

2022年9月16日

## R3年度 群馬大学電気電子工学特別講義II (集積電子回路工学)

担当：源代裕治先生 (ザインエレクトロニクス) 電子回路  
飯野俊雄先生 (工業所有権協力センター) センサ技術  
崔通先生 (東京工芸大学) 電源回路

後期授業 火曜日、16:00-17:30

Zoom 配信

月	日	担当
10月	4日	源代
	11日	源代
	18日	源代
	25日	源代
11月	1日	源代
	8日	源代
	15日	源代
	22日	飯野
	29日	飯野
12月	6日	飯野
	13日	飯野
	20日	飯野
1月	10日	崔
	17日	崔

連絡先 電気電子 小林春夫 [koba@gunma-u.ac.jp](mailto:koba@gunma-u.ac.jp)

講義資料：<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/lecture/lecture.html>

次も参照：<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/analog-web/analogworkshop.html>

## I. 源代裕治先生 講義概要

私の担当7回分の講義では、長年考え、また経験してきた私の回路論を説明します。その中に、現役のアナログ回路技術者として、技術者の卵の方々に、技術者の生活の雰囲気を与えられたら良いなと思ってます。

中学生の頃から電気を本格的に学び始めましたが、当時疑問に思ったことは沢山の経験を積む中でも、なかなか解消しませんでした。私と同じ疑問を抱く方は少ないようで、文献を漁ってもちっとも理解が進みませんでした。

例えば、電流はどのくらいの速さで流れているか、分かりますか。

ここ数年来、子供の頃から持ち続けた疑問が、少しずつ解消してきました。その過程で、回路に関する認識が相当に変わって来ました。今回の講義では、ようやく形になり始めた回路論を、一緒に眺めて行きましょう。

既存回路論が、あらゆる状況で正しい結果を導けるのに、なんで回路論の再構築などする必要があるかという疑問は当然です。しかし新解釈は、私が回路を理解する上の必然でした。おまけに、日々の設計業務でも有効に活用できています。

大まかなストーリーとしては下記のように考えています。

手始めに、電気の歴史(回路の歴史)を眺め直します。これは、偉大な先人たちの苦闘を偲ぶだけのものではありません。我々が今立ち向かっている問題に対する知恵と勇気を与えてくれるのです。

その後数回かけて、通常とは違うフレームワークで回路理論を再構築します。

後の講義では、真空管・バイポーラトランジスタ・MOS トランジスタなどのアクティブ素子の回路を見て行きます。様々な回路を詳細に見るといふより、新解釈回路論の観点から、統一的に理解できる様子を鑑賞しましょう。主役が変わっても変わらない本質が見えて来ることを期待しています。現在主役のCMOS時代も、いつか終わりが来るかもしれません。

もとより非正規カリキュラムなので、予定には余り捕らわれないで、折々の話題で気ままに寄り道をしましょう。興味がある回だけ聴講しようという人には申し訳

ありませんが、下記とは全然違う回があるかも知れません。ただ、全体を通じて回路の話題を展開して行きますので、できるだけ通して聴講していただきたいと思います。学生さんには、ほぼ出席点だけで成績を付けますが、毎回の簡単なレポートと全体で一つのレポートをお願いするつもりです。

本講義では回路方程式は殆ど使いません。式を解いて現象を理解することの重要性は強調しすぎることはありませんが、式を使わない方が良く分かることを話します。その代わりにシミュレーションなど、先人たちが使えなかった道具も、今なら使えるというものは躊躇なく使いましょう。また時間と共に蓄積された知見も、開拓者には使えなかった財産です。大いに活用しましょう。

### 第1回 (10月4日) 回路の歴史

～ 先人たちの苦勞、今に残る混乱 ～

### 第2回 (10月11日) 回路の理論1(枠組み)

～ 部品(=枝)の接続(=節)に電流・電圧の属性を付与したものが電気の回路 ～

～ Kirchhoffの法則はその公理 ～

### 第3回 (10月18日) 回路の理論2(IV特性)

～ Ohmの法則は、法則というより抵抗の定義 ～

### 第4回 (10月25日) 回路の理論3(時間の導入、交流理論、積分変換)

～ 枝特性として時間を導入しよう ～

～ 周波数は固有関数のパラメータとして登場する ～

～ 交流理論と積分変換の同一視 ～

### 第5回 (11月1日) アクティブ素子

～ 真空管は人類が初めて手にした能動素子。何もかも初体験 ～

～ トランジスタの勝手違いに手を焼きながらも、真空管の経験は生きた ～

### 第6回 (11月8日) 基本回路(動作点の設定)

～ 能動素子のIV特性 ～

### 第7回 (11月15日) 回路を鑑賞しよう

～ 差動対+カレントミラー⇔IC ～

～ 真空管時代は50年、ではCMOS時代は ～

## II. 飯野俊雄先生 講義概要

本講座の5回の概要をご説明します。最初の回では、導入として近年話題になっている I o T とセンサの密接な関わりについて講義をします。次回以降は I o T との関連も考慮にいれながら磁気センサ、光センサ、位置センサ、流量センサについて、センサの動作原理を中心に講義を行い、主要なセンサの基本的な知識を身につけていただきたいと思います。また、位置センサの回では、講師の実体験に基づいた、センサ開発の方法論にも触れて講義を行います。

### 第8回

題目：センサから見た I o T

日時：2022年11月22日（火）16:00~17:30

内容：

1. センサとは何なのか？
  - センサの定義と分類
  - 「J E I T A センサ・グローバル状況調査」
2. I o T と切離せないセンサ
  - I o T デバイスとしてのセンサ
  - I o T 以前の世界
3. I o T とセンサの向かう方向——国の P J T より
  - グリーンセンサネットワーク P J T
  - 水田水管理 I C T 活用コンソーシアム
  - インフラのセンシング例
4. I o T でセンサはどのように使われているか
  - I o T 向けセンサの実例
  - I o T ・センサ・A I
  - スマートメータ
  - I o T の事例紹介

### 第9回

題目：磁気センサの基礎

日時：2022年11月29日（火）16:00~17:30

内容：

1. 磁気センサとは
2. センサの理想と現実のギャップ
3. 磁気センサの分類

4. 電流・磁気効果によるセンサ
  - ホール素子
  - 3軸地磁気センサ
  - MRセンサ
  - GMR/TMRセンサ
5. 磁気インピーダンス効果によるセンサ
  - MIセンサ
6. 磁気インダクタンス効果によるセンサ
  - フラックスゲートセンサ

[https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2019/20190818\\_Lisbon\\_iino-sensei.pdf](https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2019/20190818_Lisbon_iino-sensei.pdf)

## 第10回

題目：光センサの基礎

日時：2022年12月6日（火）16:00～17:30

内容：

1. 量子型光センサ
  - 光伝導効果
  - 焦電効果
  - 光起電力効果
  - 光電子放出効果
  - センサのアレイ化
2. 撮像素子とカメラの基礎
  - CCDセンサ
  - CMOSセンサ
  - 民生用CCD/CMOSセンサ
  - センサの感度向上
3. 最近話題のLiDAR
  - 自動運転用LiDAR
  - iPad ProのLiDAR
4. テクノロジードライバとしての科学計測用カメラ
  - EMCCDカメラ
  - HARPカメラ
  - 高速度カメラ

## 第11回

題目：位置センサの基礎

日時：2022年12月13日（火）16:00～17:30

内容：

1. ロータリエンコーダとは？
2. 角度の国家標準
3. 光学式エンコーダ
  - インクリメンタル方式
  - アブソリュート方式
4. 簡単なようで実は難しい回転数検出
5. エンコーダの通信機能と I o T
6. エンコーダ開発の実際
7. 磁気式エンコーダ
  - インクリメンタル方式
  - アブソリュート方式
  - レゾルバ

## 第12回

題目：流量センサの基礎

日時：2022年12月20日（火）16:00～17:30

内容：

1. 体積流量計
  - 電磁流量計
  - 渦流量計
  - 差圧式流量計
2. 質量流量計
  - コリオリ流量計
  - 熱線式流量計
3. 身近な流量センサ
  - 水道メータ
  - ガスメータ

## IV 崔通先生担当分

第13回の講義は、パワーエレクトロニクスで使用する集積回路、特にゲートドライバの話をしてします。パワエレで使用されている、ゲートドライバとはどの部分を指すのか、その役割を述べます。従来のドライバとデジタルゲートドライバの違いについて説明した後、最近のデジタルゲートドライバに関する研究内容を紹介します。

第14回の講義は、集積化電源回路の話をしてします。電源回路の必要性、基本的な電源回路の種類と特徴を述べた後、フィードバック制御について解説します。その後、高密度集積電源の課題とこれを解決するための研究動向について説明します。最後に、最近取り組んだ研究内容を紹介します。

### 第13回

題目:ゲートドライバ

日時:2023年1月10日(火)16:00~17:30

1)パワーエレクトロニクスにおける、ゲートドライバの役割

- ・IGBTとは?
- ・ゲートドライバとは?

2)従来のドライバとデジタルゲートドライバの違い

- ・従来のゲートドライバの課題
- ・デジタルゲートドライバ

3)最近の研究内容

- ・デジタルゲート駆動ICを用いた、IGBTのスイッチング時における、損失とオーバーシュートの自動最適化
- ・デジタルゲートドライバにおける、負荷電流と温度依存の最適化
- ・デジタルゲートドライバの負荷電流と温度変動に対する、ロバストなゲート駆動ベクトル

### 第14回

題目:集積電源回路

日時:2023年1月17日(火)16:00~17:30

1)電源回路の基礎

- ・電源回路の必要性
- ・電源回路の種類
- ・フィードバック制御

## 2) 集積化電源

- ・インダクティブパワーコンバータ
- ・スイッチトキャパシタパワーコンバータ
- ・ハイブリッド構成

## 3) 最近の研究内容

- ・スイッチトキャパシタ集積電源回路の高電力密度化
- ・High Step-Up DC-DCコンバータ