

電気工学通論をおもしろくする講義 と製作演習

—ブレッドボードによる電気・電子回路の製作演習—

[本稿のWebページ](#)

古橋 武

名古屋大学

問題意識

- 電気・電子工学通論の講義がおもしろくない。
- // が難しすぎる。
- 電気・電子工学に興味がない。

目的：電気工学に対する概要理解と興味の喚起

対象：電気・電子工学を専門としない工科系学生

人数：100名程度（平成21年度は50名）

アプローチ：座学

+

「見て」「聴いて」楽しむ製作演習
ハンダづけを必要としない回路製作

（学生実験との違い）

「壊す」「失敗する」体験学習

講義の実施手順

前半の約45分:

座学 (板書, パワーポイントのスライド, オシロスコープの画面をプロジェクタで投影して回路動作の実演, など)

後半の約45分:

製作演習

毎回製作課題を出題する.

TAが各自の製作回路の動作をチェックする.

→ OKなら名簿にチェック

講義内容(電気工学通論I)

1. R-L-C回路
2. 記号法
3. 交流回路網
4. フィルタ回路
5. 過渡現象
6. ひずみ波交流
7. ダイオード
8. トランジスタ
9. 増幅回路

製作演習課題例

Step 1. 準備1:関数発生器

Step 2. 準備2:オーディオアンプ

Step 3. 準備3:LED表示式電圧計

Step 4. RC直列回路

Step 5. LC並列回路

Step 6. RC回路網

Step 7. ハイパスフィルタ

Step 8. RC過渡現象回路

Step 9. ひずみ波

Step 10. ダイオード

Step 11. トランジスタ(バイポーラ)

Step 12. 増幅回路(バイポーラ)

位相差を目で見る

共振現象を音で聞く

位相差を目で見る

位相差を目で見る

一次遅れ系を目で見る

ひずみ音を音で聞く

特性を目で見る

特性を目で見る

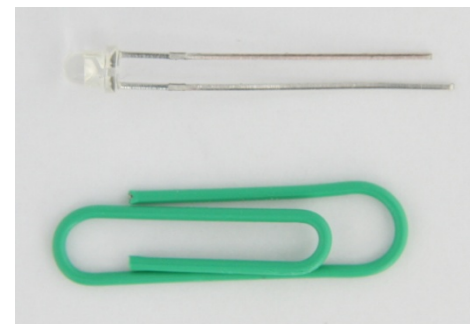
音響機器で聞く

部品リスト

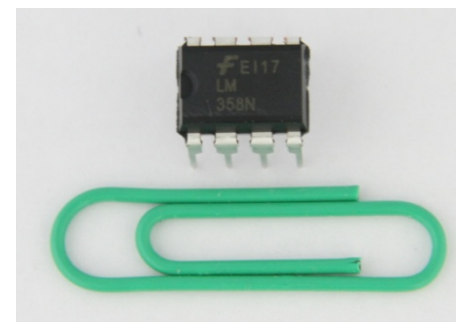
部品		個数	単価	部品別合計金額
LED	赤	8	4	32
MOS FET	2SK2231	1	70	70
イヤフォンプラグ		1	75	75
オーディオアンプ	LM386N-1	1	50	50
オペアンプ	LM358N	1	20	20
可変抵抗器	2k Ω	1	36	36
	100k Ω	2	36	72
コイル	1.5mH	1	18	18
コンデンサ	0.1 μ F	1	20	20
	1 μ F	1	11	11
	3.3 μ F	1	11	11
	10 μ F	3	9	27
	47 μ F	2	9	18
スピーカ		1	100	100
ジャンパ線		1	300	300
ダイオード	1N4148	1	1	1
抵抗	51 Ω	1	0.65	0.65
	100 Ω	2	0.65	1.3
	200 Ω	2	0.65	1.3
	510 Ω	5	0.65	3.25
	2.2k Ω	1	0.65	0.65
	10k Ω	1	0.65	0.65
	100k Ω	10	0.65	6.5
	電池ボックス(単3 \times 2)		4	75
トランジスタ	2SA1015	1	2.5	2.5
	2SC1815	2	2.5	5
ブレッドボード		1	357	357
マイコン	PSoC CY8C24	1	159	159
マイナスインプ		1	43	43
単3乾電池(4個入り)		2	100	200
部品ケース		1	100	100
キャリングケース		1	100	100
紙袋		1	20	20

合計金額

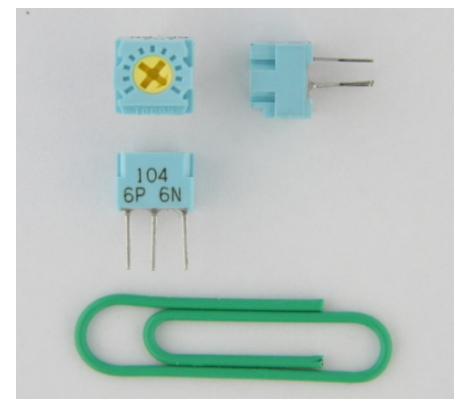
2161.8



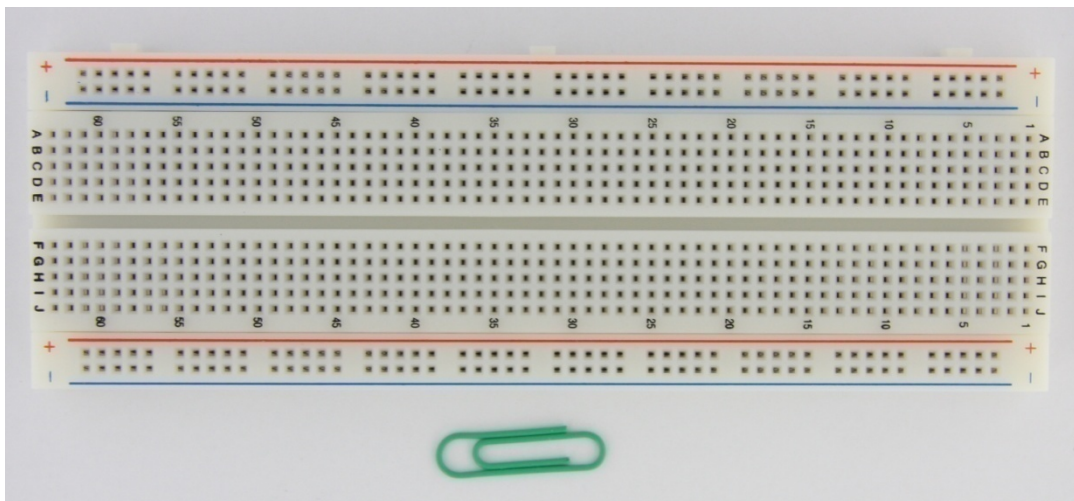
LED (発光ダイオード)



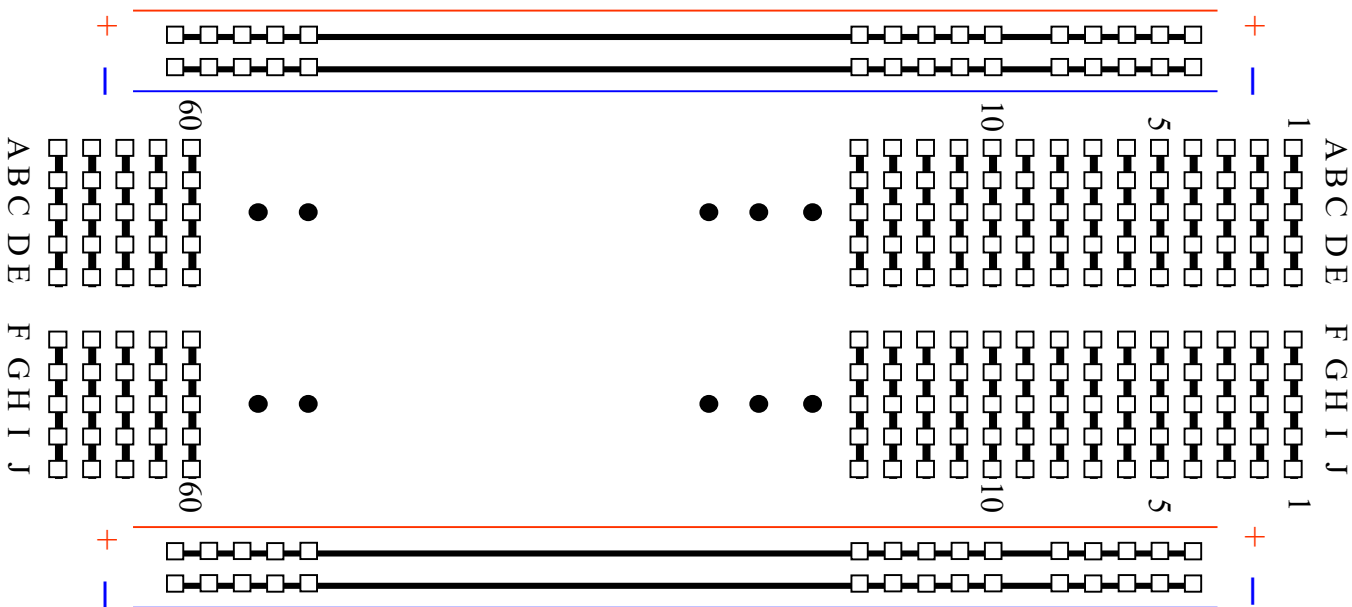
オペアンプ



可変抵抗器の例(100k Ω)

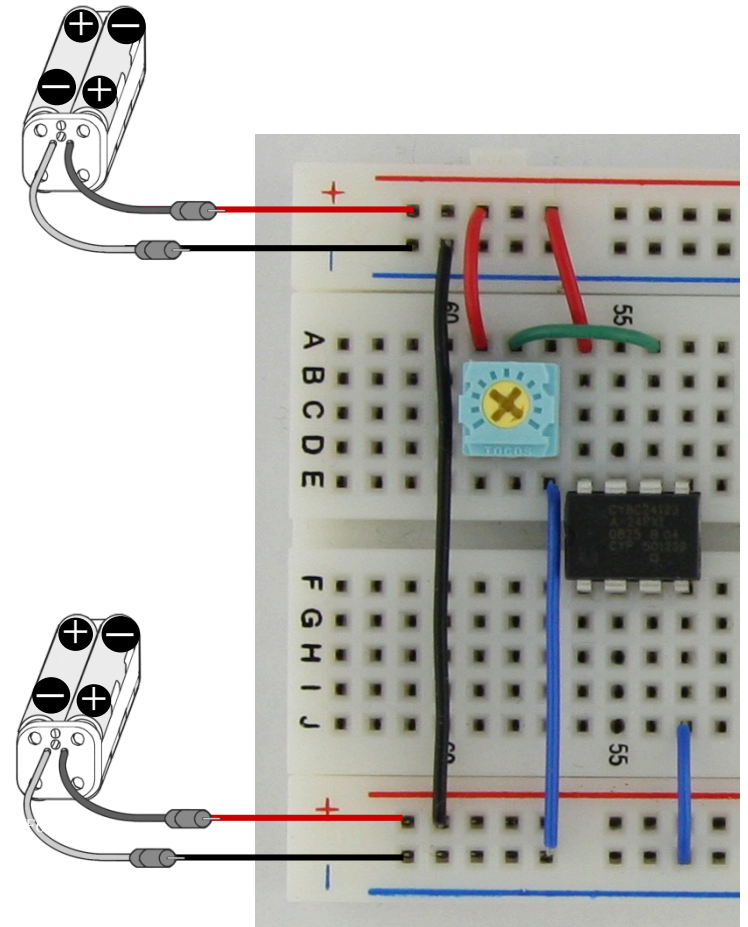
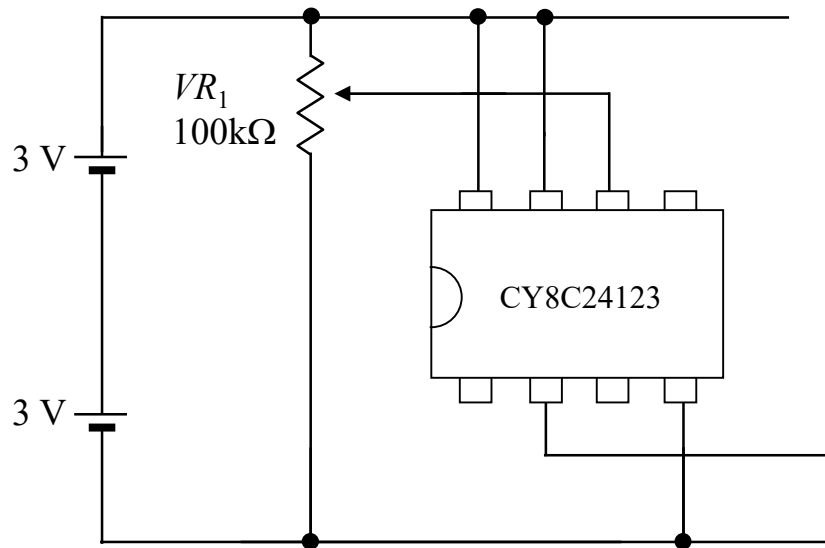


ブレッドボード



ブレッドボードの穴のつながりの様子

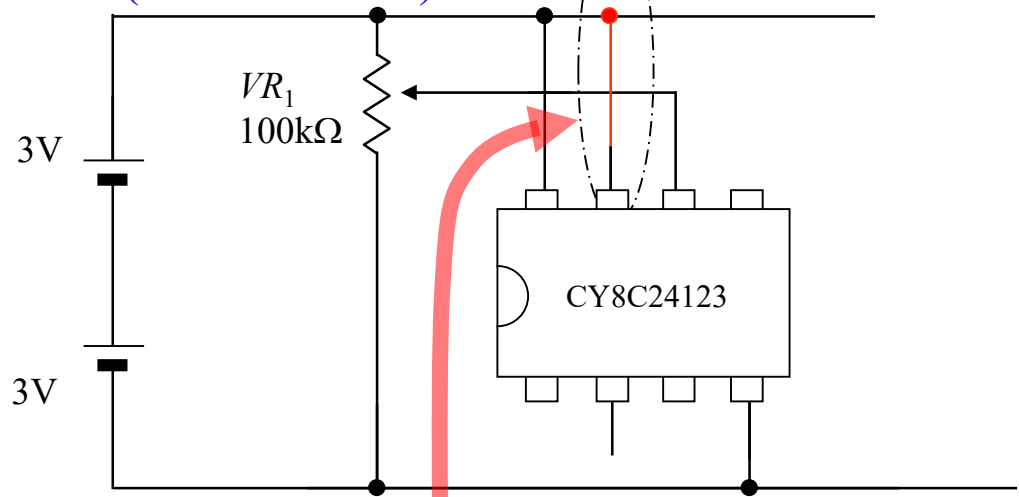
関数発生器



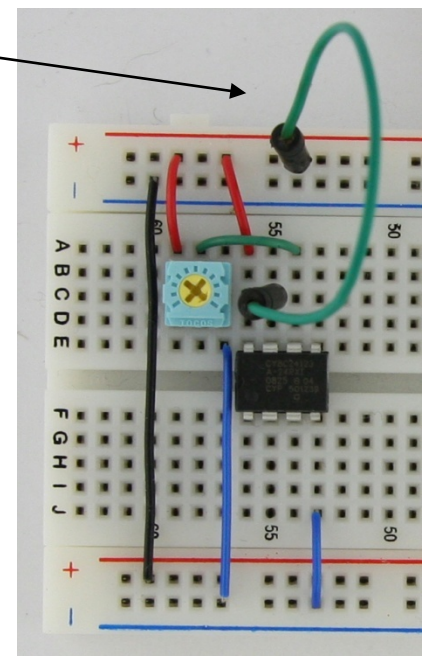
正弦波・矩形波を発生する

関数発生器

可聴域(400Hz~6kHz)モード

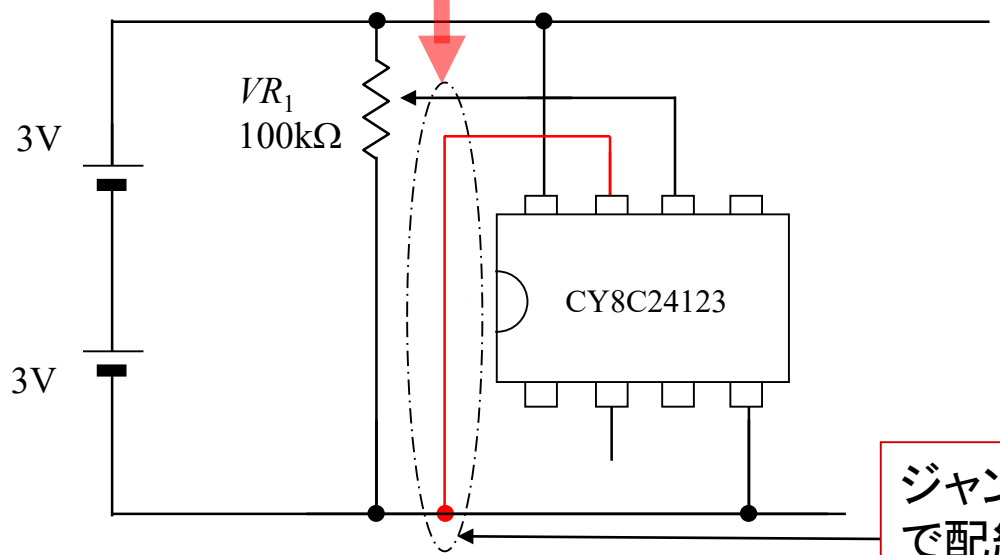


ジャンパ線で配線

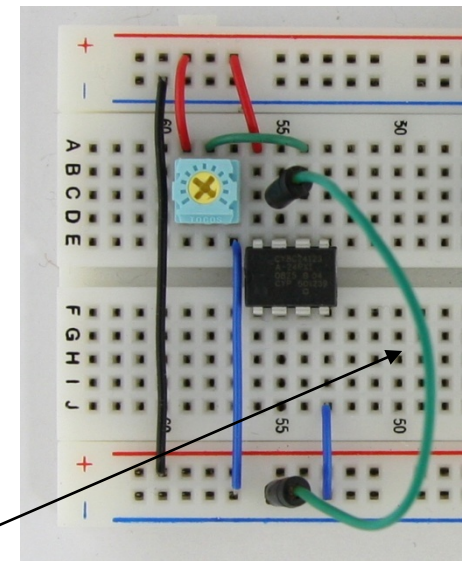


配線を変えて, 電源を入れ直すと動作モードが変わる

可視域(0.4 ~ 4Hz)モード

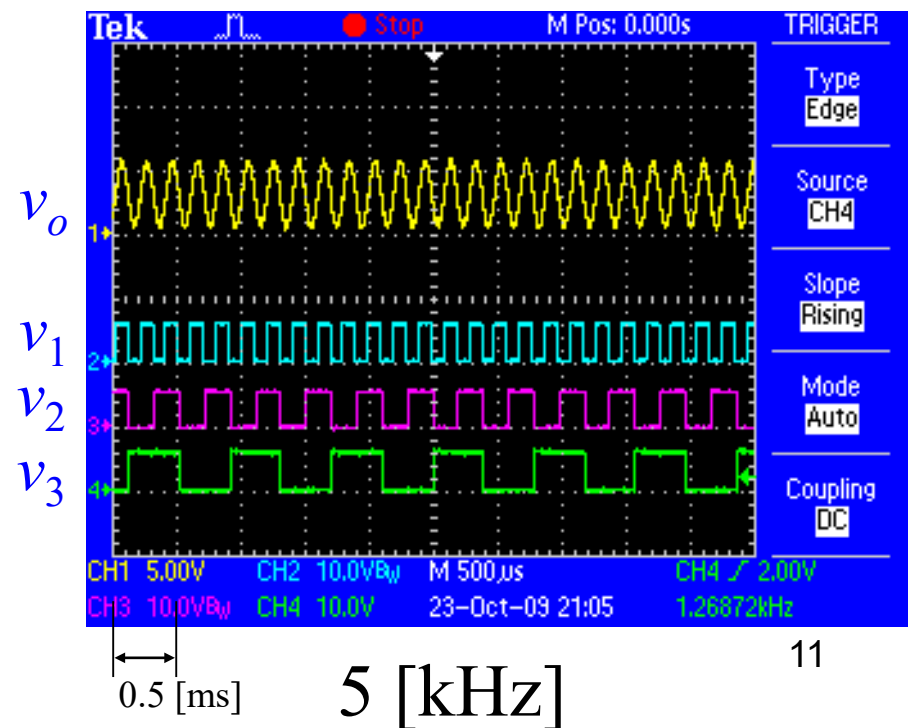
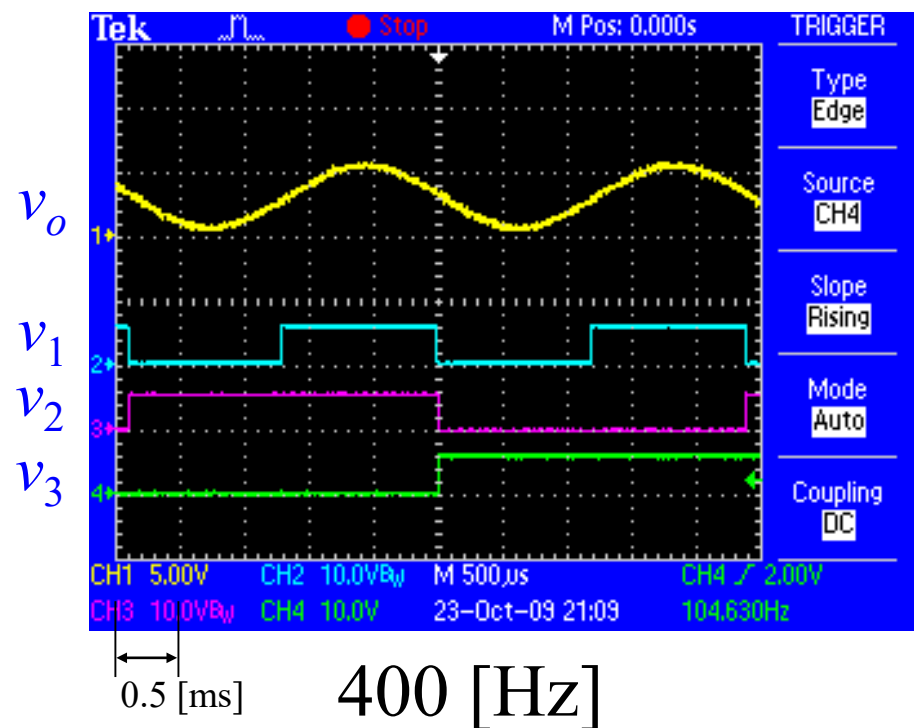
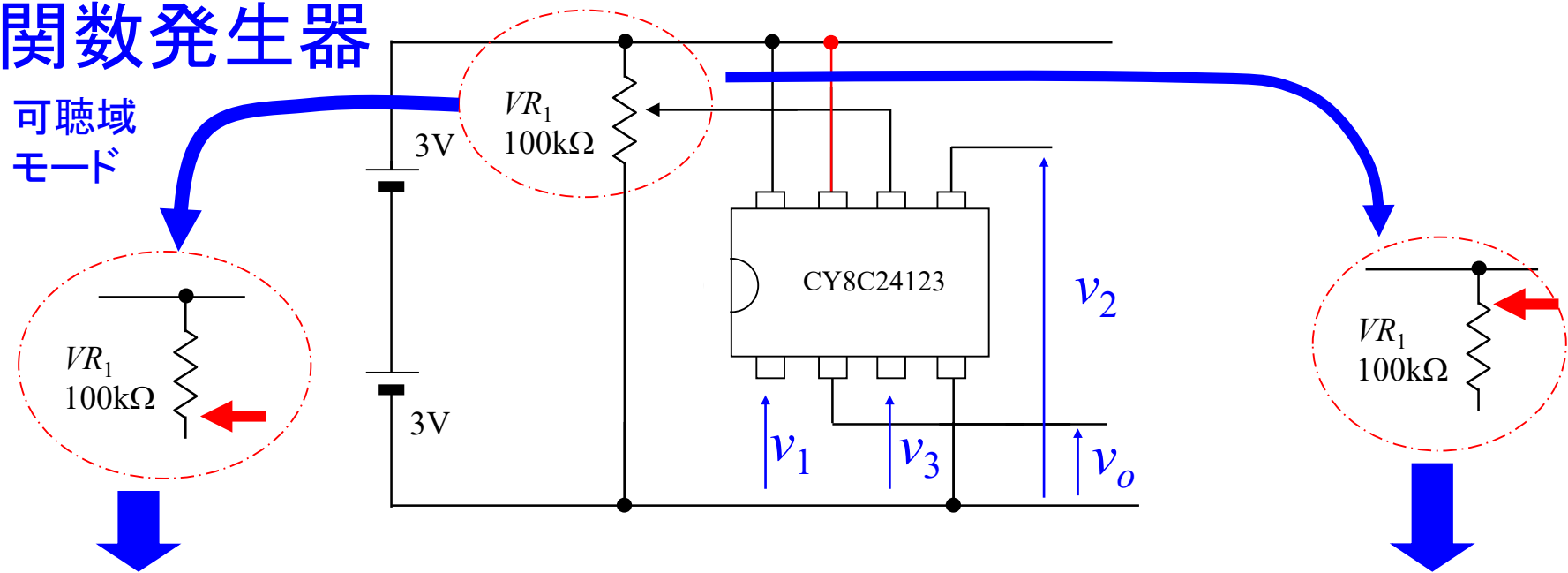


ジャンパ線で配線



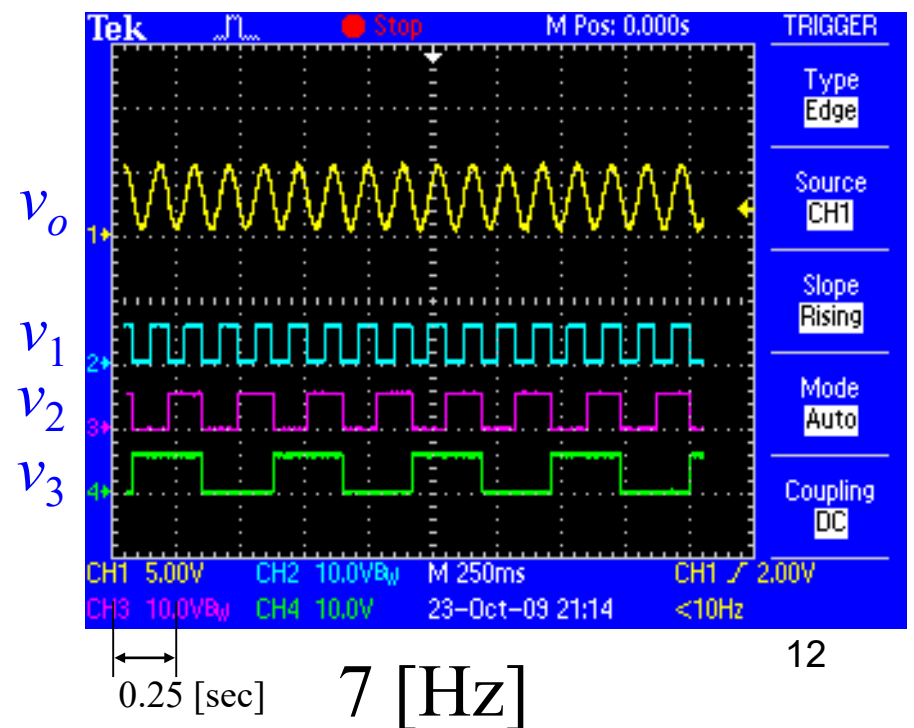
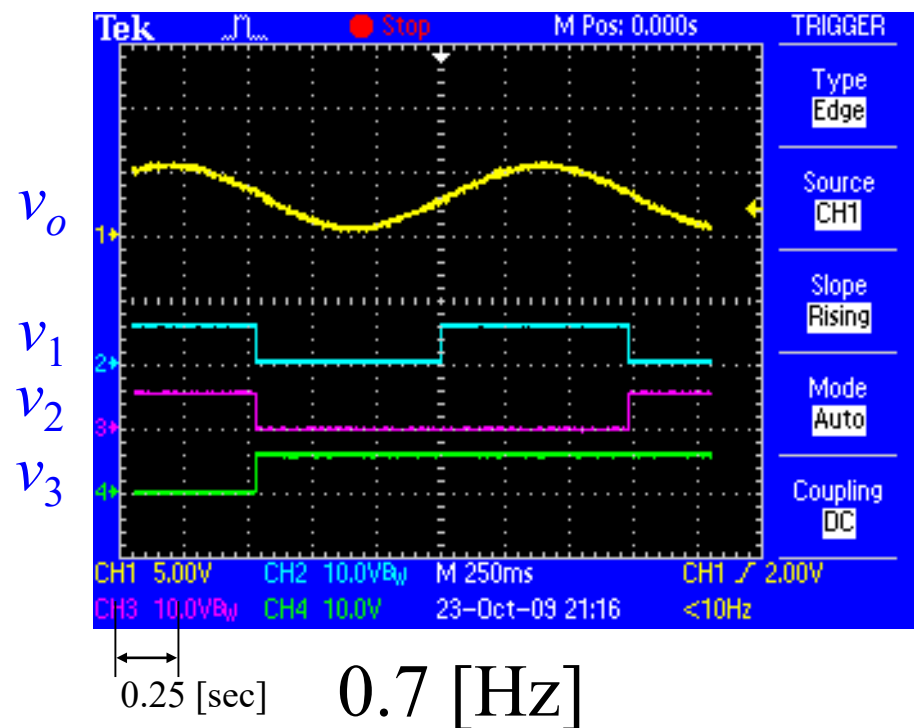
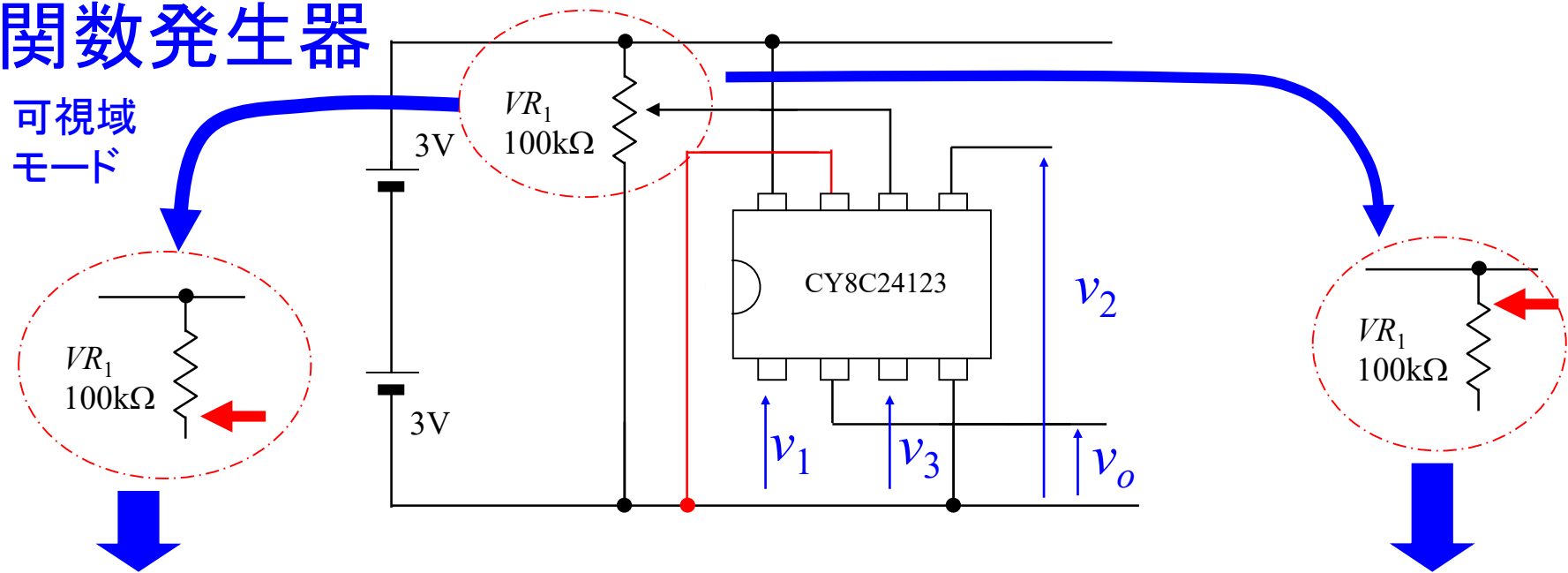
関数発生器

可聴域
モード

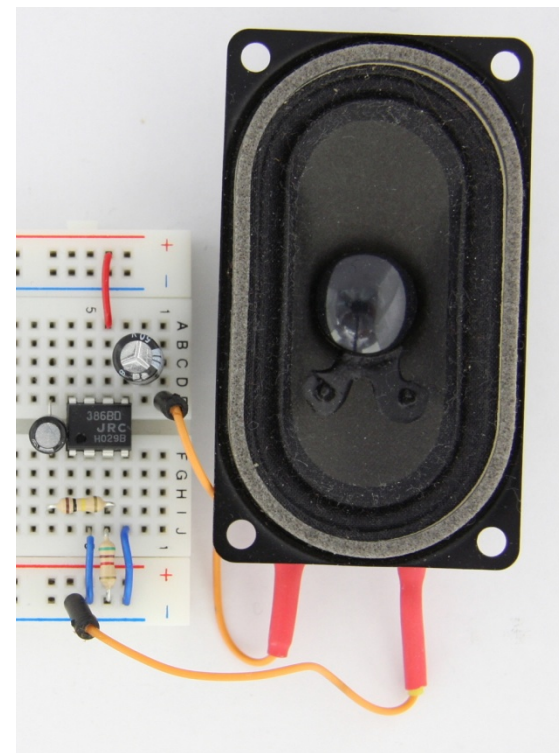
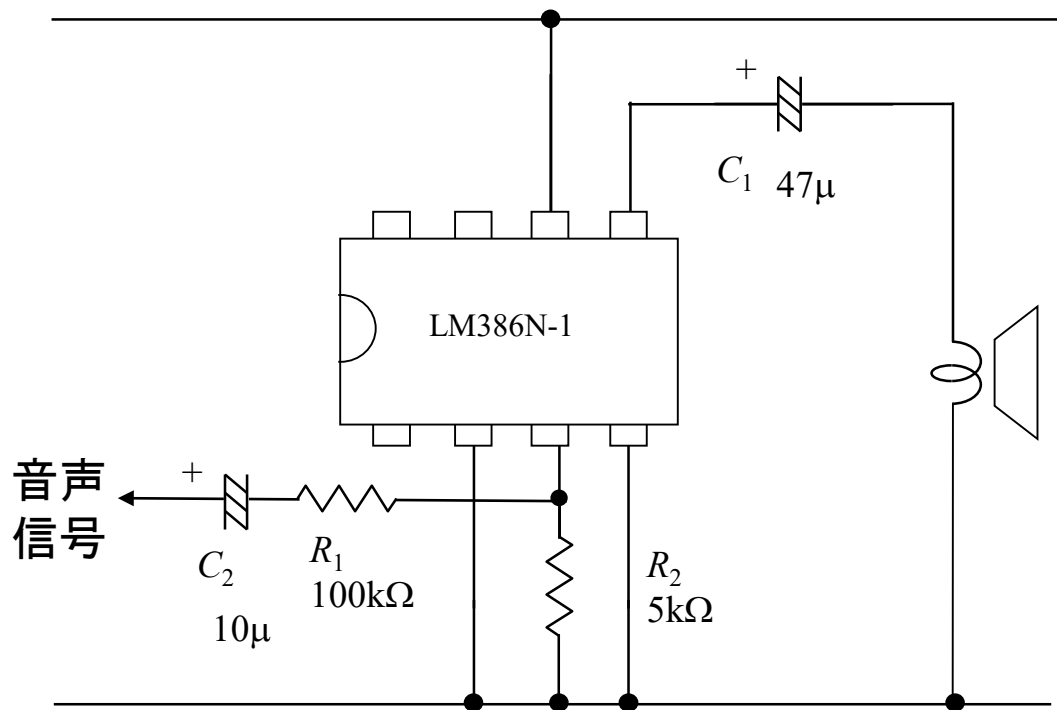


関数発生器

可視域
モード

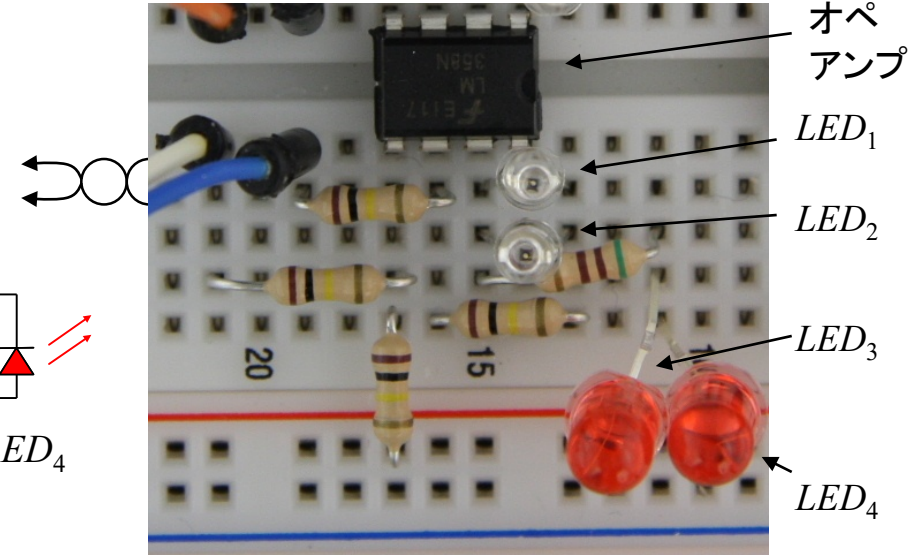
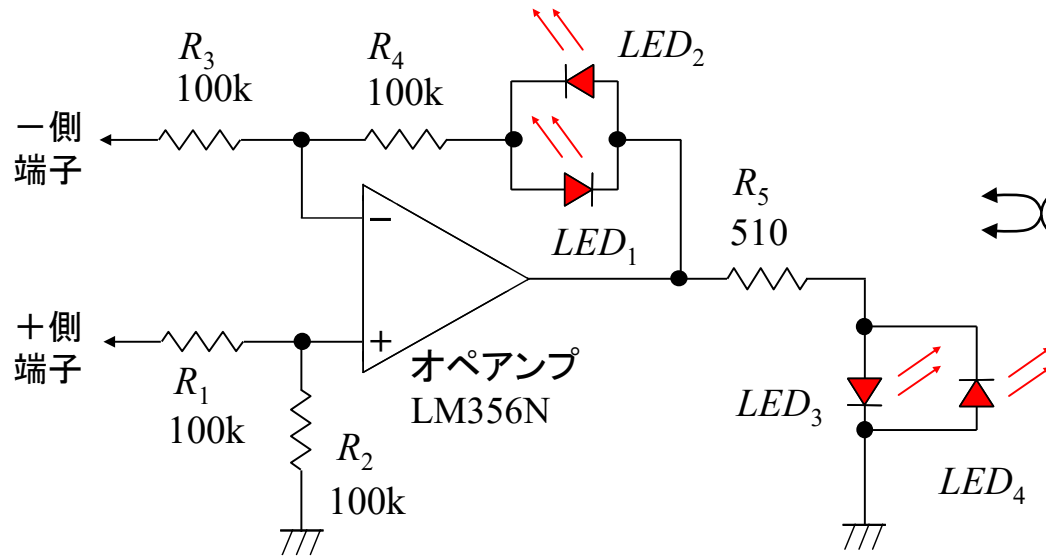


オーディオアンプ

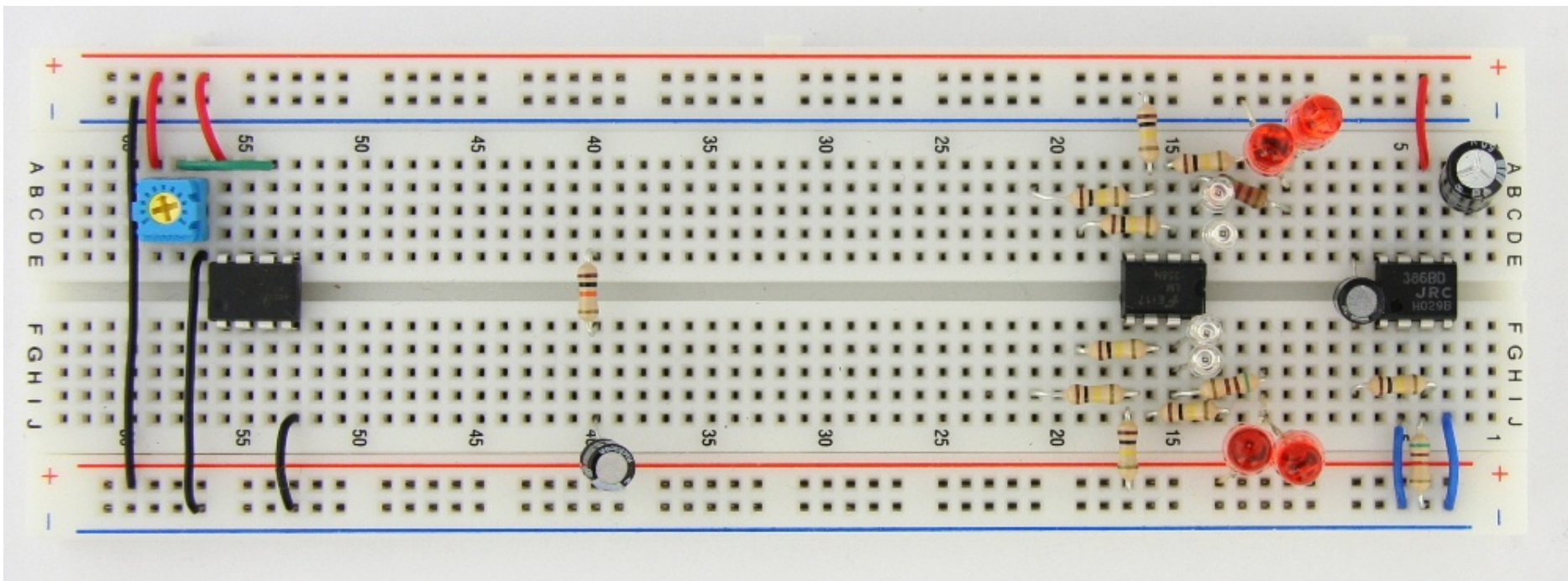


回路動作を音で聴く

LED電圧表示器



電圧波形を目で見る

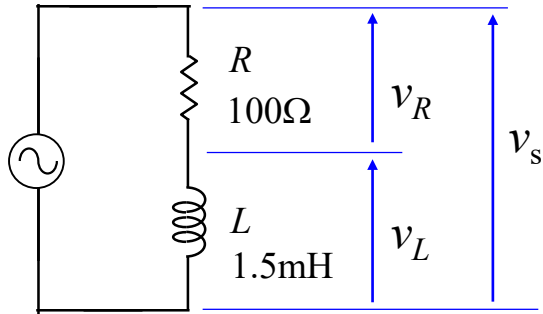


関数発生器

LED表示式
電圧計

オーディオ
アンプ

座学 R - C 直列回路



$$v_R = Ri_s$$

$$v_L = L \frac{di_s}{dt}$$

$$i_s = I_M \sin \omega t \text{ とすると}$$

$$v_R = RI_M \sin \omega t$$

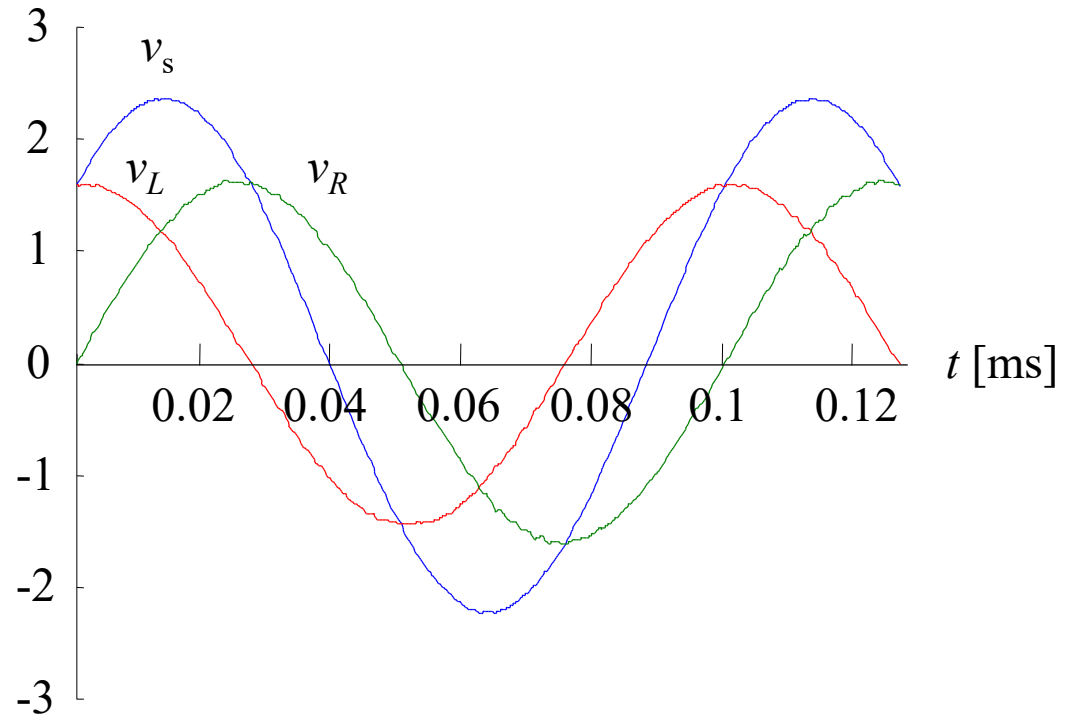
$$v_L = L \frac{d}{dt} I_M \sin \omega t = \omega LI_M \cos \omega t = X_L I_M \cos \omega t$$

$$R = 100 [\Omega]$$

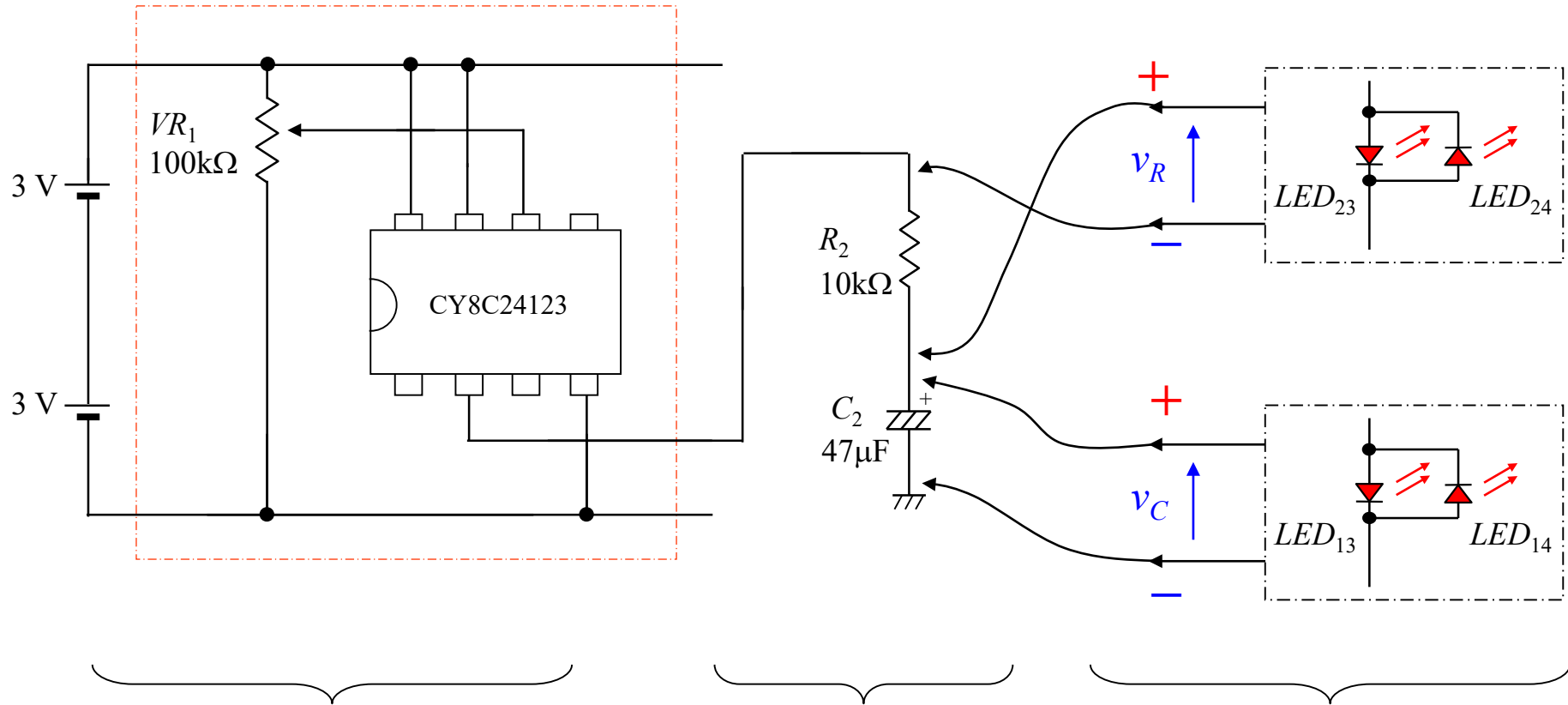
$$f = 10 [\text{kHz}]$$

$$L = 1.5 [\text{mH}]$$

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L = 2 \times 3.14 \times 10 [\text{kHz}] \times 1.5 [\text{mH}] = 94 [\Omega]$$



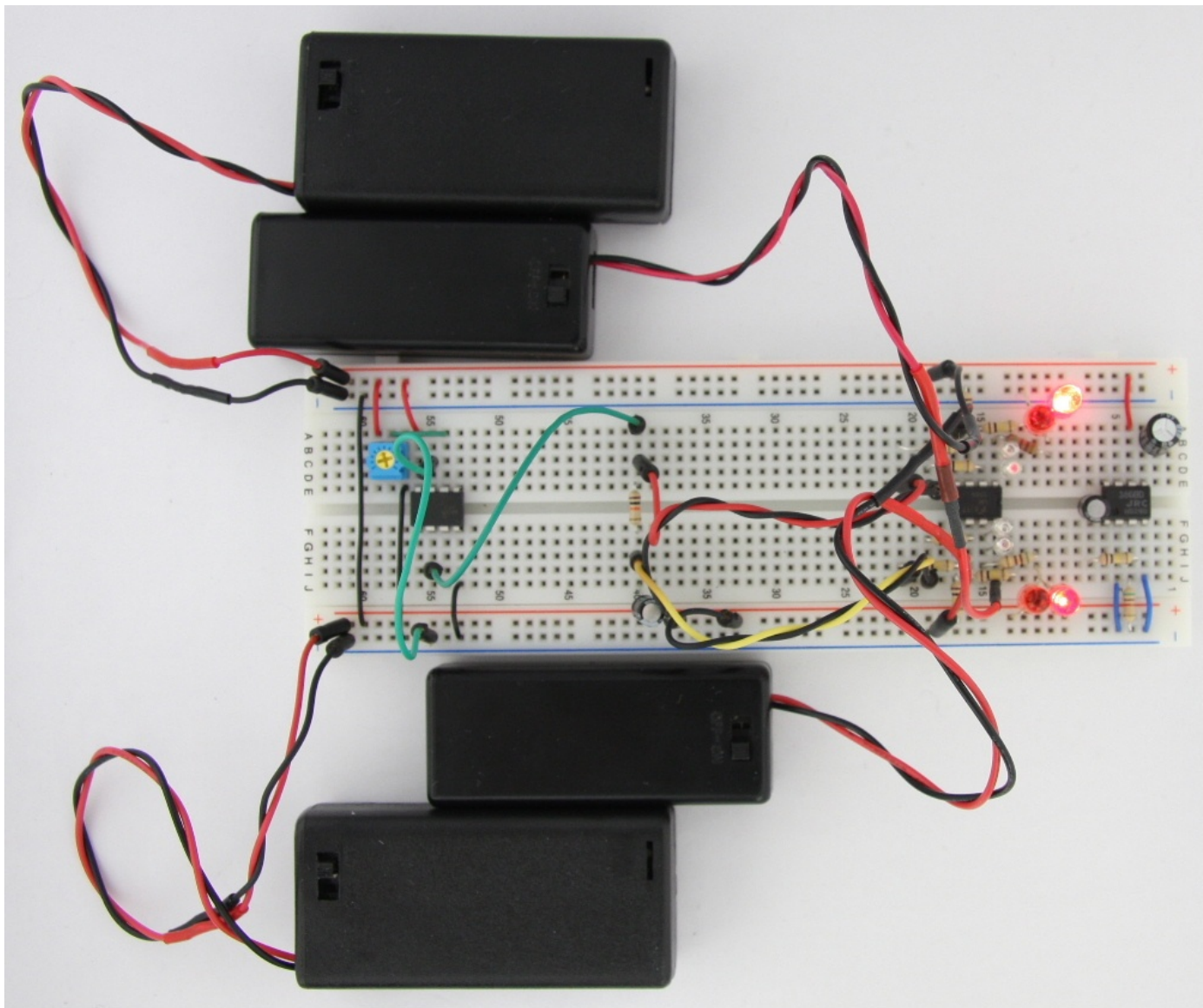
製作課題 RC直列回路の電圧観測



関数発生器

RC回路

LED表示式
電圧計

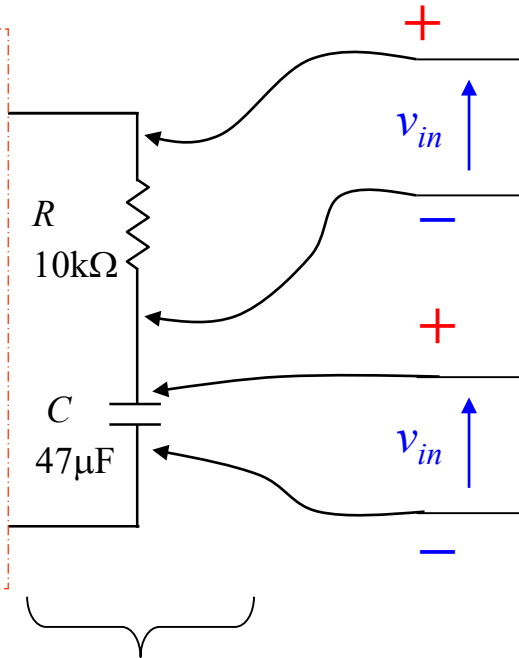


RC直列回路の電圧観測の様子

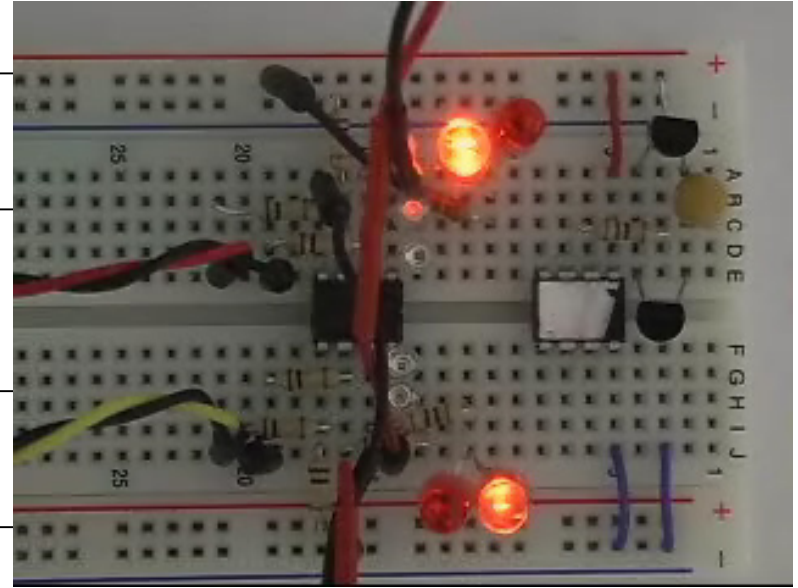
90° の位相差
のずれを視覚
的に確認でき
る.

v_R

正弦波
発生器



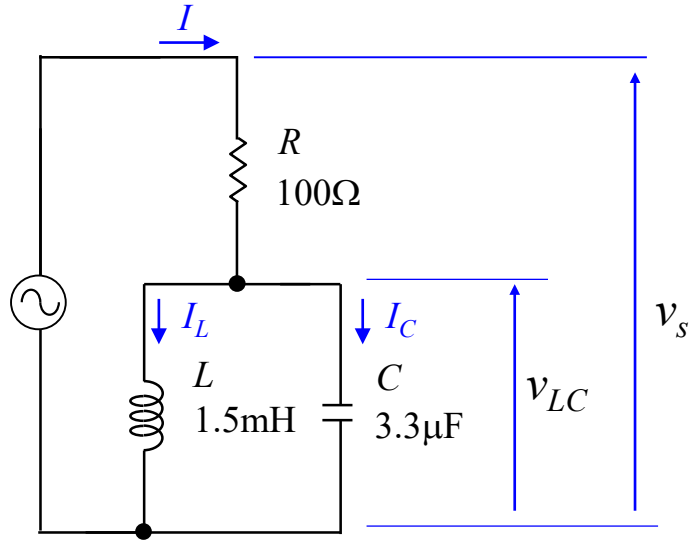
RC直列回路



v_C

LED表示式電圧計

座学 共振回路



$$R = 51 \text{ } [\Omega]$$

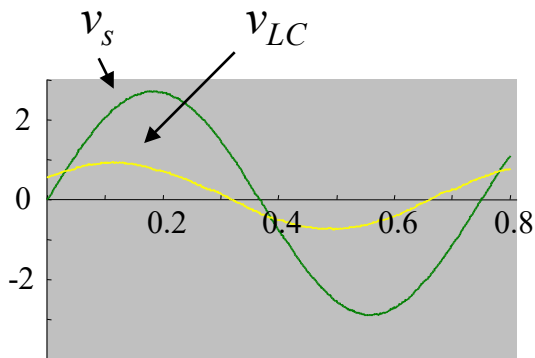
$$L = 1.5 \text{ } [\text{mH}]$$

$$C = 3.3 \text{ } [\mu\text{F}]$$

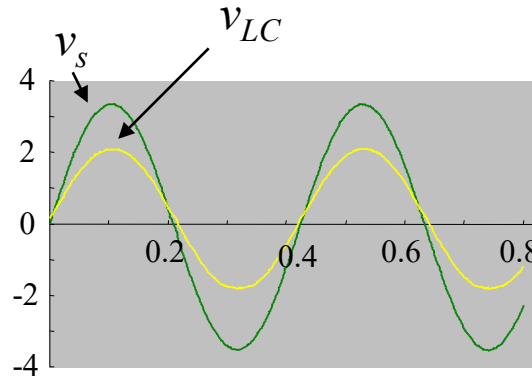
共振周波数の理論値

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1.5 \times 10^{-3} \times 3.3 \times 10^{-6}}} = 2.3 \text{ } [\text{kHz}]$$

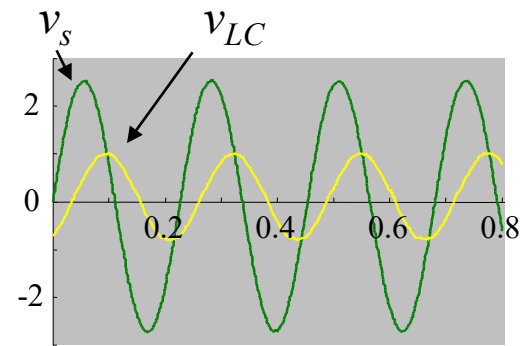
実測波形 $f = 2.3 \text{ } [\text{kHz}]$ のとき $I_L \approx I_C$ が成立



(a) $f = 1.3 \text{ } [\text{kHz}]$

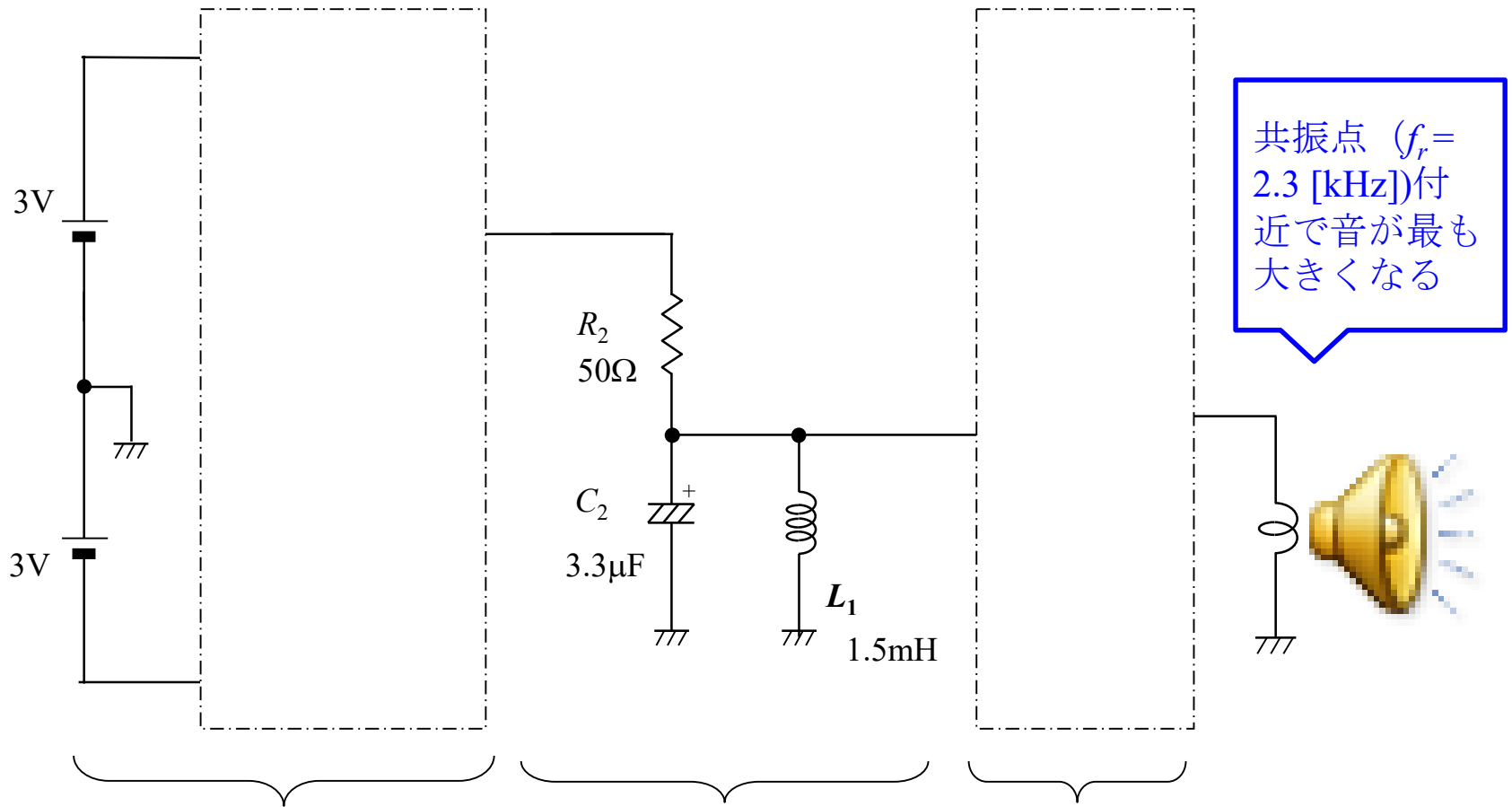


(b) $f = 2.3 \text{ } [\text{kHz}]$



(c) $f = 3.3 \text{ } [\text{kHz}]$

製作課題 LC並列共振回路

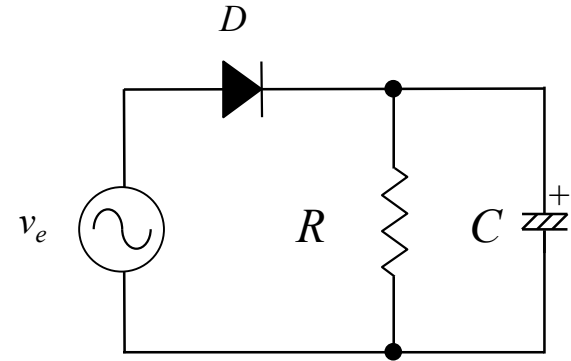
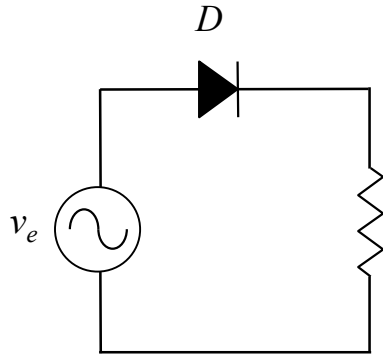


関数発生器

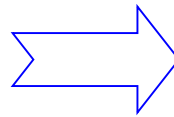
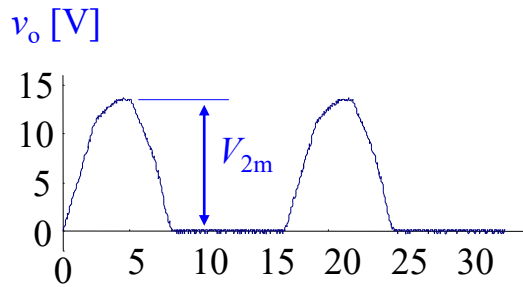
LC並列共振回路

オーディオ
アンプ

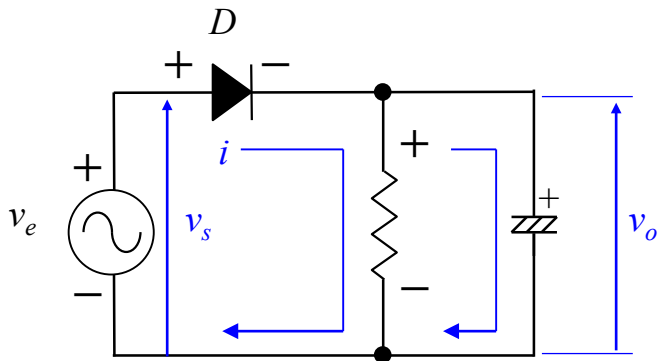
座学 整流回路



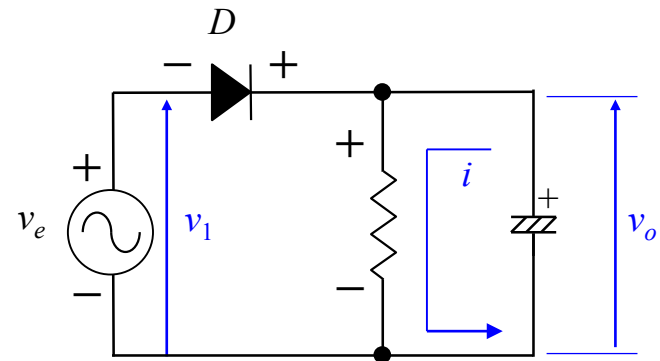
時定数 $t = RC$



?

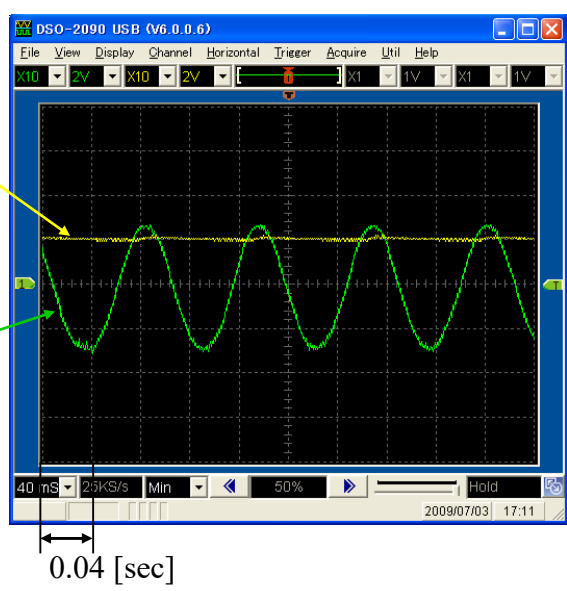
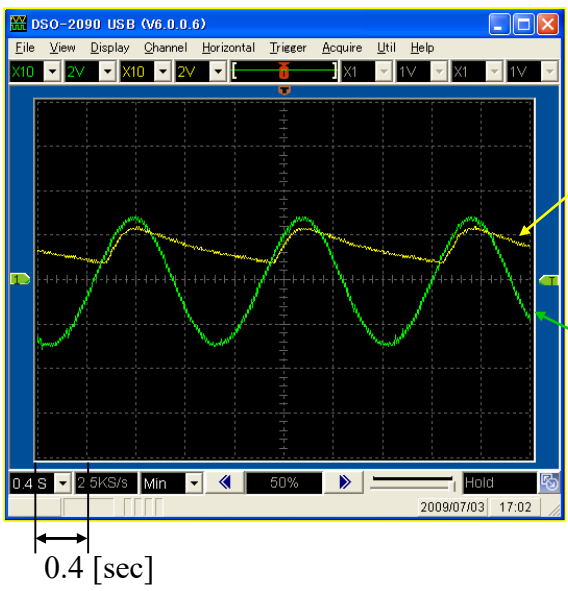
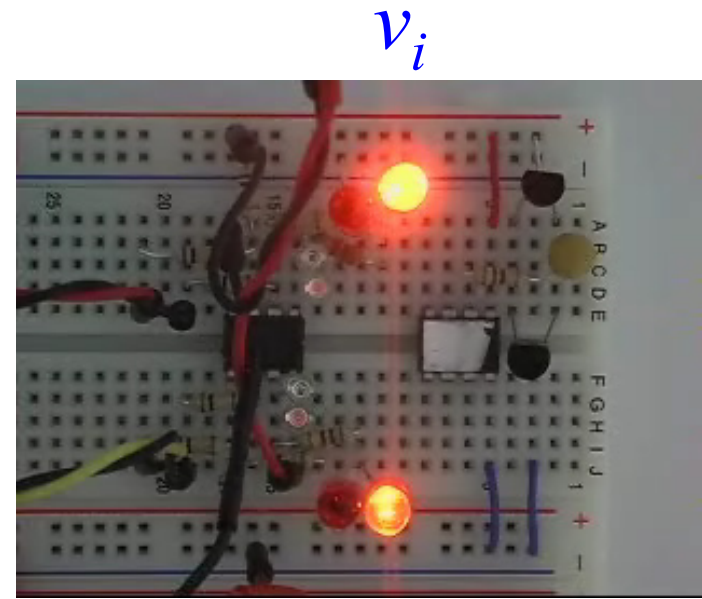
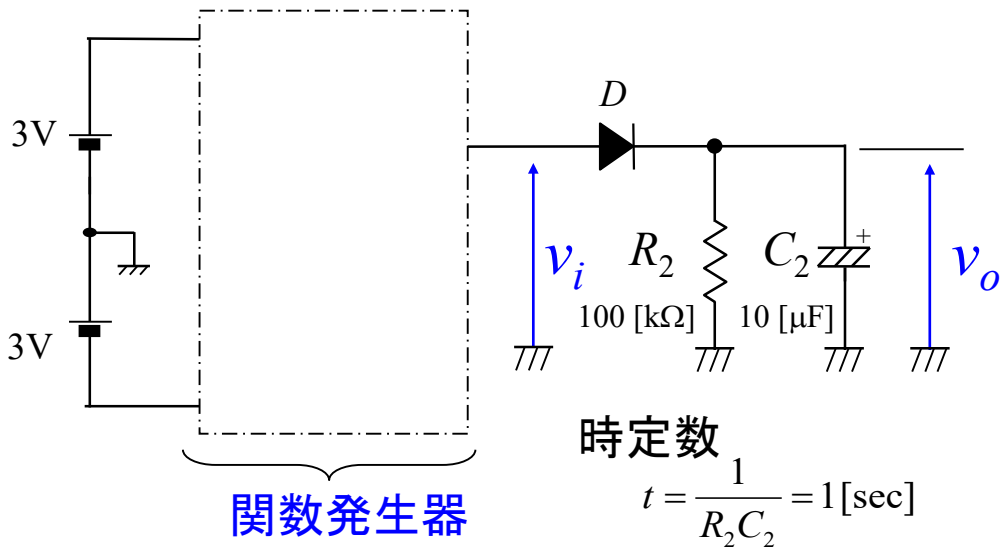


$v_s > v_o$ のとき



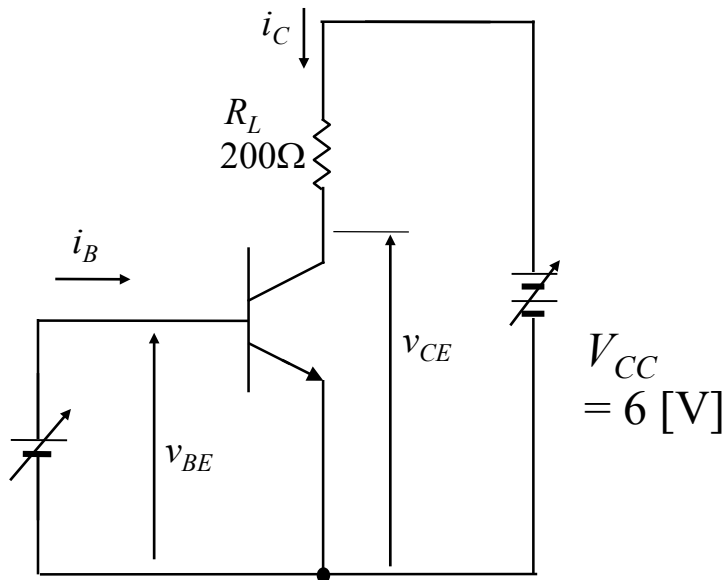
$v_s < v_o$ のとき

製作課題 整流回路



→ v_i の周期を 1 [sec]から次第に短く (0.1[sec])していくと整流後の電圧 v_o はほぼ一定となっていく.

座学 トランジスタによる電圧増幅



今

トランジスタの電流増幅率 $h_{FE} = 150$

(1) $v_{BE} = 0.70\text{ [V]}$ のとき, $i_B = 167\text{ [\mu A]}$

(2) $v_{BE} = 0.66\text{ [V]}$ のとき, $i_B = 100\text{ [\mu A]}$

(3) $v_{BE} = 0.62\text{ [V]}$ のとき, $i_B = 33.3\text{ [\mu A]}$

とする. このとき

(1) $i_C = 25\text{ [mA]}$

(2) $i_C = 15\text{ [mA]}$

(3) $i_C = 5\text{ [mA]}$

となる.

また, $v_{CE} = V_{CC} - R_L \times i_C$ より

(1) $v_{CE} = 6\text{ [V]} - 25\text{ [mA]} \times 200\text{ [\Omega]} = 1\text{ [V]}$

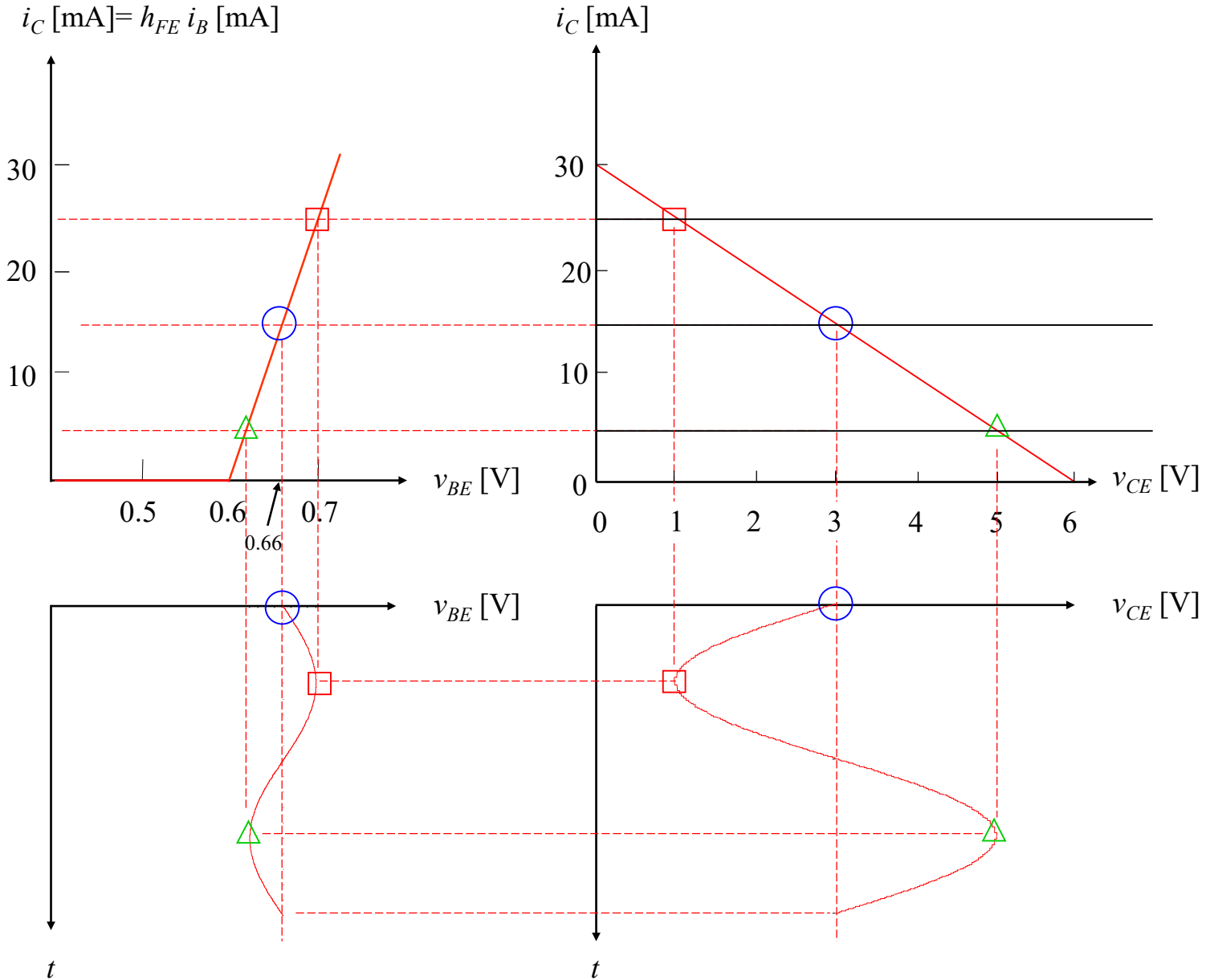
(2) $v_{CE} = \quad \quad \quad = 3\text{ [V]}$

(2) $v_{CE} = \quad \quad \quad = 5\text{ [V]}$

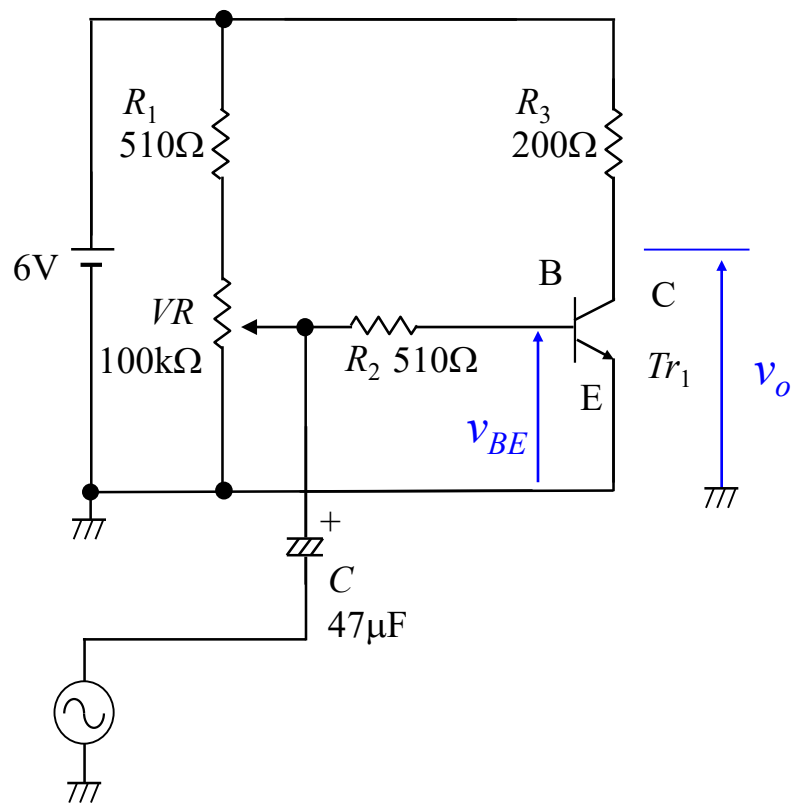
増幅回路の電圧増幅率

$$\Delta v_{CE} / \Delta v_{BE} = 2\text{ [V]} / 0.04\text{ [V]} = 50$$

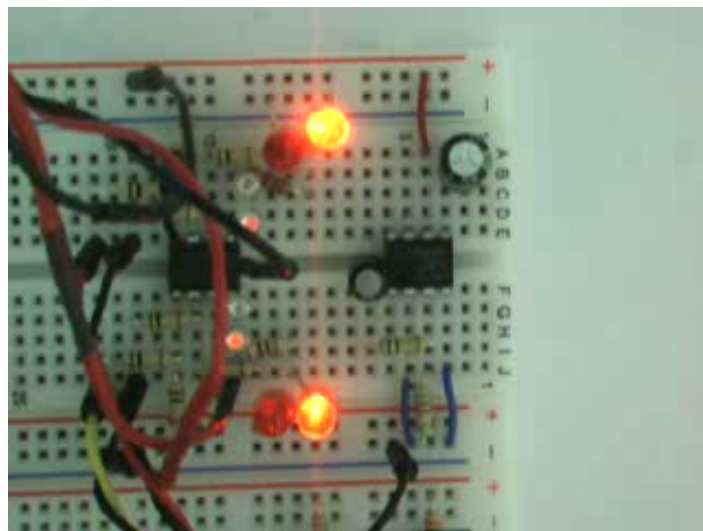
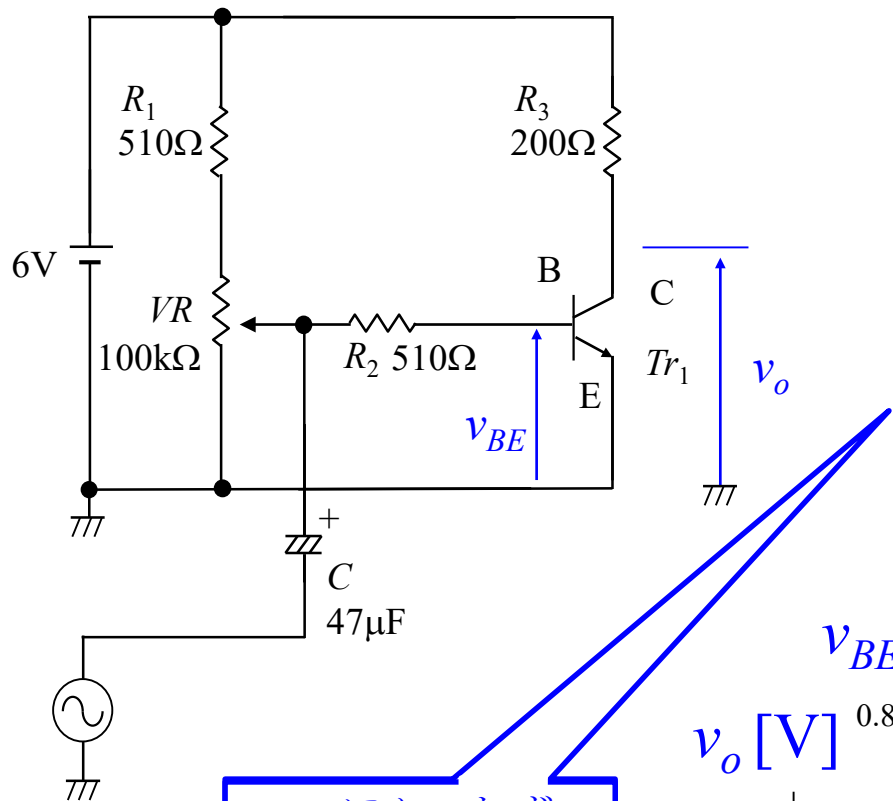
座学 トランジスタによる電圧増幅



製作課題 トランジスタによる電圧増幅



トランジスタ増幅回路

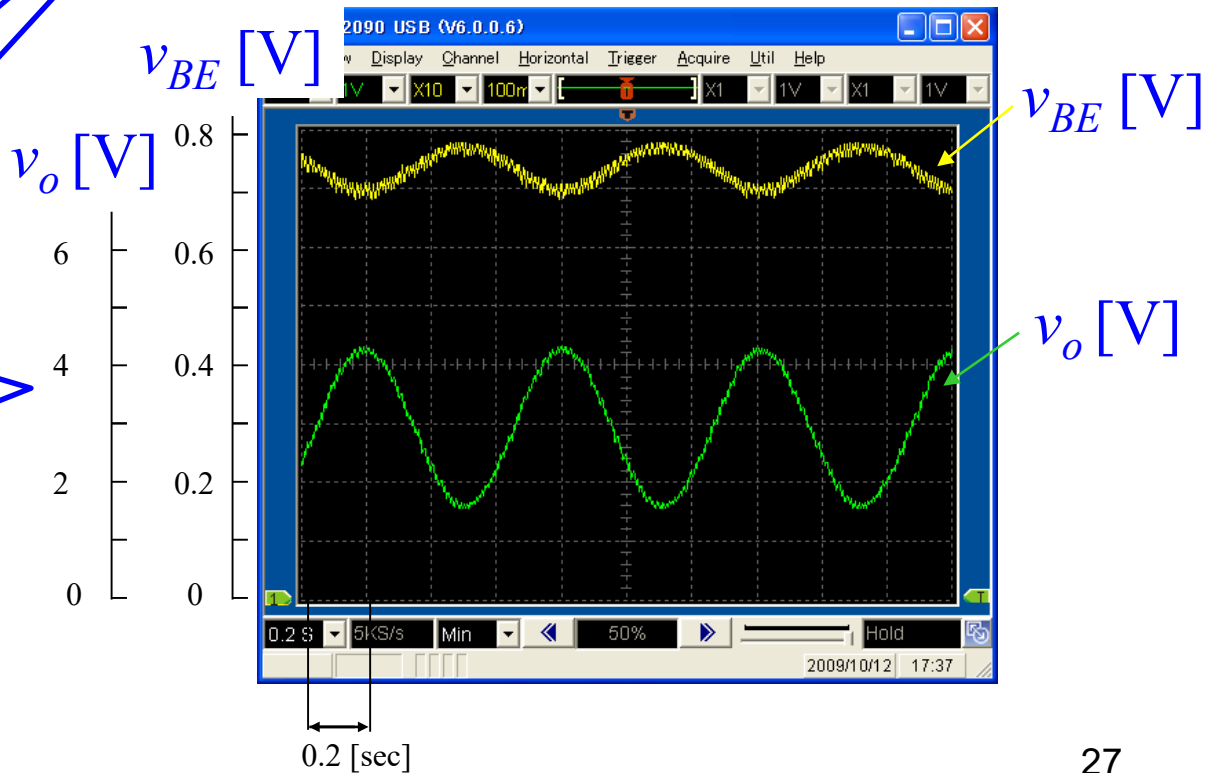


v_{BE} [V]

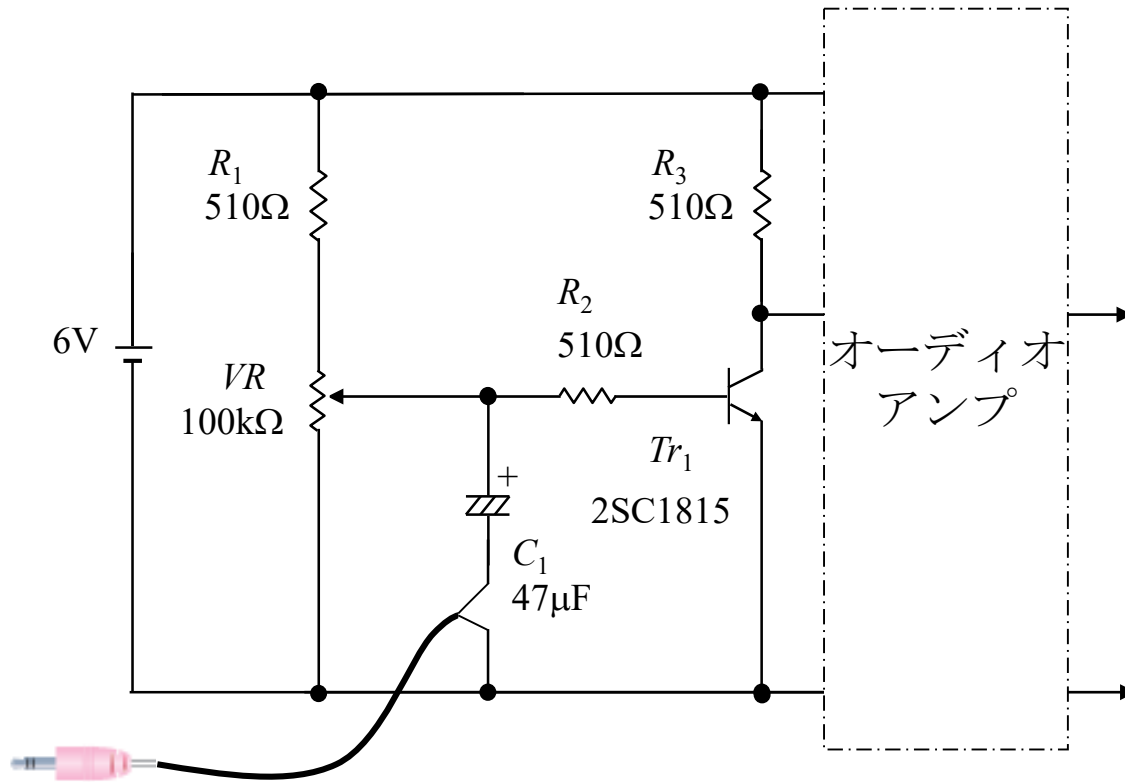
v_o [V]

v_{BE} のほんのわずかな変化 ($\pm 50\text{mV}$) に対して, v_o は大きく変化 ($\pm 1.4\text{V}$) している

トランジスタ増幅回路



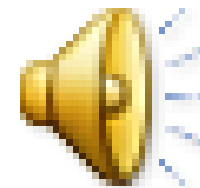
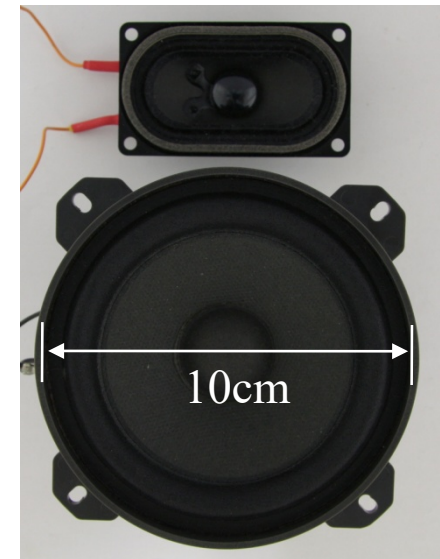
製作課題 トランジスタによる音声信号増幅



イヤホンプラグ
(オーディオプレーヤに接続する.)



写真の上の小さな
スピーカによる音
をICレコーダにより
録音



全く同じ回路でス
ピーカだけを写真
の下の大きなス
ピーカに代えた場
合の音の録音結
果

講義終了時のアンケート結果

- 質問項目: 授業に関する要望・反省・感想など, 自由に記述してください.
- 実施日: 平成21年7月10日
- 回答数: 40 (記名式)

楽しかった	18
理解が深まった	9
おもしろかった	5
新鮮だった	5
興味がわいた	5
感動した	4
達成感があった	3
嬉しかった	3
製作課題が難しかった	8
製作課題が多すぎた	1

今まで受けてきた授業の中でもっとも工学っぽいことをした 1
前期の授業の中で最も楽しかった 1

講義内容(電気工学通論II)予定

オペアンプ

1. 増幅回路
2. 演算回路(微分回路・積分回路)
3. フィルタ回路
4. 応用回路(アンプ, 発信回路)

デジタル回路

5. 論理IC
6. 論理回路
7. カルノー図
8. 順序回路
9. カウンタの設計
10. カウンタの設計
11. マイコンとは