

時代をけん引する アナログ技術の魅力

有限会社 レムフクラフト

浜田 智



- これからエンジニアを目指す人に
- 魅力あるアナログ技術とは
- 技術の3要素
- IT革命で簡単にメーカになれる時代
- 高性能回路も簡単！
- エンジニアという職業

これからエンジニアを 目指す人に

現役の高専生や大学生に向けてのお話し

時代は半導体の進化がけん引している

- 18世紀からの産業革命で機械の進化が時代をけん引していた
- そして現代は**半導体の進化**がけん引



蒸気機関車



SNSによる新しいコミュニティ



リモート会議



動画配信

魅力ある アナログ技術とは

アナログエンジニアを目指しませんか！

アナログとデジタル

- アナログは古いデジタルは新しいそう世間では思われている
- デジタルはアナログの特殊な利用である
- そもそもアナログは自然界の物理法則との会話する技術

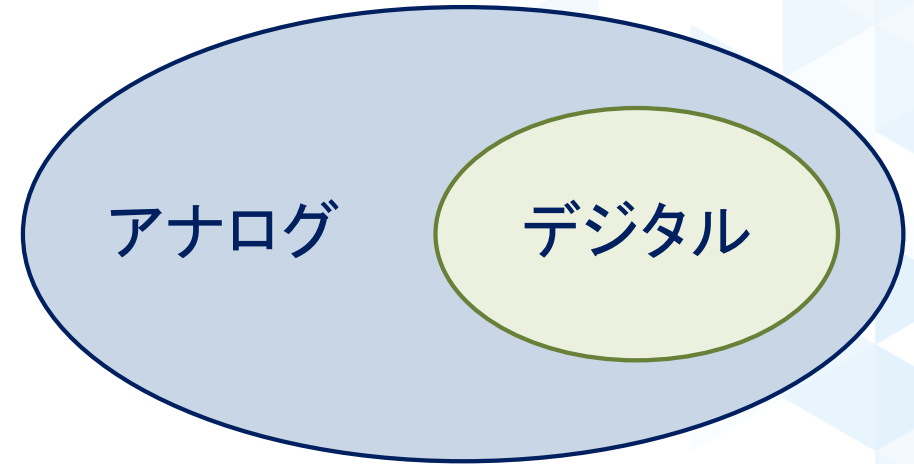


古い技術

VS



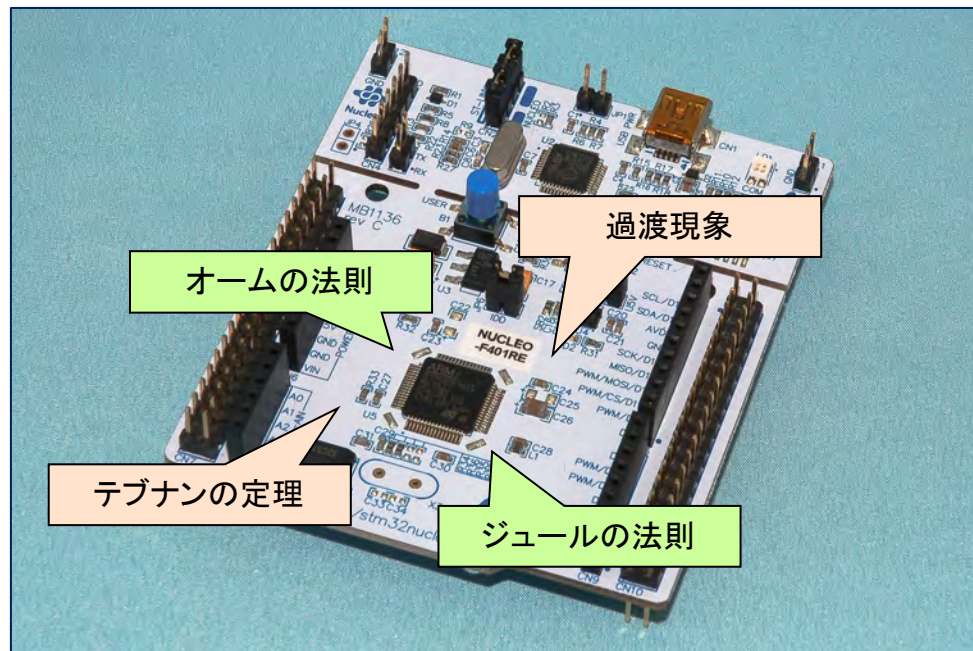
新しい技術



現実の姿

高性能デジタル回路もアナログの支配を受ける

- 高性能なデジタル回路も
- オームの法則などの**アナログ（物理法則）の支配**を受ける
- 「1」と「0」では済まない問題がある

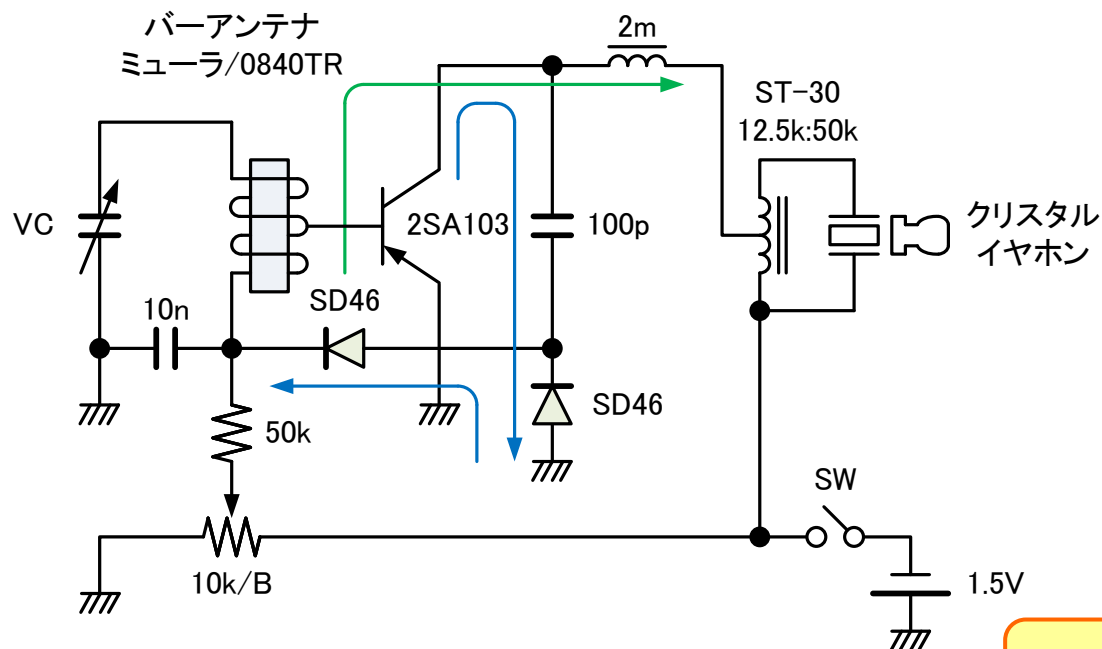


ARMによる高性能マイコン

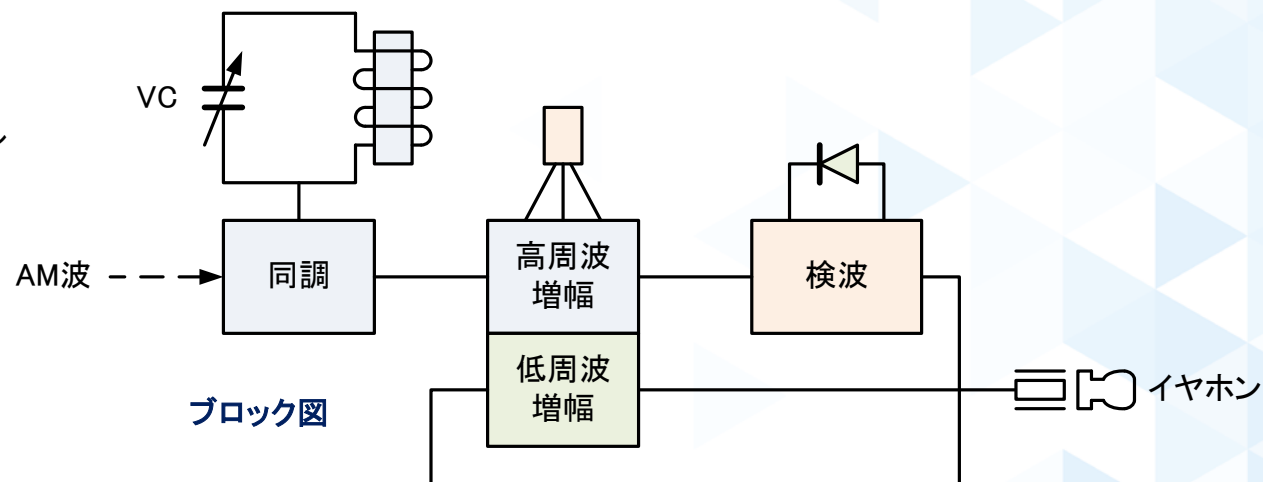
デジタルの進化は
アナログ技術のが支えている

超微小電圧を扱う（アナログだからできる）

- ラジオは実はすごい技術である
- 高周波の超微小電圧を受信
- 選局, 高周波増幅, 検波, 低周波増幅
- アナログならたった1石でも可能



1石レフレックスラジオ



ブロック図

この技術は様々なセンシングに応用できる

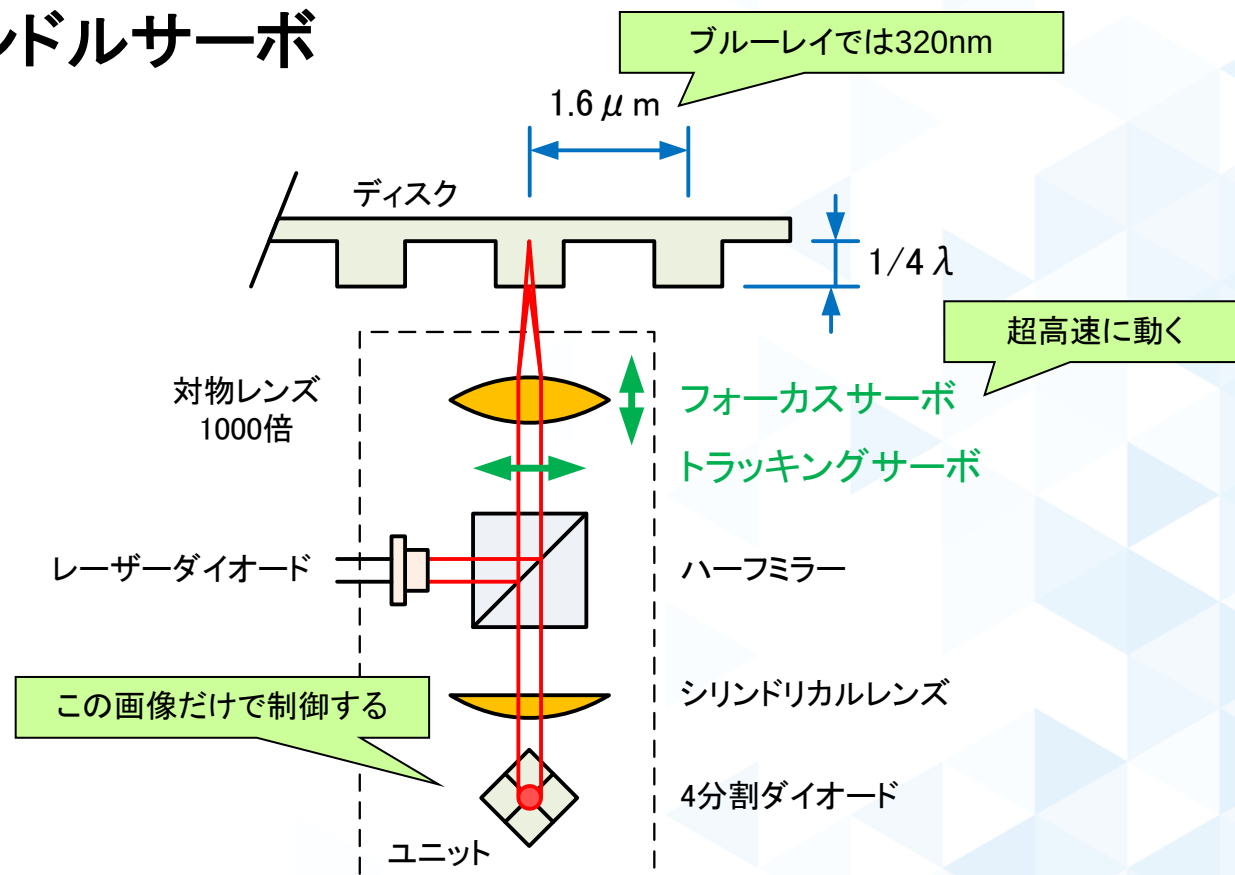
μm を制御するサーボ（アナログだからできる）

- CDのサーボは1000倍の顕微鏡を高速に制御する技術
- $1.6\mu\text{m}$ 間隔で渦巻き状に並んだデータをレーザーで読み込む
- フォーカス, トラッキング, スレッド, スピンドルサーボ



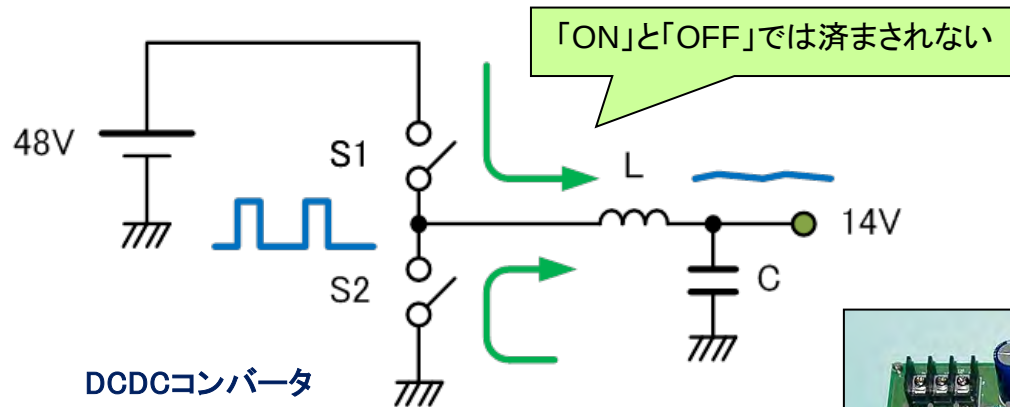
実は超ハイテクなCD

この技術も他分野に応用すれば



パワ・エレ (アナログだからできる)

- 「0」と「1」のスイッチングでデジタルのように見える
- けれどアナログ(物理法則)が容赦なく襲う過酷な世界



DCDCコンバータ

あらゆるアナログの物理法則が作用する



世界初のGaNによるDCDCコンバータ



空飛ぶクルマ

photo wallpaperaccess.com

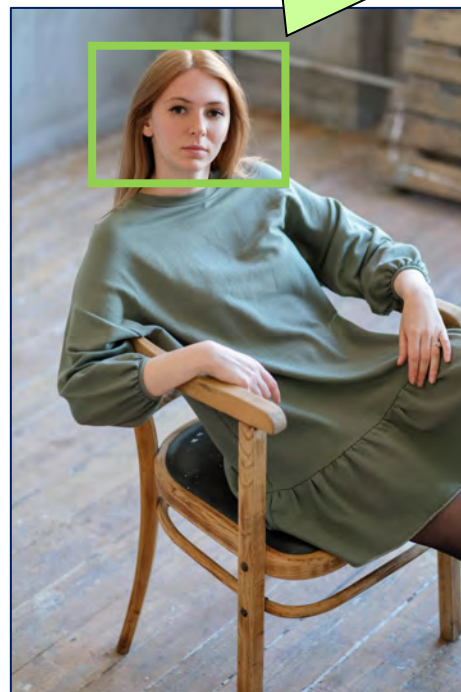
深いアナログの知恵が成功させる

デジタルだからできる

- デジタルは数値や文字が扱える
- 数学計算を直接行う事が出来る
- 分岐制御や判断が得意
- データのコピーと保存が正確



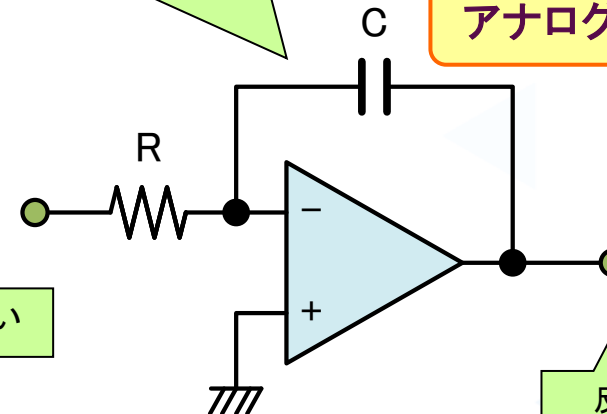
デジタルカメラの顔を認証する機能
photo www.freepik.com



顔の判別はアナログには出来ない

物理法則を利用して積分計算をさせる

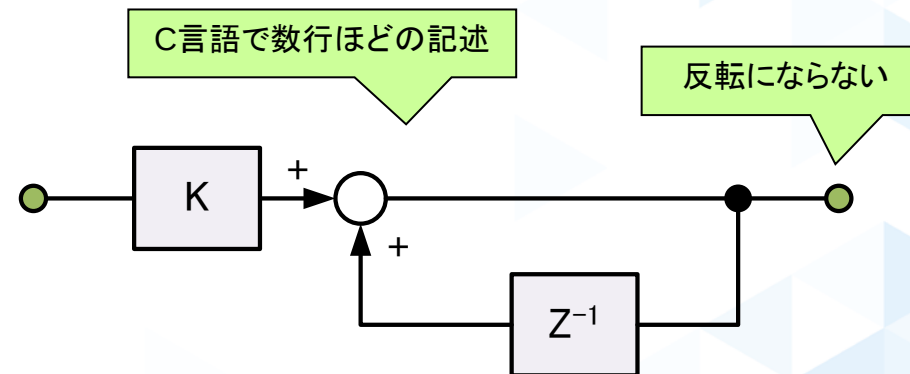
アナログの数学計算は大変



アナログの積分器

反転出力となる

デジタルの数学計算は簡単



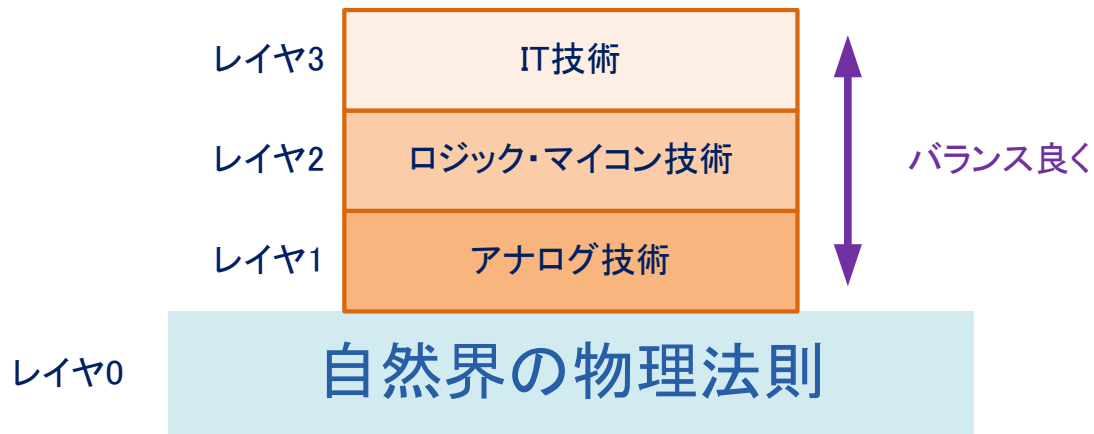
デジタルの積分器

C言語で数行ほどの記述

反転にならない

アナログとデジタルの良い住み分けを

- IT技術はますます広がりを見せている
- そしてハードウェアの役割がますます高くなっている
- それを**確かなアナログ技術**が支える



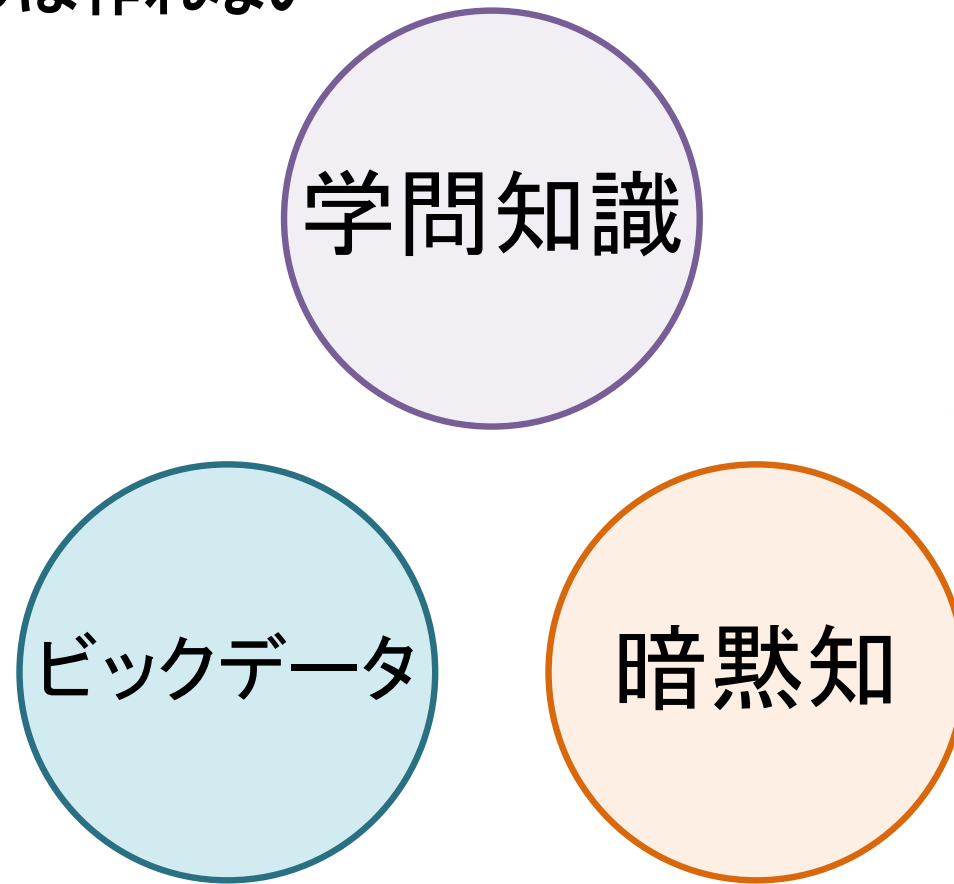
バーチャルなITは確かなアナログ技術が支える
photo www.freepik.com

技術の三要素

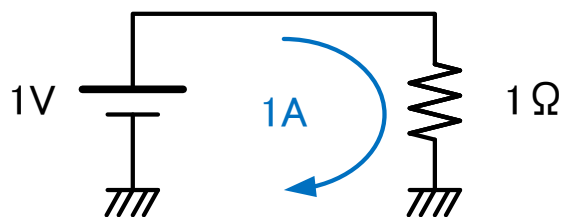
技術は三要素で構成される

技術の三要素

- 技術は3要素で構成される
- ひとつでも欠けるとものは作れない



- 教科書で学ぶ知識
- 理論と数学が主役
- 物理法則は変化しないので一生使える知識



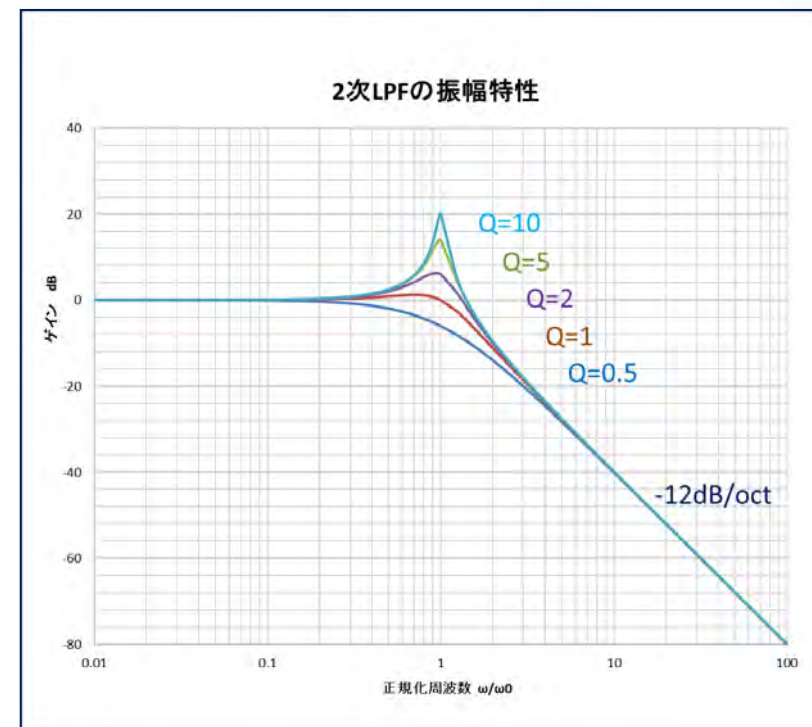
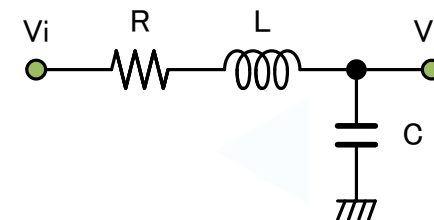
$V = I \times R$
オームの法則

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

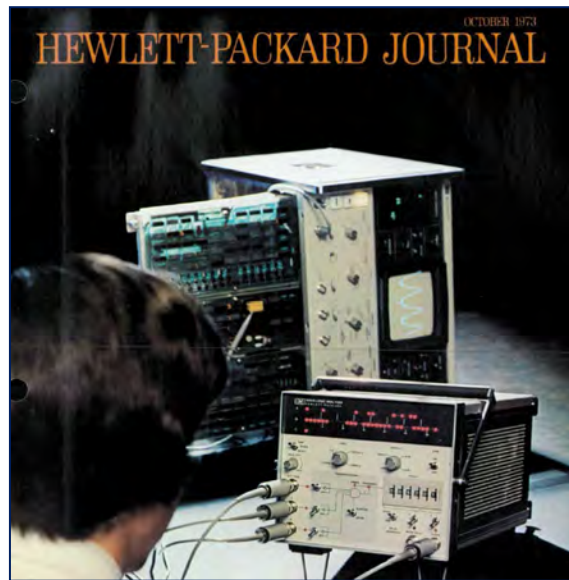
$$S = j\omega$$



2次ローパスフィルタ

ビックデータ

- 自習で学ぶ知識
- CADやシミュレーションの使い方
- 現実回路の知識
- 雑誌や資料の知識
- 部品メーカーと製品知識
- 入手先や外注先情報



1970年代のHPジャーナル

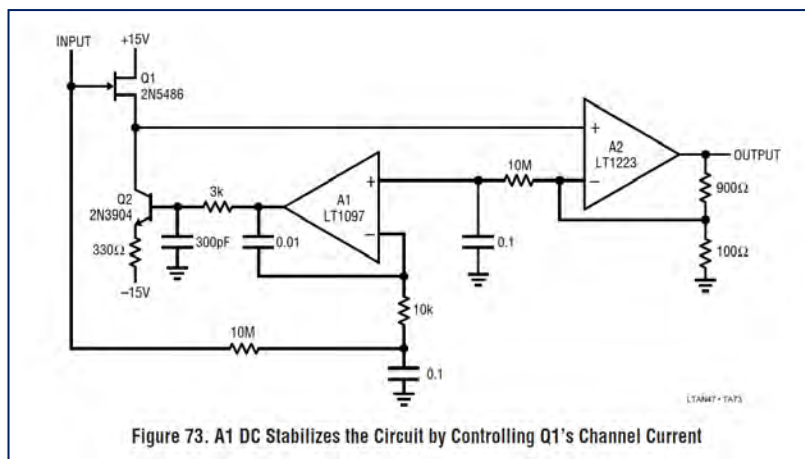
磁気ヘッドの動向

ここ数年間の磁気ヘッドの開発、商品化の状況をみると、そのメイン・テーマは、テープ・レコーダの形式がオープン・リール・タイプの他にカセット・タイプ・テープ・レコーダの出現にもなるものに移行し、小型化、小型多機能化、ローコスト化に集中している感じがします。したがって内容的には従来のオープン・リール用ヘッドの技術の基本として、小型化、ローコスト化の検討を加えられたものであり、その面での技術進歩は非常に大きなものがありました。

しかし、さらに高性能、高信頼性への挑戦という面では、全般的にみますと関心がうすかったといえます。しかし、昨年11月頃、各テープ・メーカーよりいっせいにクロム・カセット・テープが発表になり、従来のテープに比較してヘッド摩耗が少いため、より信頼性、高信頼性のヘッドが必要と、クロム・テープの特性を十分に開拓できるようにヘッドのF特を向上させたい等の要求がわくわくもあってきました。一方オープンリール・タイプ・テープ・レコーダにおいても、高性能カセット・テープの出現により、いっそう高信頼化による特徴づけを行う傾向にあり、テープ・スピード38cm/sと高速になり、耐摩耗性、高信頼性、高信頼ヘッドの要求が強く出てきています。このような状況下において各材料メーカー、ヘッド・メーカーは耐摩耗性の向上対策に非常に果敢に進化を急いでいます。この開発の方向は

(1) 高硬度バーマロイ・コアの使用

**ソニー
テープ・レコーダ用
フェライト・ヘッド**



現実的な回路(AN47より)

**Ultralow Distortion,
Ultralow Noise Op Amp**

AD797

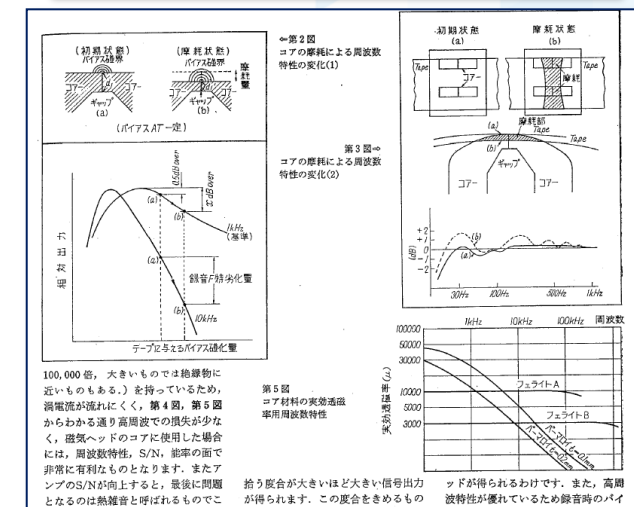
FEATURES

- Low noise
- 0.9 nV/√Hz typ (1.2 nV/√Hz max) input voltage noise at 1 kHz
- 50 nV p-p input voltage noise, 0.1 Hz to 10 Hz
- Low distortion
- 120 dB total harmonic distortion at 20 kHz
- Excellent AC characteristics
- 800 ns settling time to 1% (10 V/100 V)

CONNECTION DIAGRAM

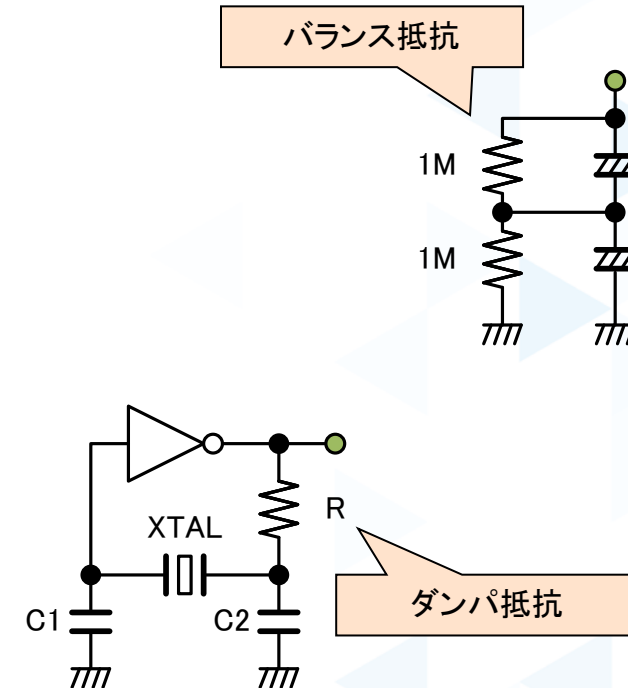
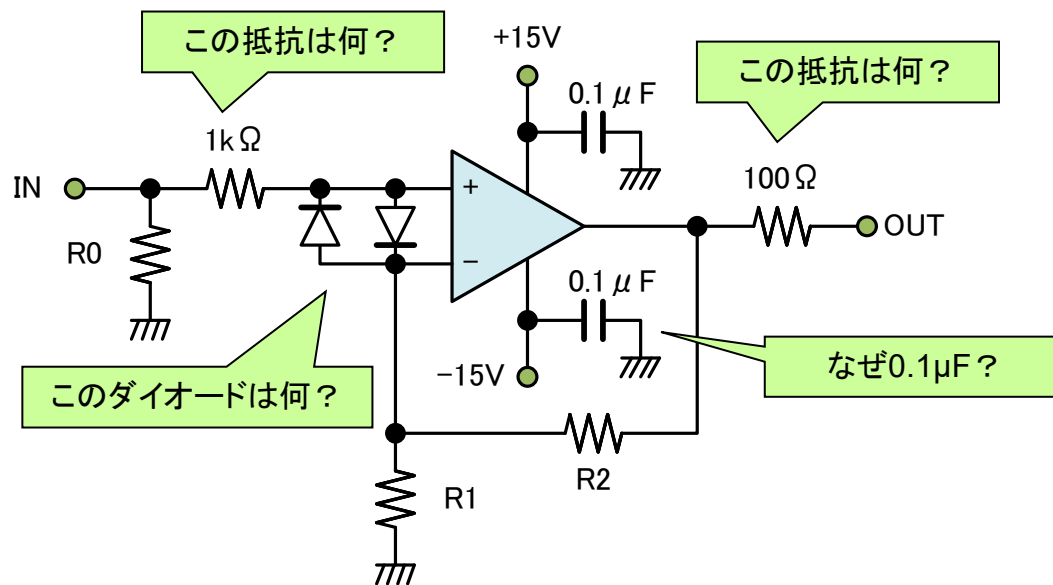
Figure 1. 8-Lead Plastic Dual In-Line Package (PDIP) and 8-Lead Standard Small Outline Package (SOIC-N)

実際の製品の情報



1972年のラジオ技術誌より

- 経験で学ぶ無意識の知識
- 例えば自転車の乗り方は言語化が難しいノウハウのひとつ
- 神は細部に宿るといわれ本当に重要な技術は小さく目に付きにくい
- 回路図に良くある説明の無い部品



もの作りは失敗が大事

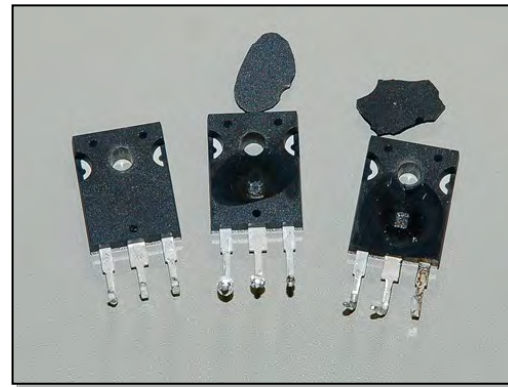
- 一回で成功した回路ほど危ないものはない
- なぜ成功したのかその理由が不明だから
- 失敗の経験がエンジニアを成長させる

あるツイッターの投稿から

- ▶ 小学生の時にマブチモータに電池をつないだら
元気よく回った
- ▶ さらに電池を増やすとより速く回った
- ▶ ふと思ったコンセントに接続すれば！！
- ▶ 親から怒られお小遣いを減らされた

あるツイッターの投稿から

- ▶ 電子工作は壊した部品の数だけ知識になる
- ▶ 壊すからやってはダメでは前に進めない！



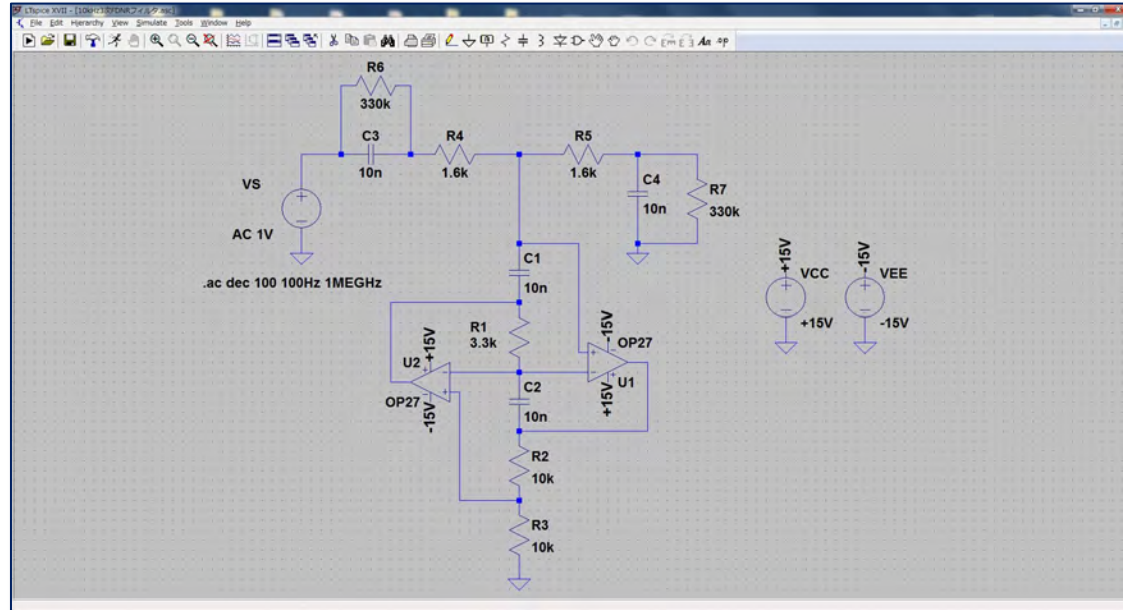
破裂したSiCMOSFET

IT革命で簡単に メーカーになれる時代

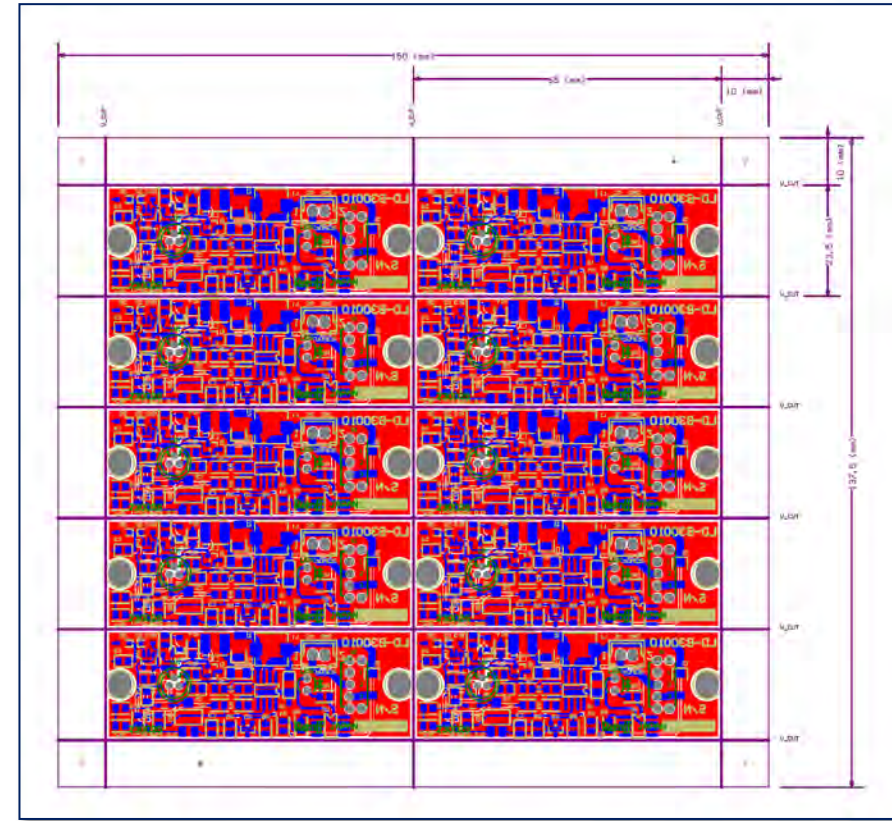
今すぐメーカーになりませんか？

IT革命で誰でも簡単にメーカーになれる時代

- IT革命で誰でも簡単にメーカーになれる時代になった
- 回路シミュレータ, 回路図CAD, プリント基板CAD, 機械CADが無料
- 通販で部品が必要数だけ買える



回路シミュレータ LTspice



プリント基板CAD

ネットを使って製作した製品例

- プリント基板, 部品, 基板実装, ケース加工, シールの製作, 梱包箱など
- 全てはネットでの指示と調達

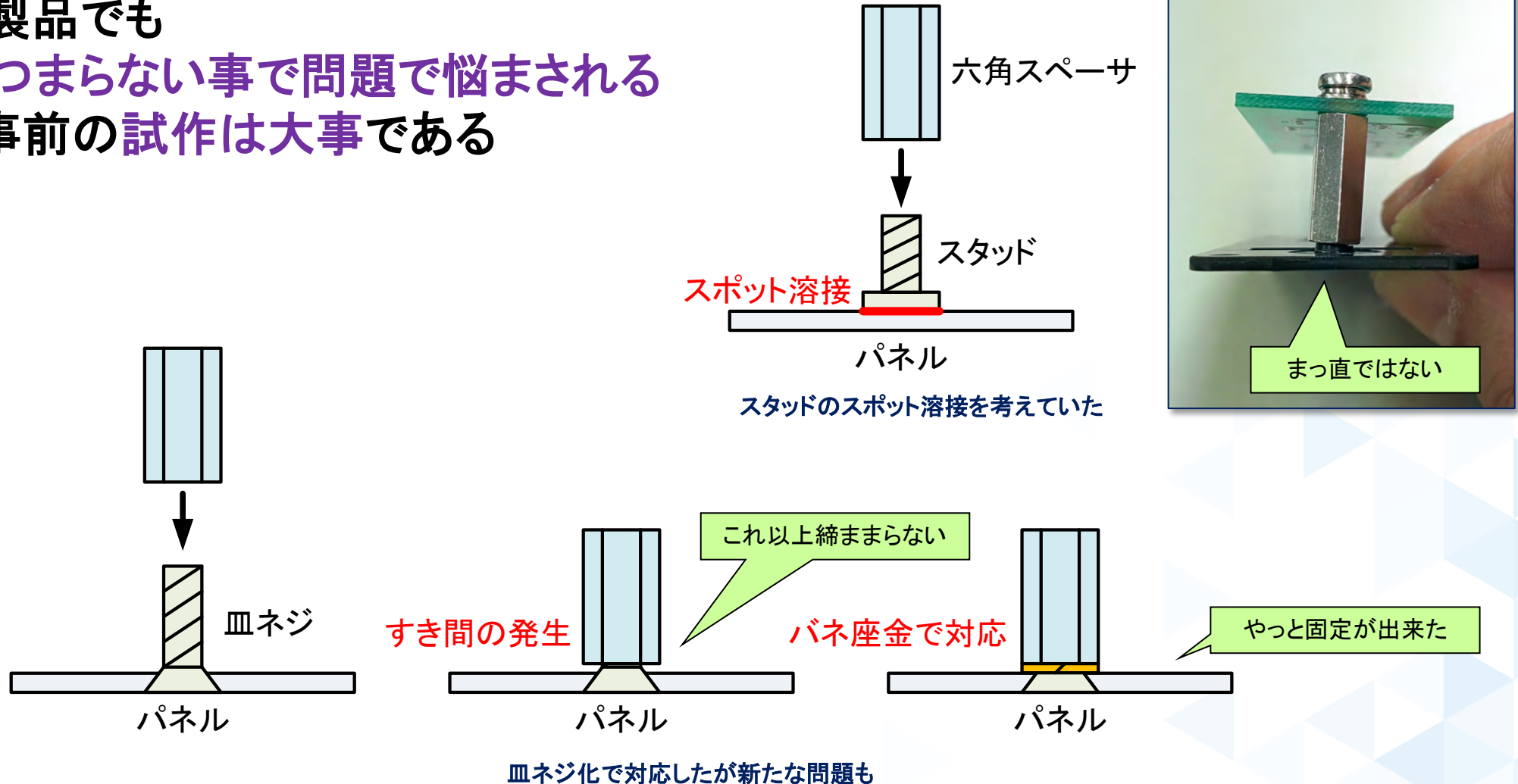


電池駆動レーザー光源
レムフクラフト社(OEM製品)

- 光軸調整用レーザー光源
- ファイバー出力
- 670nm/5mWmax
- アルカリ単3電池2本
- 30時間以上の連続運転

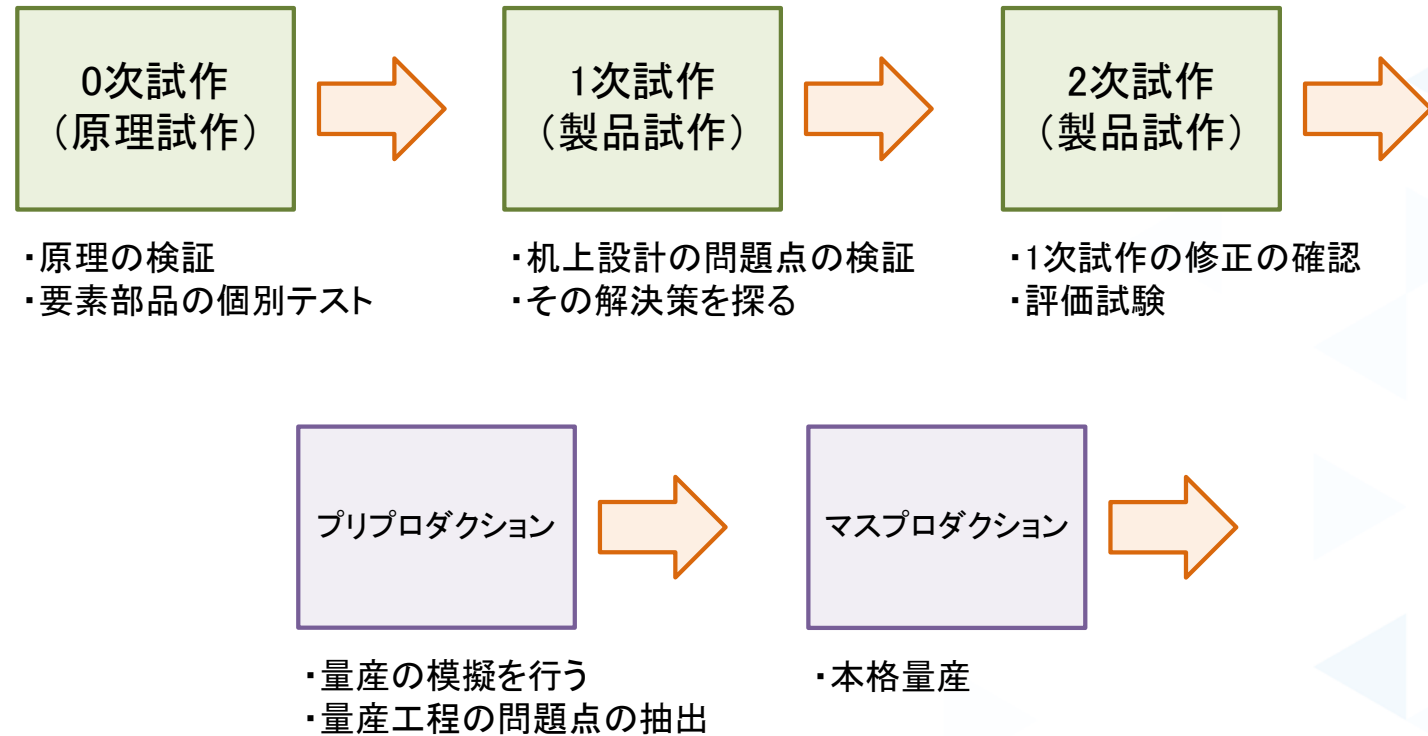
簡単な製品でも何かの問題点はあるもの

- 簡単な製品でも
- 思わぬつまらない事で問題で悩まされる
- だから事前の試作は大事である



製品開発は科学的なアプローチで

- ITはミスがあっても修正版のソフトを配布すればOK
- もの作りはリコールを出すと大損になる
- 科学的なアプローチで製品開発を進める

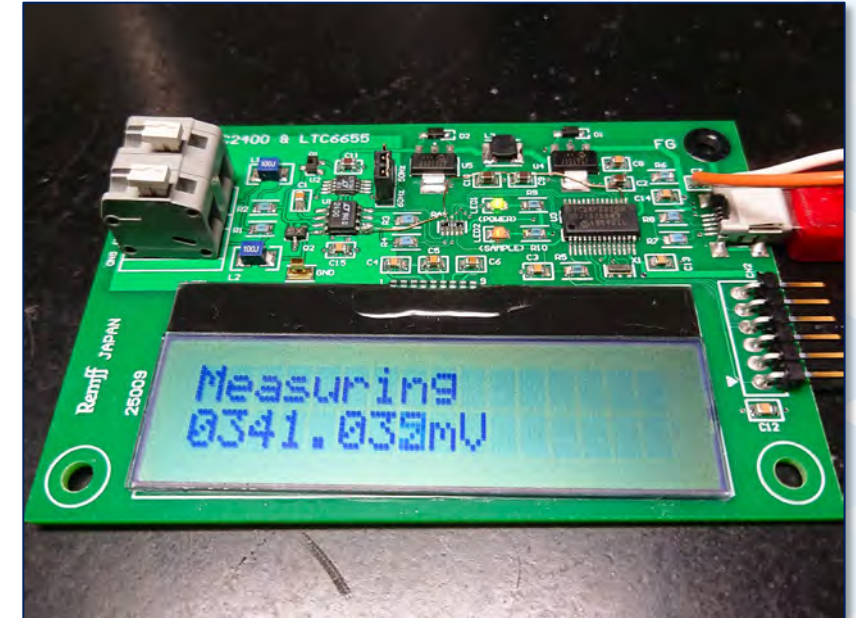
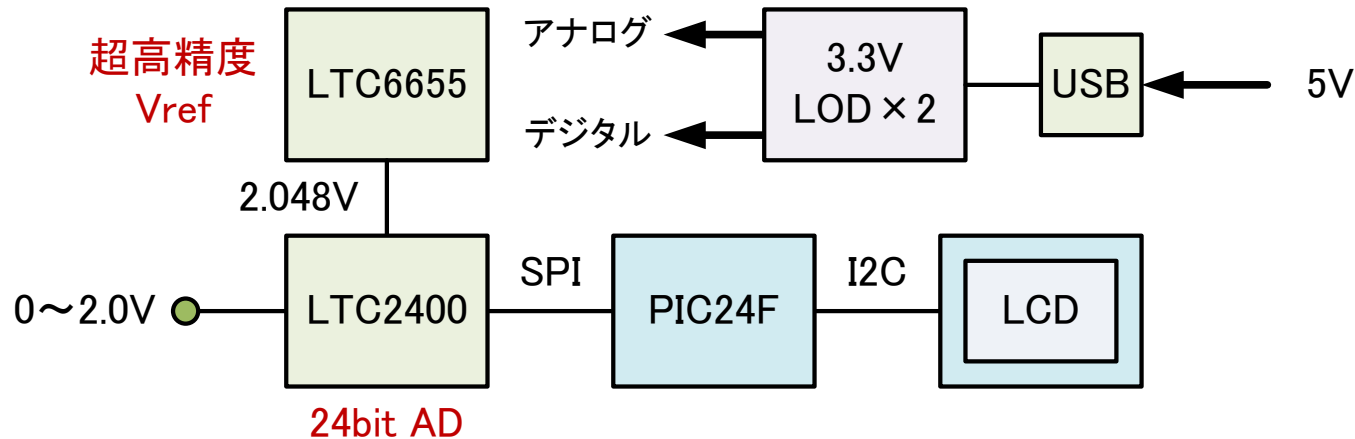


高性能回路も簡単！

6桁の高精度DC電圧計を作ってみた

6桁の高精度DC電圧計に挑戦

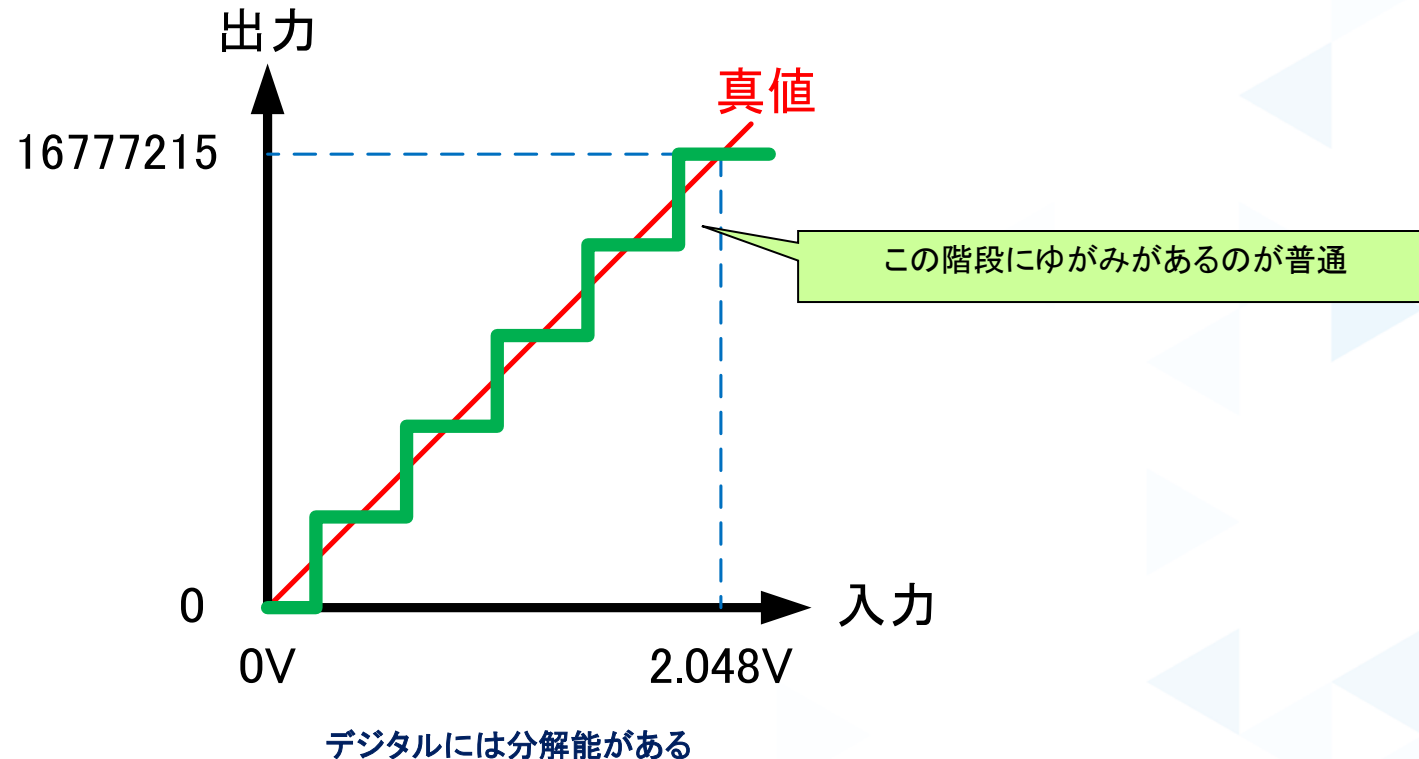
- LTC2400 (AD) と LTC6655 (2.048V) で簡単に高精度DC電圧計が作れる
- PICマイコンでADを制御しLCDに表示
- 電源はUSBから



分解能・精度・確度

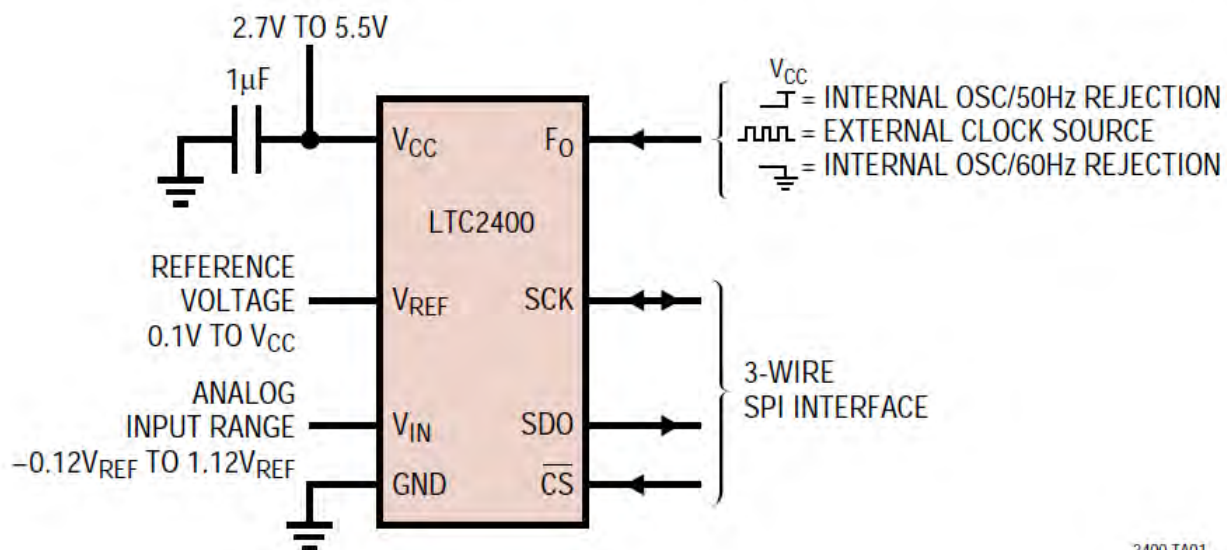
- 分解能
- 精度
- 確度

24bitの場合0～16777215の階段をもつ
複数回計測しても値の再現性が高い
真値にどれだけ近いのか

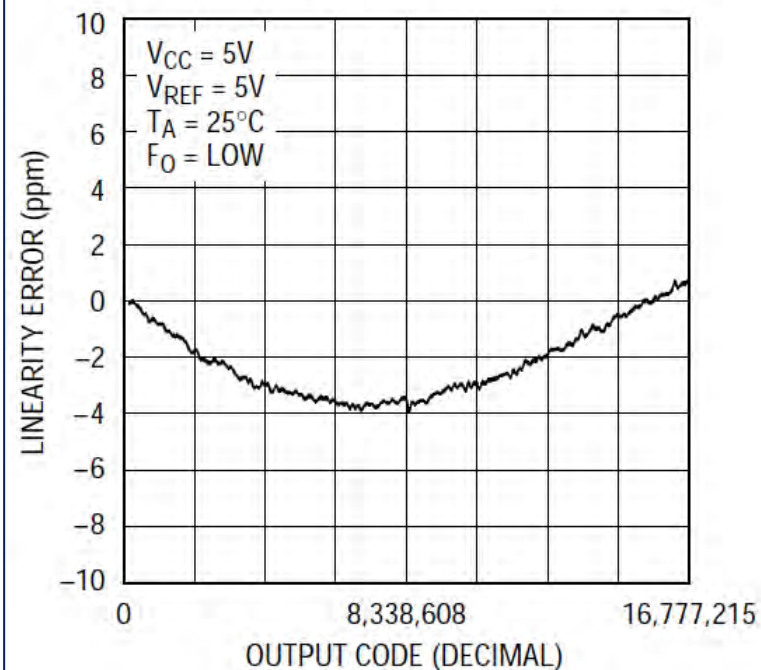


LTC2400 24Bit $\Delta\Sigma$ ADC

- 24Bit $\Delta\Sigma$ ADコンバータ
- INL 4ppm
- VCC 2.7~5.5V
- 50/60Hzノッチフィルタ

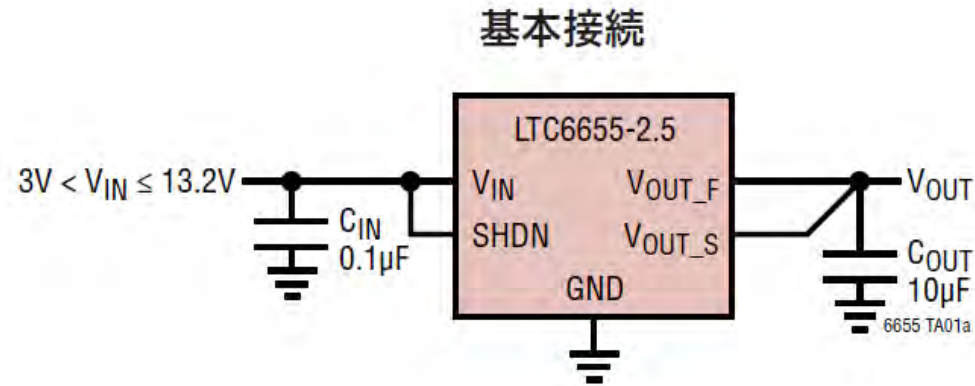


全未調整誤差と出力コード



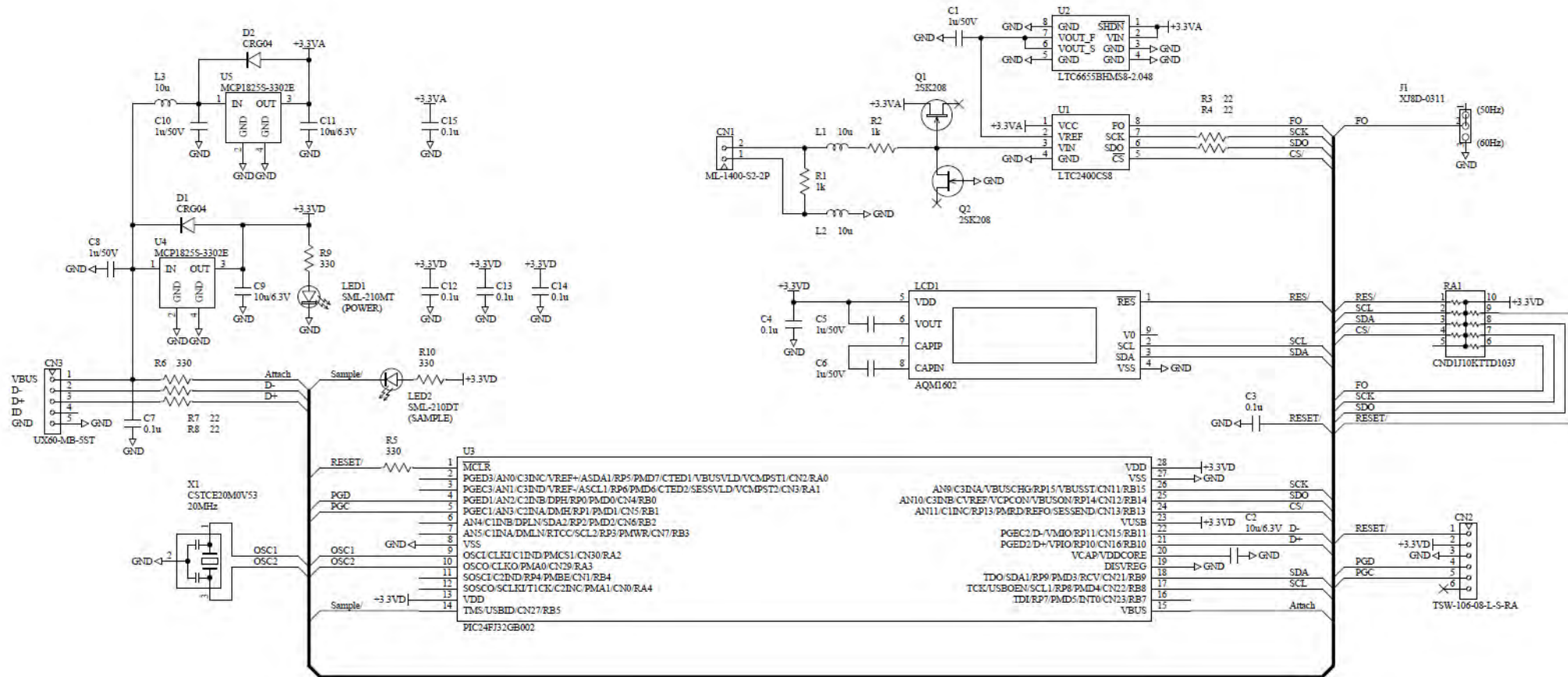
LTC6655 高精度基準電圧

- 1.25V, 2.048V, 2.5V, 3V, 3.3V, 4.096V, 5Vの高精度基準電圧
- 精度: $\pm 0.025\% \text{max}$
- 温度ドリフト: $2 \text{ppm}/^{\circ}\text{Cmax}$
- 長期ドリフト: $20 \text{ppm}/\sqrt{\text{kHr}}$



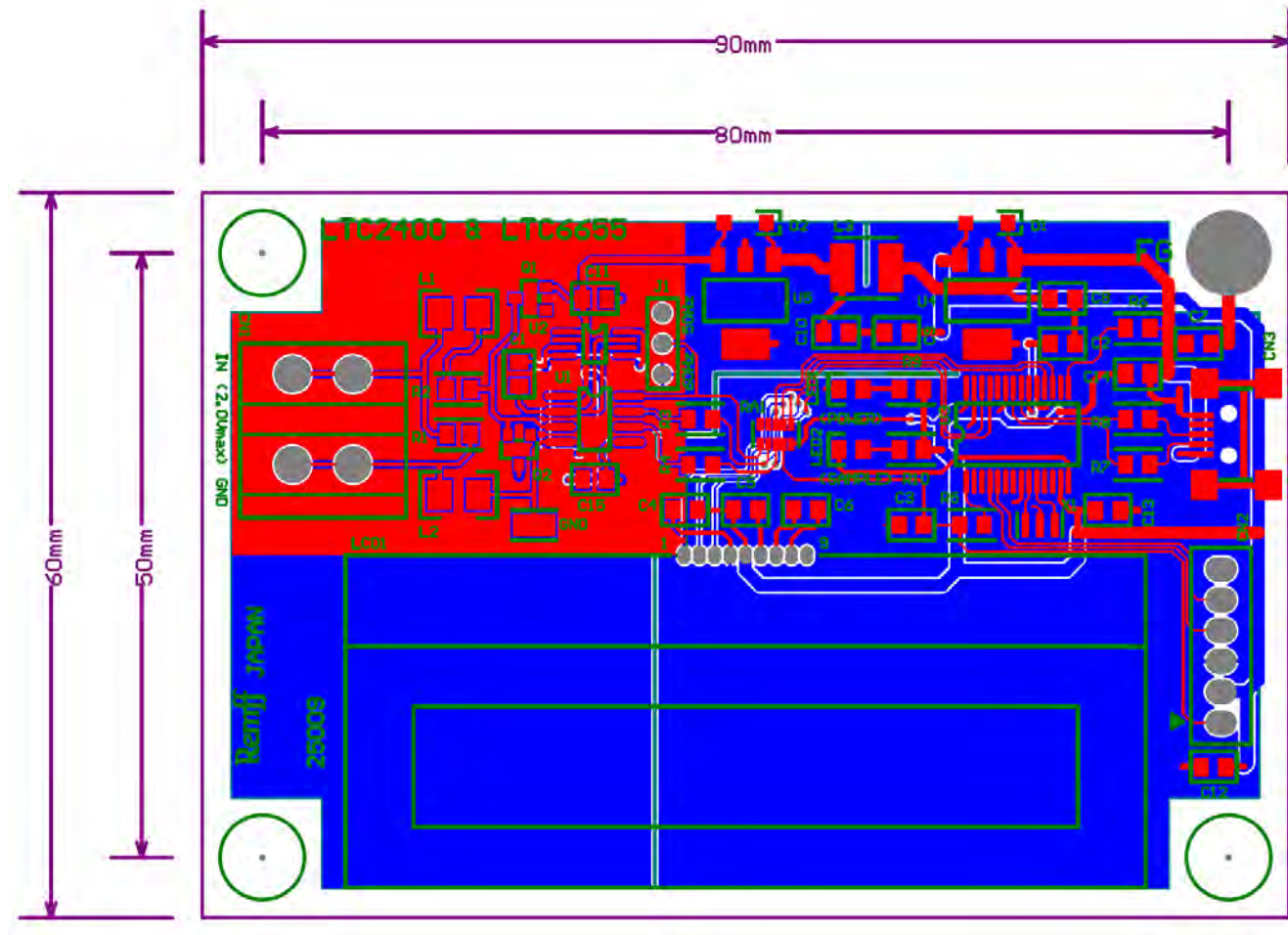
回路は至ってシンプル

- シンプルな回路



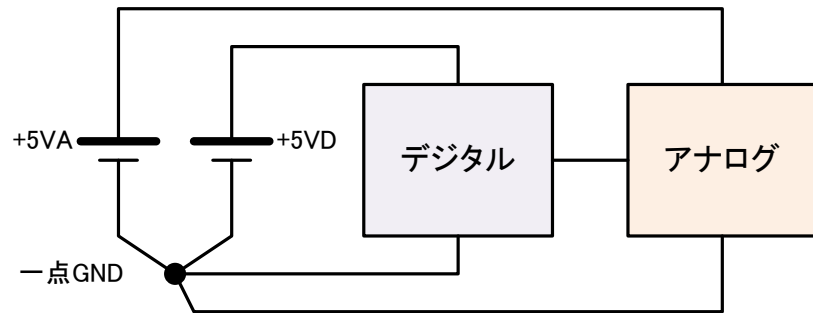
プリント基板も至って簡単

- ベタGNDを使った2層基板



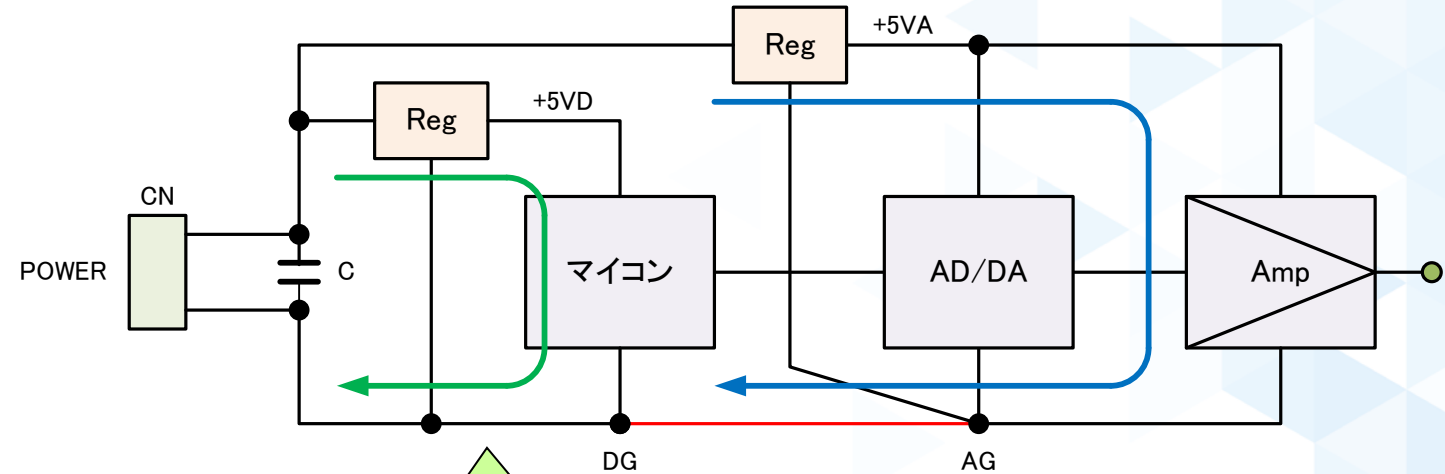
プリント基板が性能を決定する

- 6桁の精度を達成するにはプリント基板が重要
- 一点GNDが理想だが現実には信号ラインが遠回りになる
- 電流は最短コースで帰る性質を利用してGNDの問題を解決



理想とされる一点GND

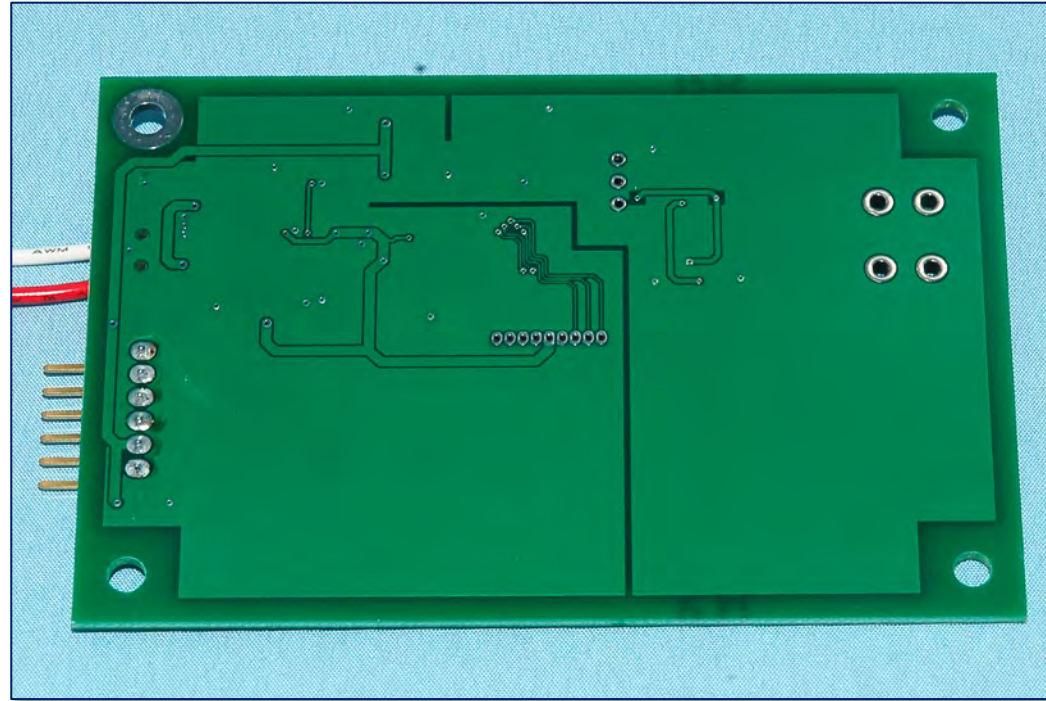
遠回りな配線となる事が多い



デジタルの帰還電流はアナログ側に行かない

実際の配線

- 左側はデジタル回路と電源
- 右側はアナログ回路
- ハンダ面に切り込みを入れて電流の干渉を防ぐ



ベタGNDに切り込みを入れて電流の干渉を防ぐ

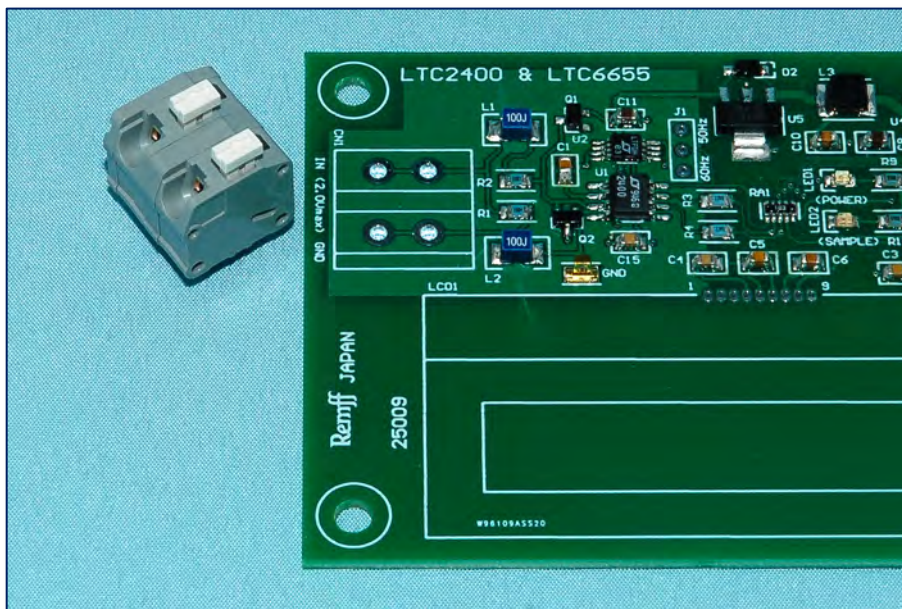
出来上がった性能

- 6.5桁デジタル・マルチメータのケースレイ2000と勝負
- ほぼ同等の性能が得られた
- この精度を自由に持ち出せる価値はとても高い

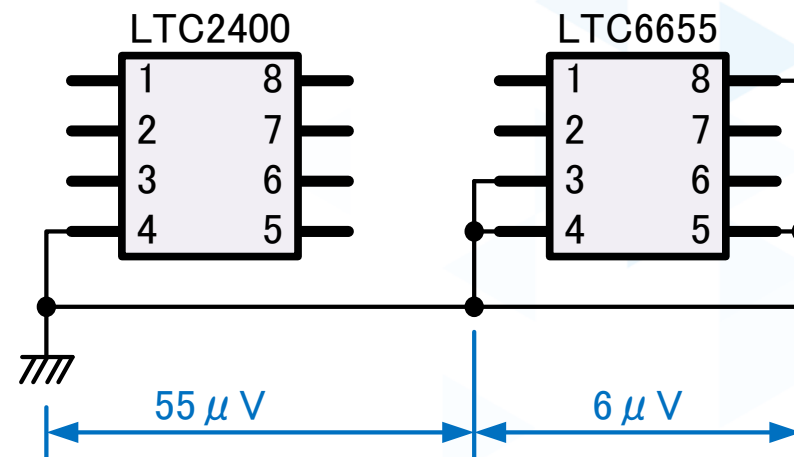


でも色々ミスがあった

- LTC2400のSCKピンの解釈ミス
- LTC2400とLTC6655のGND配線で電位差が
- 端子台のフットプリントミス
- LCDの文字化けなどのソフトの問題点



端子台のフットプリントを後ろ前逆にミスをした

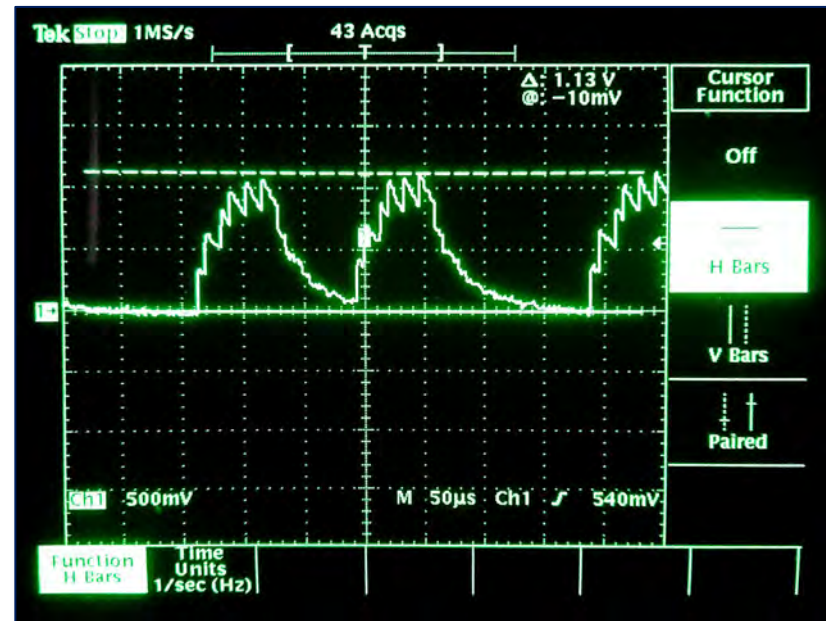
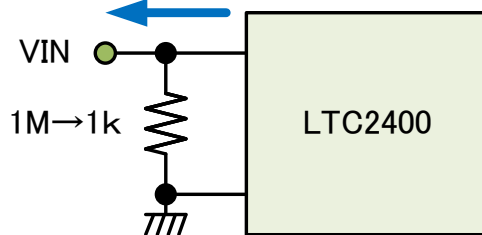


凝り過ぎた配線が仇でGNDに電位差が

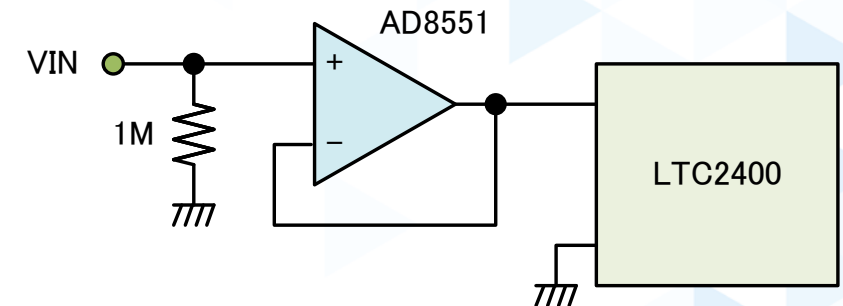
作ったからこそ見えてきた1

- LTC2400の入力に大きな問題があった
- 当初R1は1MΩで考えていた
- LTC2400のVINピンから謎の信号が出てくる事が判明
- R1を1kΩに下げて対応
- AD8551のOPアンプを入力に入れたい

謎の信号が出てくる



LTC2400のVINピンから出てくる謎の信号

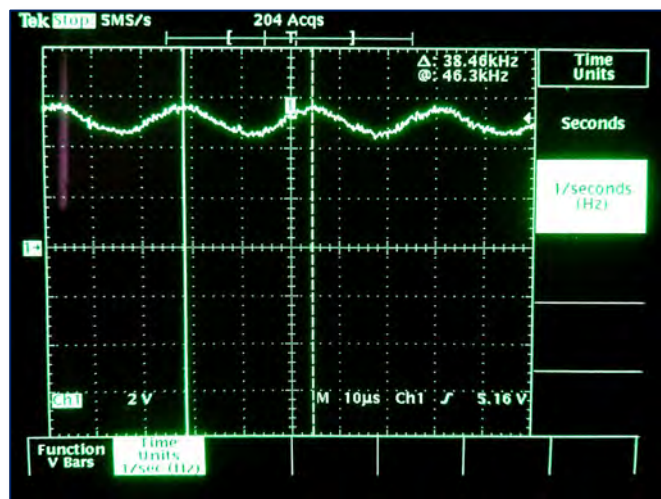


作ったからこそ見えてきた2

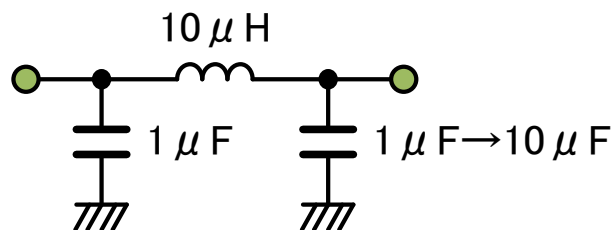
- E3630A安定化電源では問題ないが
- USBスイッチング電源で問題が発生
- ノイズフィルタがノイズ増幅器になった
- Cを大きくする事で対応した



安定化電源とUSBスイッチング電源



LCフィルタがスイッチング波形を拡大



Cを大きくする事で解決

やっぱり試作は大事！！

エンジニアという職業

これから社会に出る人へ

エンジニアを職業に選ぶにあたって

- これから選ぶ職業は自分の人生にどんな**価値**になるのか？
- **美の価値** その仕事は楽しくて好きである
- **利の価値** その仕事は自分にとって経済的な得になる
- **善の価値** その仕事は社会の役に立つ



歴史ある会社に就職するのか

- 会社には充実した設備がある
- 会社には組織がある
- 会社には**充実した技術ノウハウ**がある？
- 会社には**終身雇用**がある？

歴史ある会社には自由にももの作りが
出来ない雰囲気

コンプライアンス

安全委員会

非効率な
事務手続きの山



古い組織によくある病

- グループシンク(集団的浅知恵)
 - 過去に一度決めた事は二度と見直さない
 - 目的を忘れる
 - ただただ同じことを繰り返す
 - 異論を唱える人を排除し敵視する
-
- サイロエフェクト(たこ壺化)
 - 効率化のために専門別の部門を作るが
 - 自分たちの権限や利害にこだわる
 - 部門どうし協力し合わなくなる
 - 外部に対し排他的になる



Job Description型の雇用への移行

- 海外では当たり前の雇用形態
 - 職務内容と評価が明確
 - オーケストラの団員募集やプロ野球と同じ仕組み
 - 1～3年の契約とその更新
-
- 自身の職業能力は自身でアップデート
 - 貴重人材になるほど高い報酬

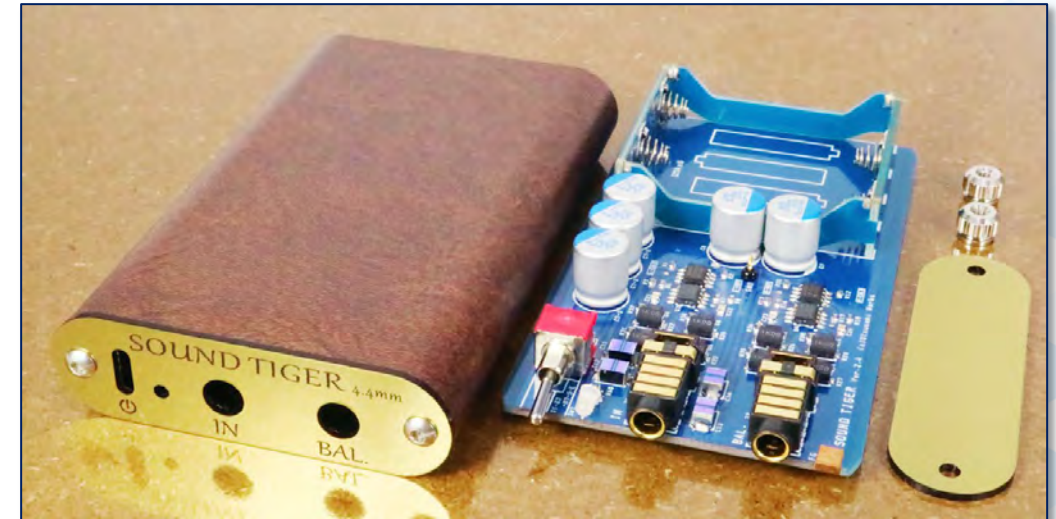


ベンチャー企業に行くか自身で起業するのか！！

- 夢を持つ者同士が集まるベンチャー企業に行くか！！
- 自身で起業しこだわりの製品を作るか！！



夢のあるベンチャー企業
(インターステラテクノロジズ社 承認)



こだわりのヘッドフォンアンプ
(うつせみワークス社 承認)

エンジニアにも経済学や経営学の視点が

- エンジニアにも経済学や経営学の視点が重要になってくる
- 新興国の参入で**良いものを安くでは勝てない時代**
- 先進国日本として今一度**価値とは何か**を考えなければならない

お米をおにぎりにすると
10倍の価格になる
(youtube渡辺喜美チャンネルから)

日本酒はワインに比べて安すぎる
ブランディングが必要
(youtubeホリエモンチャンネルから)

君はMacよりおいしい
ハンバーガを作れるか？

では君はMacを超える
物流システムを作れるか？

多くの人はYesと答える！

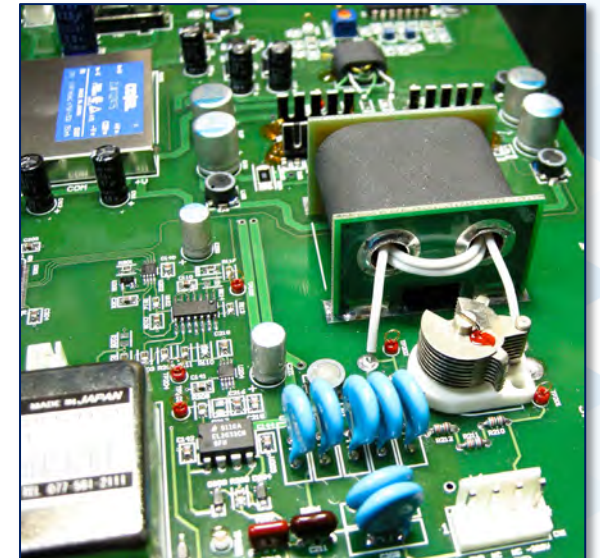
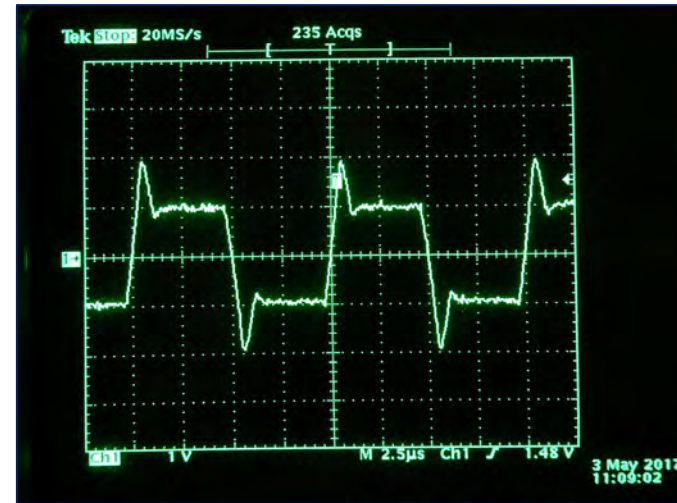
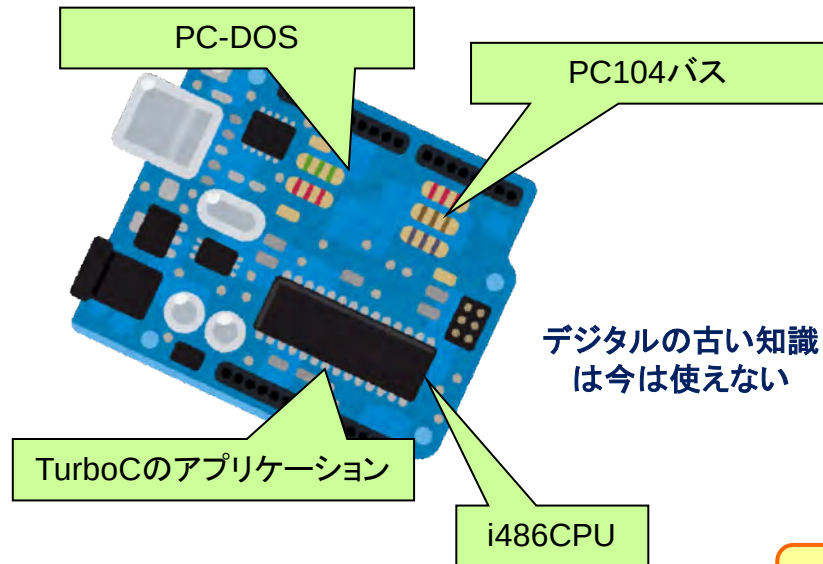
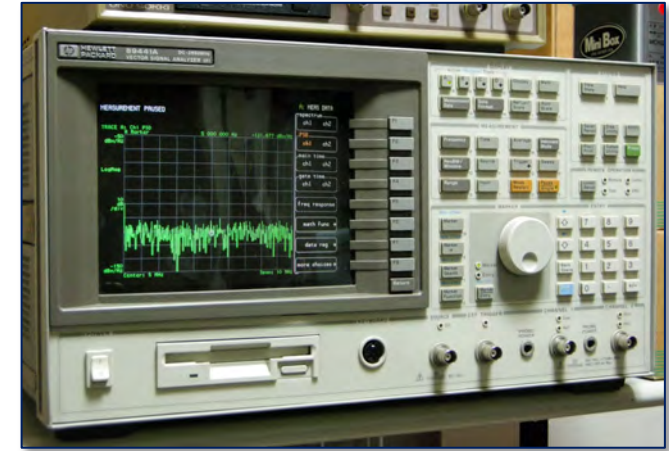
多くの人は黙り込む！！



ビジネス戦略から学ぶことは多い

やっぱりアナログエンジニアかも！！

- デジタルは変化が早すぎる
- せっかく覚えた知識は直ぐに使えないものに
- アナログは困難な物理法則との会話技術
- アナログのノウハウは一生もの



目指すはアナログエンジニアだよ！！

- LTC2400データシート AD社
- LTC6655データシート AD社
- カードを使ってラジオを作ろう 子供の科学別冊 誠文堂新光社
- ラジオ技術1972年3月号 ラジオ技術社
- サイロエフェクト ジリアン・テット 著
- Youtube 渡辺善美チャンネル
- Youtube ホリエモンチャンネル
- 藤井聡のあるがままラジオ KBS京都
- インターステラテクノロジズ(株)社 HP
- 金持ち父さんのキャッシュフロー・クワドラント ロバート・キヨサキ 著
- うつせみワークス社 HP

YouTube、Twitter紹介

- ▶ YouTube : 浜田智
- ▶ Twitter : 浜田智 @kiyuni194

