

STEMKIT

4SCHOOLS

POMIAR PRĘDKOŚCI DŹWIĘKU ZA POMOCA PYTHONA I GPIO

PLAN LEKCJI 1



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Projekt ten został sfinansowany przy wsparciu Komisji Europejskiej.

Niniejszy komunikat odzwierciedla jedynie poglądy autora, a Komisja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie informacji w nim zawartych.

Spis treści

1. Pomiar prędkości dźwięku.....	2
1.1 Wprowadzenie.....	2
1.1.1 Ogólny opis.....	2
1.1.2 Cele nauczania	2
1.1.3 Odniesienia do programu nauczania.....	2
1.1.4 Spis niezbędnych materiałów	3
1.1.5 Czas trwania	3
1.2 Plan lekcji	4
1.2.1 Wprowadzenie	4
1.2.2 Przygotowanie	6
1.2.3 Wykonanie	9
1.2.4 Wnioski	11
1.2.5 Dodatkowe ćwiczenie (nieobowiązkowe)	11
1.3 Bibliografia i dodatkowe zasoby.....	11



1. Pomiar prędkości dźwięku

1.1 Wprowadzenie

1.1.1 Ogólny opis

Podczas tej lekcji przeprowadzimy eksperyment naukowy mający na celu zmierzenie prędkości dźwięku. W tym celu stworzymy aparaturę doświadczalną przy użyciu naszego STEMKIT-a i będziemy ją obsługiwać za pomocą odpowiedniego programu. Następnie zbierzemy dane i przeanalizujemy je, aby zmierzyć prędkość dźwięku tak jak robią to prawdziwi naukowcy i badacze!

1.1.2 Cele nauczania

Główne cele nauczania tego planu lekcji to:

- pojęcie i zrozumienie czym jest dźwięk, fale dźwiękowe, propagacja fal, prędkość
- zaprojektowanie i wykonanie eksperymentu lub badania naukowego wraz z zebraniem danych, analizą i prezentacją wyników
- zapoznanie się z obwodami i programami do interakcji z pinami GPIO Raspberry Pi
- zrozumienie podstawowych struktur języka programowania Python (a mianowicie wykorzystanie w programie składni, celu i funkcji pętli *while*, instrukcji *if*, definicji funkcji itp.
- wykorzystanie arkusza kalkulacyjnego (w formie papierowej lub programowej) do rejestracji danych i przetwarzania podstawowych statystyk

1.1.3 Odniesienia do programu nauczania

Domeny, subdomeny, przedmioty/tematy, z którymi można powiązać ten plan lekcji, to:

- Fizyka: ruch, drgania, fale, rodzaje fal, charakterystyka fal, propagacja fal, dźwięk, prędkość fal dźwiękowych, widmo fal dźwiękowych
- Nauka (fizyka/chemia/biologia/geologia): metoda naukowa, badania, eksperymenty, analiza i interpretacja wyników
- Informatyka: jednostki przetwarzające i urządzenia peryferyjne, interfejsy, język programowania i główne struktury, kodowanie
- Technologia: elektronika, sprzęt i oprogramowanie typu open source, czujniki, sygnał cyfrowy, obwody, komputery jednopłytkowe



- Matematyka/statystyka: arkusze kalkulacyjne i podstawowe statystyki

1.1.4 Spis niezbędnych materiałów

Do tego planu lekcji (i dla każdej grupy uczniów) oprócz konsoli STEMKIT i jej Raspberry Pi będziemy potrzebować:

- 8 przewodów połączeniowych męsko-żeńskich
- 1 płytki stykowej
- 1 ultradźwiękowego czujnika odległości HC-SR04
- 1 przycisku
- 4 rezystorów (od 300 do 1K Ohm). Będziemy potrzebować 3x 1K Ohm dla czujnika odległości i jeden opór 300 do 1K Ohm dla przycisku
- Linijki lub taśmy mierniczej
- Małe pudełko lub przedmiot do zrobienia przeszkody

1.1.5 Czas trwania

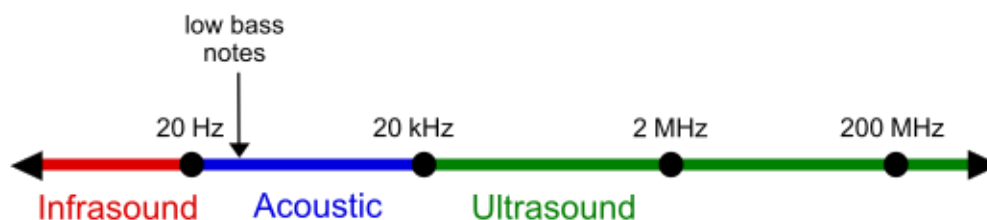
Czas trwania lekcji szacuje się na około 45-60 minut, tj. 1 godzinę lekcyjną.

1.2 Plan lekcji

Plan lekcji podzielony jest na cztery części: wprowadzenie, przygotowanie, wykonanie i wnioski.

1.2.1 Wprowadzenie

Dźwięk to drgania, które rozchodzą się jako słyszalna fala ciśnienia, poprzez medium transmisyjne, takie jak gaz, ciecz lub ciało stałe. Ludzie słyszą fale dźwiękowe jako odrębne dźwięki tylko wtedy, gdy ich częstotliwość mieści się w zakresie od ok. 20 Hz do 20 kHz. Fale dźwiękowe o częstotliwości powyżej 20 kHz nazywane są ultradźwiękami i nie są słyszalne przez człowieka. Fale dźwiękowe o częstotliwości poniżej 20 Hz nazywane są infradźwiękami. Różne gatunki zwierząt mają różny zakres słyszalności.



OBRAZ 1. ZAKRESY CZĘSTOTLIWOŚCI ODPOWIADAJĄCE INFRADŹWIĘKOM, DŹWIĘKOM SŁYSZALNYM DLA CZŁOWIEKA I ULTRADŹWIĘKOM

Źródło: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sound>

Fale dźwiękowe często upraszcza się do opisu w kategoriach fal sinusoidalnych, które charakteryzują się: częstotliwością lub jej odwrotnością, długością fali; amplitudą, ciśnieniem akustycznym lub natężeniem dźwięku; prędkością dźwięku; kierunkiem. W tym planie lekcji będziemy mierzyć prędkość dźwięku za pomocą zestawu STEMKIT i czujnika.

Jak już wspomniano, dźwięk, który jest słyszalny przez człowieka, ma częstotliwość od około 20 Hz do 20 000 Hz. W powietrzu o standardowej temperaturze i ciśnieniu odpowiednie długości fal dźwiękowych wynoszą od 17 m do 17 mm.

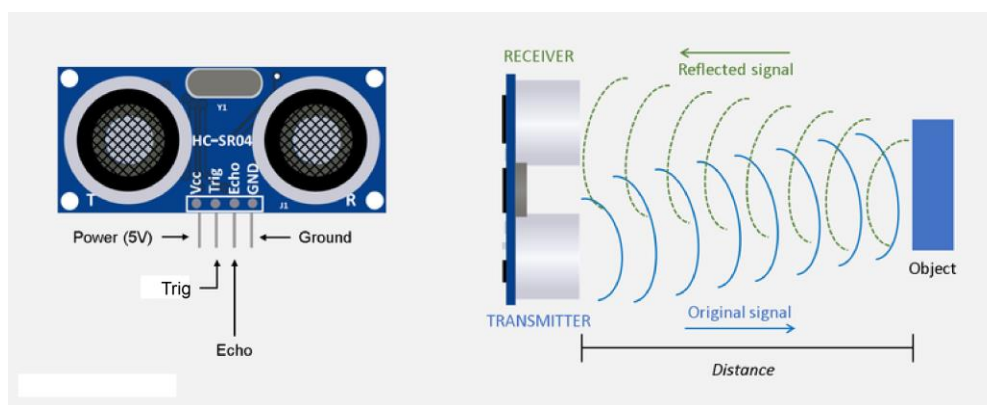
Prędkość dźwięku to odległość przebyta w jednostce czasu przez falę dźwiękową rozchodzącą się w ośrodku sprężystym. W temperaturze 20°C prędkość dźwięku w powietrzu wynosi około 343 metrów na sekundę (lub 1235 km/h), czyli kilometr w 2,9 sekundy. Zależy ona silnie od temperatury, ale również zmienia się o kilka metrów na

sekundę, w zależności od tego, jakie gazy znajdują się w ośrodku, przez który rozchodzi się fala dźwiękowa.

W potocznej mowie prędkość dźwięku odnosi się do prędkości fal dźwiękowych w powietrzu. Jednakże prędkość dźwięku różni się w zależności od substancji: dźwięk najwolniej przemieszcza się w gazach, szybciej w cieczach, a jeszcze szybciej w ciałach stałych. Na przykład, dźwięk przemieszcza się z prędkością 343 m/s w powietrzu; z prędkością 1480 m/s w wodzie (tj. 4,3 razy szybciej niż w powietrzu); i z prędkością 5120 m/s w żelazie (tj. około 15 razy szybciej niż w powietrzu).

W naszym przypadku będziemy mierzyć prędkość dźwięku w powietrzu za pomocą urządzenia, a mianowicie ultradźwiękowego czujnika odległości HC-SR04, który emituje i wykrywa ultradźwięki. Ultradźwięki to fale dźwiękowe o częstotliwościach wyższych niż 20 000 Hz (20 kHz). Nie różnią się one od "normalnego" (słyszalnego) dźwięku w swoich właściwościach fizycznych, z wyjątkiem tego, że nie są słyszalne przez ucho ludzkie. Tak więc, podczas naszych eksperymentów i pomiarów nie będziemy nic słyszeć! Urządzenia ultradźwiękowe pracują z częstotliwościami od 20 kHz do kilku gigaherców.

Ultradźwiękowy czujnik odległości HC-SR04 składa się z dwóch przetworników ultradźwiękowych. Pełni on rolę nadajnika, który zamienia sygnał elektryczny na ultradźwiękowe impulsy dźwiękowe o częstotliwości 40 KHz. Odbiornik nasłuchuje nadawanych impulsów. Jeśli je odbierze, wytwarza impuls wyjściowy, którego szerokość może być użyta do określenia odległości, jaką przebył impuls. Zasada działania jest przedstawiona poniżej.



OBRAZ 2. ZASADA DZIAŁANIA CZUJNIKA ULTRADŹWIĘKOWEGO HC-SR04

Źródło: <http://osoyoo.com/2018/09/18/micro-bit-lesson-using-the-ultrasonic-module/>

Jeśli umieścimy obiekt w znanej nam odległości od czujnika i zarejestrujemy czas potrzebny impulsowi ultradźwiękowemu na dwukrotne pokonanie tej odległości wówczas określimy prędkość dźwięku. Zauważ, że dźwięk podróżuje dwukrotnie, ponieważ

pokonuje trasę z nadajnika do obiektu (przeszkody), a następnie jest odbity i podróżuje z powrotem do odbiornika, gdzie zostaje wykryty.

Teraz, gdy zdobyliśmy podstawową wiedzę na ten temat, przejdźmy do przygotowania własnego doświadczenia.

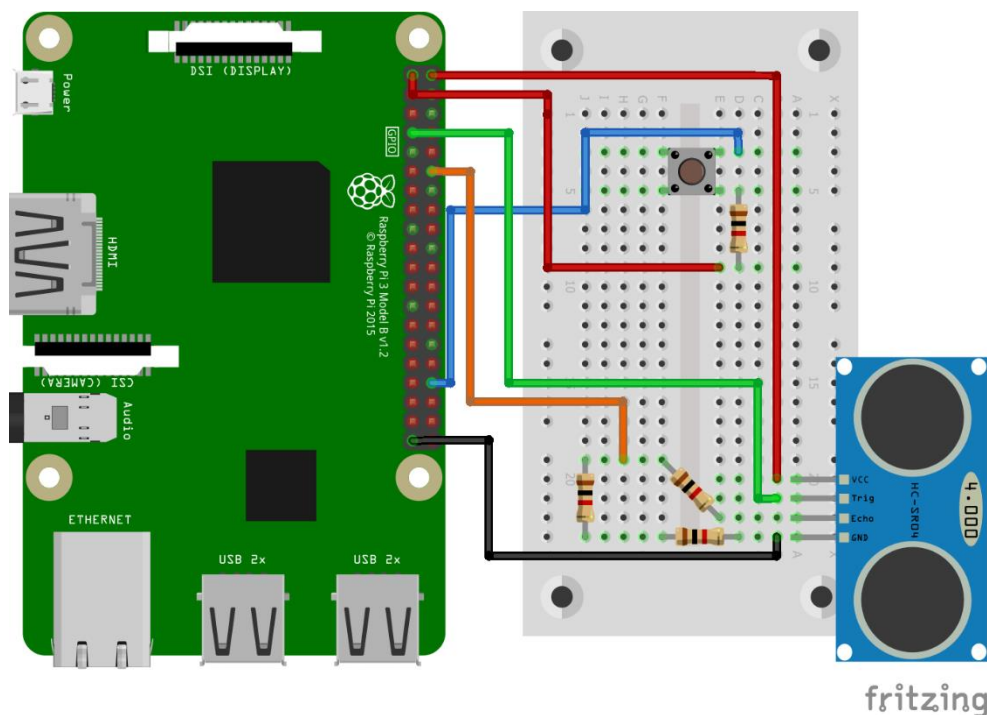
1.2.2 Przygotowanie

Pierwszą rzeczą, którą musimy zrobić, jest stworzenie obwodu i podłączenie czujnika do pinów GPIO naszego Raspberry Pi. Zanim przejdziemy dalej, wyłączamy Raspberry Pi i odłączamy je od zasilania. Do obwodu będziemy potrzebować czujnika, płytki stykowej, rezystorów, przewodów połączeniowych i przycisku. Cały obwód znajduje się na poniższym schemacie.

Ultradźwiękowy czujnik odległości HC-SR04 jest wyposażony w 4 piny: zasilanie (VCC), wyzwalacz (TRIG), echo (ECHO) i uziemienie (GND). Pin zasilania zostanie podłączony do pinu 5 V Raspberry Pi, wyzwalacz zostanie przypisany do pinu GPIO jako wyjście (styk 4), echo zostanie przypisane do pinu GPIO jako wejście (styk 18), a uziemienie zostanie podłączone do pin uziemiający w Raspberry Pi.

Do pinu GPIO 24 podłączamy również przycisk, który ustawimy jako wejście. Drugi koniec przycisku należy podłączyć do pinu napięciowego 3,3V Raspberry Pi za pomocą rezystora. Tak więc, gdy wciśniemy ten przycisk wówczas pin GPIO 24 będzie w stanie HIGH, czyli 3.3V. Będziemy potrzebowali programu, który będzie działał w taki sposób, iż za każdym razem, gdy naciśniemy przycisk, czujnik wyemituje impuls ultradźwiękowy, a program będzie odmierzał czas, po jakim echo zostanie odebrane (tj. ile czasu upłynęło, od momentu gdy fale dźwiękowe zostały wyemitowane, uderzyły w obiekt przed czujnikiem, odbiły się od niego i wróciły do czujnika).

Kiedy skończymy z naszym obwodem, możemy włączyć Raspberry Pi i uruchomić nasz program w Pythonie w pliku `lesson_plan_speed_of_sound.py`



OBRAZ 3. SCHEMAT UKŁADU Z CZUJNIKIEM ODLEGŁOŚCI I PRZYCISKIEM PODŁĄCZONYM DO PINÓW GPIO

Źródło: STEMKIT4Schools project

Zanim zaczniemy nasze dochodzenie, przyjrzyjmy się programowi, aby lepiej zrozumieć, jak on działa.

Najpierw importujemy potrzebne moduły Pythona, a następnie ustawiamy piny GPIO dla przycisku i czujnika jako odpowiednio wyjście i/lub wejście. Następnie umieszczamy większość kodu do interakcji z czujnikiem w funkcji `get_time()`. Tam najpierw emitujemy impuls ultradźwiękowy z czujnika. Następnie wydajemy sygnał i mierzymy odstęp czasu. Kiedy w końcu otrzymamy czas wejścia, możemy odjąć czas zakończenia od czasu rozpoczęcia i obliczyć wartość czasu, który upłynął.

Wywołujemy tę funkcję w pętli `while`, która działa w nieskończoność.

Na końcu uruchamiamy pętlę `while`, która działa w nieskończoność. W pętli sprawdzamy czy pin wejściowy podłączony do przycisku jest w stanie `high` (wysokim). Jeśli tak, to znaczy, że przycisk został wciśnięty i dlatego chcemy wywołać `get_time()` i uzyskać na ekranie wartość czasu, którą otrzymujemy z czujnika. Należy również pamiętać, że musimy uwzględnić pewien czas uśpienia pomiędzy każdym wywołaniem funkcji, w przeciwnym razie czujnik może nie zachowywać się normalnie.

Po zakończeniu zestawu pomiarów możemy zatrzymać program i nieskończoną pętlę `while` wciskając klawisz Ctrl-C.



Erasmus+

2019-1-FR01-KA201-062281



STEMKIT
4SCHOOLS

```
#####  
  
# first import libraries and set gpio numbering mode  
import RPi.GPIO as GPIO  
import time  
GPIO.setwarnings(False)  
# doing this first, since we're using a while True.  
GPIO.cleanup()  
GPIO.setmode(GPIO.BCM)  
  
# pin for push button  
pin_button = 24  
GPIO.setup(pin_button, GPIO.IN)  
  
# define TRIG and ECHO pins and set them up as output and input  
TRIG = 4  
ECHO = 18  
GPIO.setup(TRIG,GPIO.OUT)  
GPIO.setup(ECHO,GPIO.IN)  
  
# function to get distance value  
def get_time():  
    # emit a burst of ultrasound  
    GPIO.output(TRIG, True)  
    time.sleep(0.00001)  
    GPIO.output(TRIG, False)  
  
    # measure time interval  
    while GPIO.input(ECHO) == False:  
        tstart = time.time()  
  
    while GPIO.input(ECHO) == True:  
        tend = time.time()  
  
    sig_time = tend-tstart  
    #print("time(sec):", sig_time)  
    return sig_time  
  
# do this loop forever! Press Ctrl-C to stop it  
# When button is pressed then measure time
```



```
while True:
    if GPIO.input(pin_button) == GPIO.HIGH:
        #print("button pushed")
        value = get_time()
        time.sleep(0.05)
        print("time(sec):", value)
        time.sleep(5.)
    else :
        #do nothing

#####
```

1.2.3 Wykonanie

Kiedy już zapoznaliśmy się z aparaturą eksperymentalną, możemy przystąpić do pomiarów.

Gromadzenie danych

Umieszczamy obiekt z przeszkodą przed czujnikiem i za pomocą linijki lub taśmy mierniczej mierzymy odległość według poniższej tabeli. Wciskamy przycisk i zapisujemy w tabeli pomiar czasu pokazany na ekranie. Powtarzamy dla tego samego dystansu lub różnych dystansów.

TABELA 1 TABELA DANYCH

Indeks	Odległość obiektu (cm)	Pomiar czasu (sec)	Prędkość = 2*odległość/czas (cm/sec)
1	5		
2	5		
3	10		
4	10		
5	20		
6	20		
7	30		
...
...
...
...
...
			Średnia

Analiza danych

Po wypełnieniu tabeli pomiarami odległości i czasu możemy przenieść je do arkusza kalkulacyjnego Excel lub Open/Libre, aby określić prędkość dźwięku, która odpowiada każdej parze pomiarów. Alternatywnie możemy kontynuować pracę z papierowym arkuszem kalkulacyjnym/tabelą. Na koniec obliczamy średnią wartość i wyrażamy ją w cm/s, m/s i km/godz.

Prezentacja wyników

Przedstawiamy nasz wynik i porównujemy go z tymi, jakie uzyskały inne grupy. Porównujemy również nasze wyniki z wartościami referencyjnymi prędkości dźwięku z bibliografii (np.: W temperaturze 20°C prędkość dźwięku w powietrzu wynosi około 343 metrów na sekundę lub 1235 km/h). Czy udało nam się zbliżyć do tej wartości referencyjnej? Jeśli nie, co może być przyczyną? Czy musimy powtórzyć procedurę eksperymentalną?



Erasmus+

2019-1-FR01-KA201-062281



STEMKIT
4SCHOOLS

1.2.4 Wnioski

Udało nam się z sukcesem samodzielnie zmierzyć prędkość dźwięku! W tej fazie podsumowujemy to, co zrobiliśmy i tłumaczymy w jaki sposób tego dokonaliśmy, jakie były główne etapy oraz napotkane trudności.

1.2.5 Dodatkowe ćwiczenie (nieobowiązkowe)

W ramach kontynuacji tej lekcji możemy przejść do następującego ćwiczenia. Teraz, gdy już zmierzaliśmy i znamy wartość prędkości dźwięku, powróćmy do kodu programu, którego użyliśmy. Jakich zmian możemy dokonać, aby móc użyć naszego aparatu do bezpośredniego pomiaru odległości obiektu?

1.3 Bibliografia i dodatkowe zasoby

Oto kilka przydatnych źródeł i dodatkowych materiałów związanych z tym scenariuszem lekcji.

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Sound>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound
- <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/>
- <http://osoyoo.com/2018/09/18/micro-bit-lesson-using-the-ultrasonic-module/>
- <https://lastminuteengineers.com/arduino-sr04-ultrasonic-sensor-tutorial/>