



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

---

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní



# TÝMOVÁ SPOLUPRÁCE PŘI VÝVOJI SAMOČINNÉHO ROBOTA A JEHO OVLÁDÁNÍ

---

Případová studie

Jaromír Škuta

Jiří Kulháněk

Ostrava 2012



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0147 „Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu“.

Název: Týmová spolupráce při vývoji samočinného robota a jeho ovládání

<Autor/Autoři>: Jaromír Škuta, Jiří Kulhánek, a kol.

Vydání: první, 2012

Počet stran: 41

Náklad: 5



EVROPSKÁ UNIE

esf

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

VYSOKÁ ŠKOLA  
BÁŇSKÁ –  
TECHNICKÁ UNIVERZITA  
OSTRAVA

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Tyto případová studie vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.**



*Název:* Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu

*Číslo:* CZ.1.07/2.3.00/09.0147

*Realizace:* Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Jaromír Škuta, Jiří Kulhánek, a kol.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

# 1 ÚVOD

Případová studie na téma „Týmová spolupráce při vývoji samočinného robota a jeho ovládání“ vznikla v rámci projektu Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu. Popisované téma vzniklo postupně z dílčích částí řešených Bakalářských a diplomových prací a následné nasazení ve výuce v předmětech Mikroelektronická měření a Speciální programovací techniky na fakultě strojní, katedře 352 (automatické systémy řízení) VŠB-TU. Tato studie popisuje zkušenosti nabyté při řešení témat, využívajících týmovou spolupráci lidí řešících společně jeden cíl projektu.

Vedoucím řešitelského týmu je pedagogický pracovník garantující funkčnost výsledků celého řešeného projektu. Obsah studie je vytvořen na základě osnovy případové studie, která by měla dle literatury obsahovat části, jako jsou „Definování cílů případové studie“, „Úvodní průzkum“ ... až po reakci pilotní skupiny studentů.

Tato práce by měla být návodem pro případné zájemce, kteří se chtějí poučit a seznámit s řešením a se základy týmové spolupráce resp. s praktickým řešením týmové spolupráce.

## 2 POPIS ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A URČENÍ POČTU OSOB V TÝMU

Přesná specifikace zadání je velmi důležitou částí celého řešení. Zde je třeba přesně specifikovat cíl řešení a rámcově specifikovat dílčí úkoly, rozdělit funkčnost celé aplikace. Na začátku by měla být specifikace úkolu jednoznačná a adresná na určité členy týmu, ale v průběhu řešení může dojít k překrývání kompetencí jednotlivých řešitelů podle potřeby řešení zadání. V této části řešení je třeba, aby všichni řešitelé týmu měli obecné znalosti o řešené problematice a v ideálním stavu by bylo, aby vybraní jedinci řešitelského týmu měli podrobnější znalosti ve vybraných odbornostech, aby se eliminovala možnost výběru špatného směru řešení.



**Čas ke studiu:** 2 -5 hodin (podle obtížnosti zadání)

Cílem řešení týmové spolupráce je vytvoření mobilního systému, který lze ovládat pomocí PC. Tento systém bude obsahovat vizuální zpětnou vazbu s využitím kamery. Dále na vytvořeném systému bude potřebné monitorovat technologické data jako je (napájení baterie, náklon plošiny – statické zrychlení, teploty, ...). Jedním z požadavků zadání je možnost jednoduchého ovládání, například pomocí myši, tlačítek, gamepadu.

Toto zadání lze rozdělit do několika částí. Vyučující jako koordinátor týmů specifikuje tyto dílčí části a definuje jasné rozhraní mezi jednotlivými subsystemy. S ohledem na schopnosti jednotlivých členů musí hlavní koordinátor rozdělit dílčí úkoly.

Řešení lze rozdělit do těchto částí:

- Systémový návrh celé úlohy
- Návrh a stavba mobilního systému
- Tvorba aplikace pro monitorovací aplikaci
- Tvorba aplikace pro řídicí systém na mobilním zařízení
  - Specifikace a umístění vybraných senzorů
  - Vlastní algoritmus aplikace
  - Komunikační rozhraní (SPI, I2C, RS 232)
  - Ovládání pohonů mobilního systémů
  - Ovládání pohonů ramene
- Tvorba softwarového rozhraní uživatelského ovládání
  - Specifikace a popis softwarových technologií
  - Specifikace a popis použitého HW
  - Tvorba SW komponenty propojující HW ovladače s řídicím systémem mobilního zařízení.

Systemový návrh by měl provádět nejzkušenější člen týmu, samozřejmě s využitím znalostí a pomoci specialistů na vybrané problematiku. Řešení dalších okruhů by měl provádět již člověk, který má nějaké zkušenosti v řešené problematice nebo je v této problematice specialistou.

Této části zadání se musí věnovat dostatek času, který se zúročí až v celkovém řešení zadané úlohy.

### 3 ČLENOVÉ ŘEŠITELSKÉHO TÝMU

#### *Projektant*

Tento člen týmu vytváří hlavní návrh řešeného problému a provádí základní rozdělení řešení na dílčí úlohy, které pak řeší ostatní členové týmu.

#### *Mechanik*

Člen týmu, který zajišťuje podrobné návrhy a realizaci mechanických částí potřebných pro řešení zadaného problému (projektu).

#### *Elektronik*

Tento člen týmu provádí návrhy elektronických obvodů potřebných pro realizaci zadání.

#### *Programátor*

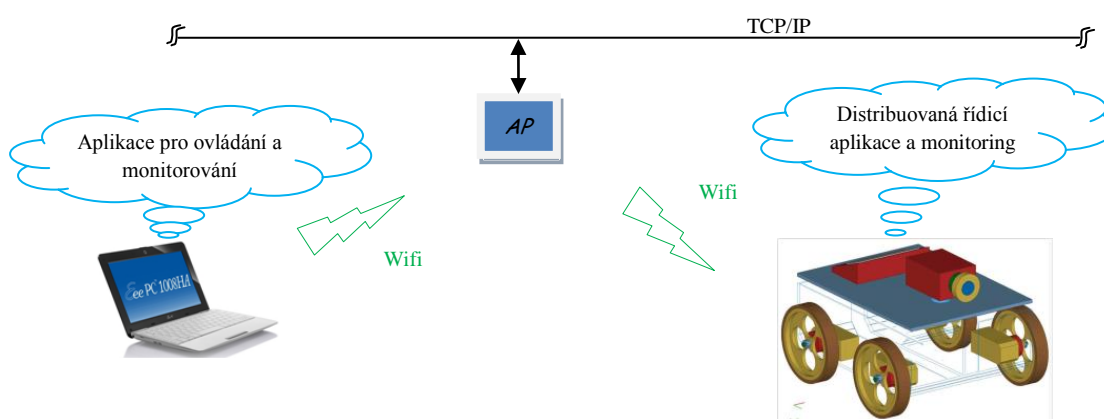
Programátor vytváří pomocí softwarových nástrojů algoritmy pro řídicí a monitorovací aplikace řídicích systémů využívaných při řešení projektů.

## 4 SYSTÉMOVÝ NÁVRH CELÉ ÚLOHY



**Čas ke studiu:** 5 hodin

Jak již bylo specifikováno v zadání požadavkem je vytvořit mobilní systém, který umožní manipulaci s věcmi. Zpětná vazba bude realizována Web kamerou. Tento systém bude osazen snímači, umožňující snímat například teplotu systému, teplotu baterii, statické zrychlení (náklon) ve dvou osách s využitím MEMs systémů (akcelerometru), délku ujeté vzdálenosti, napětí na baterii atd.



*Obr. 1 Systémový návrh úlohy*

Na obr. 1 je znázorněn systémový návrh celé úlohy. Z tohoto návrhu je již patrná přenosová cesta z mobilního pracoviště na monitorovací a konfigurační pracoviště a zpět. Touto cestou je v základním návrhu bezdrátový přenos s využitím Wifi sítě a AP umístěného v infrastruktuře školní (univerzitní) sítě. Tuto přenosovou cestu lze využít také pro vytvoření virtuálního COM portu na straně monitorovací aplikace pro posílání příkazů pro distribuovaný systém na straně mobilního pracoviště.

Na straně monitorovacího pracoviště bude vytvořena aplikace ve SCADA/MMI systému např. Control Web. V této aplikaci bude také zobrazen stav aktuální scény z mobilního pracoviště (Web kamera). Dále je zapotřebí vytvořit návrh distribuovaného systému řízení pro mobilní pracoviště.

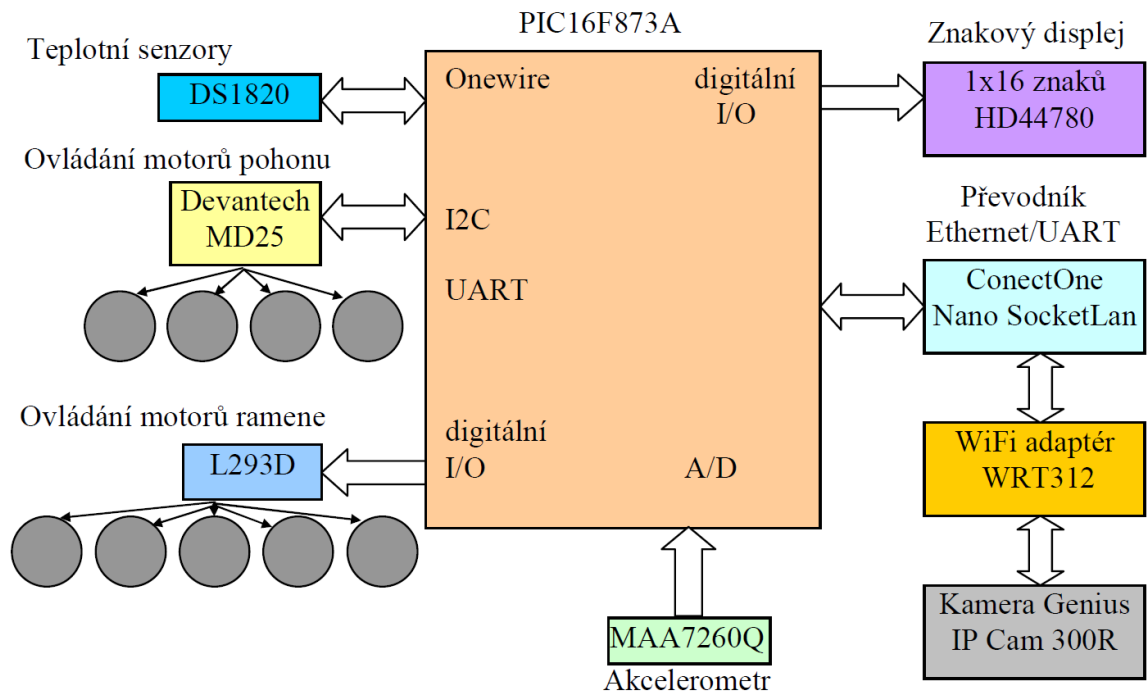
### **Distribuované pracoviště**



**Čas ke studiu:** 5 hodin

Základem celého distribuovaného systému bude jednočipový počítač řady PIC. Tento mikrokontrolér by měl vykonávat všechny příkazy zasláné z nadřazené úlohy (konfiguračního a monitorovacího pracoviště). Jádro tohoto systému, jednočipový počítač, musí obsahovat s pohledu navržených modulů rozhraní I2C pro možnost komunikace s řídicí jednotkou

MD25, což je samostatný modul komunikující nejen po I2C. Tento modul umožňuje ovládání dvou motorů. Na desce tohoto modulu jsou umístěny i výkonové můstky a vyhodnocovací obvody určené k odměřování ujeté vzdálenosti pomocí halových sond umístěných na pohonech. Jednočipový počítač bude sloužit jako most pro předání informací o aktuální ujeté vzdálenosti mobilního pracoviště nadřazené úrovni a pro ovládací příkazy posílané z nadřazené úrovně na výkonnou jednotku.



Obr. 2 Blokové schéma distribuovaného (mobilního) pracoviště

Pomocí diskretní I/O brány se budou ovládat pohonné jednotky manipulačního ramene. Ty by měly umožňovat polohování koncového bodu ramene v prostoru. Samozřejmě bude nutno provést výkonové přizpůsobení signálů.

Pro měření náklonu bude využit akcelerometr s analogovým výstupem měřící mimo jiné i statické zrychlení, proto je za potřebí aby jednočipový počítač obsahoval analogový vstup a nebylo zapotřebí rozšiřovat celý systém o externí A/D převodníky.

Systém je osazen i LCD displejem, který bude ovládán z jednočipového počítače pomocí diskretních I/O vstupů.

Příkazy se budou posílat pomocí sériové linky RS-232. Na straně distribuovaného systému řízení se bude muset tato přenosová cesta zapouzdřit do TCP/IP. To umožní převodník sériové komunikace a Wifi adaptér, který bude také přenášet přes TCP/IP aktuální obraz z mobilního systému.



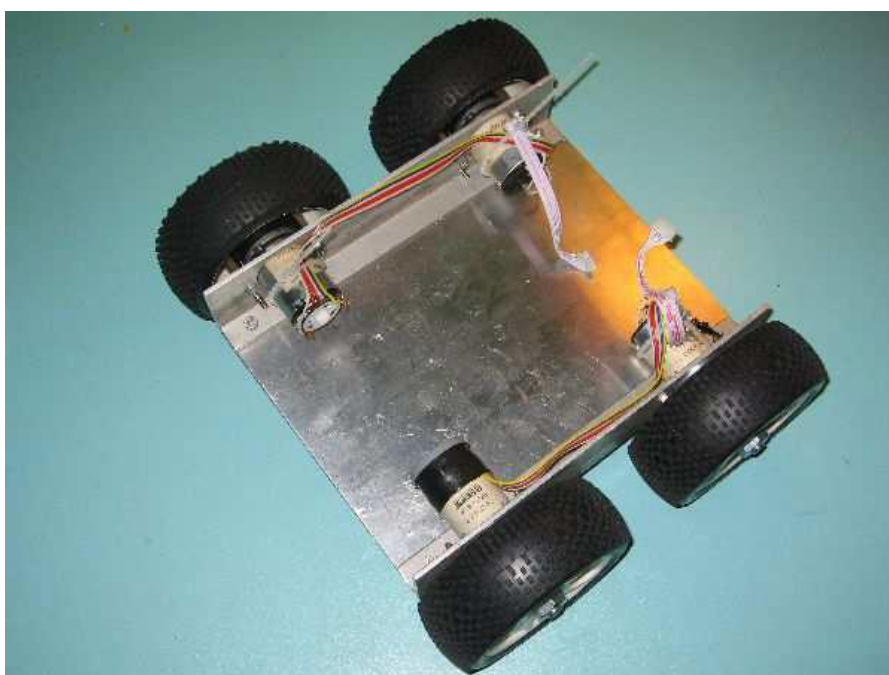
## 5 NÁVRH A STAVBA MOBILNÍHO SYSTÉMU



**Čas ke studiu:** 30 hodin

Návrh a realizaci konstrukce mobilního pracoviště provede projektant ve spolupráci s mechanikem týmu. Konstrukce modelu byla přizpůsobena především rozměrům použitých motorů a napájecích akumulátorů. Zde musel člen týmu, zabývající se návrhem systému, komunikovat s členem, který se zabýval pohonnými jednotkami celého systému a modifikovat návrh s použitými pohony. Celá konstrukce byla vyhotovena z hliníku. Snahou bylo také využít volný prostor vhodným umístěním osazovaných desek k chlazení výkonových součástí. To musel návrhovač koordinovat s členem týmu, který řešil návrh řídicích systémů pro daný mobilní systém.

Činnost motorů použitých k pohonu byla nejprve prověřena na testovacím podvozku vyrobeném ze zbytků hliníkových profilů. Bylo zapotřebí především ověřit chování modelu při zatáčení, kdy jdou nápravy do smyku a také chování modelu při zatížení použitými akumulátory. Bylo zjištěno, že podle předpokladu je vhodné umístit nápravy co nejbližší k sobě.



*Obr. 3 Testovací podvozek mobilního systému*

Díly pro podvozek byly vyrobeny z hliníkových profilů podle předem připravených výkresů nakreslených v programu VariCad. Vzhledem k obtížné svařitelnosti hliníku, jsou k sobě všechny díly upevněny šrouby. Použité rotační součásti byly vyrobeny na soustruhu. Boční stěny podvozku byly vyrobeny z profilu L. Vzhledem k tomu, že jsou k nim připevněné motory a nesou vlastně celou hmotnost modelu, byl použit rozměr L60x20x5. Na tuhosti těchto dílů závisí pevnost celého modelu [H. MAREK 2010].



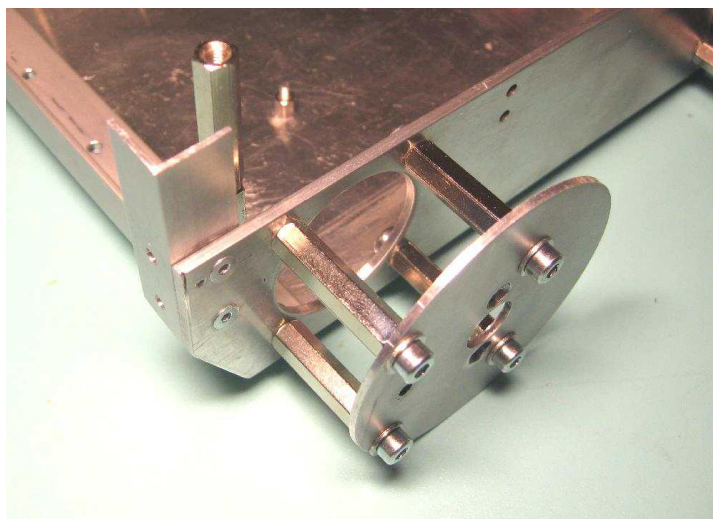
*Obr. 4 Upevnění motorů [H. MAREK 2010]*

Konstrukce celého podvozku má tvar vany. Použité pohonné jednotky jsou umístěny tak, že obvod kola přesahuje přední část podvozku a umožňuje modelu překonat i poměrně velké překážky. Obě strany podvozku jsou spojeny čtyřmi profily L 10x15x1. Ke spodnímu plechu jsou připevněny výkonové součástky ovládání motorů a zdroje [H. MAREK 2010].



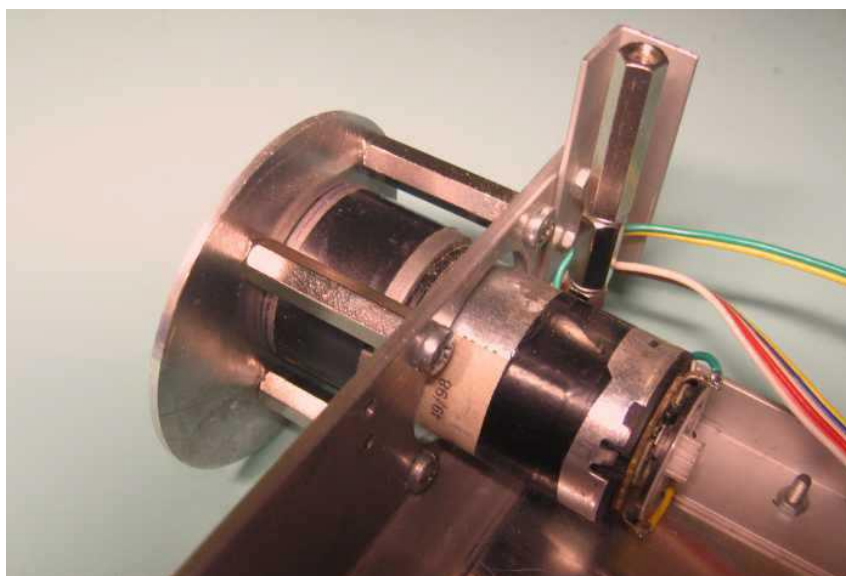
*Obr. 5 Kompletní podvozek bez pohonných jednotek [H. MAREK 2010]*

Pro připevnění pohonné jednotky k podvozku byla zvolena montáž pomocí distančních sloupků. Toto řešení umožňuje nastavení žádané vzdálenosti pneumatiky kola od podvozku. Protože jsou jednotlivé sloupky uspořádány přesně do čtverce, lze snadno na modelu pootočením celé jednotky změnit světlost modelu, případně rozvor náprav [H. MAREK 2010].

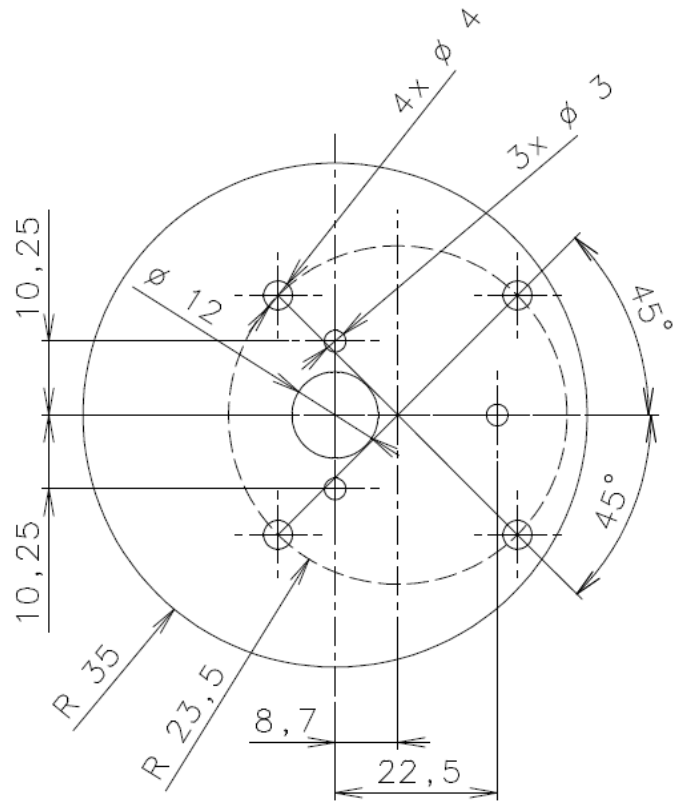
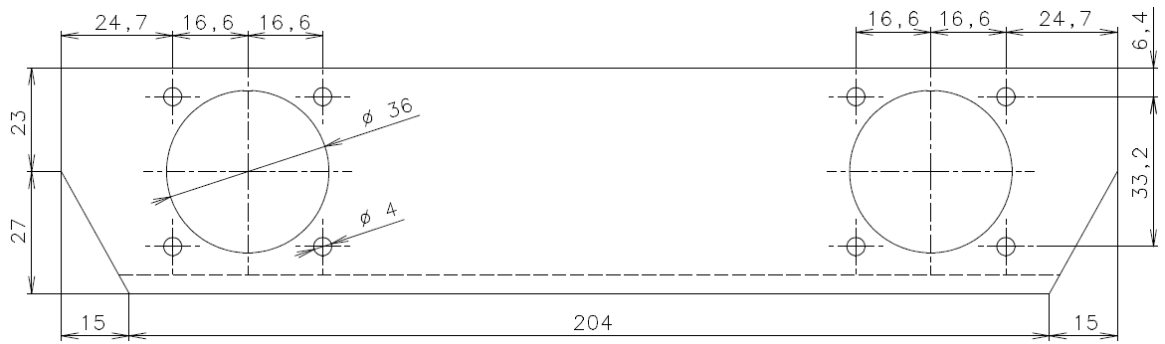


*Obr. 6 Detail uchycení pohonných jednotek [H. MAREK 2010]*

Protože pláště motorů jsou vyrobeny s větší tolerancí, jsou použité pohonné jednotky k podvozku připevněny třemi šrouby v přední části převodovky. Toto řešení umožňuje při případné opravě vymontovat motor i s převodovkou bez nutnosti demontování celého modelu. Po sundání kola s pneumatikou stačí pouze povolit 4 imbusové šrouby a rozpojit konektor uvnitř modelu [H. MAREK 2010].



*Obr. 7 Umístění pohonné jednotky se senzorem na podvozku [H. MAREK 2010]*



Obr. 8 Příklad technických výkresů [H. MAREK 2010]

## 6 TVORBA MONITOROVACÍ APLIKACE V SYSTÉMU CONTROL WEB

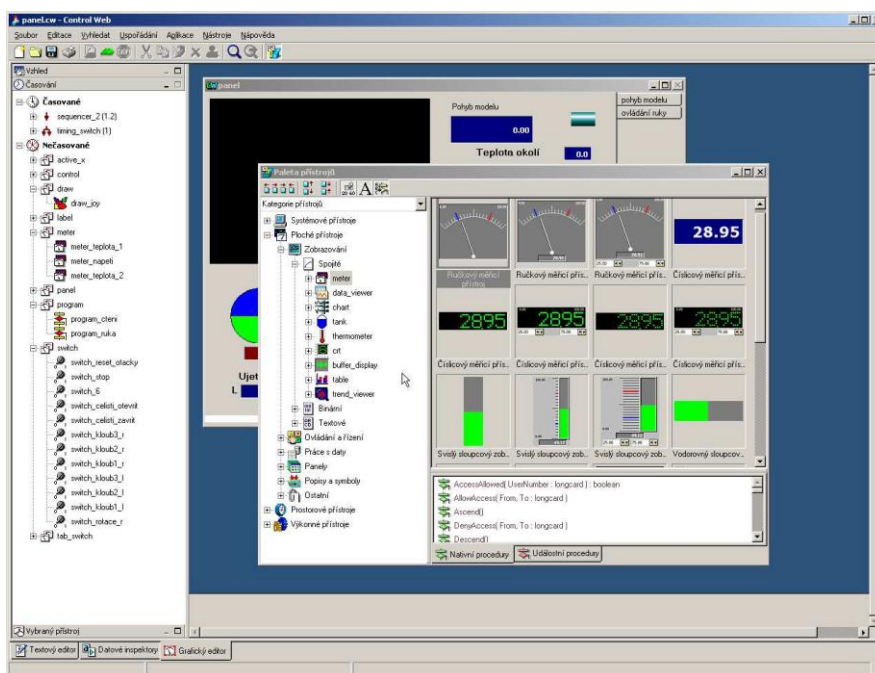


Čas ke studiu: 20 hodin

Člen týmu (programátor), který řeší uživatelský interface, má definované rozhraní pro ovládání a monitorování mobilního systému. Jako přenosová cesta byl volen bezdrátový přenos pomocí Wifi komponent (standardní TCP/IP). Na tomto rozhraní byl vytvořen virtuální kanál (COM) umožňující posílání dat a příkazů. Přenos aktuálního obrazu touto cestou je s využitím Web kamery. Toto rozhraní lze připojit prakticky k jakékoliv aplikaci a realizovat tak interface mezi člověkem a strojem.

Pro konfigurační a monitorovací aplikaci byl použit systém Control Web. Je to systém umožňující konfiguraci a monitorování jakékoliv technologie. Podmínkou je, aby použitý systém měl možnost přistupovat přes standardní sériové rozhraní k virtuálnímu COMu a měl možnost zobrazovat obraz z použité Web kamery.

Control Web je otevřený komponentový průmyslový řídicí a informační systém reálného času pro operační systémy Microsoft Windows 95 a vyšší a také pro embedded systémy na bázi Microsoft Windows CE. Control Web koncepčně vychází z osvědčené architektury svého předchůdce Control Panel. K dispozici jsou jako v jiných SCADA/HMI systémech všechny komponenty nutné k tvorbě vizualizačních aplikací, navíc ale přidává skutečnou programovatelnost a otevřenou, komponentovou architekturu. Systém Control Web umožňuje práci v reálném čase. Každý vstupně/výstupní kanál je čten přesně v době, kdy jej nějaký virtuální přístroj požaduje. Real-time časování je přesně monitorováno a řízeno [Control Web 2010].

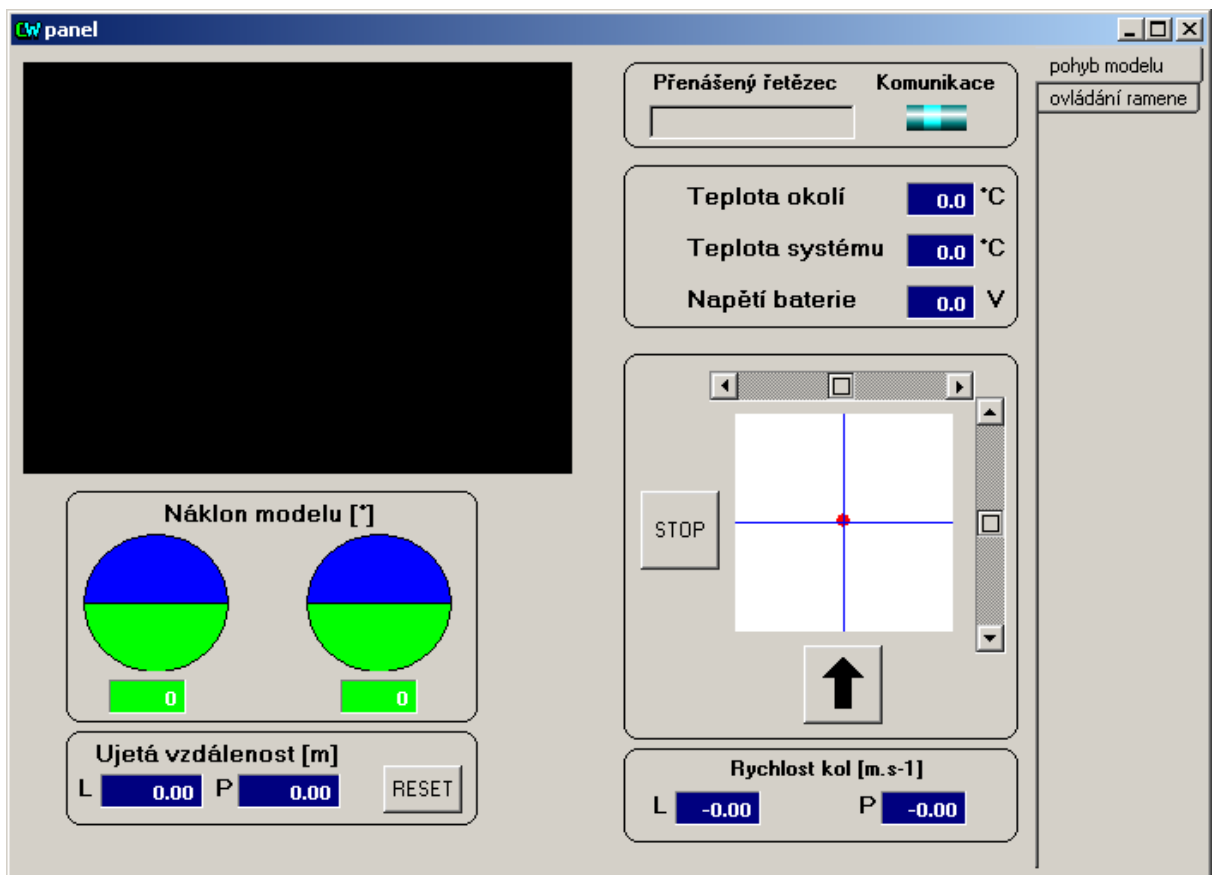


Obr. 9 Vývojové prostředí Control Web

System umožňuje sekvenční řízení procesů. Virtuální přístroje mohou být aktivovány v přesně definovaném čase a v přesně definované sekvenci. Control Web umožňuje tvorbu distribuovaných řešení a tím zpřístupnění libovolného datového elementu všem spojeným aplikacím po libovolné TCP/IP síti včetně internetu. Dále je zde možnost vizualizace technologií prostřednictvím internetových standardů HTTP a HTML. Control Web obsahuje plnohodnotný HTTP server dynamicky tvořící stránky podle stavu a umožňuje prostřednictvím HTTP a HTML technologií i řídit [Control Web 2010].

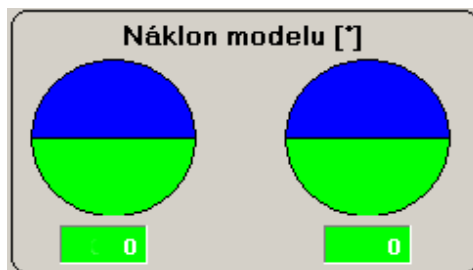
Pro ovládání modelu je nutno navrhnout aplikace v prostředí Control Web verze 5. Protože se model skládá ze dvou logických celků, podvozek a robotické rameno, byla i aplikace pro přehlednější uspořádání rozčleněna do dvou základních panelů. První panel umožňuje ovládat pohyb modelu. Dále se na panelu zobrazuje živý obraz z vestavěné kamery a hodnoty veličin senzorů obsažených v modelu. Obraz z kamery bude zobrazen i na druhém panelu. Ten bude obsahovat jen ovládací prvky pro ovládání robotického ramene. Po přepnutí na panel ovládání robotického ramene se model zastaví a nebude možnost ovládání pohybu modelu [H. MAREK 2010].

Uspořádání prvků panelu pohybu modelu je rozčleněno do logických celků. Protože komunikace nebude probíhat soustavně, ale v intervalech 200ms, budou i jednotlivé zobrazovací přístroje postupně aktualizovány v těchto intervalech. Obraz z kamery je aktualizován pomocí komponentu ActiveX nezávisle na časovači.



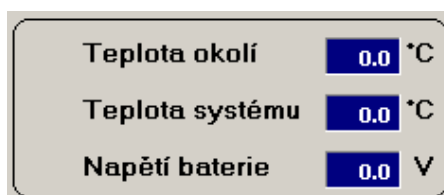
Obr. 10 Panel ovládání pohybu [H. MAREK 2010]

Model obsahuje akcelerometr Freescale MMA7260 měřící statické zrychlení modelu. To je zobrazováno jako příčný a podélný náklon modelu. Vedle grafického zobrazení náklonu zobrazuje panel i hodnotu náklonu ve stupních. Protože akcelerometr citlivě reaguje i na dynamické zrychlení modelu při pohybu, jsou hodnoty náklonu přesné, jen pokud je model v klidu.



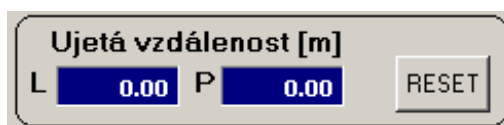
*Obr. 11 Monitorování náklonu v osách [H. MAREK 2010]*

Model obsahuje dva senzory Dallas DS1820 komunikující po sběrnici Onewire. Hodnoty teplot z těchto senzorů jsou zobrazovány společně s velikostí napětí napájecí baterie. Senzory mohou být díky delším kabelům umístěny kdekoliv v modelu, případně mohou měřit teplotu vně modelu. Napětí napájecích baterií je měřeno A/D převodníkem obsaženým v jednočipovém počítači PIC16F873 umístěném na desce ovládání motorů.



*Obr. 12 Zobrazení měřených teplot a napětí baterií [H. MAREK 2010]*

Vždy jeden motor na každé straně modelu je osazen snímačem pohybu. Tento snímač nedává jen informace o rychlosti otáčení motoru, ale i o směru otáčení. Impulsy z těchto snímačů zvyšují nebo snižují obsahy čítačů vytvořených v jednočipovém počítači PIC16F873 umístěném na desce ovládání motorů. Hodnotu čítačů je možné kdykoliv vynulovat stisknutím tlačítka RESET. Ujetá vzdálenost je zobrazována v metrech [H. MAREK 2010].



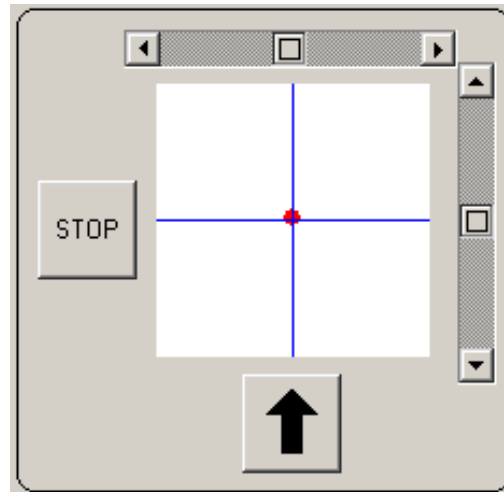
*Obr. 13 Zobrazení ujeté vzdálenosti náprav [H. MAREK 2010]*

Protože byl model navržen pro diferenciální řízení, je nepřímý pohyb modelu zajišťován rozdílem rychlostí otáčení kol po stranách modelu. Toto lze provést nastavením rychlosti dvěma samostatnými ovládacími prvky, kdy uprostřed je nulová poloha a motor stojí. Posunutím ovladače vřed nebo vzad se motor roztočí požadovaným směrem. Takovým způsobem jsou ovládány pásové stroje (bagry, nakládače, sněžné rolby) a smykové kolové nakládače. K ovládání tímto způsobem je potřeba v jednom okamžiku měnit rychlost obou stran pohonu současně. Proto, aby bylo možné ovládat model jednodušeji, byl vytvořen pomocí komponentu DRAW přístroj, který lze ovládat myší a simuluje ovládání pomocí joysticku [H. MAREK 2010].

Tlačítko se šipkou nastaví po kliknutí rychlosti všech motorů na stejnou hodnotu, model se potom pohybuje přímým směrem.

Tlačítko stop zastaví všechny motory a přesune červený ovládací bod do výchozí pozice ve středu přístroje.

Také je možnost samostatného ovládání mobilního systému v ose x a v ose y, pomocí ovládacích komponent systému Control Web.



*Obr. 14 Ovládání modelu pomocí softwarové komponenty (joystick)[H. MAREK 2010]*

Hodnoty požadovaných a nastavených rychlostí zobrazují přístroje v dolní části panelu. Rychlosti jsou zobrazovány pro každý pár kol samostatně v  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



*Obr. 15 Monitorování požadovaných rychlostí jednotlivých kol [H. MAREK 2010]*

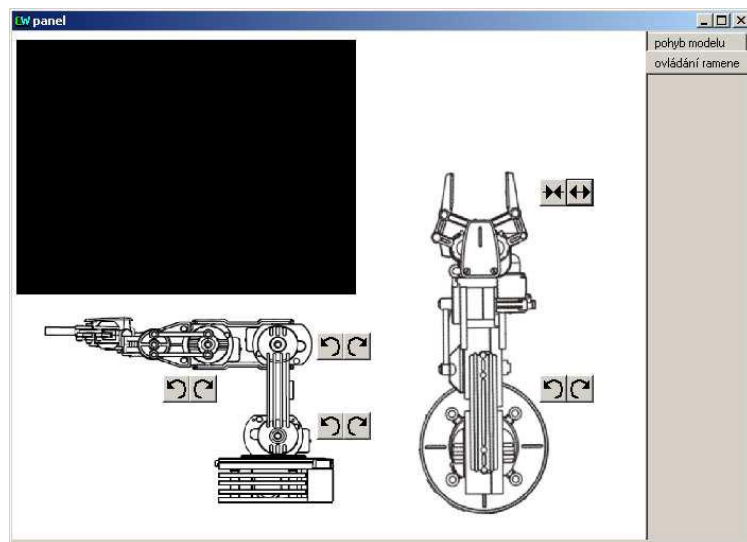
Pro kontrolu komunikace je v pravém horním rohu panelu přístroj, zobrazující přenášený textový řetězec. Ovládací textové řetězce jsou posílané v intervalech 200ms.



*Obr. 16 Přenášený řetězec[H. MAREK 2010]*

Pro ovládání robotického ramene byl vytvořen samostatný panel. Po aktivaci tohoto panelu je zablokováno ovládání pohybu modelu. Ovládání pohybu robotického ramene je realizováno pomocí dvojice tlačítek, které ovládají vždy pohyb jednotlivých kloubů ramene (otáčení ramene, otevírání/zavírání čelistí, ...). Po stisknutí tlačítka se aktivuje příslušný koncový stupeň a motor se dá do pohybu žádaným směrem. Tím se mění i směr pohledu kamery.





Obr. 17 Panel ovládacího robotického ramene [H. MAREK 2010]

## 7 TVORBA APLIKACE PRO ŘÍDICÍ SYSTÉM NA MOBILNÍM ZAŘÍZENÍ



**Čas ke studiu:** 30 hodin

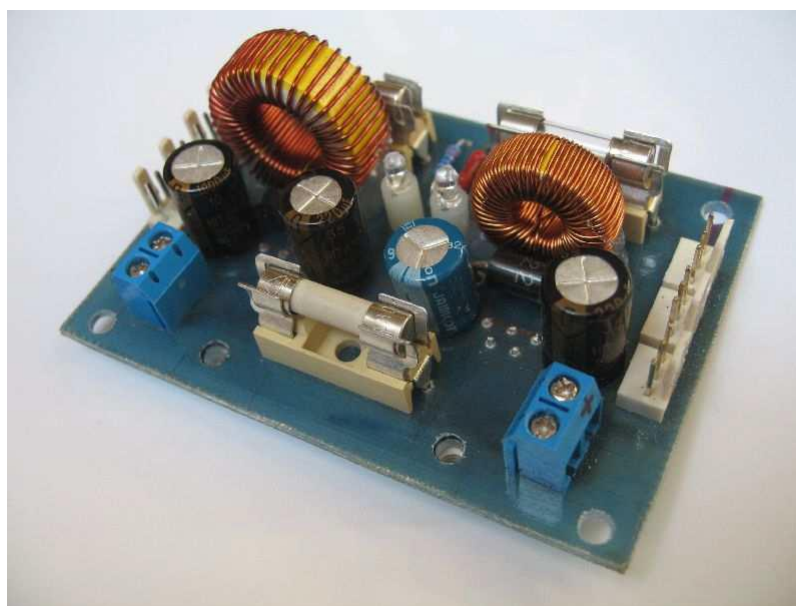
Kromě použitých hotových modulů je nutno zhotovit další elektronické moduly. K modulu přizpůsobení logických úrovní, modulu převodníku Ethernet/UART, snímači otáček motoru a zdroji je zapotřebí navrhnout a zhotovit desky plošných spojů.

Použité desky lze zhotovit fotocestou na jednostranném plošném spoji. Volba rozměru je přizpůsobena možností bezplatné verze programu EAGLE 4.13r1 Professional. Výroba takovéto jednostranné desky není náročná a dá se zhotovit i v amatérských podmínkách. Pro výrobu jednostranných plošných spojů je tato metoda použitelná s velmi dobrými výsledky. Tento způsob lze použít i pro výrobu oboustranné desky plošných spojů, přesné umístění obrazce na plošný spoj a soutisk s druhou stranou plošného spoje lze také zajistit.

Po vyleptání v roztoku chloridu železitého se musí deska zbavit zbytku krycího laku lihem a ošetřit proti oxidaci roztokem kalafuny v lihu. Po vyvrtání děr je možné desku osadit součástkami.

Celý mobilní model je napájen z bateriového zdroje o napětí 24V. Jednotlivé součásti však vyžadují nižší napájecí napětí, proto je součástí modelu i modul zdroje, který vyrábí potřebná napětí. Protože proudový odběr jednotlivých modulů především kamery a WiFi modulu je větší, je potřeba zvolit pro stavbu zdroje impulsní regulátory napětí. Ze zdroje 24V je nutno pomocí stabilizátorů získat napětí 12V s maximálním proudovým odběrem 1A a napětí 5V s maximální proudovým odběrem 3A.

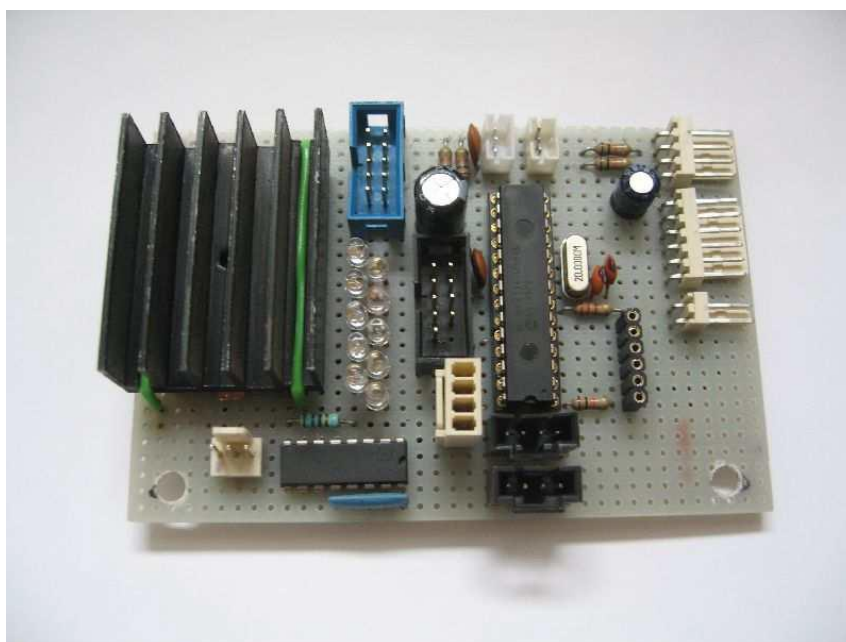
Na desce je dobré osadit více výstupních konektorů pro obě napětí pro případné napájení dalších rozšiřujících modulů.



*Obr. 18 Modul zdroje [H. MAREK 2010]*

## 7.1 Specifikace a umístění vybraných senzorů

Desku řídicího počítače lze vzhledem k složitosti vyrobit na univerzální desce plošných spojů. Modul obsahuje jednočipový počítač PIC16f873A, modul akcelerometru a výkonové budiče motorů robotického ramene. Na desce jsou dále umístěny konektory pro připojení teplotních čidel DS1820, maticového LCD displeje MC1601H-SBLW a konektor pro sériové programování počítače přímo v zapojení. Dále deska obsahuje konektor pro připojení signálu z převodníku Ethernet/UART a I2C port, pro komunikaci s modulem ovládání motorů.



*Obr. 19 Modul řídicího počítače [H. MAREK 2010]*

LED diody osazené na desce slouží pro indikaci ovládání motorů robotického ramene. Pod připevněným chladičem jsou umístěny 3 integrované výkonové budiče pro ovládání motorů robotického ramene.

Programové vybavení použitého jednočipového počítače PIC16F873A má za úkol komunikaci jednotlivých připojených zařízení s převodníkem Ethernet/UART. Obslužný program je napsán v programovacím jazyce MikroBasic for PIC od firmy MikroElektronika. Tento vývojový nástroj v sobě obsahuje optimalizované knihovny pro komunikaci s jednotlivými rozhraními.

Do programového kódu lze vložit i části programu napsané v Assembleru. Hotový zkompileovaný programový kód ve standardním formátu HEX lze do jednočipového počítače nahrát pomocí programátoru ASIX Presto přes ICSP rozhraní. To lze vyvést na vnější stranu modelu pro následnou a rychlou změnu firmware.

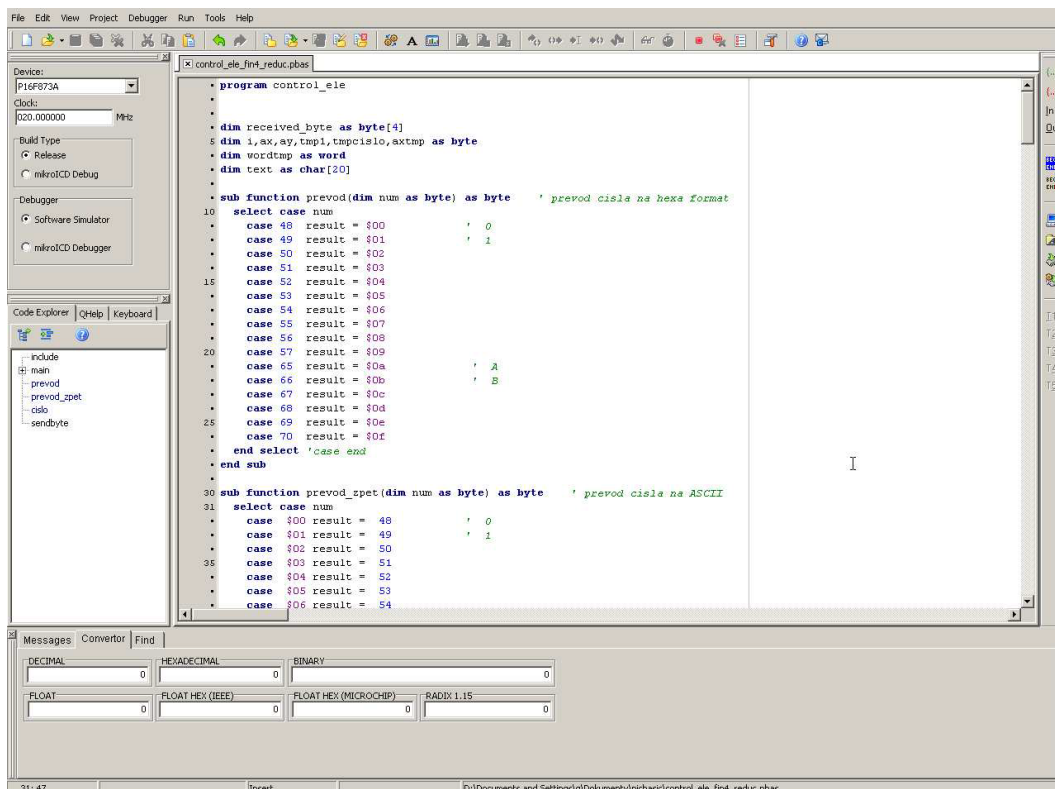
## 7.2 Vlastní algoritmus aplikace

Pro snadnější programování použitého jednočipového počítače obsahuje model konektor ICSP pro sériové programování přímo v modelu, bez nutnosti vyjmát mikrokontrolér z patice. K programování lze využít programátor PRESTO firmy Asix. Programátor se připojuje k počítači přes rozhraní USB a nepotřebuje přídavné napájení.



Obr. 20 Programátor PRESTO [H. MAREK 2010]

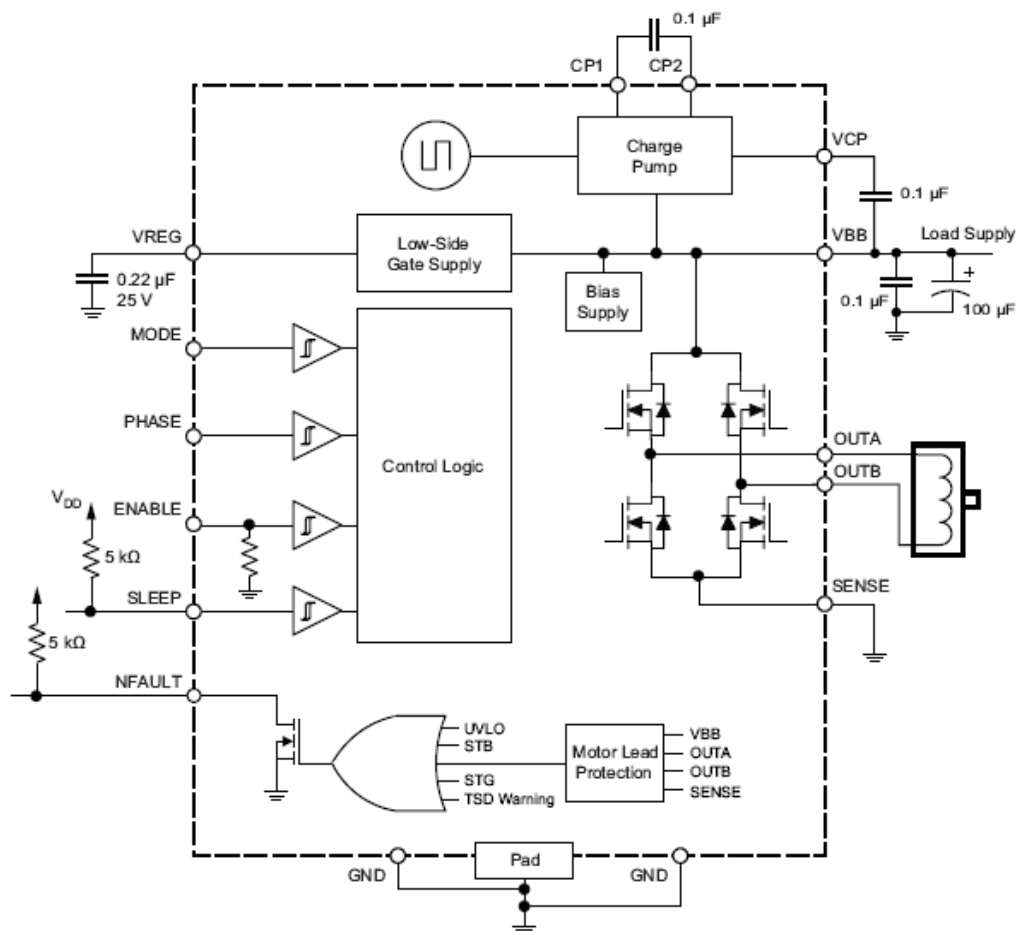
Vlastní algoritmus úlohy na straně mobilního pracoviště lze vytvořit v prostředí MicroBasic. Tento algoritmus vytváří most mezi jednotlivými podsystemy mobilního systému a převádí např. příkazy ze sériové linky na příkazy pro I2C sběrnici (výkonové členy pro pohonné jednotky), nebo generuje řídicí signály pro pohonné jednotky ramene. Stejně tak může umožňovat tento algoritmus čtení dat z jednotlivých snímačů (ujetá vzdálenost, úhel natočení, teplota, napětí na baterii).



Obr. 21 Vývojové prostředí MicroBasic [H. MAREK 2010]

### 7.3 Moduly s komunikačním rozhraní I2C, RS 232

Model obsahuje čtyři pohonné jednotky. Řízeny jsou vždy dvě jednotky současně, proto není nutné řídit každou samostatně. Řízení otáček použitých jednotek lze realizovat pulsně – šířkovou modulací PWM (Pulse Width Modulation), kdy výkonové budiče se nacházejí jen ve stavech sepnuto/rozepnuto a nevznikají tak takové ztráty, jako v lineárních regulátorech. Při návrhu jednotky řízení motorů lze zvolit raději výkonové můstky v integrovaném provedení. Použitá řídicí jednotka obsahuje dva výkonové kompletní můstky 3590 výrobce Allegro, osazeny koncovými FET tranzistory. Maximální napájecí napětí je 36V a spínaný proud 2,8A. Čipy v sobě integrují i výstupní záchytné diody, řídicí logiku i zdroje napětí pro horní tranzistory můstku. Proti případnému přetížení obsahují čipy i tepelnou a nadproudivou ochranu.

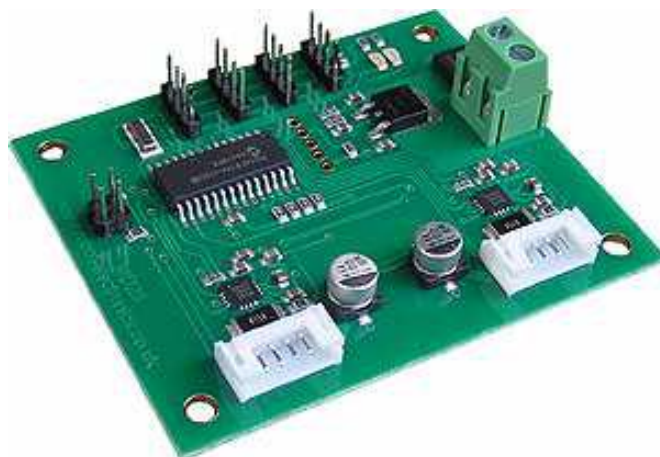


Obr. 22 Blokové schéma koncového stupně Allegro 3590

Tímto se celá konstrukce výkonového stupně značně zjednodušuje. Vzhledem k tomu, že maximální proud protékající jedním motorem je 1,1A, lze na jeden výkonový stupeň připojit dva motory. Výkonové stupně jsou ovládány jednočipovým počítačem PIC16F873A, který s řídicí jednotkou komunikuje po sběrnici I2C. Jednotka dále vyhodnocuje impulsy z inkrementálních senzorů, osazených na motorech.

Jednotka je napájena napětím 24V a má svůj vlastní stabilizátor 5V pro logické obvody. Ve stavu dodávaném výrobcem je jednotka určena pro ovládání motorů o napětí max.

12V. Proto je nutno jednotku upravit výměnou nevyhovujících součástek pro použití s napájecím napětím 24V (výměna kondenzátorů, a přizpůsobení napěťových děličů). Jednotku je třeba nastavit do režimu komunikace po sběrnici I2C. Modul obsahuje celkem 4 I2C konektory, umožňuje tedy jednoduše připojit další zařízení komunikující po této sběrnici.



*Obr. 23 Dvojnásobný ovládač motorů MD25 [Devantech, 2010]*

Převodník UART/Ethernet lze realizovat modulem Nano SocketLAN firmy ConnectOne. Nano SocketLAN je secure embedded Ethernet modul, umožňující připojenému zařízení připojit se do IP sítě přes 10/100BaseT Ethernet LAN. Je založen na iChip™ CO2144 IP Communication Controller™ a 10/100BaseT Ethernet Phy. Modul pracuje v režimu SerialNET Serial to LAN Bridge – jako transparentní můstek mezi sériovým UARTem a Ethernet LAN, tedy přenos UART přes LAN, s vysokou rychlostí 3Mbps.



*Obr. 24 Miniaturní modul Nano SocketLAN*

Na modulu převodníku UART/Ethernet lze testovat přenos dat ze vzdáleného počítače na sériový port modulu. Komunikace byla ověřena v základních rychlostech 9600 - 115200 Bd. Převodník pracuje pouze v režimu 8 bitů, 1 stop bit, bez parity. Základní testování bylo provedeno pomocí programu Hyperterminal protokolem Telnet. Pomocí virtuálního sériového portu byl ověřen výstup dat ze systému Control Web pomocí zabudovaného ASCII ovládače. Virtuální sériový port byl vytvořen programem HW Virtual Serial Port, který lze zdarma získat na adrese [www.hwgroup.cz](http://www.hwgroup.cz) [H. MAREK 2010].



*Obr. 25 Okno konfiguračního software*

Modul vyžaduje napájení 3,3V a i výstupní signály mají logické úrovně v tomto rozsahu. Proto bylo k modulu vyrobeno přizpůsobení logických úrovní pro 5V úroveň. Přídavná deska také obsahuje lineární stabilizátor 3,3V, potřebný k napájení modulu. Na konektor modulu jsou vyvedeny signály Rx, Tx, RTS, CTS.

Pro zobrazení stavu modelu je řídicí jednotka osazena znakovým LCD displejem. Jedná se o inteligentní displej s řadičem HD44780. Zobrazuje 1 řádek po 16 znacích. Displej využívá ke komunikaci s řídicím počítačem osmibitovou sběrnici a čtyři řídicí signály. Vzhledem k omezenému počtu vývodů použitého jednočipového počítače PIC16F873A, komunikuje displej po čtyřbitové sběrnici s multiplexovaným přenosem. [GM Electronic, 2009]

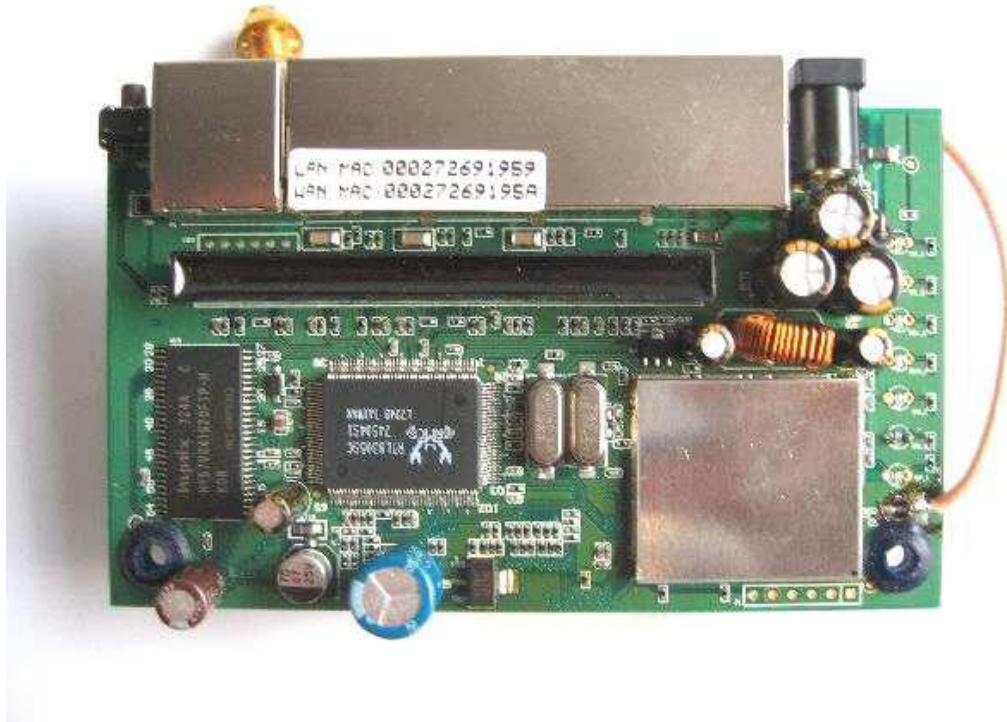


*Obr. 26 Maticový LCD displej MC1601H-SBLW [Seedstudio, 2010]*

## 7.4 Propojení systému s monitorovacím pracovištěm

Pro propojení systému s monitorovacím a konfiguračním pracovištěm lze použít standardní AP, v našem případě QEC 6AV094. Tento modul je osazený procesorem Realtek RTL8186 a bezdrátově komunikuje podle standardu 802.11b/g. Tento modul bývá osazený v bezdrátových routerech různých výrobců. Použitý modul pochází z routeru StraightCore WRT312. Modul umožňuje pracovat v mnoha režimech. Obsahuje 3 nezávislá síťová rozhraní. Má 5 ethernetových konektorů a výstup na externí anténu. Je napájen napětím 12V s proudovým odběrem 250mA. Modul umožňuje zabezpečit přenos šifrováním WEP.

V tomto projektu pracuje modul v režimu stanice nebo přístupový bod. Do modulu byl nahrán firmware verze 1.5.6, který se po testování zdá nejspolehlivější, což potvrzují i zkušenosti jiných uživatelů v různých diskuzích na internetu. Pokud je model ovládán pouze jedním počítačem, je modul nastaven do režimu Ad-hoc. Při práci v síťové infrastruktuře pracuje v režimu stanice. V tomto režimu je možné modul připojit do univerzitní (WiFi) sítě TUONET-MAC.



*Obr. 27 WiFi modul QEC 6AV094*

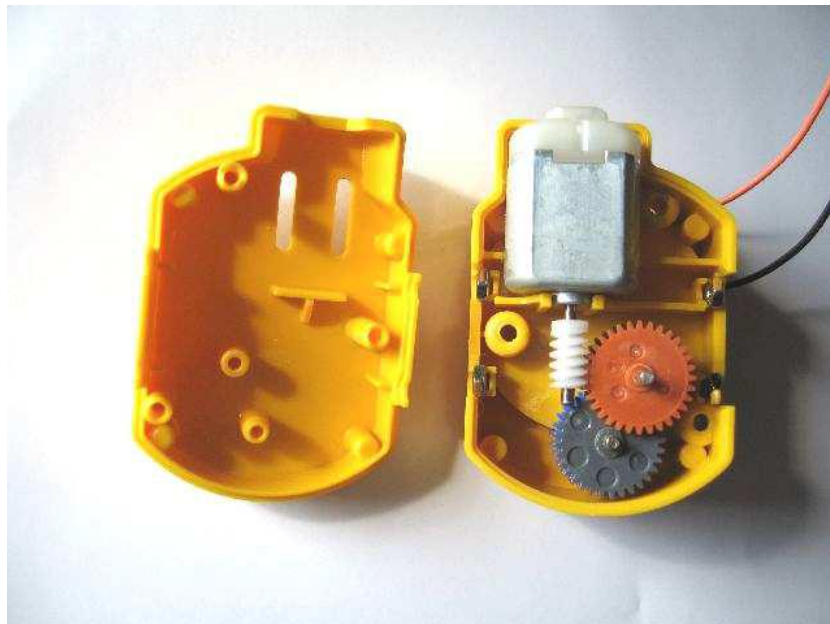
Protože se procesor modulu při své činnosti dost zahřívá, je nutné doplnění modulu o chladič. Stávající kontrolní LED diody byly vyměněny za provedení SMD a umístěny z druhé strany, tak aby byly při otevřeném víku modelu dobře viditelné. Jeden z portů integrovaného switche byl vyveden vně modelu, pro snadnější připojení ethernetového kabelu.

Pomocí tohoto AP lze připojit jak virtuální COM pro posílání příkazů do řídicí jednotky a čtení dat ze snímačů, tak IP kameru pro získání aktuálního obrazu scény.



## 7.5 Ovládání pohonů ramene

Robotické rameno, dodáváno jako stavebnice, obsahuje 5 pohonných jednotek, skládajících se z motoru a převodovky. Motory použité v těchto jednotkách nebyly svými parametry vhodné pro použití v modelu. Původní stavebnice je navržena pro provoz ze dvou baterií 1.5V pro každý směr. Parametry motorů jsou proto 3V a maximální proud 2.5A. Pro ovládání takových motorů by byly, vzhledem k maximálnímu proudu, potřeba poměrně výkonné budící stupně. Navíc se takové budící stupně již nevyrábějí v integrovaném provedení v přijatelné ceně, proto by bylo nutné řešit koncové stupně z diskretních součástek. Z tohoto důvodu byly původní motorky vyměněny za rozměrově stejné motorky, ale s napájecím napětím 12V a maximálním proudem 500mA. K ovládání takových motorů již lze využít běžně dostupné integrované budící stupně jako např. L293 nebo BA6209, obsahující kromě koncového stupně i řídicí logiku. Pro zvýšení životnosti a snížení tření mezi plastovými převody byly převodovky při výměně motorů promazány suchým mazacím sprejem s obsahem teflonu.



*Obr. 28 Pohonná jednotka robotického ramene.*

## 8 KOMPLETACE MODELU



**Čas ke studiu:** 10 hodin

Po zkompletování všech elektronických částí bylo nutno provést konečné sestavení modelu. Rozměry použitých elektronických modulů a jejich umístění bylo přizpůsobováno už v průběhu stavby mechanických dílů a podvozku. Všechny moduly jsou umístěny tak, aby byly snadno přístupné. Model je navržen tak, aby bylo možné demontovat většinu částí samostatně, aniž by bylo nutné rozebírat celý model. Použité konektory byly zvoleny tak, aby nemohlo dojít k záměně.



*Obr. 29 Zadní část mobilního systému s konektory*

Spodní část modelu je osazena deskou řízení motorů a deskou zdroje. Výkonové součástky těchto dílů jsou připevněny přes izolační podložku k podvozku. Pro lepší odvod tepla jsou styčné plochy natřeny teplovodivou pastou pro montáž chladičů.

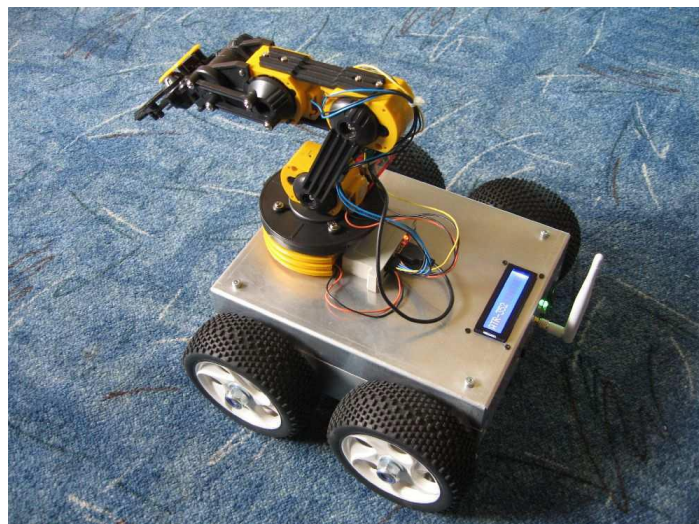


*Obr. 30 Pohled na model se zdrojem a výkonovým stupněm pohonů*

V horní části modelu se nachází moduly řídicí desky a převodníku UART/Ethernet a z druhé strany modul WiFi a modul kamery. Model robotického ramene, displej a USB kamera jsou umístěny na horním víku. S modelem se propojují pomocí konektorů, umístěných na řídicí desce.



*Obr. 31 Osazení modelu řídicí jednotkou a moduly v horní části modelu*



*Obr. 32 Celkový pohled na zkompletovaný model*

## 9 SW KOMPONENTA DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ



**Čas ke studiu:** 18 hodin

Cílem dílčí části projektu bylo zapojit studenty předmětu Speciální programovací techniky do komplexního procesu vývoje robotického vozítka. Stávající stav vozítka byl ovládaný pomocí klávesnice a myši v ovládacím programu „Control Web“ toto ovládání je poměrně neohrabané a nepřirozené, proto bylo navrženo vyvinout pokročilejší ovládání prostřednictvím herního ovladače – joysticku/gamepadu.

Jelikož se jedná o didakticky a obtížností vhodný typ úlohy, byl tento konkrétní cíl zahrnut do výuky a realizován týmem složeným z pedagogů a studentů v rámci jednoho zimního semestru školního roku 2011-2012.

### 9.1 Popis dílčího týmu a rozdělení rolí

Tým realizující dílčí část – SW komponenta dálkového ovládání se skládá z těchto členů:

Vedoucí dílčí etapy/týmu

Odborný konzultant

Členové týmu

### 9.2 Rozdělení kompetencí

Vedoucí dílčí etapy/týmu – Definuje cíl projektu, určuje postup řešení, dílčí etapy, rozděluje práci členům týmu, motivuje členy týmu, kontroluje a vyhodnocuje výsledky dílčích etap a celého projektu, připravuje technické podmínky a podklady pro řešení dílčích etap.

Odborný konzultant – definuje zásadní parametry projektu ve vztahu k souvisejícím projektům, komplexnímu vývoji robotického vozítka.

Členové týmu – Studenti realizující nezávisle na sobě dílčí cíle projektu a finální cíl projektu, softwarovou komponentu umožňující ovládání robotického vozítka pomocí herního ovladače.

### 9.3 Popis použitého HW

Pro realizaci ovládání robota byl použit joystick / gamepad Genius MaxFire Blaze 3. MaxFire Blaze3 je nejnovější gamepad firmy Genius obsahující 12 programovatelných tlačítek. Blaze3 dále obsahuje dva analogové joysticky, které můžete přepínat do digitálního/analogového režimu stisknutím tlačítka MODE. Gamepad má ergonomický design umožňující pohodlné a precizní držení v ruce. Funkce TURBO podporuje střelbu v různých akčních hrách. Pro instalaci na počítačích s operačním systémem Windows nebo na konzolích PlayStation není třeba instalovat žádné ovladače.

Gamepad má tyto parametry:

Připojení: USB

Počet tlačítek: 12 ve více skupinách

Speciální Turbo tlačítko

Joysticky – 2 x analogové

Zpětná odezva : vibrační.

8 směrný ovladač.

Kompatibilita: Windows XP, Windows Vista, Windows 7.



*Obr. 33 Gamepad Genius MaxFire Blaze3*

Pro ovládání pohybu robota jsou použity dva analogové joysticky, které určují rychlost a orientaci otáčení levé strany robota a pravé strany robota. Tyto joysticky je nutné provozovat v analogovém režimu, umožňujícím plynule ovládat otáčky kol robota. Přepínání mezi analogovým a digitálním režimem robota je realizováno tlačítkem mode.



*Obr. 34 Dva analogové/digitální joysticky s přepínačem režimu*

Variantní možností ovládání robota je například 8 směrný směrový ovladač, umožňující v digitálním režimu určit 8 variant směru, kterým se robot má vydat.



*Obr. 35 Osmisměrný tlačítkový ovladač*

Ovladač dále disponuje 8 tlačítky pro realizaci nejrůznějších akcí robota, jako je natáčení a polohování mechanické ruky, popřípadě další dodatečné funkce přidané v budoucnu.

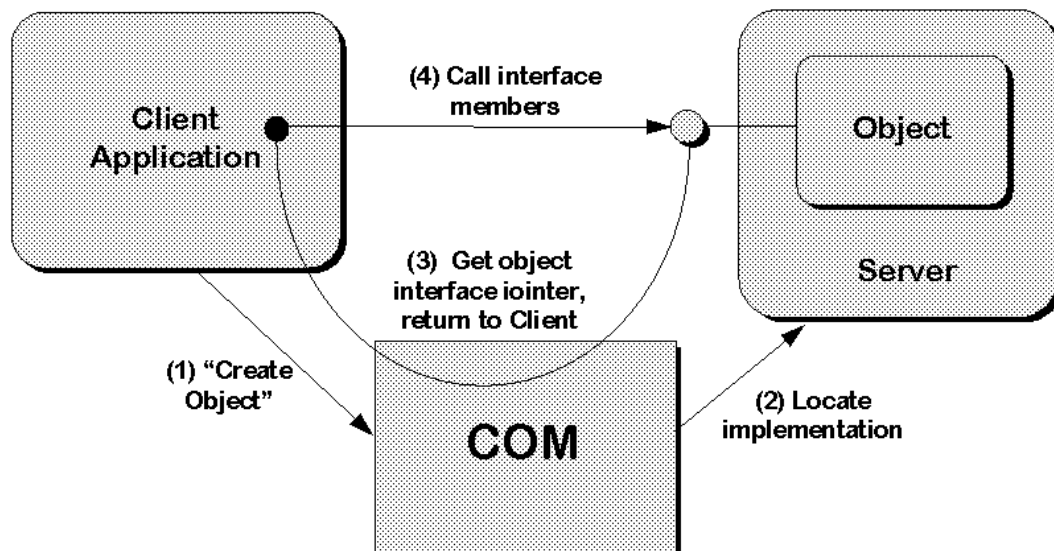


*Obr. 36 Osm uživatelsky definovaných tlačítek*

## 9.4 Použité softwarové technologie

### 9.4.1 COM

Component Object Model (COM) je binární programátorské rozhraní, které je standardem pro propojování softwarových komponent. Microsoft toto rozhraní představil v roce 1993. Používá se pro realizaci meziprocesové komunikace a dynamické zakládání objektů na požádání v mnoha různých programovacích jazycích. COM se často používá v dokumentaci jako zastřešující pojem, který pokrývá celé spektrum odvozených technologií jako OLE, OLE Automation, ActiveX, COM+ and DCOM aj.



Obr. 37 Schéma postupu propojení aplikace a COM komponenty

## 9.4.2 DirectX – DirectInput

Microsoft DirectX je sada knihoven poskytujících aplikační rozhraní (API) umožňující ovládání moderního hardwaru. Jejich cílem je maximální využití možností hardware jak po stránce nabízených funkcí, tak z hlediska maximálního výkonu, což je využíváno pro tvorbu počítačových her, multimediálních aplikací i grafického uživatelského prostředí.

**DirectX** se skládá z několika částí, rozdělených podle svého účelu. Rozdělení je důležité pouze pro programátory, pro uživatele je k dispozici jako jede balík obsahující všechny komponenty.

**DirectX Graphics** obsahující:

- DirectDraw: pro vykreslování 2D grafiky, používáno ve hrách a pro renderování videa multimediálních aplikací
- Direct3D (D3D): pro vykreslování 3D grafiky
- DXGI: pro zjištění grafických adaptérů a monitorů, které jsou k dispozici; poskytuje společný základ pro Direct3D a OpenGL
- Direct2D: pro 2D grafiku, nástupce rozhraní DirectDraw
- DirectWrite: rozhraní pro práci s fonty

**DirectCompute:** slouží pro využití GPU pro výpočty

**DirectInput:** rozhraní pro vstupní zařízení (klávesnice, myš, joystick, různé herní ovladače); po verzi 8 nahrazeno rozhraním XInput pro ovladače Xbox 360 nebo standardní WM INPUT. Pro komunikaci s herním ovladačem bude využito právě rozhraní DirectInput.

**DirectPlay:** pro komunikaci přes počítačovou síť; po verzi DirectX8 označeno jako zastaralé.

**DirectSound:** pro přehrávání a záznam zvukových samlů

**DirectSound3D (DS3D):** pro přehrávání 3D zvuků



**DirectMusic:** pro přehrávání zvuků, již označeno za zastaralé

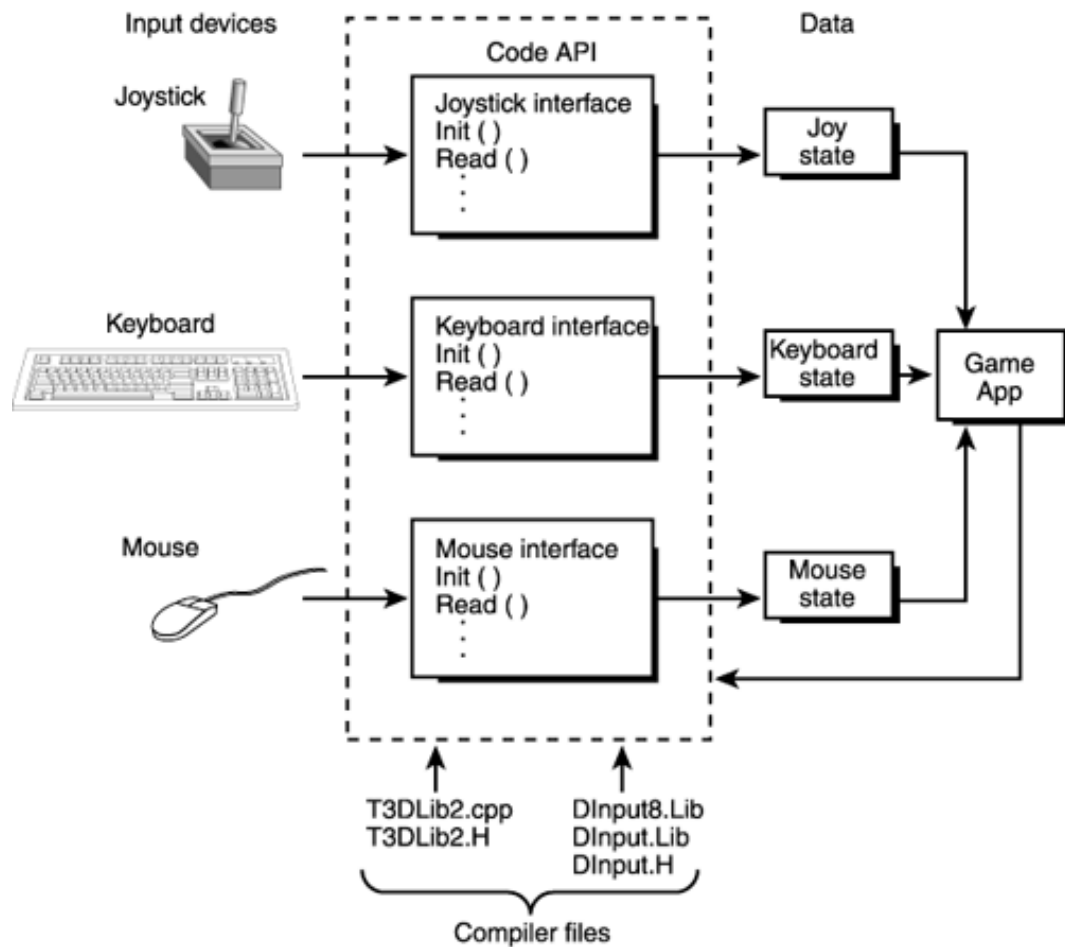
**DirectX Media:** zahrnující

- DirectAnimation pro webovou 2D/3D[1] animaci,
- DirectShow pro přehrávání multimédií a streamování
- DirectX Transform pro webové interaktivní aplikace
- Direct3D Retained Mode pro 3D grafiku vyšší úrovně;
- DirectShow obsahuje DirectX pluginy pro zpracování audiosignálu
- DirectX Video Acceleration pro akcelerované přehrávání videa

**DirectX Diagnostics (DxDiag):** nástroj pro diagnostiku a podání zpráv o stavu jednotlivých komponent (audio, video, vstupní ovladače)

**DirectX Media Objects:** podpora pro streamované objekty (enkodéry, dekodéry a efekty)

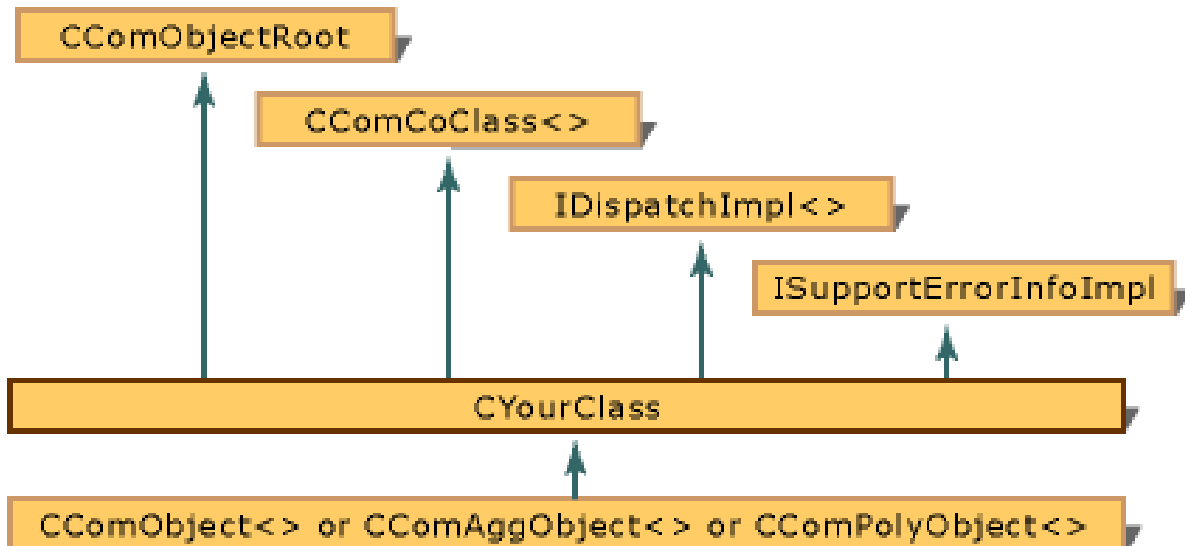
**DirectSetup:** pro instalaci komponent DirectX a zjištění jeho aktuální verze



Obr. 38 Rozhraní DirectInput pro připojení periférií

### 9.4.3 ATL

Active Template Library (ATL) je množina objektů v programovacím jazyce C++ založené na šablonové technologii. Tato množina objektů vyvinutá firmou Microsoft je určena pro zjednodušení programování v technologii COM (Component object model). Knihovna objektů ATL ve vývojovém prostředí Microsoft Visual Studio obsahuje průvodce, který vytvoří kostru objektů pro zvolený typ aplikace a umožní tak rychle a efektivně vyvíjet software. ATL rozšiřuje COM technologii o tzv. smart pointers, které zajišťují automatické uvolňování paměti nepoužívaných COM objektů.

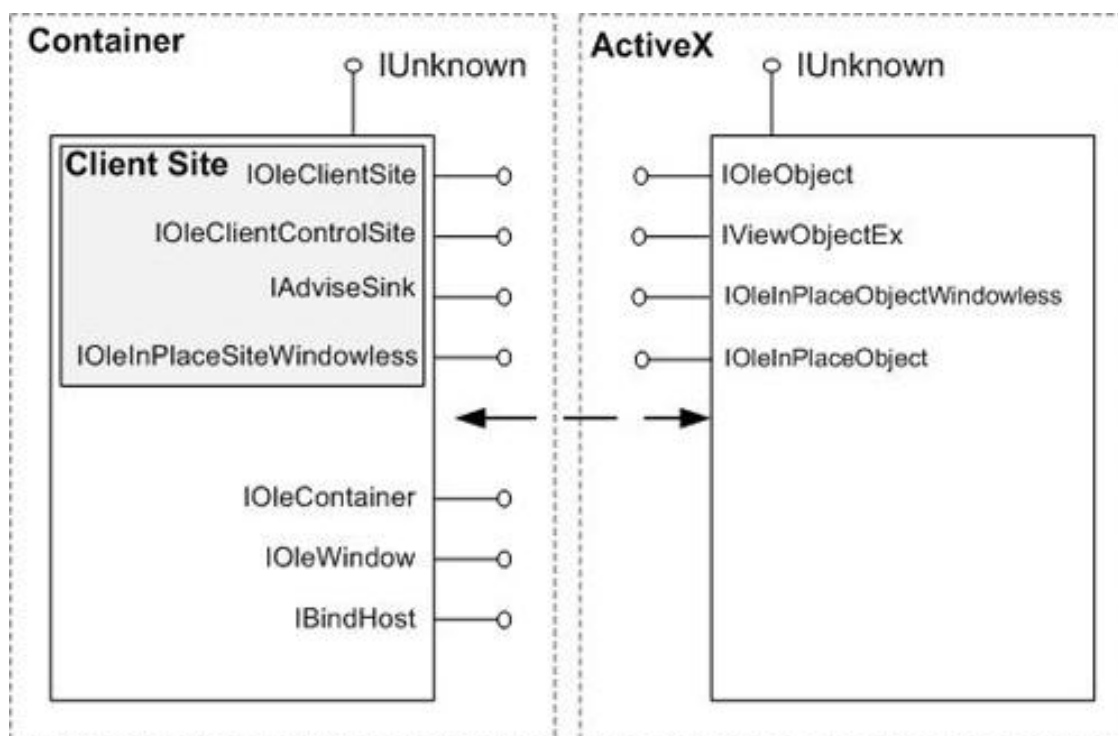


Obr. 39 Základní objekty ATL pro COM

### 9.5 ActiveX

ActiveX je technologie vyvinutá společností Microsoft pro snadnější propojování aplikací a komponent pomocí technologie COM. Vzhledem k standardnímu rozhraní je možné ActiveX komponenty propojovat s již existujícími programy a rozšiřovat tak jejich funkčnost. ActiveX je proto v projektu použito jako zastřešující technologie, která umožní použít vytvořený obslužný kód gamepadu v různých prostředích (např ControlWeb) a umožní tak ovládání robota prakticky z libovolného programového prostředí.

Pro ovládání robota je využito technologie ActiveX controls bez vizuálního rozhraní (tedy nezobrazující se v hostitelské aplikaci, pouze předávající data).



Obr. 40 Pevně definované rozhraní umožňuje ActiveX komponentám komunikovat s aplikacemi/kontejnery

## 9.6 Postup realizace SW komponenty

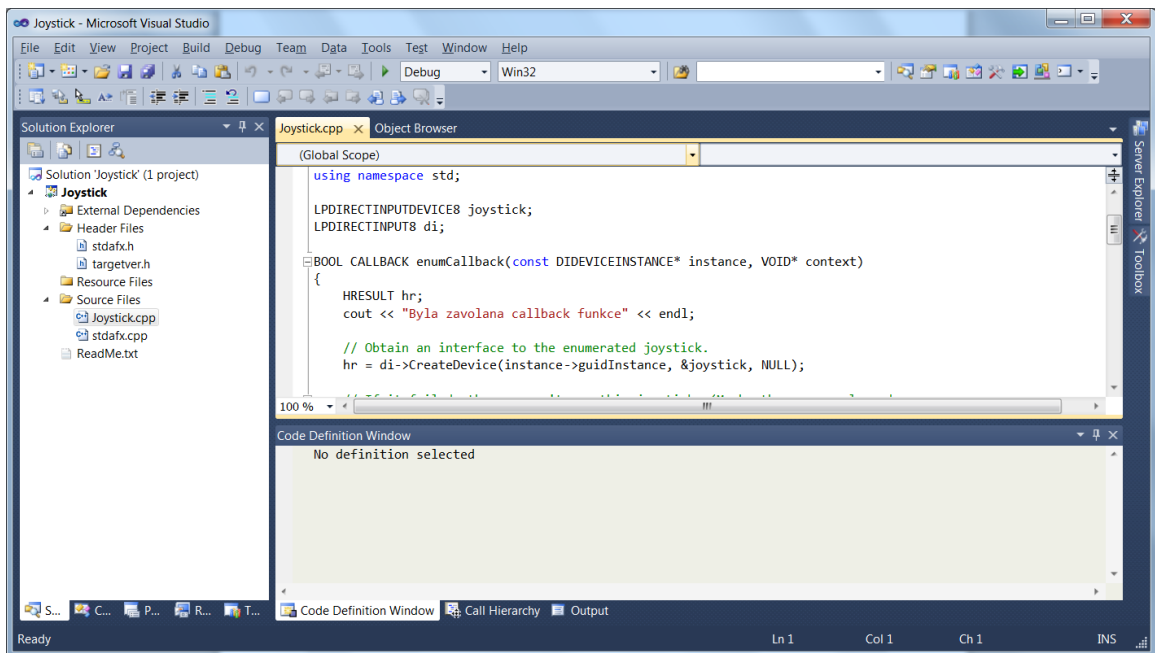
Z důvodu velkého množství použitých SW technologií bylo při realizaci vytvořeno několik dílčích projektů / aplikací, demonstrujících využití jednotlivých technologií pro požadovaný výsledek.

Na základě dílčí ověřených aplikací byla vytvořena a ověřena komplexní ActiveX komponenta dálkového ovladače mobilního robota.

### 9.6.1 Etapa 1, seznámení s rozhraním DirectInput, čtení parametrů joysticku ve standardní EXE aplikaci.

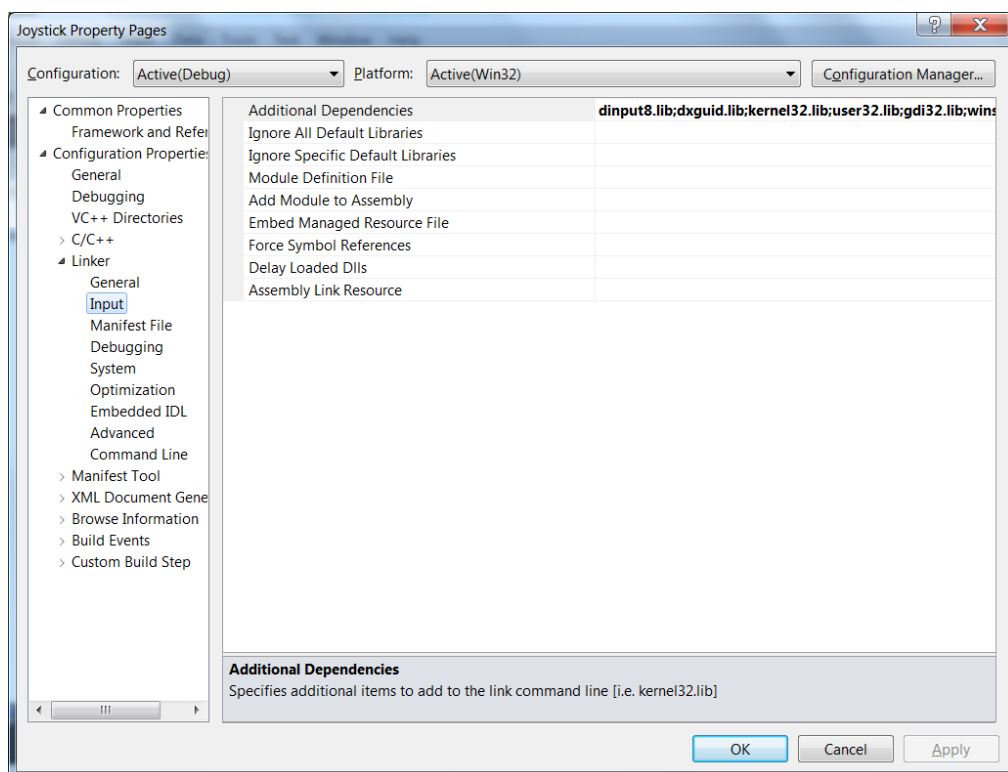
Cílem této etapy bylo zprovoznit komunikaci s rozhraním DirectInput a v tomto rozhraní dále komunikovat s připojeným gamepadem.

Pro zjednodušení bylo zobrazení stavů aplikace a získaných údajů z gamepadu zobrazováno na obrazovce počítač v textové podobě, v tzv. konzolové aplikaci.



Obr. 41 Vytvořená konzolová aplikace pro čtení stavu joysticku prostřednictvím *DirectInput*

Pro realizaci samotného čtení parametrů bylo nutno připojit nestandardní knihovny se seznamem funkcí *DirectInput*. Konkrétně bylo nutno do projektu přidat soubory *dinput8.lib* a *dxguid.lib*.

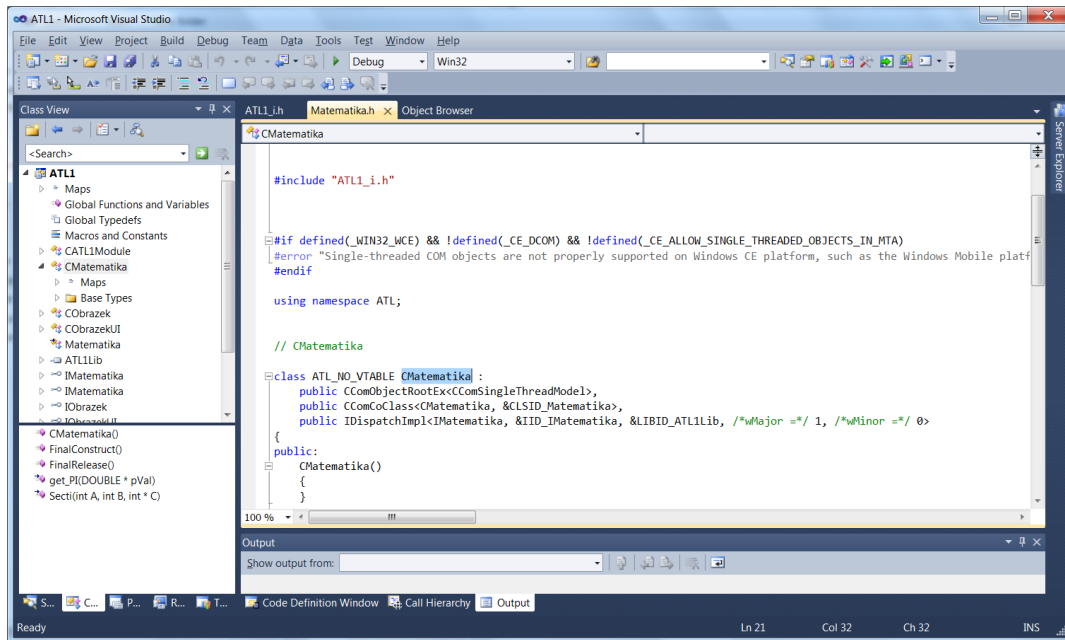


Obr. 42 Připojení *DirectInput* knihovny do aplikace v dialogu parametry projektu

## 9.6.2 Etapa 2, seznámení s rozhraním COM/ATL , tvorba základních komponent.

Pro tvorbu připojení ovladače Joysticku do zvoleného vývojového prostředí (ControlWeb) je vhodné využít technologie ActiveX. Technologie ActiveX je odvozena z technologie COM a je možné ji programovat přímo v C++. Vytvoření alespoň základní funkcionality je tímto způsobem velmi zdlouhavé, proto budeme v etapě dvě realizovat základní COM aplikaci s použitím knihovny ATL, která programování COM objektů významně zjednodušuje.

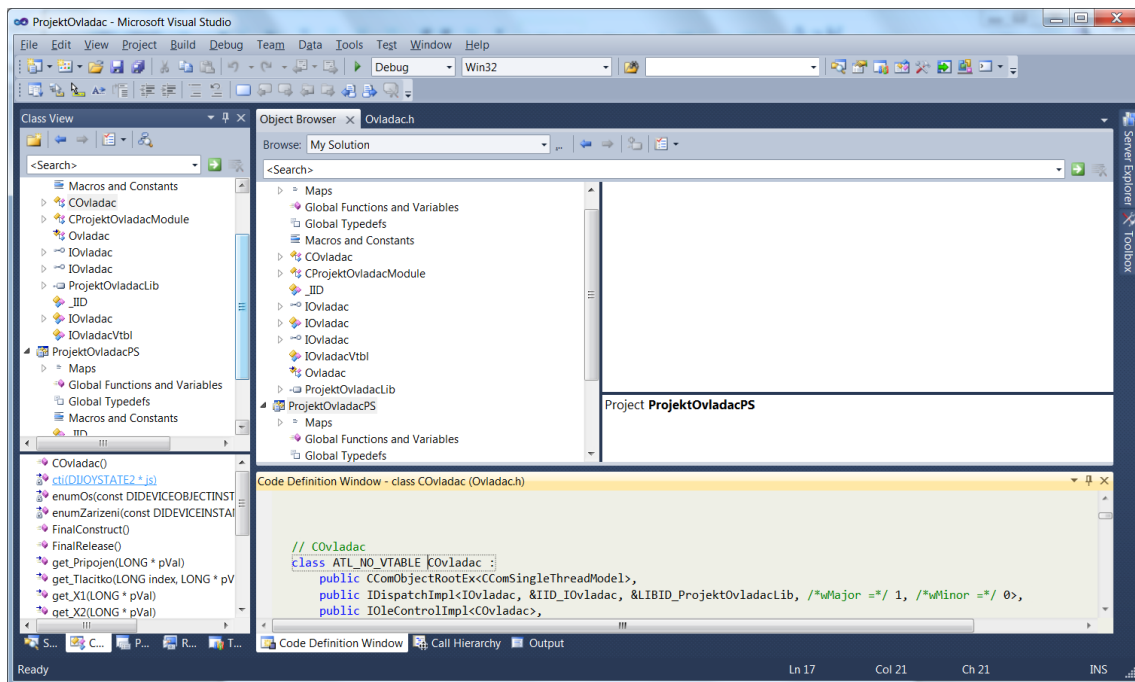
Vytvořenou COM aplikaci otestujeme v externí aplikaci, např. Microsoft Excel.



Obr. 43 Vytvořená kostra COM/ATL aplikace s komponentou matematika, realizující sčítání čísel

## 9.6.3 Etapa 3, finalizace projektu, propojení etap 1 a 2

Vytvořené aplikace v etapách 1 a 2 nám dávají dostatek znalostí a zkušeností k tomu, abychom vytvořili již komplexní ActiveX komponentou, komunikující s rozhraním DirectInput a předávající údaje o joysticku/gamepadu dalším nadřazeným aplikacím (ControlWeb).



Obr. 44 ActiveX komponenta propojující gamepad Genius přes DirectInput/COM/ActiveX/ATL k nadřazené aplikaci v prostředí ControlWeb

## 10 ZÁVĚR

V rámci řešení tohoto projektu lze vytvořit model, který umožní monitorování okolí pomocí Web kamery. Tento model lze ovládat pomocí digitální bezdrátové komunikace pracující na frekvenci 2,4 GHz (WiFi). Povelý se předávají pomocí virtuálního komunikačního kanálu.

Další část projektu obsahovala vývoj SW pro dálkové ovládání modelu, při vývoji bylo nutné se seznámit s HW ovladače a celou řadou SW technologií použitelných pro propojení s řídicí aplikací modelu.

V řešitelském kolektivu jsou zahrnuty odbornosti od projektanta, mechanika, elektronika až po programátora. Tyto odbornosti jsou rovnoměrně vyváženy při řešení zadaného projektu. Do řešení dílčích částí projektu byli zapojeni odborníci a studenti v rámci výuky a samostatných prací. Výsledkem je funkční systém, který umožňuje ovládání modelu a monitorování jeho okolí.

## 11 LITERATURA

BÍLÝ, R., CAGAŠ, P. & AJ. 1999. *Control Web 2000. Průvodce systémem pro tvorbu a nasazení aplikací reálného času*. 1. vydání. Praha: Computer Press, 1999. 382 s. ISBN 80-7226-258-0.

CONTROL WEB 2000. *Manuál. Alcor - Moravské přístroje, a.s.*[online],1995. Dostupný z [www: <http://www.mii.cz>](http://www.mii.cz).

VLACH, J. *Počítačová rozhraní, přenos dat a řídicí systémy*. Praha, BEN-technická literatura, 1997, ISBN 80-85940-17-4

HRBÁČEK, J. 1996. *Mikrořadiče PIC16CXX a vývojový kit PICSTART*. Praha BEN – technická literatura, 1996, 142 s. ISBN80-901984-0-6

HRBÁČEK, J. 1997. *Programování mikrokontroléru PIC16CXX*. Praha, BEN – technická literatura, 1997, 111 s. ISBN 80-86056-16-3

HRBÁČEK, J. 1999. *Komunikace mikrokontroléru s okolím – 1. díl*. Praha, BEN – technická literatura, 1999, 159 s. ISBN 80-86056-36-8

HRBÁČEK, J. 2002. *Komunikace mikrokontroléru s okolím –2. díl*. Praha, BEN – technická literatura, 2002, 151 s. ISBN 80-86056-73-2

Marek, H. 2010. *Využití bezdrátové technologie pro konfiguraci a monitorování reálných úloh*. Diplomová práce VŠB-TU, kat.352, 2010 vedoucí Jaromír Škuta.

VACEK, V. 2001. *Učebnice programování PIC*. Praha, BEN – technická literatura, 2001, 144 s. ISBN 80-86056-87-2

Crouzet. *Motor Crouzet 82862006* [online]. 2004 [cit. 2010-01-20]. Dostupný z WWW:  [<http://cz.farnell.com/crouzet/82862006/motor-geared-24vdc-45rpm/dp/3079570>](http://cz.farnell.com/crouzet/82862006/motor-geared-24vdc-45rpm/dp/3079570).

Freescale. *Akcelerometr MMA7260Q* [online]. 2005 [cit. 2009-12-21]. Dostupný z WWW:<[http://www.freescale.com/files/abstract/article/LEADERSHIP\\_MMA7260Q.html?tid=FS200505TSP6428SENLP](http://www.freescale.com/files/abstract/article/LEADERSHIP_MMA7260Q.html?tid=FS200505TSP6428SENLP)>.

GM Electronic. *Displej DEM16217* [online]. c2009 [cit. 2009-12-21]. Dostupný z WWW:  [<http://www.gme.cz/cz/dem16217syh-p513-113.html>](http://www.gme.cz/cz/dem16217syh-p513-113.html).

Devantech Ltd . *MD25 - Dual H-Bridge* [online]. [2009] [cit. 2010-01-02]. Dostupný z WWW:  [<http://www.robot-electronics.co.uk/html/md25tech.htm>](http://www.robot-electronics.co.uk/html/md25tech.htm).

ConnectOne. *Nano SocketLAN™* [online]. [2009] [cit. 2009-12-21]. Dostupný z WWW:  [<http://www.spezial.cz/connectone/connect-one-nano-lanreach-uart-usb-piethernet-modul.html>](http://www.spezial.cz/connectone/connect-one-nano-lanreach-uart-usb-piethernet-modul.html).

Maxim. *DS18B20* [online]. 2008 [cit. 2009-12-23]. Dostupný z WWW:  [<http://www.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm?qv\\_pk=2812>](http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm?qv_pk=2812).

StraightCore. *WRT 312* [online]. 2007 [cit. 2009-12-20]. Dostupný z WWW:  [<http://www.straightcoreshop.com/\\_mgxroot/page\\_10810.html>](http://www.straightcoreshop.com/_mgxroot/page_10810.html).

Genius. *IP Cam Secure 300R* [online]. c2008 [cit. 2009-12-26]. Dostupný z WWW:  [<http://www.geniusnet.com/geniusOnline/online.portal?\\_nfpb=true&productPortlet\\_actionOverride=%2Fportlets%2FproductArea%2Fcategory%2FqueryPro&\\_windowLabe](http://www.geniusnet.com/geniusOnline/online.portal?_nfpb=true&productPortlet_actionOverride=%2Fportlets%2FproductArea%2Fcategory%2FqueryPro&_windowLabe)



*l=productPortlet&productPortletproductId=1144147&\_pageLabel=productPage&test=portlet-action>.*

*HW group. HW Virtual Serial Port [online]. 2003 [cit. 2010-01-12]. Dostupný z WWW: <[http://www.hw-group.com/products/hw\\_vsp/index\\_cz.html](http://www.hw-group.com/products/hw_vsp/index_cz.html)>.*