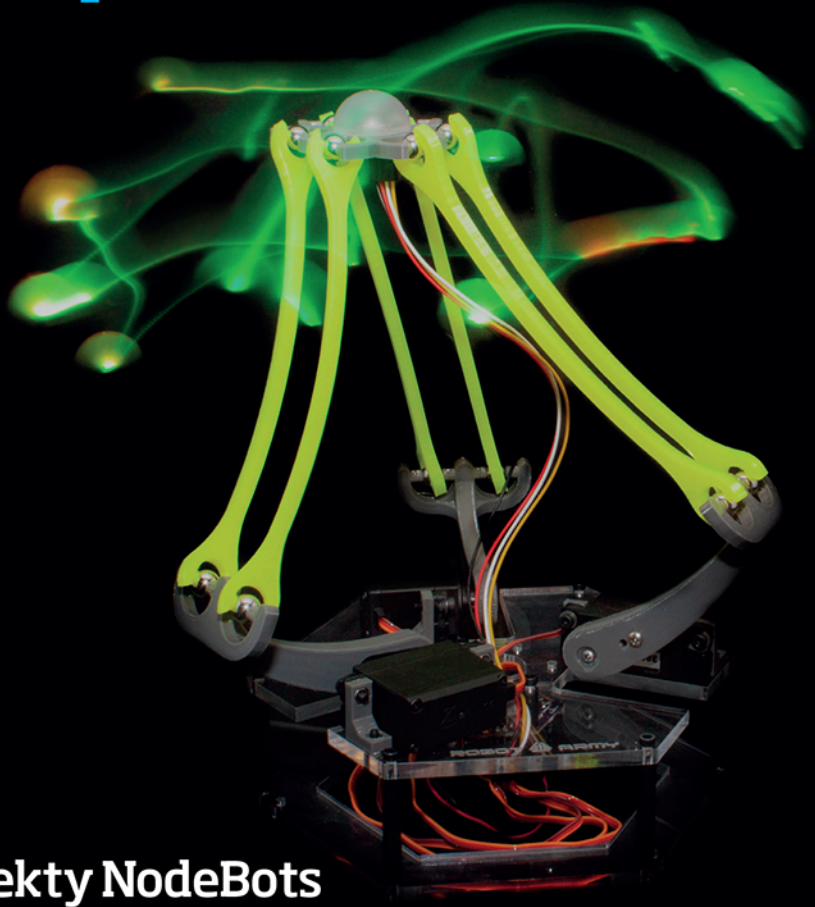
Roboty JavaScript od podstaw



Projekty NodeBots
dla platformy Johnny-Five
z wykorzystaniem płytek Raspberry Pi,
Arduino oraz BeagleBone

Rick Waldron, Backstop Media

Helion

Tytuł oryginału: Make: JavaScript Robotics: Building NodeBots with Johnny-Five, Raspberry Pi, Arduino, and BeagleBone

Tłumaczenie: Andrzej Watrak

ISBN: 978-83-283-2054-3

Wydawnictwo HELION
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: *helion@helion.pl*
WWW: *http://helion.pl* (księgarnia internetowa, katalog książek)

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:
ftp://ftp.helion.pl/przyklady/roboty.zip

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
http://helion.pl/user/opinie/roboty
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

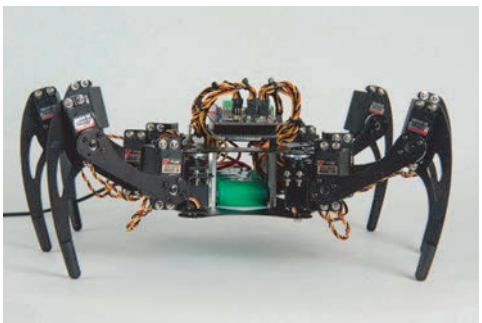
Spis treści

Sterowanie heksapodem za pomocą platformy Johnny-Five

5

Donovan Buck

W tym rozdziale dowiesz się, jak zbudować prostego kroczącego heksapoda, czyli sześcionogiego robota. Opisany tu heksapod, pokazany na rysunku 5.1, będzie miał po trzy stawy w każdej nodze. Robot będzie sterowany za pomocą klasy `Animation` z platformy Johnny-Five. Klasa ta jest wykorzystywana do tworzenia skryptów sterujących serwomotorami w czasie. Oferuje funkcjonalności takie jak harmonogram, kluczowe ramki, płynne przejście jednej ramki w drugą (ang. *tweening*) i funkcje wygładzające (ang. *easing functions*). Na koniec otrzymasz doskonałą platformę do budowania w przyszłości złożonych, ciekawych robotów.



Rysunek 5.1. Gotowy heksapod

Wykaz materiałów

Materiały użyte w tym rozdziale wymienione są w tabeli 5.1.

Sześć serwomotorów Hitec HS-485HB będzie tworzyć stawy biodrowe, sześć modeli Hitec HS-645MG — stawy segmentów udowych, a sześć Hitec HS-5685 MH — stawy segmentów piszczelowych. Firma Lynxmotion zaleca zastosowanie sześciu serwomotorów HS-485HB i dwunastu HS-645MG, jednak modele HS-5685MH oferują większy moment obrotowy niezbędny w stawach segmentów udowych. Do poruszania robotem będzie potrzebny maksymalny moment obrotowy, jaki silniki mogą osiągnąć.

Tabela 5.1. Wykaz materiałów do budowy robota

Liczba	Element	Przybliżona cena	Numer/źródło
1	Heksapod Phoenix 3DOF (bez serwomotorów i elementów elektronicznych)	950 zł	LM PHOE
1	Arduino Mega 2560	175 zł	MS MKSP5, AF 191, SF DEV-11061
1	Nakładka DFRobot Mega Sensor	75 zł	AZ B0098SJ1RS
6	Serwomotor HiTec HS-485HB	65 zł	LM S485HB, AZ B00944TF72
6	Serwomotor HiTec HS-645MG	120 zł	LM S645MG, AZ B003T6RSVQ
6	Serwomotor HiTec HS-5685MH	150 zł	LM S5685MH, AZ B003X6KT7C
1	Ładowarka 6 V – 12 V NiMH/NiCd	85 zł	LM USC-02, AZ B001DHC2LO
1	Akumulator 6 V / 2800 mAh Ni-MH	105 zł	LM BAT-05

Lista potrzebnych narzędzi jest skromna. Do podstawowego montażu będą potrzebne:

- zestaw małych wkrętaków,
- szczypce precyzyjne,
- wiertarka,
- wiertło o średnicy 3 mm,
- wiertło o średnicy 6 mm,
- opaski zaciskowe (kilkadziesiąt sztuk).

Sterowanie robotem za pomocą wiersza poleceń

Podczas konstruowania robota będziesz musiał sterować serwomotorami i zmieniać ich pozycje, wykorzystując układ współrzędnych. Pętla REPL oferowana przez platformę Node.js doskonale nadaje się do tego celu. Możliwość wysyłania poleceń do serwomotorów i obserwowania ich reakcji w czasie rzeczywistym jest bardzo fajna i przydatna.

Do sterowania robotem za pomocą pętli REPL będzie potrzebny program *phoenix.js*. Wykonaj następujące czynności:

1. Pobierz zawartość katalogu *Buck.Animation* z serwisu GitHub (*https://github.com/rwaldron/javascript-robotics*).
2. Zapisz zawartość katalogu w folderze roboczym na komputerze.
3. Przejdź do katalogu roboczego, a następnie użyj polecenia `npm` do zainstalowania zależności:

```
npm install
```

Powyższe polecenie powinno dostarczyć wszystkich danych potrzebnych do skonfigurowania robota i sterowania nim. Jeżeli nie zainstalowałeś jeszcze platformy Node.js na swoim komputerze, zajrzyj do części „Instalacja platformy Node.js” w dodatku.

Pętla REPL

Skrót REPL oznacza pętlę odczytaj-przetwórz-wyświetl (ang. *read-eval-print loop*). Umożliwia ona wprowadzanie informacji za pomocą wiersza poleceń, następnie przetwarzanie wprowadzonych danych za pomocą kodu i na koniec wyświetlenie wyników i oczekiwanie na kolejne polecenia.

Wprowadzenie do programu phoenix.js

Plik *phoenix.js* ze skryptem JavaScript zawiera pełny kod potrzebny do konfiguracji robota i sterowania nim. W dalszej części rozdziału określisz w tym kodzie pewne wartości konfiguracyjne, ale na razie tylko przejrzyj go i zapoznaj się z jego kilkoma podstawowymi funkcjonalnościami.

Plik składa się z dwóch głównych sekcji, w których może być konieczne wprowadzenie zmian. Pierwsza z nich — sekcja konfiguracyjna — znajduje się w pobliżu początku pliku. Są w niej zdefiniowane obiekty opisujące wszystkie pozycje, jakie przyjmują serwomotory podczas wykonywania przez heksapoda kroków przesuwających go naprzód i obracających na boki. Te dane będziesz musiał zmienić tylko w przypadku, gdy zastosujesz inne serwomotory niż wymienione w liście.

Druga sekcja, w której koniecznie musisz wprowadzić zmiany, zawiera instrukcje tworzące obiekty reprezentujące serwomotory poruszające nogami robota. Sekcja ta znajduje się wewnątrz funkcji zwrotnej w metodzie `five.Board().on("ready")`. Za pomocą właściwości `offset` musisz ustawić w środkowej pozycji wszystkie 18 serwomotorów. Szczegółowe instrukcje, jak to zrobić, zawarte są w dalszej części rozdziału. Ponadto, jeżeli używasz innego typu serwomotorów niż wymienione w tabeli, będziesz musiał zmienić wartości właściwości `range` serwomotorów.

Definicja serwomotoru w obiekcie `phoenix` jest następująca:

```
phoenix.r1c = new five.Servo({
  pin:40, (1)
  offset: 0, (2)
  startAt: l.c, (3)
  range: [50, 180], (4)
  isInverted: true (5)
});
// + 17 kolejnych takich definicji…
```

(1) właściwość `pin` określa numer pinu nakładki Mega Sensor, do którego podłączony jest serwomotor.

(2) Właściwość `offset` służy do regulacji pozycji serwomotoru.

(3) Właściwość `startAt` określa pozycję początkową serwomotoru.

(4) Właściwość `range` określa minimalną i maksymalną wartość kąta, o jaki może obrócić się serwomotor.

(5) Właściwość `isInverted` odwraca wartość kąta obrotu wysyłaną do serwomotoru (np. wartość 180 jest zamieniana na 0, 45 na 135 itd.).

Tabela 5.2 przedstawia funkcje serwomotorów oraz piny wykorzystane przez wszystkie serwomotory poruszające stawami robota.

Gdy przyjrzysz się dokładniej kodowi, zauważysz, że w konfiguracjach serwomotorów tylnych stawów biodrowych właściwość `isInverted` przyjmuje przeciwne wartości niż w przypadku serwomotorów w pozostałych stawach biodrowych z tej samej strony robota. Jest tak dlatego, ponieważ podczas przesuwania przedniej nogi w przód dwie pozostałe nogi muszą być przesuwane wstecz. W dalszej części kodu dla każdej nogi zdefiniowana jest tabela `Servo.Array`:

```
phoenix.l1 = new five.Servo.Array([
  phoenix.l1c,
  phoenix.l1f,
  phoenix.l1t
]);
// Pięć kolejnych podobnych definicji
```

Po wywołaniu metody klasy `Servo.Array`, na przykład z obiektu `phoenix.l1`, w każdym obiekcie typu `Servo` zawartym w powyższej klasie wywoływana jest ta sama metoda z takimi samymi argumentami. Klasa `Servo.Array` jest również wykorzystywana do łączenia serwomotorów w grupy animacyjne. Więcej informacji na ten temat znajduje się w dalszej części rozdziału.

W pliku *phoenix.js* tworzone są również następujące obiekty typu `Servo.Array`:

- `coxa`: sześć serwomotorów tworzących stawy biodrowe,
- `femur`: sześć serwomotorów w segmentach udowych,
- `tibia`: sześć serwomotorów w segmentach piszczelowych,
- `legs`: wszystkie serwomotory (osiemnaście sztuk)

Tabela 5.2. Lista serwomotorów

Serwomotor	Skrót	Model	Pin
Staw biodrowy lewy 1	L1C	HS-485HB	27
Segment udowy lewy 1	L1F	HS-645MG	26
Segment piszczelowy lewy 1	L1T	HS-5685MH	25
Staw biodrowy lewy 2	L2C	HS-485HB	23
Segment udowy lewy 2	L2F	HS-645MG	21
Segment piszczelowy lewy 2	L2T	HS-5685MH	20
Staw biodrowy lewy 3	L3C	HS-485HB	19
Segment udowy lewy 3	L3F	HS-645MG	18
Segment piszczelowy lewy 3	L3T	HS-5685MH	17
Staw biodrowy prawy 1	R1C	HS-485HB	40
Segment udowy prawy 1	R1F	HS-645MG	39
Segment piszczelowy prawy 1	R1T	HS-5685MH	38
Staw biodrowy prawy 2	R2C	HS-485HB	49
Segment udowy prawy 2	R2F	HS-645MG	48
Segment piszczelowy prawy 2	R2T	HS-5685MH	47
Staw biodrowy prawy 3	R3C	HS-485HB	45
Segment udowy prawy 3	R3F	HS-645MG	44
Segment piszczelowy prawy 3	R3T	HS-5685MH	43

Ponadto tworzona jest tabela zawierająca tabele serwomotorów, która będzie użyta później podczas animowania uśpienia i przebudzenia robota:

```
phoenix.joints = new five.Servo.Array([
  phoenix.coxa,
  phoenix.femur,
  phoenix.tibia
]);
```

Jak widać, w pliku *phoenix.js* tworzonych jest wiele obiektów typu `Servo.Array`, zawierających różne kombinacje serwomotorów. Dzięki takiej konfiguracji poruszanie segmentami nóg robota będzie łatwiejsze. Zadaniem kodu w tym pliku jest wysyłanie poleceń tylko do wybranych grup serwomotorów.

Montaż robota

Zanim poznasz klasę `Animation`, musisz zmontować robota. Większość czynności wykonaj według instrukcji dostarczonej przez Lynxmotion. Są jednak trzy miejsca, na które musisz zwrócić szczególną uwagę. Oto najważniejsze etapy montażu:

1. Przygotowanie szkieletu.
2. Montaż komponentów elektronicznych.
3. Przygotowanie serwomotorów.
4. Montaż stawów biodrowych.
5. Montaż segmentów udowych.
6. Montaż segmentów piszczelowych.

Przygotowanie szkieletu

Jednym z problemów, które musisz rozwiązać, jest montaż komponentów elektronicznych. Firma Lynxmotion zaprojektowała heksapoda Phoenix pod kątem płytki BotBoarduino. Płytka ta ma otwory montażowe w innych miejscach niż Arduino Mega. Ponadto płytka Arduino Mega jest duża. Jej montaż wewnątrz szkieletu robota Phoenix jest idealnym, ale trudnym rozwiązaniem. Musisz odsunąć platformy szkieletu na tyle, aby dopasować je do szerokości płytki Mega. Na razie zamontuj płytkę Arduino po prostu na górnej platformie szkieletu.

Na rysunku 5.2 widoczne są dwa małe słupki dystansowe z tworzywa sztucznego, dopasowane do otworów montażowych w płytce Arduino Mega. Zwróć uwagę, że nie są one dopasowane idealnie. Płytka po zamontowaniu będzie obrócona w stosunku do szkieletu pod niewielkim kątem. Gdyby Ci to nie odpowiadało, wywierć dodatkowe otwory montażowe.

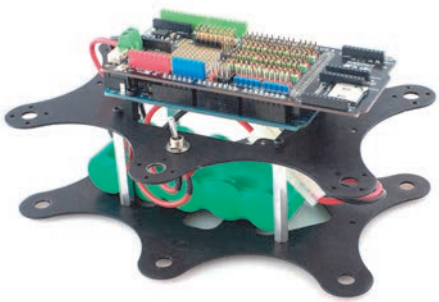
Rysunek 5.2. Zmontowany szkielet robota

Od tego momentu do oznaczenia nóg heksapoda będą stosowane skróty R1, R2 i R3 (nogi prawe) oraz L1, L2 i L3 (nogi lewe).

Montaż komponentów elektronicznych

Aby zamontować elementy elektroniczne, wykonaj następujące czynności:

1. Przymocuj płytkę Arduino do słupków dystansowych 1/2".
2. Załóż nakładkę silnikową na płytkę Arduino.
3. W zestawie Phoenix znajduje się wyłącznik zasilania serwomotorów. Aby go zamontować, trzeba wykonać otwór o średnicy 6 mm, ponieważ istniejące otwory w szkielecie zostaną zasłonięte przez komponenty elektroniczne. Wywierć więc nowy otwór pod wyłącznik, który zalecam zamontować w pobliżu nogi R2. Zamontuj go w szkielecie w sposób pokazany na rysunku, przytnij przewody na odpowiednią długość i podłącz je do złączy zasilania nakładki silnikowej.
4. Akumulator Ni-MH można ściśle wpasować pomiędzy słupki dystansowe i nie trzeba go mocować żadnymi dodatkowymi elementami. Wsuń akumulator obrócony o 45° i umieść go we właściwym położeniu. Rysunek 5.3 przedstawia urządzenie na obecnym etapie montażu.

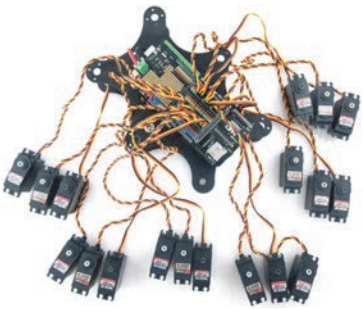


Rysunek 5.3. Szkielet robota z zamontowanymi komponentami elektronicznymi

Przygotowanie serwomotorów

Teraz przygotuj serwomotory. Wykonaj następujące czynności:

1. Podłącz wszystkie serwomotory stawów biodrowych i segmentów udowych do nakładki Mega Sensor zgodnie z tabelą 5.2. Podłączenie serwomotorów segmentów piszczelowych nie jest na razie konieczne, ale jeżeli chcesz, możesz to zrobić.
2. Podłącz płytkę Arduino do portu USB komputera, a przewody zasilające do nakładki. Rysunek 5.4 przedstawia widok wszystkich komponentów na obecnym etapie montażu.



Rysunek 5.4. Podłączone wszystkie serwomotory

3. Nasadki wszystkich serwomotorów muszą być ustawione jak najdokładniej w środkowej pozycji. W tym celu przed założeniem nasadki na serwomotor musisz ustawić go w środkowej pozycji. W katalogu, w którym znajduje się plik *phoenix.js*, wpisz następujące polecenie:

```
node phoenix
```

4. Serwomotory po zainicjowaniu zostaną ustawione w pozycjach odpowiadających wartości właściwości `startAt`. Wszystkie trzeba ustawić w pozycji 90°, więc w pętli REPL wpisz następujące polecenie:

```
ph.joints.to(90);
```

5. Wszystkie serwomotory zostaną ustawione w pozycji 90°. Teraz załóż nasadki na serwomotory stawów biodrowych i serwomotory segmentów udowych tak, aby otwory montażowe były równoległe do osi. Nie zakładaj nasadek na serwomotory segmentów piszczelowych. Nasadki powinny być założone tak, aby otwory znalazły się w położeniu pokazanym na rysunku 5.5.

Rysunek 5.5. Serwomotor ustawiony w pozycji 90° z poprawnie założoną nasadką

6. Wykonaj powyższą czynność dla wszystkich 12 serwomotorów stawów biodrowych i segmentów udowych. Nasadki załóż dopiero po wyłączeniu zasilania nakładki.

Serwomotory stawów biodrowych trzeba przygotować inaczej niż serwomotory segmentów udowych i piszczelowych. Uważaj, aby nie pomylić wkrętów i nie uszkodzić serwomotorów.

Montaż stawów biodrowych

W celu zamontowania serwomotorów stawów biodrowych wykonaj następujące czynności:

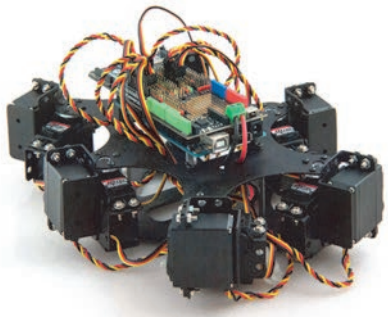
1. Złóż wszystkie elementy stawów biodrowych i segmentów udowych zgodnie z instrukcjami producenta. Zwróć uwagę, że trzy elementy są lustrzanymi odbiciami trzech innych (patrz rysunek 5.6).

Rysunek 5.6. Zmontowane stawy biodrowe

2. Teraz przymocuj do szkieletu elementy stawów biodrowych i segmentów udowych dwóch środkowych nóg (R2 i L2). Nie mocuj na razie nasadek do szkieletu.
3. Przeciągnij przewody od serwomotorów pomiędzy nakładką Mega Sensor a szkieletem robota.
4. Podłącz cztery serwomotory do nakładki Mega Sensor. Tabela 5.2 zawiera informacje, gdzie należy podłączyć każdy serwomotor.

5. Podłącz płytkę Arduino do komputera i akumulatory do nakładki, uruchom program *phoenix.js* i ustaw wszystkie serwomotory w pozycji 90°. Pamiętaj, że na razie zajmujesz się tylko stawami biodrowymi.
6. Obróć serwomotory stawów biodrowych tak, aby nasadki na serwomotorach segmentów udowych były skierowane w przód, a otwory montażowe w nasadkach były dopasowane do otworów w rusztowaniu. Serwomotory stawów biodrowych nie muszą być umieszczone pod idealnym kątem w stosunku do szkieletu. Nie przejmuj się, dopasujesz je później.
7. Połącz nasadki ze szkieletem za pomocą wkrętów, ale jeszcze ich nie dokręcaj.
8. Odłącz przewód USB i przewody zasilające, a następnie dokręć wszystkie cztery wkręty w każdej nasadce serwomotoru.
9. Wykonaj kroki 1. – 8. dla nóg przednich (R1 i L1). Zwróć uwagę, że otwory montażowe w nasadce serwomotoru stawu biodrowego są obrócone pod kątem 45°. Oba segmenty udowe będą ustawione pod kątem 45° w kierunku na wprost heksapoda.
10. Na koniec powtórz kroki 1. – 8. dla nóg tylnych (R3 i L3). Otwory montażowe również będą obrócone o 45°. Oba segmenty udowe będą ustawione pod kątem 45° w kierunku do tyłu heksapoda.
11. Uruchom program *phoenix.js* i przymocuj nasadki do serwomotorów segmentów udowych ustawionych w pozycji 90°.
12. Odłącz przewód USB i przewody zasilające.
13. Dokręć cztery wkręty w każdej nasadce serwomotoru.

Rysunek 5.7 przedstawia efekt dotychczasowej pracy.

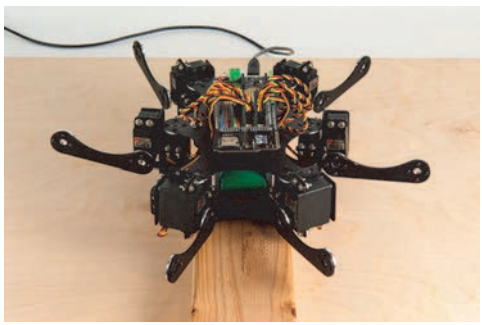


Rysunek 5.7. Szkielet robota ze wszystkimi sześcioma stawami biodrowymi

Montaż segmentów udowych

Aby zamontować segmenty udowe, wykonaj następujące czynności:

1. Uruchom program *phoenix.js* i ustaw wszystkie serwomotory w pozycji 90°.
2. Do segmentów udowych powinny już być przymocowane nasadki. Załóż je na serwomotory segmentów udowych wszystkich sześciu nóg. Segmenty udowe będą ustawione na wprost, niemal równolegle do podłoża.
3. Zatrzymaj program *phoenix.js*, naciskając klawisze *Ctrl+C*, i odłącz płytkę Arduino od komputera. Teraz możesz bezpiecznie przykręcić segmenty udowe do serwomotorów. Rysunek 5.8 przedstawia zamontowane segmenty.



Rysunek 5.8. Wszystkie segmenty udowe już zamontowane

Montaż segmentów piszczelowych

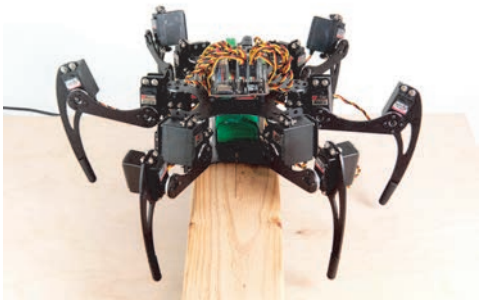
Montaż jest prawie zakończony, pozostały tylko segmenty piszczelowe. Wykonaj następujące czynności:

1. Przymocuj sześć segmentów piszczelowych do serwomotorów. Zwróć uwagę, że trzy elementy są lustrzanymi odbiciami trzech innych.
2. Podłącz przewody od serwomotorów segmentów piszczelowych do nakładki, ale nie mocuj jeszcze serwomotorów do segmentów udowych.

Po ponownym uruchomieniu programu *phoenix.js* poruszą się serwomotory wszystkich stawów. Jeżeli robot jest położony płasko na stole, może zmienić położenie i spowodować poważne zamieszanie. Od tej chwili przed uruchomieniem programu *phoenix.js* musisz trzymać robota nad podłożem. Możesz go trzymać w ręce, albo lepiej — zbudować specjalne stanowisko testowe i z niego korzystać. Bądź ostrożny, jeżeli postanowisz trzymać robota w dłoni — potrafi uszczypnąć.

3. Uruchom program i ustaw wszystkie serwomotory w pozycji 90°.
4. Przymocuj serwomotory segmentów piszczelowych do segmentów udowych. Końcówki nóg powinny znajdować się pod nasadkami serwomotorów segmentów piszczelowych. Ustaw segmenty pod niewielkim kątem w kierunku do wewnątrz szkieletu.
5. Odłącz przewód USB i zasilanie i przykręć serwomotory segmentów piszczelowych do segmentów udowych.

Teraz jest odpowiedni moment, aby za pomocą opasek zaciskowych uporządkować przewody i przymocować je w odpowiednich miejscach. Pamiętaj o pozostawieniu odpowiedniego zapasu, aby każda noga mogła poruszać się w pełnym zakresie. Nie pozostawiaj zbyt dużego zapasu, aby przewody nie zaczepiały o nogi. Rysunek 5.9 przedstawia robota z zamontowanymi segmentami piszczelowymi.



Rysunek 5.9. Zamontowane segmenty piszczelowe i serwomotory wszystkich stawów ustawione pod kątem 90°

Układ współrzędnych

W tym projekcie dla każdej nogi będzie zastosowany osobny, lokalny układ współrzędnych. Zamiast definiowania położenia końcówek nóg w przestrzeni za pomocą trzech współrzędnych X, Y, Z będą stosowane wartości kątów obrotów serwomotorów. Jest to tzw. **przegubowy układ współrzędnych**. Układ ten nie pozwala stosować tak zaawansowanych metod animacji jak np. kinematyka odwrotna w globalnym układzie współrzędnych, ale lepiej nadaje się do poznania klasy `Animation`.

Ponieważ w programie *phoenix.js* wykorzystany jest przegubowy układ współrzędnych, każdy serwomotor ustawiany jest pod określonym kątem. Obracany jest również lokalny układ współrzędnych tak, aby osie były ustawione równolegle. Ponadto odwracane są kierunki obrotów po lewej i prawej stronie robota, jak również po stronie przedniej i tylnej.

Taka konfiguracja powoduje, że poruszanie robotem jest maksymalnie ułatwione. Jeżeli zamierzasz oprogramować własny sposób poruszania robotem, przydatne jest narysowanie układu współrzędnych na stanowisku testowym. Środek układu przyjmij w środku szkieletu robota, a jako jednostkę miary ustal jeden centymetr.

Regulacja serwomotorów

Do tej pory starałeś się jak najdokładniej dopasować nasadki serwomotorów, jednak wypustki ograniczają położenia przekładni i wszystkie nasadki mogą być obrócone o kilka stopni. Do zniwelowania tego efektu wykorzystaj właściwość `offset` w obiektach konfiguracyjnych serwomotorów.

Kalibracja wszystkich serwomotorów ułatwi proces programowania animacji robota. Jeżeli podczas wykonywania kroku w przód kąt obrotu każdego stawu biodrowego będzie dokładnie taki sam, wtedy za każdym razem będziesz musiał wyliczać tylko jeden parametr ruchu. W dłuższej perspektywie opłaci się poświęcić czas na wykonanie tej wstępnej pracy.

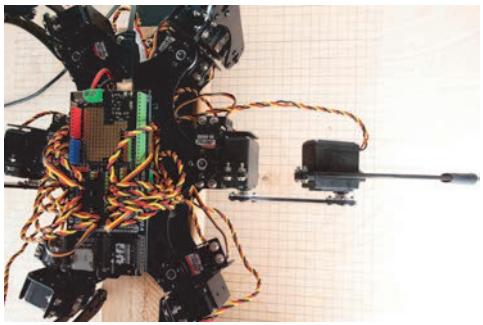
Regulacja stawów biodrowych

Najpierw wyreguluj serwomotor stawu biodrowego L2C:

1. Gdy popatrzysz na robota z góry (rysunek 5.10), segment udowy powinien być ustawiony pod kątem prostym w stosunku do robota (równolegle do osi x układu współrzędnych). Jeżeli używasz stanowiska testowego z narysowanym układem współrzędnych, powinieneś móc to łatwo sprawdzić. Jeżeli serwomotor L2C ma obrócić się zgodnie ze wskazówkami zegara, należy ustawić go pod kątem większym niż 90°. Jeżeli ma obrócić się w przeciwnym kierunku, zmniejsz powyższą wartość. Zwiększaj za każdym razem kąt o kilka stopni, aby znaleźć wartość, przy której serwomotor będzie ustawiony najdokładniej. Nie używaj ułamkowych wartości, ponieważ platforma Johnny-Five wysyła do serwomotorów tylko wartości całkowite:

   ```
   ph.joints.to(91); // Lepsze ustawienie
   ph.joints.to(94); // O, za daleko!
   ph.joints.to(93); // Super!
   ```

2. Po określeniu dokładnej wartości musisz od niej odjąć liczbę 90, aby obliczyć wartość właściwości `offset`. W tym przypadku będzie to działanie 93–90 = 3, więc właściwość `offset` otrzyma wartość 3. Wartość ta pełni dokładnie taką samą rolę jak trymer w nadajniku do zdalnego sterowania. Jej przeznaczeniem jest ustawienie w środkowej pozycji serwomotoru obróconego o kilka stopni.



Rysunek 5.10. Wyregulowany staw biodrowy

3. W kodzie *phoenix.js* odszukaj wiersz, w którym tworzony jest obiekt `l2c`, i zmień wartość właściwości `offset`:

   ```
   l2c = new five.Servo({
     pin: 27,
     invert: true,
     offset: 3,
     startAt: 90,
     range: [50, 130]
   })
   ```

4. Powtórz kroki 1. i 2. dla serwomotoru R2C. Pamiętaj, że ten serwomotor jest odwrócony w stosunku do serwomotoru po lewej stronie. Będziesz musiał odwrócić wartości kąta obrotu.

5. Teraz wyreguluj serwomotor L1C. Segment jest ustawiony pod kątem ok. 45° w stosunku do osi x, ale musi być do niej równoległy, więc ustaw serwomotor pod kątem 45°. Segment powinien ustawić się dość dokładnie, jednak będziesz musiał wyregulować jego położenie. Cały proces wygląda następująco:

   ```
   ph.joints.to(45); // Znacznie lepiej
   ph.joints.to(47); // Źle, nie tak!
   ph.joints.to(44); // Super!
   ```

6. Po wyregulowaniu odejmij od uzyskanej wartości liczbę 90. Będzie to wartość (ujemna) właściwości `offset`.

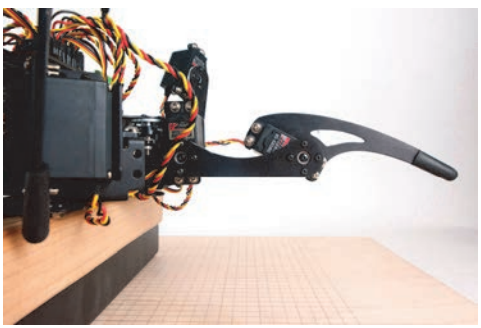
7. Zmień wartość właściwości `offset` w obiekcie `l1c`. Często zdarza się, że jest to duża liczba, np. 20.

8. Powtórz kroki 4. – 6. dla pozostałych trzech serwomotorów stawów biodrowych, a następnie zatrzymaj i uruchom ponownie program *phoenix.js*. Teraz wszystkie serwomotory stawów biodrowych po ustawieniu pod kątem 90° powinny być równoległe do osi *x*.

Regulacja segmentów udowych

Regulacja segmentów udowych jest podobna do opisanej wyżej regulacji stawów biodrowych. Jak poprzednio, segmenty udowe po ustawieniu serwomotorów w pozycji 90° powinny być równoległe do osi *x*:

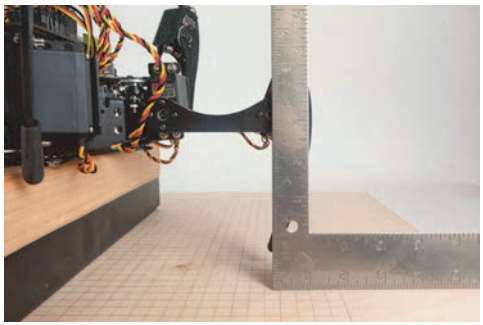
1. Patrząc na robota od przodu lub od tyłu, wyreguluj serwomotory segmentów udowych tak, aby segmenty były skierowane równolegle do podłoża.
2. Od otrzymanych wartości odejmij liczbę 90, aby obliczyć wartości właściwości `offset`.
3. Ustaw właściwości `offset` dla wszystkich sześciu obiektów serwomotorów segmentów udowych `l1f`, `r1f`, `l2f`, `r2f`, `l3f` oraz `r3f`. Rysunek 5.11 przedstawia wyregulowane segmenty.



Rysunek 5.11. Wyregulowany segment udowy

Regulacja segmentów piszczelowych

Na koniec wyreguluj segmenty piszczelowe. Tym razem musisz wyregulować każdy serwomotor tak, aby po ustawieniu go w pozycji 90° linia poprowadzona od środka nasadki serwomotoru segmentu piszczelowego do jego końca tworzyła z podłożem kąt prosty (patrz rysunek 5.12).



Rysunek 5.12. Wyregulowany segment piszczelowy

Po wyliczeniu wszystkich wartości właściwości `offset` wpisz je w pliku *phoenix.js* w definicjach obiektów `l1t`, `r1t`, `l2t`, `r2t`, `l3t` i `r3t`.

Określenie zakresów ruchu serwomotorów

Teraz określ zakres ruchu każdego serwomotoru. Większość serwomotorów nie obraca się w pełnym zakresie 180°. Jest to normalne. Aby uzyskać pełny zakres, może być wymagane przeprogramowanie serwomotoru lub włączenie pomiędzy serwomotorem a nakładką silnikową układu zwiększającego zakres obrotu. W przypadku heksapoda nie będzie potrzebny pełny zakres, więc nie musisz się tym przejmować. W rzeczywistości będziesz musiał zakres jeszcze bardziej ograniczyć, aby serwomotory nie ustawiały się w pozycjach powodujących zaczepianie nóg o siebie.

W tej części będziesz za każdym razem sterował tylko jednym serwomotorem. Wykonaj następujące czynności:

1. Jak poprzednio, zacznij od stawu biodrowego nogi L2. Aby określić właściwe granice, musisz obracać serwomotorem w obu kierunkach. Serwomotor jest w stanie obracać się w większym zakresie, niż jest to konieczne.
2. Metodą prób i błędów określ zakres obrotów w obu kierunkach. Gdy przy pewnej wartości serwomotor przestanie reagować, będzie to znak, że wykroczyłeś poza zakres ruchu. Jeżeli na przykład serwomotor obróci się przy wartości 165,

ale nie będzie reagował dla wartości 166, będzie to oznaczać, że górną granicę zakresu stanowi wartość 165. Proces regulacji wygląda następująco:

```
ph.l2c.to(60);   // Wciąż jest miejsce
ph.l2c.to(58);   // To dobra pozycja
ph.l2c.to(122);  // Segmenty udowe zaczepiają
                 // o siebie
ph.l2c.to(119);  // SUPER!
```

3. W pliku *phoenix.js* odszukaj wiersz, w którym tworzony jest obiekt `l2c`, i we właściwości `range` wpisz określone przed chwilą wartości:

```
l2c = new five.Servo({
  pin:27,
  invert: true,
  offset: 3,
  startAt: 90,
  range: [58, 119]
})
```

4. Powtórz kroki 1. – 3. dla pozostałych pięciu serwomotorów stawów biodrowych i zmień właściwości `range` w obiektach `l1c`, `l3c`, `r1c`, `r2c` oraz `r3c`.

   W przypadku serwomotorów segmentów udowych i piszczelowych zakres ruchu jest znacznie większy, ponieważ istnieje mniejsze prawdopodobieństwo, że podczas obracania serwomotorów nogi będą zaczepiać o siebie. W praktyce prawdopodobnie będziesz wykorzystywał pełny zakres ruchu serwomotorów zarówno segmentów udowych, jak i piszczelowych.

5. Poeksperymentuj i znajdź wartości, przy których serwomotory już się nie obracają. Możesz zastosować tę samą metodę prób i błędów jak w przypadku serwomotorów stawów biodrowych. Pamiętaj, że zakresy ruchu wszystkich serwomotorów segmentów udowych powinny być takie same (lub podobne).

6. Zmień właściwości `range` dla wszystkich obiektów serwomotorów segmentów udowych: `l1f`, `l2f`, `l3f`, `r1f`, `r2f` i `r3f`.

7. Zakresy ruchu wszystkich serwomotorów segmentów piszczelowych również muszą być takie same. Określ te zakresy.

8. W pliku *phoenix.js* zmień właściwości `range` w obiektach `l1t`, `l2t`, `l3t`, `r1t`, `r2t`, `r3t`.

Korzyści z określenia rzeczywistego zakresu ruchu serwomotorów mogą nie być oczywiste. Gdybyś ustawił kąt obrotu na 175° dla serwomotoru, który może ustawić się pod kątem 165°, wtedy końce nóg nie zostaną ustawione w pozycjach, których oczekuje program *phoenix.js*, i klasa `Animation` przyjmie, że robot wciąż się porusza, mimo że serwomotor się nie obraca. Nie będzie to pożądany efekt.

Po zakończeniu konfiguracji obiekty serwomotorów segmentów udowego i piszczelowego nogi L2 będą wyglądały jak poniżej:

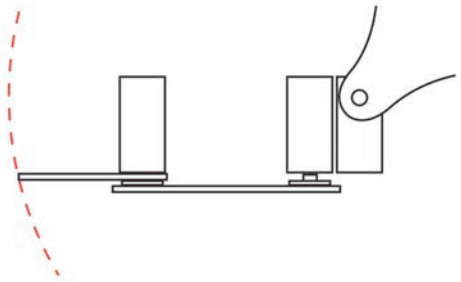
```
l2f = new five.Servo({
  pin:22,
  invert: true,
  offset: -2,
  startAt: 180,
  range: [25, 165]
}),
l2t = new five.Servo({
  pin:21,
  invert: true,
  offset: 4,
  startAt: 180,
  range: [21, 159]
}),
```

Po ustawieniu wartości właściwości `offset` i `range` dla wszystkie 18 serwomotorów czas na zabawę! Uruchom robota!

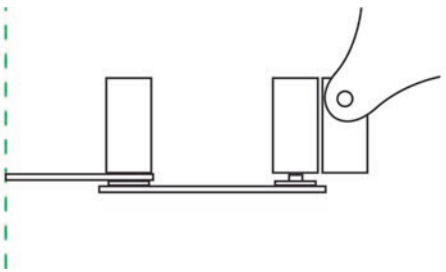
Chodzenie jest trudne!

Oczywiście jest możliwe poruszanie robotem bez korzystania z klasy `Animation`, ale wymaga to włożenia mnóstwa pracy. Być może wydaje Ci się, że przesunięcie robota w przód wymaga jedynie postawienia końca nogi na podłożu i obrócenia stawu biodrowego wstecz. Problem jednak polega na tym, że końcówka nogi zakreśla łuk o środku znajdującym się w osi obrotu stawu biodrowego, jak pokazuje rysunek 5.13. Każda noga zakreśla wtedy własny łuk i utrudnia funkcjonowanie innych nóg. Z tego powodu chodzenie wygląda bardzo niezgrabnie.

Aby zniwelować ten efekt i aby końcówka nogi poruszała się po linii prostej równolegle do kierunku ruchu robota, jak pokazuje rysunek 5.14, trzeba segment



Rysunek 5.13. Ten robot chodzi, jakby był pijany



Rysunek 5.14. Taka sekwencja ruchów zapewnia płynne chodzenie

piszczelowy przesuwać do wewnątrz i na zewnątrz. Ale zaczekaj! Podczas przesuwania segmentu piszczelowego do wewnątrz i na zewnątrz końcówka nogi porusza się w górę i w dół w stosunku do podłoża, więc trzeba jeszcze podnosić i opuszczać segment udowy, aby skompensować ten efekt.

Aby robot poruszał się płynnie, wszystkie 18 serwomotorów musi nieustannie ze sobą współpracować w zgrany sposób jak w orkiestrze. To zadanie może wydawać się bardzo trudne, ale platforma Johnny-Five i klasa `Animation` pozwala nad wszystkim zapanować.

Poznaj klasę Animation

Klasa `Animation` jest wykorzystywana do sterowania robotami za pomocą skryptów definiujących ich ruchy. Klasa ta stanowi opakowanie klasy `Servo`. Oferuje harmonogramy, kluczowe ramki, płynne przejścia z jednej ramki do drugiej (ang. *tweening*) i punkty kontrolne (ang. *cue points*). Grupę docelową stanowi sterowany serwomotor lub grupa serwomotorów. Grupą może być również tabela serwomotorów, czyli obiekt `Servo.Array`, lub tabela serwomotorów i obiektów `Servo.Array`. Ponieważ może to wydawać się skomplikowane, poznaj kilka przykładów.

Tabela serwomotorów jako grupa docelowa

W listingu 5.1 trzy serwomotory wchodzące w skład nogi L1 są poruszane niezależnie.

Listing 5.1. Tabela serwomotorów

```
board = new five.Board().on("ready",
function() {
  var l1c = new five.Servo(27);
  var l1f = new five.Servo(26);
  var l1t = new five.Servo(25);
  var myAnimation =
    new five.Animation([ l1c, l1f, l1t
]);
  //...
});
```

Taki kod pozwala wysłać do każdego z serwomotorów inną wartość w dowolnym punkcie kontrolnym harmonogramu.

Obiekt Servo.Array jako grupa docelowa

Wynik wykonania kodu przedstawionego w listingu 5.2 jest taki sam jak poprzedniego kodu. Zwróć jednak uwagę, że jako domyślna grupa docelowa przekazywany jest jeden obiekt `Servo.Array`. Podobnie jak poprzednio, grupa jest jednowymiarową tabelą.

Tabela obiektów Servo.Array jako grupa docelowa

W ostatnim listingu 5.3 serwomotory są zgrupowane według typów stawów. Dzięki temu możliwe jest sterowanie serwomotorami stawów biodrowych jako jedną grupą, serwomotorami segmentów udowych

Listing 5.2. Obiekt Servo.Array

```
board = new five.Board().on("ready", function() {
  var l1c = new five.Servo(27);
  var l1f = new five.Servo(26);
  var l1t = new five.Servo(25);
  var l1 = new Servo.Array([ l1c, l1f, l1t ]);
  var myAnimation = new five.Animation(l1);
  //...
});
```

jako drugą grupą i serwomotorami segmentów piszczelowych jako trzecią. Przekazanie wartości kątowej w argumencie metody obiektu reprezentującego całą grupę powoduje przekazanie tej samej wartości w argumentach metod wszystkich obiektów serwomotorów w danej grupie.

Listing 5.3. Tabela obiektów Servo.Array

```
board = new five.Board().on("ready",
↪function() {
  var l1c = new five.Servo(27);
  var l1f = new five.Servo(26);
  var l1t = new five.Servo(25);
  var l2c = new five.Servo(23);
  var l2f = new five.Servo(22);
  var l2t = new five.Servo(21);
  var coxa = new Servo.Array([ l1c,
  ↪l2c ]);
  var femur = new Servo.Array([ l1f,
  ↪l2f ]);
  var tibia = new Servo.Array([ l1t,
  ↪l2t ]);
  // Dwuwymiarowa tabela tabel
  var myAnimation = new five.Animation([
  ↪coxa, femur, tibia ]);
  //...
});
```

Dzięki zastosowaniu klasy `Servo.Array` można w jednej grupie docelowej umieszczać serwomotory i inne obiekty `Servo.Array`. Grupą serwomotorów w tabeli `Servo.Array` można sterować tak samo jak każdym innym urządzeniem.

Teraz przyjrzyj się wierszowi pliku *phoenix.js*, w którym tworzona jest instancja klasy `Animation` i definiowana domyślna grupa docelowa:

```
var legsAnimation = new
five.Animation(phoenix.legs);
```

W powyższym wierszu domyślna grupa docelowa `phoenix.legs` jest obiektem typu `Servo.Array` zawierającym 18 serwomotorów robota. Ta domyślna grupa wymaga określenia wartości dla każdego serwomotoru w każdym punkcie kontrolnym harmonogramu.

Pierwszy segment animacyjny

Po utworzeniu obiektu animacyjnego można zdefiniować segmenty animacyjne. Segment animacyjny to krótka sekwencja ruchów. Segmenty to miejsca, w których zdefiniowane są wszystkie kąty obrotów serwomotorów, punkty kontrolne, czasy trwania ruchu i funkcje wygładzające. Krótko mówiąc, jest to miejsce, w którym dzieje się cała magia animacyjna.

Segmenty animacyjne są wykonywane synchroniczne. Po umieszczeniu w kolejce animacyjnej wykonywane są zgodnie z zasadą „pierwszy wchodzi, pierwszy wychodzi". Po uruchomieniu programu *phoenix.js* segmenty można wywoływać z pętli REPL. Poniższa seria poleceń powoduje, że robot powstaje, idzie, zatrzymuje się i zasypia:

```
> node phoenix
ph.stand();
ph.walk();
ph.stop();
ph.sleep();
```

Powyższe segmenty zostały już zdefiniowane w programie *phoenix.js*, więc nie musisz ich tworzyć ani edytować. Poniżej przedstawione są fragmenty programu, które ułatwią Ci poznanie zawartości segmentów animacyjnych.

Przyjrzyj się pokazanemu w listingu 5.4 pierwszemu zdefiniowanemu w pliku *phoenix.js* segmentowi animacyjnemu.

1. Opcjonalna właściwość `target` definiuje grupę animowanych serwomotorów. Po utworzeniu obiektu typu `Animation` domyślną wartością tej właściwości jest grupa docelowa `phoenix.legs`. W tym segmencie jest ona zastępowana grupą `phoenix.altJoints`. Wpisując inną wartość tej właściwości, można sterować inną grupą serwomotorów. Wszystkie serwomotory w grupie są skojarzone z tym samym harmonogramem i kolejką animacyjną. Jeżeli we właściwości `target` nie wskażesz własnej grupy, wtedy w danym segmencie zostanie użyta domyślna grupa docelowa.
2. W opcjonalnej właściwości `duration` określany jest w milisekundach czas trwania animacji. Zwróć uwagę, że zmiana prędkości animacji podczas odtwarzania segmentu powoduje wydłużenie lub skrócenie jego czasu trwania (domyślnie właściwość ta ma wartość 1000 ms).
3. Opcjonalna właściwość `cuePoints` (punkty kontrolne) jest jednowymiarową tabelą wartości z zakresu od 0,0 do 1,0. Każdy segment animacyjny ma własny harmonogram. W harmonogramie można zdefiniować dowolną liczbę punktów kontrolnych, w których urządzenia są sterowane za pomocą kluczowych ramek. Punkty kontrolne i kluczowe ramki nie muszą być rozmieszczone w regularnych odstępach czasu. W tym przypadku, gdy czas trwania segmentu jest równy 500 ms, punkty kontrolne odpowiadają wartościom 50 ms, 150 ms, 350 ms i 500 ms. Zmiana czasu trwania animacji powoduje zmianę skali czasu, w którym realizowane są wszystkie punkty kontrolne (domyślnie są to punkty [0, 1]).
4. Ta funkcja jest wywoływana po zakończeniu wykonywania segmentu animacyjnego.
5. Właściwość `keyFrames` (kluczowe ramki) jest właściwością obowiązkową. Jest to dwuwymiarowa tabela. Pierwszy wymiar odpowiada urządzeniom w grupie docelowej i jego długość musi być równa długości grupy. Aby określić urządzenia powiązane z każdym elementem pierwszego wymiaru, przyjrzyj się kodowi przedstawionemu w listingu 5.5, w którym zdefiniowana jest grupa docelowa `phoenix.altJoints`.

Listing 5.4. Segment animacyjny powodujący powstanie robota

```
var stand = {
  target: phoenix.altJoints, (1)
  duration: 500, (2)
  cuePoints: [0, 0.1, 0.3, 0.7, 1.0], (3)
  oncomplete: function() { (4)
    phoenix.state = "stand";
  },
  keyFrames: [ ///5
    [null, { degrees: 90 }],
    [null, { degrees: 66 }],
    [null, false, false, { degrees: 120, easing: easeOut},
      { degrees: 94, easing: easeIn}],
    [null, false, { degrees: 106}, false, { degrees: 93 }]
  ]
};
```

Listing 5.5. Grupa docelowa phoenix.altJoints

```
altJoints = new five.Servo.Array([
  phoenix.innerCoxa,
  phoenix.outerCoxa,
  phoenix.femurs,
  phoenix.tibia
]),
```

W grupie `phoenix.altJoints` znajdują się obiekty reprezentujące cztery urządzenia: `phoenix.midCoxa`, `phoenix.outerCoxa`, `phoenix.femur` i `phoenix.tibia`. Każdy z nich jest obiektem typu `Servo.Array`, zawierającym dwa, cztery lub sześć obiektów reprezentujących serwomotory:

- element `keyFrames[0]` jest skojarzony z serwomotorami środkowych stawów biodrowych,
- element `keyFrames[1]` jest skojarzony z serwomotorami przednich i tylnych stawów biodrowych,
- element `keyFrames[2]` jest skojarzony z serwomotorami segmentów udowych,
- element `keyFrames[3]` jest skojarzony z serwomotorami segmentów piszczelowych.

Każda tabela `keyFrames` zawiera od 1 do *n* elementów, gdzie *n* oznacza liczbę punktów kontrolnych. Przeanalizujmy kilka tabel z segmentu `stand` powodującego powstanie robota. Najpierw przyjrzyjmy się elementowi `keyFrames[0]` odpowiadającemu grupie `innerCoxa`:

```
[null, false, { degrees: 88 }],
```

W elemencie `keyFrames[0][0]` zdefiniowana jest wartość dla pierwszego urządzenia w grupie docelowej, wykorzystywana w punkcie kontrolnym w chwili 0 ms. W elemencie `keyFrames[0][1]` zdefiniowana jest wartość wykorzystywana w punkcie kontrolnym 50 ms. Do określenia wartości pośrednich w przedziale czasu od 0 ms do 50 ms wykorzystywana jest funkcja wygładzająca.

Pierwsza wartość w pierwszym elemencie `keyFra`
`↪mes` jest równa `null`. Oznacza ona, że animacja powinna rozpoczynać się od bieżącej pozycji urządzenia. Jeżeli urządzenie jest zdefiniowane za pomocą obiektu `Servo.Array`, wtedy bieżąca pozycja jest odczytywana z pierwszego elementu tego obiektu. Jeżeli wartość `null` znajduje się w innym elemencie tabeli `keyFrames`, wówczas klasa `Animation` pomija ramkę dla danego urządzenia. W tej tabeli zdefiniowane są wartości tylko pierwszych dwóch punktów kontrolnych. We wszystkich pozostałych wykorzystywana jest ostatnia zdefiniowana wartość (tj. 70).

Teraz przyjrzyjmy się elementowi `keyFrames[3]` (odpowiadającemu serwomotorom segmentów piszczelowych):

```
[null, { degrees: 110}, false,
↪{ degrees: 110}]
```

Jeżeli element w tabeli `keyFrames` zawiera wartość `false`, wówczas klasa `Animation` kopiuje wartość obliczoną dla poprzedniego elementu. Umieszczenie w pierwszych dwóch elementach wartości `null` i `false` powoduje, że klasa `Animation` w ogóle nie będzie sterować urządzeniami, dopóki nie minie drugi punkt kontrolny.

Jeżeli w elemencie zostanie podana liczba, wtedy klasa `Animation` doda ją do poprzedniej wartości.

Ten segment animacyjny powoduje, że heksapod przechodzi z pozycji uśpienia w pozycję wyjściową (pozycja wyjściowa jest przyjmowana jako pozycja startowa w większości segmentów animacyjnych).

Gry porównasz kod z listingu 5.5 z kodem w pliku *phoenix.js*, zauważysz różnice. W pliku zamiast jawnych wartości liczbowych są użyte elementy z tabeli `h`. Tabela ta, zdefiniowana na początku pliku, zawiera informacje o pozycjach serwomotorów dla wszystkich podstawowych kroków robota. Dzięki zapisaniu tych wartości w jednym miejscu łatwiej je stosować i modyfikować w dalszej części kodu. Ponieważ zastosowanie elementów tabeli powoduje, że kod jest bardziej skomplikowany, w opisywanych przykładach zostały użyte liczby.

Chodzenie

Sekwencje kroków robota dzielą się na dwie główne kategorie: statyczne i dynamiczne. Podczas wykonywania kroków statycznych środek ciężkości robota w każdym momencie jest utrzymywany na stabilnym oparciu (przynajmniej na trzech nogach). Innymi słowy robot nie przewróciłby się, gdyby w dowolnym momencie został zatrzymany w pół kroku. Podczas wykonywania kroku dynamicznego przez pewien czas występuje stan nierównowagi. Program *phoenix.js* wykonuje tylko kroki statyczne.

Jak wspomniałem wcześniej, sekwencja kroków heksapoda jest bardziej skomplikowana, niż mogłoby się to wydawać. Aby przesunąć robota w przód, nie wystarczy poruszyć jedynie stawami biodrowymi, ponieważ spowodowałoby to obrócenie się końcówek nóg wokół osi serwomotorów stawów biodrowych. Końcówka nogi musi poruszać się wzdłuż linii prostej.

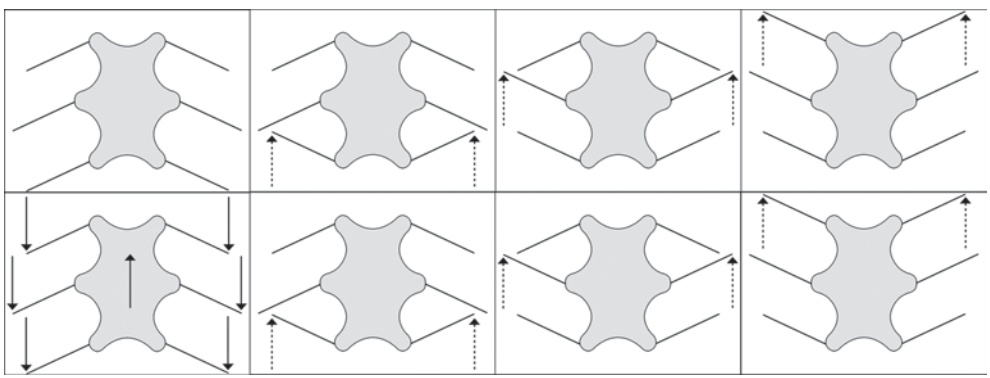
Przesuwanie końcówki nogi wzdłuż linii prostej wymaga skoordynowania ruchów wszystkich trzech serwomotorów nogi. Przesuwanie w przód całego szkieletu robota wymaga współpracy wszystkich 18 serwomotorów, które muszą ustawiać końcówki nóg w określonych miejscach na podłożu. Jeżeli serwomotory nie będą współpracować, robot będzie powłóczył nogami po podłożu i kroki nie będą płynne.

W programie *phoenix.js* zdefiniowane są cztery rodzaje kroków: wiosłowanie (`row`), kraul (`crawl`), marsz (`walk`) i bieg (`run`). W każdym rodzaju kroku przyjęty jest odcinek przesunięcia (odległość pomiędzy początkową a końcową pozycją końcówki nogi) równy 8 cm. Teraz przyjrzyjmy się dokładniej każdemu rodzajowi kroku.

Wiosłowanie (row)

Sekwencja ruchów w tym kroku (zwanym również falą) powoduje przesuwanie nóg parami do przodu, a następnie przesuwanie szkieletu do przodu. Nie jest to elegancki krok (patrz rysunek 5.15), ale prosty w implementacji, ponieważ wymaga umieszczenia w tabeli `keyFrames` tylko ośmiu elementów.

Do zdefiniowania ruchu nogi potrzebne są tylko trzy punkty kontrolne. Pierwszy z nich zawiera wartość `null` lub `false`, więc ruch nogi rozpoczyna się od bieżących pozycji urządzeń, niezależnie od tego, jakie one są. Drugi punkt kontrolny definiuje moment zgięcia nogi, natomiast trzeci — jej końcowy ruch. Ilustruje to listing 5.6.



Rysunek 5.15. Fala

Listing 5.6. Wiosłowanie

```
var row = {
  target: phoenix.jointPairs,
  duration: 1500,
```

```
    cuePoints: [0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.85, 1.0],
    loop: true,
    fps: 100,
    onstop: function() { phoenix.att(); },
    oncomplete: function() { },
    keyFrames: [
      [null, null, null, null, false, null, {degrees: 56},
        false, {degrees: 70}, {degrees: 91}],
      [null, null, null, null, false, { step: 30, easing: easeOut },
        {degrees: 116}, false, {degrees: 120}, {degrees: 119}],
      [null, null, null, null, false, { step: -20, easing: easeOut },
        {degrees: 97}, false, {degrees: 110}, {degrees: 116}],
      // …dwie następne pary nóg
    ]
  }
```

Marsz (walk)

W tym kroku (patrz listing 5.7) cztery nogi pozostają przez cały czas w kontakcie z podłożem. Krok rozpoczyna się od przesunięcia jednej nogi do przodu. Gdy noga zostanie zgięta, do przodu przesuwana jest druga noga. Pierwsza noga oprze się na podłożu w tym samym momencie, w którym zostanie zgięta druga noga. Jednocześnie do przodu przesuwana jest trzecia noga.

Graficzne przedstawienie kluczowych ramek dla tego kroku jest trudne, więc ich opis został pominięty. Gdybyś chciał zbadać, jak jest realizowany ten krok, ustaw właściwość `duration` segmentu na 20 000 ms. Krok będzie wtedy wykonywany w zwolnionym tempie.

Listing 5.7. Marsz

```
var walk = {
  duration: 2000,
  cuePoints: [0, 0.071, 0.143, 0.214, 0.286, 0.357, 0.429, 0.5,
    0.571, 0.643, 0.714, 0.786, 0.857, 0.929, 1],
  loop: true,
  loopback: 0.5,
  fps: 100,
  onstop: function() { phoenix.att(); },
  oncomplete: function() { },
  keyFrames: [
    [null, null, {degrees: 82}, null, null, null, null, {degrees: 82}, null,
      {56}, null, null, null, null, {degrees: 82}], // r1c
    [null, { step: 30, easing: easeOut }, {degrees: 119, easing: easeIn}, null,
      null, null, null, {degrees: 119}, { step: 30, easing: easeOut },
      {degrees: s.f.f[0], easing: easeIn}, null, null, null, null,
      {degrees: 119}],
    [null, { step: -20, easing: easeOut }, {degrees: 119, easing: easeIn}, null,
      null, null, null, {degrees: 119}, { step: -20, easing: easeOut },
      {degrees: 97, easing: easeIn}, null, null, null, null, {degrees: 119}],
    // …pięć następnych nóg
  ]
};
```

Bieg (run)

Ten krok (zwany popularnie trójnogiem, zdefiniowany w listingu 5.8) powoduje najszybsze przemieszczanie się robota, ale obciąża serwomotory segmentów udowych i piszczelowych. Stosuj go rzadko. W tym kroku jednocześnie poruszane są trzy nogi, natomiast trzy inne pozostają w kontakcie z podłożem i muszą one utrzymać większy ciężar niż w przypadku pozostałych kroków.

Obracanie robota

Obracanie robota jest trudniejsze niż wykonywanie kroków. Końcówki nóg nie poruszają się wtedy po liniach prostych, ale zakreślają koncentryczne łuki o środkach znajdujących się w środku szkieletu robota. Promień łuku dla nóg R2 i L2 jest inny niż dla pozostałych czterech nóg.

Krok obracający robota jest bardzo podobny do kroku biegowego. Trzy nogi pozostają w kontakcie z podłożem, a pozostałe obracają się o kąt pomiędzy 15° a 30°.

W programie *phoenix.js* zdefiniowane są dodatkowe, nieopisane tutaj segmenty animacyjne: `sleep` (uśpienie), `waveRight` (przesunięcie przedniej prawej nogi), `waveLeft` (przesunięcie przedniej lewej nogi) i pełzanie (`crawl`). Wypróbuj je po wyregulowaniu robota i uzyskaniu prawidłowego kroku.

Lista poleceń

Wszystkie poniższe polecenia można wpisywać w pętli REPL podczas ruchów robota:

- `ph.stand()` (powstanie)
- `ph.sleep()` (uśpienie)
- `ph.walk()` (marsz)
- `ph.crawl()` (pełzanie)
- `ph.row()` (wiosłowanie)
- `ph.badRow()` (inne wiosłowanie)
- `ph.run()` (bieg)
- `ph.run("rev")` (bieg do tyłu)
- `ph.turn()` (obrót)
- `ph.turn("left")` (obrót w lewo)
- `ph.stop()` (zatrzymanie)
- `ph.waveLeft()` (przesunięcie przedniej prawej nogi)
- `ph.waveRight()` (przesunięcie przedniej lewej nogi)
- `ph.att()` (powrót do pozycji wyjściowej)

Listing 5.8. Bieg

```
var run = {
  duration: 1000,
  cuePoints: [0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0],
  loop: true,
  fps: 100,
  onstop: function() { phoenix.att(); },
  oncomplete: function() { },
  keyFrames: [
    [ null, {degrees: 70}, {degrees: 56}, null, {degrees: 91}],
    [ null, {degrees: 120}, {degrees: 116}, { step: 30, easing: easeOut },
      {degrees: 119, easing: easeIn}],
    [ null, {degrees: 110}, {degrees: 97}, { step: -20, easing: easeOut },
      {degrees: 116, easing: easeIn}],
  // …5 następnych nóg
  ]
};
```

Wypróbuj śmiało powyższe polecenia i sprawdź, do czego służą.

Co dalej?

Teraz Twój heksapod powinien na komendę chodzić, obracać się i robić kilka innych rzeczy. Ale to dopiero początek. Możesz go wykorzystać do tworzenia nowych, niesamowitych konstrukcji. Poniżej wymienionych jest kilka pomysłów, które możesz zrealizować:

Utwórz inne segmenty animacyjne.
: Użyj podstawy testowej i swojej wyobraźni. Podziel się na forum *http://forums.nodebots.io* efektami z innymi konstruktorami heksapodów.

Dodaj kontroler.
: Wpisywanie poleceń w terminalu jest uciążliwe. Powinieneś zbadać inne możliwości sterowania heksapodem. Dostępne są interfejsy API platformy Node.js do następujących kontrolerów:

  - Leap Motion Controller (*http://bit.ly/19LY4nm*),
  - nakładka SparkFun Joystick — po prostu użyj platformy Johnny-Five,
  - Kinect (*http://bit.ly/1bQRz4l*),
  - Wii Motion Controller — po prostu użyj platformy Johnny-Five,
  - Brainwaves (*http://bit.ly/19LYoT4*).

Dodaj czujniki.
: Dodaj kamerę i czujniki ultradźwiękowe, aby robot mógł orientować się w swoim otoczeniu. Naucz go podejmować decyzje oparte na informacjach odbieranych z tych urządzeń.

Zbuduj innego heksapoda.
: Przedstawiony w tym rozdziale kod nadaje się nie tylko do sterowania robotem Phoenix. Dostępnych jest wiele innych robotów, pod adresem *http://www.thingiverse.com* można znaleźć nawet ich ogólnodostępne projekty do wykonania na drukarce 3D. Będziesz musiał zmienić wartości w tabelach `h`, `t`, `s` oraz `l`, ale jeżeli zbudujesz stanowisko testowe i wyregulujesz wszystkie serwomotory, będzie to całkiem proste zadanie.

Decyzja o zastosowaniu platform Node.js i Johnny-Five okazała się słuszna. Wszystkie pakiety `npm` znajdują się w zasięgu palców. Dzięki temu możesz podążać dowolnie wybraną ścieżką. Co więcej, Johnny-Five jest najbardziej elastyczną i najlepiej obsługiwaną platformą wykorzystywaną podczas budowania robotów. Realizuj więc śmiało wszystkie pomysły, jakie Ci przyjdą do głowy.

Rozwój społeczności majsterkowiczów oraz potęga platformy Node.js sprawiają, że bardzo przyjemne jest być robotykiem amatorem!

Skorowidz

N

O

P

R

S

Ś

T

U

W

Z

Przekonaj się, jak fascynujące jest budowanie i programowanie robotów!

Powszechnie JavaScript jest uważany za doskonałe narzędzie do programowania aplikacji internetowych. Język ten świetnie nadaje się również do programowania robotów. Umożliwia zaprojektowanie zachowania robota, określenie, w jaki sposób będzie reagował na sygnały otaczającego świata czy omijał przeszkody. Dużą wygodę pracy zapewnia też platforma Johnny-Five, która umożliwia programowanie robotów zbudowanych z płytek Arduino, Raspberry Pi i BeagleBone.

Dzięki tej książce nauczysz się budować roboty o rozmaitych funkcjach i zastosowaniach. Do pisania tej książki Rick Waldron zaprosił zespół inżynierów, nauczycieli i popularyzatorów JS. Z ich pomocą dowiesz się, w jaki sposób zbudować poszczególne elementy robota, jakie części zastosować i jak napisać potrzebny kod. Podpowiedzą Ci, jak przygotować sobie warsztat pracy oraz skąd zdobyć materiały. Autorzy podali mnóstwo wskazówek pomocnych przy planowaniu, budowie i testowaniu już wykonanych projektów. Poszczególne zadania zostały tak dobrane, aby po ich wykonaniu można było zabrać się do trudniejszych projektów o wyższym stopniu złożoności.

Zbuduj i oprogramuj:

- roboty kroczące, piszące, pływające, a nawet tańczące!
- robota sterowanego głosem oraz do sterowania oświetleniem
- robota ze sztuczną inteligencją
- robota delta

Rick Waldron — twórca Johnny-Five, platformy open source służącej do programowania robotów w języku JavaScript. Obecnie zajmuje się głównie Arduino, BeagleBone, Raspberry Pi, Pinoccio, Spark Core, Intel Galileo i Intel Edison. Jest również twórcą Idiomatic.js, przetłumaczonego na 12 języków przewodnika po JavaScript.

Helion

43384 numer katalogowy

księgarnia internetowa

http://helion.pl

zamówienia telefoniczne

0 801 339900

0 601 339900

Informatyka w najlepszym wydaniu

Sprawdź najnowsze promocje:
http://helion.pl/promocje
Książki najchętniej czytane:
http://helion.pl/bestsellery
Zamów informacje o nowościach:
http://helion.pl/nowosci

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
http://helion.pl

sięgnij po WIĘCEJ

KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-283-2054-3

9 788328 320543

cena: 59,00 zł

Make:
makezine.com