

Dílna kráčejících robotů pro střední školy

Chůze a kinematika robotu



50°6'14.083"N, 14°23'26.365"E

Národní technická knihovna
National Library of Technology

(0x) 41 68 6f 6a 20 72 6f 62 6f 74 69 6b 6f 21 0a

Co je napsáno v nadpisu?

Co je napsáno v nadpisu?

... dnes vytvoříme »hello world« alà robotika.

Cíle dílny

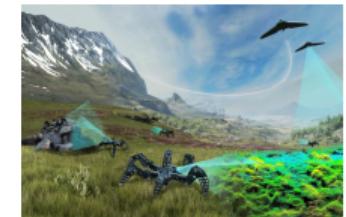
- Rozchudit roboty vlastním programem.
- Popsat chůzi robotu matematicky.
- Získat pokročilejší výhled do robotiky.
- Zjistit, že se ve škole neučíme nadarmo.
... A to vše za pouhé 4 hodiny.

Pravidla

- Zkoumejme, vymýšlejme, zkoušejme!
- Spolupracujme dle libosti! Těžte!
- Snažte se nezničit chudáky roboty.
- Pracujte v Plocha/roboty/<datum>.

Martin Zoula (✉) | Filip Kučera (✉)

comrob.fel.cvut.cz





<https://owncloud.cesnet.cz/index.php/s/nD7VWH7RTgA5M31>

Hexapod – naše dnešní robota

- 6 nohou, každá má 3 klouby.
- Celkem 24 stupňů volnosti.
- Staticky stabilní chůze možná.
- Mnoho typů chůze - 3pod, 4ped, 5pod...
- Senzory vzdálenosti vepředu a nahoře.
- Senzor tlesknutí, reproduktor.
- Jakému zvířeti je nejblíže?

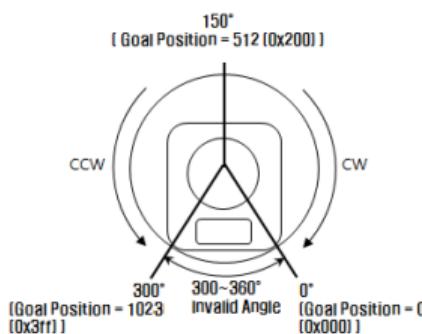


ROBOTIS PREMIUM King Spider

Jedna ryska = 150°



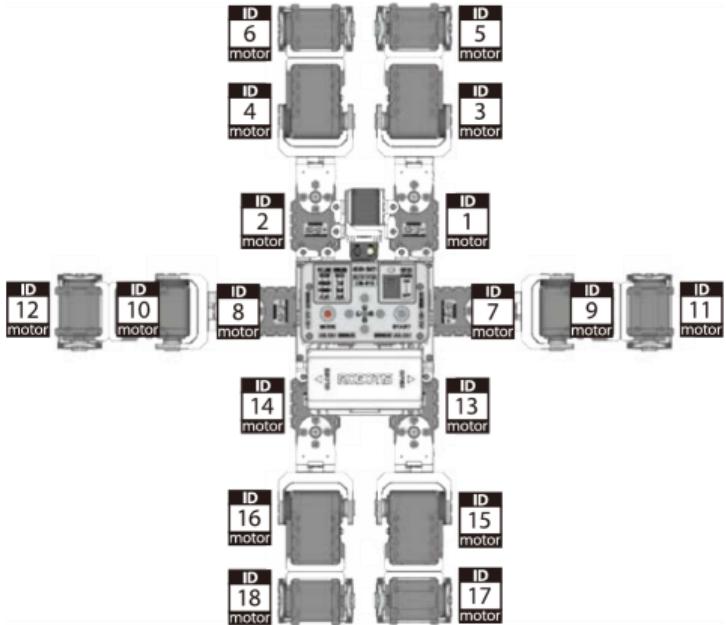
Dvě rysky = 330°



Robotis Dynamixel AX-12W

- Převodovaný elektromotor s řízením polohy.
(Pozor! Náraz může převody poškodit!)
- Poziční zpětná vazba z potenciometru.
(Pozor! Mrtvý úhel - rotor se nemůže zastavit dole.)
- Ovládaný digitálním protokolem z řídicí jednotky.
(Každé servo v rámci robota musí mít unikátní ID!)
- Lze ovládat nebo pozorovat různá nastavení serva.
(Maximální moment, rychlosť, úhel, přehráť, stall...)
- Referenční manuál zde.

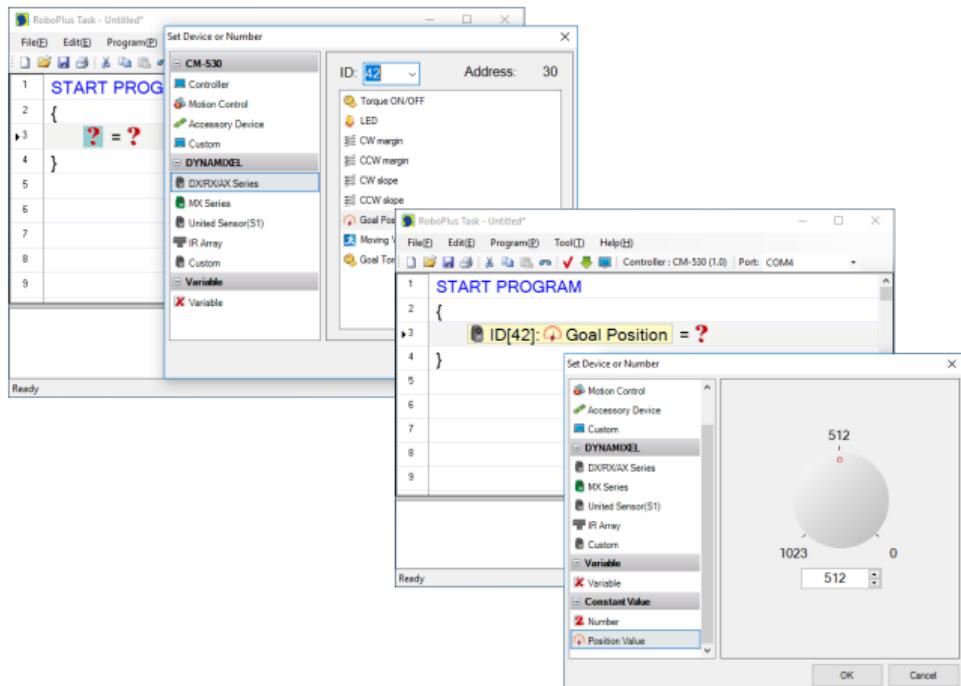
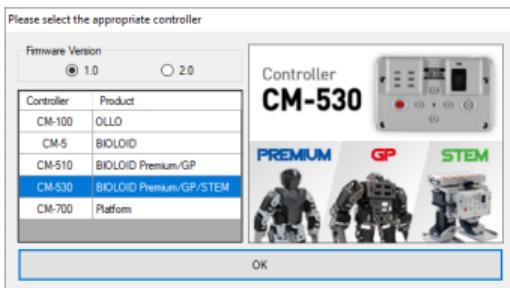
Poznejte svůj robot



- S robotem hýbejte, zkoumejte pohyb.
- Zkoumejte limity rotace kloubů.
- Zkontrolujte stav kabeláže a šroubů.
- Načrtněte schéma nohy a těla robota.
- Značte + směr otáčení servomotorů.
- K čemu je uchycený stator a rotor?

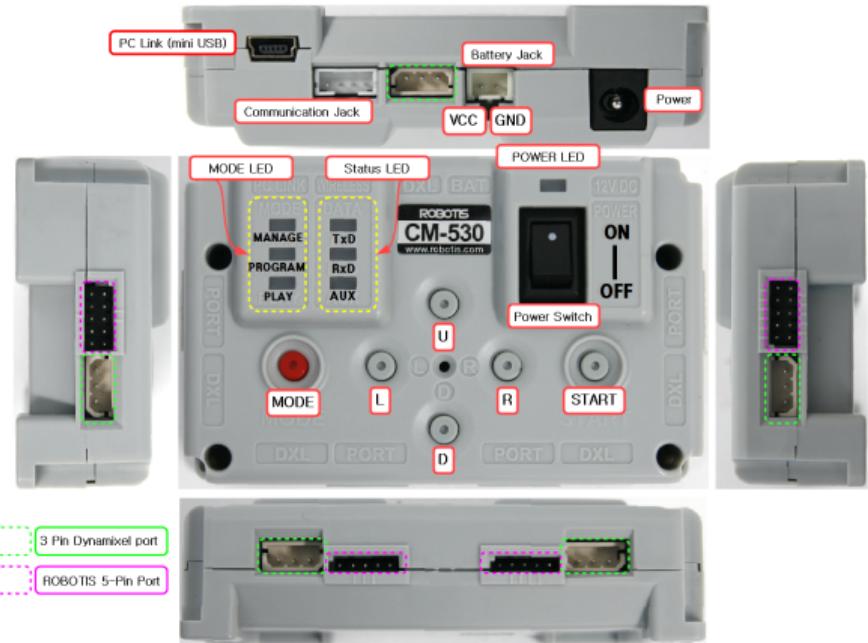
První krůčky

1. Spusťte »RoboPlus Task.«
2. Nový soubor, vyberte kontroler.
3. Mezerník vkládá prázdný řádek.
4. Dvojklikem na řádek vkládáte.
5. Nastavte servo na pozici 0°.
6. Nahrajte přes správný COM.



K robotu může být v danou chvíli připojen jen jeden program!

Řídící jednotka



STM32F103RE ARM Mikročip, 72 MHz, 512 kB

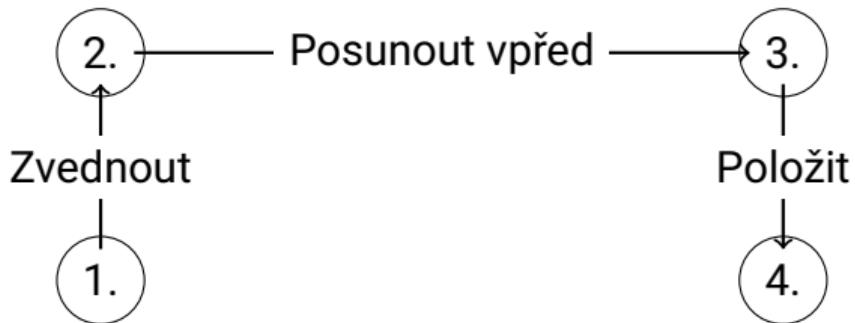
- Zprostředkovává komunikaci počítače a servomotorů.
- Umí přehrát naprogramovaný pohyb nebo program.
- Programujeme z PC přes USB.
- Pro spuštění nahraného programu je potřeba červeným tlačítkem zvolit režim »play«, poté zmáčknout »start«.
- Program zastavit červeným tlačítkem, v nouzi kolébkou.

Mávání jednou nohou

1. Nastavte všem servům rychlosť 50.
2. Nastavte všechna serva na nulový úhel.
(Nastavení počáteční polohy robotu.)
3. Hýbejte jedním servem sem a tam.
 - Po nastavení požadovaného úhlu se servomotor začne ihned pohybovat!
Procesor ale na dokončení pohybu nečeká! Čekání je potřeba vynutit!
4. Pomocí WAIT WHILE kontrolujte stav servomotoru Is Moving.

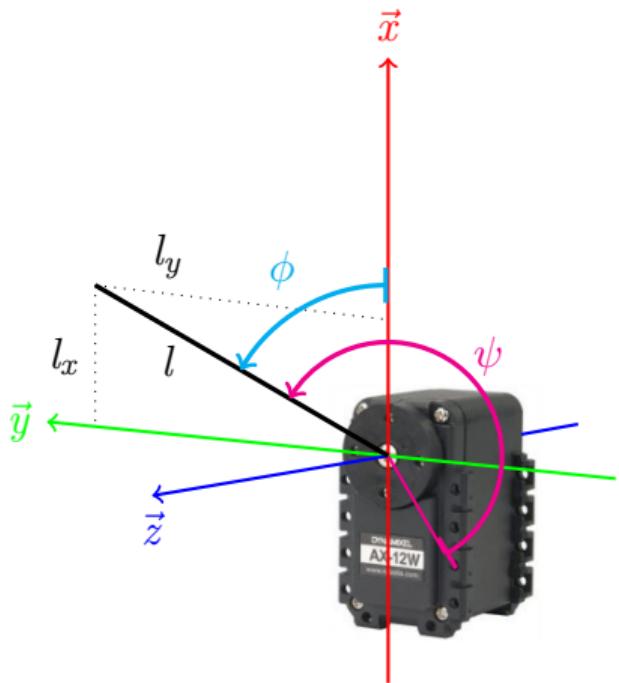
[CM-530]-ukol-kyvani-hexa-2

```
1: START PROGRAM
2: {
3: // Zapnutí výkonu serv
4: [ID[All]]: ☀️ Torque ON/OFF = TRUE
5: // Nastavení rychlosti serv.
6: [ID[All]]: ✅ Moving Velocity = 50
7: // Nastavení základní pozice robotu.
8: [ID[All]]: ⚪ Goal Position = 512
9: Timer = 2.048sec
10: WAIT WHILE (Timer > 0.000sec )
11: // Kývání pravým středním femurem
12: LOOP FOR (i = 0 ~ 6 )
13: {
14: [ID[9]]: ⚪ Goal Position = 860
15: WAIT WHILE ([ID[9]]: 🔴 Is Moving == TRUE )
16: [ID[9]]: ⚪ Goal Position = 512
17: WAIT WHILE ([ID[9]]: 🔴 Is Moving == TRUE )
18: }
19: // Povolení serv - zabráníme přehřívání
20: [ID[All]]: ☀️ Torque ON/OFF = FALSE
21: }
```



- Vytvořte »pohybové primitivum,« které bude součástí výsledné chůze.
- Existuje mnoho různých typů kroků: Obdélník, trojúhelník, kružnice, elipsa, reaktivní krok, adaptivní krok, měkký krok, ...
- Nezapomínejte na to, že je potřeba čekat na dokončení pohybu servomotoru.
- »RoboPlus Manager« zobrazuje (mj.) aktuální úhly servomotorů.

Matematický popis servomotoru

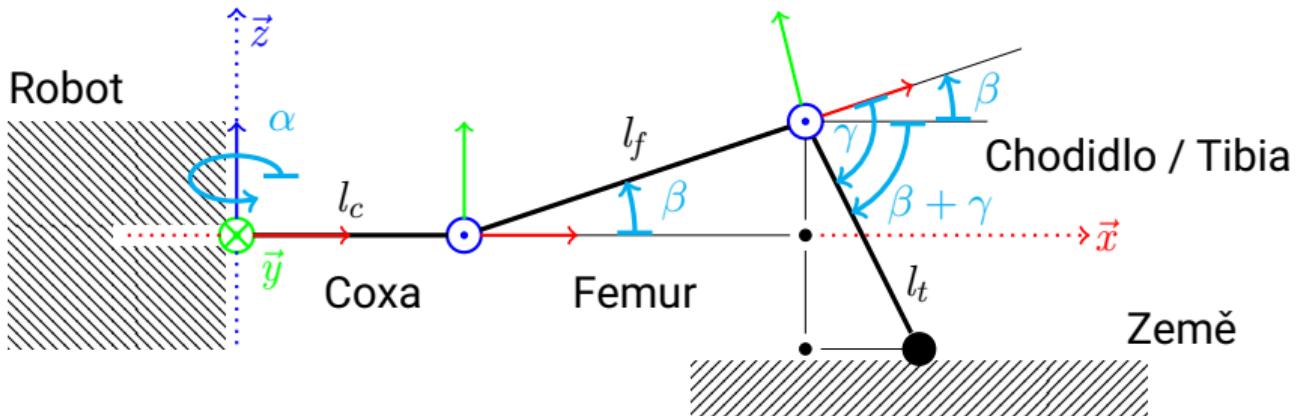


- Technický úhel ψ : Dle výrobce serva.
 - (To čteme/zapisujeme v servu.)
- Matematický úhel ϕ : Dle našeho robota.
 - Kladný směr rotace podél osy z .
 - Nulový úhel na ose x .
 - (Pravidlo pravé ruky.)

$$l_x = l \cos(\phi)$$

$$l_y = l \sin(\phi)$$

$$\phi = \psi - 150^\circ$$



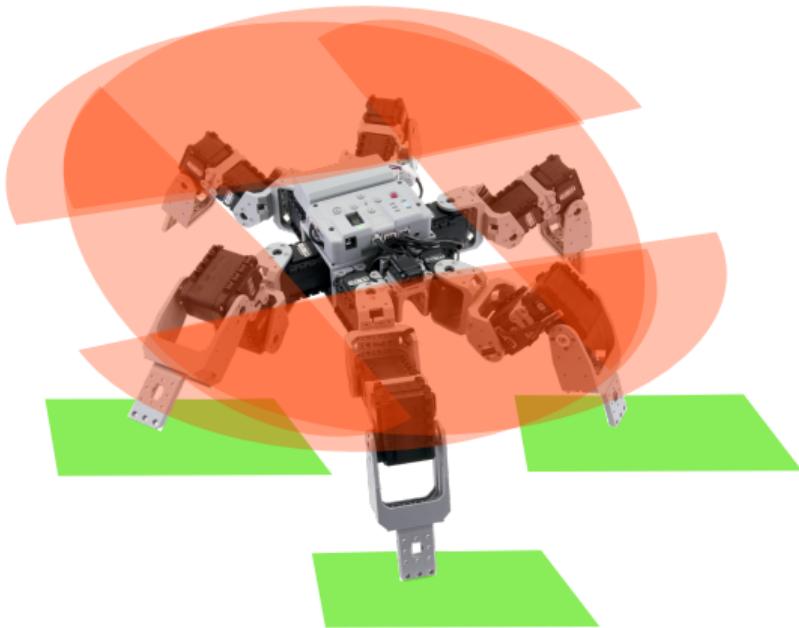
Přímá kinematická úloha: Úhel servomotorů → souřadnice chodidla.

$$x_{chod.}(\alpha, \beta, \gamma) = \cos(\alpha) [l_c + l_f \cos(\beta) + l_t \cos(\beta + \gamma)]$$

$$y_{chod.}(\alpha, \beta, \gamma) = \sin(\alpha) [l_c + l_f \cos(\beta) + l_t \cos(\beta + \gamma)]$$

$$z_{chod.}(\alpha, \beta, \gamma) = l_f \sin(\beta) + l_t \sin(\beta + \gamma)$$

Omezení pohybu



- Robot má mnoho stupňů volnosti.
Může je ale využít úplně?
- Mechanicky omezený pohyb kloubů.
- Operační prostor nohou se protíná!
- Chůze robotu tedy můsí být vymyšlena tak, aby se nohy vzájemně nesrážely.
- Robot může narazit i do prostředí!
(Země nebývá vždy rovná, v prostředí jsou překážky, lidé, jiné stroje ...)

1. Vytvořte pro každou nohu jednu funkci, která provede pohyb vpřed.
- !** Funkce nepřijímá vstupní argumenty, může ale měnit globální proměnné.
2. Nohy mají různé orientace servomotorů. Dopočítejte si nové správné úhly!
 3. Volejte ve vhodném pořadí všechny funkce a tím vytvořte chůzi.

POZOR!

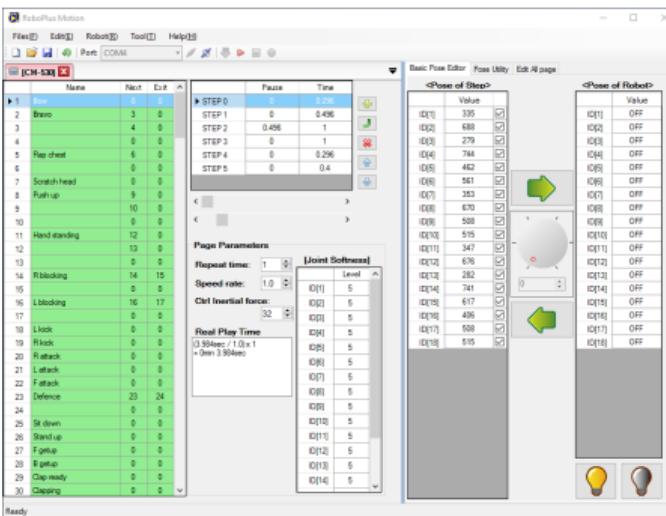
- Dávejte pozor na kolize nohou.
- Nepřekračujte rychlosť pohybu 50.

Předprogramované pohyby

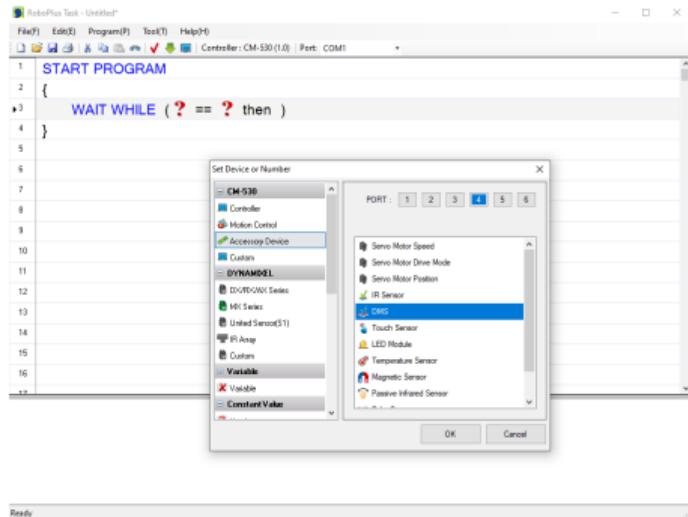
- V paměti robota je nahráno několik předprogramovaných pohybů.
- Pomocí nástroje »RoboPlus Motion« můžete tyto pohyby přehrát.
- Pohyby je možno spouštět i z programu.

[CM-530]-stub-motion

```
1: START PROGRAM
2: {
3:   // Začne vykonávat přednastavený cvik.
4:   Motion Index Number = 42
5:   // Program je třeba zastavit dokud není cvik dokončen.
6:   WAIT WHILE (Motion Status == TRUE )
7: }
```



Senzor odražené intenzity (IR Sensor) a úhlový senzor vzdálenosti (DMS).
Port a chování senzoru lze vyzkoušet v programu RoboPlus Manager.

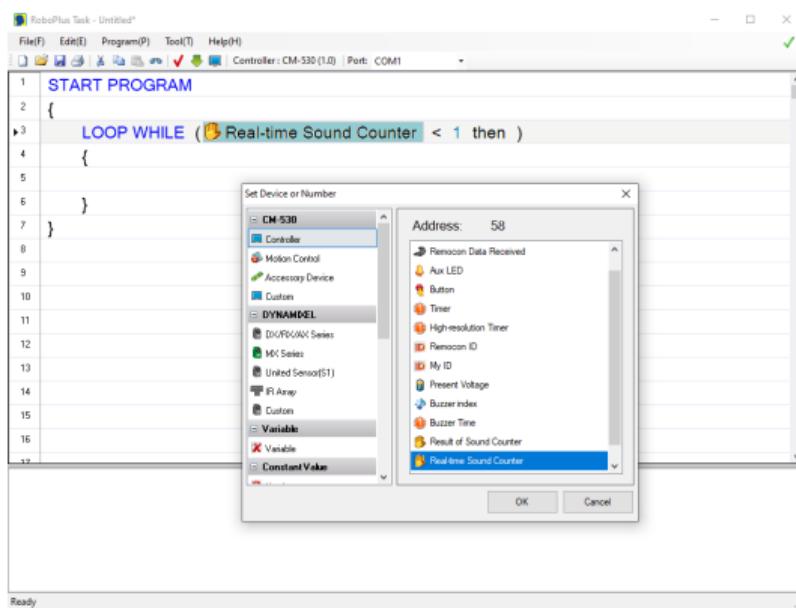


Senzor tlesknutí

Robot umí počítat tlesknutí. Real-time sound counter počítá tlesknutí v sekvenci. Result of sound counter uchovává počet v poslední sekvenci.

```
[CM-530]-stub-distance

1: START PROGRAM
2: {
3:     // Vyčtení hodnoty do proměnné
4:     přečteno = PORT[1]:IR Sensor
5:     // Použití hodnoty přímo v programu
6:     IF (PORT[1]:IR Sensor <= 100 )
7:     {
8:         // ...
9:     }
10:
11:    // Senzor tlesknutí - čekám na jeden tlesk.
12:    Result of Sound Counter = 0
13:    WAIT WHILE (Result of Sound Counter < 1 )
14:    // Zahraji melodii.
15:    Buzzer Time = Play Melody
16:    Buzzer index = Melody2
17:    WAIT WHILE (Buzzer Time > 0 )
18: }
```



Úkol: Vytvořit tanček

1. Robot čeká dokud se netleskne.
2. Po tlesknutí provede jeden pohyb.
3. Poté opět čeká na tlesk, následně provede jiný pohyb.
4. ... cokoliv, co vás napadne.

Bonusový úkol: Senzorika

- Naprogramujte robota vyšší logiku využívající senzory.
- (Robot jde vpřed, jakmile se přiblíží, zastaví a otočí se.)
- (Robot čeká na tlesknutí, po něm se rozběhne vpřed.)
- (Robot po tlesknutí zastaví a udělá nějaké gesto.)
- Využijte vlastní program chůze, předprogramovaný pohyb, nebo obojí.

Bonusový úkol: Zrychlení chůze tripodem

- Hexapod může s výhodou využít staticky stabilní krok.
- Tři nohy jsou na zemi, tři se přemisťují vpřed.
- Změňte program tak, aby chodil jako tripod.
- (Tzn. během pohybu má vždy jen tři nohy na zemi.)



DON'T PANIC!



Děkujeme, nashledanou!

#robotikaNTK

comrob.fel.cvut.cz

[https://cw.fel.cvut.cz/wiki/
courses/crl-courses/aed23](https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/crl-courses/aed23)