

1. 目的

ダイオードを用いた整流回路の動作原理を理解する。

2. 原理

2.1 ダイオードの動作原理

一般に 2 個の端子を持ち、端子間の電圧電流特性が非直線性を持つ素子をダイオードと呼ぶ。順方向には大きな電流が流れるが、逆方向には小さな電流しか流れない。この特性を利用して、ダイオードはテレビやラジオの検波回路に利用されている。

ダイオードの種類は多く、分類方法も多く存在する。今回の実験では以下に示す 2 種類のダイオードを使う。

<点接触形ダイオード>

半導体の小片に金属針を適当な圧力で接触させたもの。高周波での用途に適している。

<拡散接合形ダイオード>

1 つの半導体結晶中に、P 領域と N 領域を隣接させて作った接合を PN 接合という。

拡散法による PN 接合を用いたダイオードが拡散接合型ダイオードである。大電流を流すことができ、整流用に適している。

接合形ダイオードの電圧電流特性(VI 特性)は次式で示される。

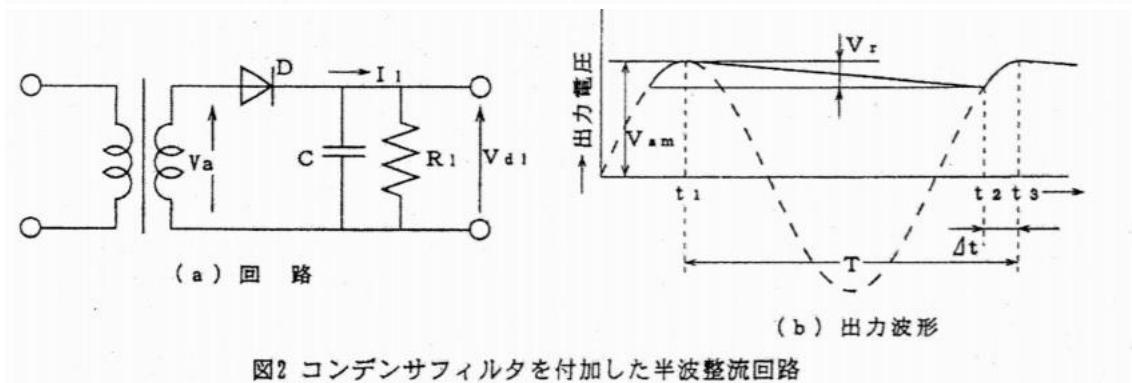
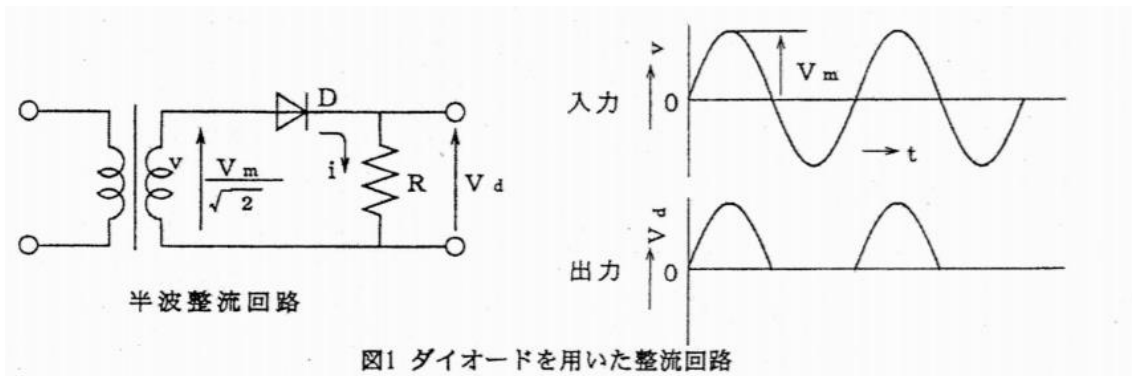
$$\begin{aligned} I &= IS\{\exp(eV/kT)-1\} \\ &= IS\exp(eV/kT) \quad (V > kT/e) \end{aligned}$$

ここで、IS：ダイオードの材料及び構造で決まる定数、V：印加電圧、e：電子の電荷
k：ボルツマン定数、T：全体温度である。

2.2 整流回路の動作原理

交流から直流を得る最も簡単な方法は、図 1 に示すようにダイオードにより交流を整流することである。この場合、交流の半周期だけ電流が流れるので出力は変動分が多く、完全な直流とはいえない。このため、実際の整流回路ではコンデンサや抵抗を用いたフィルタ回路を接続して変動分を除去している。

ここでは、図 2 に示すようにコンデンサを用いた整流回路の動作原理について説明する。図 2 では、R1 は負荷抵抗、 V_a は交流電圧 V_{am} はその最大値である。いま、電流とダイオードの抵抗を無視すれば、コンデンサ C はダイオード導通時に V_{am} まで充電され、その後、交流電圧の瞬時値が V_{am} より小さくなり、ダイオードが非導通になると C は放電を開始する。この状態は交流入力電圧の瞬時値が再び上昇して、コンデンサの端子電圧より高くなるまで続く。このようにコンデンサの充放電が繰り返され、図 1 の回路よりも変動の少ない出力が得られる出力電圧の変動分 V_r はリップル電圧と呼ばれる。



3. 実験方法

3.1 使用機器

回路の作成や、波形の出力のために、電源、オシロスコープ、ダイオード、抵抗、コンデンサを使った。これらの規格や形式を表1に示す。

表1 使用機器と個数

品名	規格・形式	個数
電源	アルミシャーシに固定された小型トランス ER-PS-24	2台
オシロスコープ	SS-5705 (岩通)	1台
ダイオード	拡散接合型Siダイオード 10D1	4個
抵抗	固定抵抗1k Ω	1個
コンデンサ	22 μ F, 47 μ F, 220 μ F	6個

3.2 測定方法

様々な整流回路をブレッドボードに作成し、出力波形をオシロスコープで観測する。

4. 結果・考察

4.1 実験結果

4.1.1 ダイオードを用いた整流回路

半波整流回路，全波整流回路，ブリッジ回路を作成し，出力波形を観測した．

(a) 半波整流回路

作成した回路を図 3 に，出力波形を図 4 に示す．

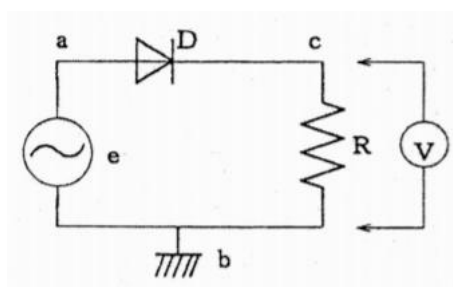


図 3 半波整流回路

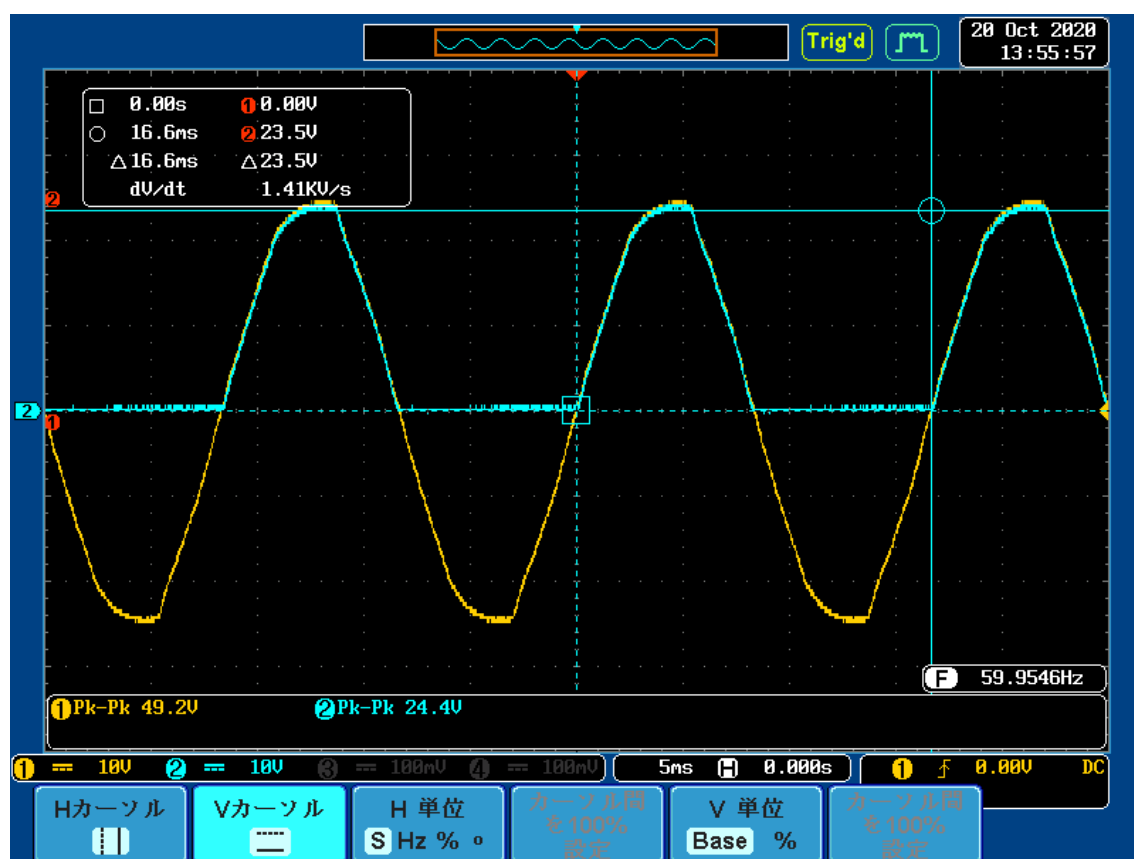


図 4 出力波形

(b) 全波整流回路

作成した回路を図5に，出力波形を図6に示す．

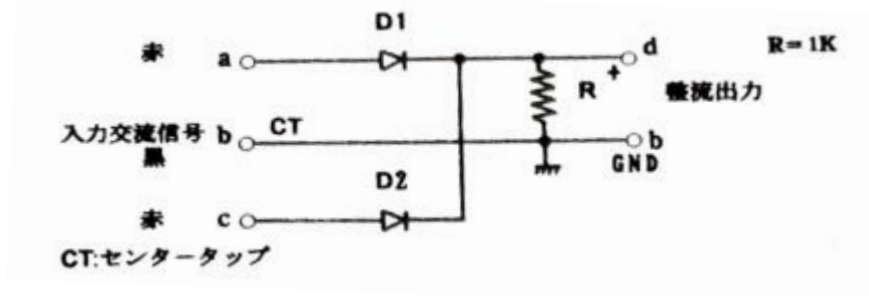


図5 全波整流回路

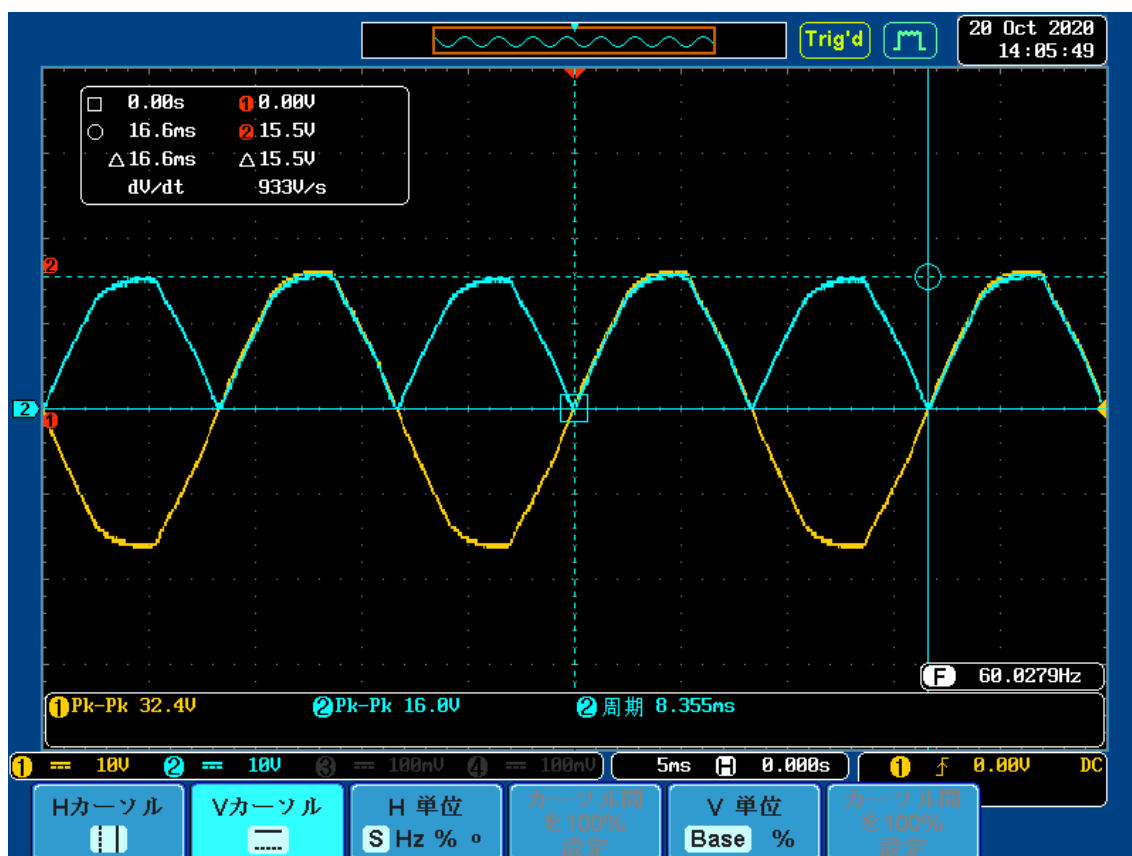


図6 出力波形

(c)ブリッジ整流回路

作成した回路を図 7 に，出力波形を図 8 に示す．

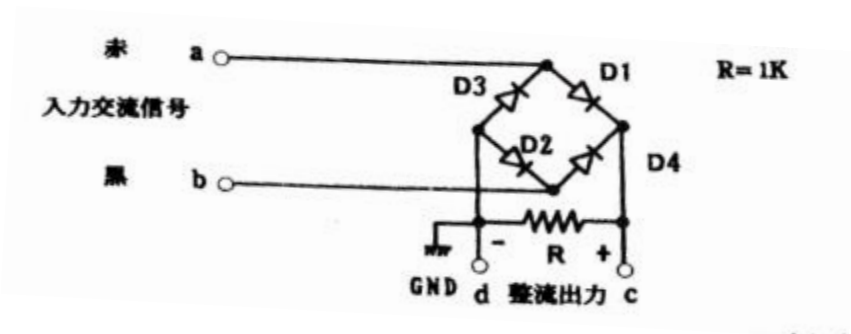


図 7 ブリッジ回路

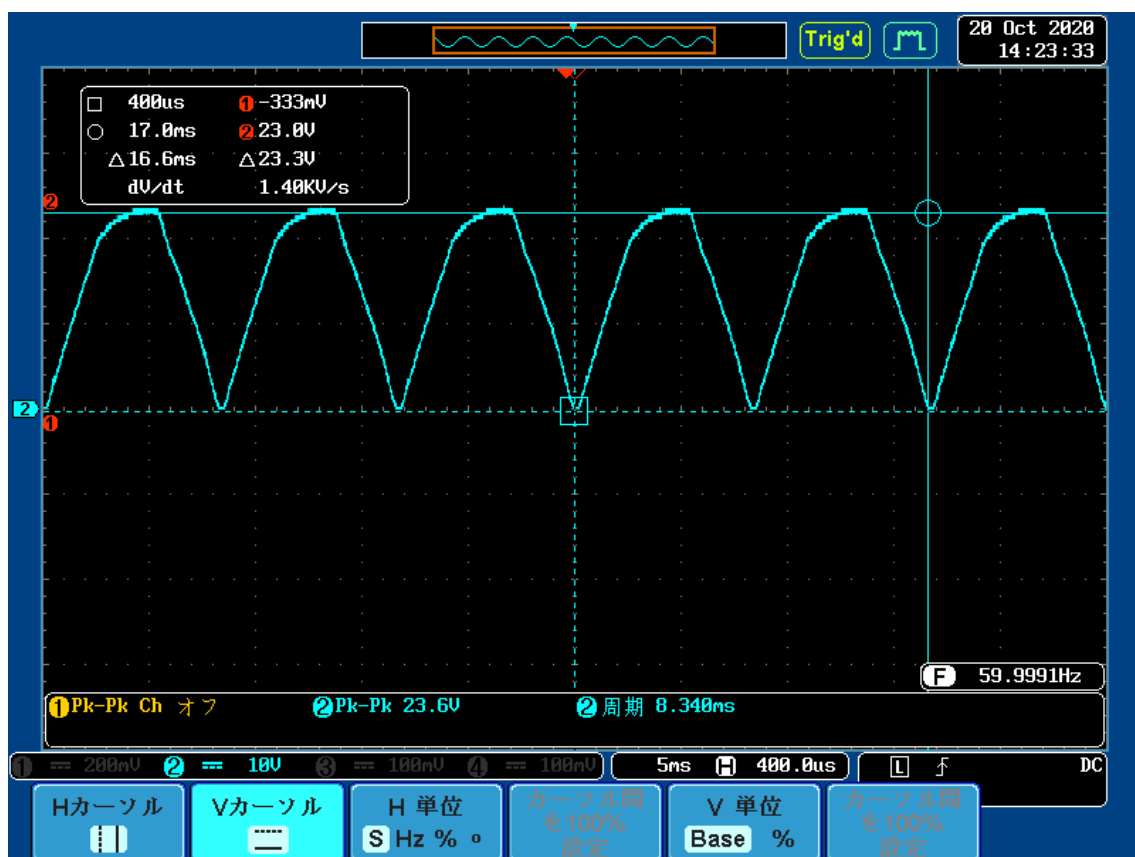


図 8 出力波形

4.1.2 コンデンサを用いた整流波形の平滑化

今回の実験では、 $22\mu\text{F}$, $47\mu\text{F}$, $220\mu\text{F}$ のコンデンサを用いて、1つの回路に対して3種類の波形を観測した。

コンデンサを回路に組み込み、平滑化された整流波形を観測した。作成した回路を図9に、出力波形を図10、図11、図12に示す。

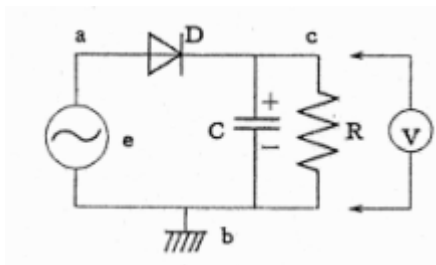


図9 コンデンサを用いた半波整流回路図

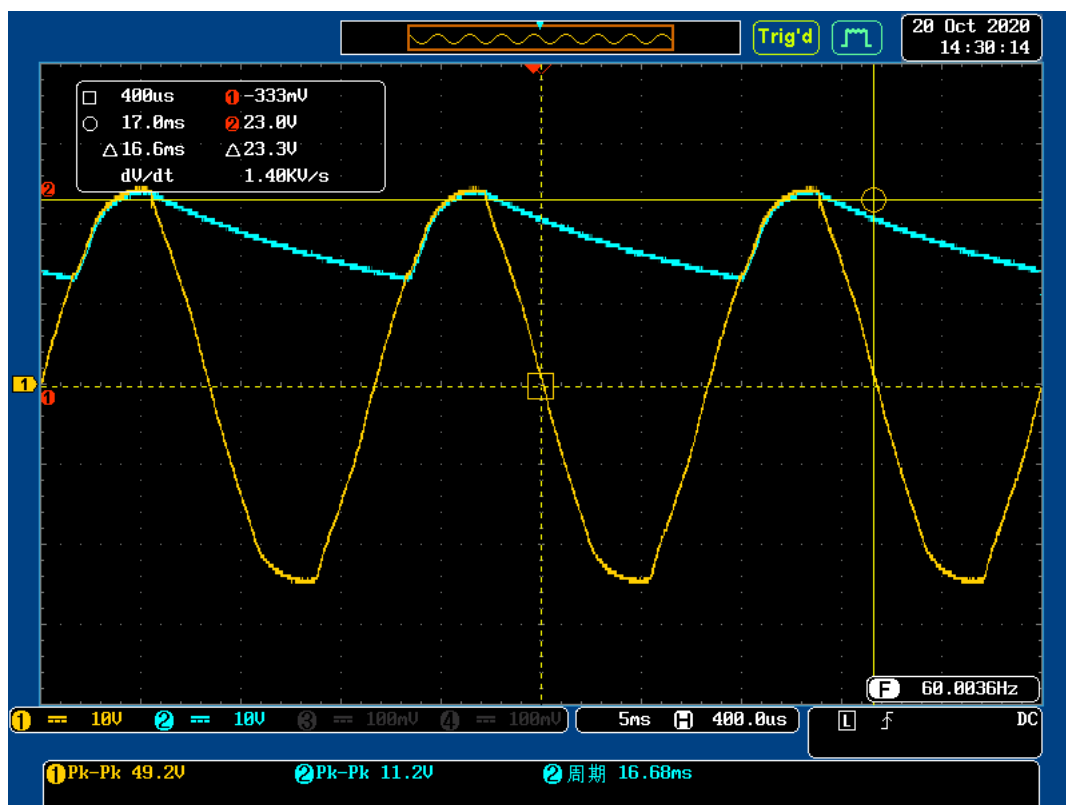


図10 出力波形 ($C = 22\mu\text{F}$)

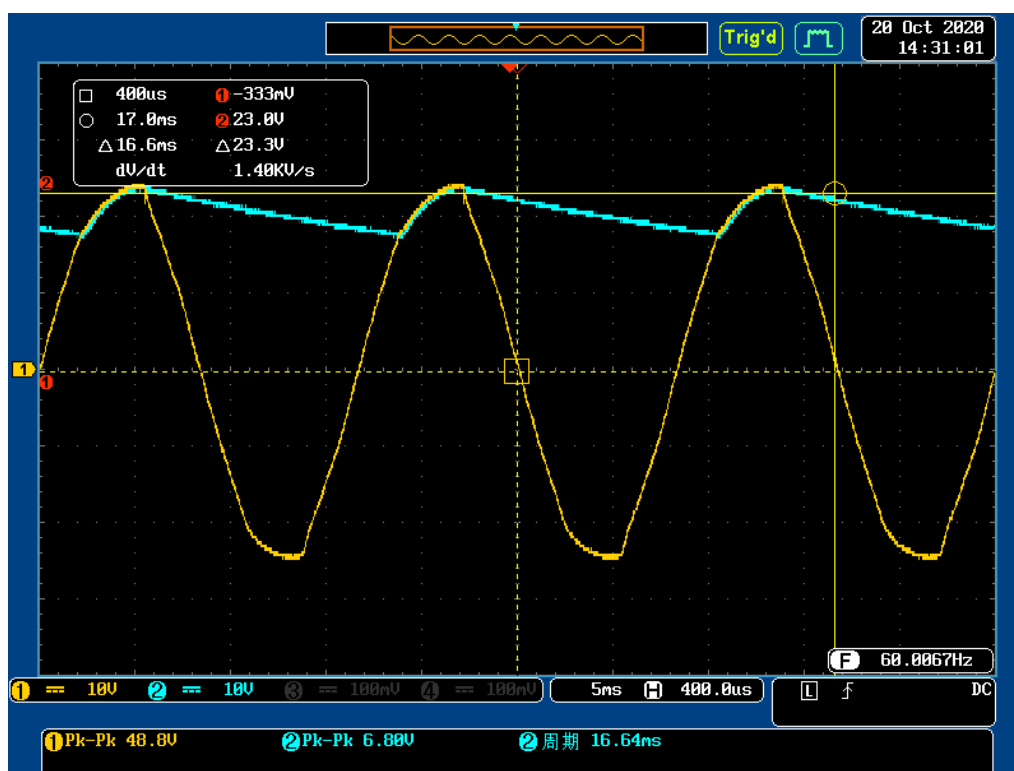


图 11 出力波形 ($C = 47 \mu\text{F}$)

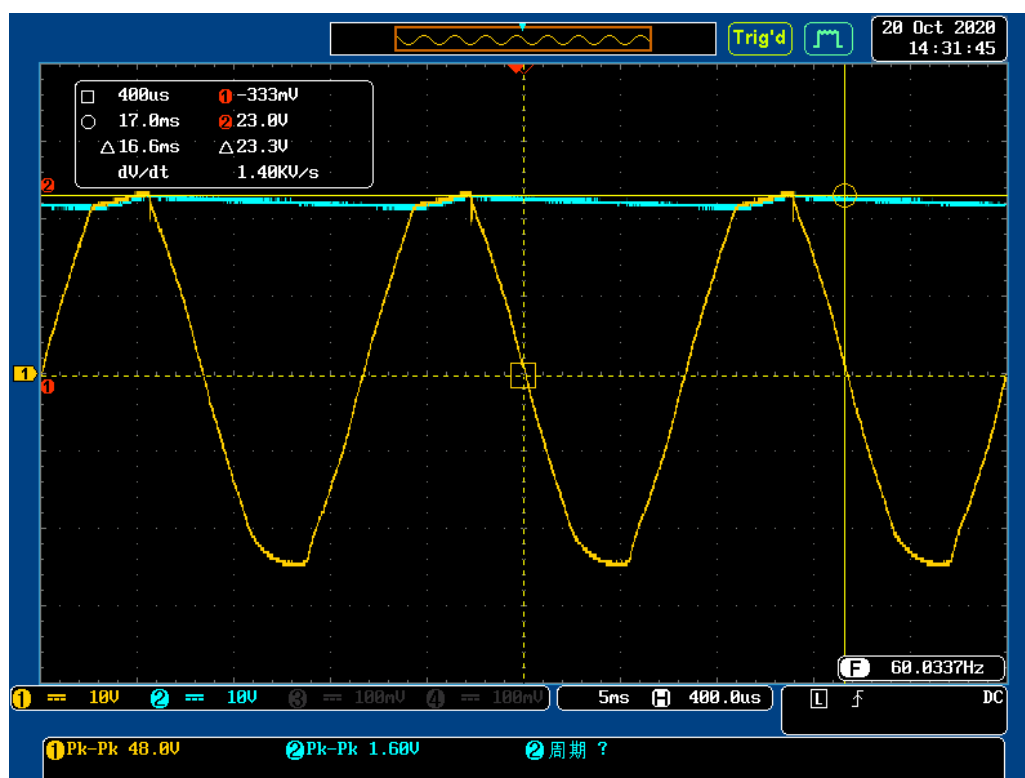


图 12 出力波形 ($C = 220 \mu\text{F}$)

4.1.3 倍電圧整流回路

4.1.2 と同様に, $22\mu\text{F}$, $47\mu\text{F}$, $220\mu\text{F}$ のコンデンサを用いて, 1つの回路に対して3種類の波形を観測した.

(a) 半端整流回路による倍電圧整流回路

半波整流回路による倍電圧回路を作成し, 出力波形を観測した. 作成した回路を図13に, 出力波形を図14, 図15, 図16に示す.

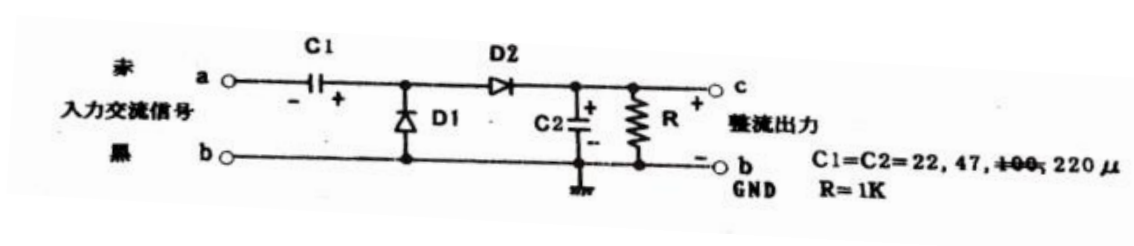


図 13 半端整流回路による倍電圧整流回路

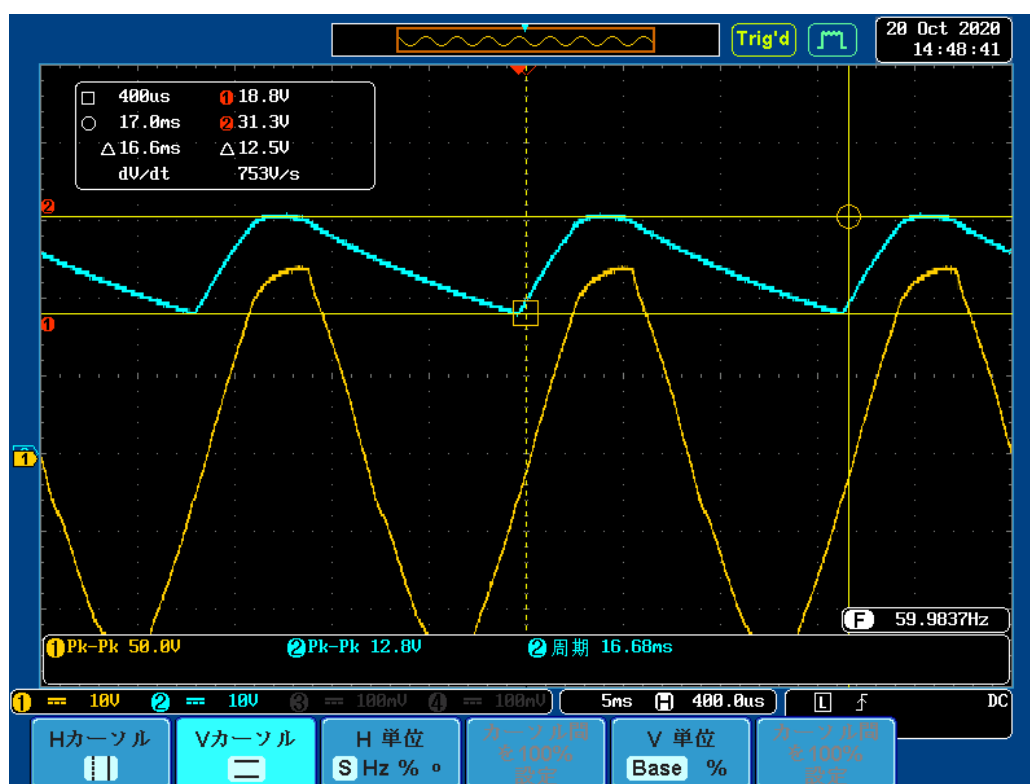


図 14 出力波形 ($C=22\mu\text{F}$)

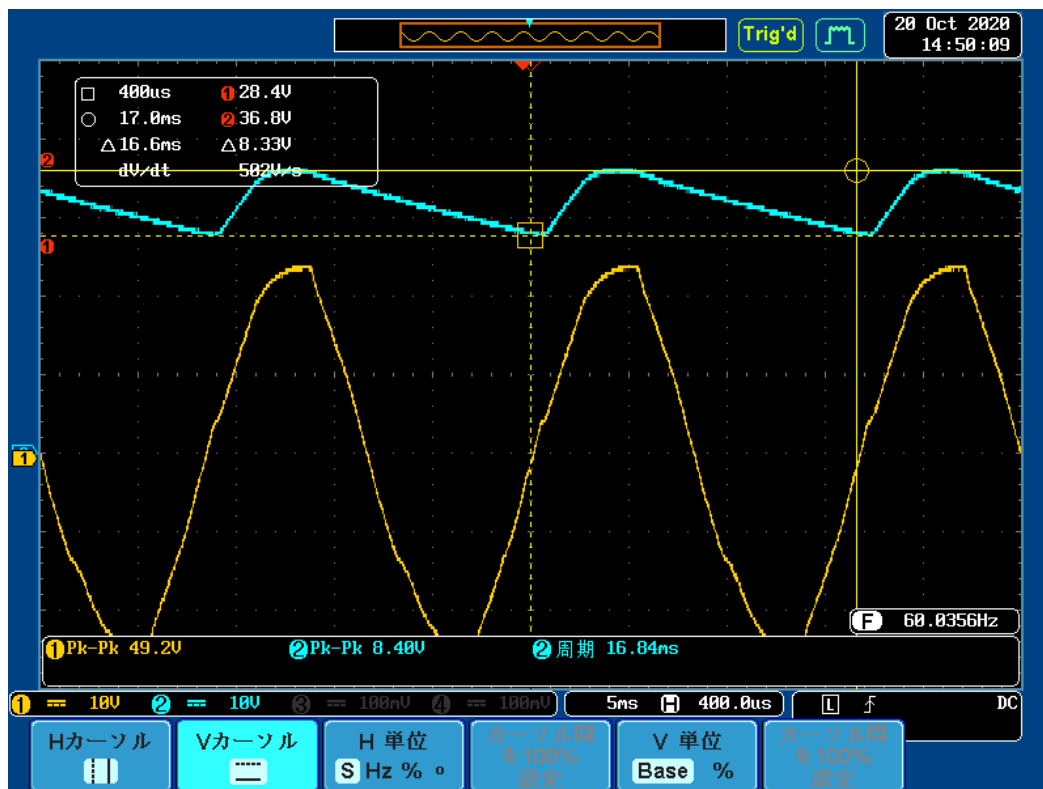


図 15 出力波形 ($C=47\mu F$)

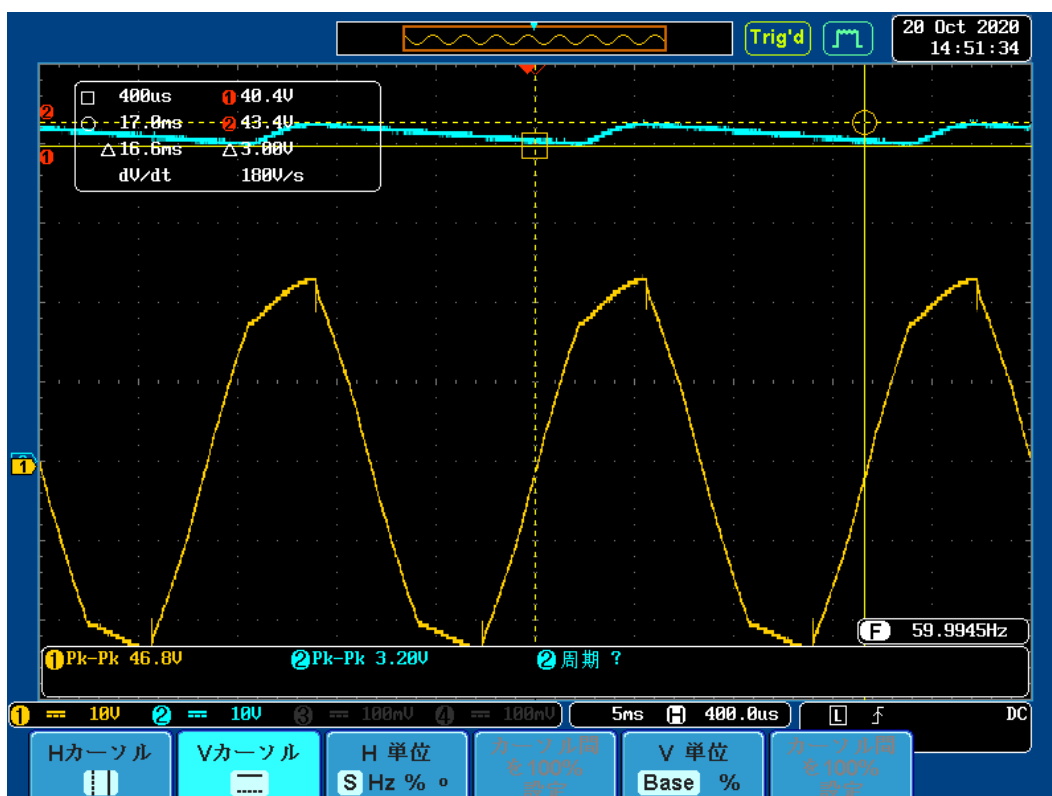


図 16 出力波形 ($C=220\mu F$)

(b)全波整流回路による倍電圧整流回路

半波整流回路による倍電圧回路を作成し、出力波形を観測した。作成した回路を図 17 に、出力波形を図 18、図 19、図 20 に示す。

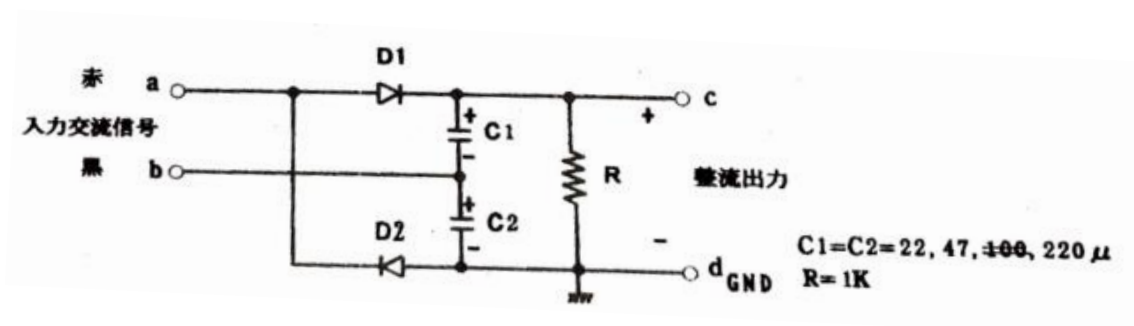


図 17 全波整流回路による倍電圧整流回路

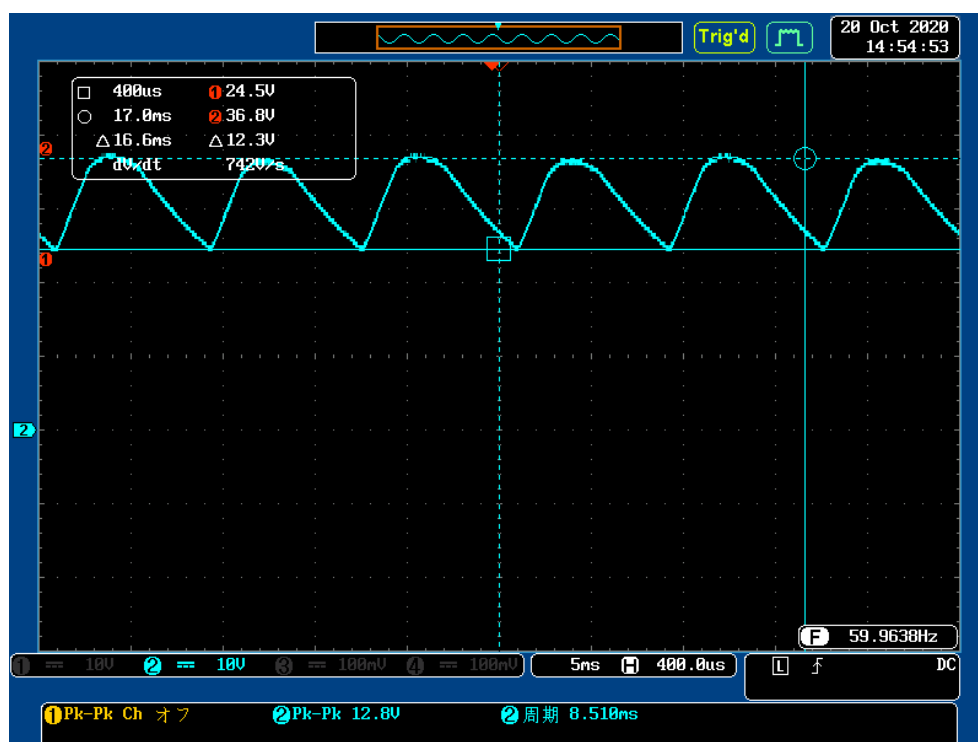


図 18 出力波形 ($C=22\mu\text{F}$)

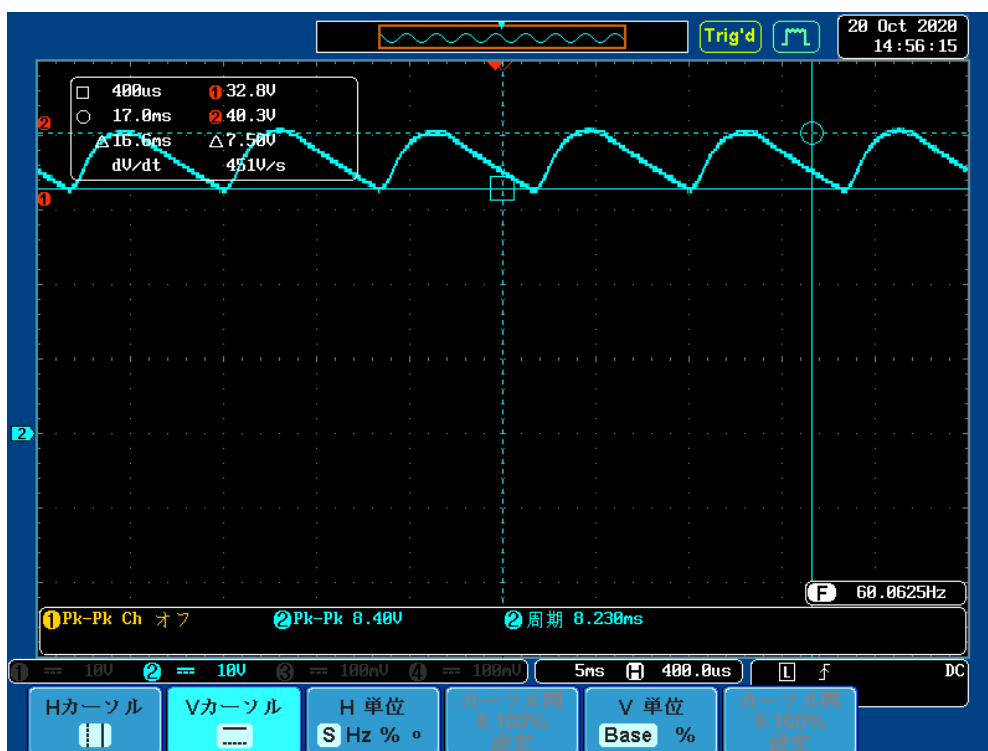


図 19 出力波形 ($C=47\mu\text{F}$)

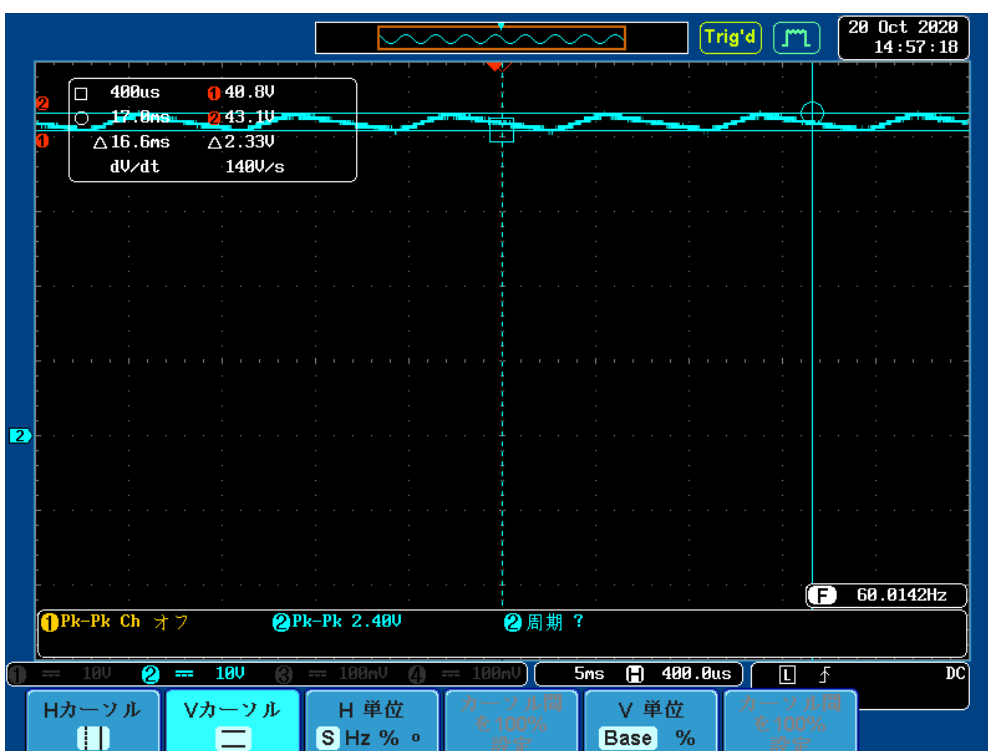


図 20 出力波形 ($C=220\mu\text{F}$)

4.2 考察

今回の実験では、半波整流回路、全波整流回路、ブリッジ整流回路を作成した。これらの回路を用いることで、交流電圧を直流電圧に近似できる。この技術は、AC アダプターのような充電機器に使われており、実用的な技術であると考えられる。

5. 課題

①単相半波整流回路、単相全波整流回路、ブリッジ整流回路の特徴について説明せよ。

<単相半波整流回路>

ダイオード 1 つで構成される回路。ダイオードが逆方向の電流を流さないため、入力波形の負の部分の値が 0 となる。

<単相全波整流回路>

複数のダイオードを組み合わせ、逆方向に電流が流れても正の値をとる回路。入力波形の負の部分が、正の値となって波形が表れる。

<ブリッジ整流回路>

4 つのダイオードを組み合わせ、逆方向に電流が流れても正の値をとる回路。単相全波整流回路と波形は同じような波形が出るが、波形の最大値がより大きくなり、効率が良い。

②交流信号の 1 サイクル（正と負）において、全波整流回路のダイオード D1 と D2、ブリッジ整流回路のダイオード D1~D4 に流れる電流の方向を図示せよ。

全波整流回路の電流の方向を図 21 と図 22 に、ブリッジ整流回路の電流の方向を図 23 と図 24 に示す。

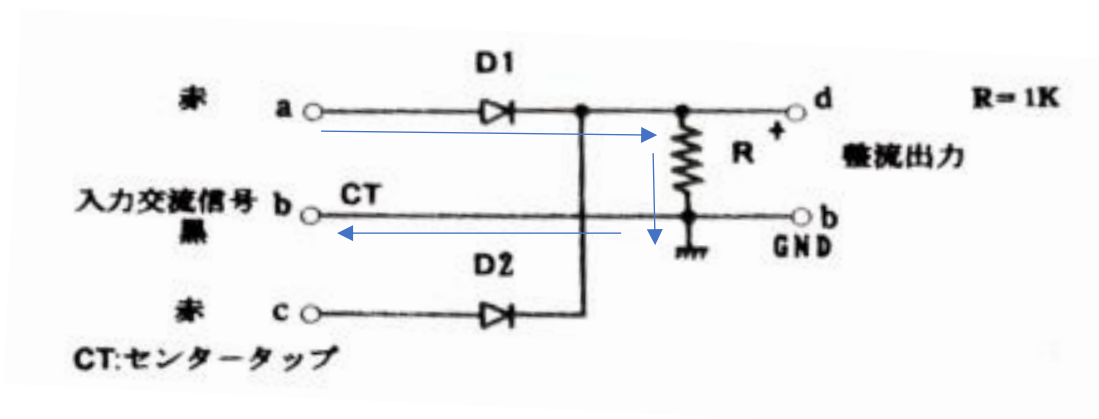


図 21 順方向の場合の流れる電流の向き

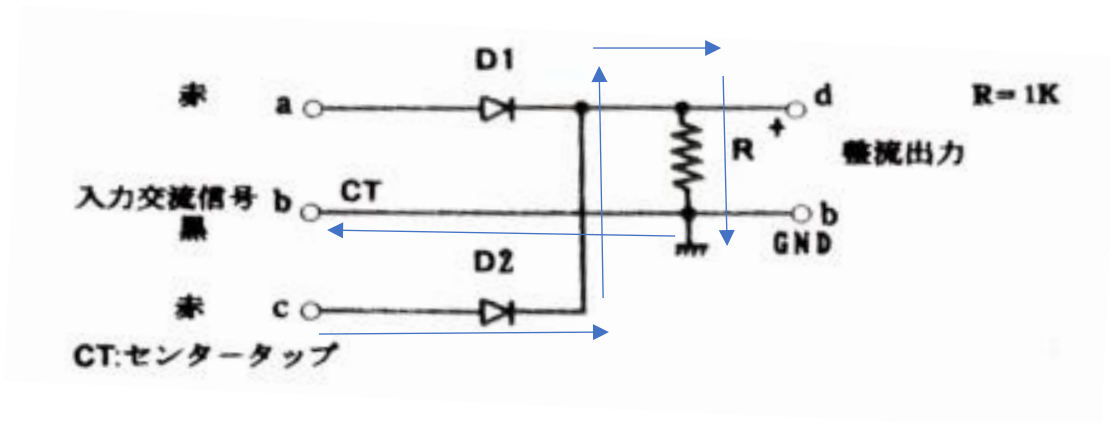


図 22 逆方向の場合の流れる電流の向き

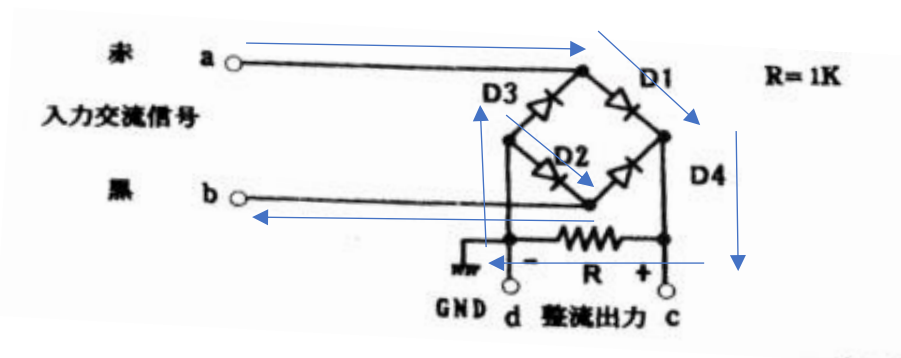


図 23 順方向の場合の流れる電流の向き

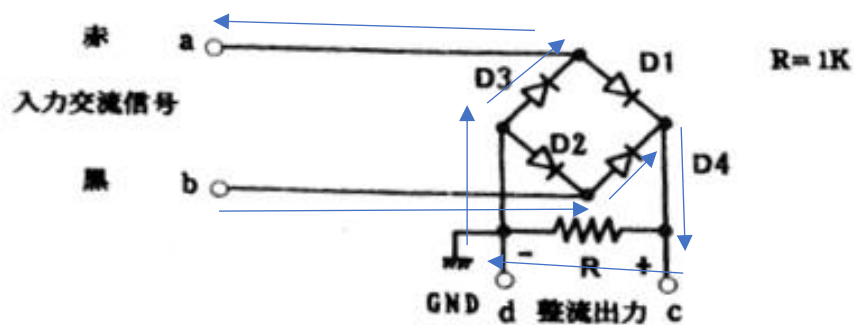


図 24 逆方向の場合の流れる電流の向き

③倍電圧整流回路において，整流出力は入力交流信号の最大値 V_m の 2 倍になることを説明せよ．

図 13 の時は，順電流の時には C2，逆電流の時には C1 に充電されるため，両方のコンデンサの充電分，出力波形の最大値が 2 倍になる．

図 17 の時は，順電流の時には C1，逆電流の時には C2 に充電されるため，両方のコンデンサの充電分，出力波形の最大値が 2 倍になる．

6. 感想・意見

全波整流回路，半波整流回路の原理を再確認し、より詳しく学ぶことができた．また，オシロスコープなどの実験器具の使い方を再度理解することができた．