

Apress®

**Richard J. Smythe**

# **Arduino w nauce**

**Gromadzenie, wyświetlanie  
i przetwarzanie danych  
uzyskanych z czujników**

Przekład: Jacek Janusz

APN Promise, Warszawa 2022

# Spis treści

O autorze .....	xi
O recenzencie technicznym .....	xii
Podziękowania .....	xiii
Od autora .....	xv
<b>1 Włączanie i wyłączenie diody LED za pomocą przycisku .....</b>	<b>1</b>
Eksperyment .....	3
Sprzęt .....	3
Schemat układu: połączenie systemu DAQFactory i urządzenia LabJack. ....	4
Oprogramowanie .....	5
Przebieg eksperymentu, testy i proces projektowania .....	13
Analiza .....	15
Wykorzystanie systemu Raspberry Pi i języka Python w celu sterowania świeceniem diody LED .....	16
Eksperyment .....	17
Przebieg eksperymentu .....	19
Analiza .....	20
Listingi kodów .....	20
Podsumowanie .....	22
<b>2 Sterowanie zasilaniem, monitorowanie mocy i tworzenie   wyspecjalizowanych interfejsów graficznych .....</b>	<b>23</b>
Eksperyment .....	25
Sprzęt .....	28
Oprogramowanie .....	29
Wymagane kontrolki ekranowe .....	29

Przebieg eksperymentu, testowanie i projektowanie . . . . .	31
Analiza . . . . .	33
<b>Monitorowanie prądu i zarządzanie zasilaniem za pomocą Raspberry Pi . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>Eksperyment . . . . .</b>	<b>45</b>
Przebieg eksperymentu . . . . .	47
Analiza . . . . .	48
<b>Listingi kodów . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>Podsumowanie . . . . .</b>	<b>64</b>
<b>3 Wprowadzenie do skryptów . . . . .</b>	<b>65</b>
<b>Eksperyment . . . . .</b>	<b>66</b>
Sprzęt . . . . .	66
Oprogramowanie . . . . .	67
Skrypty . . . . .	68
Przebieg eksperymentu . . . . .	70
Analiza . . . . .	70
<b>Sekwencje DAQFactory – sterowanie zestawem diod LED</b>	
<b>podłączonych do Arduino . . . . .</b>	<b>71</b>
Eksperyment . . . . .	71
Analiza . . . . .	71
<b>Raspberry Pi . . . . .</b>	<b>72</b>
<b>Listingi kodów . . . . .</b>	<b>73</b>
<b>Podsumowanie . . . . .</b>	<b>78</b>
<b>4 Wprowadzanie danych . . . . .</b>	<b>79</b>
<b>Sprzęt 80</b>	
<b>Oprogramowanie . . . . .</b>	<b>81</b>
Wymagane kontrolki ekranowe . . . . .	81
Skrypty . . . . .	86
Przebieg eksperymentu . . . . .	87
Analiza . . . . .	87
<b>Wprowadzanie danych przy użyciu mikrokontrolera Arduino . . . . .</b>	<b>88</b>
<b>Eksperyment . . . . .</b>	<b>89</b>
Przebieg eksperymentu . . . . .	92

Analiza . . . . .	92
Raspberry Pi – wprowadzanie danych z ekranu . . . . .	93
Listingi kodów . . . . .	94
Podsumowanie . . . . .	109
<b>5 Sygnały i wyjścia cyfrowe . . . . .</b>	<b>111</b>
Eksperyment . . . . .	112
Sprzęt . . . . .	112
Oprogramowanie . . . . .	114
Przebieg eksperymentu . . . . .	115
Analiza . . . . .	115
Sterowanie za pomocą środowiska DAQFactory zestawem diod LED	
podłączonym do płytki mikrokontrolera . . . . .	116
Eksperyment . . . . .	116
Przebieg eksperymentu . . . . .	117
Analiza . . . . .	117
Raspberry Pi . . . . .	118
Listingi kodów . . . . .	119
Podsumowanie . . . . .	127
<b>6 Przetwarzanie analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe danych</b>	
<b>wejściowych i wyjściowych . . . . .</b>	<b>129</b>
Konwersja cyfrowo-analogowa . . . . .	133
Eksperyment – konwersja z systemu dziesiętnego na binarny	
z wykorzystaniem urządzenia LabJack i systemu DAQFactory . . . . .	134
Sprzęt . . . . .	134
Oprogramowanie . . . . .	134
Konwersja analogowo-cyfrowa . . . . .	135
Przebieg eksperymentu . . . . .	137
Analiza . . . . .	139
Konwersja analogowo-cyfrowa z zastosowaniem mikrokontrolerów . . . . .	142
Eksperyment . . . . .	142
Przebieg eksperymentu . . . . .	146
Analiza . . . . .	147

Projektowanie systemu i programowanie . . . . .	148
<b>Konwersja wejściowych i wyjściowych sygnałów analogowych i cyfrowych przy użyciu urządzenia Raspberry Pi . . . . .</b>	<b>148</b>
Konwersja z systemu dziesiętnego na binarny . . . . .	149
Konwersja analogowo-cyfrowa z wykorzystaniem Raspberry Pi . . . . .	150
Eksperyment . . . . .	150
Przebieg eksperymentu . . . . .	151
Analiza . . . . .	153
Listingi kodów . . . . .	156
Listingi kodów dla Raspberry Pi . . . . .	167
Podsumowanie . . . . .	174
<b>7 Zarządzanie poziomem mocy i intensywnością oświetlenia . . . . .</b>	<b>175</b>
Eksperyment . . . . .	177
Sterowanie napięciem . . . . .	177
Eksperyment . . . . .	181
Sterowanie napięciem za pomocą metody PWM . . . . .	181
Przebieg eksperymentu . . . . .	182
Analiza . . . . .	184
Sterowanie intensywnością oświetlenia za pomocą Raspberry Pi . . . . .	184
Wprowadzenie . . . . .	184
Eksperyment . . . . .	186
Przebieg eksperymentu . . . . .	189
Analiza . . . . .	191
Listingi kodów . . . . .	192
Podsumowanie . . . . .	198
<b>8 Zdarzenia i odmierzanie czasu . . . . .</b>	<b>199</b>
Określanie i odmierzanie czasu za pomocą oprogramowania . . . . .	200
Podstawowe zmienne, używane do wyznaczania czasu . . . . .	201
Uruchamianie zaplanowanych zdarzeń . . . . .	202
Stoper . . . . .	202
Sprzętowe odmierzanie czasu, zarządzanie zdarzeniami i wyznaczanie częstotliwości . . . . .	204

<b>Eksperyment</b> . . . . .	<b>207</b>
Sprzęt . . . . .	207
Schemat układu . . . . .	207
Oprogramowanie . . . . .	207
Skrypty . . . . .	209
Układ elektroniczny . . . . .	209
Oprogramowanie . . . . .	210
Przebieg eksperymentu . . . . .	210
Analiza . . . . .	211
<b>Określanie i odmierzanie czasu za pomocą sprzętu</b> . . . . .	<b>212</b>
Eksperyment . . . . .	214
Schemat . . . . .	215
Przebieg eksperymentu . . . . .	215
Analiza . . . . .	216
<b>Zegary mikrokontrolera, obsługa czasu i zliczanie zdarzeń</b> . . . . .	<b>218</b>
Eksperyment . . . . .	219
Przebieg eksperymentu . . . . .	220
Analiza . . . . .	221
<b>Zliczanie zdarzeń i obsługa czasu za pomocą Pythona i urządzenia Raspberry Pi</b> . . . . .	<b>222</b>
Planowanie zdarzeń . . . . .	224
Wykrywanie i zliczanie zdarzeń . . . . .	225
Eksperyment . . . . .	228
Przebieg eksperymentu . . . . .	231
Analiza . . . . .	235
<b>Listingi kodów</b> . . . . .	<b>236</b>
<b>Programy Pythona, uruchamiane w urządzeniu Raspberry Pi</b> . . . . .	<b>244</b>
<b>Podsumowanie</b> . . . . .	<b>253</b>
<b>9 Graficzna prezentacja danych</b> . . . . .	<b>255</b>
<b>Eksperyment – liniowe wykresy graficzne</b> . . . . .	<b>257</b>
Część 1. Wybór sprzętu i komponentów – prostokątny przebieg wyjściowy . . . . .	257
Wymagane elementy elektroniczne . . . . .	258
Schemat układu . . . . .	258
Oprogramowanie . . . . .	259

Wymagane kontrolki ekranowe . . . . .	259
Przebieg eksperymentu . . . . .	262
Część 2. Wybór sprzętu i komponentów – piłokształtne i trójkątne przebiegi wyjściowe . . . . .	264
Przebieg eksperymentu . . . . .	264
Część 3. Wybór sprzętu i komponentów – przebieg trójkątny o zboczu narastającym i opadającym . . . . .	266
Przebieg eksperymentu . . . . .	268
Tworzenie wykresów x-y . . . . .	269
Przebieg eksperymentu . . . . .	272
Analiza . . . . .	274
Tworzenie wykresów czasowych. . . . .	275
Wyświetlanie wykresów x-y . . . . .	280
<b>Wyświetlanie wykresów za pomocą mikrokontrolera . . . . .</b>	<b>281</b>
Eksperyment . . . . .	282
Przebieg eksperymentu . . . . .	283
Analiza . . . . .	283
<b>Graficzna prezentacja danych za pomocą Pythona i Raspberry Pi . . . . .</b>	<b>284</b>
Wprowadzenie . . . . .	284
Eksperyment . . . . .	285
Przebieg eksperymentu . . . . .	287
Analiza . . . . .	290
<b>Listingi kodów . . . . .</b>	<b>292</b>
<b>Podsumowanie . . . . .</b>	<b>294</b>
<b>10 Sterowanie prądem . . . . .</b>	<b>295</b>
Źródła prądu stałego . . . . .	296
Eksperyment . . . . .	297
Sprzęt . . . . .	297
Oprogramowanie . . . . .	300
Przebieg eksperymentu . . . . .	300
Analiza . . . . .	301
<b>Sterowanie większymi prądami stałymi . . . . .</b>	<b>302</b>
Silniki bezszczotkowe prądu stałego (bez komutatorów i iskrzących szczotek) . . . . .	302

<b>Eksperyment</b> . . . . .	<b>303</b>
Sprzęt . . . . .	303
Schemat obwodu . . . . .	305
Oprogramowanie . . . . .	307
Przebieg eksperymentu . . . . .	307
Analiza . . . . .	308
<b>Silniki krokowe</b> . . . . .	<b>310</b>
<b>Eksperyment</b> . . . . .	<b>311</b>
Sprzęt . . . . .	311
Schemat układu . . . . .	312
Oprogramowanie . . . . .	314
Przebieg eksperymentu . . . . .	315
Analiza . . . . .	316
<b>Sterowanie źródłami prądu przemiennego</b> . . . . .	<b>318</b>
Wprowadzenie . . . . .	318
<b>Eksperyment</b> . . . . .	<b>320</b>
Sprzęt . . . . .	320
Schemat obwodu . . . . .	322
Oprogramowanie . . . . .	323
Przebieg eksperymentu . . . . .	324
Analiza . . . . .	324
<b>Sterowanie prądem za pomocą Raspberry Pi i Pythona</b> . . . . .	<b>327</b>
Sterowanie większymi prądami stałymi . . . . .	327
Eksperyment . . . . .	329
Przebieg eksperymentu . . . . .	331
Analiza . . . . .	331
<b>Sterowanie mocą w przypadku obciążeń indukcyjnych</b> . . . . .	<b>333</b>
Wprowadzenie . . . . .	333
Eksperyment . . . . .	333
Przebieg eksperymentu . . . . .	338
Analiza . . . . .	338
<b>Sterowanie prądami przemiennymi</b> . . . . .	<b>339</b>
Wprowadzenie . . . . .	339
Eksperyment . . . . .	339



Przebieg eksperymentu . . . . .	341
Analiza . . . . .	342
<b>Listingi kodów . . . . .</b>	<b>343</b>
Kody języka Python dla Raspberry Pi . . . . .	343
Podsumowanie . . . . .	345
<b>11 Mikrokontrolery i komunikacja szeregową . . . . .</b>	<b>347</b>
Eksperyment – przesyłanie danych z mikrokontrolera do komputera głównego . . . . .	351
Sprzęt . . . . .	353
Oprogramowanie . . . . .	354
Wymagane kontrolki ekranowe . . . . .	358
Przebieg eksperymentu . . . . .	358
Analiza . . . . .	359
Eksperyment – przesyłanie danych z komputera głównego do mikrokontrolera . . . . .	362
Wprowadzenie . . . . .	362
Sprzęt . . . . .	362
Oprogramowanie . . . . .	362
Przebieg eksperymentu . . . . .	364
Analiza . . . . .	364
Raspberry Pi i Arduino . . . . .	365
Eksperyment . . . . .	366
Przebieg eksperymentu . . . . .	367
Analiza . . . . .	369
Listingi kodów . . . . .	370
Podsumowanie . . . . .	374
<b>A Lista skrótów . . . . .</b>	<b>375</b>
<b>B Lista producentów . . . . .</b>	<b>379</b>
Indeks . . . . .	381