品が今も使われており、息が長い。
オペアンプの基本トランジスタ回路、逐次比較近似AD変換器等の基本原理はずいぶん前に考えられている。
- 回路だけでなく、数学（アルゴリズム、信号処理）、物理現象、生物に学ぶ。
柔軟なアイデア・発想、広い視野で面白い技術開発ができる。
- **消費者の立場から**：近年、買い替えを前提にした、コスト・価格が安いことに力点を
おいた電気製品が多い印象を持つが、長く愛して使うという発想の製品が必要と思う。
工業製品というより芸術品と思うような物を持ちたい。
- **研究開発・生産者の立場から**：開発した技術を息長く（改良しながら）
使っていくという発想が必要であり、アナログ関係技術はこれが可能ではないか。
あまりに短いサイクルでの技術開発、寿命が短い技術の開発を続けるのは大変。

(写真提供 群馬大学 石川信宣 技術専門職員、文責 小林春夫)





先人の卓越した回路を学ぶ: オシロスコープ回路の例

昔はテレビ、ラジオやオーディオアンプ、測定器などの回路図は公開されていた。私にとって海外の測定器マニュアル(メンテナンスマニュアル)が良い教科書だった。回路図、部品表、動作原理が詳しく記載されていた。

テクトロニクスオシロスコープ
model 485 1972年デリバリ 485 サービスマニュアルに記載された回路一部
2ch入力 350MHz帯域
アナログ技術者にとって憧れの測定器




主要アナログ回路設計は、アナロググランドとして有名なBarrie Gilbertによる。

485 OSCILLOSCOPE SERVICE INSTRUCTION MANUAL, 14787000

アナログIC: アーキテクチャ自体は古い

ADコンバータの変換方式の例

- 各AD変換方式の発明は極めて古い
- 今でもこれら変換方式が使われている
- 半導体技術の進歩で、デジタル補正技術で高精度化
- 多重化技術(物量作戦)で高速化が図られてきた。また低価格化も。

逐次比較型ADコンバータ
原理は、化学天秤の動作そのもの



デジタル DAC モジュール



現在 CMOS化12bit ADC
AD7887
8pin小型SOIC
4.5ドル

逐次比較型ADCは1946年(実に70年前)に発明

生体機能に学ぶ。まずは耳の働きを知る

耳の構造と音が脳に伝わる機能

- 鼓膜の振動が耳小骨(つち骨・あしみ骨・きぬた骨)を振動、耳小骨にて、音が増幅または減衰される
- 耳小骨に伝わった音が蝸牛(かきゅう)に伝わる。蝸牛の内部はゼリー状液体
- 音が蝸牛内の1万個以上ある有毛細胞を刺激。有毛細胞にも音の増幅作用および減衰作用がある
- 1Hz毎音だと800Hz~10kHzを受け持つ有毛細胞が振動する。耳は有毛細胞で音を周波数解析している
- 耳の中にカチッと音の刺激がひとつ入ると有毛細胞が振動するが、音が終わっても有毛細胞は10msくらいはダンスを続ける。
- このため連続した音が入っても、直前には有毛細胞は反応出来ない。この様な耳の特性を利用して音声圧縮する。
- 有毛細胞が小さな電気信号を発生し、らせん神経を介して脳に伝わる

耳は、有毛細胞で音を周波数解析している。

ダンスする「有毛細胞」

真空管(Vacuum Tube)

真空管とは、限りなく真空に近い状態の容器(ガラスや金属等)の内部に電極を封入し、電極(陰極)を高温(ヒーターやフィラメントにて)にして、陰極表面から電子を放出し、グリッド(制御格子)で電圧制御し、発振、変調、検波、増幅などの作用を行うことが、エジソンが白熱電球の実験中に発見したエジソン効果(1884年)が端緒

1950年代まで、電子回路が中心だった(ラジオ、テレビ)

各種真空管
左から:ST管,GT管,mT管

Eniacコンピュータ(1946年)
17,468本の真空管を使用。消費電力約150kW

<https://www.jstn.or.jp/mt/qa/mt.html>