SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

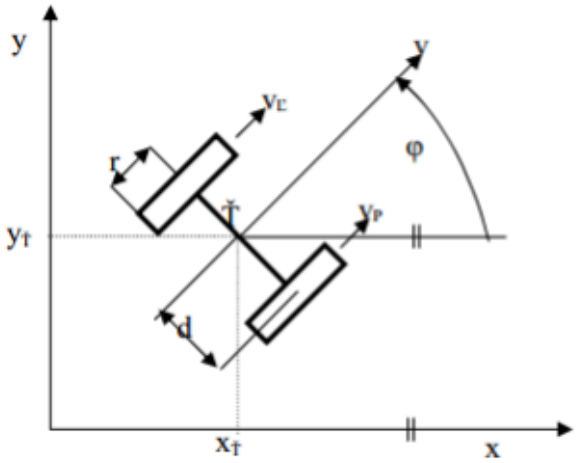
MOBILNÝ KOLESOVÝ ROBOT

ROBOTIKA

3 ZADANIE

2022 **Daniel Fundárek**

Zadanie: Navrhnite a realizujte vizualizáciu diferenciálneho podvozku. Na tomto type zadania by ste si mali precvičiť implementáciu odvodených kinematických rovníc diferenciálneho podvozku a zafixovať tak preberané učivo.



d = 0,1 m
r = 0,05 m

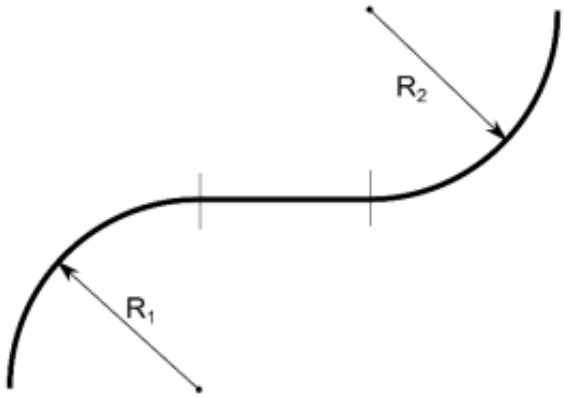
Obr. 1 Diferenciálny podvozok

Parametre diferenciálneho podvozku:
L (rozchod kolies) = 200 [mm]
r (polomer kolesa) = 50 [mm]

V rámci riešenia zadania sa zamerajte na nasledovné úlohy:

1. Vykreslite trajektórie **ťažiska** a **kolies** (rôznymi farbami). Vstupným argumentom pre vykresľovanie budú vektory: času, rýchlostí ľavého, pravého kolesa. Majme napríklad takéto tri ľubovoľné vektory: časový (napr. t=[0 5 10 15 20], rychlost_Laveho_kolesa=[2 -1 0 2 1], rychlost_Praveho_kolesa=[2 1 0 -2 1]). Vytvorte si tri takéto vektory s vlastnými hodnotami, ktoré vykreslia trajektórie kolies a ťažiska.
2. Vykreslite trajektóriu štvorec prostredníctvom ťažiska robota. Dovoľte užívateľovi definovať dĺžku strany štvorca a na základe toho vygenerujte príslušné časy a rýchlosti. Vykreslite aj trajektórie kolies.
3. Vykreslite trajektóriu krivka podľa obr. 2 prostredníctvom ťažiska robota. Dovoľte užívateľovi definovať R1, L1,R2 a na základe toho vygenerujte príslušné časy a rýchlosti. Vykreslite aj trajektórie kolies.
4. Vytvorte hru, kde pomocou šípok alebo W,A,S,D budete ovládať robota.

Zadanie č.3
z predmetu Robotika



Obr. 2 Trajektória krivka

Riešenie:

Na vykreslenie trajektórií ťažiska a kolies mobilného robota s diferenciálnym podvozkom sme implementovali kinematické rovnice diferenciálneho podvozku(1.1 – 1.3) v rámci programovacieho jazyka C# .NET.

$$R = \frac{L}{2}\frac{V_R+V_L}{V_R-V_L} \tag{1.1}$$

$$V_T = \frac{V_R+V_L}{2} \tag{1.2}$$

$$\omega_T = \frac{V_R-V_L}{L} \tag{1.3}$$

Z uhlovej a lineárnej rýchlosti vieme následne odvodiť uhol natočenia robota(1.4) a jeho polohu(1.5, 1.6).

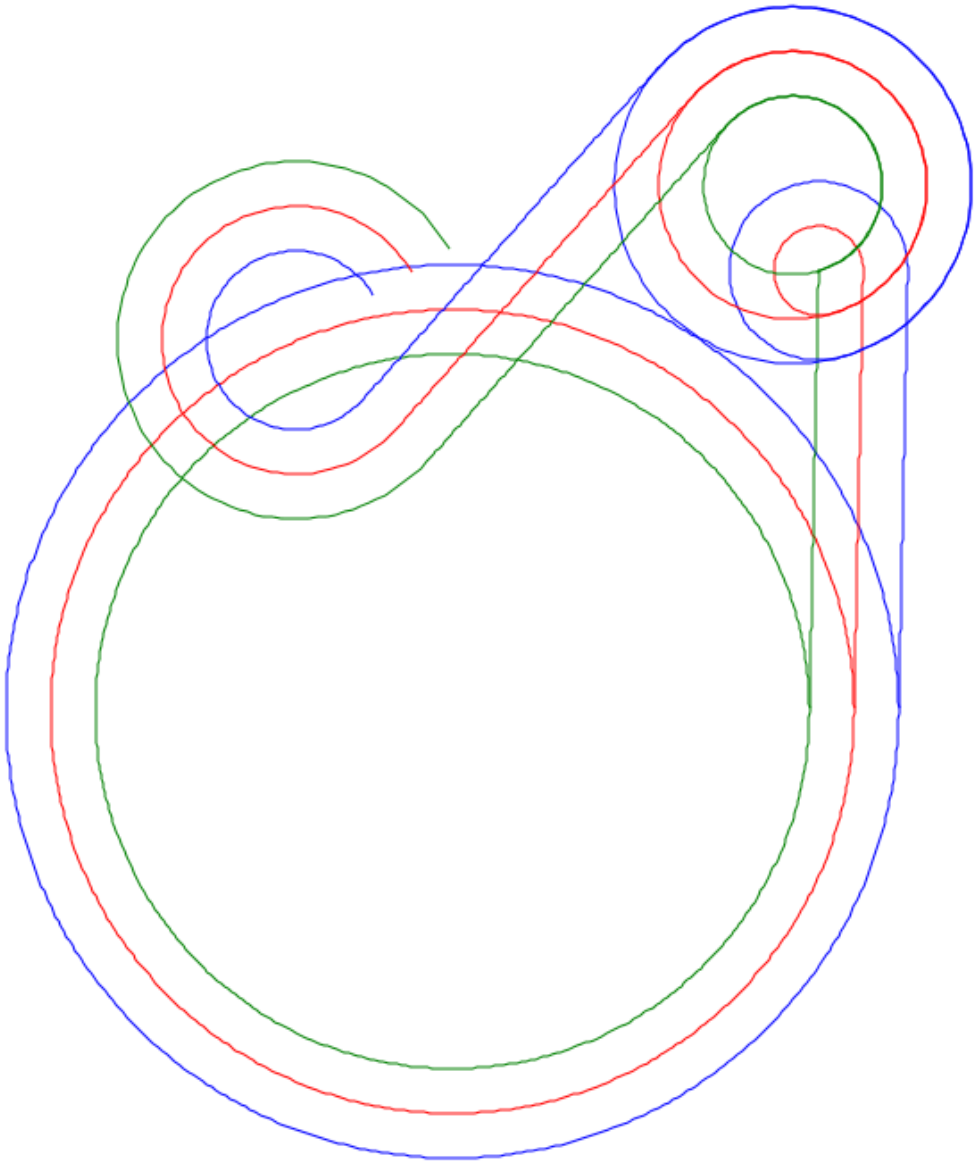
$$\varphi = \varphi + \Delta t.\omega_T \tag{1.4}$$

$$X_x = X_x + \Delta t.\sin(\varphi) \tag{1.5}$$

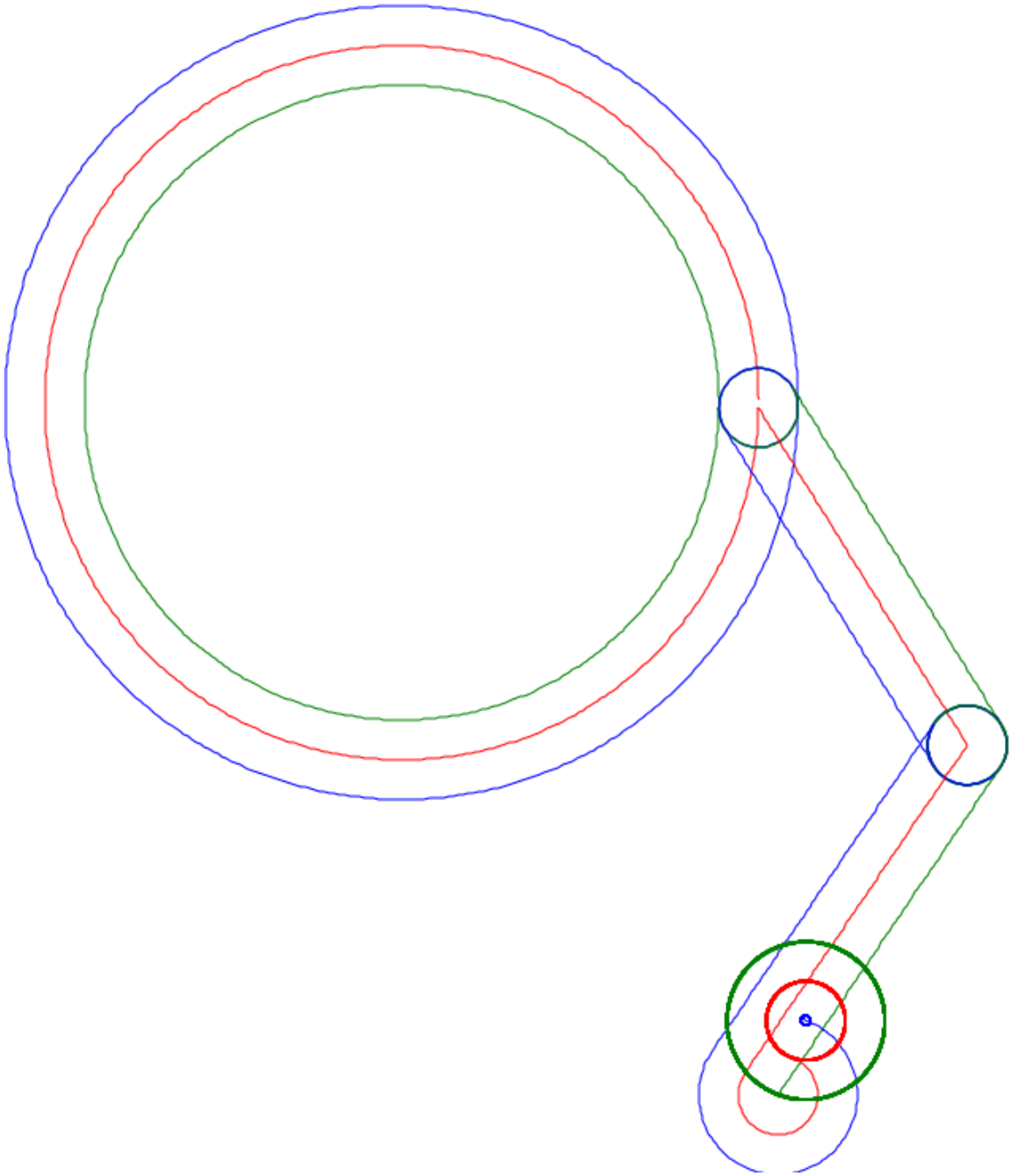
$$X_y = X_y + \Delta t.\cos(\varphi) \tag{1.6}$$

Trajektórie ťažiska a kolies robota som vykresľoval na Canvas v C#. Trajektórie reprezentujú čiary ktoré sú definovane aktuálnou a predošlou pozíciou ťažiska/ kolesa.

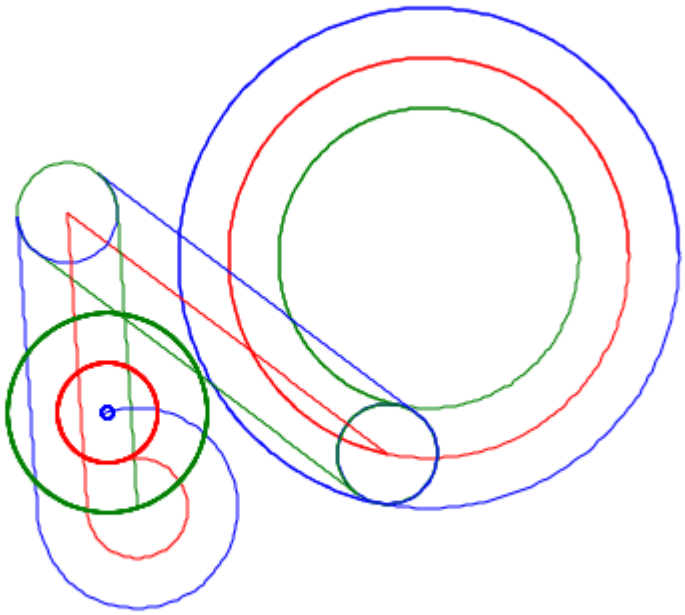
1. V prvej úlohe sme vykreslili trajektórie pomocou vektorov rýchlosti pravého a ľavého kolesa a vektorov časov v ktorých sa rýchlosti kolies menili.



Obr. 1: V_L = [1.25, 1, 1, 2, 1, 1, 0], V_R = [1, 1, 0, 1, 1, 2, 0], T = [0, 5, 6, 7, 9, 10, 11]

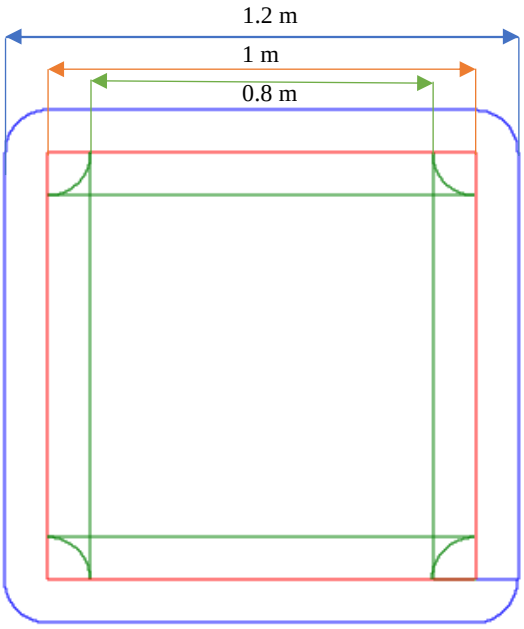


Obr. 2: V_L = [1.25, 1, 1, -1, 1, 1, 0], V_R = [1, -1, 1, 1, 1, 0.5, 0], T = [0, 5, 6, 7, 9, 10, 11]

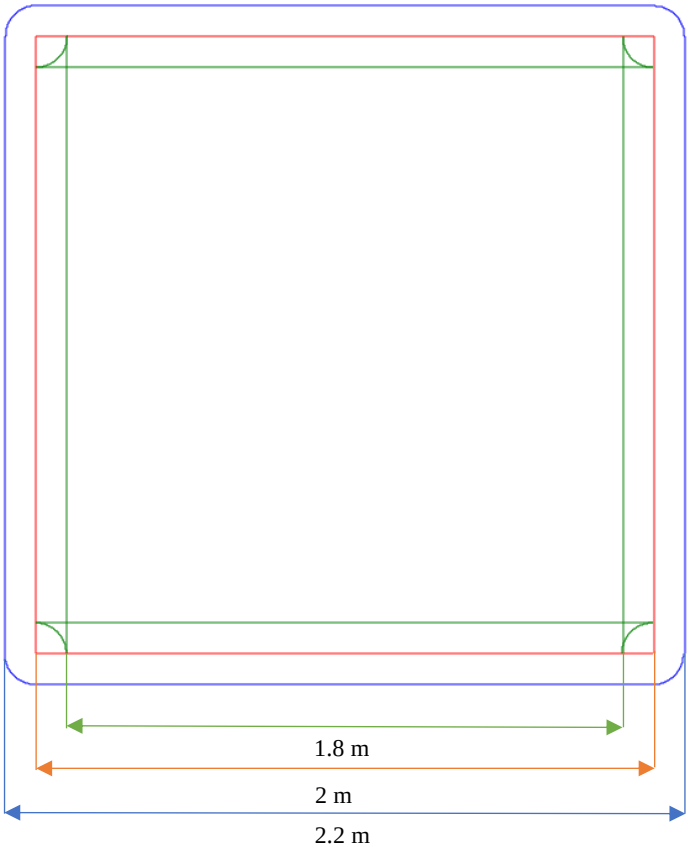


Obr. 3: V_L = [1.25, 1, 1, -1, 1, 1, 0], V_R = [0.75, -1, 1, 1, 1, 0.5, 0], T = [0, 4.3, 5.2, 6, 6.4, 7, 8]

2. V druhej úlohe sme vykresľovali štvorcovú trajektóriu ťažiska s nastaviteľnou stranou štvorca a taktiež sme vykresľovali trajektórie kolies.

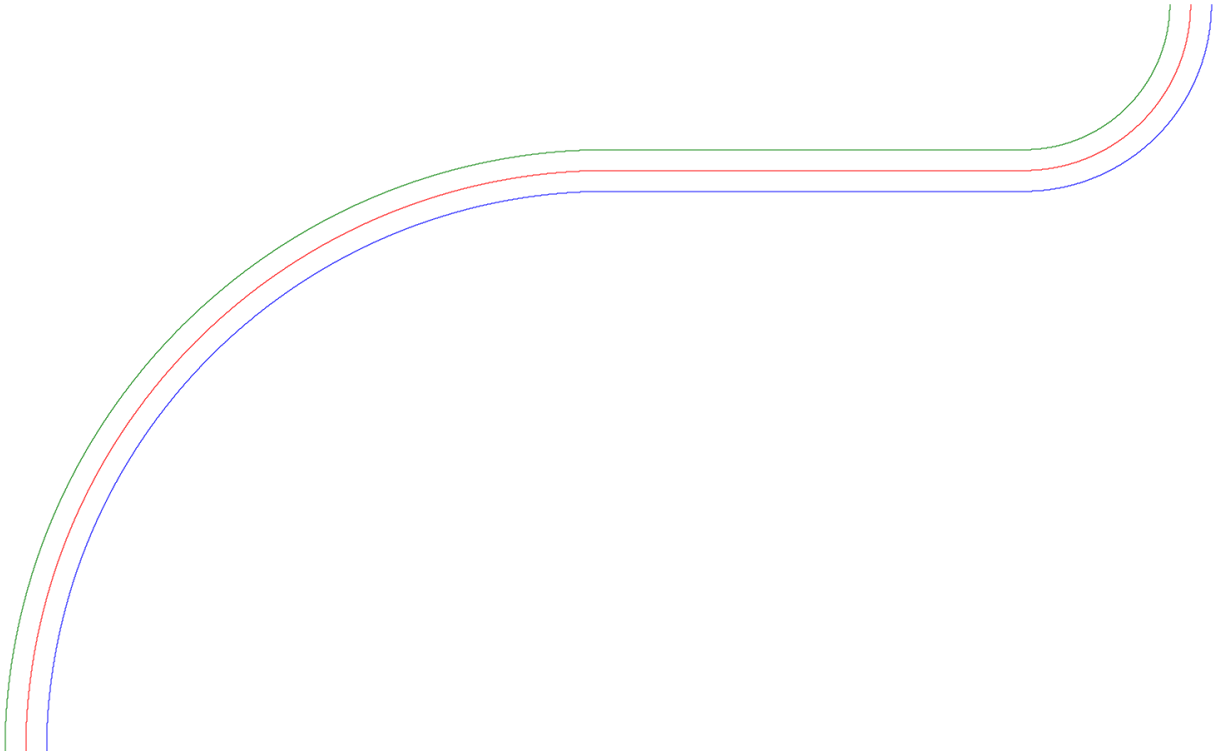


Obr. 4: Štvorcová trajektória ťažiska s dĺžkou strany 1 m

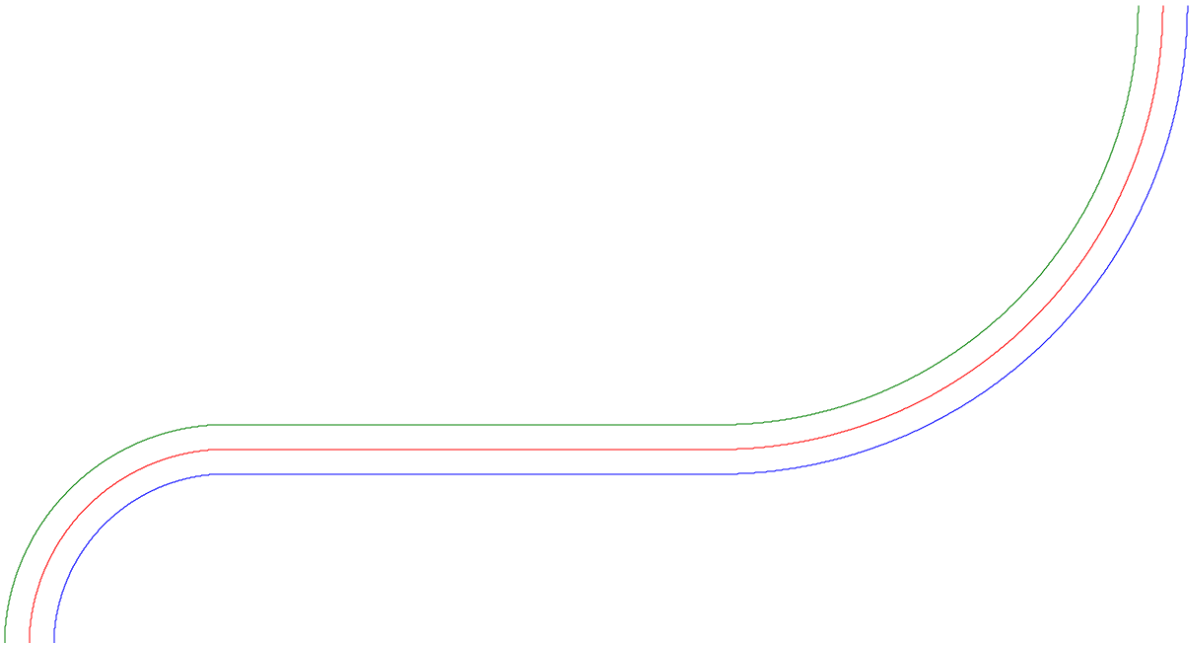


Obr. 5: Štvorcová trajektória ťažiska s dĺžkou strany 2 m

V 3 úlohe sme vykresľovali S krivku na základe zadaných polomerov(radius) otáčania R1, R2 a dĺžky L.

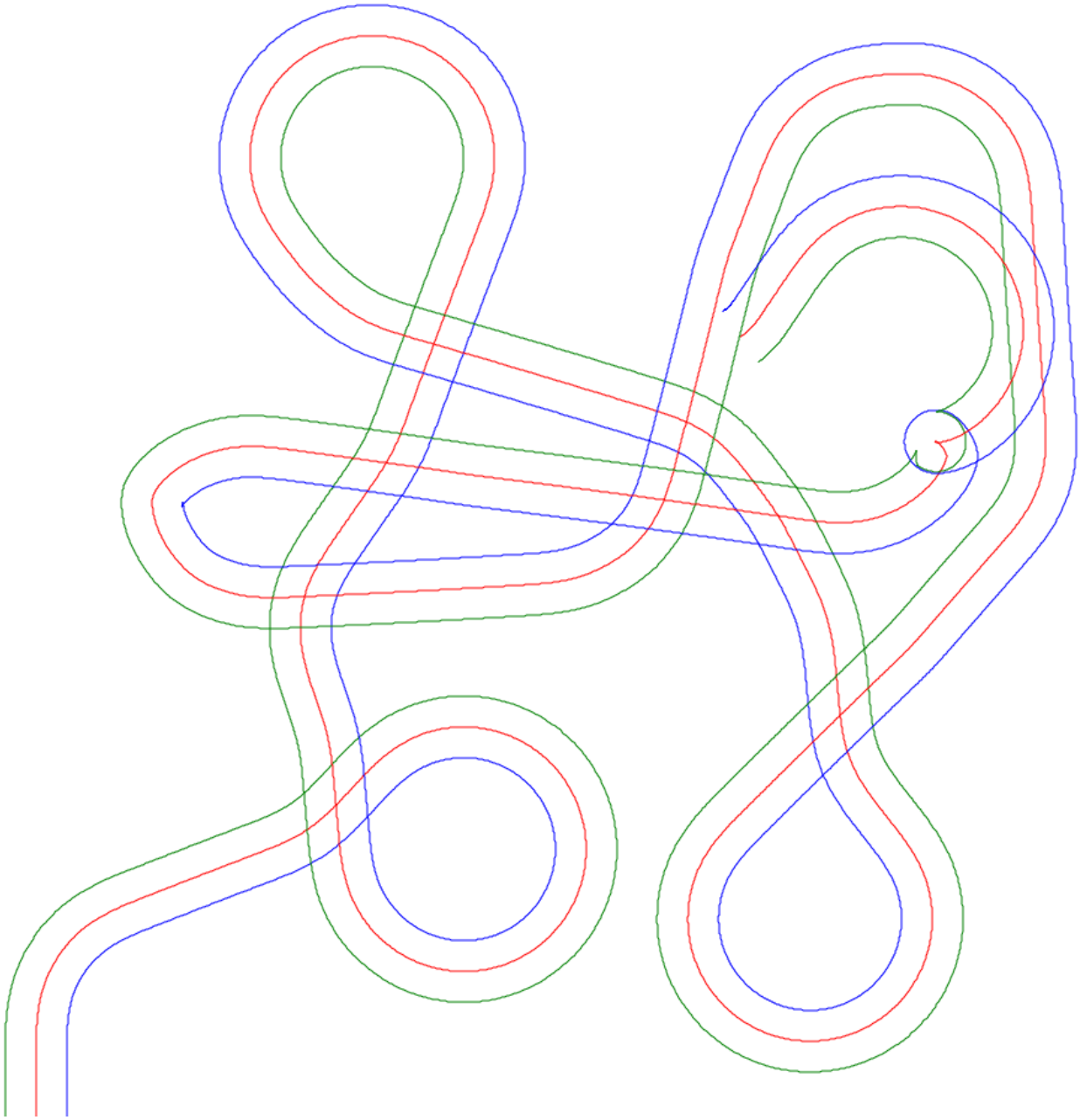


Obr. 6: Trajektória ťažiska opisujúca S krivku s parametrami R_1 = 3 m, L = 2 m, R_2 = 1 m



Obr. 7: Trajektória ťažiska opisujúca S krivku s parametrami R_1 = 1 m, L = 2 m, R_2 = 2 m

V poslednej úlohe sme vytvorili hru v ktorej ovládame robota s diferenciálnym podvozkom. Pomocou šípok UP a DOWN sa ovláda lineárna rýchlosť a LEFT a RIGHT sa ovláda rotačná rýchlosť robota. V hre je zakomponovaná aj zotrvačnosť pohybu. To jest keď pustime šípky a robot sa pohybuje začne postupne lineárne spomaľovať dokým nezastane.



Obr. 8: Trajektória ťažiska a kolies robota vykreslená pri ovládaní robota pomocou šípok na klávesnici

Spustenie:

Na spustenie aplikácie je nutné mať nainštalovaný program Visual Studio alebo jeho ekvivalent. Súčasne je nutné mať nainštalovaný framework .NET verziu 4.7.2. Projekt WpfApp1 otvoríme vo Visual Studiu. Následne zapneme aplikáciu pomocou klávesy F5 alebo v menu Debug – start with debugging.

Záver:

V rámci zadania sme si utvrdili znalosti o diferenciálnom robote, taktiež sme sa naučili základy programovania v jazyku c# a osvojili sme si jeho grafický framework wpf. Zostrojili sme program v ktorom sa dajú prepínať módy v ktorých robot vykresľuje trajektórie ťažiska a kolies podľa zadania. Súčasne sme naprogramovali hru v ktorej ovládame pohyb robota pomocou šípok. Zadanie som vypracoval sám.

Literatúra:

Cvičenia a prednášky z robotiky

https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/api/system.windows.threading.dispatchertimer?view=windowsdesktop-6.0

https://docs.microsoft.com/en-us/visualstudio/designers/getting-started-with-wpf?view=vs-2022

Prílohy:

Position.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace WpfApp1
{
    // Position class consists of the position x,y and their INT equivalent
    public class Position
    {
        private double x;
        private double y;

        public int IntX { get; set; }
        public int IntY { get; set; }

        public Position(double x, double y)
        {
```

```
            setX(x);
            setY(y);
        }

        public Position()
        {
            this.x = 0;
            this.y = 0;
        }


        public void setX(double x)
        {
            this.x = x;
            this.IntX = (int) x;
        }

        public void setY(double y)
        {
            this.y = y;
            this.IntY = (int) y;
        }

        public double getX()
        {
            return this.x;
        }
        public double getY()
        {
            return this.y;
        }
    }
}
```

Controller.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Diagnostics;
using System.Diagnostics.Eventing.Reader;
using System.Linq;
using System.Printing;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
```

```
namespace WpfApp1
{

    internal class Controller
    {
        private const int OFFSETX = 30;//200; // pozicia na canvase na zaciatku
        private const int OFFSETY = 10;//200; // pozicia na canvase na zaciatku

        private const int SCALE = 250;   // mierka
        private double L = 0.2;          // m  rozchod kolies
        private const double D = 0.1;    // m  vzdialenost medzi taziskom a kolesom
        private double r = 0.05;         // m  polomer kolesa

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////// zadane premenne ///////
        private double[] velLeftWheelArray = new double[] { 1.25, 1, 1, -1, 1, 1, 0};
// vektor rychlosti laveho kolesa                    ///
        private double[] velRightWheelArray = new double[] { 1, -1, 1, 1, 1, 0,5, 0};
// vektor rychlosti praveho kolesa                   ///
        private double[] timeStamps = new double[] { 0, 5, 6, 7, 9, 10, 11 };      //
vektor casov                                         ///

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////////////////////////////////////////////////

        private double velRightWheel = 0; // rychlost praveho kolesa
        private double velLeftWheel = 0;  // rychlost laveho kolesa
        private int timeIndex = 0;
        public double timeDev = 0.001;     //  rychlost simulacie/frekvencia casovaca
v sekundach
        private int leftRightArrow;       // Keyboard sipky LEFT = -1 || RIGHT = 1
        private int upDownArrow;          // Keyboard sipky DOWN = -1 || UP = 1
        private double rotVel;            // rad/s
        private double linVel;            // m/s
        private double angle;             // rad
        private double currTime;          //s
        public Position prevPosition = new Position(OFFSETX, OFFSETY);             //
predchadzajuca pozicia Taziska
```

```
        public Position position = new Position(OFFSETX, OFFSETY);                  //
pozicia Taziska
        public Position prevLeftWheel =new Position();                              //
predchadzajuca pozicia laveho kolesa
        public Position prevRightWheel = new Position();                            //
predchadzajuca pozicia praveho kolesa
        public  Position  leftWheel=  new  Position(OFFSETX  -  SCALE*D,  OFFSETY);
//  pozicia laveho kolesa
        public  Position  rightWheel=  new  Position(OFFSETX  +  SCALE  *  D,  OFFSETY);
//  pozicia praveho kolesa


        public Controller()
        {

        }

        // runGame fcn - incorporates main logic that control the game
        // runGame fcn - implementuje logiku ktora ovlada hru
        public void runGame()
        {
            KeyListener();
            Debug.WriteLine(leftRightArrow);
            changeVel();
            angle = calculateAngle(rotVel, angle, timeDev);
            calculatePosition(position, prevPosition, linVel, angle, timeDev);
            calculateWheelPosition(position, rightWheel, prevRightWheel, D, angle +
Math.PI / 2);
            calculateWheelPosition(position,  leftWheel,  prevLeftWheel,  D,  angle  -
Math.PI / 2);
        }

        // runLogic - logic for tasks 1,2,3
        // logika na vykonanie uloh 1,2,3 zo zadania
        public void runLogic()
        {
            changeVelOfWheel();
            linVel = calculateLinVel(velLeftWheel, velRightWheel);
            rotVel = calculateRotVel(velLeftWheel, velRightWheel, L);
```

```
            angle = calculateAngle(rotVel, angle, timeDev);
            calculatePosition(position, prevPosition, linVel, angle, timeDev);

            calculateWheelPosition(position, rightWheel, prevRightWheel, D,angle
+Math.PI/2);

            calculateWheelPosition(position,leftWheel, prevLeftWheel, D, angle -
Math.PI / 2);




            currTime += timeDev;
        }
        // calculate linear velocity of the robot
        // vypocet linearnej rychlosti robota
        private double calculateLinVel(double leftWheelVel, double RightWheelVel)
        {

            return (leftWheelVel + RightWheelVel) / 2;

        }
        // calculate rotational velocity of the robot
        // vypocet rotacnej rychlosti robota
        private double calculateRotVel(double leftWheelVel, double rightWheelVel,
double wheelBase)
        {
            return (rightWheelVel - leftWheelVel) / wheelBase;
        }

        // calculatet angle of rotation in radians
        // vypocet uhla otocenia v radianoch
        private double calculateAngle(double rotVelocity, double previousAngle,
double timeDeviation)
        {
            double angle = previousAngle + rotVelocity * timeDeviation;
            if (angle > 2 * Math.PI)
            {
                angle -= 2 * Math.PI;
```

```
            }
            else if (angle < 0)
            {
                angle += 2 * Math.PI;
            }

            return angle;
        }
        // calculate position - X and Y coordinates of the robot
        // vypocitaj poziciu - x,y suradnice robota
        private void calculatePosition(Position _position, Position _prevPosition,
double _linVel, double angleR, double timeDeviation)
        {
            _prevPosition.setX(_position.getX());
            _prevPosition.setY(_position.getY());
            double linDeviation = _linVel * timeDeviation * SCALE;
            _position.setX(_position.getX() +  linDeviation * Math.Sin(angleR)); //
*3
            _position.setY(_position.getY() +  linDeviation * Math.Cos(angleR)); //
*3
        }

        // calculate position of the wheel
        // vypocitaj poziciu - x,y suradnice kolesa
        private void calculateWheelPosition(Position reference,Position _position,
Position _prevPosition, double linDeviation, double angleR)
        {
            _prevPosition.setX(_position.getX());
            _prevPosition.setY(_position.getY());

            _position.setX(reference.getX()    +    SCALE    *    linDeviation    *
Math.Sin(angleR)); // *3
            _position.setY(reference.getY()    +    SCALE    *    linDeviation    *
Math.Cos(angleR)); // *3
        }

        // iteration over velocity vectors of the wheels and setting duration of that
velocity
```

```
        // iterovanie cez vektor rychlosti kolies a nastavenie casu trvanie rychlosti
kolies
        private void changeVelOfWheel()
        {
            if (timeStamps[timeIndex] <= currTime)
            {
                velLeftWheel = velLeftWheelArray[timeIndex];
                velRightWheel = velRightWheelArray[timeIndex];
                if (timeIndex != timeStamps.Length - 1)
                {
                    timeIndex++;
                }



            }
        }

        //draw rectangle of defined size
        // kreslenie stovrca definovanej velkosti
        public void drawRect(int size)
        {
        velLeftWheelArray = new double[] { 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 0 };
        velRightWheelArray = new double[] { 2, -2, 2, -2, 2, -2, 2, -2, 0 };
        timeStamps = new double[velLeftWheelArray.Length];
        for (int i = 0; i < velLeftWheelArray.Length - 1; i++)
        {
            if (i == 0)
            {
                timeStamps[0] = 0;
            }
            if (calculateLinVel(velLeftWheelArray[i], velRightWheelArray[i]) != 0)
            {
                timeStamps[i+1]      =      timeStamps[i]      +      size      /
Math.Abs(calculateLinVel(velLeftWheelArray[i], velRightWheelArray[i]));
            }
            else              if              (calculateRotVel(velLeftWheelArray[i],
velRightWheelArray[i],L)!= 0)
            {
```

```
                timeStamps[i+1]    =    timeStamps[i]    +(Math.PI    /    2)    /
Math.Abs(calculateRotVel(velLeftWheelArray[i], velRightWheelArray[i],L));
            }
            else
            {
                timeStamps[i+1]=  0;
            }

        }

        }
        // draw S line with parameters R1 L R2
        // nakresli S krivku so zadanymi parametrami R1 L R2
        public void drawSLine(double R1, double L1, double R2)
        {
            velLeftWheelArray = new double[4];
            velRightWheelArray = new double[4];
            timeStamps = new double[4];
            double vt = 2;
            double vr = R1 * vt * 2 / L - vt;
            double vl = vr - vt * 2;
            double speedLimit = (vr + vl / 2) / vt;
            velLeftWheelArray[0] = vl/speedLimit;
            velRightWheelArray[0] = vr/speedLimit;

            timeStamps[0] = 0;
            timeStamps[1] = (Math.PI / 2) /calculateRotVel(vl,vr,L)*speedLimit;

            velLeftWheelArray[1] = 2;
            velRightWheelArray[1] = 2;
            timeStamps[2] = timeStamps[1]+ L1 / calculateLinVel(2, 2);

            vl = R2 * vt * 2 / L - vt;
            vr = vl - vt * 2;

            velLeftWheelArray[2] = vl/speedLimit;
            velRightWheelArray[2] = vr/speedLimit;

            velLeftWheelArray[3] = 0;
```

```
            velRightWheelArray[3] = 0;
            timeStamps[3] = timeStamps[2] + (-Math.PI / 2) / calculateRotVel(vl, vr,
L)*speedLimit;


        }

        // keyboard Listener
        // reaguje na stlacenie tlacidiel UP DOWN LEFFT RIGHT na klavesnici
        private void KeyListener()
        {

            if ((Keyboard.GetKeyStates(Key.Left) & KeyStates.Down) > 0)
            {
                leftRightArrow = -1;
            }
            if ((Keyboard.GetKeyStates(Key.Right) & KeyStates.Down)>0)
            {
                leftRightArrow = 1;
            }
            if  (((Keyboard.GetKeyStates(Key.Right)  &  KeyStates.Down)  ==  0)  &&
((Keyboard.GetKeyStates(Key.Left) & KeyStates.Down) == 0) )
            {
                leftRightArrow = 0;
            }

            if ((Keyboard.GetKeyStates(Key.Down) & KeyStates.Down) > 0)
            {
                upDownArrow = -1;
            }
            if ((Keyboard.GetKeyStates(Key.Up) & KeyStates.Down) > 0)
            {
                upDownArrow = 1;
            }
            if   (((Keyboard.GetKeyStates(Key.Up)   &   KeyStates.Down)   ==   0)   &&
((Keyboard.GetKeyStates(Key.Down) & KeyStates.Down) == 0))
            {
                upDownArrow = 0;
            }
```

```
}
// change rotational and linear velocity acording pressed buttons on keyboard
// zmen rotacnu a linearnu rychlost podla stlaceneho tlacitka na klavesnici
public void changeVel()
{

        // rot velocity
        //arrow 1 = right
        //arrow -1 = left
        // arrow 0 = no change

        if (upDownArrow == 1 && linVel < 4)
        {
            linVel += 0.05;
        }

        if (upDownArrow == -1 && linVel > -4)
        {
            linVel -= 0.05;
        }

        if (upDownArrow == 0 && linVel > 0)
        {
            linVel -= 0.05;
        }
        else if (upDownArrow == 0 && linVel < 0)
        {
            linVel += 0.05;
        }
        //////////////
        /// lin velocity
        if (leftRightArrow == 1 && rotVel < 10)
        {
            rotVel += 0.2;
        }

        if (leftRightArrow == -1 && rotVel > -10)
        {
            rotVel -= 0.2;
```

```
                }


                if (leftRightArrow == 0 && rotVel > 0)
                {
                    rotVel -= 0.2;
                }
                else if (leftRightArrow == 0 && rotVel < 0)
                {
                    rotVel += 0.2;
                }
        }
    }
}
```

MainWindow.xaml.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Data;
using System.Windows.Documents;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
using System.Windows.Media.Imaging;
using System.Windows.Navigation;
using System.Windows.Shapes;
using System.Windows.Threading;

namespace WpfApp1
{
    /// <summary>
    /// Interaction logic for MainWindow.xaml
    /// </summary>
    public partial class MainWindow : Window
    {
        private int mode = 3; // nastavenie modu 0 - zakladny rezim pohyb pomocou
dopredu naprogramovanych vektorov rychlosti kolies a casovych vektorov
                              //                1 - kreslenie stvorca pri kresleni
stvorca aby sme vykreslili pravouhly stvorec musime zmensit frekvenciu casovaca
                              //                    alebo zmensit mierku pretoze
dochadz k zaokruhlovaniu
                              //                2 - kreslenie S line
                              //                3 - hra
        private Canvas myCanvas;
        private Controller controller;
        ///
        public MainWindow()
```

```
        {
            InitializeComponent();
            this.controller = new Controller();
            switch (mode)
            {
                case 0:
                    break;
                case 1:
                    controller.drawRect(2); // rozmer strany stvorca
                    break;
                case 2:
                    controller.drawSLine(1,2,2);  // nastavenie polomerov S krivky
                    break;
                default:
                    break;
            }
            DispatcherTimer timer = new DispatcherTimer();
            timer.Interval = TimeSpan.FromSeconds(controller.timeDev);
            timer.Tick += timerFcn;
            timer.Start();


        }

        // timer function - called by the timer every x millisecs
        // timer funkcia - je volana casovacom ktora sa periodicky opakuje kazdych x
millisekund
        public void timerFcn(object sender, EventArgs e)
        {
            if (mode == 3)
            {
                controller.runGame();
            }
            else
            {
                controller.runLogic();
            }
            drawLine(MyCanvas,controller.prevPosition, controller.position,0);
            drawLine(MyCanvas, controller.prevLeftWheel, controller.leftWheel, 1);
            drawLine(MyCanvas, controller.prevRightWheel, controller.rightWheel, 2);



        }
        // draw function - used for drawing lines representing trajectory of the
center of mass and the wheels
        // drawLine - sluzi na vykreslovanie ciar reprezentujuce trajektorie taziska
a kolies robota
        public void drawLine(Canvas MyCanvas, Position lastPosition, Position
currPosition,int color)
        {

            Line line = new Line();
            line.X1 = lastPosition.IntX;
            line.Y1 = MyCanvas.ActualHeight - lastPosition.IntY;
            line.X2 = currPosition.IntX ;
            line.Y2 = MyCanvas.ActualHeight - currPosition.IntY ;
            if (color == 0)
```

```
            {
                line.Fill = Brushes.Red;
                line.Stroke = Brushes.Red;
            }
            else if (color == 1)
            {
                line.Fill = Brushes.Green;
                line.Stroke = Brushes.Green;
            }
            else
            {
                line.Fill = Brushes.Blue;
                line.Stroke = Brushes.Blue;
            }

            MyCanvas.Children.Add(line);
            // MyCanvas.Children.RemoveAt(MyCanvas.Children.Count);    // na
zmazanie robota

        }
    }
}
```

MainWindow.xaml

```
<Window x:Class="WpfApp1.MainWindow"
        xmlns="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation"
        xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
        xmlns:d="http://schemas.microsoft.com/expression/blend/2008"
        xmlns:mc="http://schemas.openxmlformats.org/markup-compatibility/2006"
        xmlns:local="clr-namespace:WpfApp1"
        mc:Ignorable="d"
        Title="Diferencialny podvozok" WindowState="Normal"
ResizeMode="CanMinimize" WindowStartupLocation="CenterScreen" Height="1080
        " Width="1920">

    <Grid>
        <Canvas Name="MyCanvas" Margin="0 0 0 0"></Canvas>
    </Grid>
</Window>
```