

レポート提出票

科目名: 情報工学実験1

実験課題名: 課題4

実施日: 2020年 7月 27日

学籍番号: 4619055

氏名: 辰川力駆

共同実験者:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

1 実験の目的

実験を通して、誤差を体感し、データを視覚的に表現する。指標

2 実験1

サイコロを用いたギャンブル

2.1 目標

- 実験を通して実際にデータがばらつくことを実感する
- 簡単なギャンブルを例に、誤差について考える

2.2 実験手順

- (1) 1回の試行でサイコロ (出る目は0から9) を2個同時に振り、出た目の合計で以下のように収支が決まるギャンブルを考える
 - － 合計が7以下・・・1000円払う
 - － 合計が12以上・・・1500円もらう
 - － それ以外・・・引き分け
- (2) 試行を100回繰り返し、各試行の目の合計・収支を記録する
- (3) 試行回数5回ごとに、1回目からの平均収支を求める。
- (4) 横軸に試行回数、縦軸に1回目からの平均収支をとり、平均収支が収束する様子をグラフで表現する (期待収支も記入)

2.3 実験結果と考察

以下にサイコロを100回振った結果と、サイコロを用いたギャンブルによる平均収支のグラフを示す。

表 1: サイコロを用いたギャンブルの記録

試行回数	サイコロ 1 の目	サイコロ 2 の目	出た目の合計	収支	試行回数	平均収支
1	6	9	15	1500	5	200
2	8	7	15	1500		
3	0	5	5	-1000		
4	4	6	10	0		
5	7	0	7	-1000		
6	6	3	9	0	10	150
7	5	2	7	-1000		
8	2	6	8	0		
9	8	2	10	0		
10	8	5	13	1500		
11	0	8	8	0	15	66.66666667
12	9	6	15	1500		
13	4	6	10	0		
14	5	1	6	-1000		
15	2	0	2	-1000		
16	1	2	3	-1000	20	0
17	9	1	10	0		
18	7	3	10	0		
19	4	6	10	0		
20	0	9	9	0		
21	7	9	16	1500	25	-20
22	4	1	5	-1000		
23	1	4	5	-1000		
24	7	1	8	0		
25	4	6	10	0		
26	3	4	7	-1000	30	-66.66666667
27	2	9	11	0		
28	6	1	7	-1000		
29	3	9	12	1500		
30	6	0	6	-1000		
31	5	9	14	1500	35	71.42857143
32	7	6	13	1500		
33	4	6	10	0		
34	8	6	14	1500		
35	3	8	11	0		
36	6	6	12	1500	40	50
37	5	6	11	0		
38	0	7	7	-1000		
39	8	0	8	0		
40	6	1	7	-1000		

試行回数	サイコロ 1 の目	サイコロ 2 の目	出た目の合計	収支	試行回数	平均収支
41	9	0	9	0	45	77.77777778
42	7	2	9	0		
43	7	4	11	0		
44	8	9	17	1500		
45	2	8	10	0		
46	4	2	6	-1000	50	80
47	5	4	9	0		
48	3	9	12	1500		
49	3	5	8	0		
50	8	2	10	0		
51	1	1	2	-1000	55	109.0909091
52	9	4	13	1500		
53	9	8	17	1500		
54	4	5	9	0		
55	1	7	8	0		
56	0	3	3	-1000	60	91.66666667
57	9	3	12	1500		
58	1	3	4	-1000		
59	4	6	10	0		
60	5	6	11	0		
61	0	0	0	-1000	65	23.07692308
62	1	2	3	-1000		
63	5	3	8	0		
64	4	0	4	-1000		
65	6	0	6	-1000		
66	3	8	11	0	70	28.57142857
67	8	2	10	0		
68	7	8	15	1500		
69	8	1	9	0		
70	3	1	4	-1000		
71	7	4	11	0	75	20
72	3	2	5	-1000		
73	2	3	5	-1000		
74	9	8	17	1500		
75	6	5	11	0		
76	5	2	7	-1000	80	-12.5
77	6	7	13	1500		
78	0	1	1	-1000		
79	4	0	4	-1000		
80	1	1	2	-1000		

試行回数	サイコロ 1 の目	サイコロ 2 の目	出た目の合計	収支	試行回数	平均収支
81	6	5	11	0	85	-5.882352941
82	4	6	10	0		
83	3	3	6	-1000		
84	2	6	8	0		
85	5	7	12	1500		
86	4	3	7	-1000	90	-22.22222222
87	9	0	9	0		
88	4	8	12	1500		
89	0	0	0	-1000		
90	0	6	6	-1000		
91	4	8	12	1500	95	-10.52631579
92	7	5	12	1500		
93	2	8	10	0		
94	0	6	6	-1000		
95	3	4	7	-1000		
96	0	9	9	0	100	-15
97	3	1	4	-1000		
98	7	8	15	1500		
99	1	0	1	-1000		
100	7	2	9	0		

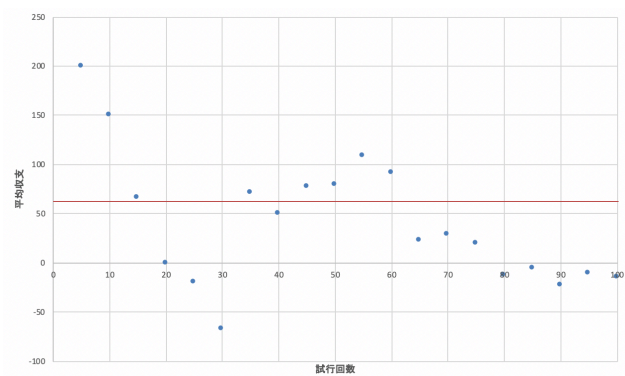


図 1: 平均収支の変化

2.4 レポート課題

レポート課題 1-1

1回の試行における収支の期待値を計算し、5回の試行が終わったときの実験結果と比較せよ。さらに、100回の試行が終わったときの実験結果と比較せよ。

レポート課題 1-2

出た目の合計 X のヒストグラムを作成し、ヒストグラムからわかることをまとめよ。

レポート課題 1-3

このギャンブルの1回の参加費が120円の時、参加すべきかどうかを理由とともに説明せよ。また、サイコロの目が12以上のときに何円受け取ることができればよいか(すなわち、期待される収支が0円以上となるか)を述べよ。

3 実験2

3.1 目標

3.2 実験手順

3.3 実験結果と考察

3.4 レポート課題

レポート課題 2-1

実験2で扱ったデータを用いて2倍の区間幅(100万円刻み)を持つヒストグラムを作成せよ。

レポート課題 2-2

作成した2つのヒストグラムを比較し、視覚的に得られる情報にどのような違いがあるか考察せよ。

レポート課題 2-3

本データを要約する際に、平均値は適切であるといえるか、理由とともに述べよ。

レポート課題 2-4

ヒストグラムからわかることと、箱ひげ図からわかることの違いを述べよ。またそれはなぜかを述べよ。さらに、ヒストグラムよりも箱ひげ図を用いたほうが適切だと思われる例を挙げよ。

レポート課題 2-5

データを要約する指標を列挙し、それぞれの内容と特徴を述べよ。

3.5

3.6 双安定マルチバイブレータ (フリップフロップ)

双安定マルチバイブレータの動作原理

図4に双安定マルチバイブレータの基本形を示す。これは別名フリップフロップと呼ばれることもある。

回路は対称であるため、スイッチを入れた瞬間は二つのトランジスタのうち片方がオン状態、もう片方がオフの状態となる。これは偶然の要素により決まる。さて、いま時刻 t_1 の瞬間にトランジスタ1がオンであり、トランジスタ2がオフであるとする。このとき、トランジスタ2のコレクタ電圧は

$$V_{CE2} \simeq V_{CC}$$

となり、トランジスタ1のコレクタ電圧は

$$V_{CE1} \simeq 0$$

となる。またトランジスタ2のコレクタ電流 I_{C2} は

$$I_{C2} \simeq 0$$

である。

このとき、トランジスタ1のベースには順バイアス電圧がかかり、トランジスタ2のベースには逆バイアス電圧がかかっている。この状態で時刻 t_2 において、端子 T_1 に短形波を入力すると C_1 、 R_1 で構成される微分回路による負トリガパルスの影響で、トランジスタ1のベース電位が負の電位に振られるためトランジスタ1はオフとなる。また、その瞬間 V_{CE1} の電位が上昇し、それが抵抗 R_3 を通じてトランジスタ2のベース電位を上昇させるため、トランジスタ2はオンとなる。以後、端子 T_1 に短形波が入力されるたびにその立ち下りのタイミングで、各トランジスタのオン・オフの状態が変化する。この様子を図5に示す。

実験事項

1. T_1 に適当な振幅 (例えば、10(V) 程度) と発振周波数 (例えば、1kHz 程度) を持つ無安定マルチバイブレータの出力を入力させ、各トランジスタのコレクタ電位 V_{CE1} 、 V_{CE2} とベース電位 V_{BE1} 、 V_{BE2} 波形を観測する。ただし、入力端子 T_1 へ入力電圧は 10 ~ 12(V) 程度とし、 $R_{C1} = R_{C2} = 2k\Omega$ 、 $C_3 = C_4 = 100pF$ と
2. R_{C1} 、 R_{C2} 、 C_3 、 C_4 の値を適当に変えて上記と同様の測定を行え。ただし、 $R_{C1} = R_{C2}$ 、 $C_3 = C_4$ とすること。

図 2: 無安定マルチバイブレータ

図 3: 無安定マルチバイブレータ 各部の波形図

図 4: 双安定マルチバイブレータ

図 5: 双安定マルチバイブレータ 各部の波形図

4 検討・考察

4.1 レポート課題1

テキスト中の図 3.29 は微分回路を示している。この回路では入力信号 $e(t)$ を印加したときに、 R の両側で観測される電圧が $v(t)$ であるとき、 $v(t)$ の近似値は $e(t)$ を微分した量で与えられる。その根拠について考察せよ。

コンデンサにかかる電圧を $V_C(t)$ として電流を i として、与えられた文字 (抵抗の電圧 $v(t)$ と入力信号 $e(t)$) を用いる。

まず、コンデンサにかかる電圧 $V_C(t)$ と抵抗の電圧 $v(t)$ は、次式 (4)、(5) のように表せる。

$$V_C(t) = \frac{\int i dt}{C} \quad (1)$$

$$v(t) = Ri \quad (2)$$

キルヒホッフの法則より

$$e(t) = v(t) + V_C(t) \quad (3)$$

したがって、式 (4)、(5) を代入して、

$$e(t) = Ri + \frac{\int i dt}{C} \quad (4)$$

式 (7) の両辺を t で微分すると、

$$0 = R \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} \quad (5)$$

そして、定数分離して微分方程式を解きやすい形にすると、

$$\frac{1}{i} \frac{di}{dt} = -\frac{1}{CR} \quad (6)$$

電流 i を求めるために式 (9) の両辺を t で積分すると、

$$\begin{aligned} \int \frac{1}{i} \frac{di}{dt} dt &= \int -\frac{1}{CR} dt \\ \int \frac{1}{i} di &= -\frac{1}{CR} \int dt \\ \log_e |i| &= -\frac{1}{CR} t + X \\ i &= e^{-\frac{t}{CR} + X} \\ i &= e^X e^{-\frac{t}{CR}} \quad (X \text{ は積分定数}) \end{aligned} \quad (7)$$

初期条件「 $t = 0$ のとき、 $V_C(t) = 0$ 」なので、式 (6)、(7) より、

$$\begin{aligned} \text{「} t = 0 \text{ のとき、} V_C(t) = 0 \text{」} &\Leftrightarrow \text{「} t = 0 \text{ のとき、} e(t) = v(t) \text{」} \\ &\Leftrightarrow \text{「} t = 0 \text{ のとき、} e(t) = Ri \text{」} \\ &\Leftrightarrow \text{「} t = 0 \text{ のとき、} i = \frac{e(t)}{R} \text{」} \end{aligned} \quad (8)$$

である。これを、式 (10) に代入して、

$$\begin{aligned} \frac{e(t)}{R} &= e^X e^{-\frac{0}{CR}} \\ \frac{e(t)}{R} &= e^X \end{aligned} \quad (9)$$

となるので、回路を流れる電流 i は

$$i = \frac{e(t)}{R} e^{-\frac{t}{CR}} \quad (10)$$

となる。したがって、抵抗にかかる電圧 $v(t)$ は

$$v(t) = Ri = e(t) e^{-\frac{t}{CR}} \quad (11)$$

となり、 $v(t)$ の近似値は $e(t)$ を微分した量で与えられることが分かる。

4.2 レポート課題 2

テキスト中の図 3.30 は積分回路である。1. と同様に入力信号 $e(t)$ を印加したとき、 C の両側で観測される電圧 $v(t)$ の近似値は $e(t)$ を積分することにより与えられる。その根拠について考察せよ。

この課題で扱う回路はレポート課題 1 の回路において R と C の位置を替えたものであるから、今回は抵抗の電圧を $V_R(t)$ 、コンデンサにかかる電圧を $V_C(t)$ とすると、レポート課題 1 の式 (4)、(5) は次のように変形できる。

$$v(t) = \frac{\int i dt}{C} \quad (12)$$

$$V_R(t) = Ri \quad (13)$$

この後は、レポート課題 1 の式 (6) (13) のように同様にして、 i を導くと、

$$i = \frac{e(t)}{R} e^{-\frac{t}{CR}} \quad (14)$$

となるので、 $v(t)$ は

$$v(t) = \frac{\int e(t) e^{-\frac{t}{CR}} dt}{CR}$$

となり、 $v(t)$ の近似値は $e(t)$ を積分することにより与えられることが分かる。

4.3 レポート課題 3

スイッチング回路における実験結果について考察せよ。また、スピードアップコンデンサの効果について述べよ。

スピードアップコンデンサ無し

スピードアップコンデンサ無しでトランジスタを使用すると応答時間が遅れてしまうので、ONにしたとき、遅延によって高速なスイッチングはできない。また、OFFにしたときは、トランジスタが飽和することにより、ベースに蓄えられる電荷も加わるため、更に遅くなる。

スピードアップコンデンサ有り (スピードアップコンデンサの効果)

電源をONにするとき、入力電圧が上昇するので、トランジスタのベースには、スピードアップコンデンサを経由した電流が流れて充電される。変位電流は、電位差が時間的に変化しているときだけ流れるので、トランジスタが充電された後は変化量がないので、電位は等しく、ベースへは抵抗を経由してのみ流れる。電源をOFFにするとき、ベースはスピードアップコンデンサに蓄えられていた電荷により負電圧がかかり、逆バイアスされる。よって電源は速やかにOFFになる。これらのことから、スピードアップコンデンサはスイッチを切り替えた時の反応速度を上げる効果がある。

4.4 レポート課題 4

本実験では無安定マルチバイブレータ、双安定マルチバイブレータを扱っているが、これはトランジスタのスイッチング機能を利用している。一方、トランジスタにはスイッチング機能の他に信号増幅作用の機能も有している。また、トランジスタにはそれぞれに特性曲線が与えられるが、これと上記二つの機能との関連について考察せよ。

図6に示す $I_B = 0$ の領域を遮断領域、 $V_{CE(S)}$ の領域を飽和領域、点AからBの領域を入力 (I_B) と出力 (I_C) が比例関係にあることから、線形領域または活性領域と呼ばれるが、この領域内で増幅作用が行われる。

図 6: トランジスタの動作領域 (参考文献 7 より)

ここで、近似的に $I_{CEO} \doteq 0$ 、 $V_{CE(S)} \doteq 0$ と考えると、トランジスタのスイッチング作用が分かる。トランジスタのベース電流をゼロとしたとき、コレクタ遮断電流 I_{CEO} がごくわずかに流れるが、この電流を無視すれば動作は動作点は図7に示す点 A で、トランジスタをスイッチに置き換えればOFF状態と考えることができ、ベース電流を充分大きくするとコレクタ電流は飽和して、コレクタ・エミッタの電圧 $V_{CE(S)}$ を無視すれば動作点は図8の B 点で、トランジスタをスイッチに置き換えればON状態と考えられる。

図 7: トランジスタの OFF の状態 (参考文献 7 より)

図 8: トランジスタの ON の状態 (参考文献 7 より)

4.5 レポート課題5

マルチバイブレータには本実験で扱ったものの他に単安定マルチバイブレータがある。これを含めた各マルチバイブレータの特徴および用途について述べよ。

マルチバイブレータの特徴

- 無安定マルチバイブレータ
 - － 電源をいれると、連続してパルスが発生する。
 - － 2つの状態を常に行ったり来たりすることで発振する。
 - － その周波数は R と C の値によって決まる。 $\frac{1}{CR}$ に比例する。
- 双安定マルチバイブレータ
 - － どちらの状態も安定している状態。
 - － 入力2発に対して出力1発が出る。
- 単安定マルチバイブレータ
 - － 一方の状態は安定しているが、もう一方は安定しない状態。
 - － 入力パルスがあると、その波形に無関係に一定波形を出力する。

マルチバイブレータの用途

- 無安定マルチバイブレータ
 - － 方形波パルスの発振器
 - － 自動車のウインカーの点滅
- 双安定マルチバイブレータ
 - － 一定幅のパルスを作る
 - － チャタリング防止
- 単安定マルチバイブレータ
 - － コンピュータの記憶回路

5 結論

パルス回路の動作、原理、特性を動画とテキストにより理解し、パルス技術の基礎を学び、スイッチング回路やマルチバイブレータの考察を通して、トランジスタについて詳しく知ることができた。

参考文献

[1] 東京理科大学工学部情報工学科「情報工学実験1 2020 年度」(2020/4/6)

[2] 【CR 回路】微分回路の波形・式・原理 — 西住工房

<https://algorithm.joho.info/denki-denshi/cr-kairo-bibun-hakei-shiki-genri/#toc1>

最終閲覧日:2020/6/23