

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA  
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

**Sustavi za praćenje i vođenje procesa**

Seminarski rad

**Obrazovna periferija : Lego**

Tomislav Puđa

## Sadržaj

1.	LEGO®	3
2.	Pregled programibilnih Lego proizvoda	3
2.1	Cybermaster	3
2.2	Codepilot	3
2.3	Scout	3
2.4	Mindstorms	4
2.5	Mindstorms NXT	4
2.5.1	Tehničke karakteristike	4
2.5.2	Senzori i motori	4
3.	Programiranje NXT bloka	5
4.	Razni Mindstorms projekti	5
4.1	NXT Rubik's Cube Solver	5
4.2	Domino Bot NXT	6
4.3	Alpha Rex	6
5.	Natjecanja i edukacija	7
5.1	Prva Lego liga	7
5.2	Robotfest	7
5.3	Lego Mindstorms centri	8
6.	Zaključak	8
7.	Literatura	8

## 1. LEGO®

U svijetu igračaka, jedno od najpoznatijih imena je Lego. Lego grupa, privatna tvrtka sa sjedištem u Danskoj, posluje već skoro 75 godina. Tvrtku je osnovao 1932. Ole Kirk Christiansen te je i dalje u vlasništvu obitelji. Najpoznatiji proizvod su im popularne Lego kocke, načinjene od plastike raznih boja i oblika koji se mogu međusobno spajati. Od skromnih početaka u radionici osnivača tvrtke, nastao je trenutno peti najveći proizvođač igračaka.

Lego Mindstorms linija proizvoda kombinira programibilne dijelove s električnim motorima, sensorima te klasičnim Lego kockama. Cilj je izgraditi robota ili automatizirani sustav. Mindstorms setovi se koriste i u edukacijske svrhe. Ideja je nastala u suradnji s američkim sveučilištem MIT. Stoga se u prodaji nalazi i edukacijske verzija Mindstorms proizvoda. U odnosu na standardne Mindstorms liniju, edukacijska verzija dolazi uz bogatiji programski paket. Mindstorms se može koristiti pri projektiranju raznih ugrađenih sustava s računalno upravljanim elektromehaničkim dijelovima. Diljem svijeta postoji veliki broj zaljubljenika u Lego Mindstorms, koji međusobno izmjenjuju dizajne, ideje i programske tehnike.

Prvi primjerci iz Mindstorms linije pojavili su se 1998. godine pod komercijalnim imenom Robotics Invention System (RIS). RIS nasljeđuje Lego Mindstorms NXT linija 2006. godine. U ovome kratkome pregledu osvrnuti ćemo se na tehnologiju, različite proizvode te brojna natjecanja u izgradnji što naprednijeg Lego Mindstorms sustava.

## 2. Pregled programibilnih Lego proizvoda

Osim dviju generacija Mindstorms Lego proizvoda, postoje i druge programibilne Lego linije. Mindstorms zasjenjuje sve ostale po popularnosti te mogućnostima primjene. Stoga će ovaj tekst biti pretežno orijentiran kako bi dao bolji uvid u Mindstorms liniju Lego proizvoda.

### 2.1 Cybermaster

Cybermaster linija prodavala se gotovo samo u Europi te u Australiji/Novom Zeland, ali bio je jedno vrijeme dostupan preko Lego klub magazina. Linija je bila orijentirana na mlađu publiku s ciljem da poveže liniju računalnih igrica s Lego robotikom. Cybermaster je sadržavao tri senzora te jedan izlazni port (dodatna dva su već bila iskorištena). Koristio je IR komunikaciju te je jedan od nedostatak prilično ograničena količinu RAM memorije.

### 2.2 Codepilot

Postoji još par programibilnih Lego proizvoda. Među njima potrebno je spomenuti Codepilot, prvi programibilni Lego proizvod. Codepilot je sadržavao motor, te senzor za dodir i svjetlost. Pomoću senzora za svjetlost primao je barkode naredbe. Broj instrukcija je bio skroman.

### 2.3 Scout

Scout linija je sadržavala dva porta za priključak motora, dva porta za senzore te ugrađen senzor za svjetlost. Koristila je

set ugrađenih instrukcija te nije imala sučelje za spajanje s računalom

## 2.4 Mindstorms

Prva generacija Lego Mindstorms linije izgrađena je oko RCX bloka koji ima ugrađen Reneses H8/300 mikrokontroler. Blok se programira prebacivanjem programa putem IR sučelja s osobnog ili Mac računala u RAM mikrokontrolera. Nakon što se program pokrene, RCX blok omogućava Mindstorms sustavu da funkcionira potpuno samostalno, reagirajući na unutrašnje i vanjske stimulacije prema programiranim instrukcijama.

Također, dva ili više RCX bloka mogu međusobno komunicirati preko IR sučelja. Uz IR sučelje, prva generaciju Mindstorms linije sadrži tri ulazna senzorska porta i tri izlazna porta za motore, koji se mogu iskoristiti i za druge namjene. Na RCX bloku se nalazi i LCD pokaznik koji daje informacije o stanju baterija, status izlazno/ulaznih portova te koji program radi i slične informacije.

## 2.5 Mindstorms NXT

Sredinom 2006. godine Lego je pustio u prodaju Lego Mindstorms NXT kao nasljednika prve generacije Lego Mindstorms seta, Robotics Invention System.

Glavna komponenta NXT seta je računalo koje nosi ime NXT blok. Može primati informacije iz četiri senzora te kontrolirati do tri motora. Kocka ima LCD zaslon veličine 100 x 64 piksela, a zaslon je monokromatski. Postoje i četiri gumba kojima se kreće kroz izbornike. NXT blok također može reproducirati zvuk sempliran frekvencijom otipkavanja od 16kHz.

Dokumenti se mogu prebacivati bežično između dva NXT bloka. Neki mobilni uređaji se mogu koristiti za

daljinsko upravljanje. Jednostavniji programi se mogu napisati koristeći izbornike na NXT kocki. Kompliciraniji programi i audio datoteke se mogu prenijeti upotrebom USB-a ili Bluetooth-a.

### 2.5.1 Tehničke karakteristike :

- 32-bitni ARM7 mikroprocesor
- 256 kb flash memorije
- 64 kB RAM
- 8-bitni Atmel AVR mikrokontroler (@4MHz)
  - 4 kB flash memorije
  - 512 bytes RAM
- 100x64 pixel LCD zaslon
- USB (12 Mbit/s) , Bluetooth, 4 ulazna porta, 3 izlazna porta
- Izvor napajanja : 6 x AA

### 2.5.2 Senzori i motori

Na raspolaganju imamo četiri vrste senzora. *Senzor dodira* reagira na dodir ili pritisak gumba. Može detektirati jedan ili više pritisaka te prenijeti tu informaciju NXT bloku.



Slika 1. Lego Mindstorms NXT sa sensorima i servo motorima

*Detektor zvuka* može izmjeriti glasnoću u decibelima [dB] te u „prilagodljivim“ decibelima [dBA] . Ako se mjeri u decibelima, rezultat mjerenja je ukupni glasnoća zvuka u cijelom frekvencijskom području u kojem detektor može mjeriti. Ako je potrebna glasnoća

unutar frekvencijskog raspona koji odgovara frekvenciji ljudskog govora, koristiti će se mjerenje u „prilagodljivim“ decibelima.

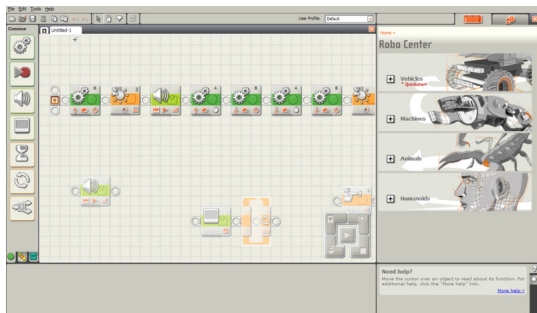
*Detektor svjetlosti* omogućava NXT bloku da razlikuje između svjetla i mraka. Može mjeriti intenzitet svjetla u sobi ili intenzitet boje neke podloge. *Ultrazvučni senzor* omogućuje NXT bloku da izmjeri udaljenost. Sposoban je mjeriti s preciznošću od +/- 3 cm na udaljenosti od 0 do 255 cm.

Kao što je već rečeno, unutar Mindstorms NXT seta nalaze se tri servo motora. Svaki od motora dolazi s ugrađenim senzorom rotacije. Tako se može precizno kontrolirati kretanja robota. Senzor rotacije mjeri u punim okretajima ili u stupnjevima (točnost +/- 1<sup>0</sup>). Brzina vrtnje motora se može namjestiti neovisno za svaki od tri motora.

Osim standardnih senzora, na tržištu su dostupni i senzori drugih proizvođača koji su kompatibilni s Mindstorms linijom. Postoje i razni multipeleksori koji omogućuju spajanje većega broja senzora te motora.

### 3. Programiranje NXT bloka

Prva generacija Mindstorms linije omogućavala je programiranje u više programskih jezika. Osim njih, bili su dostupni i programski jezici napisani upravo za Mindstorms.



Slika 2. Grafičko sučelje NXT- G programskog jezika

S drugom generacijom, Mindstorms NXT, dolazi NXT – G programski jezik. NXT – G je zanimljiv stoga što omogućuje jednostavno programiranje, koje je blisko konceptu Lego kocaka. Kompliciraniji programi se prave tako da se slože od blokova koje čine jednostavniji programi. Pozitivne strane programa su jednostavnost i lakoća programiranja.

Negativna strana leži u tome što programi napisani u NXT-G mogu zauzimati i do par puta više memorije, u odnosu na isti program napisan u nekome drugome programskom jeziku.

Osim većeg koda, NXT-G zahtjeva snažnija računala kako bi rad bio ugodan. Slijedeća verzija, NXT-G v1.1 bi trebala ispraviti te nedostatke.

Od ostalih jezika u kojima možemo programirati Mindstorms komponente, tu su Lego.NET, NXT++ te NQC ( Not Quiet C) koji je jedan od najčešće korištenih jezika za ovu namjenu. NQC je jednostavan jezik sa sintaksom koja jako podsjeća na klasični C jezik. Prikladniji je za korisnike koji već imaju iskustava u programiranju Mindstorms robota.. Popis trenutno broji preko dvadeset različitih programskih jezika.

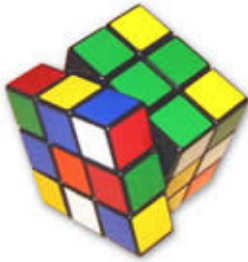
### 4. Razni Mindstorms projekti

Neki od Mindstorms robota pokazuju koliko složene probleme NXT roboti uistinu mogu rješavati. Na službenim stranicama Mindstorms NXT objavljeni su detalji od preko 2000 Mindstorms robota koji su napravljeni diljem svijeta. Pogledati ćemo neke od njih.

#### 4.1 NXT Rubik's Cube Solver

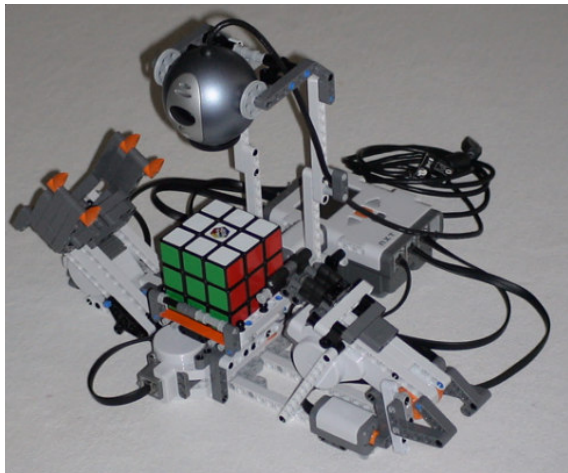
Jedan od najdojmljivijih robota je NXT Rubik's Cube Solver. Kao što mu ime govori, robot je u mogućnosti složiti Rubikovu kocku. Robot koristi sva tri motora koji mu služe sa okretanje kocke u

različitim smjerovima Osim motora, za pravilno okretanje koristi dva senzora za dodir te senzor za svjetlost i web kameru.



Slika 3. Rubikova kocka

Kada robot ima kocku, okreće je i skenira svih šest strana te šalje podatke računalu. Nakon što program koji se izvodi na računalu odredi slijedeći potez, šalje se NXT bloku slijed naredbi. Pri konstrukciji je došlo do znatnih problema. Trebalo je postići dovoljnu snagu pritiska na kocku, a u isto vrijeme osigurati lagano okretanje njenih dijelova. Algoritmi za slaganje kocke su također napisani upravo za dotični robot i davao je optimalna rješenja za Rubikovu kocku. Broj poteza je trebao biti što manji, pošto je potrebno dosta vremena da se obavi svaki od poteza.



Slika 4. NXT robot slaže Rubikovu kocku

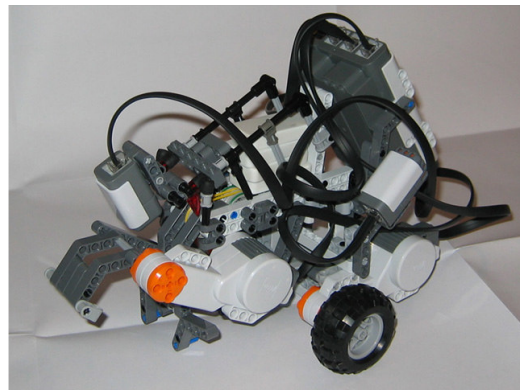
Prva generacija Mindstorms linije je koristila dva RCX bloka za konstrukciju istoga robota.



Slika 5. RCX – slaganje Rubikove kocke

#### 4.2 Domino Bot NXT

*DominoBotNXT* uz pomoć više motora kojima mjeri rotaciju postavlja domino kocke pazeći da ne sruši ostale. Robot koristi prilično kompleksan program, jer je teško napisati program za kretnju robota pomoću senzora na zahtjevnom terenu. Zahtjevni teren u slučaju *DominoBotNXT* – a je polje već postavljenih domino kocaka.



Slika 6. DominoBotNXT

#### 4.3 Alpha Rex

*Alpha Rex* jedan je od prvih NXT robota. U mogućnosti je hodati na dvije noge, što je jedna od najzahtjevnijih stvari koje današnji roboti mogu obaviti.



*Slika 7. Alpha Rex*

Uz pomoć dva motora s ugrađenim senzorom brzine rotacije te ultrazvučnim senzorom, Alpha Rex se može programirati tako da se može precizno kretati po različitim terenima.

## 5. Natjecanja i edukacija

Nakon prvoga programibilnog Lego seta, već se počela organizirati natjecanja u dizajnu i kreativnosti. Nakon što je 1998. godine izbačena na tržište prva generacija Mindstorms robota, natjecanja su počela privlačiti sve veći broj zaljubljenika u robotiku. S porastom mogućnosti nove programibilne Lego linije, dizajni su postali sve složeniji, a konstruirani roboti sve impresivniji.

### 5.1 Prva Lego liga

Prva Lego liga je natjecanje škola čiji su natjecatelji mlađi od 16 godina. Natjecanje se sastoji u konstrukciji Lego robota koji trebaju biti u mogućnosti da izvrše određeni broj zadataka. Svake godine, natjecanje se fokusira na drugu temu blisku znanosti. Konstruirani roboti moraju izvršavati funkciju koja je u sklopu teme. Prva Lego Liga koristi Mindstorms set za izgradnju robota, prve i druge generacije.

Prvo se ispituje učinkovitost robota. Svaki robot ima dvije i pol minute da izvrši što je više moguće zadataka. Popis zadataka je unaprijed određen s detaljnim opisom kako treba biti izvršen. U slučaju da robot stane s radom za vrijeme testa, članovi tima ga imaju pravo popraviti na račun negativnih bodova.

Nakon testiranja robota, svaki tim se ispituje od strane sudaca u trajanju od 10 minuta. Tim mora opisati dizajn i način rada robota. U slijedećem koraku ocjenjivanja, ocjenjuje se suradnja tima te kreativnost.

Kao što je već rečeno, svake godine se na natjecanjima Prve robotske lige izrađuju roboti vezani uz određeno znanstveno područje. Slijedi pregled tema od početka natjecanja do danas :

- 1999. Prvi svemirski kontakt
- 2000. Erupcija vulkana
- 2001. Arktički krug
- 2002. Funkcioniranje gradova
- 2003. Misija Mars
- 2004. Pomoć hendikepiranim osobama
- 2005. Ocean i podmorje
- 2006. Nano tehnologija – poboljšanje kvalitete života
- 2007. Izvori energije

### 5.2 Robotfest

Natjecanju mogu pristupiti učenici od 5. do 12. razreda, koji se formiraju u timovima do 5 članova. Cilj im je izgraditi i programirati dva robota koji će u isto vrijeme tokom dvije minute izvršavati zadatke. Iako je slično Prvoj Lego ligi, Robotfest dozvoljava upotrebu bilo kojega robotskog sustava. Pri Robotfest natjecanjima sve je dozvoljeno, poput upotrebe ljepila i sličnih trikova. Sponzoriran je od strane sveučilišta, i održava se svake godine.

### 5.3 Lego Mindstorms centri

Lego Mindstorms centri služe da bi upoznali djecu stariju od 8 godina s robotikom. Najprije se upoznaju s Mindstorms linijom, nakon čega počinju dizajnirati, programirati te testirati novoizgrađene robote. Proces je sličan kao i kod kompanija koje rade na najnovijim tehnologijama. Djeca rade u timovima od dvoje te se potiču na kreativnost i različite pristupe dizajniranju i programiranju robota. Kroz proces razvijaju timski rad, sposobnost rješavanja inženjerskih problema te shvaćaju da ne postoji samo jedan način da se dođe do riješena.

### 7. Zaključak

Zadnjih godina svjedočimo približavanja svijeta igračaka svijetu automatike i robotike. Principi, dizajni te programi koji se primjenjuju u Mindstorms proizvodima možemo pronaći u raznim industrijskih postrojenjima te u svakidašnjem životu. Lego je sa svojim Mindstorms linijama proizvoda približio jedan potpuno novi svijet velikom broju korisnika. Jedna od privlačnosti Mindstorms linije je u jednostavnosti. Iako je Lego stupio u jednu novu znanstvenu disciplinu, robotiku, i dalje se sve svodi na slaganje dijelova.

### 8. Literatura

1. [Lego Mindstorms NXT](#)
2. [Lego Mindstorms](#)
3. [Prva Lego liga](#)
4. [Wikipedia<sup>1</sup>](#)
5. [Wikipedia<sup>2</sup>](#)