

# Analiza sygnałów

Sprawozdanie: 1

Temat sprawozdania ..... **Wyznaczenie pojemności kondensatora** .....  
Nazwisko i Imię prowadzącego kurs ..... **dr inż. Ireneusz Augustyniak** .....

Wykonawca:	
Imię i Nazwisko, nr indeksu	Kacper Budnik, 262286 Tomasz Hałas, 254637
Grupa	9
Wydział	Wydział matematyki, W13
Termin zajęć:	Środa, 15 <sup>15</sup>
Numer grupy ćwiczeniowej	T00-68c
Data oddanie sprawozdania:	20 kwietnia 2022
<b>Ocena końcowa</b>	

**Adnotacje dotyczące wymaganych poprawek oraz daty otrzymania poprawionego sprawozdania**

## 1. Cel

Celem ćwiczenia było wyznaczenie pojemności kondensatora posługując się układem RC oraz Arduino dla wybranych parametrów  $\alpha$  i  $\beta$ .

## 2. Wprowadzenie teoretyczne

Do wyznaczenia pojemności kondensatora potrzebny był nam wzór na napięcie kondensatora w zależności od czasu  $U_C(t)$ . Do wyznaczanie tej funkcji wykorzystaliśmy trzy następujące prawa:

- prawo Ohma,
- I prawo Kirchhoffa,
- II prawo Kirchhoffa.

Wiemy, że natężenie jest równe stosunkowi ładunku elektrycznego  $Q$  przepływającego przez dany przekrój poprzeczny przewodnika w czasie  $t$ . Zatem wzór od którego wyszliśmy ma postać

$$I = \frac{dQ}{dt}.$$

Wykorzystując fakt, że ładunek elektryczny  $Q = C \cdot U_C$ , oraz z prawa Ohma  $I = \frac{U_R}{R}$  otrzymujemy

$$\frac{U_R}{R} = C \frac{dU_C}{dt}.$$

By otrzymać poprawne równanie różniczkowe powołamy się na prawa Kirchhoffa, dzięki któremu mamy  $U_R + U_C = U$ , gdzie  $U$  jest w naszym przypadku stałym znanym napięciem. Zatem po trywialnych przekształceniach możemy przepisać powyższe równanie i otrzymać

$$U'_C + \frac{1}{RC}U_C - \frac{U}{RC} = 0, \quad (1)$$

gdzie  $U'_C$  oznacza pochodną po czasie. Równanie to jesteśmy w stanie rozwiązać analitycznie. Naszym celem jest znalezienie pojemności kondensatora  $C$ . Jesteśmy w stanie zmierzyć czas ładowania od jakiegoś  $U_C(t_1) = \alpha U$  do  $U_C(t_2) = \beta U$  dla pewnych wartości  $0 < \alpha < \beta < 1$ , więc przyjmując  $t_1 = 0$  (równoważnie  $U(0) = \alpha U$ ) możemy znaleźć rozwiązanie szczególne (1)

$$U_C(t) = U - (1 - \alpha)U \exp\left(-\frac{t}{RC}\right).$$

Przyjmując teraz  $t_2 = t_c$  za zmierzony czas ładowania możemy przekształcić wzór by wyliczyć pojemność kondensatora

$$C = \frac{t_c}{R \ln\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta}\right)}. \quad (2)$$

W analogiczny sposób możemy obliczyć czas rozładowania kondensatora  $t_d$ . Wtedy możemy zażądać, by  $t_c = t_d$ , co zachodzi tylko wtedy, gdy  $\alpha + \beta = 1$ . Dlatego w naszych późniejszych obliczeniach przyjmowaliśmy w każdym przypadku  $\alpha = \frac{1}{3}$  oraz  $\beta = \frac{2}{3}$ . Dodatkowo wykonaliśmy dodatkowy pomiar dla kondensatora o pojemności  $100\mu\text{F}$  dla wartości  $\alpha = 1 - \beta = \frac{1}{10}$ .

### 3. Wprowadzenie do programu?

Do pomiaru czasu ładowania kondensatora oraz jego pojemności posłużymy się płytką Arduino. Układ RC został podłączony to Arduino według schematu poniżej:

Rysunek 1: Schemat układu RC<sup>[1]</sup>

Poprzez wykorzystanie Arduino (ustawienia napięcia oraz rezystancji w odpowiednich Pin'ach) będziemy ładować a następnie rozładowywać kondensator, aby zmierzyć jego pojemność i czas naładowania. W tym celu posłużymy się kodem:

Rysunek 2: Kod źródłowy<sup>[2]</sup>

Za pomocą funkcji **setup()** ustawiamy odpowiedni PIN oraz aktywujemy terminal Arduino. W nieskończonej pętli (funkcja **loop()**) ustalamy parametry  $\alpha$  oraz  $\beta$  i rozładowujemy (funkcja **rozladuj()**) a następnie ładujemy (funkcja **naladuj**) kondensator, otrzymując tym samym czas naładowania. Następnie wyliczamy pojemność korzystając ze wzoru (2) . Wyniki wyświetlamy w terminalu.

## 4. Tabelki

Tabela 1: Pomiar Pierwszy

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
3.375	486.89
3.377	487.24
3.373	486.67
3.366	485.65
3.373	486.57
3.370	486.17
3.368	485.84
3.371	486.38
3.372	486.48
3.361	484.87
3.370	486.25
3.367	485.75
3.383	488.09
3.374	486.79
3.382	487.90
3.478	501.78
3.390	489.11
3.362	484.99
3.368	485.85
3.361	484.92
3.363	485.16
3.357	484.30
3.363	485.21
3.362	485.01
3.381	487.74
3.384	488.26
3.380	487.69
3.373	486.68
3.394	489.68
3.389	488.87
3.396	489.99
3.397	490.06
3.392	489.40
3.385	488.33
3.385	488.33
3.388	488.73
3.395	489.75
3.383	488.00

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
3.386	488.50
3.376	487.10
3.382	487.86
3.381	487.79
3.383	488.02
3.391	489.16
3.381	487.76
3.386	488.45
3.381	487.72
3.377	487.17
3.378	487.36
3.374	486.83
3.374	486.74
3.378	487.41
3.378	487.40
3.387	488.66
3.378	487.28
3.382	487.90
3.381	487.76
3.380	487.69
3.385	488.35
3.381	487.76
3.376	487.03
3.374	486.81
3.382	487.98
3.371	486.36
3.379	487.45
3.379	487.55
3.375	486.89
3.377	487.24
3.373	486.67
3.366	485.65
3.373	486.57
3.370	486.17
3.368	485.84
3.371	486.38
3.372	486.48
3.361	484.87

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
3.370	486.25
3.367	485.75
3.383	488.09
3.374	486.79
3.382	487.90
3.376	487.07
3.379	487.55
3.370	486.18
3.378	487.41
3.377	487.14
3.471	500.74
3.490	503.48
3.475	501.35
3.481	502.17
3.484	502.70
3.489	503.32
3.481	502.23
3.480	502.11
3.488	503.19
3.489	503.32
3.496	504.38
3.487	503.13
3.496	504.36
3.490	503.48
3.486	502.99
3.487	503.04
3.492	503.74
3.499	504.76
3.495	504.29
3.498	504.64
3.499	504.80
3.501	505.04
3.506	505.85
3.508	506.04
3.511	506.60
3.510	506.42
3.510	506.35
3.514	506.91

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
3.500	504.97
3.509	506.30
3.505	505.64
3.505	505.71
3.521	507.96
3.521	508.03
3.515	507.17
3.514	506.91
3.527	508.81
3.534	509.85
3.538	510.47
3.543	511.15
3.551	512.31
3.557	513.14
3.556	513.07
3.548	511.82
3.553	512.59
3.557	513.16
3.552	512.47
3.556	513.05
3.561	513.74
3.558	513.38
3.555	512.86
3.562	513.82
3.551	512.26
3.550	512.10
3.557	513.14
3.548	511.93
3.548	511.89
3.546	511.63
3.537	510.33
3.553	512.66
3.555	512.85
3.538	510.44
3.544	511.25
3.538	510.39
3.533	509.69
3.530	509.30

Tabela 2: Pomiar drugi

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.661	95.410
0.664	95.810
0.664	95.810
0.664	95.810
0.664	95.770
0.664	95.810
0.661	95.370
0.663	95.720
0.664	95.840
0.663	95.600
0.663	95.630
0.663	95.690
0.663	95.700
0.661	95.330
0.664	95.860
0.664	95.740
0.663	95.650
0.662	95.550
0.661	95.430
0.664	95.790
0.660	95.240
0.664	95.740
0.660	95.250
0.661	95.360
0.663	95.600
0.660	95.290
0.663	95.650
0.662	95.550
0.661	95.300
0.662	95.510
0.661	95.410
0.661	95.300
0.661	95.430
0.659	95.100
0.660	95.270
0.659	95.120
0.660	95.290
0.659	95.120
0.660	95.250
0.660	95.270
0.662	95.550

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.661	95.300
0.661	95.360
0.663	95.630
0.661	95.360
0.660	95.200
0.659	95.080
0.661	95.340
0.660	95.270
0.660	95.270
0.661	95.300
0.663	95.630
0.662	95.510
0.662	95.510
0.660	95.170
0.660	95.270
0.660	95.180
0.662	95.550
0.660	95.250
0.660	95.200
0.660	95.250
0.661	95.340
0.661	95.430
0.659	95.100
0.660	95.250
0.663	95.650
0.660	95.180
0.660	95.180
0.660	95.200
0.660	95.150
0.659	95.100
0.660	95.180
0.663	95.580
0.660	95.220
0.659	95.120
0.660	95.250
0.660	95.180
0.660	95.150
0.661	95.360
0.660	95.240
0.661	95.410
0.660	95.150

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.660	95.220
0.660	95.270
0.660	95.240
0.662	95.510
0.660	95.150
0.662	95.460
0.660	95.270
0.660	95.170
0.660	95.200
0.660	95.200
0.658	94.930
0.664	95.810
0.659	95.100
0.660	95.240
0.662	95.530
0.659	95.130
0.660	95.190
0.659	95.040
0.661	95.410
0.660	95.220
0.660	95.200
0.658	94.930
0.659	95.130
0.660	95.200
0.660	95.150
0.658	94.930
0.659	95.050
0.660	95.150
0.660	95.170
0.660	95.240
0.660	95.220
0.662	95.510
0.659	95.130
0.661	95.330
0.663	95.580
0.660	95.170
0.658	94.980
0.660	95.270
0.660	95.170
0.660	95.250
0.659	95.100

Tabela 3: Pomiar drugi dla  $\alpha = 1 - \beta = \frac{1}{10}$

Czas [s]	Pojemność [μF]
2.218	100.945
2.220	101.027
2.220	101.057
2.220	101.027
2.222	101.106
2.222	101.129
2.222	101.140
2.222	101.113
2.217	100.915
2.225	101.280
2.219	100.982
2.224	101.214
2.220	101.032
2.223	101.151
2.218	100.923
2.223	101.155
2.221	101.061
2.218	100.966
2.225	101.260
2.219	101.014
2.220	101.018
2.221	101.092
2.221	101.080
2.221	101.059
2.221	101.063
2.220	101.014
2.223	101.173
2.219	100.993
2.227	101.333
2.219	101.012
2.218	100.944
2.220	101.030
2.219	100.981
2.218	100.931
2.221	101.064
2.220	101.016
2.224	101.239
2.220	101.034
2.220	101.059
2.220	101.047
2.222	101.114
2.218	100.948
2.222	101.112
2.222	101.128

Czas [s]	Pojemność [μF]
2.219	101.002
2.218	100.958
2.222	101.146
2.219	101.006
2.219	101.003
2.223	101.162
2.221	101.075
2.221	101.102
2.227	101.356
2.218	100.950
2.220	101.053
2.221	101.066
2.220	101.018
2.220	101.033
2.223	101.182
2.219	100.969
2.222	101.139
2.221	101.072
2.220	101.022
2.218	100.942
2.220	101.047
2.220	101.058
2.220	101.059
2.218	100.942
2.219	100.987
2.223	101.153
2.219	100.982
2.223	101.163
2.219	101.009
2.226	101.332
2.219	100.976
2.219	100.999
2.222	101.109
2.220	101.049
2.221	101.093
2.217	100.909
2.220	101.014
2.220	101.016
2.220	101.053
2.221	101.078
2.219	101.007
2.223	101.155
2.220	101.016
2.219	100.970

Czas [s]	Pojemność [μF]
2.217	100.909
2.218	100.952
2.222	101.108
2.225	101.262
2.218	100.965
2.219	100.985
2.219	100.989
2.224	101.206
2.220	101.021
2.219	100.990
2.221	101.083
2.224	101.236
2.221	101.071
2.220	101.036
2.224	101.217
2.220	101.047
2.222	101.130
2.222	101.122
2.221	101.092
2.219	100.991
2.218	100.934
2.219	101.009
2.218	100.946
2.218	100.941
2.218	100.967
2.218	100.965
2.219	100.988
2.218	100.957
2.220	101.047
2.219	101.010
2.219	101.003
2.221	101.086
2.220	101.049
2.223	101.162
2.220	101.032
2.222	101.109
2.219	100.998
2.220	101.031
2.219	100.986
2.219	100.974
2.220	101.052
2.220	101.032
2.219	101.004
2.219	100.999

Tabela 4: Pomiar 3 część 1

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.096	13.850
0.094	13.500
0.092	13.250
0.091	13.160
0.090	13.040
0.090	12.920
0.090	12.930
0.089	12.860
0.089	12.800
0.088	12.730
0.088	12.690
0.088	12.670
0.088	12.660
0.087	12.550
0.087	12.550
0.087	12.550
0.087	12.500
0.086	12.470
0.086	12.430
0.086	12.430
0.086	12.430
0.086	12.400
0.086	12.340
0.086	12.380
0.085	12.330
0.085	12.330
0.085	12.290
0.085	12.310
0.085	12.290
0.085	12.220
0.085	12.260
0.085	12.240
0.085	12.260
0.085	12.210
0.084	12.120
0.085	12.210
0.084	12.190
0.084	12.100
0.084	12.170
0.084	12.140
0.084	12.140
0.084	12.100
0.084	12.120
0.084	12.140
0.084	12.050
0.084	12.050

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.084	12.090
0.083	12.010
0.084	12.090
0.084	12.050
0.084	12.050
0.083	12.010
0.083	12.030
0.083	12.000
0.083	11.960
0.083	12.020
0.083	11.980
0.083	11.960
0.083	12.020
0.083	11.980
0.083	11.970
0.083	11.980
0.083	11.980
0.083	11.950
0.083	11.930
0.083	11.910
0.083	11.930
0.083	11.910
0.083	11.960
0.082	11.880
0.083	11.950
0.083	11.930
0.083	11.930
0.083	11.910
0.082	11.900
0.082	11.860
0.082	11.880
0.082	11.890
0.082	11.880
0.082	11.880
0.082	11.880
0.082	11.850
0.082	11.840
0.082	11.880
0.082	11.880
0.082	11.840
0.082	11.880
0.082	11.860
0.082	11.810
0.082	11.840
0.082	11.830

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.082	11.860
0.082	11.810
0.082	11.810
0.082	11.830
0.082	11.840
0.082	11.810
0.081	11.760
0.082	11.820
0.082	11.790
0.082	11.790
0.081	11.760
0.082	11.810
0.081	11.760
0.082	11.770
0.082	11.810
0.081	11.760
0.082	11.810
0.082	11.770
0.082	11.770
0.081	11.740
0.082	11.790
0.081	11.760
0.081	11.760
0.081	11.740
0.081	11.720
0.081	11.700
0.081	11.760
0.082	11.790
0.081	11.740
0.081	11.720
0.081	11.720
0.081	11.720
0.081	11.720
0.081	11.740
0.082	11.770
0.081	11.760
0.081	11.710
0.081	11.690
0.081	11.720
0.081	11.690
0.081	11.740
0.081	11.740
0.081	11.740
0.081	11.720
0.081	11.700
0.081	11.740
0.081	11.690

Tabela 5: Pomiar 3 część 2

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.082	11.860
0.082	11.810
0.082	11.810
0.082	11.830
0.082	11.840
0.082	11.810
0.081	11.760
0.082	11.820
0.082	11.790
0.082	11.790
0.081	11.760
0.082	11.810
0.081	11.760
0.082	11.770
0.082	11.810
0.081	11.760
0.082	11.810
0.082	11.770
0.082	11.770
0.081	11.740
0.082	11.790
0.081	11.760
0.081	11.760
0.081	11.740
0.081	11.720
0.081	11.700
0.081	11.760
0.082	11.790
0.081	11.740
0.081	11.720
0.081	11.720
0.081	11.720
0.081	11.740
0.082	11.770
0.081	11.760
0.081	11.710
0.081	11.690
0.081	11.720
0.081	11.690
0.081	11.740
0.081	11.720
0.081	11.690
0.081	11.740
0.081	11.740
0.081	11.720
0.081	11.700
0.081	11.740
0.081	11.690

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.081	11.720
0.081	11.700
0.081	11.740
0.081	11.670
0.081	11.700
0.081	11.700
0.081	11.670
0.081	11.700
0.081	11.700
0.081	11.710
0.081	11.650
0.081	11.720
0.081	11.710
0.081	11.670
0.081	11.690
0.081	11.720
0.081	11.690
0.081	11.690
0.081	11.720
0.081	11.670
0.081	11.690
0.081	11.670
0.081	11.700
0.081	11.620
0.081	11.670
0.081	11.620
0.081	11.690
0.081	11.640
0.081	11.670
0.081	11.630
0.081	11.650
0.081	11.630
0.081	11.640
0.081	11.620
0.081	11.630
0.081	11.650
0.081	11.620
0.080	11.580
0.081	11.580
0.081	11.650
0.081	11.630
0.081	11.620

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.080	11.600
0.080	11.600
0.080	11.580
0.081	11.620
0.080	11.560
0.080	11.600
0.081	11.640
0.080	11.600
0.080	11.580
0.081	11.620
0.080	11.580
0.081	11.620
0.080	11.600
0.080	11.580
0.080	11.600
0.081	11.640
0.080	11.580
0.080	11.580
0.080	11.600
0.081	11.640
0.080	11.580
0.081	11.620
0.080	11.550
0.081	11.620
0.080	11.570
0.080	11.580
0.080	11.580
0.080	11.600
0.080	11.570
0.080	11.580
0.080	11.570
0.080	11.550
0.080	11.550
0.080	11.600
0.080	11.570
0.080	11.580
0.080	11.570
0.080	11.550
0.080	11.570
0.080	11.550
0.080	11.520
0.080	11.550
0.080	11.530
0.080	11.560
0.080	11.510



Tabela 6: Pomiar 3 część 3

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.080	11.600
0.080	11.600
0.080	11.580
0.081	11.620
0.080	11.560
0.080	11.600
0.081	11.640
0.080	11.600
0.080	11.580
0.081	11.620
0.080	11.580
0.081	11.620
0.080	11.600
0.080	11.580
0.080	11.600
0.081	11.640
0.080	11.580
0.080	11.580
0.080	11.600
0.081	11.640
0.080	11.580
0.080	11.550
0.081	11.620
0.080	11.570
0.080	11.580
0.080	11.580
0.080	11.600
0.080	11.570
0.080	11.580
0.080	11.570
0.080	11.550
0.080	11.570
0.080	11.570
0.080	11.550
0.080	11.530
0.080	11.560
0.080	11.510

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.080	11.530
0.080	11.550
0.080	11.550
0.080	11.580
0.080	11.530
0.080	11.530
0.080	11.530
0.080	11.570
0.080	11.530
0.080	11.530
0.080	11.500
0.080	11.480
0.080	11.550
0.080	11.510
0.080	11.500
0.080	11.480
0.080	11.480
0.080	11.550
0.080	11.510
0.080	11.480
0.080	11.500
0.080	11.520
0.080	11.530
0.080	11.500
0.080	11.480
0.080	11.510
0.080	11.480
0.080	11.480
0.080	11.480
0.080	11.530
0.080	11.510
0.080	11.480
0.079	11.440
0.080	11.500
0.080	11.500
0.079	11.460
0.079	11.460
0.079	11.430
0.080	11.480
0.079	11.460
0.079	11.430
0.079	11.410
0.079	11.410
0.079	11.440
0.079	11.430
0.079	11.440
0.079	11.430
0.079	11.410
0.079	11.410
0.079	11.410
0.079	11.390
0.079	11.370
0.079	11.380
0.079	11.410
0.079	11.390
0.079	11.370
0.079	11.380
0.079	11.410
0.079	11.390
0.079	11.360
0.079	11.370
0.079	11.390
0.079	11.380
0.079	11.340
0.079	11.360
0.079	11.380
0.079	11.360
0.079	11.360
0.079	11.360

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.080	11.480
0.079	11.460
0.079	11.410
0.079	11.430
0.079	11.440
0.079	11.440
0.080	11.480
0.079	11.460
0.079	11.390
0.079	11.450
0.079	11.450
0.079	11.390
0.079	11.430
0.079	11.410
0.079	11.440
0.079	11.390
0.079	11.390
0.079	11.430
0.079	11.410
0.079	11.440
0.079	11.360
0.079	11.430
0.079	11.410
0.079	11.410
0.079	11.410
0.079	11.390
0.078	11.320
0.079	11.370
0.079	11.380
0.079	11.410
0.079	11.390
0.079	11.370
0.079	11.380
0.079	11.410
0.079	11.390
0.079	11.370
0.079	11.390
0.079	11.380
0.079	11.340
0.079	11.360
0.079	11.370
0.079	11.380
0.079	11.360
0.079	11.360
0.079	11.360

Tabela 7: Pomiar 3 część 4

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.080	11.480
0.079	11.460
0.079	11.410
0.079	11.430
0.079	11.440
0.079	11.440
0.080	11.480
0.079	11.460
0.079	11.390
0.079	11.450
0.079	11.450
0.079	11.390
0.079	11.430
0.079	11.410
0.079	11.440
0.079	11.390
0.079	11.390
0.079	11.340
0.079	11.460
0.079	11.360
0.079	11.430
0.079	11.410
0.079	11.440
0.079	11.360
0.079	11.410
0.079	11.410
0.079	11.410
0.079	11.390
0.078	11.320
0.079	11.370
0.079	11.380
0.079	11.410
0.079	11.390
0.079	11.370
0.079	11.380
0.079	11.410
0.079	11.390
0.079	11.360
0.079	11.370
0.079	11.390
0.079	11.380
0.079	11.340
0.079	11.360
0.079	11.380
0.079	11.360
0.079	11.360

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.079	11.410
0.079	11.340
0.079	11.360
0.079	11.360
0.079	11.340
0.079	11.380
0.079	11.360
0.078	11.320
0.079	11.360
0.079	11.340
0.078	11.320
0.079	11.340
0.078	11.320
0.079	11.340
0.079	11.380
0.079	11.330
0.079	11.360
0.078	11.320
0.079	11.380
0.078	11.320
0.079	11.340
0.079	11.360
0.078	11.290
0.078	11.310
0.079	11.340
0.078	11.320
0.078	11.310
0.078	11.320
0.079	11.340
0.078	11.320
0.078	11.310
0.078	11.320
0.079	11.340
0.078	11.290
0.079	11.340
0.078	11.320
0.078	11.290
0.079	11.330
0.079	11.340
0.078	11.320
0.078	11.300
0.078	11.320
0.078	11.290
0.078	11.290
0.079	11.340
0.078	11.320
0.078	11.300
0.078	11.320

Czas	Pojemność
[s]	[ $\mu$ F]
0.078	11.320
0.078	11.320
0.078	11.320
0.078	11.270
0.078	11.320
0.078	11.310
0.078	11.290
0.078	11.290
0.078	11.290
0.078	11.290
0.078	11.310
0.078	11.310
0.078	11.290
0.078	11.300
0.078	11.290
0.078	11.310
0.078	11.260
0.078	11.270
0.078	11.320
0.078	11.270
0.078	11.260
0.078	11.270
0.078	11.270
0.078	11.270
0.078	11.290
0.078	11.290
0.078	11.290
0.078	11.270
0.078	11.240
0.078	11.270
0.078	11.310
0.078	11.290
0.078	11.300
0.078	11.250
0.078	11.260
0.078	11.290
0.078	11.250
0.078	11.240
0.078	11.270
0.078	11.290
0.078	11.250
0.078	11.270
0.078	11.260
0.078	11.220
0.078	11.220

## 5. Wykresy

Rysunek 3: Wykres dla pomiaru pierwszego

Na powyższym wykresie widzimy znaczny skok w okolicach 85 pomiaru. Jest on spowodowany włączeniem do układu oscyloskopu. Po usunięciu wyników powyżej  $500\mu\text{F}$  otrzymujemy.

Rysunek 4: Wykres dla pomiaru pierwszego, przed podłączeniem i bez odstających

Możemy zauważyć, że po usunięciu zafałszowanych wyników, rozstrzał pozostałych (oś pionowa) jest niewielki. Wszystkie są skupione w okolicach wyniku  $488\mu\text{F}$ .

Rysunek 5: Wykres zależności wartości pojemności kondensatora od czasu jego ładowania

Na wykresie widzimy, że wyniki układają się w linię prostą. Jeśli spojrzymy ponownie na wzór (2) wynik ten jest oczywisty, oraz możemy odczytać, że współczynnik kierunkowej tej prostej wynosi  $R \ln\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta}\right) = 1000 \ln\left(\frac{1-1/3}{1-2/3}\right) = 1000 \ln(2)$ .

Podczas kolejnych pomiarów nie był podłączany oscyloskop, więc pomiary te nie były zafałszowane.

Rysunek 6: Wartości pojemności drugiego kondensatora kolejnych pomiarach

Rysunek 7: Wartości pojemności drugiego dla  $\alpha = 1 - \beta = \frac{1}{10}$

Na powyższym wykresie widać, że po zmienieniu parametru  $\alpha$  oraz  $\beta$  wartości są znacznie bardziej skoncentrowane wokół rzeczywistej wartości  $C = 100\mu\text{F}$ .

Rysunek 8: Wartości pojemności trzeciego kondensatora kolejnych pomiarach

Na ostatnim wykresie możemy zauważyć, że wszystkie wyniki z czasem zbliżają się do jednej wartości. Po nałożeniu na wykres funkcję  $\exp(\sqrt[4]{x})$  i odpowiednio jej przeskalowaniu widzimy, że oba wykresy nakładają się.

Rysunek 9: Wartości pojemności trzeciego kondensatora kolejnych pomiarach z nałożoną eksponentą

## 6. Zdjęcia oscyloskopu

Rysunek 10: Zdjęcie oscyloskopu

## 7. Niepewności pomiarowe

W celu wyliczenia niepewności typu A musimy w pierw wyliczyć wartość średnią, korzystamy tutaj ze wzoru

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

Następnie użyjemy wzoru na niepewność typu A:

$$U_a(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

**Przykładowe obliczenia dla danych 1:**

$$\bar{x} = \frac{1}{114} (3.375 + 3.386 + \dots + 3.514 + 3.530) \approx 3.44[\text{s}]$$

$$U_a(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{114(114-1)} \sum (x_i - 3.44)^2} \approx 0.0060[\text{s}]$$

## 8. Wnioski, wnioski, i jakieś ciekawe wnioski

Dla pozostałych danych niepewność wynosi:

1. Dane numer 2: 0.00085 [s]
2. Dane numer 3: 0.00011 [s]
3. Dane numer 4: 0.00018 [s]

Zakładając małą niepewność przewodów oraz kondensatora, widzimy że średni odczyt wartości na dużym kondensatorze wynosi 491.43 [ $\mu\text{F}$ ], co w porównaniu z rzeczywistą wartością (470 [ $\mu\text{F}$ ]), implikuje że zastosowana metoda dla parametrów  $\alpha = \frac{1}{3}$  oraz  $\beta = \frac{2}{3}$  nie zwraca dokładnych wyników. Dla porównania dla pozostałych pomiarów:

1. Dla danych numer 2 średni odczyt: 95.4 [ $\mu\text{F}$ ] (pojemność w rzeczywistości 100 [ $\mu\text{F}$ ])
2. Dla danych numer 3 średni odczyt: 11.47 [ $\mu\text{F}$ ] (pojemność w rzeczywistości 10 [ $\mu\text{F}$ ])

Zmieniając  $\alpha = \frac{1}{10}$  oraz  $\beta = \frac{9}{10}$  nasz średni wynik 101.05 [ $\mu\text{F}$ ] jest o wiele bardziej dokładny. W zamian za zwiększoną dokładność wyniku niestety musieliśmy zapłacić czasem wykonania jednego pomiaru. Dla większych wartości  $\alpha$  jeden pomiar wykonywał się średnio 0.66 s, gdy w drugim przypadku czekaliśmy aż 2.22 s.

Na podstawie wyżej przedstawionym pomiarów oraz wykresów widzimy, że zwiększając paramtr  $\beta$  oraz zmniejszając  $\alpha$  otrzymamy w miarę zbliżoną wartość pojemności kondensatora do tej rzeczywistej.

# **Bibliografia**

- [1] <http://prac.im.pwr.wroc.pl/~augustyniak/>
- [2] <http://prac.im.pwr.wroc.pl/~augustyniak/dydaktyka.html>