

招待講演

数理とアナログ集積回路：
研究教育活動を振り返り今後を展望する

群馬大学 理工学府電子情報部門

小林春夫



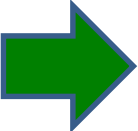
お話の内容

- 群馬大学でのアナログ回路 研究教育
- 「数理とアナログ回路」の研究
- いかにして研究テーマを思いついたか
- コロナ下での研究教育活動とこれから

お話の内容

- 群馬大学でのアナログ回路 研究教育
- 「数理とアナログ回路」の研究
- いかにして研究テーマを思いついたか
- コロナ下での研究教育活動とこれから

群馬大学に着任した1997年当時

- 日本社会は、バブルがはじけた後遺症があるものの
産業界はまだまだ強い(GDP 世界第2位)
- 「日本の製造業は世界に冠たるものだ」
 が、少しほころびが見え始める
- 大学にて急速に産学連携が推奨され始める
国、産業界からのさまざまな支援・施策



三洋電機(半導体部門)とアジレントテクノロジー(LSIテスト)
との共同研究を開始

工学における「実学」と「虚学」

大学の工学部での研究教育は
必ずしも産業界の要請にマッチしていない。



米国の大学では「実学」





群馬大学で「実学」を目指そう

工学には実学と虚学がある 北森俊行 東大名誉教授

大学卒業後 15年後に意味が分かる

産学連携活動の推進

- 三洋電機 「連携大学院」
- 日立製作所(高崎工場)が CMOS ADCの学会発表に関心
 ルネサステクノロジ社の群馬大学への
「アナログ集積回路分野の寄付講座」
「連携大学院」
- 群馬大学アナログ集積回路研究会の発足
20年間 512回講演会 2023年3月18日でクロージング
- 半導体理工学研究センター(STARC)との共同研究
 12年間続く

仕事への価値観

- 仕事の報酬は仕事

良い仕事をすれば 良い仕事がかかる。
良い人が集まってくる。



製紙王 藤原銀次郎

自分の大学での活動の方針

- 大学では**研究室で閉じた範囲では仕事は効率的**
 - 自分で決めたことはほとんどできる
 - 自分の分野ではどうすればうまくいくかを知っている
- ➡ 発展させれば 研究室がどんどん大きくなる
- この範囲でやりたいことをやってしまう
- 研究室を越えた行動は 周りを動かすのは大変

人のやらないことをやる

- **研究では人のやらないことをやる**
同じ労力・時間で 人と同じことをやるよりも
成果をあげることができる
- **日本人の少ない国際学会に参加する**
日本で得られない情報が得られる

研究室には常に多くの学生・指導者

- 研究室には40名以上のときも

俊英、個性豊か

多くの学生受賞



- 外部から多くの指導者(客員教授等)を招聘

研究室は常に「笑い」に満ちている

研究室活動の発信

宗教改革の支えに活版印刷技術あり

研究室活動の支えに研究室HPあり

論文・学会発表資料、講義・技術情報、エッセイ、学生レポート

成果を“時間積分”に。 研究室の研究教育を効率化

桑名杏奈先生、石川信宣技術専門職員のWEB作成

情報の集中 ↔ ランチェスターの法則(戦力の集中)

「群馬の地」「地方大学」で感じたこと

- 群馬県は製造業が盛ん
歴史的 富岡製糸工場
- 工学部は地方が向いている
都会 ➡ 第3次産業化
- 地方は人材が限られている
大学が少ない

100の能力のところに120の仕事が来る

➡ 個人の能力が伸びる

日経 XTECH

エディタース・ノート

+ 連載をフォロー

北関東に工学部の適地あり

大久保 聡

2015.05.18

大学の工学部が適している地は、都会ではなく地方である――。

先日、日本においてアナログ技術の研究分野で一目置かれる、群馬大学 大学院 理工学府（電子情報部門）教授の小林春夫氏を訪ねました。小林氏を訪ねたのは、監修いただいた当社主催のアナログ設計連続セミナーに関する記事に向けた取材をするためでしたが、アナログ技術にとどまらない話をうかがうことができました。その中で特に印象に残った言葉が2つ。一つは「大学の工学部で最も重要なのは産業界の情報」、もう一つは冒頭の言葉です。

<https://xtech.nikkei.com/dm/article/COLUMN/20150515/418364/>

2019年8月 台湾と日本の回路とシステム国際会議

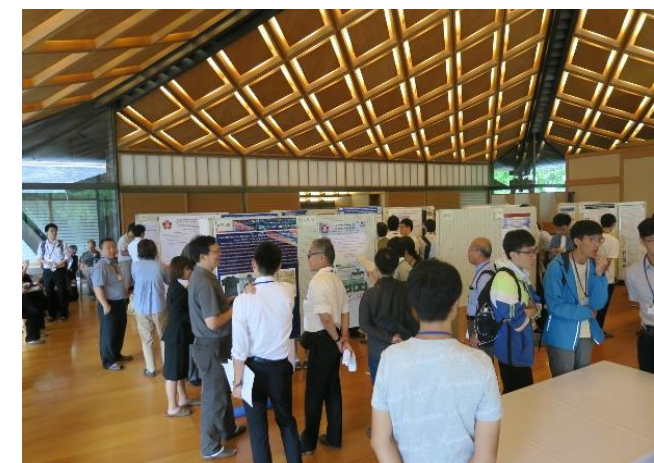
群馬大学教職員・学生がホスト
General Chair として

栃木県日光市 東照宮・輪王寺 を会場

➡ 台湾からの参加者は大喜び
参加者200名, 発表160件

➡ 大成功

多くの研究者を学会委員として招聘
研究室からも30名参加・発表



公開講演会は「技術のマーケティング」

群馬大学アナログ集積回路研究会での各講演会での
参加者の所属と人数をみれば
現在世の中でどの技術がどこで必要とされているかが
推測できる

2022年1月 「半導体市場と技術動向」講演会では
学外から80名、証券会社からも出席あり



半導体が社会で関心が高いことを実感

お話の内容

- 群馬大学でのアナログ回路 研究教育
- 「数理とアナログ回路」の研究
- いかにして研究テーマを思いついたか
- コロナ下での研究教育活動とこれから

己を知る 何十年もかかった

彼を知り 己を知れば百戦殆うからず (孫氏)

人を知る者は智なり、自ら知る者は明なり (老子)

彼を知るには、難きに似て易く、
己を知るは、易きに似て難し (儒学者 佐藤一斎)



己を知れば迷いが無い、何をすれば効果的かが分かる

同じことを何回も繰り返す性格

- アナログ集積回路研究会講演会
20年間で512回
- 回路とシステム 軽井沢ワークショップ
システムLSI合同ゼミ
桐生国際学会
- アジア地区の国際学会に毎年多くの学生を連れて
多数の論文発表

「根っからのアナログ屋」では全くない

「ラジオ少年」ではない

「職人的なアナログ技術者」ではない

「半導体屋」ではない

「数理分野」に関心

「数理とアナログ集積回路」の境界に強み

「計測制御」に関心

「信号処理」に関心

東京大学修士課程では制御理論・確率論を研究

「アナログ集積回路」の一部の側面に関心

UCLAでアナログ集積回路を研究

研究業績を振り返る

最も引用件数が多い論文

Google Scholar



Haruo Kobayashi, 小林春夫

フォロー

Gunma University, Professor

確認したメールアドレス: gunma-u.ac.jp - [ホームページ](#)

Circuit Design IC Testing Signal Processing

タイトル	引用先	年
Explicit analysis of channel mismatch effects in time-interleaved ADC systems N Kurosawa, H Kobayashi, K Maruyama, H Sugawara, K Kobayashi IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and ...	658	2001

インターリーブADCの誤差の理論解析

群馬大学着任後3年目の研究内容

アナログ活動の本格稼働前

「第1作にその作家の長所・短所・可能性・限界が全て表れる」

計測工学： LSIテスト技術の国際会議で “ツキ”

IEEE International Test Conference → 何件も発表できた



IEEE International Test Conference in Asia

IEEE International Test Conference in India

IEEE VLSI Test Symposium

IEEE Asian Test Symposium

IEEE European Test Symposium

IEEE Latin America Test Symposium

IEEE International Symposium on On-Line Testing and Robust System Design

IEEE International Mixed-Signals, Sensors, and Systems Test Workshop

多数発表/学会委員

アナログIC試験の研究グループは国内大学ではほとんどない

システム制御工学に学ぶ: シリコンサイクル

シリコンサイクル(半導体産業 景気の波): システム制御理論とのアナロジーで説明可

供給不足、供給過剰の波が大  システムが不安定に近いと解釈

フィードバック制御理論:

① ループの遅延が大



システムが不安定

② ループの利得が大

半導体産業「遅延が大」

- ・工場建設が長時間
 - ・IC設計・製造に長時間
- いたるところで時間がかかる。

システム制御工学を学んだ者なら
すぐに思いつく発想

半導体産業で「利得が大」

- ・工場、設備、設計、製造に大きな費用
- ・市場が大きい

将棋に学ぶ：「大局観」の重要性

半導体産業には 2 つの大局観が必要

- 半導体産業は長期的・世界的に成長産業・重要産業
- 半導体産業の過去の歴史をみると、必ず反動が来る

5年くらい前に

「アナログ集積回路研究会」の名前はダメだと言われたが

現状では時代の要請に合致

「勉強する」と「研究する」は異なる

学生時代の「数学」の講義にて印象に残る言葉

「数学の定理の発見は、論理的にひとつひとつ積み上げてなされるのではない。この定理が成立するのではないかと直感で予測して、論理的に証明していく。」

「研究するときはその分野の論文を敢えて読まない。

人の論文を読んでしまうと その考え方に引きずられて自分の発想ができなくなる」

研究テーマの設定

教員やベテランの共同研究者が研究テーマを考え
進め方をブレークダウン



学生は若いエネルギーでどんどん結果を出していく



研究テーマを考えるのは経験が必要
多くの若い学生は難しい

重要なことは、正しい答えを見つけることではない。
正しい問いを探すことである。 **ピーター・ドラッカー**

お話の内容

- 群馬大学でのアナログ回路 研究教育
- 「数理とアナログ回路」の研究
- いかにして研究テーマを思いついたか
- コロナ下での研究教育活動とこれから

リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

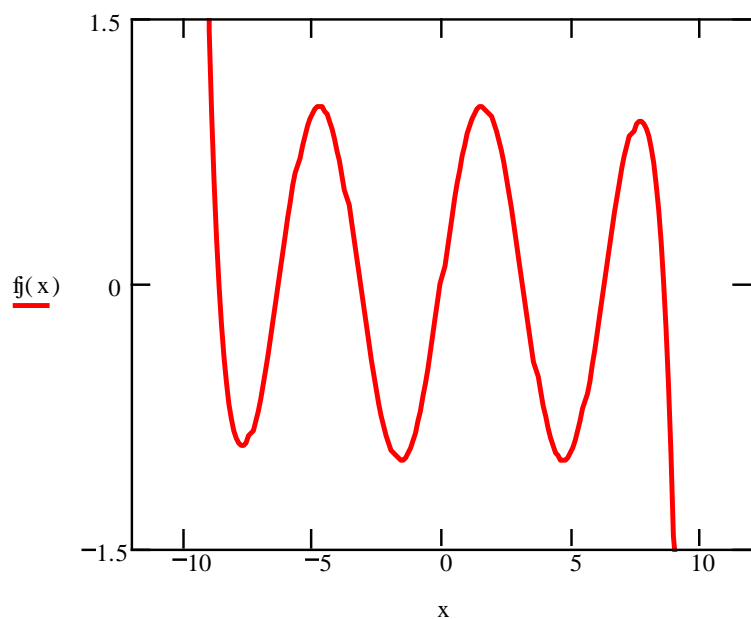
リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

テイラー展開での気づき

三洋電機OB 名野隆夫さんの 研究室での電気数学講義
三角関数のテイラー展開

$$\sin x = 0 + 1x + 0x^2 - \frac{1}{3!}x^3 + 0x^4 + \frac{1}{5!}x^5 + 0x^6 - \frac{1}{7!}x^7 + 0x^8 + \dots$$



テイラー展開は $x=0$ 近傍でのみ成立との先入観
項数を増やすと $-\infty < x < \infty$ で成立と気が付く

収束半径

強烈な印象

テイラー展開を用いるデジタル演算

テイラー展開を浮動小数点 割り算の計算に使えるのではないか

一見してダメ、効率良くないであろう:

「精度良いためには項数 多  掛け算の回数 多」であろう

がやってみると 良い結果(効率良)

これはすごいぞ! と思う

学を断てば憂いなし

が、文献調査をすると

「テイラー展開でデジタル浮動小数点演算」は標準手法の一つ

が、かろうじて新規なところあり

「研究するときは事前にほかの人の論文を読まない」が功を奏す

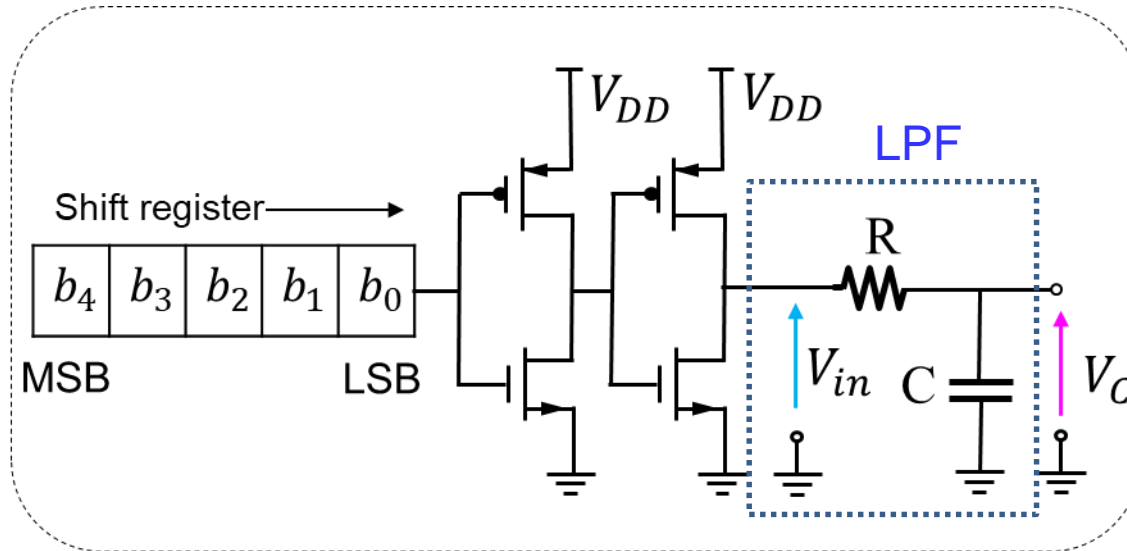
「テイラー展開でデジタル演算」でいくつもの論文・国際学会発表
博士課程学生がこのテーマで博士号を取得

リスト: どのように研究テーマを思いついたか

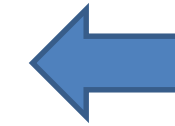
- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

HPFを用いたRelaxation DAC

トリノ工科大(伊)
から提案

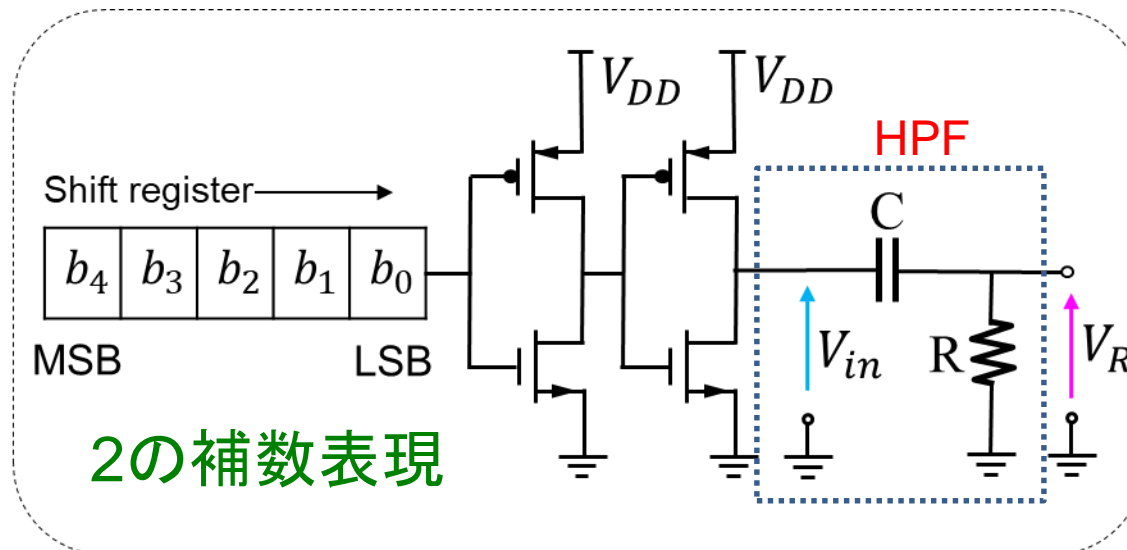


MWSCAS2022
オンライン発表を聴く

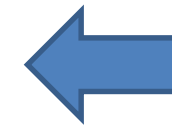


正の出力電圧

群馬大
から提案



2の補数表現



正、負の出力電圧

2の補数

講義で「2の補数」を教えている



HPF使用時の動作に気が付く

符号無 $ud = b_3 \times 2^3 + b_2 \times 2^2 + b_1 \times 2 + b_0$

符号付 $sd = -b_3 \times 2^3 + b_2 \times 2^2 + b_1 \times 2 + b_0$

Example: 2進表現 1 0 1 1

符号無 11

符号付 -5



$ud = 8 + 2 + 1 = 11$

$sd = -8 + 2 + 1 = -5$

負の数の表現 (2の補数)

符号無	符号付	2進	符号無	符号付	2進
ud	sd	b3 b2 b1 b0	ud	sd	b3 b2 b1 b0
0	0	0000	8	-8	1000
1	1	0001	9	-7	1001
2	2	0010	10	-6	1010
3	3	0011	11	-5	1011
4	4	0100	12	-4	1100
5	5	0101	13	-3	1101
6	6	0110	14	-2	1110
7	7	0111	15	-1	1111

電子的な論文出版・リスpons

トリノ工科大(伊)のオリジナルの提案者の論文を引用



当方の論文がIEIXE ELEX に電子的に
事前パブリッシュされると
自動的(電子的)に先方に連絡が行く



オリジナル提案者が“Recommend” してるとの
電子的な連絡がくる

← https://www.researchgate.net/publication/367184914_Relaxation_DAC_with_Positive_and_Negative_Polarity_Output_using_High-Pass_Filter/stats

ResearchGate

Home 10

Questions

Jobs

Search for research, people, and

Article

Relaxation DAC with Positive and Negative Polarity
Output using High-Pass Filter

January 2023 · IEICE Electronics Express 20(4)

DOI: [10.1587/elex.20.20220536](https://doi.org/10.1587/elex.20.20220536)

Lab: [Haruo Kobayashi's Lab](#)

Lengkhang Nengvang · Shogo Katayama · Anna Kuwana · [Show all 10 authors](#) ·

Haruo Kobayashi



Researchers who recommended this work

Paolo Stefano Croveti

PhD in Electronics and Telecomm...



*Associate Professor of Electrical
Engineering*

Institution and department

Politecnico di Torino · DET - Department of
Electronics and Telecommunications

Skills

CMOS · EMI · Circuits + 27 others

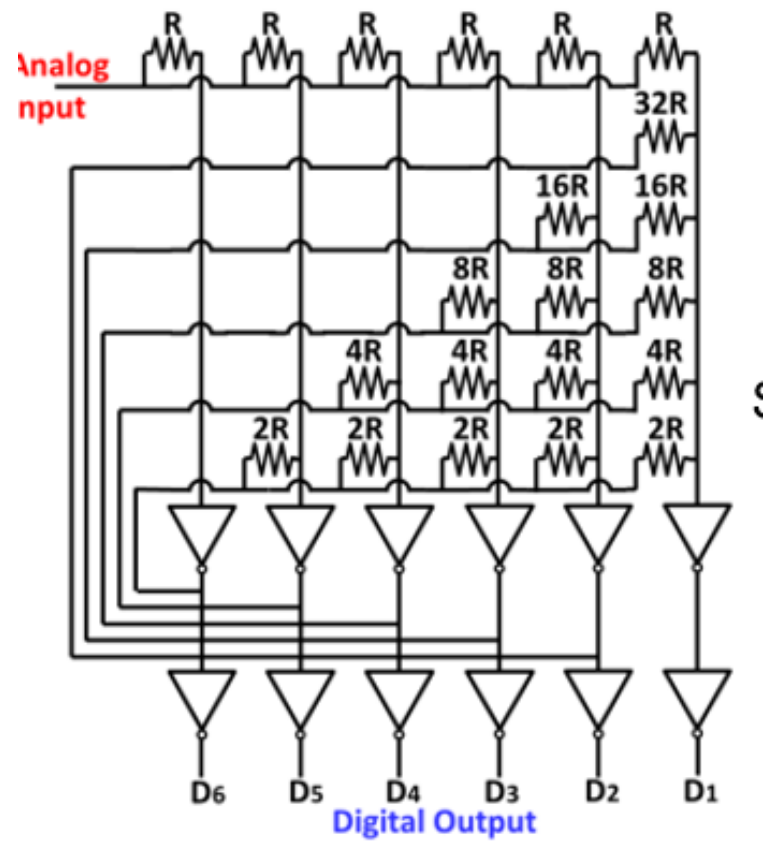
Follow

Send message

リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

容量型ホップフィールド回路網 ADC



抵抗型ホップフィールド回路網 非同期 SAR ADC



高速動作



大きな抵抗値 数百 GΩ ~ 数TΩ

抵抗を「容量 + C」に置き換える

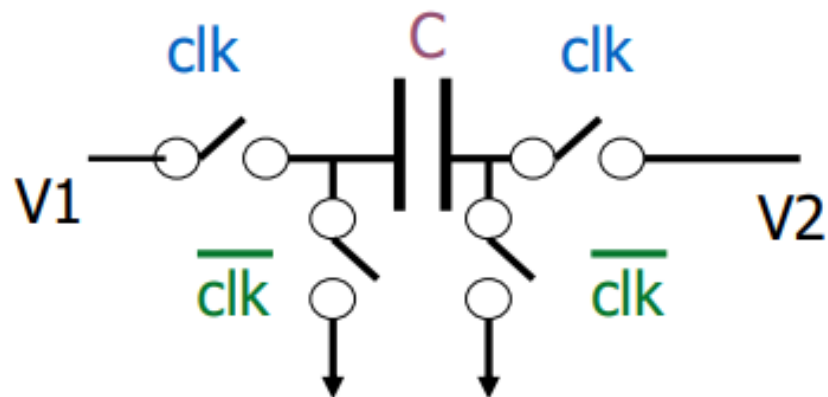


小型な容量型ホップフィールド回路網ADC

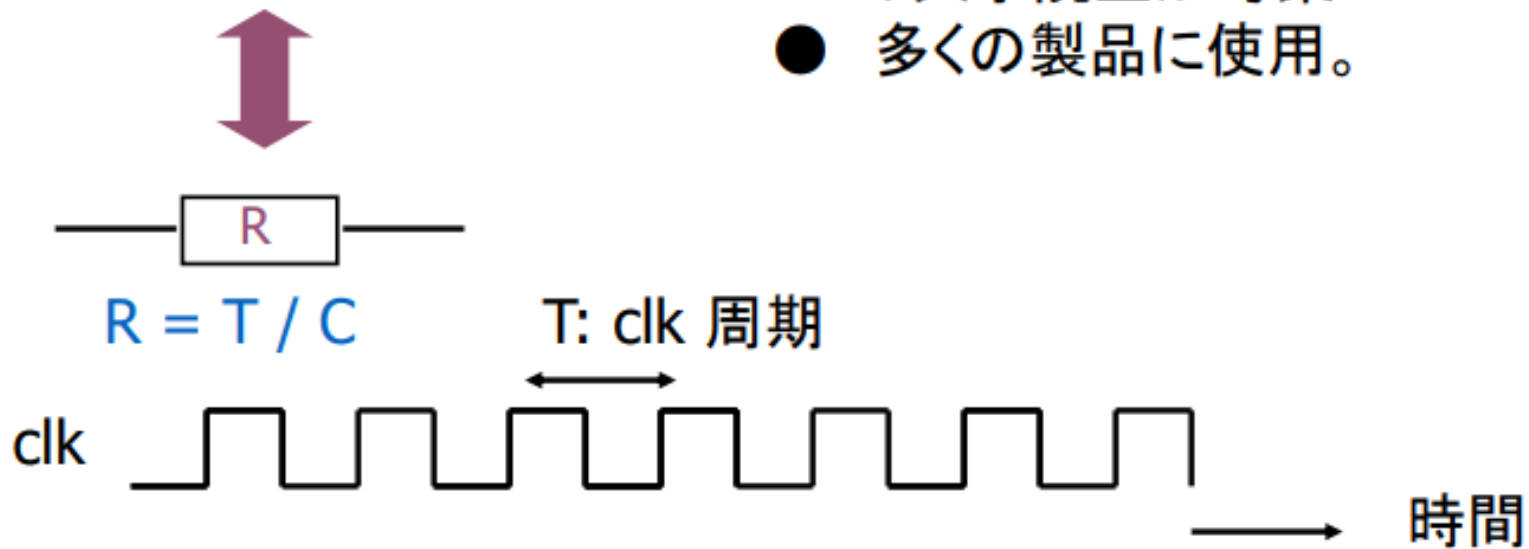
「競争力あるADC構成」であると期待

事例3: スイッチドキャパシタ回路

講義しているから思いつく



- 容量 C とスイッチで等価的に抵抗 R を実現
- MOSスイッチ使用
- 米国カルフォルニア大学の大学院生が考案
- 多くの製品に使用。



リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

Gray code 入力DAC

符号の話

- ADC では Gray code がよく使用

ではグリッチを小さくするために Gray Code 入力のDACは？

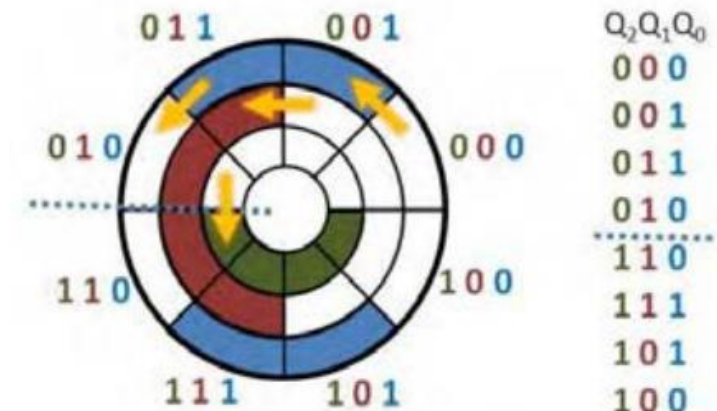
- UCLA Abidi 先生に聞く:

現状 世の中では Gray Code 入力DACはできていない

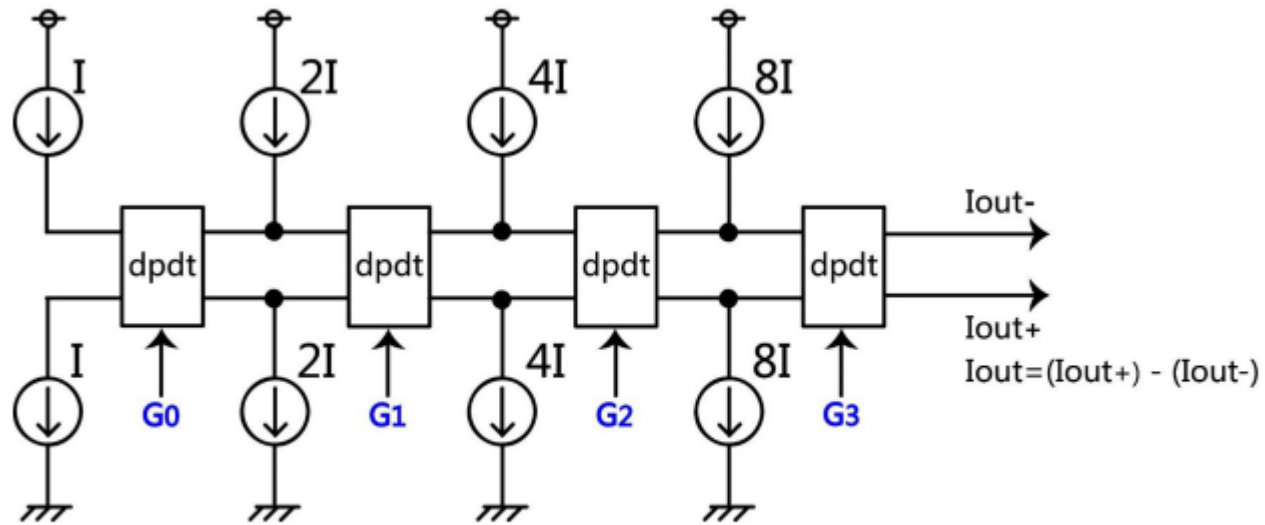
- 本当にできないのか、考えてみる

➡ システムテックな回路方式ができた！

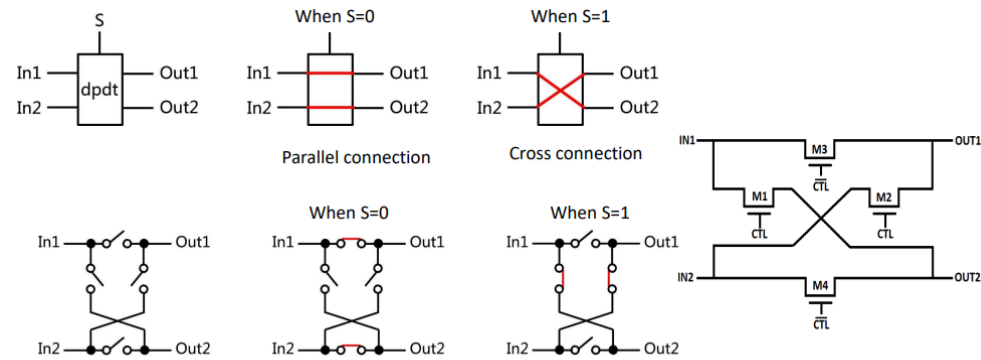
➡ 修士課程の学生が国際学会発表



事例2: Gray code 入力 電流モードDAC



Gray-Code input current-steering DAC

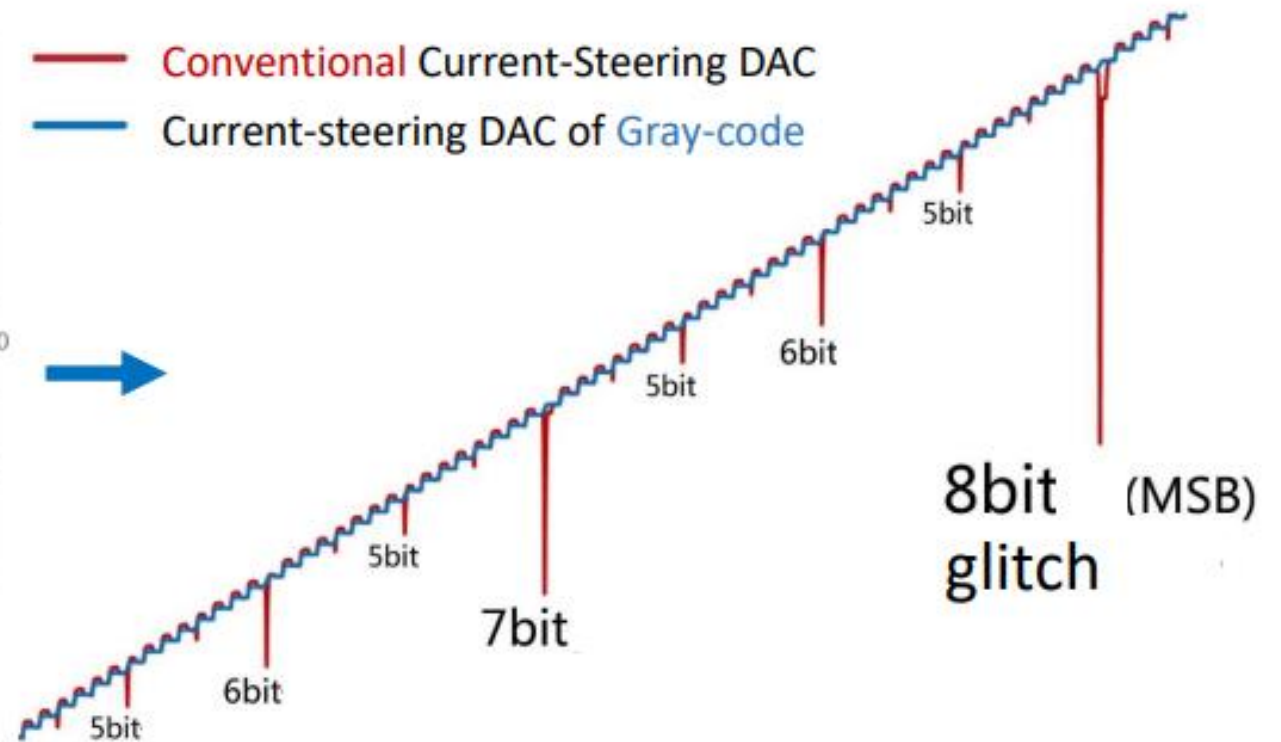
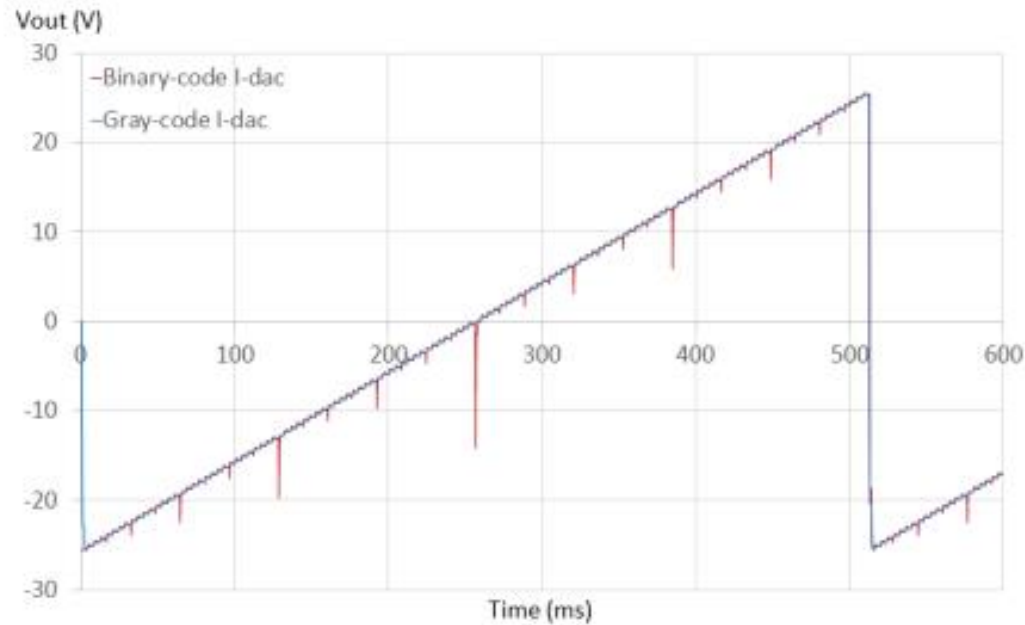


Switch is DPDT (Double-Pole Double-Throw)

Binary と Gray code 間の変換が EXOR で実現できることから思いつく

Decimal numbers	Binary Code	Gray Code
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

事例2: SPICE シミュレーション検証



Conventional Current-Steering DAC vs. Current-steering DAC of Gray-code

リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

トリガ回路の応用

20年前の米国での計測関係の国際会議

テクトロニクス社がオシロスコープ用のトリガ回路を発表



面白い回路なので卒論生に解析・シミュレーション検証

やったことは
記憶に残る

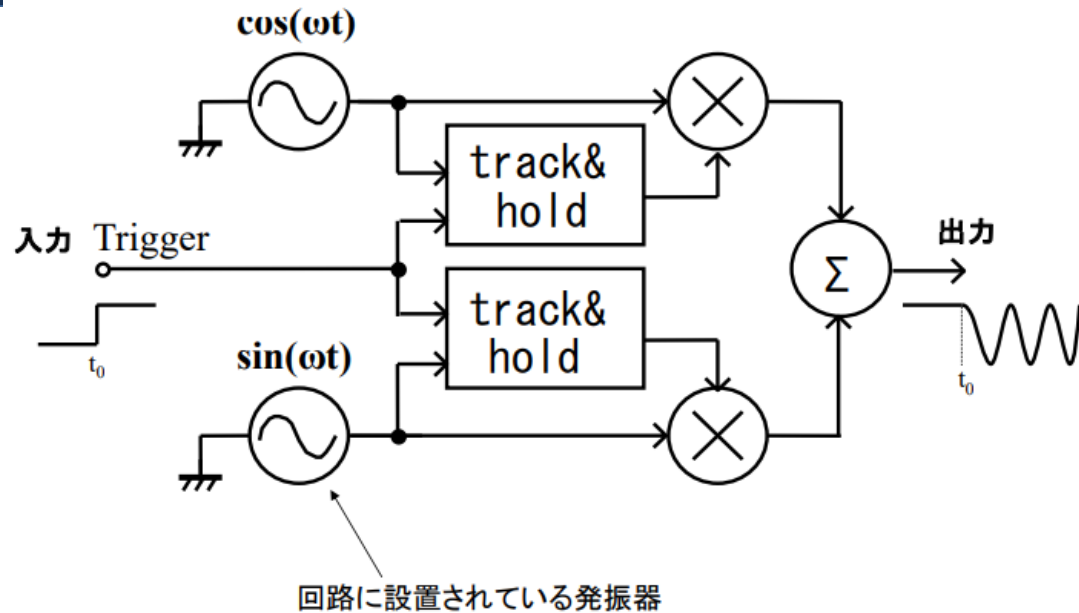


十数年後にそれが**時間デジタイザ回路**の
高性能化に使えるのではないかと思いつく

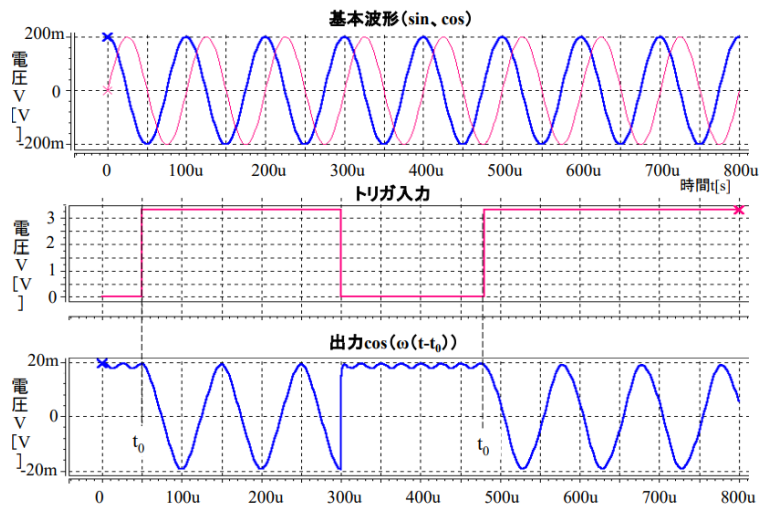


修士課程学生が国際学会で発表

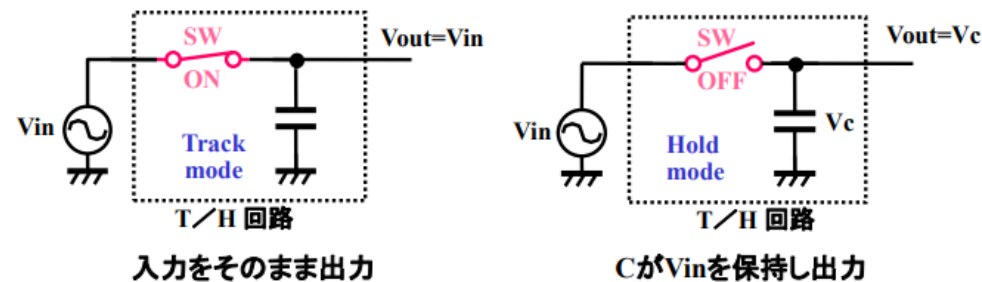
トリガ回路 (テクトロニクス)



計測用回路には面白いものあり!



track & hold 回路



track-and-hold回路が

▪ track mode

$$\begin{aligned} V_{out} &= \cos(\omega t) \cos(\omega t) + \cos(\omega t + \pi/2) \cos(\omega t + \pi/2) \\ &= \cos^2(\omega t) + \sin^2(\omega t) \\ &= \underline{1} \quad (\text{一定の値}) \end{aligned}$$

▪ hold mode

$$\begin{aligned} V_{out} &= \cos(\omega t) \cos(\omega t_0) + \sin(\omega t) \sin(\omega t_0) \\ &= \underline{\cos(\omega(t-t_0))} \end{aligned}$$

※ trigger time: t_0

トリガ回路の SAR TDC への応用

START信号とSTOP信号が
1ショットタイミング信号



SAR TDC で時間差測定不可

前段にトリガ回路使用

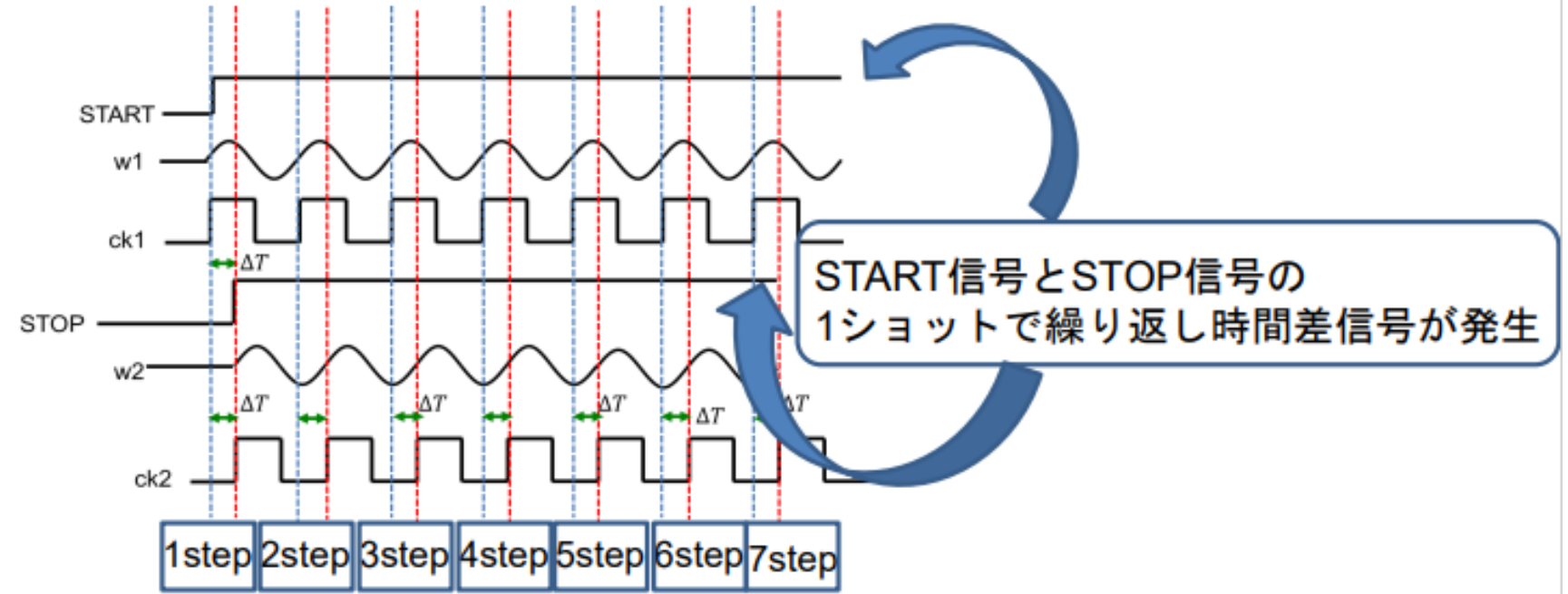
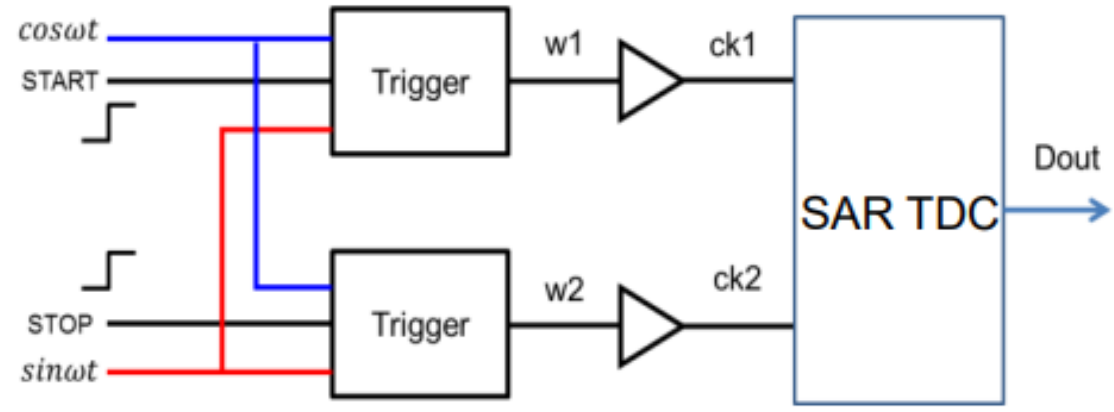


START信号とSTOP信号が
繰り返し信号に



SAR TDC で時間差測定 可

トリガ回路を用いたSAR TDC



リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

RCポリフェーズフィルタ

20年くらい前に ISSCC でベルギー カソリック大学ルーベン校

RCポリフェーズフィルタ回路を用いた発表を聴く



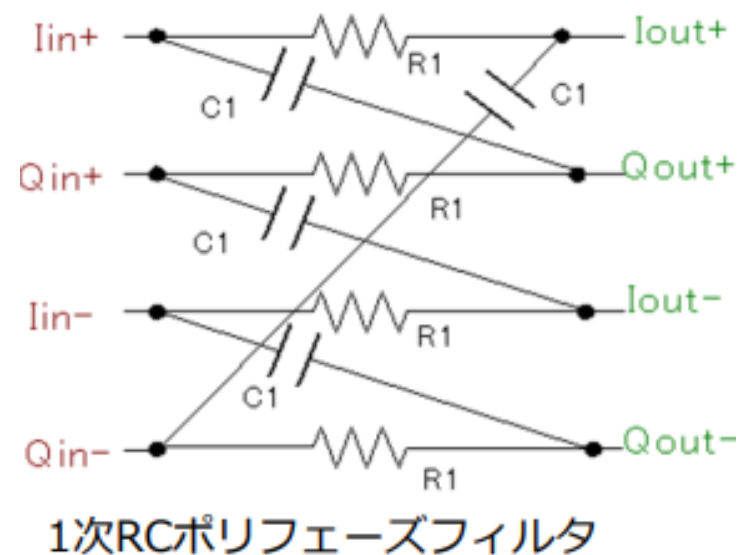
簡単で不思議な回路、なぜこのような動作をするのか



日本に帰国してから解析し
卒業研究のテーマとする



解析・設計法等を考案する



複素アナログ・ヒルベルト・フィルタ

連携大学院 浅見幸司先生の講義
デジタルのヒルベルト・フィルタ



RCポリフェーズフィルタは

複素アナログ・ヒルベルト・フィルタか
と直感



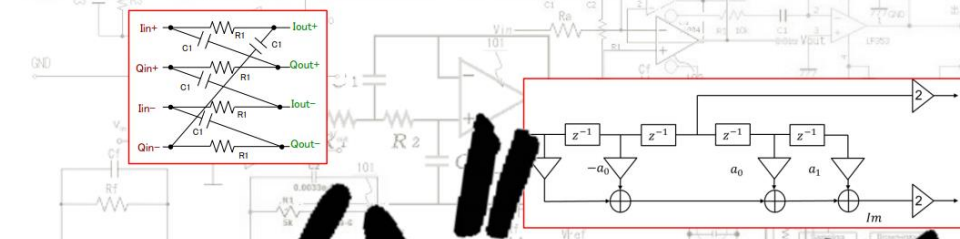
研究テーマとして進め、面白い結果となる



David Hilbert (独)
1862-1943

群馬大学からの新しい知見

数あるフィルタの中で、
お互いは何の関連性もない
全く別のものだと考えられていたが...



発見!

ハルツ

RCポリフェーズフィルタと
ヒルベルトフィルタは仲間だった!

剰余系サンプリング

研究室学生との議論で「剰余系サンプリング技術」の着想

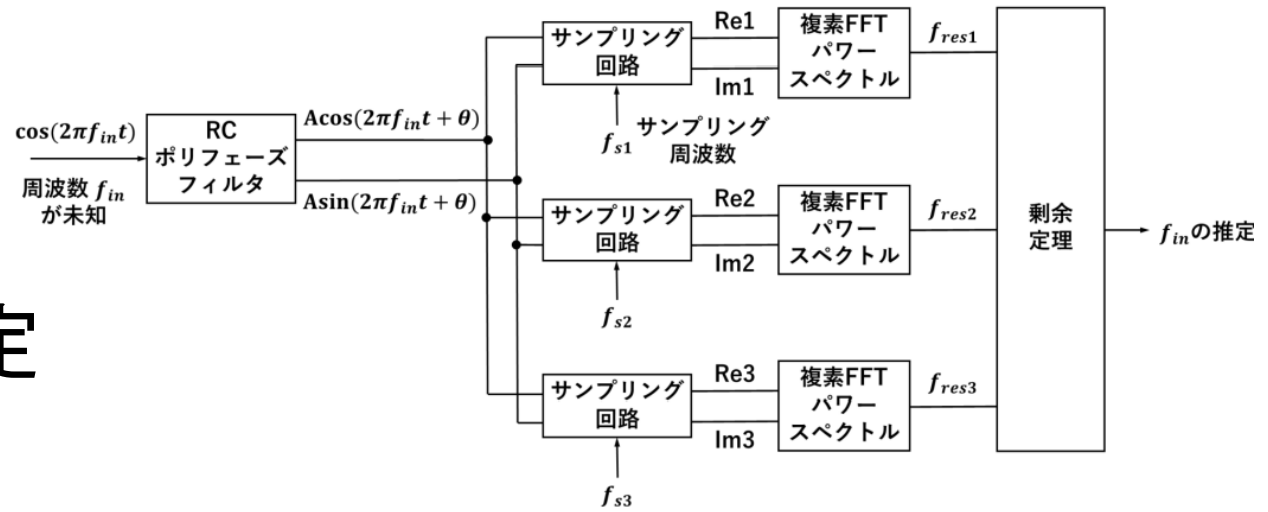
複数の低いサンプリング周波数で高周波信号をサンプリング

+

RCポリフェーズフィルタ

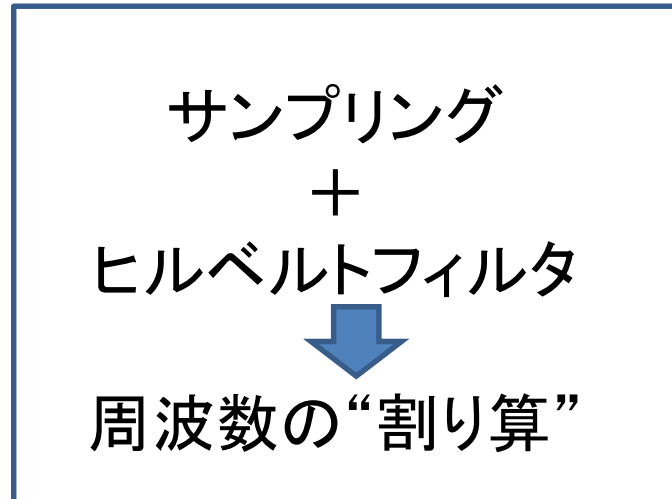


その高周波信号の周波数推定



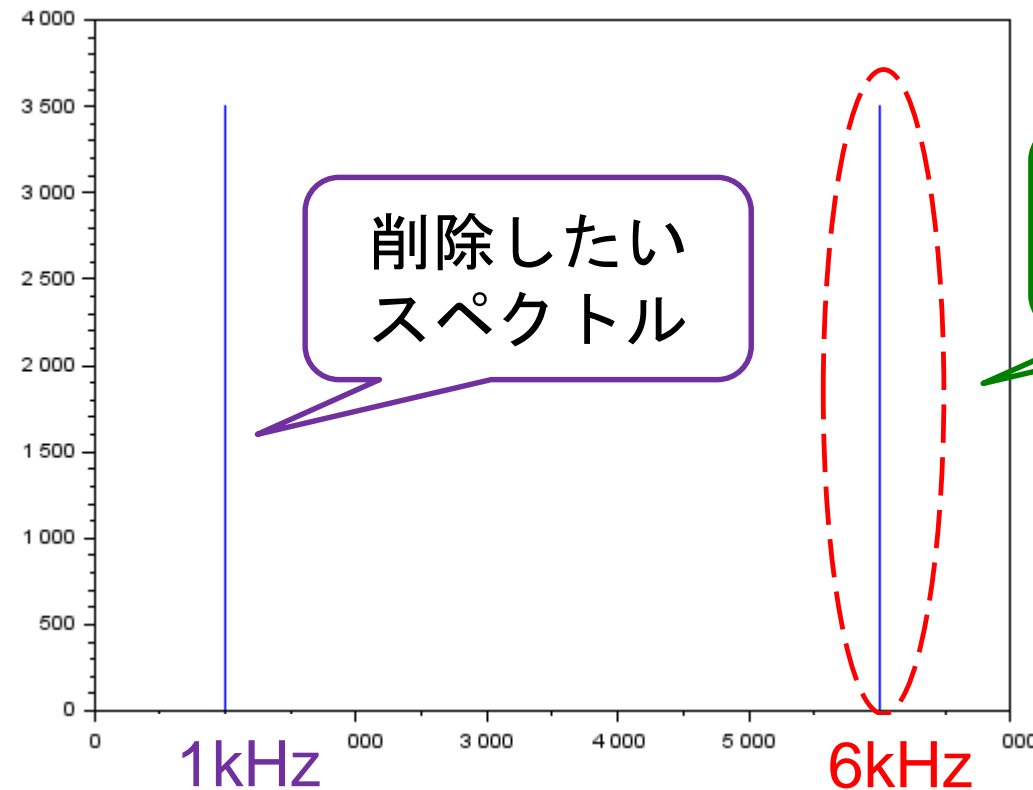
剰余系サンプリングとヒルベルトフィルタ

サンプリングによる周波数の折り返し



ADC 割り算
DAC 掛け算

$$f_s = 7\text{kHz}, f_{in} = 27\text{kHz}$$



27を7で割った余り：6

リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

DACのミスマッチ・スクランブリング

DAC **2次元**レイアウト構成のミスマッチ・スクランブリングを考案
論文調査で **すでに発表済である**ことを知る

和算小説「**美しき魔方陣**」

和算家 **久留島喜内**

立体魔方陣

仮想**3次元**レイアウト構成
小規模回路化を考案



高分解能セグメント型DACの
単位セル間ミスマッチ

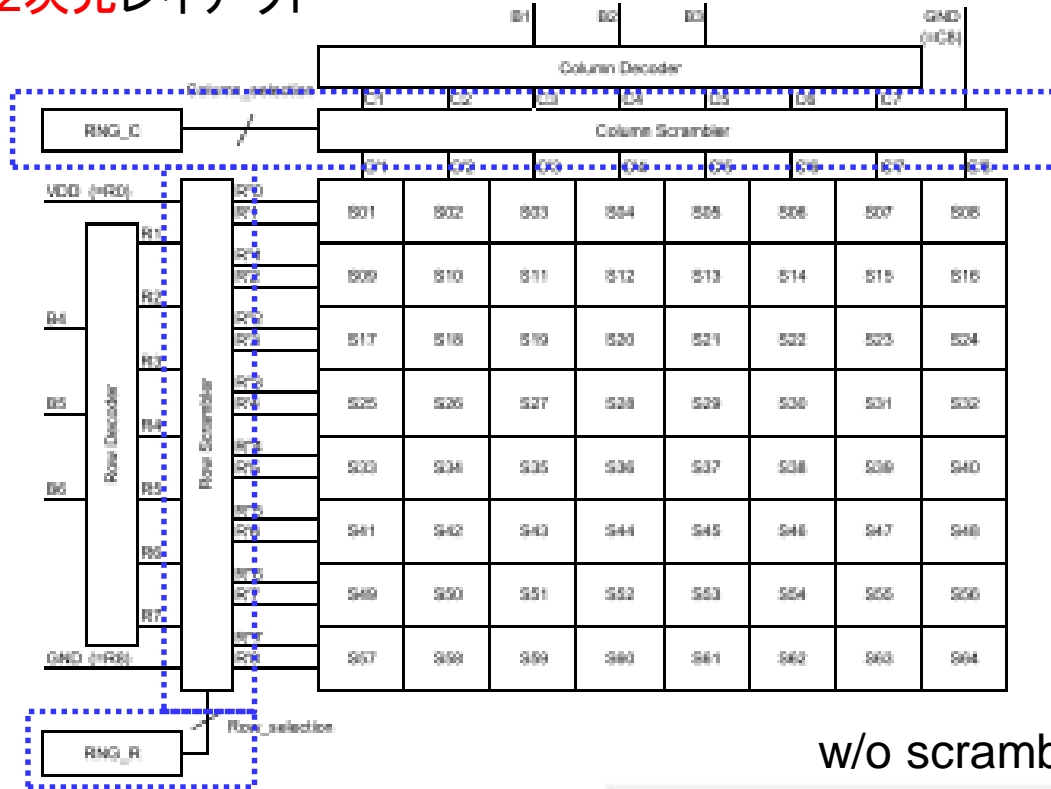


ダイナミックエレメントマッチングで
周波数拡散

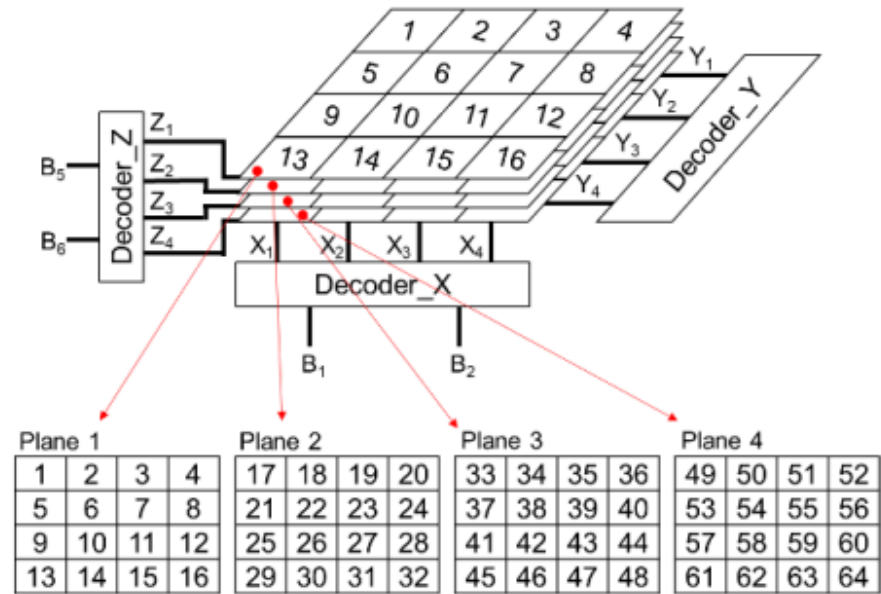
DCからナイキスト周波数まで
シェーピングはしない

2次元から仮想3次元配列へ

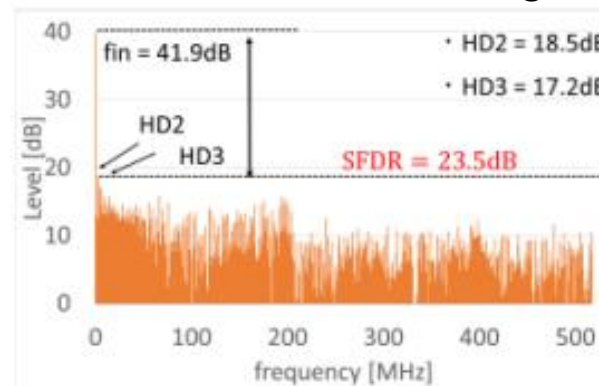
2次元レイアウト



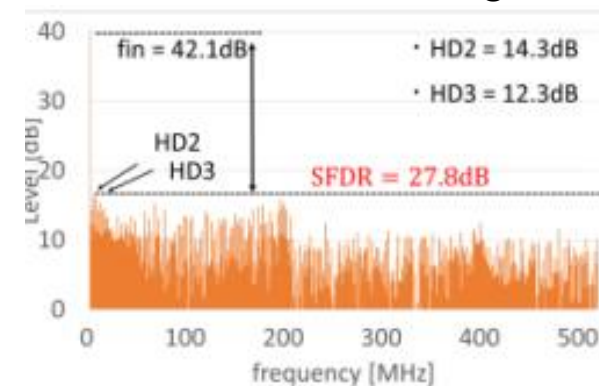
仮想3次元レイアウト構成(実際は1次元で実現)



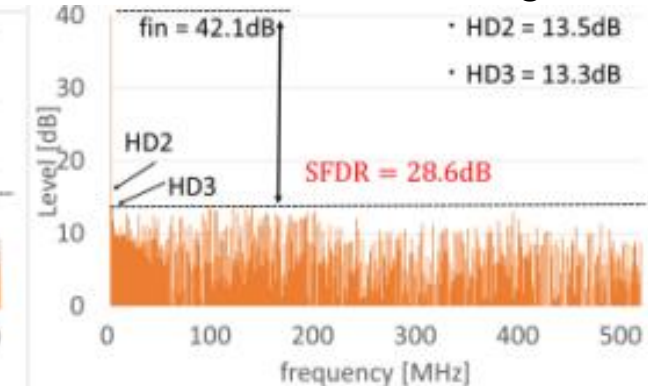
w/o scrambling



w/ 2D scrambling



w/ 3D scrambling



リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

フィボナッチ数 ADC

フィボナッチ数列の啓蒙書
次から次へと新しい性質

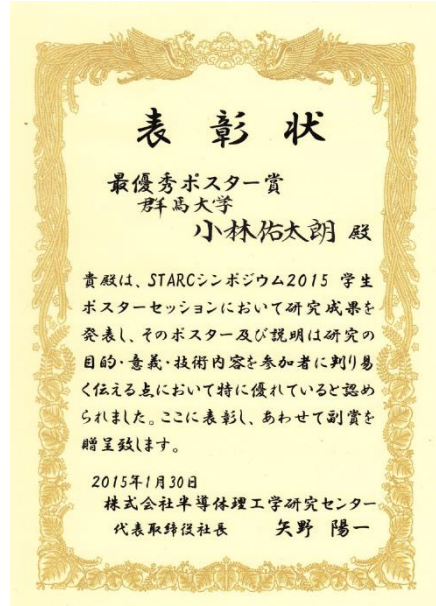


電子回路への応用ができないか



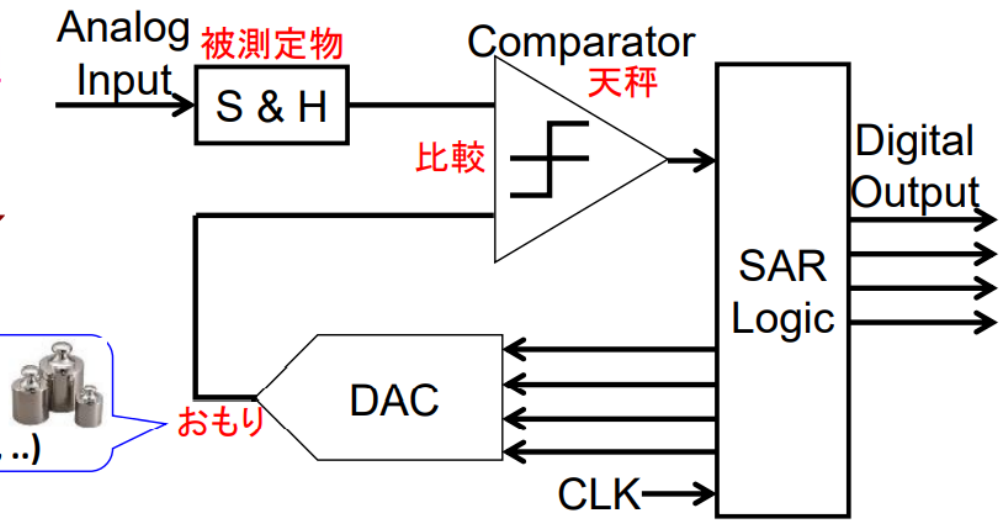
フィボナッチ数列重みづけ
逐次比較近似ADC

バランスの良い冗長性



天秤の原理

フィボナッチ重み
利用
(1, 2, 3, 5, 8, 13, ..)



フィボナッチ数

フィボナッチ数列

$$F_0 = 0$$

$$F_1 = 1$$

$$F_{n+2} = F_n + F_{n+1}$$

初項から計算していくと...

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233...

隣り合う2項の比率を考えると...

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_n}{F_{n-1}} = 1.618033988749895 = \varphi$$

収束比率 φ
黄金比 (約1.6進数)

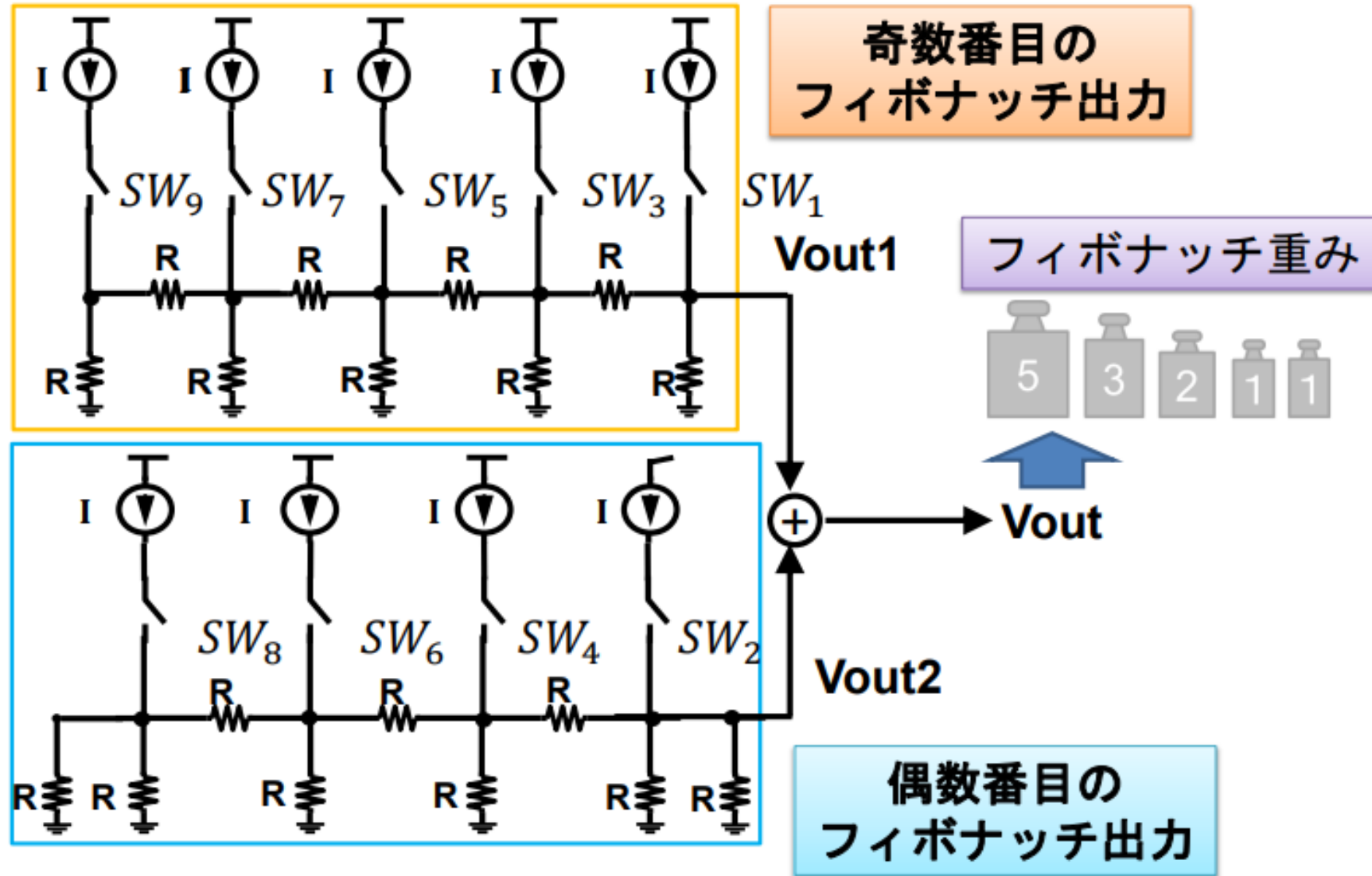


Leonardo Fibonacci
(伊:1170~1250年頃)

汲めど尽きぬ
井戸

整数で1.6進数を
表現可能

フィボナッチ重み付け R-R ラダーDAC



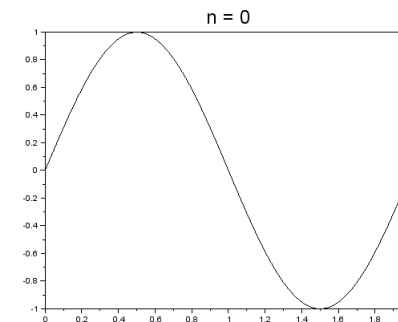
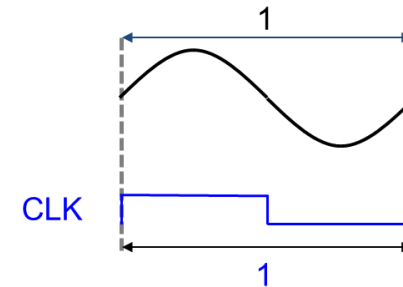
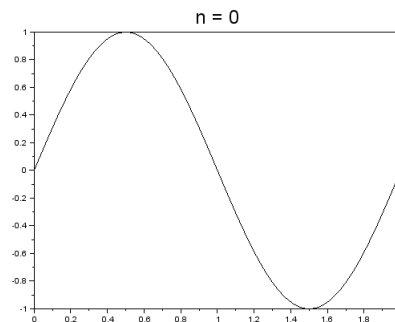
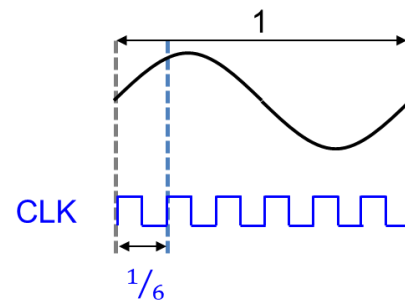
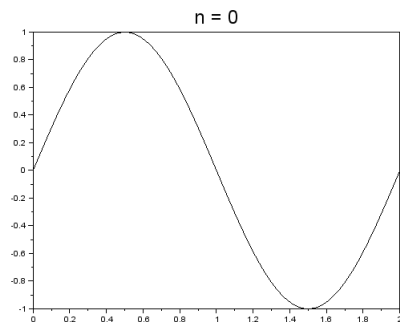
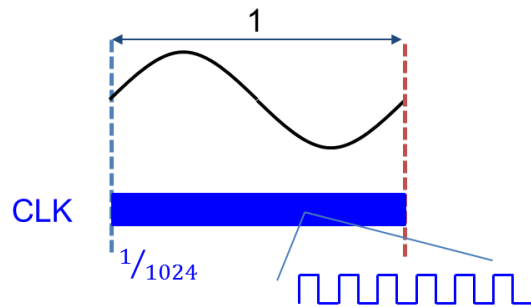
リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

波形抜け現象

サンプリング・オシロスコープ 等価時間サンプリング技術

$$f_{CLK} \gg f_{sin} \quad f_{CLK} \approx \frac{1}{\alpha} f_{sin} \left(\alpha = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \dots, \frac{1}{6}, \dots \right) \quad f_{CLK} \approx f_{sin}$$

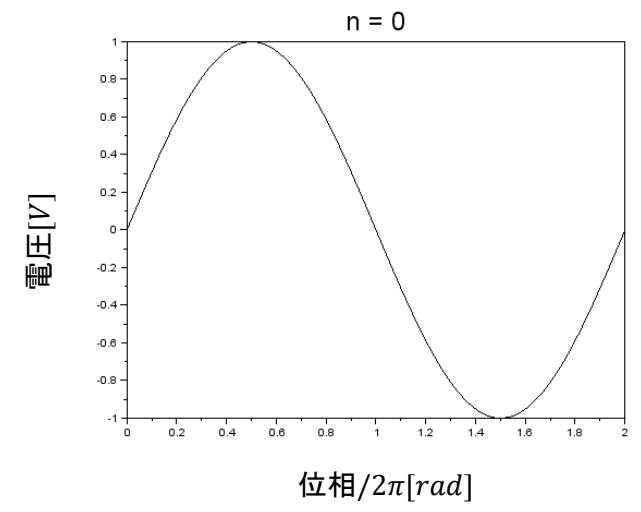
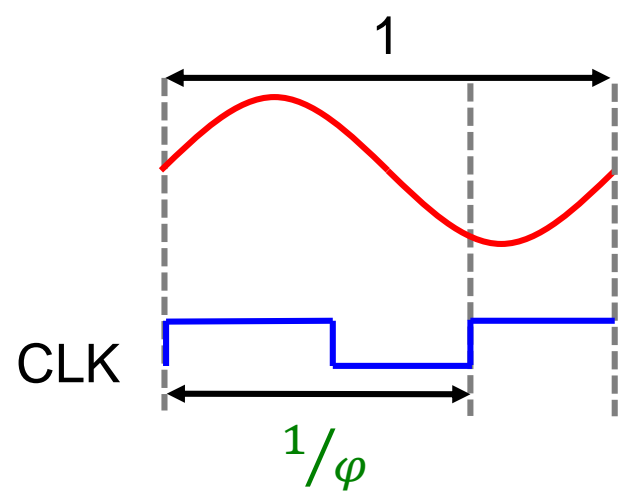


黄金比サンプリング

研究室大学院生がシミュレーションから発見
本人は「黄金比」を知らなかった

$$f_{CLK} = \varphi \times f_{sig}$$

φ : 黄金数 (= 1.6180339887...)



サンプリング点



位相全体に
まんべんなく分布

黄金比サンプリングとTDC自己校正

アナログFPGAで自己校正付TDC回路を実現・実測



自己校正時間をかけても精度は頭打ち



理由が分からず



黄金比サンプリングを用いることを思いつく



シミュレーションで良好な結果を得る

リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

事例9: マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC のDWAアルゴリズム

カナダ McGill 大学の御所 Gordon Robert教授

「自分も同じことを考えたが、思いつかなかった」



アナログ集積回路試験技術関係の世界の研究者に認められる

沈思黙考

Université Pierre et Marie Curie
Paris, France

日本人の参加者は一人

群馬大学 小林研究室 June 26, 2015

20th International Mixed-Signal Testing Workshop Université Pierre et Marie Curie Paris, France

2015年6月 フランス パリでの国際会議

Timing Measurement BOST With Multi-Bit Delta-Sigma TDC

- T. Chujo, D. Hirabayashi, T. Arafune
- S. Shibuya, S. Sasaki, H. Kobayashi
- M. Tsuji, R. Shiota, M. Watanabe, N. Dobashi
- S. Umeda, H. Nakamura, K. Sato



Gunma University, STARC, Hikari Science



リスト: どのように研究テーマを思いついたか

- テイラー展開を用いた関数の浮動小数点演算
- HPF を用いた Relaxation DAC
- 容量型ホップフィールド回路網ADC
- Gray code 入力DAC
- トリガ回路の応用
- 剰余系サンプリング
- セグメント型DACのミスマッチ・スクランブリング
- フィボナッチ数ADC/DAC
- 黄金比サンプリング
- マルチビット $\Delta\Sigma$ TDC
- 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

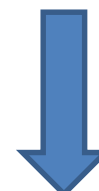
事例8： 3値単位セルDACのDWAアルゴリズム

中国の国際学会にて
信号処理でアナログ回路性能を向上
特殊な回路
応用は限定
が、アルゴリズムとして面白い

儲かるかは？
でも技術的に面白い

VLSI Circuit Symposium の論文発表を聴き
研究室に戻って調べてみた

中国の研究者は
評価した



この内容を
評価できるのか
と感心

3. 国際会議に出席した成果（コミュニケーション・国際交流・感想）

発表後で中国の研究者からディスカッションをしたいとの旨のメールをいただいた。 国境を越えて同じ分野の研究者として意見を交わす機会ができ、さらに研究での課題や今後の発展性を考えるよい場になった。今回の学会参加で北京大学の学生とともにランチを共にしたが、日本語・英語とも話すことができる方であり、ところどころ英語で話したが、慣れないこともあり日本語でも会話していただいたことから、自分自身のコミュニケーションのための英語力の必要さを感じた。また自らコンタクトをとり、話すことの機会を得る大切さを学んだ。

中国の科学技術・経済の発展に気が付く

日本社会での認識より1-2年前

国際交流

群馬大学電子情報部門 小林研究室15名 中国重慶市に見参
百聞は一見に如かず

群馬大学理工学府 電子情報部門 小林春夫・桑名杏奈



- シーズを見つけよう
- 国際交流
- 寄稿
- 専門部会報告

第71号
Vol.19, No.4
2020.3.26

令和2年3月26日
特定非営利活動法人
北関東産官学研究会
URL: <http://www.hikalo.jp/>

9. 最後に

中国での社会経済・科学技術が急速に伸びていることをいたるところで見聞きする。GDPは日本の3倍、先端科学技術は多くの分野で米国とトップを競っている。最近中国の方から「自分が子供のときに父親の海外の友人の方からチョコレートを送ってもらった。それまで食べたことがなかったが、関税をはらうことができず送り返した。当時と今の中国社会経済とは隔世の感がある」との話聞く。筆者(小林)は、日本社会は早く現在の中国社会の状況に気が付くべきと思う。

お話の内容

- 群馬大学でのアナログ回路 研究教育
- 「数理とアナログ回路」の研究
- いかにして研究テーマを思いついたか
- **コロナ下での研究教育活動とこれから**

デジタル時代を支えるアナログ技術

- 現在日本では「アナログ社会からデジタル社会へ」が合言葉
- が、アナログ技術はデジタル化社会の中でますます重要
- 産業統計アナログ半導体は長年 堅調に伸長
- 回路系国際会議での発表はアナログ分野が活発
- アナログは差別化技術

アナログはアナクロ(時代錯誤)ではない！

25年前と(マクロに見れば)同じ状況

コロナ下で逆に成果を

Crisis (危機) という言葉は二つの漢字でできている。
ひとつは危険、もうひとつは好機である。



第35代 米国大統領
John F. Kennedy

コロナ下でピンチをチャンスに

- 研究室活動のオンライン化推進 研究室スタッフのおかげ
打ち合わせや発表リハーサルの効率化
➡ DXの有効性を実感
- オンライン発表で 国際会議発表件数が飛躍的に多
- 国際会議発表等をオンラインで聴き 充電

研究者として最も充電できたとき

- コロナ下のここ3年間（国内外出張せず）
- 群馬大学着任前に電子計測器メーカー6社の研究コンソーシアムに出向3年間

研究のことのみに集中できた。「時間は最も重要な研究資源」

おこがましいが 気持ち少しわかる

アイザック・ニュートンはケンブリッジ大学卒業の1665年にペスト流行のため大学が閉鎖され

郷里に帰り1年半過ごす。3つの大理論の端緒を発見する。



最後に

大変お世話になりました

電子回路研究会, アナログVLSIシンポジウム

International Conference on Analog VLSI Circuits

(Analog VLSI Workshop) に感謝いたします。

4月以降は

専門書(自分の研究の集大成)の執筆

「数理とアナログ集積回路」理論研究

海外の国際学会参加・発表、他

最高傑作は？ 次回作だ！