T-exkurze - Robotikem snadno a rychle

Jaroslav Páral a Jakub Streit (Robotárna, Dům detí a mládeže Helceletova)

9.10.2016 10:13

Obsah

1 Uvítání

Ahoj, rádi bychom vás přivítali na naší T-exkurzi a jsme velmi rádi, že jste si vybrali zrovna tu naši :-).

Ale dost povídání. Pojďme rovnou na to. V teoretické části si probereme, z čeho se takový robot skládá a jaké všechny komponenty potřebuje. Následně se vrhneme do základů programovacího jazyka C/C++.

V praktické části si vyzkoušíte ovládat virtuálního robota, který je věrnou kopií našich robotů, které máme k dispozici a s kterými si budeme také hrát v rámci T-exkurze.

Na závěr vás bude čekat menší programátorský testík, tak abyste nám ukázali, že jste se do materiálů podívali a zkusili si zprovoznit virtuálního robota.

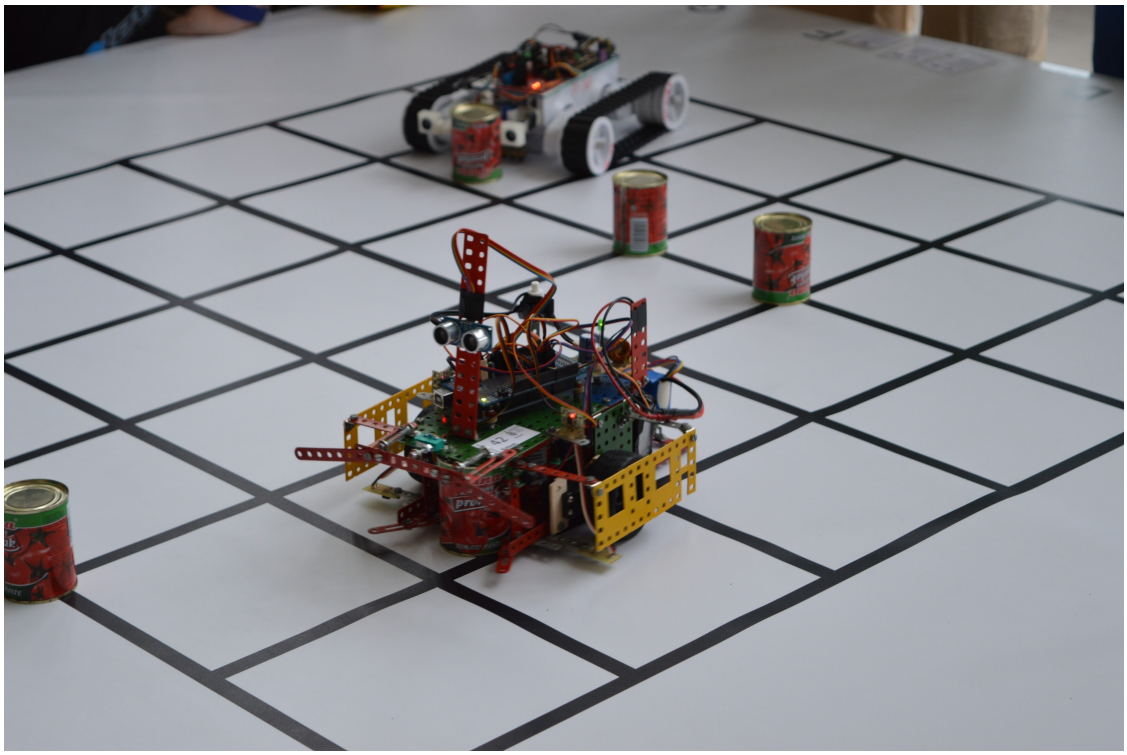
Nyní je Vám k dispozici teoretická část materiálů. Praktická část a testík by měla být dostupná od 8.5.2016. Pokud budete mít dotaz, nebojte se s ním na nás obrátit. Rádi bychom během května vypsali i konzultační hodiny, kdy vám budeme k dispozici na Skypu.

2 Co to ten robot vlastně je?

Robot může mít mnoho podob. Většině z vás se asi vybaví terminátora, R2-D2 nebo Číslo 5 žije.

Obrázek 1: Robot BB-8 ze Star Wars

Robotem ovšem nazýváme i kuchyňský mixér, robotický vysavač podlahy nebo autonomní stroje jezdící na herním hřišti.



Obrázek 2: Roboti ze soutěže Ketchup House (Robotický den 2015 v Praze)

Vidíte tedy, že představa o tom, co je to tedy robot, může být různá. My se budeme bavit o jednodušších autonomních robotech, zaměřených na plnění soutěžních úloh, jak můžete například vidět na obrázku výše.

3 Z čeho se robot skládá

V této kapitole probereme jednotlivé části robota: pohony, senzory, řídicí elektronika, napájení.

3.1 Pohony

Pohon je zařízení, které uvádí celého robota do pohybu. Pohony se většinou skládají z motoru a převodovky. Motor může být buď stejnoměrný nebo střídavý. Pokud nás v praxi zajímá to, jak se motor otáčí, nebo jakou má zrovna teď polohu, můžeme k němu připojit enkodér. Více si o enkodéru povíme v kapitole senzory.

3.2 Senzory

3.2.1 Ultrazvukový dálkoměr

Ultrazvukový dálkoměr je zařízení, které za pomoci ultrazvukových vln dokáže určit vzdálenost od překážky. Jeho konstrukce obsahuje piezo měnič, který převádí elektrický signál na ultrazvukové vlny a naopak. Tyto vlny se při nárazu na překážku odrazí a vrátí zpět. Senzor měří čas, mezi původní vyslanou vlnou a přijatou odraženou. Tento čas je pomocí známé rychlosti zvuku (cca 340 m/s) převeden na vzdálenost.

3.2.2 Infračervený senzor

Infračervený senzor je zařízení, které určuje vzdálenost pomocí světelných paprsků v infračerveném spektru (nad viditelnou oblastí). Vyslaný paprsek se odrazí, vrátí zpět a dopadá na fotodiodu. Intenzita odraženého paprsku závisí na vzdálenosti, kterou musel paprsek urazit.

Infračervený senzor lze také použít pro měření odrazivosti (například při sledování černé čáry na bílem povrchu). Odrazivost povrchu může také velmi ovlivňovat naměřenou vzdálenost.

3.2.3 Mechanický senzor

Mezi senzory můžeme zařadit i mechanické prvky jako tlačítko, či přepínač. Robot reaguje na sepnutí nebo přepnutí a následně po této změně vykoná naprogramovanou akci. Jedná se o nejjednodušší variantu senzoru a proto se s ní lze setkat hodně často.

3.2.4 Enkodér

Enkodér je zařízení, které umožňuje získat informace o poloze, rychlosti nebo ujeté vzdálenosti (v závislosti na jeho typu a způsobu zpracovávání informací). Lze jej připojit k motoru, ale může být upevněn i u kola robota nebo jakémkoliv pohybujícím se prvku.

3.3 Řídicí elektronika

Řídicí elektronika zajišťuje ovládání všech částí robota a zároveň vykonává předprogramovanou sadu příkazů. V závislosti na datech ze senzorů může upravovat chování robota. Řídicí elektronika může být

buď jako jedna deska plošných spojů (DPS), nebo se může jednat o více samostatných DPS rozdělených podle zaměření (silová elektronika, senzory, hlavní řídicí čip/logika).

Srdcem každé řídicí elektroniky je procesor. Prakticky se jedná o "mozek" elektroniky. Procesor vykonává všechny matematické a logické operace - vykonává daný program. Může komunikovat s ostatními periferiemi.

Pro komunikaci s řídicí elektronikou lze využít Bluetooth, WiFi nebo sériovou linku (nejjednodušší varianta).

3.4 Napájení

Napájení je jednou z nejdůležitějších částí robota. Napájení musí být vhodně umístěno na robotovi, aby mu neznemožňovalo pohyb a nesmí mu rozhodit těžiště.

Robota lze napájet přes kabel, pomocí baterií, ale také bezdrátově. Většinou se dnes využívají baterie a to ať už klasické NiMH, Pb nebo modernější typy jako Li-Pol, Li-Fe, Li-ion. U baterií Li-xxx je problém s jejich větší náchylností na zničení. Nesmíte je pod vybýt, dlouhodobě nechat nabyté na 100 % kapacity nebo například z nich brát moc velké proudy. I tyto problémy komplikují řešení napájení bateriových robotů.

4 Základy programování

V této části se seznámíme se základy programovacího jazyka C/C++. Povíme si něco o proměnných, podmínkách, cyklech atd.

4.1 Co je to program

Program je posloupnost příkazů, které musí počítač vykonat, aby splnil danou úlohu. My jako programátoři musíme vymyslet a zapsat program tak, aby vykonal, co chceme. U počítačů je ovšem jeden problém, dělají totiž přesně to, co jim naprogramujeme a ne to co bychom chtěli.

4.2 Komentáře

Občas je dobré připsat si ke kódu poznámky, abychom časem věděli, proč jsme co napsali. V C++ jsou dva způsoby jak psát komentáře:

- `//` Tyto dvě lomítka uvozují komentář, trvající do konce řádku. Jakýkoli text od těchto dvou lomítek do konce řádku je komentář a na překlad a běh programu nemá vůbec žádný vliv
- `/* ... */` Tento styl komentáře je použitelný pro rozsáhlejší poznámky, neboť uvozovací sekvence `/*` může ležet klidně třeba 200 řádků před ukončovacím `*/`

Kromě poznámek mají komentáře ještě jednu důležitou funkci. Při ladění programu se často stává, že potřebujeme, aby se určitý již napsaný kus kódu prostě neprovedl. Jedna možnost, jak toho dosáhnout, je tento kus kódu prostě ze zdrojového souboru vyjmout (případně si ho uložit do jiného souboru, abychom o něj nepřišli). To je ale občas nešikovné. Lepší je daný kus kódu takzvaně zakomentovat. Prostě ho označíme jako komentář a kompilátor ho při překladu bude ignorovat.

4.3 Proměnná

Proměnná je kus paměti počítače, který si můžeme v programu vyhradit pro naše data. Proměnné se dělí podle toho, jaká data v nich chceme ukládat. Podle typu proměnné se při jejím vytvoření zabere správně velký kus paměti. Bohužel v C++ není velikost proměnných daná pouze jejich typem, ale závisí také na překladači. Proto se může stát, že stejná proměnná bude jinak velká na PC a na mikroprocesoru (uP). Velikosti proměnných pro mikrokontroléry Atmel ATMega (AVR Studio 5), které budeme využívat na naší T-exkurzi a PC (Microsoft Visual Studio 2010, ale odpovídají i hodnotám v nástroji Qt pro práci v Simulátoru), jsou uvedeny v následující tabulce. Jsou určené experimentálně.

Všechny celočíselné proměnné (včetně typu `char`) se mohou vyskytovat ve dvou typech: se znamínkem (`signed`) a bez znamínka (`unsigned`). Proměnné se znamínkem mohou obsahovat kladná i záporná čísla (samozřejmě včetně nuly). Naopak proměnné bez znamínka mohou obsahovat pouze kladná čísla a nulu. Díky tomu jsou ale schopné pojmout dvakrát větší číslo než proměnné se znamínkem. Normálně jsou všechny proměnné se znamínkem. Potřebujeme-li proměnou bez znaménka, musíme ji při jejím vytváření uvodit slovem `unsigned`.

Desetinné proměnné (`float` a `double`) jsou vždy `signed`, nikdy nemohou být `unsigned`! Je to díky tomu jak jsou v PC implementovány.

U desetinných proměnných se můžete setkat se speciálními `stavy`, které mohou zastupovat záporné/kladné nekonečno (vzniká většinou při dělení nulou) nebo `NaN` (`Not a number` - indikuje stav, kdy například daná hodnota nenáleží do daného oboru hodnot).

Základní datové typy u mikrokontrolérů Atmel Mega

Název	Popis	Velikost [bajty]	Rozsah
`bool`	typ sloužící pro logické operace	1	může nabývat pouze hodnot 1 (`true`) nebo 0 (`false`)
`char`	typ sloužící pro ukládání znaků	1	`signed`: -128 až 127 `unsigned`: 0 až 255
`int`	celé číslo	2	`signed`: -32,768 až 32,767 `unsigned`: 0 až 65,535
`long`	celé číslo	4	`signed`: -2,147,483,648 až 2,147,483,647 `unsigned`: 0 až 4,294,967,295
`float`	desetinné číslo	4	$\pm 3{,}4 * 10^{\pm 38}$ (s přesností na 7 číslic)
`double`	desetinné číslo	4	$\pm 3{,}4 * 10^{\pm 38}$ (s přesností na 7 číslic)

Základní datové typy na PC

Název	Popis	Velikost [bajty]	Rozsah
`bool`	typ sloužící pro logické operace	1	může nabývat pouze hodnot 1 (`true`) nebo 0 (`false`)
`char`	typ sloužící pro ukládání znaků	1	`signed`: -128 až 127 `unsigned`: 0 až 255
`int`	celé číslo	4	`signed`: -2,147,483,648 až 2,147,483,647 `unsigned`: 0 až 4,294,967,295
`long`	celé číslo	4	`signed`: -2,147,483,648 až 2,147,483,647 `unsigned`: 0 až 4,294,967,295
`float`	desetinné číslo	4	$\pm 3{,}4 * 10^{\pm 38}$ (s přesností na 7 číslic)
`double`	desetinné číslo	8	$\pm 1.7 * 10^{\pm 308}$ (s přesností na 15 číslic)

Kompletní přehled datových typů jak pro mikrokontroléry tak PC můžete najít na http://technika.tasemnice.eu/trac/wiki/cplusplus

Dále se proměnné dělí na tzv. `lokální` a `globální`. Globální proměnné jsou vytvořené na začátku programu a jsou "viditelné" v celém programu. Naproti tomu lokální proměnné se vytvářejí uvnitř funkcí a jsou "viditelné" pouze ve funkci, ve které byly vytvořeny. Jejich nevýhodou je, že jakmile funkce skončí, všechny její proměnné zaniknou a ztratí data. Obecně platí, že vytvořím-li proměnou uvnitř složených závorek, proměnná zaniká v okamžiku, kdy program dorazí k uzavírající složené závorce daného páru. Přesto ovšem doporučuji globální proměnné nepoužívat (vysvětlím u funkcí).

Doporučení: Pojmenovávejte proměnné podle toho, co do nich ukládáte! Budete-li mít v programu 26 proměnných pojmenovaných podle abecedy `a` až `z`, nevyzná se v tom nikdo jiný a za chvilku ani vy ne. Proto například počítám-li s kruhem, budu mít proměnné pojmenované `obsah`, `obvod` a `prumer`. Dále abyste se vyhnuli problémům, používejte v názvech proměnných pouze písmena anglické abecedy, podtržítko (`_`) a číslice (název ale nikdy NESMÍ číslicí začínat!).

Upozornění: C++ rozlišuje velikost písmen. To znamená, že proměnná `a` je jiná proměnná než `A`

```c
//příklad proměnné
//globální proměnná typu int
int napeti = 0; //se znaménkem
unsigned int prumer = 4; //bez znaménka

int main()
{
    //lokální proměnné, dostupné pouze ve funkci main
    float obvod = 3.14 * prumer;

    double obsah;
    /* Zde jsme sice vytvořili proměnnou obsah, ale nepřiřadili
    jsme ji žádnou výchozí hodnotu.
    To doporučujeme nikdy nedělat. Proměnou byste měli vždy
    na začátku nastavit výchozí hodnotu (např. 0),
    i když hodnotu můžu přiřadit dodatečně (viz další řádek). */

    obsah = (3.14 * (prumer * prumer)) / 4;

    napeti = 5;
    char ch = 'a';
    /* Znakové konstanty píšeme do apostrofů, kdybychom na apostrofy
    zapomněli, překladač by se snažil do proměnné "ch" uložit hodnotu
    proměnné "a" která ovšem neexistuje. To by vedlo k chybě a program
    by nešel přeložit. */

    //další kód
}
```

4.3.1 Pole

Potřebuji-li pracovat s více hodnotami stejného typu (nejen datový typ, ale i stejný "význam"), použiji pole. V podstatě se jedná o několik proměnných se stejným názvem, rozlišených číslem (indexem).

Pole vytvoříme stejně jako normální proměnnou, ale za její jméno napíšeme do hranatých závorek `[]` velikost pole (kolik bude mít prvků). Počet prvků pole nelze za běhu programu měnit. K prvkům pole potom přistupujeme tak, že napíšeme jméno pole následované opět hranatou závorkou s číslem prvku, se kterým chceme pracovat. **Pozor:** prvky jsou číslované od 0. Vytvoříme-li tedy pole 10 prvků, bude mít první prvek index 0 a poslední 9.

Pole si můžeme představit jako tabulku s jedním sloupcem a `n` (počet prvků pole) řádky. Můžeme ale mít i pole mající více rozměrů. Dvojrozměrné pole je tabulka mající `n` řádků a `m` sloupců. Při přístupu k jejím prvkům pak indexujeme napřed řádek, potom sloupec. Trojrozměrné pole si můžeme představit jako kvádr složený z malých krychliček z nichž každá představuje jeden prvek pole. Krychličky jsou pak indexované podle jejich Xové, Ypsilonové a Zetové souřadnice v kvádru. U čtyř a více rozměrových polí už normálním lidem selhává představivost :-).

Pozor, u vícerozměrných polí velmi rychle narůstá paměť potřebná k uložení pole. Mám-li jednorozměrné pole typu `int` (na PC, kde int má 4 bajty) o deseti prvcích, pak zabírá 40 bajtů paměti. Dvojrozměrné pole 10 x 10 prvků už ale zabírá 400 bajtů a třírozměrné 10 x 10 x 10 dokonce 4000 bajtů! Což u jednodušších mikrokontrolérů (např. v Arduinech - ATmega328P) může být velký problém.

```
//příklad pole
double pole1[15];
//vytvoření pole 15 proměnných typu double s názvem "pole1"
int pole2[4] = {2, 7, 8, -14};
//vytvoření pole 4 proměnných typu int s názvem "pole2" a jejich inicializace
char pole3D[4][5][2];
//vytvoření třírozměrného pole typu char

/*
int velikost = 10;
int pole[velikost];
Toto NELZE provést, počet pruků v poli musíme při jeho vytváření zadat číslem,
nikoli promněnnou!
const int velikost = 10;
int pole[velikost];
Toto již provést lze, protože velikost zde není promněnnou, ale pojmenovanou
konstantou (nemůžu tedy někde dále v programu napsat velikost = 20;).
*/

// ...

pole1[13] = 16.715;
// přiřazení hodnoty 16.715 do předposledního pruku (pruku s indexem 13) pole1

int i = 2;
++pole2[i]; //zvětšení hodnoty o jednu pruku s indexem i (2) pole "pole2"

pole3D[1][1][0] = 'a';

// ...
```

4.4 Operátory

4.4.1 Aritmetické

operátor	popis
`a + b`	sčítání
`a - b`	odčítání
`a * b`	násobeni
`a / b`	dělení
`a % b`	zbytek po celočíselném dělení (`8 % 3 = 2`)
`++a`	inkrementace (zvětšení o jednu) proměnné `a` (jinak řečeno `a = a + 1`)
`--a`	dekrementace (zmenšení o jednu) proměnné `a` (jinak řečeno `a = a - 1`)
`-a`	unární mínus (`a * (-1)`)

4.4.2 Bitové

operátor	popis
`a & b`	bitový součin
`a | b`	bitový součet
`a ^ b`	bitový exklusivní součet
`a << b`	bitový posun doleva
`a >> b`	bitový posun doprava
`~a`	negace

4.4.3 Logické

operátor	popis
`a && b`	logický součin - výraz je pravdivý, pokud oba výrazy `a` i `b` jsou pravdivé
`a || b`	logický součet - výraz je pravdivý, pokud alespoň jeden z výrazů `a` nebo `b` je pravdivý
`!a`	negace - výraz je pravdivý právě tehdy, pokud výraz `a` není pravdivý a naopak

4.4.4 Porovnávací

Používají se téměř výhradně v podmínkách.

operátor	popis
`a == b`	je pravda, pokud se hodnota proměnné `a` rovná hodnotě proměnné `b`
`a != b`	je pravda, pokud se hodnota proměnné `a` NErovná hodnotě proměnné `b`
`a < b`	je pravda, pokud je hodnota proměnné `a` menší než hodnota proměnné `b`
`a > b`	je pravda, pokud je hodnota proměnné `a` větší než hodnota proměnné `b`
`a <= b`	je pravda, pokud je hodnota proměnné `a` menší nebo rovna hodnotě proměnné `b`
`a >= b`	je pravda, pokud je hodnota proměnné `a` větší nebo rovna hodnotě proměnné `b`

4.4.5 Přiřazovací

operátor	popis
`a = b`	přiřazení hodnoty proměnné b do proměnné `a`
`a += b`	zvětšení hodnoty proměnné `a` o hodnotu proměnné `b` (jinak řečeno `a = a + b`)
`a -= b`	zmenšení hodnoty proměnné `a` o hodnotu proměnné `b` (jinak řečeno `a = a - b`)
`a *= b`	vynásobení hodnoty proměnné `a` hodnotou proměnné `b`, výsledek se uloží zpět do proměnné `a` (jinak řečeno `a = a * b`)
`a /= b`	vydělení hodnoty proměnné `a` hodnotou proměnné `b`, výsledek se uloží zpět do proměnné `a` (jinak řečeno `a = a / b`)
`a %= b`	vypočítá se zbytek po dělení proměnné `a` proměnou `b` a uloží se do proměnné `a` (jinak řečeno `a = a % b`)
`a &= b`	provede si bitový součin proměnné `a` a `b` a výsledek se uloží do proměnné `a` (jinak řečeno `a = a & b`)

operátor	popis
`a |= b`	provede si bitový součet proměnné `a` a `b` a výsledek se uloží do proměnné `a` (jinak řečeno `a = a | b`)
`a ^= b`	provede si bitový exklusivní součin proměnné `a` a `b` a výsledek se uloží do proměnné `a` (jinak řečeno `a = a ^ b`)
`a <<= b`	proměnná `a` se posune o `b` bitů doleva (jinak řečeno `a = a << b`)
`a >>= b`	proměnná `a` se posune o `b` bitů doprava (jinak řečeno `a = a >> b`)

4.4.6 Priorita operátorů

Co se ovšem stane, pokud máme v rámci jednoho výrazu více operátorů? Operátory mají různou prioritu (některé mají přednost před jinými) podle následující tabulky (čím nižší úroveň, tím vyšší priorita daného operátoru). Z pravidla je priorita stejná, jak v matematice. Pokud je ve výrazu více operátorů se stejnou prioritou, postupuje se zpravidla zleva doprava.

úroveň	operátor	popis
2	`() [] ++ --`	postfix
3	`++ -- ~ ! sizeof`	prefix
3	`+ -`	unární mínus (unární plus je v podstatě nesmysl)
6	`* / %`	násobení, dělení
7	`+ -`	sčítání, odčítání
8	`<< >>`	bitový posuv
9	`< > <= >=`	porovnání velikosti
10	`== !=`	rovnost, nerovnost
11	`&`	bitový součin
12	`^`	bitový exklusivní součet
13	`|`	bitový součet
14	`&&`	logický součin
15	`||`	logický součet
17	`= *= /= %= += -= >>= <<= &= ^= |=`	přiřazovací operátory

Pokud si prioritou nejsem jistý, uzavřu podvýrazy mající přednost do kulatých závorek `()` jak v matematice.

Jak jste si asi všimli, nejsou v tabulce priorit uvedeny všechny úrovně. To proto, že ne všechny operátory jsou na této stránce uvedeny a nechceme Vám zbytečně zamotat hlavu. Pokud by někdo měl zájem o kompletní seznam operátorů, doporučujeme wiki nebo cplusplus.com (zde jsou i příklady použití).

4.5 Podmínka

Neboli větvení programu. Umožňuje na základě hodnoty nějakého výrazu rozhodnout, které bloky kódu se provedou, případně neprovedou.

```
if (/*podmiňovací výraz*/)
{
    //blok příkazů, který se provede pokud je podmínka splněná
}
else
{
```

```
    //blok příkazů, který se provede pouze pokud podmínka neplatí
}
//zbytek kódu, který se provede nezávisle na podmínce
```

Větev `else` není povinná.

Je-li potřeba na základě různých hodnot jedné proměnné provést různé operace, je možné navěsit za sebe více podmínek.

```
if (/*podmiňovací výraz 1*/)
{
    //blok příkazů 1
}
else if (/*podmiňovací výraz 2*/)
{
    //blok příkazů 2
    //provede se pouze pokud výraz 1 neplatí, ale platí výraz 2
}
else if (/*podmiňovací výraz 3*/)
{
    //blok příkazů 3
    //provede se pokud platí pouze výraz 3
}
else
{
    //blok příkazů 4
    //provede se pouze pokud žádný z předchozích výrazů neplatí
}
```

Podmínky je také možné vnořovat.

```
if (/*podmiňovací výraz 1*/)
{
    //kód zde se provede pokud platí první podmínka
    if (/*podmiňovací výraz 2*/)
    {
        //tento blok kódu se provede pouze pokud jsou obě podmínky splněné
    }
    else
    {
        //tento kód se provede pouze pokud platí první a neplatí druhá podmínka
    }
    //tento kód se provede pokud platí první podmínka, na druhé vůbec nezávisí
}
//tento kód není závislý na žádné podmínce
```

Příklad:

```
if (a == 10) //pokud proměnná a má hodnotu 10
{
    a = 0; //přiřaď do proměnné  a hodnotu 0
}
else
{
```

```
    a = a + 1; //jinak hodnotu proměnné  a zvětši o 1
}
```

4.5.1 Pro pokročilejší

Jakýkoli výraz v podmínce se převádí na číslo. Pokud je výsledek výrazu 0, podmínka není splněná. Naopak podmínka je splněná pro jakékoli číslo různé od 0.

4.6 Příkaz switch

`switch` se používá, pokud potřebujeme na základě hodnoty jedné proměnné rozhodnout, co bude program dělat. Stejného výsledku se dá dosáhnout pomocí `if`/`else`, ale `switch` je elegantnější.

```
switch(/*proměnná podle které se rozhoduje*/)
{
    case /*hodnota 1*/:
        /* příkazy, které se provedou pokud hodnota řídící proměnné odpovídá
        hodnotě napsané za case příkazy mohou byt přes více řádků */

        break; /*příkaz ukončující návěstí case; po tomto příkazu se provede
             první příkaz za složenou závorkou uzavírající switch kdyby tu
             break nebylo, k žádnému skoku nedojde a začnou se provádět
             příkazy za následujícím case*/


    case /*hodnota 2*/:
        //příkazy
        break;

    // ...

    case /*hodnota n*/:
        // příkazy
        break;

    default: /*kód za default: se provede pokud hodnota řídící proměnné
             neodpovídá žádnému case*/
          // příkazy
          break;
}
```

`switch` se nedá použít k porovnávání dvou proměnných, hodnota všech `case` musí být konstanta.

Pozor: `case` fungují pouze jako jakási návěští, na které program skočí po `switch` a od nich pokračuje dál. Další `case` běh programu nijak neovlivní a pokračuje se příkazy za ním následujícími, dokud se nenarazí na `break;` nebo `switch` neskončí. Toho se dá využít například potřebujeme-li pro více hodnot řídící proměnné provést stejnou akci.

4.7 Cyklus `for`

Používá se, pokud chceme nějaký kus kódu několikrát opakovat a víme kolikrát. Například mám tabulku `n` hodnot a potřebuji každou hodnotu zvětšit o 1. Aby mohl cyklus počítat kolikrát už proběhl a kolikrát má ještě proběhnout, potřebuje tzv. řídicí proměnnou.

```
for (/*inicializace/*; /*podmínka*/; /*aktualizace řídicí proměnné */)
{
    //blok kódu, který se má opakovat
}
```

`inicializace` typicky definice a inicializace řídicí proměnné ; provádí se pouze jednou před prvním provedením cyklu

`podmínka` se kontroluje před každým provedením cyklu; cyklus se provádí tak dlouho, dokud podmínka platí (tzn. nemusí se provést ani jednou)

`aktualizace řídicí proměnné` provádí se na konci každého průchodu cyklem

Příklad:

```
for (int i = 0; i < 10; ++i)
{
    pole[i] += 1;
}
```

Co se vlastně děje?

- na začátku cyklu se vytvoří proměnná `i` s hodnotou 0
- zkontroluje se podmínka: je-li proměnná i menší než 10, cyklus se provede neplatí-li podmínka (proměnná `i` má hodnotu 10 nebo větší), cyklus skončí a program pokračuje prvním příkazem za tělem cyklu (za uzavírající složenou závorkou)
- provedou se příkazy v těle cyklu: prvek `i` pole `pole` se inkrementuje (jeho hodnota se zvedne o 1)
- provede se `++i` - inkrementace proměnné `i`
- cyklus se vrátí na začátek na testování podmínky

Další velmi časté využití cyklu `for` je pro vytvoření tzv. nekonečné smyčky:

```
for (;;)
{
    //blok kódu, který se má opakovat do nekonečna ( = do ukončení programu )
}
```

Stejně jako u podmínky, je možné mít v sobě vnořených několik cyklů.

4.8 Cyklus `while`

Používá se, pokud potřebujeme nějaký kus kódu opakovat dokud platí nějaká podmínka, ale nevíme, kolikrát to bude. Typické použití například čekání, dokud uživatel nezmáčkne nějaké tlačítko.

```
while (/*podmínka*/)
{
    //blok kódu, který se má opakovat
}
```

4.9 Cyklus `do-while`

Velmi podobný cyklu `while`, ovšem s tím rozdílem, že testovaná podmínka leží až na konci cyklu. V praxi to znamená, že tělo cyklu se vždy alespoň jednou provede (což se u cyklu while stát nemusí).

```
do
{
    //blok kódu, který se má opakovat
} while (/*podmínka*/);
```

Nezapomeňte za `while()` ; *(středník)*

4.10 Příkazy `break` a `continue`

Příkazy `break;` a `continue;` se používají uvnitř cyklů k ovlivnění jejich chodu.

- Příkaz `break;` okamžitě přeruší provádění cyklu. Po `break;` se provede první příkaz následující za složenou závorkou uzavírající tělo cyklu.
- Příkaz `continue;` přeskočí zbytek příkazů v těle cyklu. V cyklu `while` nebo `do-while` skočí na testování řídicí podmínky. V cyklu `for` se ještě před testováním řídicí podmínky provede aktualizace řídicí proměnné .

4.11 Funkce

Kdybychom měli celý program psát příkaz po příkazu tak, jak jdou za sebou, byl by delší program za chvilku hrozně nepřehledný. Navíc určité kusy kódu by se často opakovaly, protože prostě často je potřeba dělat stejnou věc na různých místech programu.

Způsob jak to udělat lépe jsou právě funkce. Vezmeme několik vzájemně souvisejících příkazů, dělajících dohromady nějakou konkrétní věc a zapouzdříme je do funkce. Když pak v programu potřebujeme tu věc provést, prostě zavoláme danou funkci a je to.

Při volání můžeme funkci předat nějaké parametry a funkce nám může nějakou hodnotu vrátit.

Na příklad potřebujeme na různých místech programu počítat a^n (pro jednoduchost řekněme že `n` jsou celá kladná čísla včetně nuly). Na to v C++ neexistuje operátor, proto si na to musíme napsat vlastní funkci.

```
//funkce umocni pro výpočet výrazu (a na n)
double umocni (double a, unsigned int n)
/* zde jsme si vytvořili funkci jménem umocni;
funkce vrací číslo typu double;
    funkci předáváme dva parametry:
    - číslo typu double, se kterým ve funkci pracujeme jako s proměnou a;
    proměnná a je lokální (odnikud odjinud než z funkce umocni není vidět)
    - číslo typu unsigned int, ve funkci jako lokální proměnná n  */
{ /*vše co je v těchto složených závorkách se nazývá tělo funkce a provede se
pokaždé, když funkci zavoláme*/

    if ( n == 0 )
    /*podmínka, obsah následujících složených závorek se provede pouze pokud
    je v proměnné "n" nula*/
    {
```

```
            return 1;
            /* příkaz return okamžitě ukončí provádění funkce, ma-li funkce
            vracet hodnotu, musí byt tato hodnota za return napsaná
            (v tomto případě jedna, neboť cokoli na nultou je jedna) */
    }

    double vysledek = a;
    /*vytvořili jsme si lokální proměnnou "vysledek" a inicializovali ji
    hodnotou proměnné "a"*/

    for(unsigned int i = 0; i != (n - 1); ++i)
    //cyklus pro proměnou i od nuly do hodnoty "n" méně jedna
    {
        vysledek *= a; //násobení proměnné výsledek proměnnou "a"
    }

    return vysledek;
    //konec funkce; funkce zde vrací hodnotu proměnné "vysledek"
}

int main()
{
    double mocnenec = 4;
    unsigned int mocnitel = 3;
    double kolik = 0;

    //...

    kolik = umocni(mocnenec, mocnitel);
    /* zde voláme naši funkci umocni a jako parametry ji předáváme hodnoty
    proměnných "mocnenec" a "mocnitel" funkce nám vrátí spočítanou hodnotu
    ("mocnenec" na "mocnitel"), kterou si uložíme do proměnné "kolik" */
}
```

Stejně jak u proměnných, doporučuji pojmenovávat funkce podle toho, co dělají.

Z matematiky víme, že výstup funkce závisí pouze na jejím vstupu. Aby to byla pravda, nesmí funkci ovlivňovat žádné jiné faktory. V našem případě to znamená, že návratová hodnota funkce závisí pouze na parametrech, které funkci předáme (toto se samozřejmě netýká funkcí, po kterých chceme například vracet kód uživatelem stisknuté klávesy apod.). Proto by do funkce neměly zasahovat takové věci jako globální proměnná (samozřejmě existují výjimky, kdy vyhnout se použití globální proměnné ve funkci je prakticky nerealizovatelné). A nemáme-li ve funkcích používat globální proměnné , pak není důvod je mít, jak už jsem psal výše.

4.11.1 Rekurzivní funkce

Uvnitř funkce mohu volat jiné funkce. Speciální případ je, když funkce ve svém těle volá sama sebe. Takovéto funkci se pak říká rekurzivní. Rekurzivní funkce se dají využít například pro vše zmíněný výpočet mocniny, faktoriálu, nebo třeba pro setřídění pole podle velikosti (samozřejmě to jde i bez rekurze a možná i lépe). Především na mikroprocesorech je ale třeba si uvědomit, že při zavolání každé funkce se někam do paměti ukládá, odkud ta funkce byla volána, aby se tam program po dokončení

volané funkce mohl vrátit. Budu-li tedy mít funkci, která uvnitř svého těla volá sama sebe, a to celé se mi opakuje 100×, budu mít v paměti uložených 101 návratových adres (100× rekurze + odkud byla funkce poprvé zavolána). To se na PC nějak přežije (a když ji zavolám 100 000 000?), ale na mikroprocesoru s malou pamětí to povede ke kolapsu programu. A takovéto chyby se pak velice obtížně hledají. Proto s rekurzí velice opatrně!

4.12 Knihovny

V okamžiku, kdy mám napsáno několik funkcí, zajišťujících například obsluhu nějaké periferie, je vhodné tyto funkce vyjmout z hlavního zdrojového souboru a vytvořit pro ně soubor vlastní (vhodně pojmenovaný). Takto vytvořeným souborům se říká knihovny, nebo hlavičkové soubory. Zpravidla mívají příponu `.h`. K našemu programu pak takovou knihovnu připojíme pomocí příkazu `#include "/*jméno knihovny*/"` (pozor, za tímto řádkem není středník). Od tohoto okamžiku se můžeme chovat jako by celý obsah přiloženého souboru byl napsán v hlavním zdrojovém souboru.

Výhodou toho je, že takto vytvořenou knihovnu můžeme poté použít ve více programech a nemusíme funkce do každého zvlášť kopírovat. Dále to zvedá přehlednost kódu - je-li dlouhý kód rozdělen po kratších kouscích do více souborů, lépe se čte (tedy pokud je rozdělení smysluplné - každý soubor se kompletně stará o jednu věc).

Standardní knihovny (ty dodávané s překladačem) se připojují pomocí `#include </*jméno knihovny*/>`.

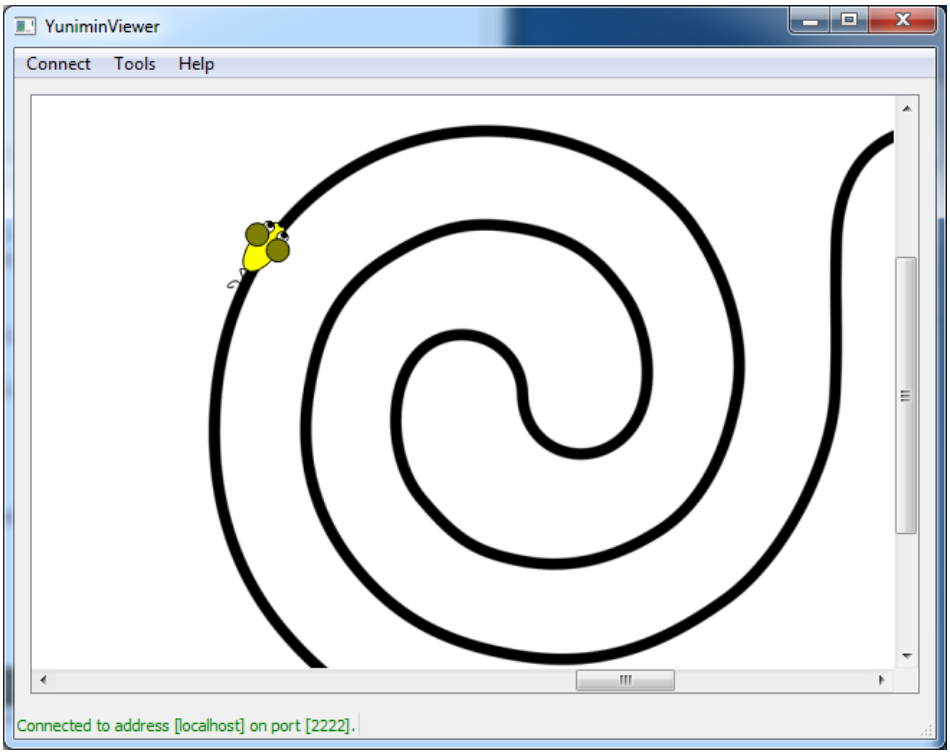
Pro seznam standardních knihoven na PC doporučuji stránky http://cplusplus.com/reference/. Jsou sice anglicky, ale najdete zde kompletní standardní knihovny i s příklady použití (pozor, značná část zde popsaných věcí funguje na PC, ale už ne na mikroprocesorech).

Nejpoužívanější knihovny na mikroprocesorech Atmel:

knihovna	popis
avr/io.h	pojmenování registrů procesoru, první soubor který se připojuje
avr/interrupt.h	obsluha přerušení
math.h	knihovna matematických funkcí; v AVR Studiu 5 nezbytná pro funkci knihovny delay
util/delay.h	knihovna obsahující funkce pro tzv. bussy wait (prostě pro čekání určitý čas)
avrlib	soubor knihoven pro mikroprocesory Atmel napsaný u nás na Robotárně ke stažení http://technika.tasemnice.eu/trac/browser/avrlib

5 Praktická část

V této kapitole si vyzkoušíme rozpohybovat robota. Nejprve si doma zkusíte naprogramovat robota ve virtuálním simulátoru a pak si v rámci T-exkurze pohrajeme s reálným robotem.



Obrázek 3: Ukázka simulátoru v akci

Jako virtuální simulátor využijeme aplikaci, kterou naprogramoval Bedřich Said v rámci svojí práce SOČ. Její název je Simulátor Yunimin (pozn. název vznikl podle našeho nejstaršího výukového robota Yunimin, simulátor je ale univerzální a my ho budeme využívat pro robota Pololu 3pi).

5.1 Jak rozběhnout simulátor

Pro zprovoznění simulátoru budete nejprve potřebovat nainstalovat vývojové prostředí pro Qt framework. Qt framework je soubor knihoven pro multiplatformní vývoj. Umožňuje vám naprogramovat aplikaci, která prakticky bez jakýchkoliv úprav (stačí pouze překompilovat) bude fungovat jak na Windows, tak na Linuxu i na Macu. To je taktéž jeden z důvodů, proč využíváme toto vývojové prostředí. Bohužel momentálně máme problém s jednou částí simulátoru a proto jej lze zatím provozovat jen na Windows.

5.1.1 Instalace prostředí Qt

Stáhněte si vývojové prostředí pro Qt (Qt Creator) ze `stránek výrobce`. Zvolte si vhodnou verzi dle vašeho operačního systému (32/64-bit) a nainstalujte jej. Nejlepší volba pro vás je `Qt 5.6.0 for Windows 32-bit (MinGW 4.9.2)` - cca 1.0 GB. Pokud máte v PC nainstalováno Visual Studio 2013/2015 můžete zkusit verzi VS 2013/2015, ale nemůžeme zaručit, že vše poběží správně.

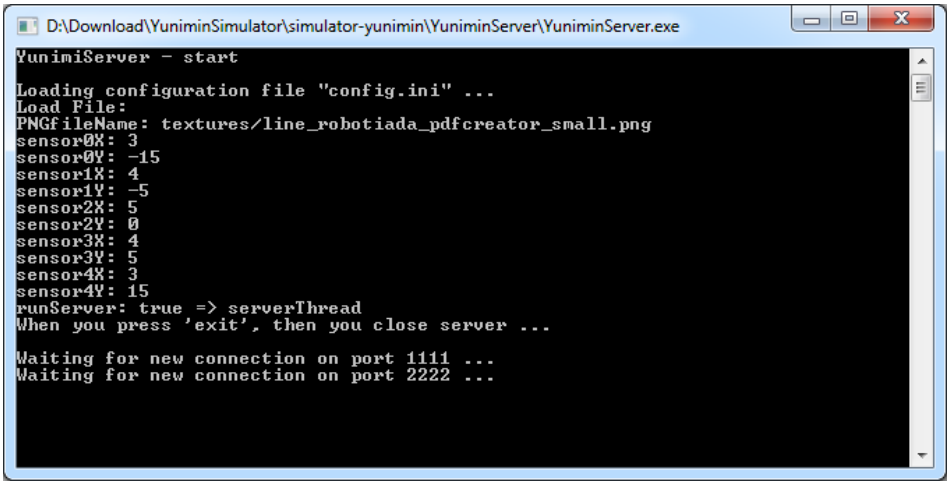
5.1.2 Stažení simulátoru

Po stažení a nainstalování prostředí si musíte stáhnout Simulátor Yunimin. Vyberte nejaktuálnější archiv (při psaní návodu to byl SimulatorYunimin1.0.4.zip). Po stažení archivu jej rozbalte do vašeho pracovního adresáře. (Poznámka: u verze 1.0.3 nastal konflikt s knihovnami Qt 5.6, verze 1.0.4 tento problém řeší)

5.1.3 Spuštění simulátoru

Simulátor se skládá ze tří samostatných aplikací. Základním stavebním kamenem je server, na kterém běží samotná simulace. Vy jako uživatel si můžete průběh simulace prohlížet pomocí vieweru. Server i viewer spustíte jako samostatné .EXE soubory. Pro vás jako uživatele je ale nejdůležitější klient. Ten umožňuje spouštět jednotlivé simulace vašich robotů.

5.1.4 Server - spuštění



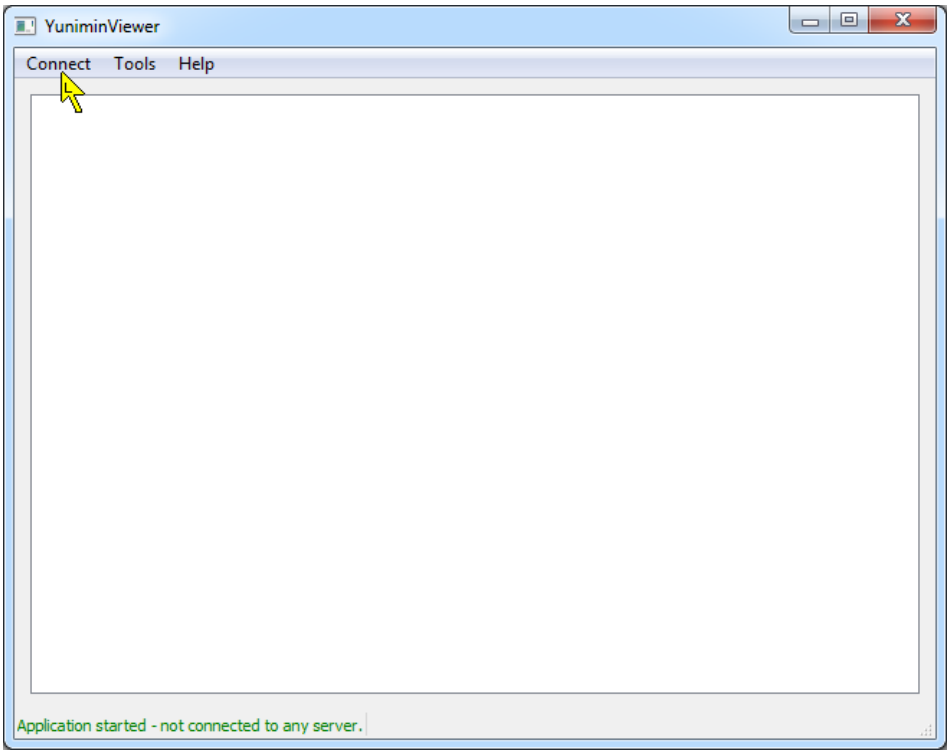
Obrázek 4: Terminál se spuštěným serverem

Pro spuštění serveru otevřete složku `YuniminServer` ve staženém archivu a spusťte soubor `YuniminServer.exe`. Po spuštění by se měl objevit terminál (Command-line interface), na kterém uvidíte informace ze serveru. (Poznámka: je možné, že se vám při spouštění aplikace v systému Window 10 a možná i Windows 8 zobrazí hláška, že se jedná o neznámý program a že nedoporučují jej spouštět. Věřte prosím ale našim aplikacím a rozklikněte si podrobnosti této hlášky, kde se vám následně zobrazí i tlačítko 'Spustit')

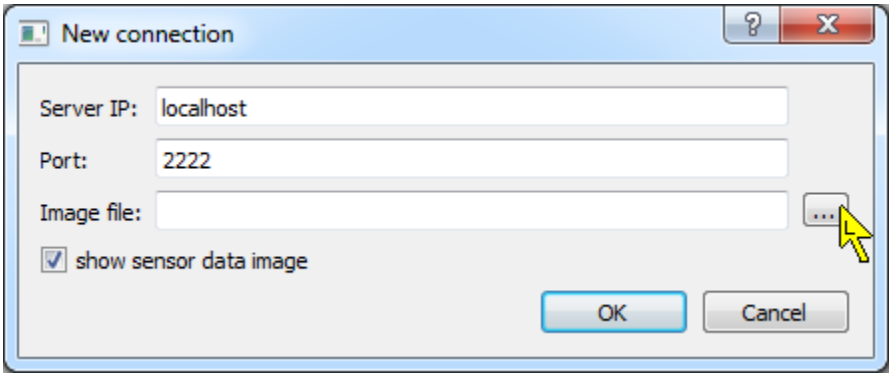
5.1.5 Viever - spuštění

Viewer spustíte podobně jako server. Je potřeba otevřít složku `YuniminViewer` a v ní spustit soubor `YuniminViewer.exe`. Otevře se vám okno zobrazující simulátor.

Po startu programu je ovšem ještě třeba viewer připojit k serveru (tyto dvě aplikace běží zcela nezávisle a například server může běžet na úplně jiném počítači, než viewer nebo klient). To provedeme tak, že si v horní nabídce otevřeme `Connect` a vybereme `Connect to server`. Následně se nám zobrazí okno s nastavením připojení.

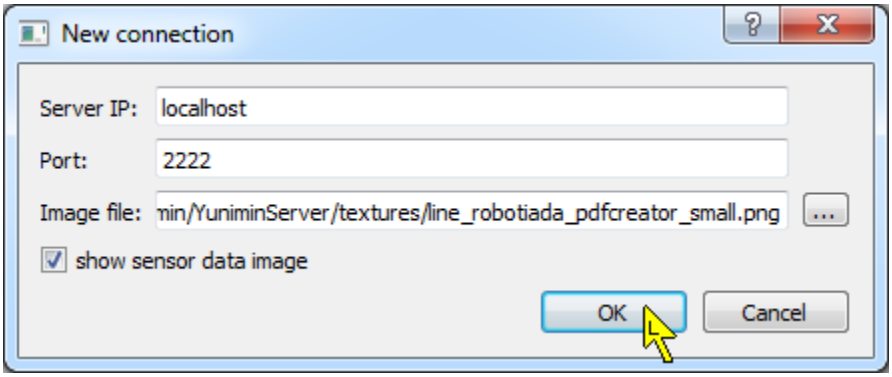


Obrázek 5: YuniminViewer po startu



Obrázek 6: YuniminViewer - okno s nastavením připojení

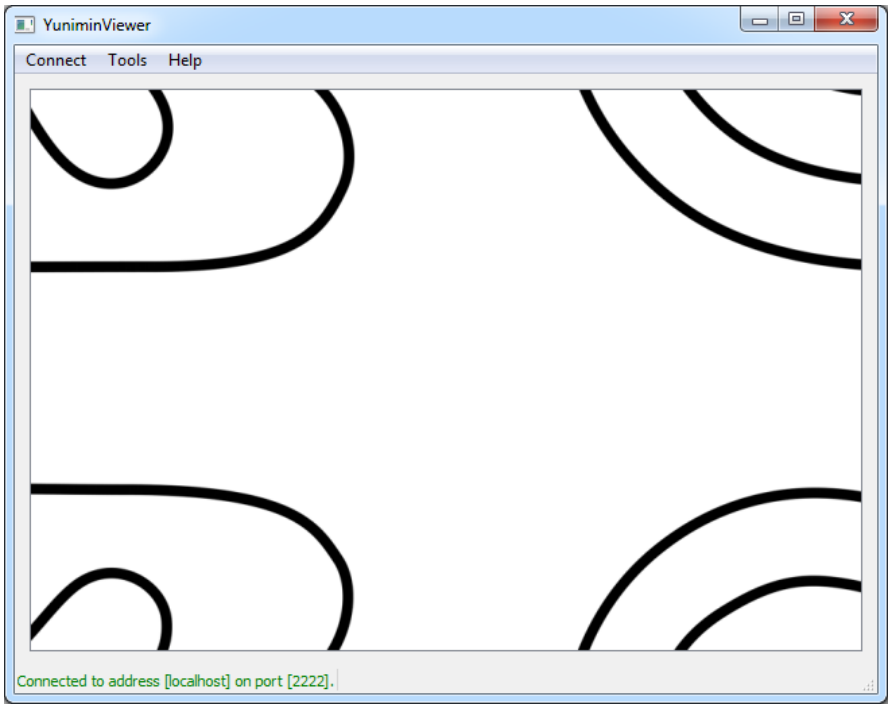
Jelikož nám server běží lokálně na našem počítači (neběží jako veřejný server, ke kterému by se dalo přistupovat přes internet) ponecháme `Server IP` a `Port` tak jak jsou přednastaveny. Pro správné zobrazení ještě potřebujeme načíst `Image file`, který je v serveru nastaven jako podklad a podle kterého nám robot bude vracet hodnoty podkladu pod jeho senzory.



Obrázek 7: YuniminViewer - cesta k souboru s podkladem

Rozklikneme tedy nabídku pro výběr cesty k souboru (`...`) a otevřeme soubor, který je umístěn v `YuniminServer\textures\line_robotiada_pdfcreator_small.png` (jedná se o tréningové hřiště pro jízdu s robotem po čáře) a potvrdíme připojení.

Nyní je již viewer připojen k serveru a zobrazuje aktuální stav simulátoru. Ovšem v simulátoru se teď nic neděje, protože jsme ještě nepřipojili našeho robota.

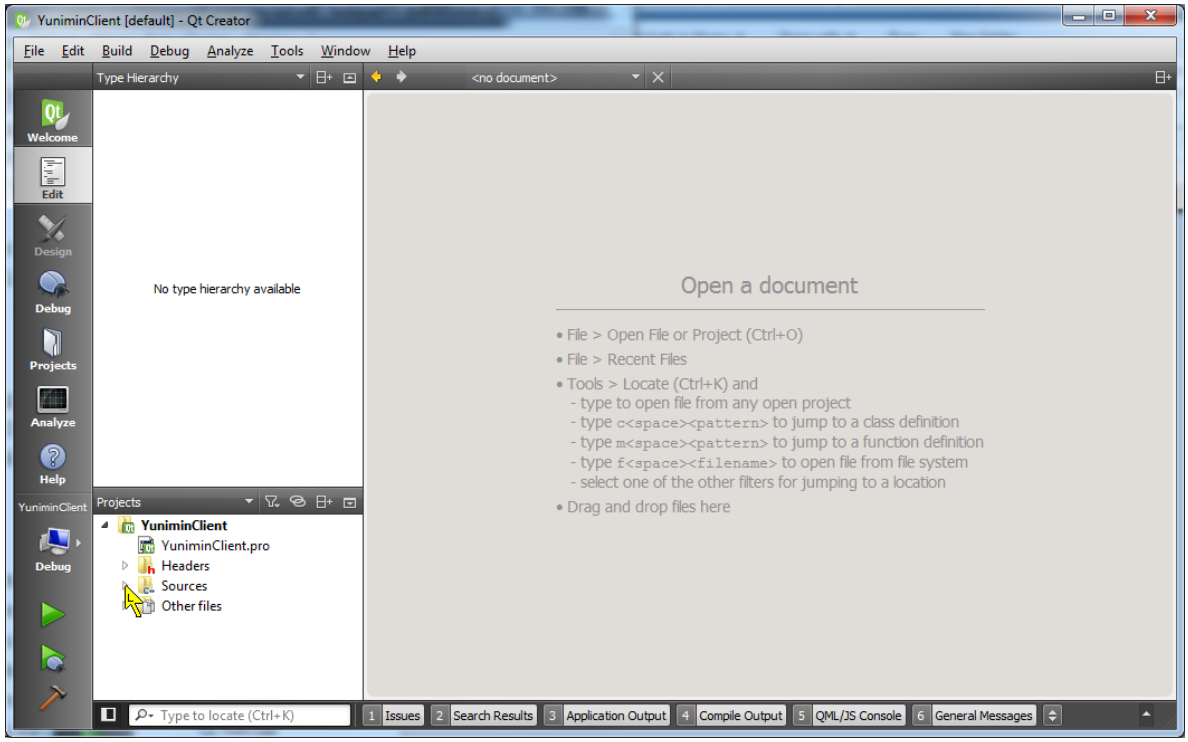


Obrázek 8: YuniminViewer po načtení souboru a připojení k serveru

5.1.6 Client - otevření projektu

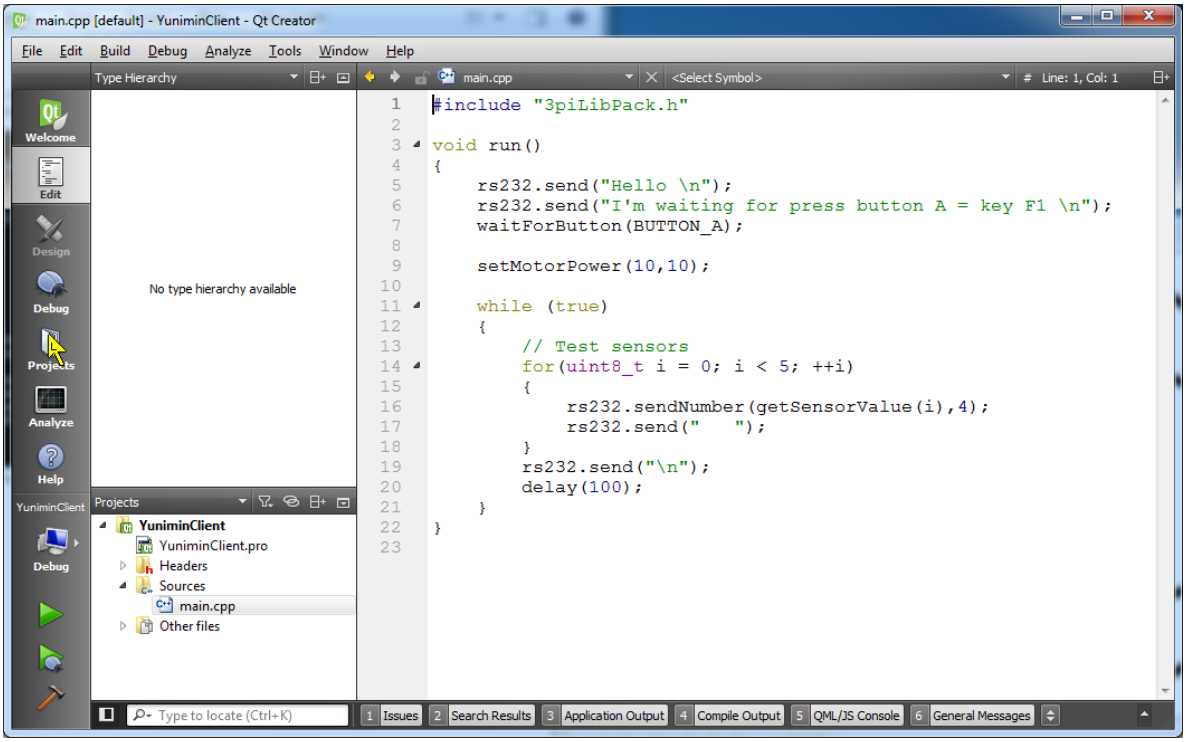
Váš robot bude simulován pomocí klienta. Jeden klient připojený k serveru odpovídá jednomu simulovanému robotovi. Program, který napíšete, bude zkompilován (převeden do spustitelného programu) jako součást klienta. To je důvod, proč jsme si instalovali prostředí Qt, které nám jednoduše program zkompiluje. Qt Creator spustíte tak, že si ve složce `YuniminClient` otevřete soubor `YuniminClient.pro`. Po otevření tohoto souboru by vám měl naběhnout Qt Creator s otevřeným projektem `YuniminClient`.

V projektu rozklikneme složku `Source` a poklepáním otevřeme soubor `main.cpp`.



Obrázek 9: Otevřený Qt Creator s projektem YuniminClient

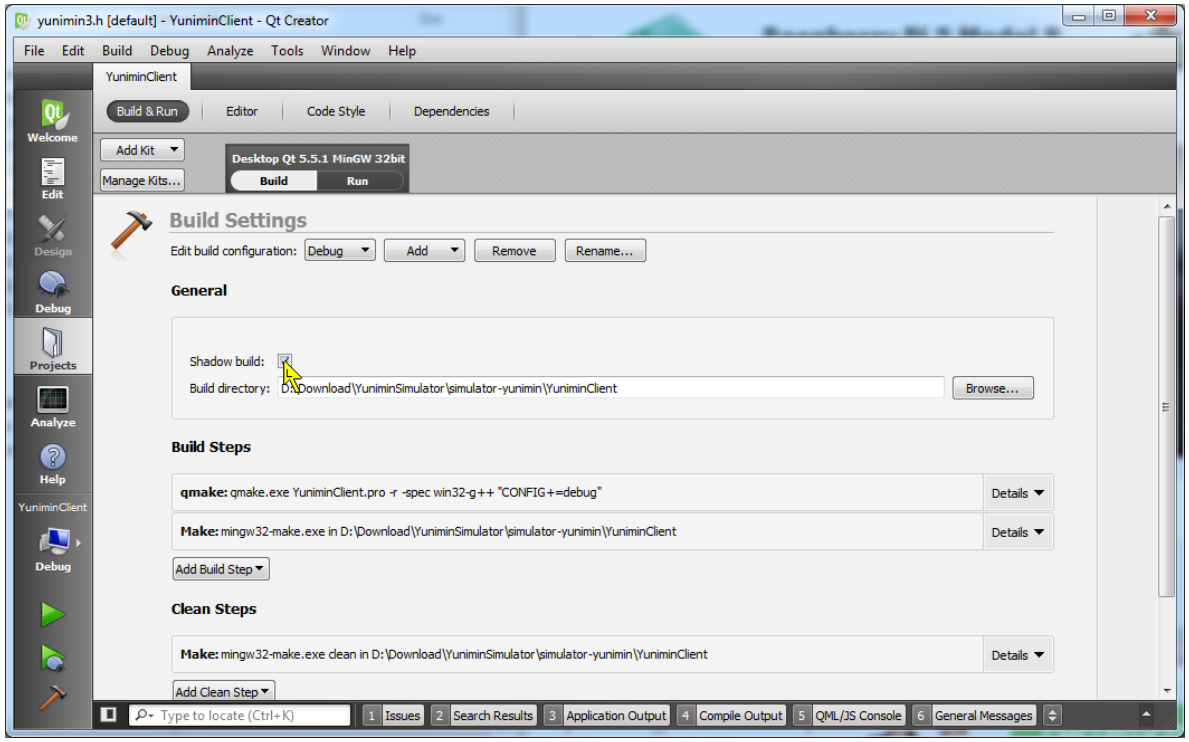
Nyní byste měli vidět zdrojový kód programu pro vašeho robota, s předpřipraveným ukázkovým kódem, předvádějícím práci s komunikační linkou, tlačítky, motory a senzory.



Obrázek 10: Otevřený projektem YuniminClient - main.cpp

5.1.7 Client - nastavení projektu

Za chvíli si tento program zkusíme spustit, ale ještě před tím musíme zkontrolovat nastavení projektu. Proto si otevřeme nabídku `Projects` v levé boční liště (viz žlutá šipka v obrázku 10).

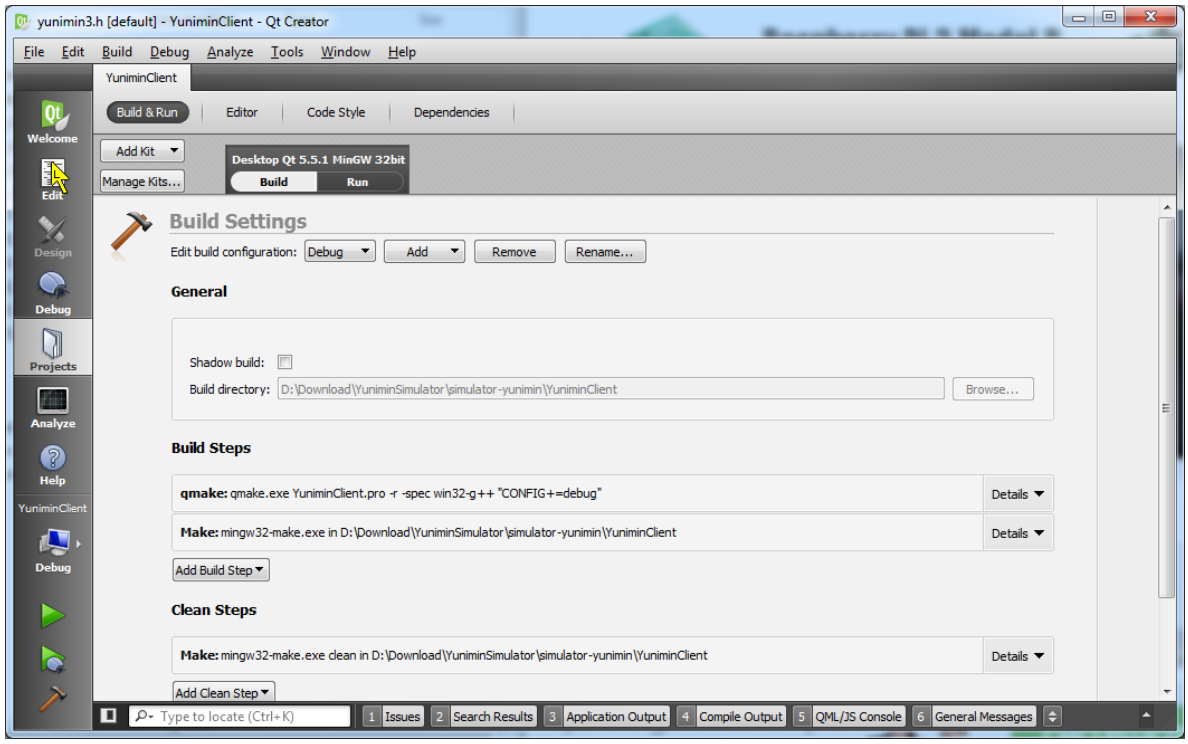


Obrázek 11: Qt Creator - Projekt: deaktivace shadow build

V nabídce `Projects` lze nastavit prakticky vše k danému projektu. Od konfigurace kompilace až po nastavení editoru textu v Qt (jak chcete odsazovat text, jakou barvu mají mít jednotlivé konstrukce jazyka, kolik mezer má představovat jeden tabulátor atd.).

Po otevření nabídky musíte ověřit, zda je deaktivované políčko `Shadow build`, které umožňuje kompilaci/buildování programu mimo adresář se zdrojovým kódem. My ale pro správnou funkčnost klienta potřebujeme zajistit kompilaci/buildování v rámci adresáře se zdrojovým kódem. Pokud je tedy políčko `Shadow build` aktivováno, tak jej kliknutím deaktivujte a nastavení uložte (`CTRL + S`).

Nyní se můžeme vrátit do editoru pomocí ikonky `Edit` v levé boční liště a přejdeme ke spuštění našeho programu/robota.



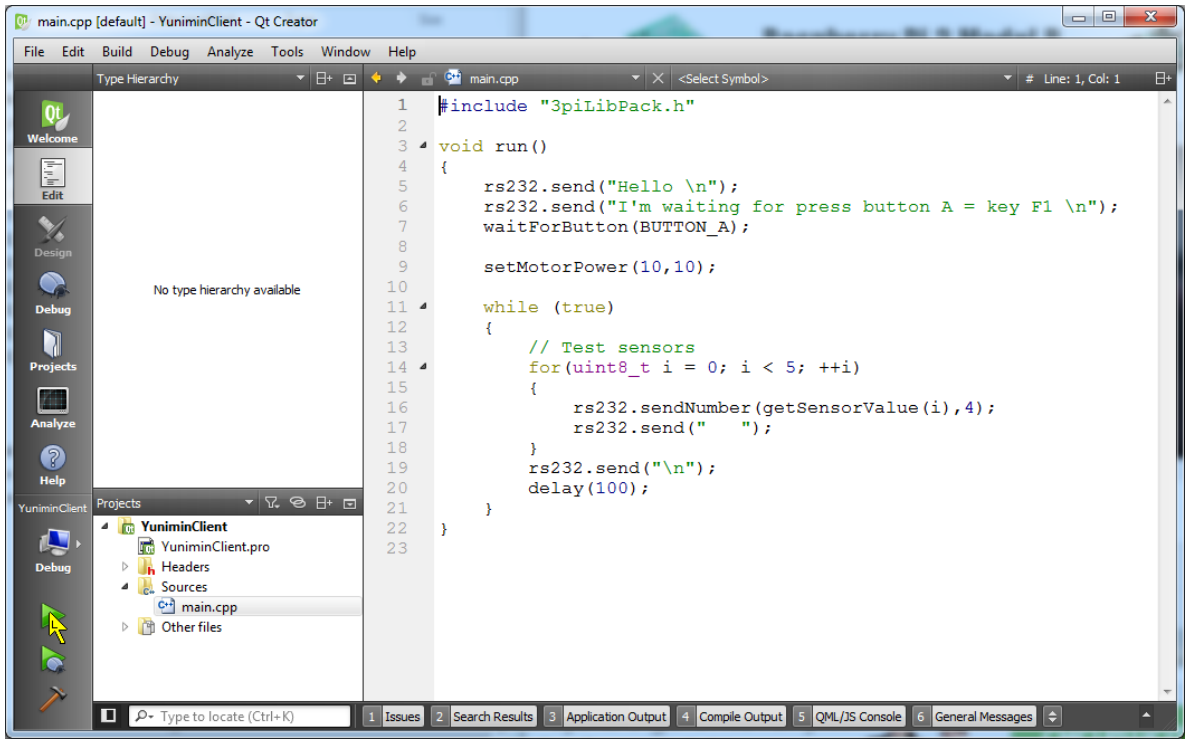
Obrázek 12: Qt Creator - Projekt: návrat do editoru

5.1.8 Client - spuštění programu

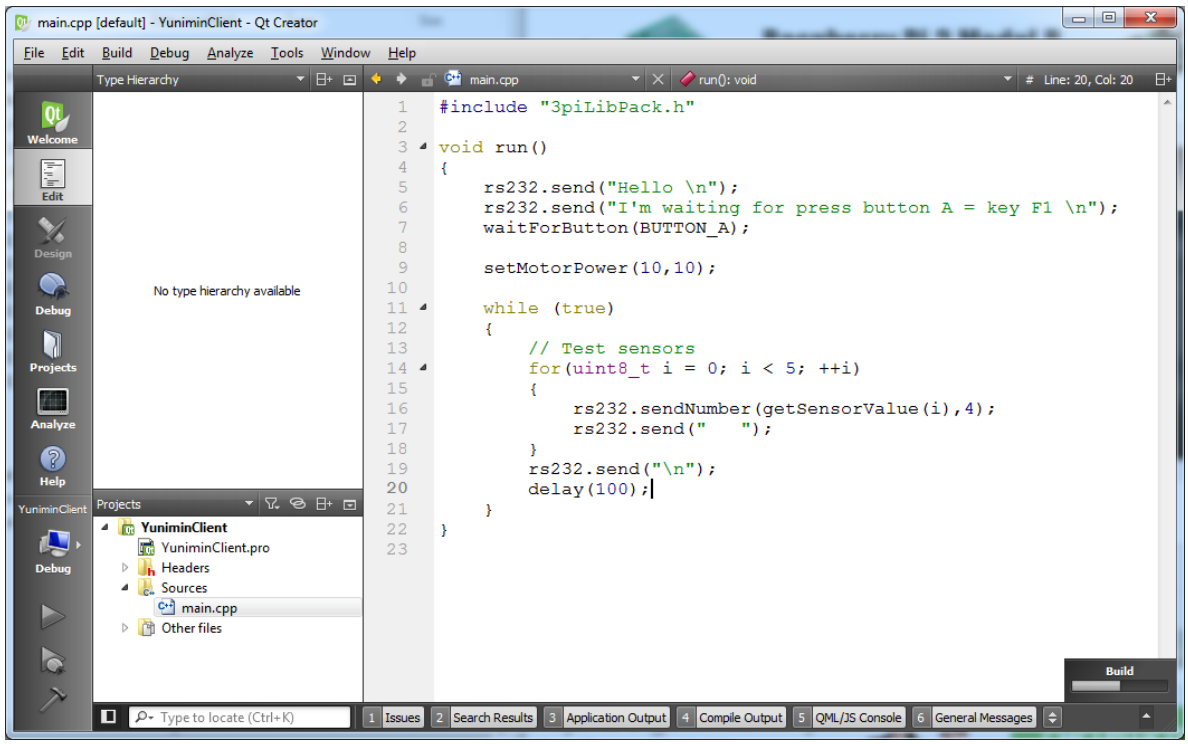
Pro spuštění programu je potřeba kliknout na zelenou šipku v levé boční liště (ta bez brouka :-)), případně můžete použít i klávesovou zkratku `CTRL + R`. Šipka s broukem slouží pro takzvaný debug režim. Díky tomuto režimu lze krokovat program po jednotlivých řádcích a zjišťovat, co se kde děje. Krokování se využívá převážně při hledání chyb, což momentálně není náš případ.

Po zmáčknutí zelené šipky začne probíhat `Build`, což nám indikuje ukazatel v pravém dolním rohu. Pokud proběhne vše v pořádku, tak se ukazatel zaplní zelenou barvou a program se spustí.

Pokud se program nespustil, tak Qt Creator narazil při kompilaci/buildování na chybu, která neumožňuje vytvořit a spustit program. Ve spodní liště by se pak měla otevřít nabídka `Issues` a v ní by měly být vypsány všechny problémy nalezené při kompilaci. V případě, že na podobný problém narazíte, snažte se řešit problémy od prvního k poslednímu a pokaždé, když si myslíte, že jste odstranili alespoň jednu chybu, tak program znovu zkompilujte. Často se totiž stává, že jedna chyba generuje několik `Issues/Errorů`, tudíž po odstranění první chyby mohou zmizet i všechny další.

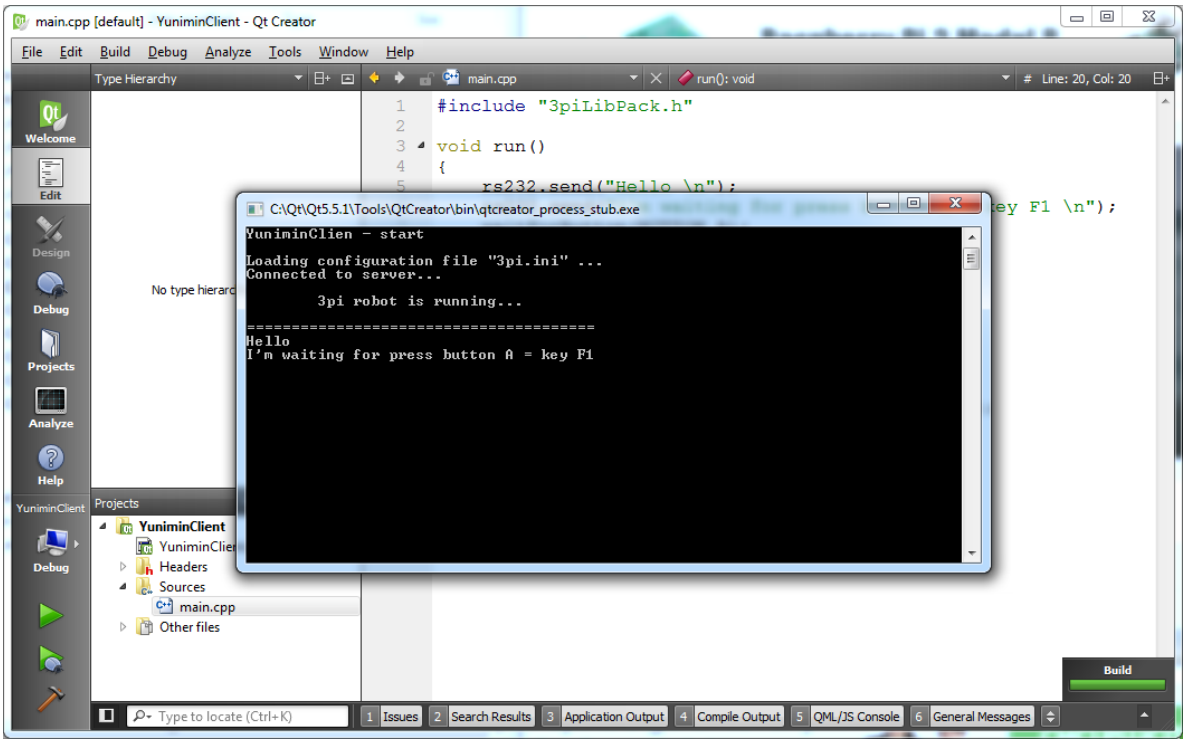


Obrázek 13: Qt Creator - spouštění programu



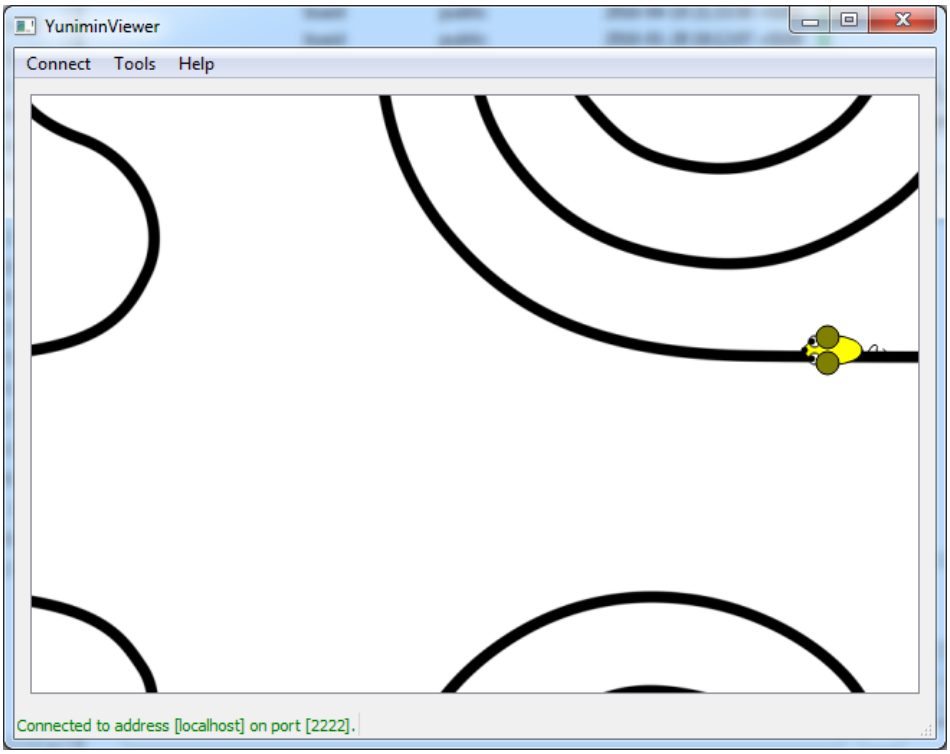
Obrázek 14: Qt Creator - kompilace/buildování programu

Když program naběhne, zobrazí se nám terminál. Pokud vše proběhne v pořádku, měli byste v něm vidět přesně to stejné jako na obrázku 15. Znamená to, že program se spustil, připojil k serveru a již čeká jen na zmáčknuti tlačítka `F1`. Pokud se tak nestane, pravděpodobně není spuštěn server nebo se nepodařilo načíst konfigurační soubor (možná jste vynechali krok s `Shadow build`).



Obrázek 15: Qt Creator - spuštěný program

5.1.9 Viewer - po spuštění programu

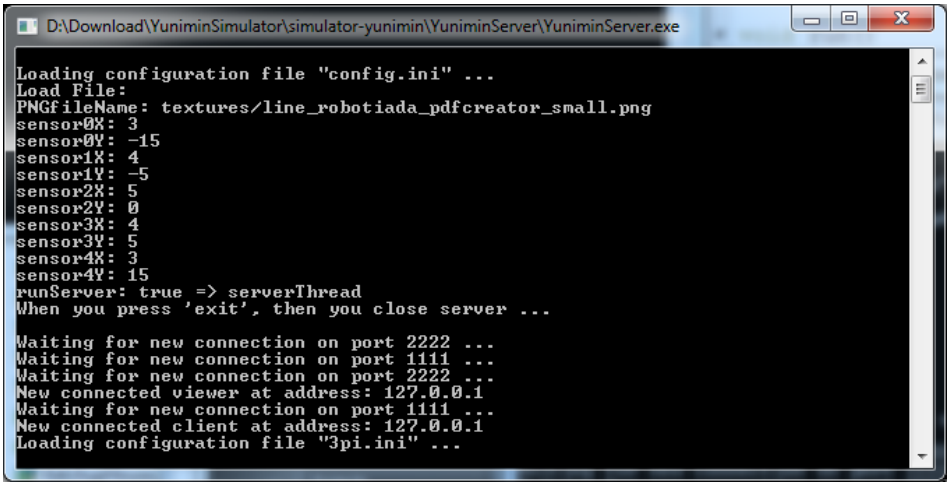


Obrázek 16: Viewer - spuštěný program

Ve vieweru se nyní objevila `myš`, která představuje vašeho robota. Vzhled robota je pevně nastaven a momentálně se nedá změnit.

5.1.10 Server - po spuštění programu

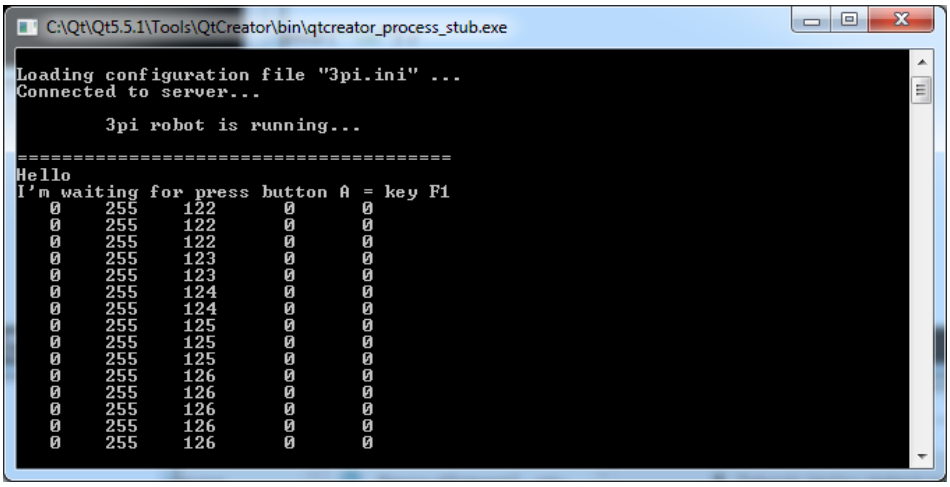
Server by měl zobrazit připojení nového klienta (poslední dva řádky na obrázku 17).



Obrázek 17: Server - připojení nového klienta

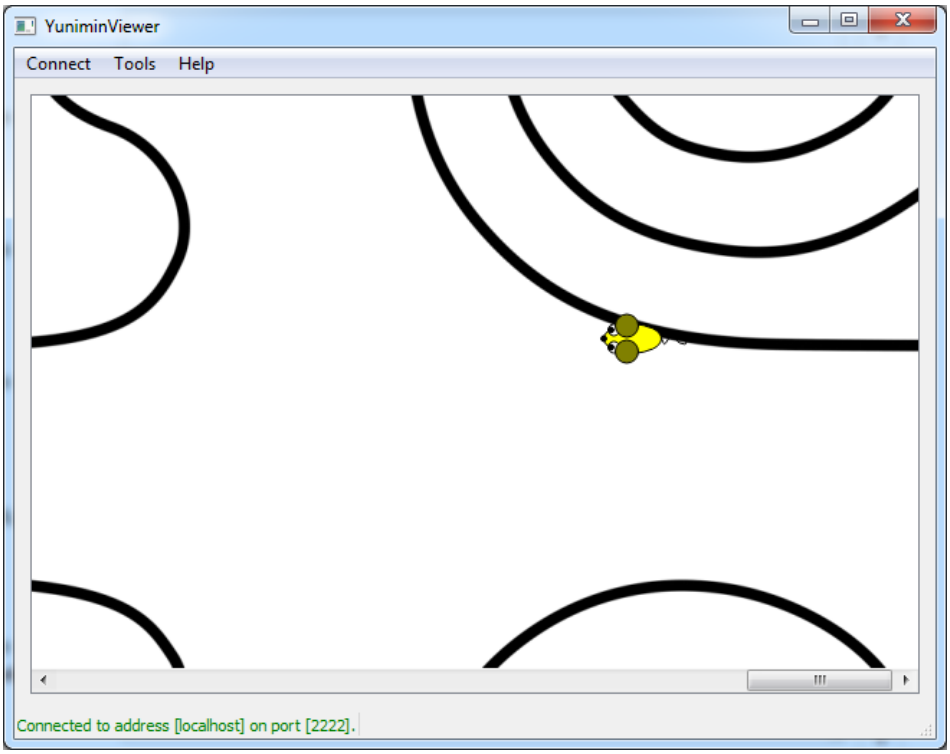
5.1.11 Client - rozjetí robota

Přejděte do terminálového okna klienta a zmáčkněte klávesu `F1` (na reálném robotovi jsou umístěny tlačítka A, B, C - v rámci simulátoru jsou tyto tlačítka namapovány na klávesy `F1` až `F3`). V terminálu se začnou vypisovat aktuální hodnoty ze senzorů (obr. 18). Ve vieweru lze sledovat pohyb tohoto robota (obr. 19). Robot by měl jet pořád doleva.



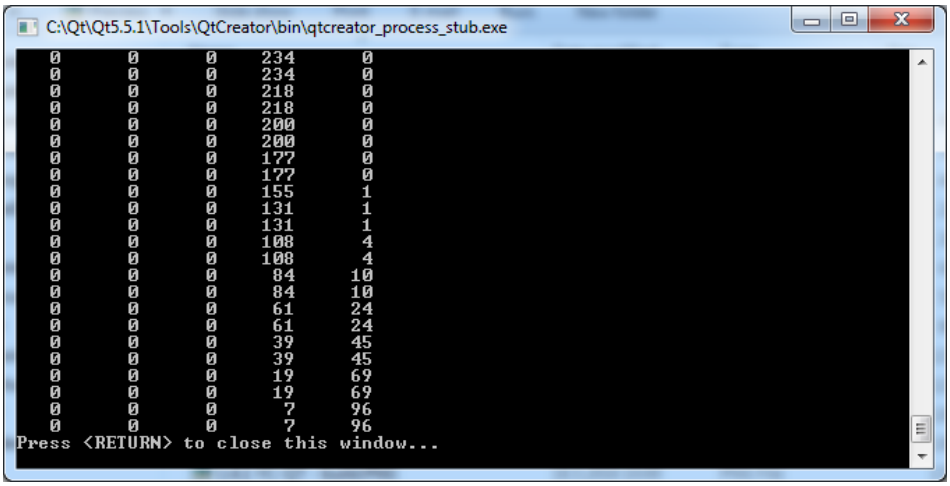
Obrázek 18: Client - program běží

5.1.12 Viewer - běžící program



Obrázek 19: Viewer - program běží

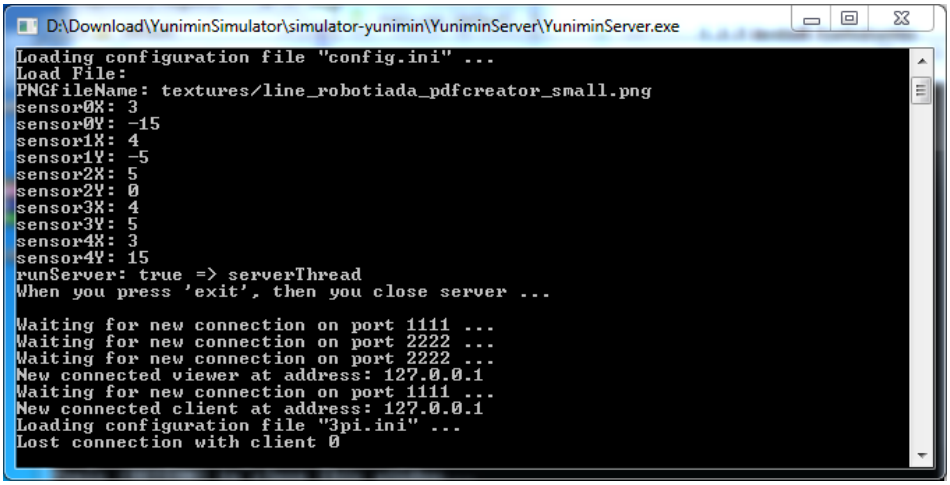
5.1.13 Client - zastavení programu



Obrázek 20: Client - program zastaven

Program robota zastavíte tak, že se přepnete do klientova okna terminálu a zmáčknete klávesovou zkratku `CTRL + C`. Tím se ukončí vykonávání programu (obr. 20), klient se odpojí od serveru (obr. 21) a robot zmizí z vieweru.

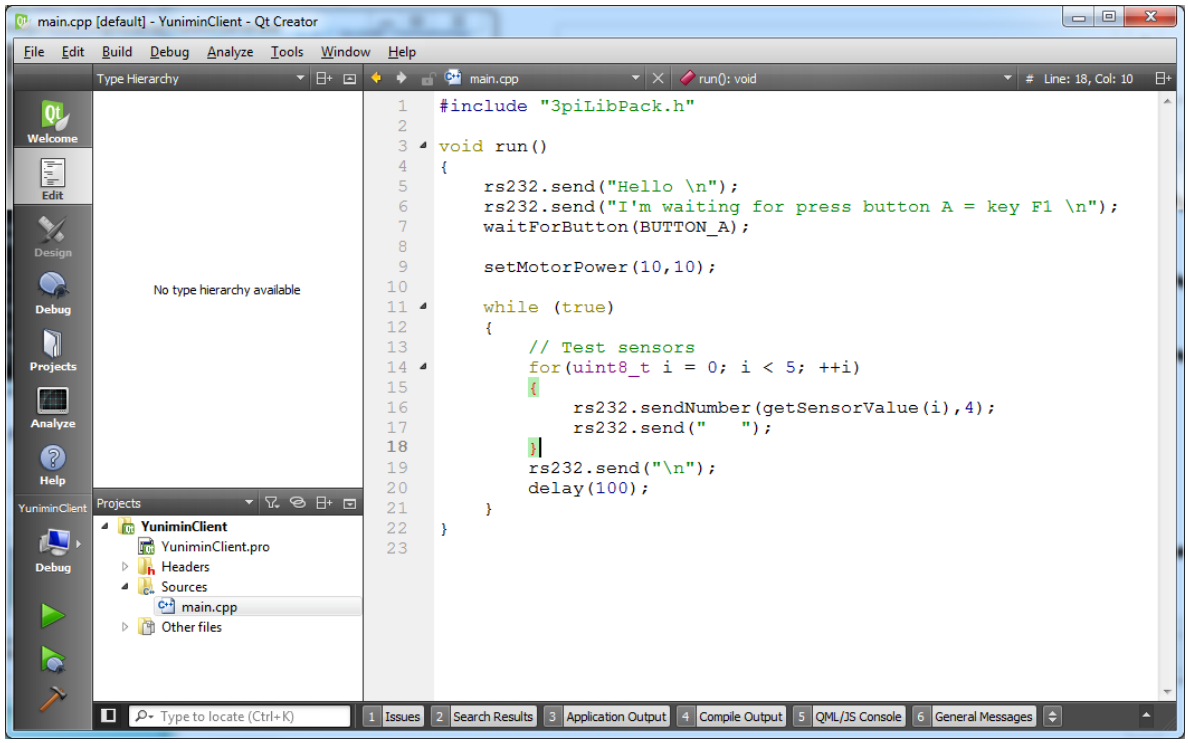
5.1.14 Server - odpojení klienta



Obrázek 21: Server - client odpojen

Pokud budete chtít server vypnout, stačí zadat `exit` a stisknout `Enter` nebo můžete použít klávesovou zkratku `CTRL + C`.

5.1.15 Client - jdeme programovat



Obrázek 22: Qt Creator - můžete začít programovat

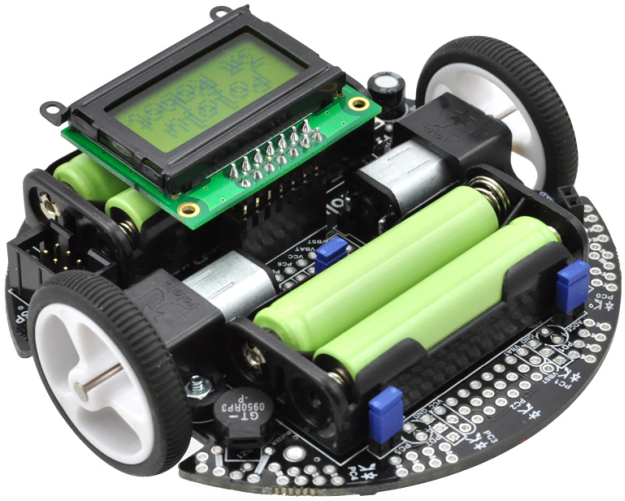
Nyní již víte, jak obsluhovat simulátor a můžete tedy začít programovat robota.

5.2 Jak programovat robota

V rámci T-exkurze budeme pracovat s robotem Pololu 3pi. Simulátor je proto nastaven tak, aby se chování virtuálního robota co nejvíce podobalo reálnému.

5.2.1 Popis robota Pololu 3pi

Robot Pololu 3pi je robot určen na rychlou jízdu po čáře. Zároveň je ale udělán tak, aby s ním mohl začít i nováček v oblasti programování mikrokontrolérů.



Obrázek 23: Robot Pololu 3pi

Jak již název napovídá, robot bude mít co dočinění s $3 \cdot \pi$. Jeho průměr je totiž roven $3 \cdot \pi$ (cca 9,5 cm). Robot je vybaven mikrokontrolérem Atmel ATmega328P, 5 senzory odrazivosti pro snímání podkladu, 3 tlačítky, 2 motory, displejem a bzučákem.

V simulátoru lze využít většinu součásti robota až na displej a bzučák, které zatím nejsou v simulátoru implementovány.

5.2.2 Programování robota

Pro robota Pololu 3pi nachystal Vojta Boček knihovnu, která usnadňuje jeho programování. Knihovna obsahuje prakticky vše, co robot může dělat. Dokumentaci knihovny naleznete na jeho webových stránkách: https://github.com/Tasssadar/3piLib/wiki.

Jak již ale bylo řečeno, simulátor nepodporuje displej a bzučák, takže tyto komponenty nelze v simulátoru využít.

5.2.3 Jak začít

Na začátek bude nejlepší upravit si zdrojový soubor `main.cpp` v klientovi tak, že odstraníte vše uvnitř funkce `void run()` a budete si postupně zkoušet jednotlivé funkce.

Zkuste si rozjet robota tak, aby jezdil do kruhu, pak můžete zkusit s robotem jezdit ve spirále, objet obdélník, trojúhelník, měnit velikost jednotlivých stran a podobně (zkuste použít i složitější konstrukce jazyka C++ jako podmínka a cyklus).

Pro inspiraci přidáváme odkaz na ukázku jednoduchých programů (možná bude třeba pro simulátor doladit časové konstanty - `delay()` v ukázkových programech): http://robotikabrno.cz/robotika-brno/navody/robot-pololu-3pi.

5.3 Zadání úkolu

Až si projdete jednotlivé funkce a vyzkoušíte si, co vše s robotem lze dělat, můžete přejít na řešení úkolu (není to tedy úplně podmínkou, lze úkol vyřešit i bez vyzkoušení si simulátoru, ale chtěli bychom, aby jste si vyzkoušeli s robotem pracovat již doma a pak abychom již v rámci samotné T-exkurze mohli přejít ke složitějším věcem).

Vaším úkolem bude navrhnout program (algoritmus), díky kterému bude robot jezdit po čáře. Chceme jen základní program nebo popis algoritmu. Snažte se navrhnout řešení v podobě funkce, která bude mít na vstupu jako proměnné hodnoty ze senzorů `S1` až `S5` (pro zjednodušení lze vynechat prostřední senzor) a na výstupu bude `error`, který následně budete přičítat nebo odčítat k jednotlivým motorům. Pokuste se vyhnout složitým konstrukcím s hromadou podmínek, které by řešili jednotlivé stavy, ale využijte výhodu funkce, která může snadněji řešit všechny stavy.

Vaše řešení odevzdejte do 6. listopadu do informačního systému JCMM. Program odevzdávejte ve formě textového souboru, tak aby se dal jednoduše otestovat v simulátoru. Pokud budete odevzdávat slovní popis algoritmu, převeďte jej do PDF (vyhněte se odevzdávání Wordových dokumentů). Na závěr prosím do poznámky uveďte, zda by vám více vyhovoval čtvrteční (24. 11. 2016) nebo páteční (25. 11. 2016) termín T-exkurze. Výsledky budou k dispozici do 5 dnů po 6. listopadu.

Pokud byste měli jakýkoliv problém nebo dotaz, nebojte se na nás obrátit. Rádi vám pomůžeme. Můžete nám napsat na robotarna@robotikabrno.cz nebo volejte na +420 603 366 463.

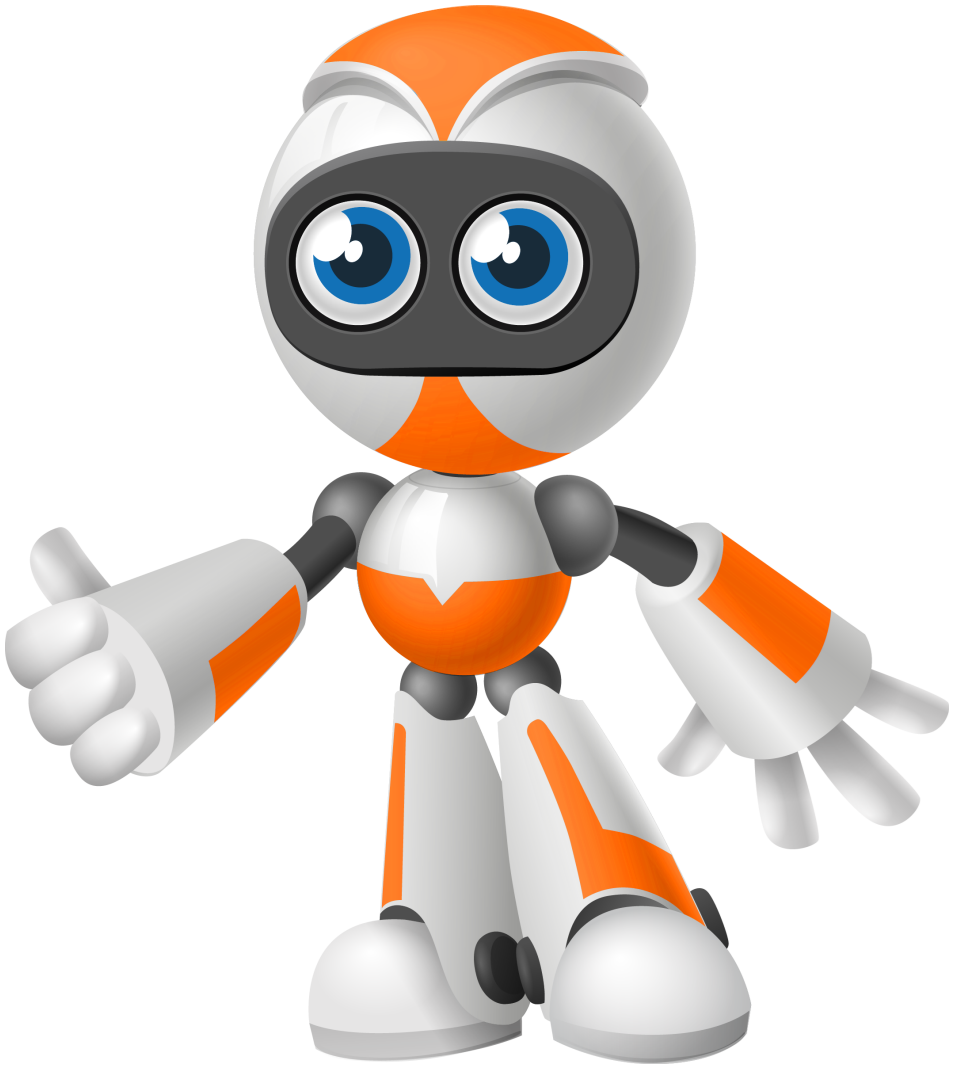
Doufáme, že se vám praktická část bude líbit a již se těšíme, až se s vámi osobně potkáme.

6 Pozvánka na naše další akce

Pokud byste si chtěli robotické a programátorské znalosti dále rozšiřovat, tak se podívejte na naše další aktivity níže nebo nás sledujte na FB stránce RobotikaBrno.

Kurzy na Robotárně
(Programování mikroprocesorů na Arduinu, programování pro PC, 3D modelování, elektronika, LEGO Mindstorms EV3, Základy programování pro Android, . . .)
http://robotikabrno.cz/robotarna/krouzky

Robotický tábor 2017 - Soustředění robotiků aneb pojďme si hrát s Arduinem
sobota 8. 7. – sobota 15. 7. 2017
http://robotikabrno.cz/robotarna/tabory/



Obrázek 24: Robotárna - humanoid