

プロジェクト実習Ⅰ

エレクトロニクス基礎

第2回の解説

2024年12月23日

担当: シリアーラヤ パノット

エレクトロニクス基礎って何をやる？

- アナログ回路基礎

- LCR 回路の時間応答特性の検討
 - LCR 回の出力・インディシャル応答を検討する
- LCR 回路の周波数応答特性の検討
 - ゲイン特性と位相特性のデータをもとにボード線図を作成する

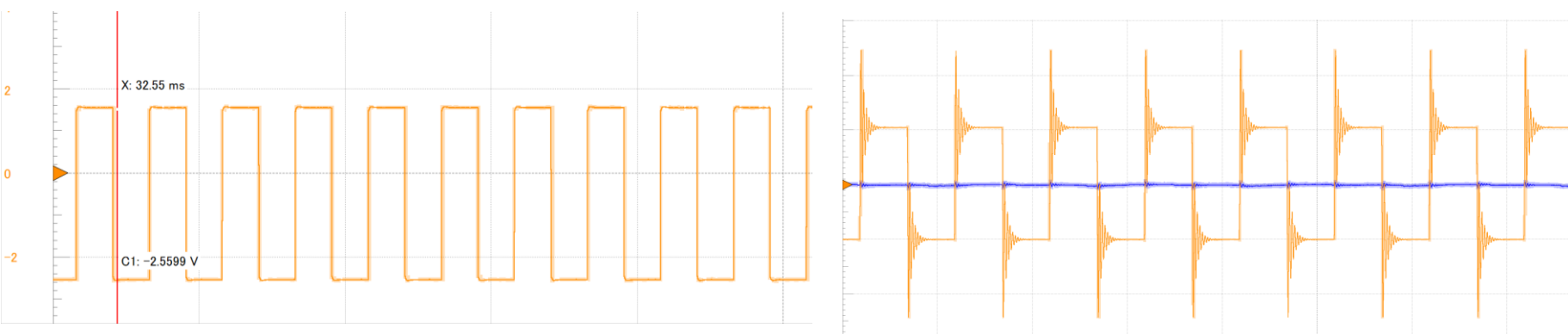
- デジタル回路基礎

- 基本論理素子の特性の検討
 - 論理ゲート・CMOS NOT の入出力特性を検討
- フリップフロップ
 - SR Flip Flopと D Flip Flopの動作確認する

LCR 回路の時間応答

インディシャル応答 (Step Response)

- 電圧や電流が突然変化(通常はゼロから一定値へ)したときに、回路が時間経過とともにどのように反応するかが示されます。
- LRC回路では、電流を流してもすぐに0から一定値へ行かない
 - 実際にはオーバーシュート、振動、または徐々に定常状態に達することがあります



- 抵抗、インダクタンス、およびコンデンサの特性によって異なります

LCR 回路の時間応答

これらの特性は、「キャパシタ」と「インダクタ」を利用するさまざまな電子システムに影響を与える可能性があります

- Low-pass filter/ High-pass filter


どれだけ入力信号の急激な変化に迅速に対応できるかを決定する。オーディオ機器のフィルターでは、ステップ応答が悪いと音が濁ったりぼやけたりする原因となります

- 無線周波数オシレーター

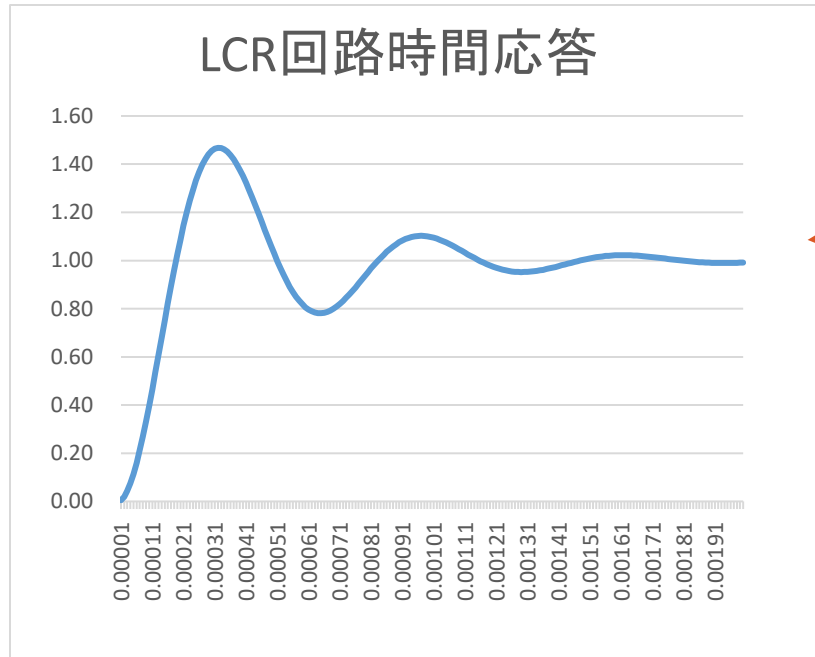
ステップ応答はラジオなどのオシレーターの起動時間・安定性に影響する

LCR 回路の時間応答

振動(Oscillation)と減衰(Damping)

- **振動:** システムの出力が周期的に変動し一定のリズムを持って上下します。
- **減衰:** 出力の振動が徐々に小さくなり、安定した状態に向かって減少する現象
 - **過減衰(Overdamping):** 高い抵抗は反応を遅くし、振動せずに徐々にゼロに戻ります。 $\zeta \geq 1$
 - **臨界減衰(Critical Damping):** 振動せずに最も速くゼロに戻る抵抗値です。 ($\zeta = 1$)
 - **減衰不足(Underdamping):** 抵抗が低いと、回路は最終的に落ち着く前に振動する ($\zeta < 1$)  前週計算していたもの
 - **負の減衰(Negative damping):** 振動の振幅が時間とともに増加し、システムが不安定になる $\zeta < 0$

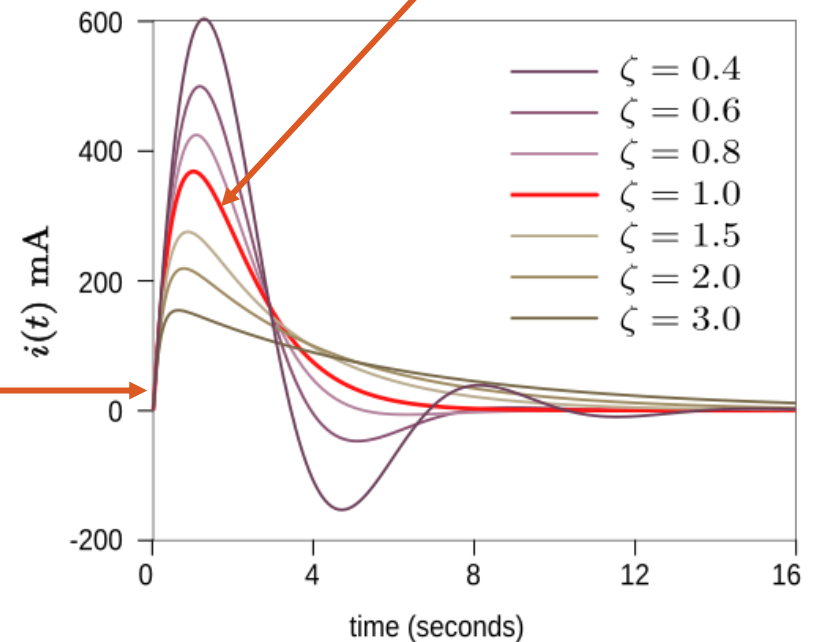
LCR 回路の時間応答



Underdamping: $0 < \zeta < 1$

Critical damping: $\zeta = 1$

Overdamping $\zeta > 1$

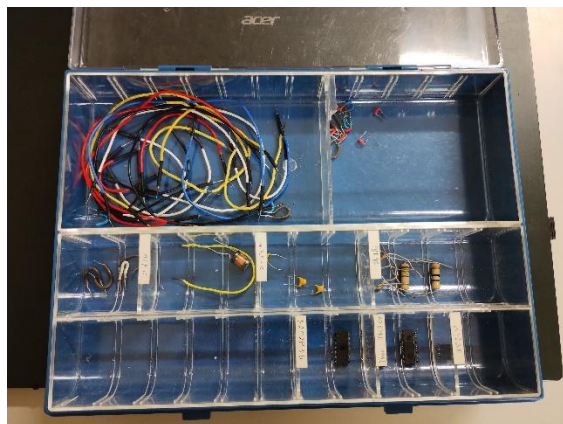


第2回実習の内容

- LCR 回路を構築して、インディシャル応答を測定して、そのグラフを作成する.
- 先週計算したインディシャル応答の論理値と比較する
- 実習内容はテキストの4.3.1～4.3.6に記述しています

第2の実習に使用するツール

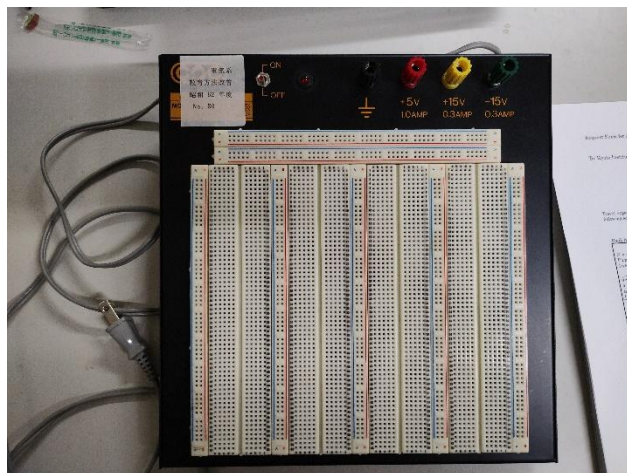
青いパーツケース



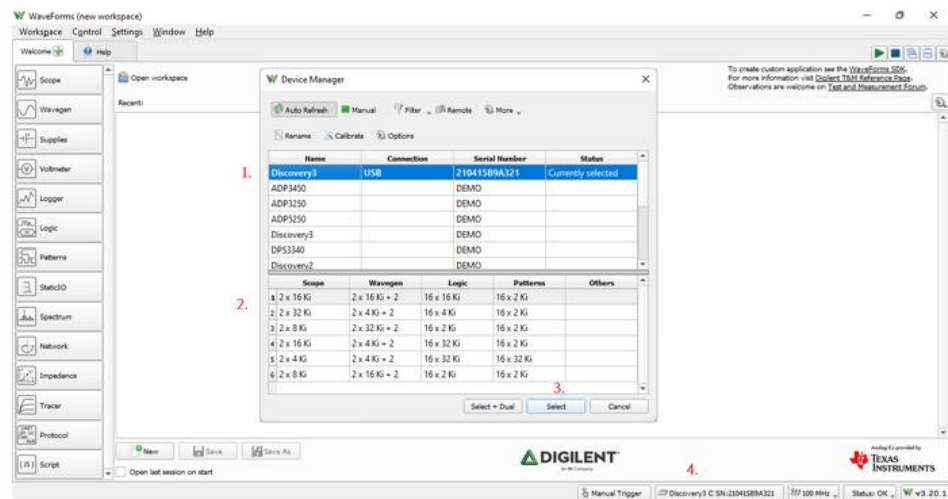
Analog Discovery



ブレッドボード

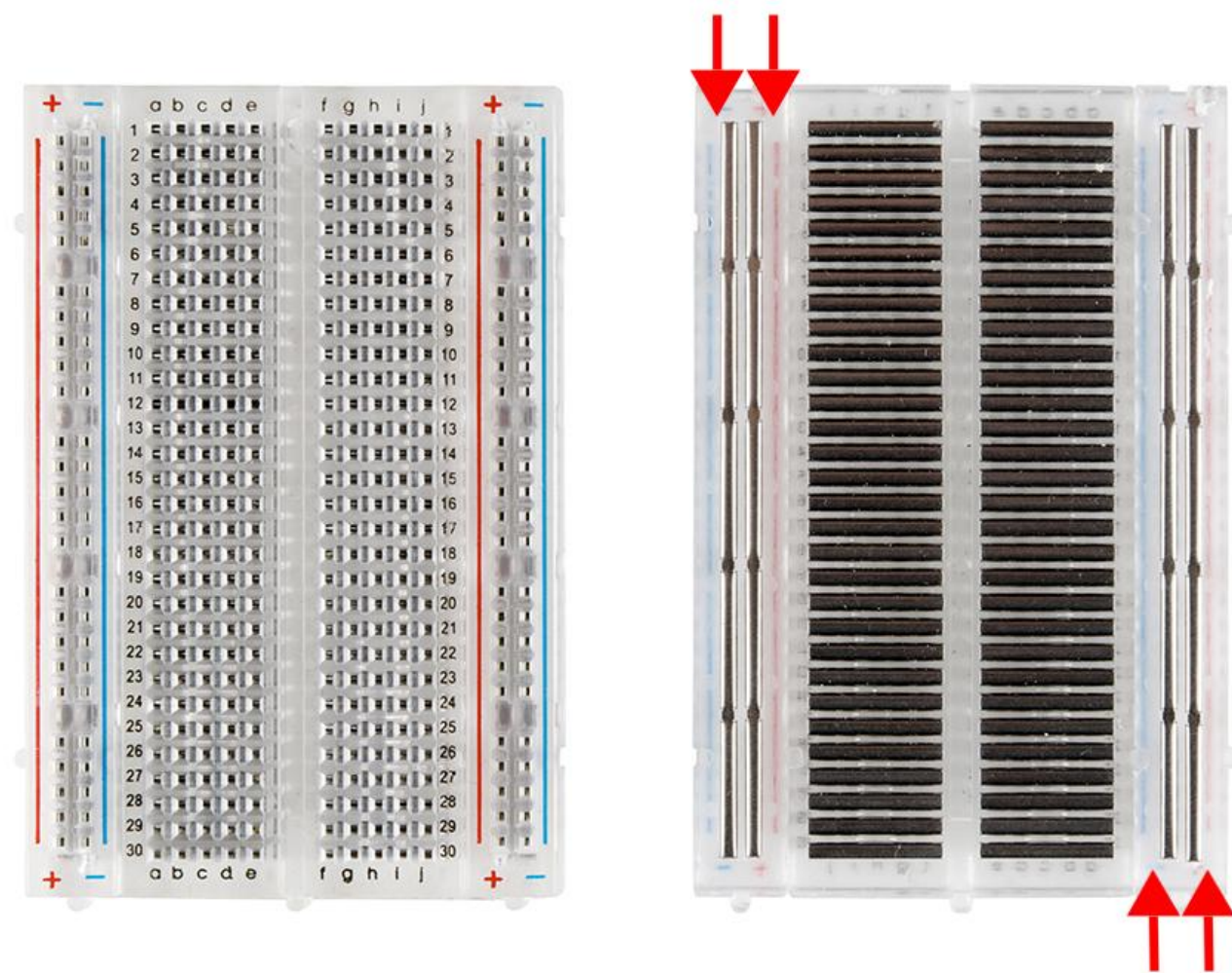


PCソフトのWaveForms

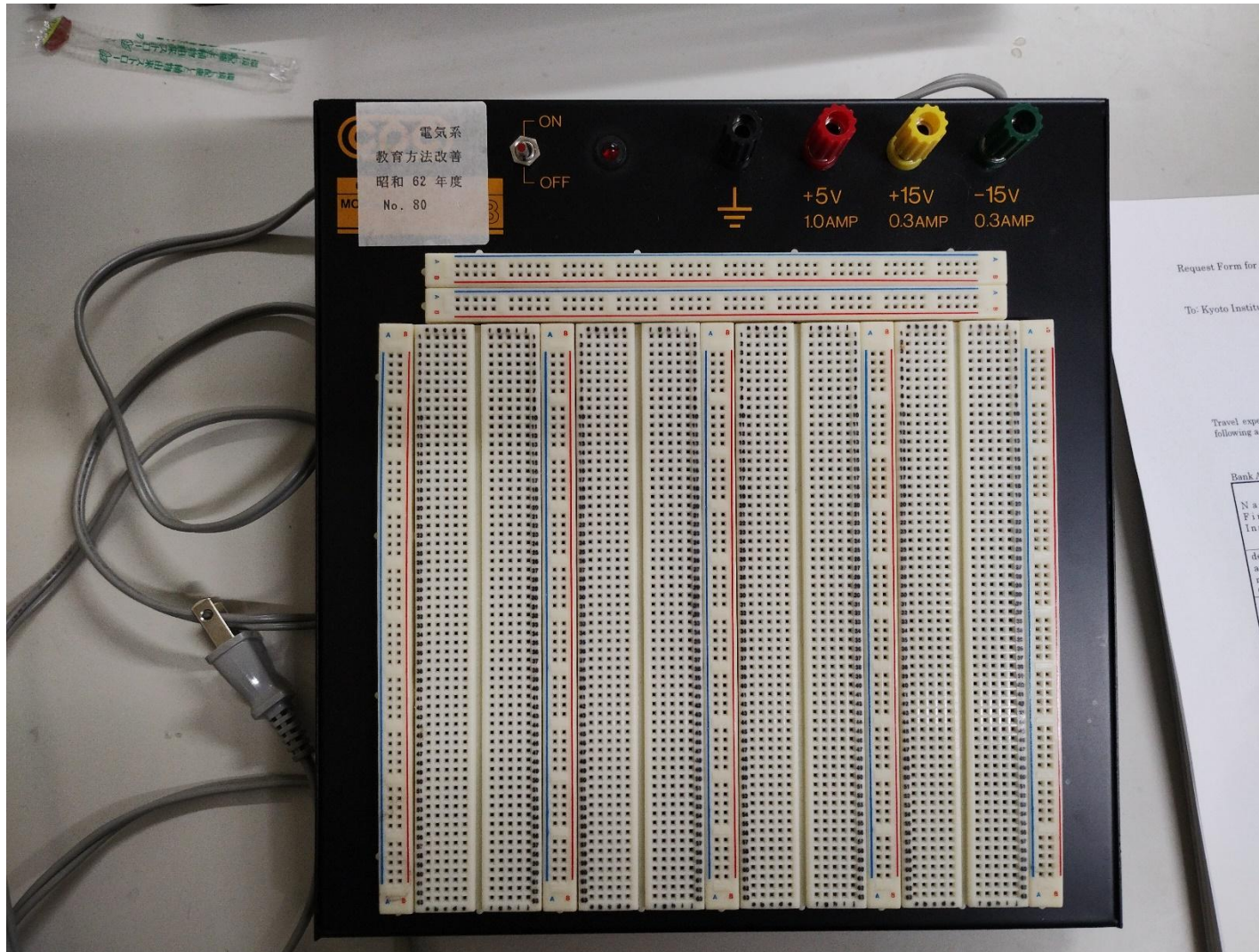


ブレッドボードの使い方

行に配置されたピン(孔)は横一列に電氣的に接続されています



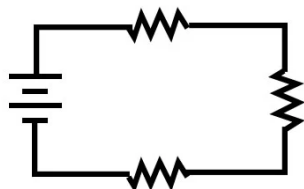
ブレッドボードの使い方



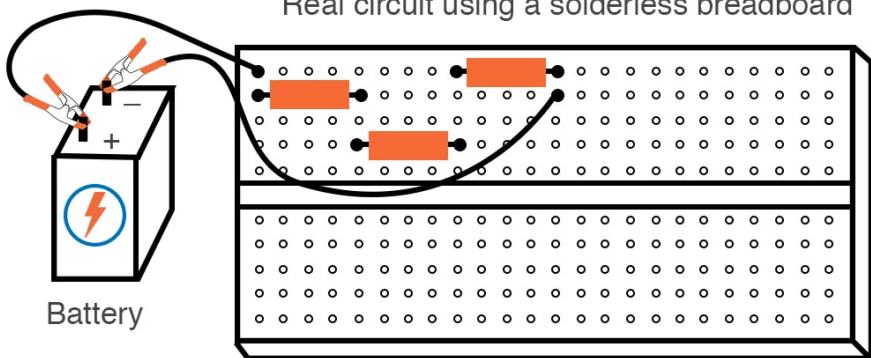
ブレッドボードの使い方

簡単な例：直列回路と並列回路

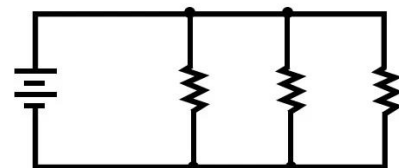
Schematic diagram



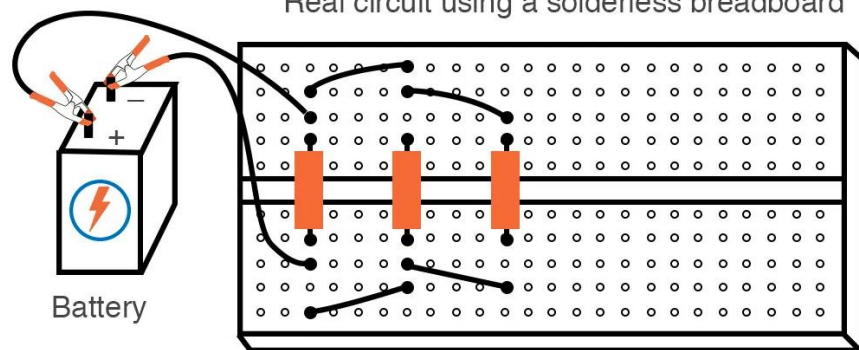
Real circuit using a solderless breadboard



Schematic diagram

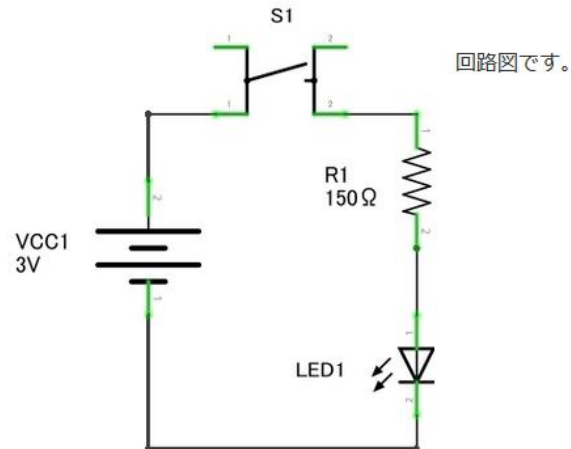
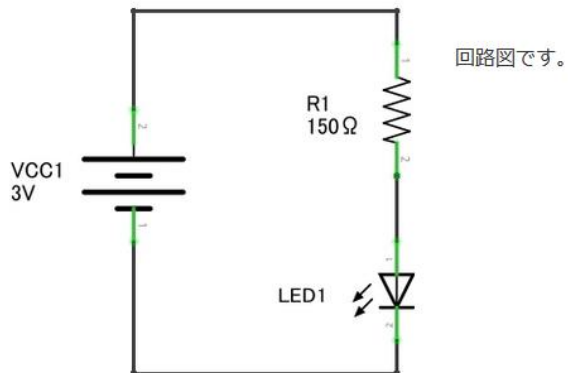
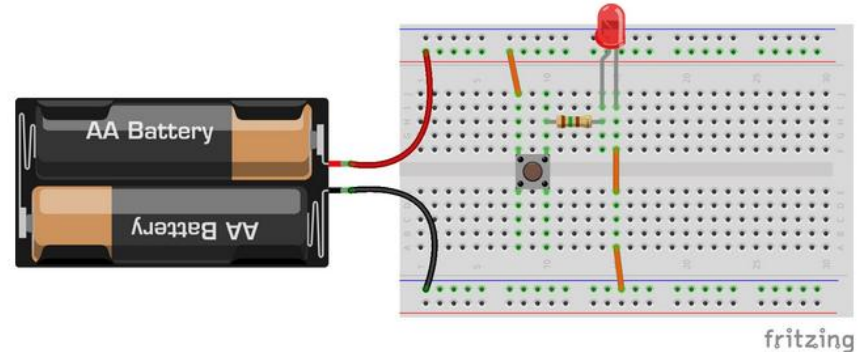
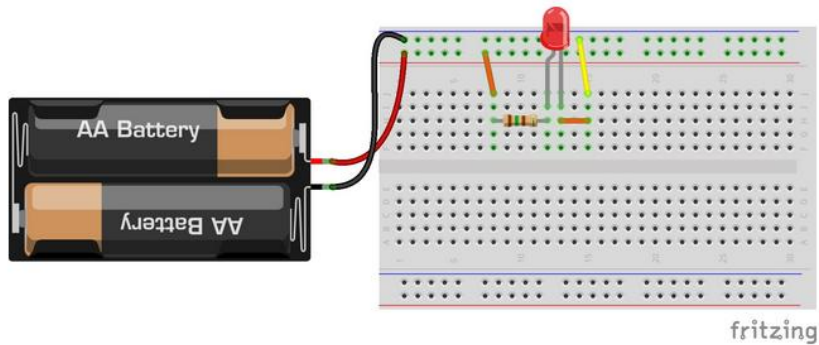


Real circuit using a solderless breadboard



ブレッドボードの使い方

簡単な例



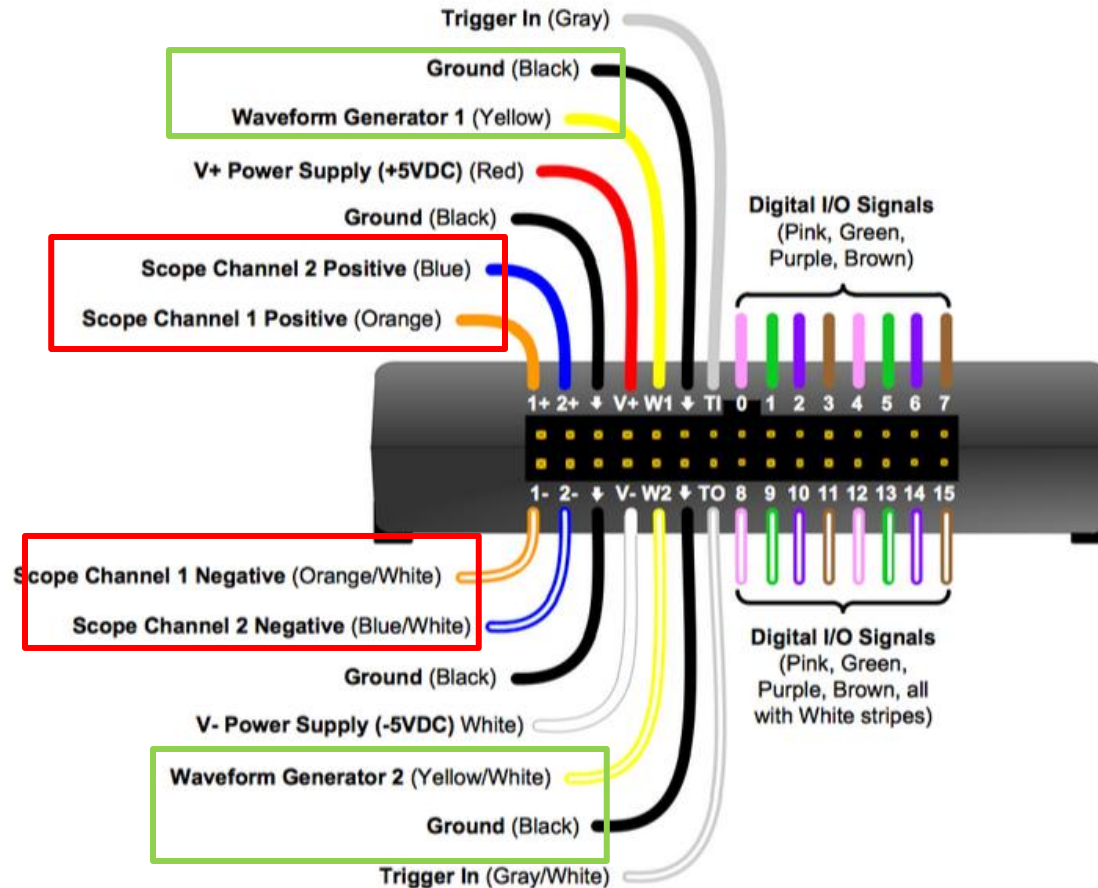
ANALOG DISCOVERY

USBとパソコンに繋がって、様々な機能を持った小型な計測器・信号発生器

- オシロスコープ
 - アナログチャンネル数: 2
- ファンクションジェネレーター(信号発生器)
 - グナルジェネレーター数: 2
- 電源供給機能 (5V, 50mA)

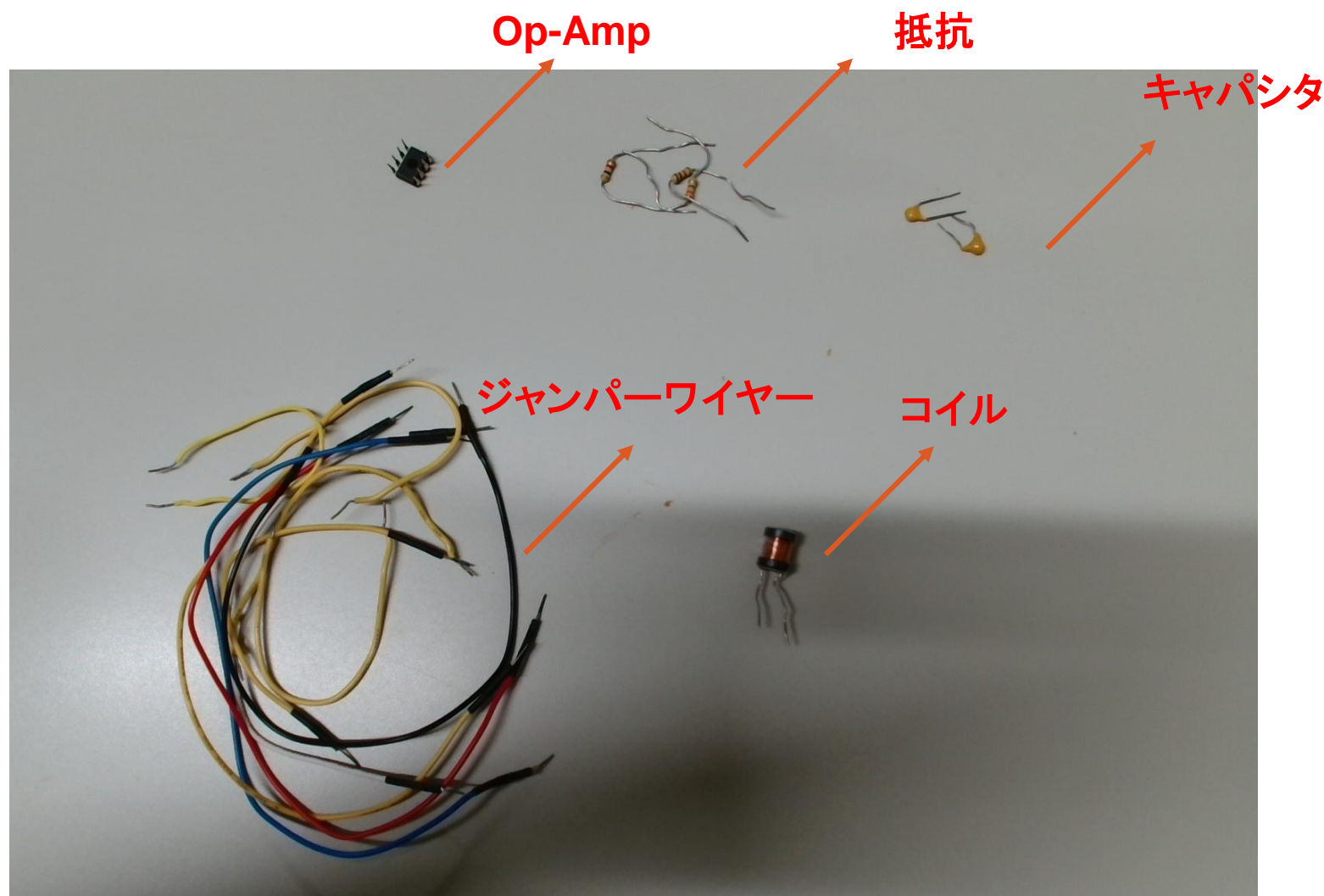


ANALOG DISCOVERY



<https://digilent.com/reference/test-and-measurement/analog-discovery/reference-manual?srsId=AfmBOorr8zd6gRkim90DsbXbxVx4k5wlsOEzZPSgJZlpAaXtjdLs3frd>

電子部品のパーツケース



抵抗、コイル、キャパシタの値の読み方はテキストの「11ページ」に参考してください

WAVEFORM

Analog Discoveryに対応する計測デバイス用の仮想計測ソフトウェア

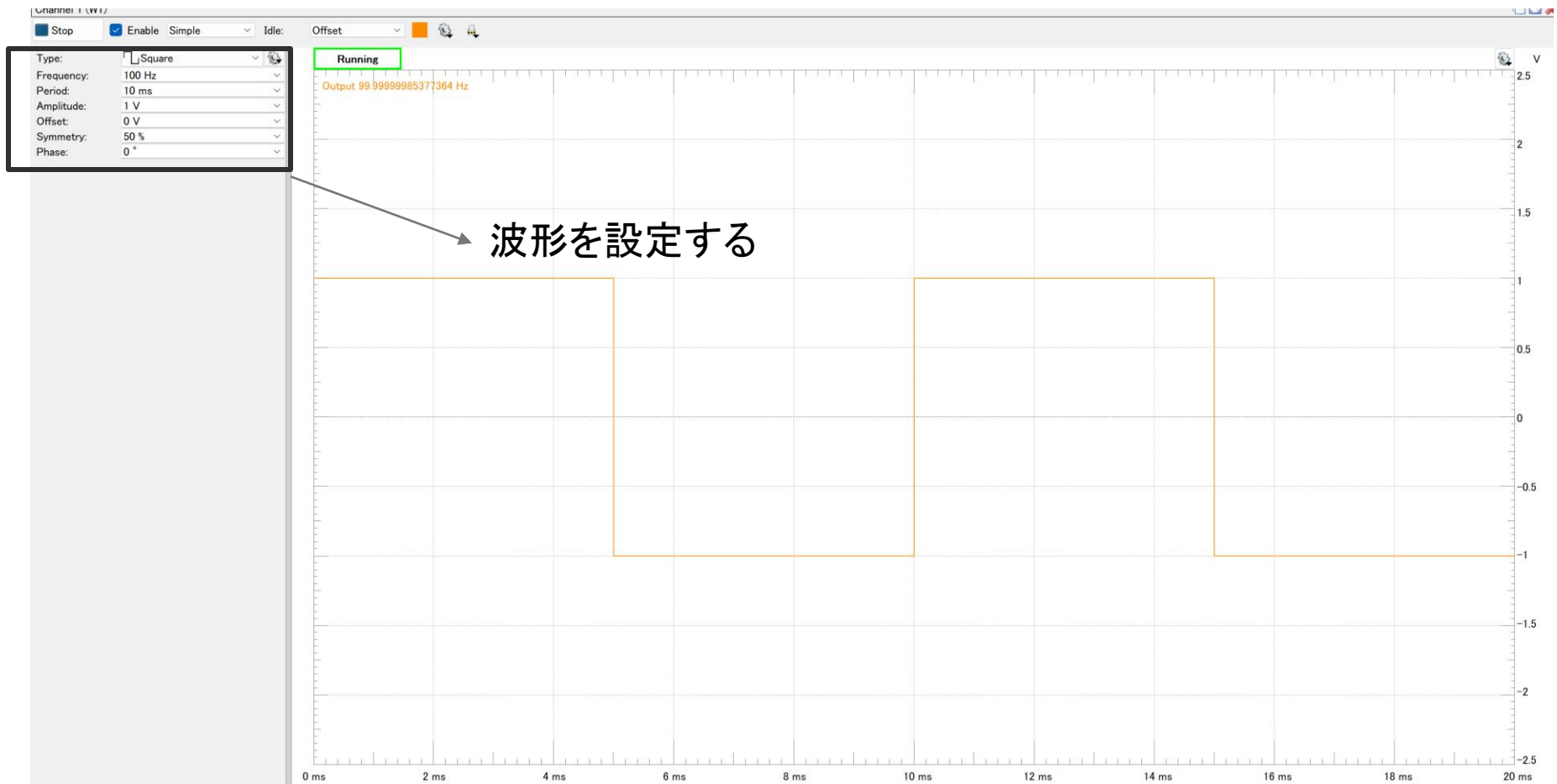
- Mac, Linux, Windowsと対応する
- ここからダウンロードできる
 - <https://digilent.com/shop/software/digilent-waveforms/download>
(登録が必要になる)
 - <https://lp.digilent.com/complete-waveforms-download>
(ちょっと古いバージョンで、登録は必要ない)
- インストールする方法
 - <https://digilent.com/reference/software/waveforms/waveforms-3/getting-started-guide>
- マニュアル
 - <https://digilent.com/reference/software/waveforms/waveforms-3/reference-manual>

WAVEFORM

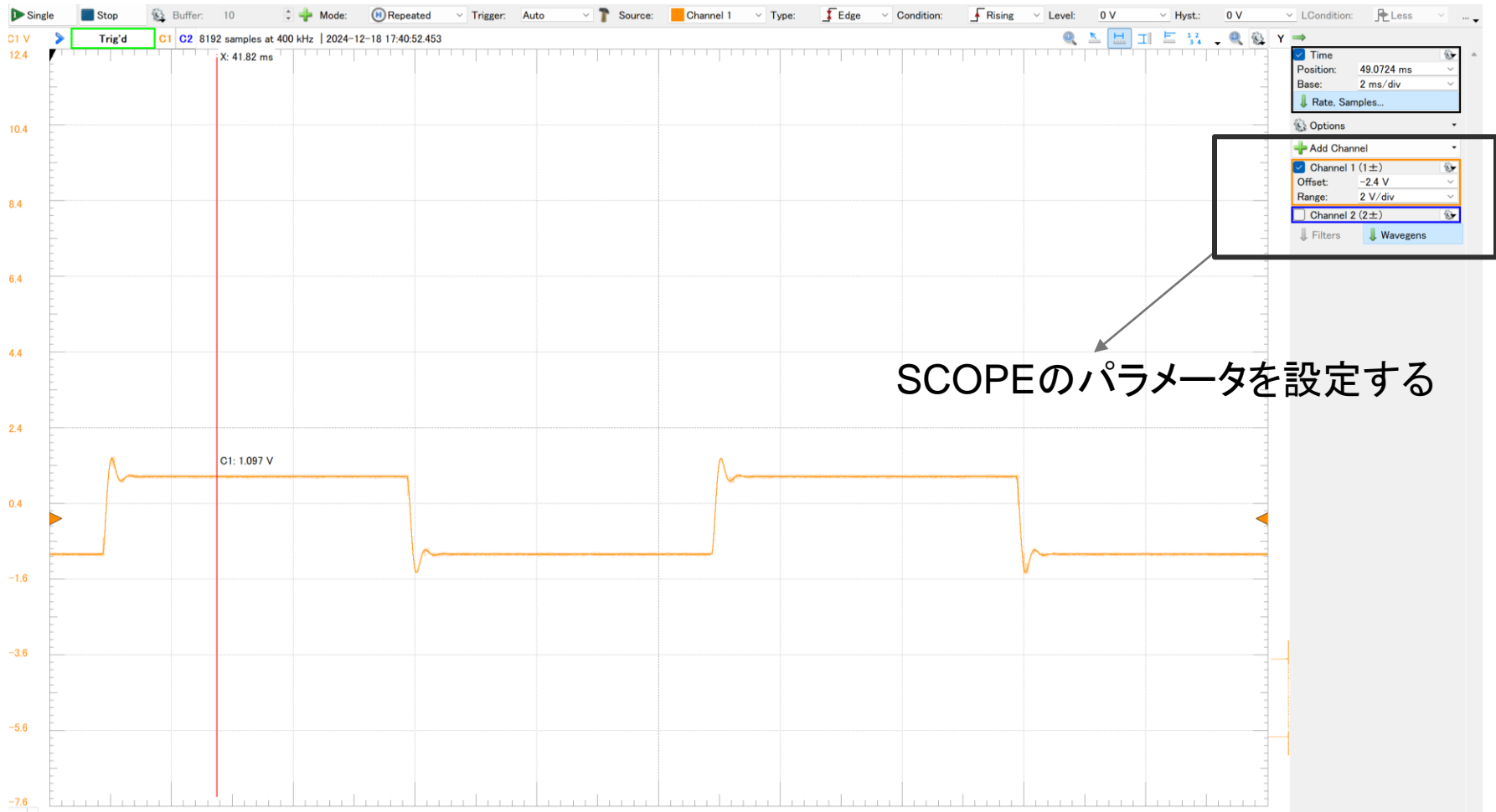
クリックしたら、このページが開かれます



WAVEFORMのWAVEGEN

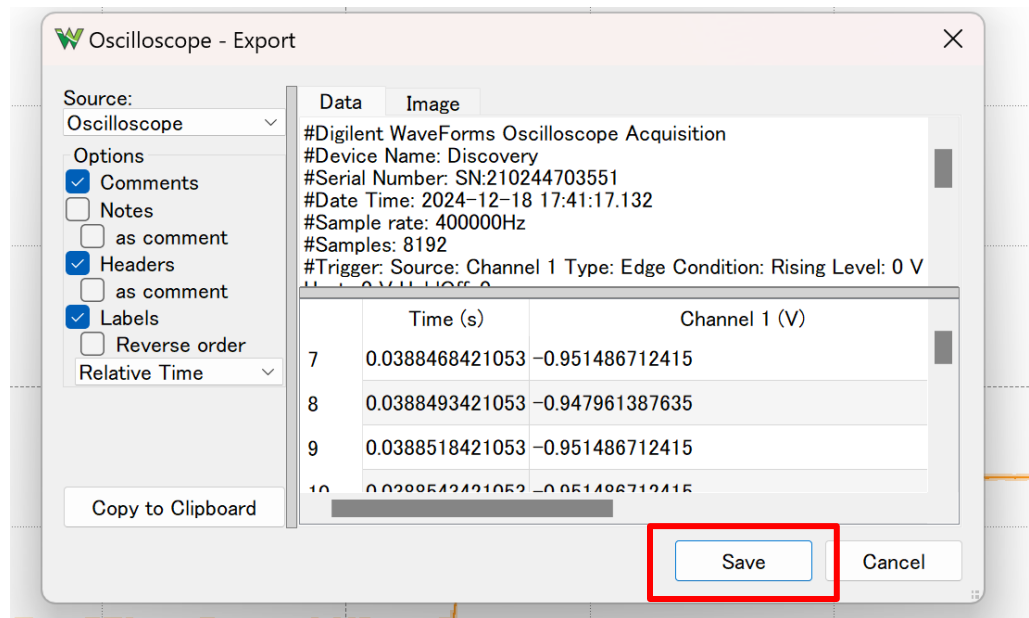
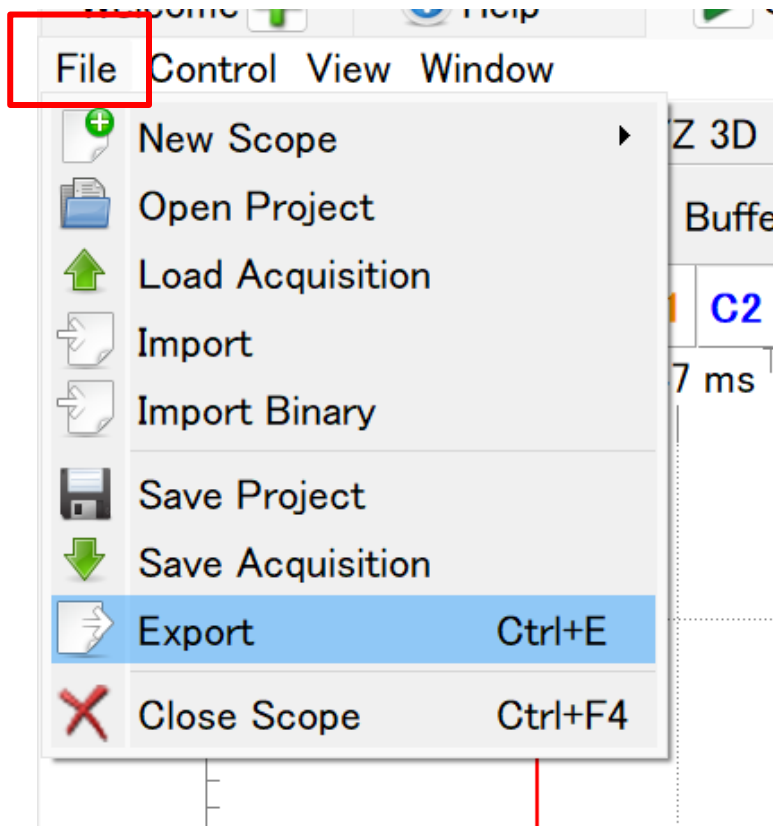


WAVEFORMのSCOPE



WAVEFORMのSCOPE

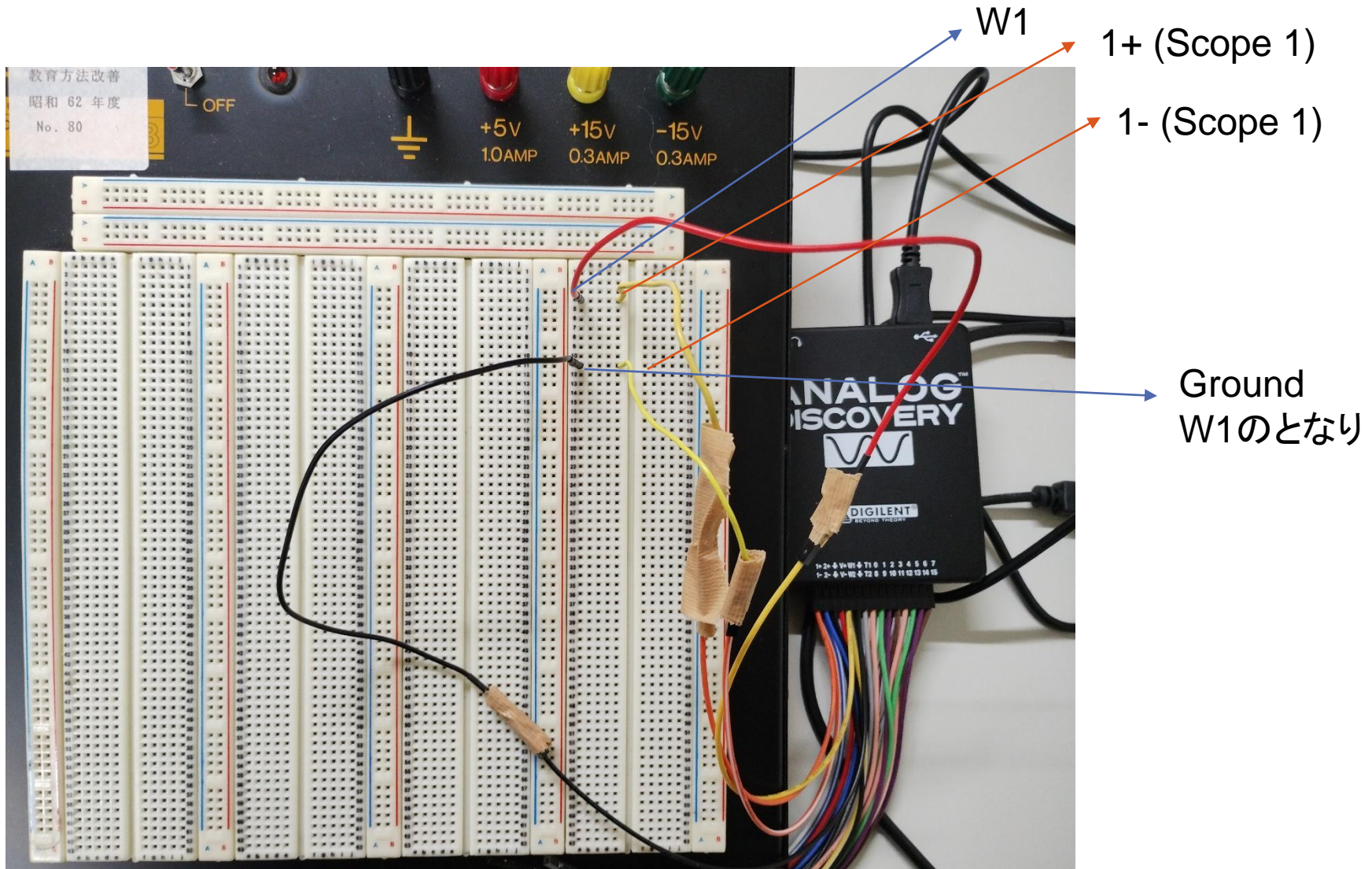
File -> Export をクリックしたら、データをcsvファイルでExportできる



第2回実習の内容

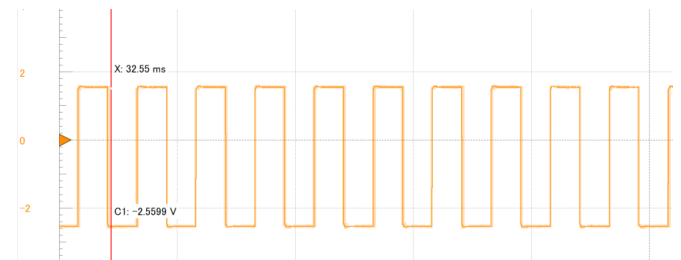
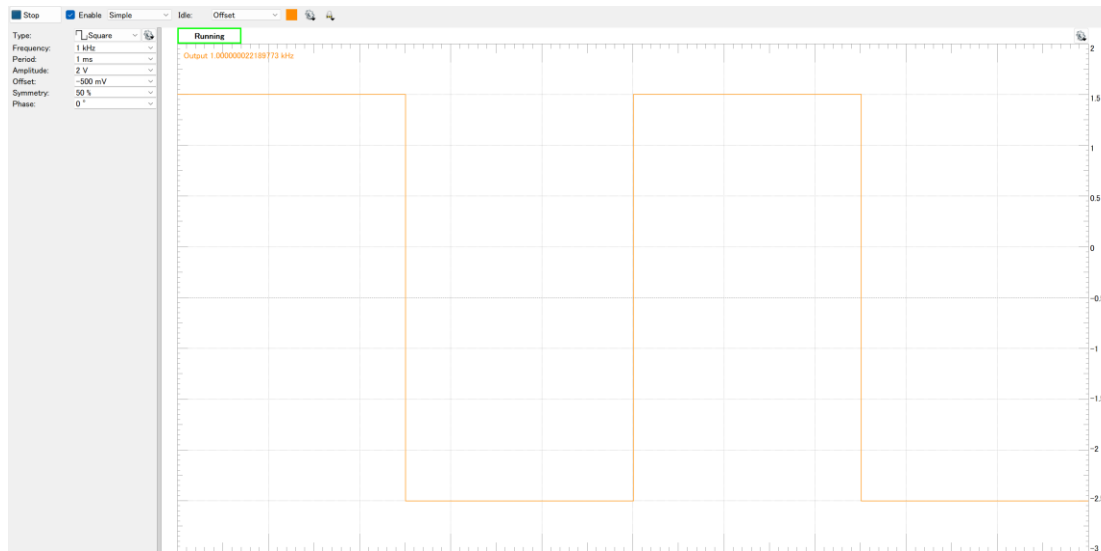
1. Waveformが正しい波形を生成できるかどうかを Analog Discovery のScopeで確認してください
2. **最初、Op-Ampなしで**、図2のLCR 回路を構築して、SCOPEを使って、「C」の電圧を確認してみてください
3. **Op-Ampありで**、LCR 回路を構築して、SCOPEを使って、Capacitorの電圧を確認してみてください

1. WAVEFORM が生成した波形を DISCOVERY で確認する簡単な実験



1. WAVEFORM が生成した波形を DISCOVERY で確認する簡単な実験

WaveGenで生成した信号とそのままSCOPEで計測できるはず



2. OP-AMPなしで、LCR 回路を構築して、「C」の電圧を確認する

- 図2のLCR 回路を構築する

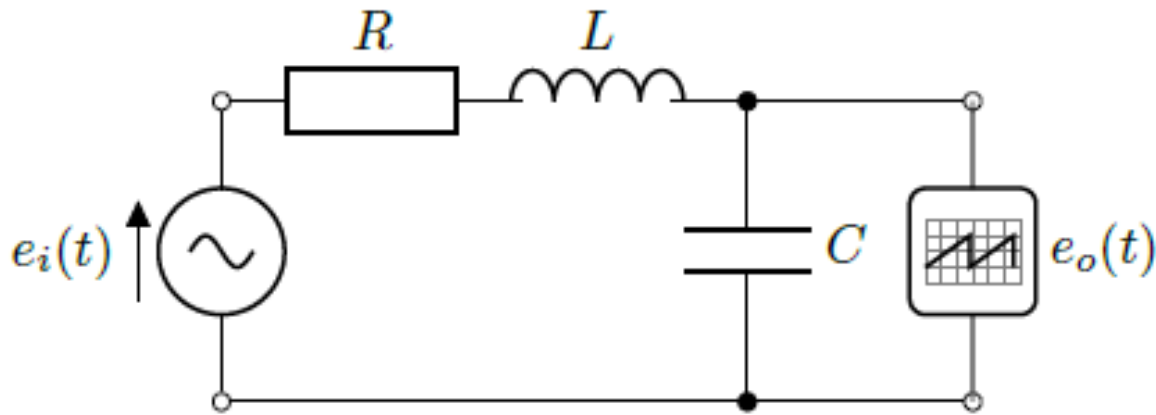


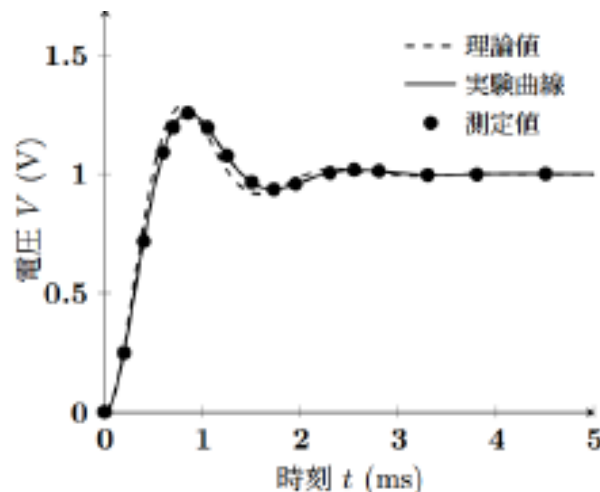
図 2 LCR 直列回路

- $\sqrt{2}/6 < \zeta < \sqrt{2}/3$ になるようにL,C,Rの値を持つ部品を選んでください
- 確認した測定値を理論値と比較するグラフを作成して下さい

2. OP-AMPなしで、LCR 回路を構築して、 「C」の電圧を確認する

ヒント

- WaveGenで生成した波形の「Frequency」を低く設定してください (50Hz-500Hz)
- 理論値を計算するとき、コイル(インダクタ)の抵抗の値を考慮してください (テキストの7ページ)
- グラフを作成する際には、理論値と測定値を両方表示できるように、一つのグラフにまとめてください



3. OP-AMPありで、LCR 回路を構築して、 「C」の電圧を確認する

OP-AMP

- オペレーショナルアンプ(OP-AMP)は、弱い電気信号を増幅できる統合回路です。
- 来週のゲイン特性を観察するためにやくに立つ。
- 具体的な内容をテキストのページ9と10に参考してください

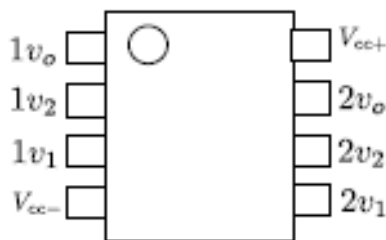
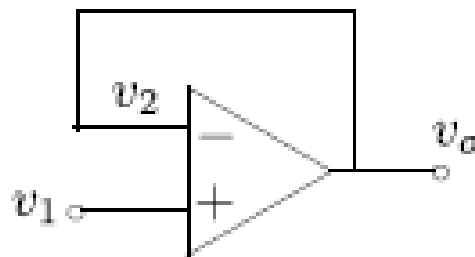


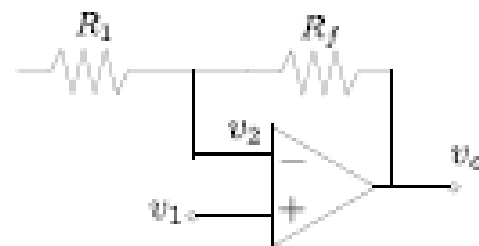
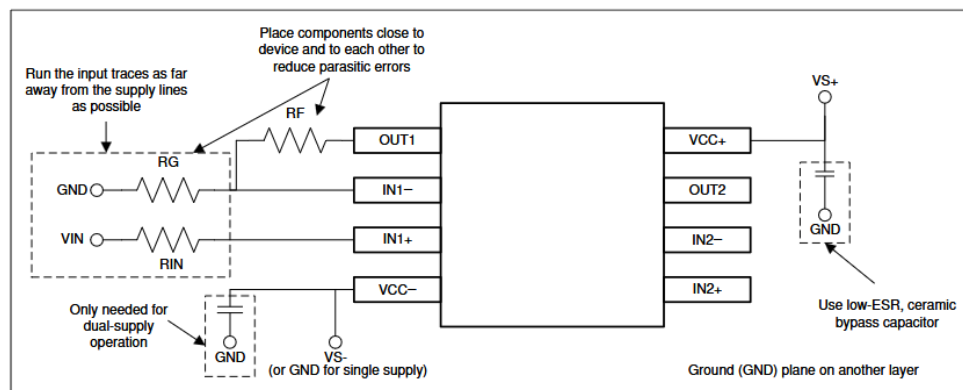
図9 RC4558

3. OP-AMPありで、LCR 回路を構築して、 「C」の電圧を確認する（時間があれば）

- まず、Op-Ampを電圧フォロワの形式を構築して、 $V_{out}=V_{in}$ になるかどうかを確認してください



- そうしたら、非反転増幅回路の形式を構築して、 V_{out} が増幅されているかどうかを確認してください



(a) 非反転増幅回路

3. OP-AMPありで、LCR 回路を構築して、 「C」の電圧を確認する

- Op-Ampの出力電圧を、以前に組み立てたLCR回路に入力し、「C」の電圧を測定してください。

ヒント

- Op-Ampを使用する際には、ブレッドボードのGNDも接続する必要がある(WaveGenのGNDなど)
- V_{out}/V_{in} の増加率は 大体 $(1 + R_f/R_1)$ ぐらいになります。
この増加率が5倍から10倍程度になるように、抵抗を選んでください
- もしOp-Ampを用いたグラフを描く場合、 $A(t)$ の論理値にもその増加率を乗じてください。