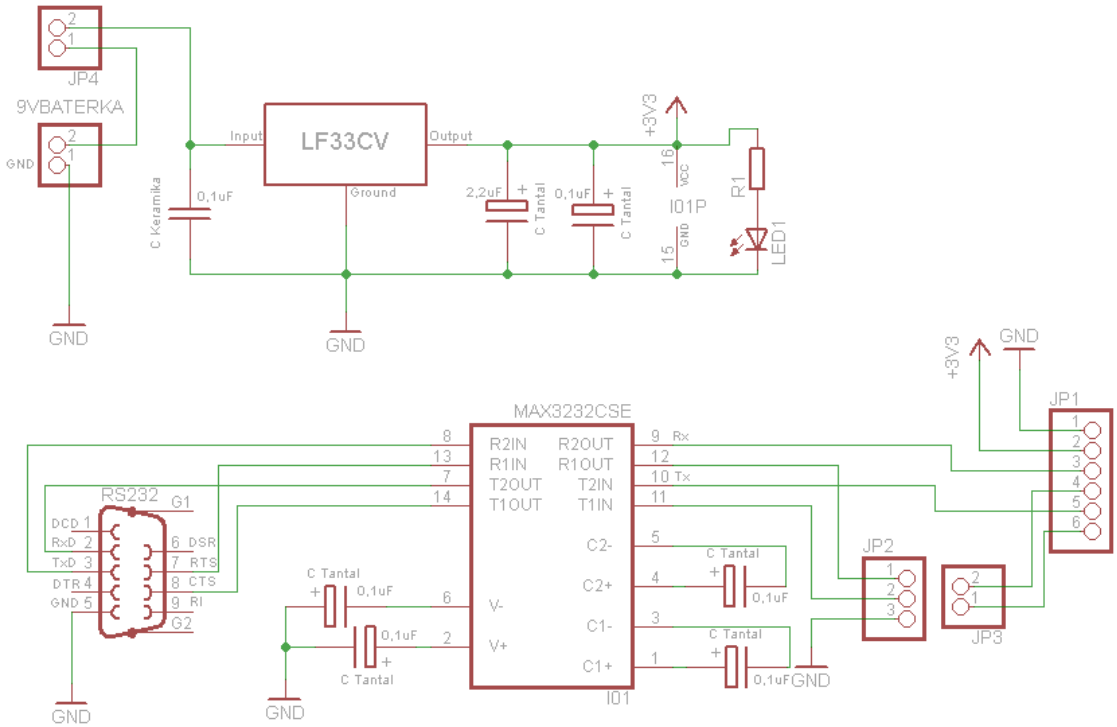


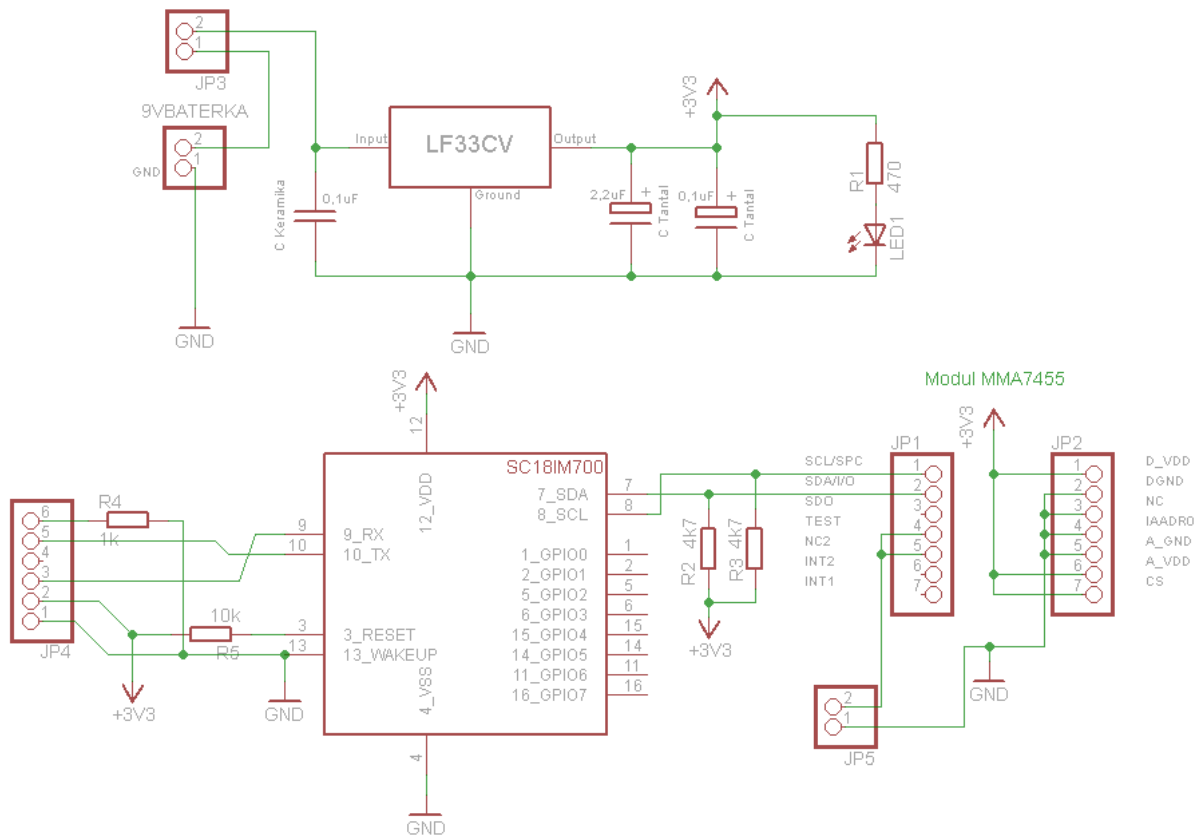
## **Seznam příloh**

I. Schéma zapojení.....	1
II. Deska plošných spojů .....	3
III. Laboratorní úloha do předmětu Biotelemetrie v českém jazyce .....	4
IV. Laboratorní úloha do předmětu Biotelemetrie v anglickém jazyce.....	14

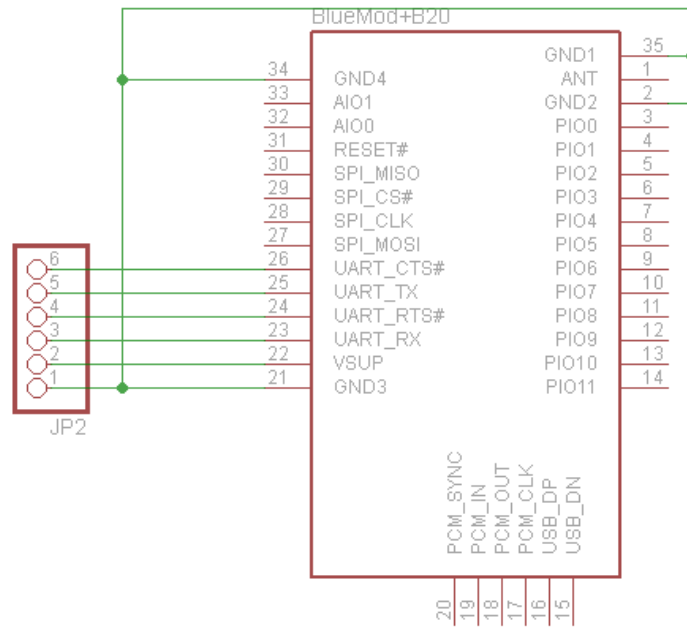
# I. Schéma zapojení



Obr. 1.1: Schéma přípravy u PC

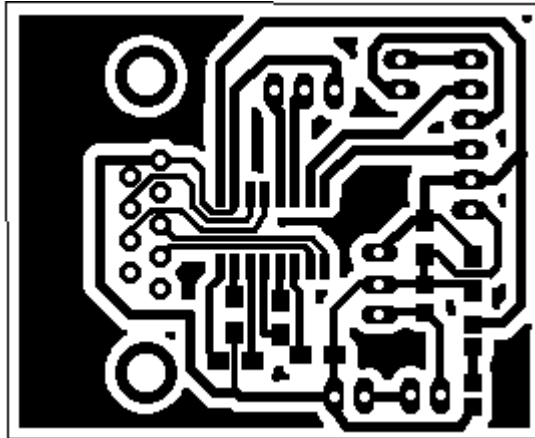


Obr. 1.2: Schéma přípravy s akcelerometrem

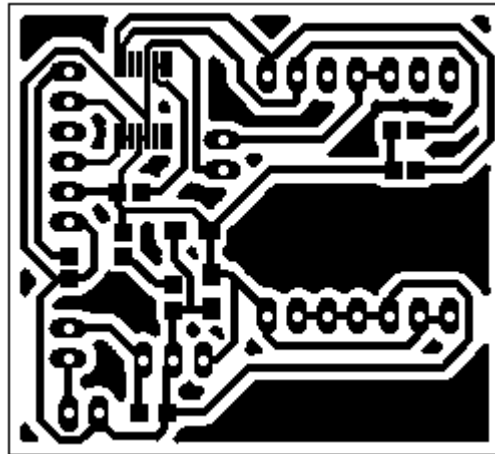


Obr. 1.3: Schéma bluetooth modulu

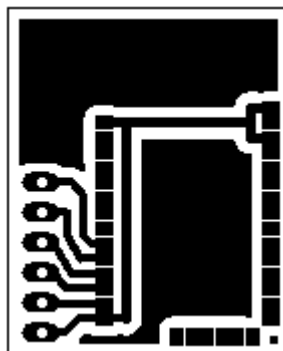
## II. Deska plošných spojů



Obr. 2.2: Deska přípravku u PC



Obr. 2.2: Deska přípravku s akcelerometrem



Obr. 2.3: Deska bluetooth modulu

### III. Laboratorní úloha do předmětu Biotelemetrie v českém jazyce

#### Bezdrátové zařízení pro určování polohy

##### *Cíl úlohy*

Prostřednictvím této laboratorní práce se naučíte:

- Pracovat se sériovou linkou RS232
- Nastavovat parametry Bluetooth modulu Stollman pomocí AT příkazů
- Zprovoznit bezdrátovou komunikaci mezi dvěma Bluetooth moduly
- Měřit s akcelerometrem MMA7455

##### *Zadání*

- 1) Seznamte se s programem Realterm.exe.
- 2) Seznamte se s dokumentací Bluetooth modulu a realizujte bezdrátovou komunikaci dvou modulů AT příkazy v programu RealTerm.
- 3) Proveďte kalibraci akcelerometru v aplikaci VYB052.m.
- 4) Připevněte akcelerometr na simulátor pohybu, změřte působící zrychlení a výchylku náklonu.
- 5) Vyzkoušejte orientační dosah zařízení.

##### *Použité vybavení*

- Pracovní stanice PC
- Přípravek s bluetooth modulem
- Přípravek s bluetooth modulem a akcelerometrem
- Matlab aplikace VYB052.m
- Program RealTerm.exe
- Simulátor pohybu
- Regulovatelný zdroj napětí

#### **Teoretický rozbor**

Data mohou být přenášena mezi dvěma zařízeními nebo větším počtem zařízení, které jsou připojeny ke společné sběrnici. Za sběrnici se označuje skupina řídicích, adresových a datových vodičů. Jejím účelem je zajistit přenos dat a řídicích povelů. Přenos dat probíhá vždy podle daných pravidel, které se podobají pravidlům mezilidské komunikace. Souhrn těchto pravidel se nazývá protokol.

Rozdělení přenosu dat z hlediska operace s bity:

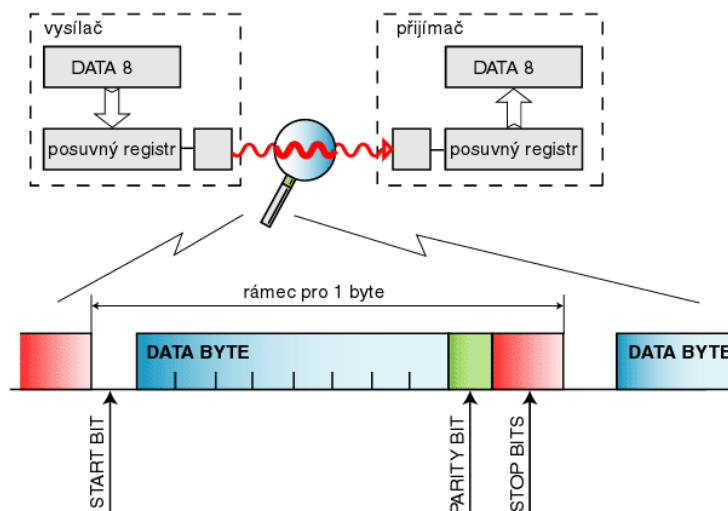
- Sériový
- Paralelní

Rozdělení přenosu dat z hlediska synchronizace:

- Synchronní
- Asynchronní

## Sériová komunikace

Princip sériové komunikace spočívá ve vysílání jednotlivých bitů přenášeného slova postupně. Vysílaný blok se skládá z 1 start bitu, 5 až 8 datových bitů, maximálně 1 paritního bitu a 1 až dvou stop bitů. Rozdíl sériové komunikace oproti paralelní komunikaci je především v úspoře použitých vodičů bohužel na úkor rychlosti přenosu.

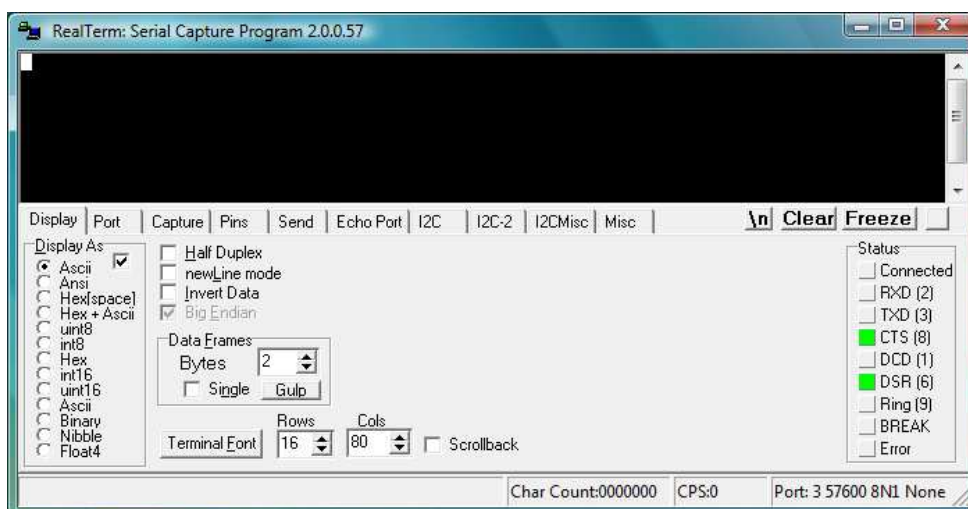


Obr. 3.3: Přenosový rámec

## RS 232

PC architektura používá pro sériovou komunikaci standardně rozhraní RS232 obsluhované řadičem 8250 zvaným UART. Přenos informací probíhá asynchronně. Na fyzické vrstvě odpovídá logická 1 hodnota napětí -15V až -3V, logická 0 hodnota napětí +3V až +15V. Hodnoty napětí od -3V do +3V jsou definovány jako zakázané pásmo, což je oblast, ve které nedokáže zařízení spolehlivě rozlišit logický stav, tím pádem může dojít k chybě při vyhodnocení datové informace.

K sledování komunikace probíhající po sériové lince a přístupu k sériovým portům počítače poslouží program Realterm. Program se spouští otevřením souboru Realterm.exe. Kvůli lepší orientaci v nastavení a ovládání sériového rozhraní, je program vybaven automatickou nápovědou, která se zobrazí, pokud zůstane kurzor delší dobu nad funkčním prvkem.



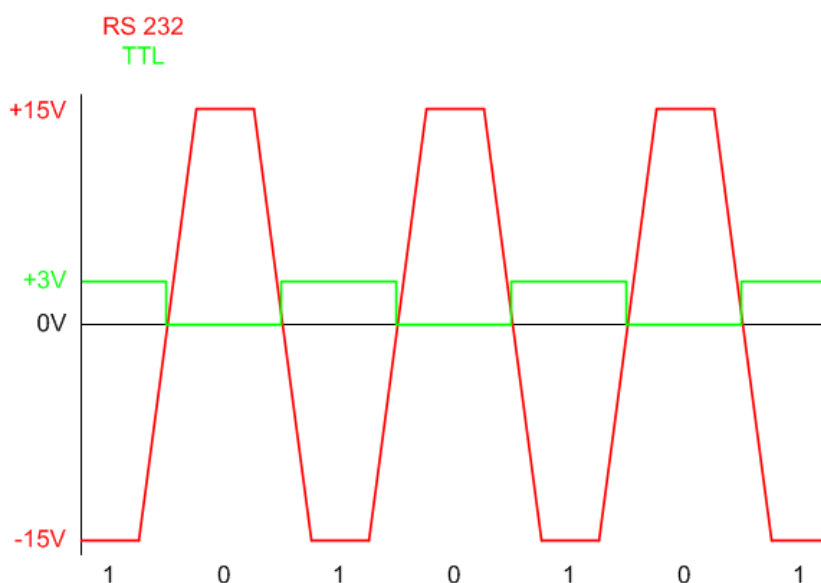
Obr. 3.4: Okno programu Realterm

## TTL

TTL (tranzistorově-tranzistorová logika) standard slouží pro implementaci digitálních integrovaných obvodů, vycházejících z použité technologie bipolárních křemíkových tranzistorů. Obvody technologie TTL používají napájecí napětí 3 V, z čehož vyplývá pro logickou jedničku napětí přibližně 3 V, pro logickou nulu napětí přibližně 0 V.

Jelikož klidový stav je u RS232 logická jednička, reprezentována záporným napětím. Logická nula je naproti tomu reprezentována napětím kladným. Může dosahované napětí  $-15$  až  $+15$  V, TTL obvody spolehlivě zničit.

Z tohoto důvodu je nutné použít obvod, který nám převede úroveň signálů z RS232 do úrovně 3V TTL. Jedním z nich je MAX 3232. Tento obvod je napájen 3 V a využívá nábojové pumpy pro tvorbu vyššího výstupního napětí.



Obr. 3.5: Napěťová úroveň RS232 versus TTL

## Bluetooth modul Bluemod+B20/AI

Modul Bluemod+B20/AI firmy Stollmann může být zabudován v různých zařízeních, které komunikují pomocí sériové linky. Díky nízkému napájecímu napětí 3,3V, je vhodný především pro bateriové aplikace. Dosah s integrovanou keramickou anténkou se pohybuje okolo 50 metrů. Splňuje specifikaci bluetooth V2.0+EDR. Podporuje serial point-to-point profil, který se nejčastěji používá jako náhrada za kabelové spojení, multipoint profil, terminál server profil a PC klient profil.

Pracuje v třech různých stavech. Příkazový, online příkazový a online datový. Jak příkazový tak online příkazový stav umožňuje jednoduše měnit konfiguraci modulu pomocí AT příkazu, přehled AT příkazu je součástí dokumentace k modulu. Na rozdíl od příkazového stavu, kdy je modul spojen se zařízením prostřednictvím kabelu, je spojení online příkazového stavu realizováno bezdrátově. Jestliže spárujeme modul s dalším bluetooth, přepne se automaticky do online datového stavu a začne přenášet data na vzdálené zařízení, v tomto případě nereaguje na AT příkazy. Návrat do příkazového stavu vyvoláme hardwarovým resetem nebo odpojením bluetooth modulu od napájení.

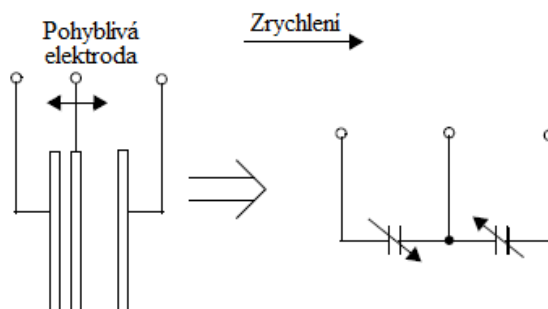
## Akcelerometr MMA 7455

Akcelerometry jsou inteligentní senzory určené pro měření statického nebo dynamického zrychlení. Kromě toho jsou však vhodné i pro určování náklonu nebo vibrací. Aktuálním trendem v jejich vývoji je technologie MEMS (Mikro-elektro-mechanické-systémy). Systém MEMS spočívá v zabudování mechanického subsystému, nutného pro převod fyzikální veličiny na elektrickou a elektronického subsystému zajišťující následné zpracování měřených dat (postprocessing) na jednom čipu. Do této kategorie také patří 3osý kapacitní akcelerometr MMA 7455 firmy Freescale.

Akcelerometr při měření využívá nelineární závislost kapacity na vzdálenosti elektrod kondenzátoru  $d$  (velikosti vzduchové mezery) podle vztahu.

$$C = \epsilon \cdot \frac{S}{d}$$

Kondenzátor má prostřední elektrodu pohyblivou, změna jejího pohybu respektive zrychlení se projeví změnou rozdílu kapacity (Obr. 1.4). Důležitým parametrem během výroby je zajistit lineární a dostatečně citlivý převod zrychlení na mechanický pohyb, který definuje měřicí rozsah zrychlení.



Obr. 3.4: Kapacitní snímač

O převod naměřené kapacity na dále zpracovatelný signál se postará ASIC (Aplikované-specifické-integrované obvody) elektronika, která naměřenou změnu kapacity pomocí multiplexoru postupně převádí na hodnoty napětí, které zesílí a následně navzorkuje zabudovaným A/D převodníkem, čímž získáme jejich digitální tvar, který lze posléze přečíst z registru. Pro každou osu je vyhrazen 8bitový registr.

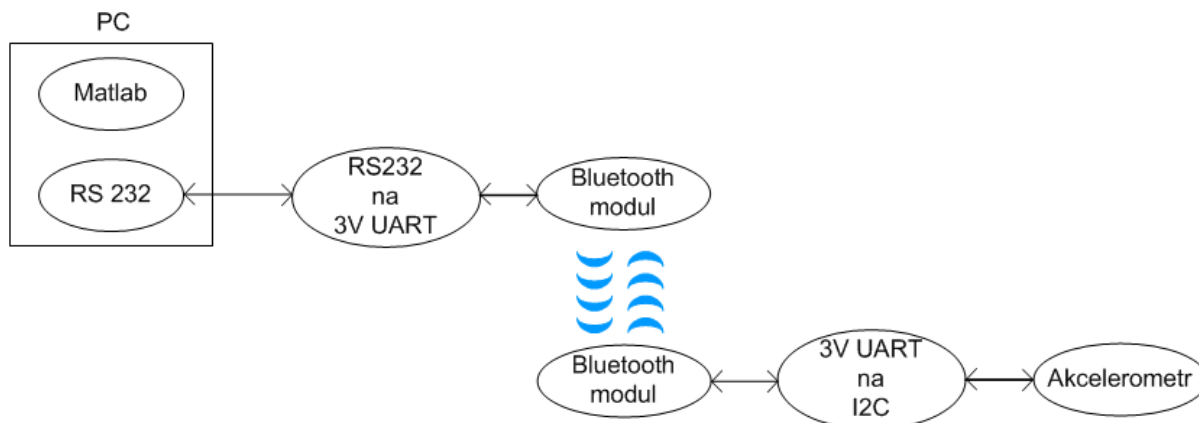
Data z akcelerometru jsou získávány prostřednictvím sběrnice I2C. I2C (Vnitřní integrovaný okruh) je počítačová sériová sběrnice vyvinutá firmou Philips, která umožňuje propojení mezi několika procesory (Masters) a periferními součástkami (Slaves) s pomocí dvou obousměrných vodičů. Sériovým datovým vodičem pro přenos adresy a dat (SDA) a hodinovým vodičem sloužícím k synchronizaci (SCL). Oba vodiče musí být připojeny ke kladnému napětí přes pull-up rezistory, což zajistí vysokou impedanci zařízení v neaktivním stavu, avšak zařízení přitom neustále vyhodnocuje signály na sběrnici.

Komunikaci mezi sběrnici I2C a sériovým rozhraním organizuje převodník SC18IM700, který se řídí jednoduchým zadáváním příkazu ve tvaru Ascii přímo z RS232.



## Pracovní postup

V této laboratorní úloze bude realizován měřicí řetězec znázorněný na následujícím obrázku.



Obr. 3.5: Měřicí řetězec

### Postup k bodu č.1: Seznamte se s program Realterm.exe.

- 1) Zapněte počítač a spusťte program Realterm.exe umístěný na ploše.
- 2) Prozkoumejte možnosti nastavení sériového rozhraní, soustřeďte se na záložky Display, Port a Send.
- 3) Vyplňte do tabulky vzadu význam předepsaných funkčních prvku, který získáte pomoci automatické nápovědy programu.

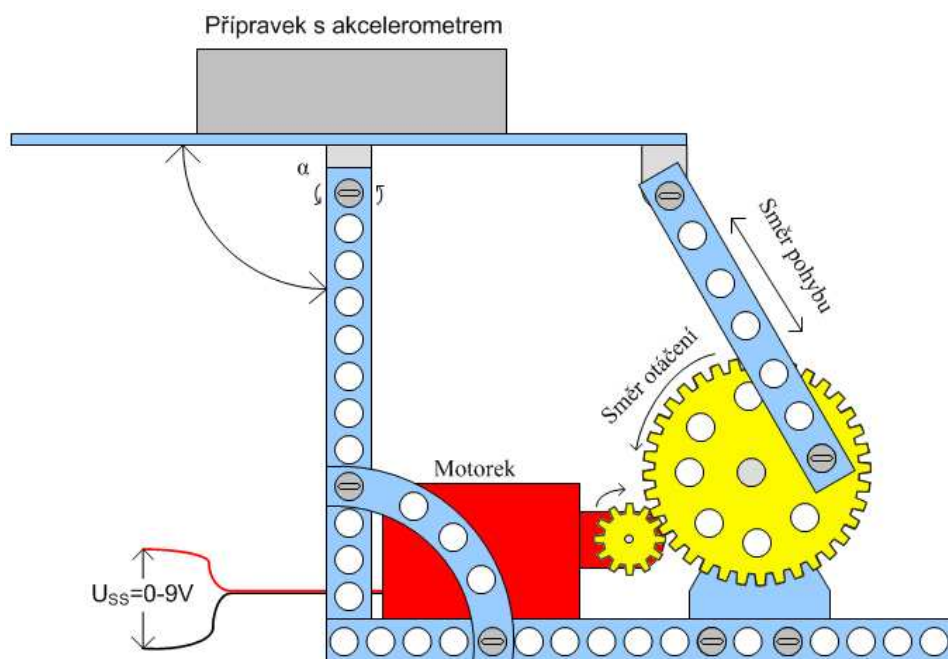
### Postup k bodu č.2: Seznamte se s dokumentací Bluetooth modulu, realizujte bezdrátovou komunikaci dvou modulu v programu RealTerm .

- 1) Prostudujte technickou dokumentaci k modulu.
- 2) Vyplňte údaje o modulu do tabulky.
- 3) V programu Realterm nastavte parametry sériového rozhraní:
  - a. V záložce Display zvolte ascii a potvrďte změny tlačítkem Change
  - b. Klikněte na záložku Port, vyberte správný port a změňte rychlost na 9600 bit/s opět potvrďte.
  - c. Přejděte do záložky Send a zaškrtněte sekvenci označující konec řádku "+CR" umístěnou v panelu EOL.
- 4) Vyzkoušejte, je-li modul připraven, v záložce Send na levé straně jsou dvě kolonky pro vkládání příkazu. Zde vložte příkaz ati a klikněte na Send ascii, pokud je modul připojen zobrazí se pojmenování modulu.
- 5) Spárujte bluetooth moduly, pošlete na sériovou linku příkaz atd 008025072F4B, pokud je vše v pořádku objeví se vám zpráva Connect. Zavřete program Realterm, ale spojení zůstane stále aktivní.

### **Postup k bodu č.3: Nakalibrujte akcelerometr a změřte pomoci simulátoru pohybu výchylku náklonu a působícího zrychlení.**

Pro měření je předpokládáno splnění předchozí kroku.

- 1) Položte přípravek na plochu, kde budete měřit.
- 2) V aplikaci VYB052 vyberte z hlavního menu kalibraci.
  - a. Na pravé straně okna se vám zobrazí nabídka s ovládacími prvky. Zmačkněte tlačítko start a počkejte, dokud se neustálí hodnoty kompenzace zrychlení, cca 30 sekund.
  - b. Stiskněte tlačítko další, nyní změnou polohy akcelerometru pohybuje s kuličkou zobrazenou v grafu pod nabídkou s ovládacími prvky.
  - c. Stiskněte tlačítko stop pro ukončení kalibrace.
- 3) Proveďte měření na simulátoru pohybu.
  - a. Připevněte přípravek s akcelerometrem na pohybující se plochu simulátoru.
  - b. Připojte simulátor pohybu k regulovatelnému zdroji napětí a nastavte výstupní stejnosměrné napětí na 2V.
  - c. V aplikaci VYB052 nejdříve vyberte měření zrychlení.
  - d. Zvolte měření všech tří os, stiskněte tlačítko start a naměřte 10 sekund záznamu pro rozsah 2,4,8g.
  - e. Naměřené grafy uložte pomoci printscreen ve windows.
  - f. Nastavte napájecí napětí simulátoru na 8V.
  - g. Změřte zrychlení pouze v ose X pro 2 a 8g. Poříd'te printscreeny.
  - h. Určete citlivost rozsahu pro 2 a 8g.
  - i. Nakonec vyzkoušejte měření náklonu na simulátoru pohybu. Nastavte rozsah 2g a napájecí napětí simulátoru na 2V. Opět graf uložte.
  - j. Všechny grafy vložte do výsledku.



Obr. 3.6: Simulátor pohybu

### Postup k bodu č.4: Vyzkoušejte orientační dosah zařízení.

- 1) Spusťte měření zrychlení.
- 2) Vzdalujte se s přípravkem obsahující akcelerometr od PC, dokud se hodnoty přestanou zobrazovat.
- 3) Poznamenejte si orientační dosah.

### Výsledky

#### Dílčí výsledky bod č.1

Piny	Popis
RXD	Přijímaná data
TXD	Výstupní data
DSR	Ukazuje status hlavního portu

Tab. 1.1: Popis pinu z nápovědy prog. Realterm

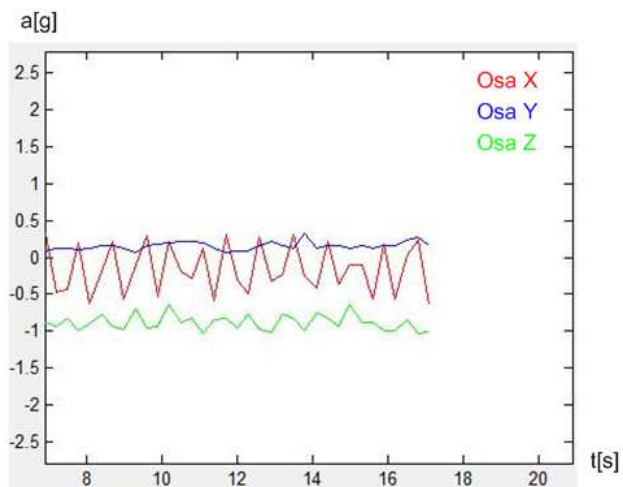
#### Dílčí výsledky bod č.2

Napájecí napětí	2,8 – 3,6
Bluetooth specifikace	V2.0+EDR
Sběrnice	USB, UART a I2C
Počet typických aplikací	4
ATD příkaz	Spárování bluetooth
ATI4	Adresa zařízení

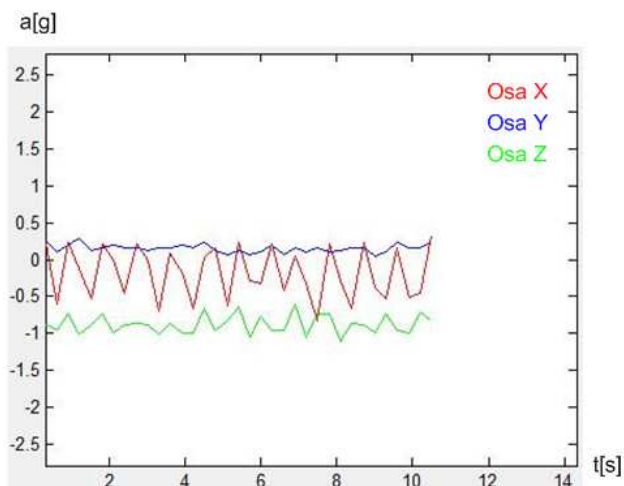
Tab. 1.2: Bluetooth popis

### Dílčí výsledky bodu č.3

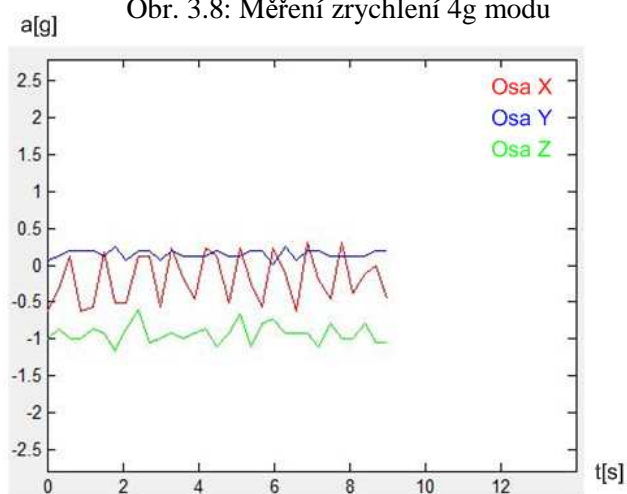
1) Měření zrychlení při napájecím napětí simulátoru 2V pro rozsah 2,4,8g.



Obr. 3.7: Měření zrychlení 2g modu

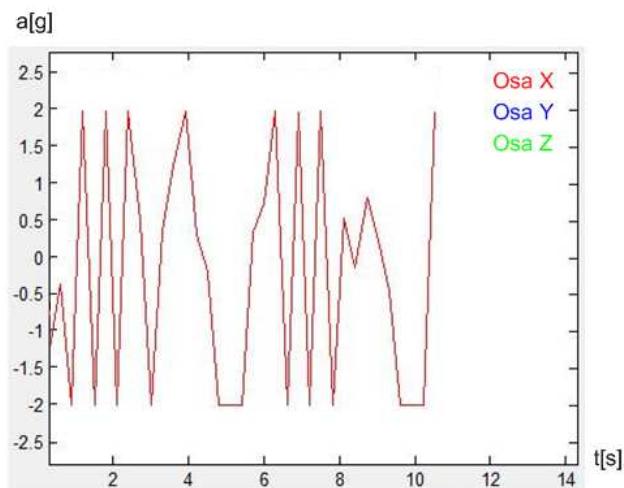


Obr. 3.8: Měření zrychlení 4g modu

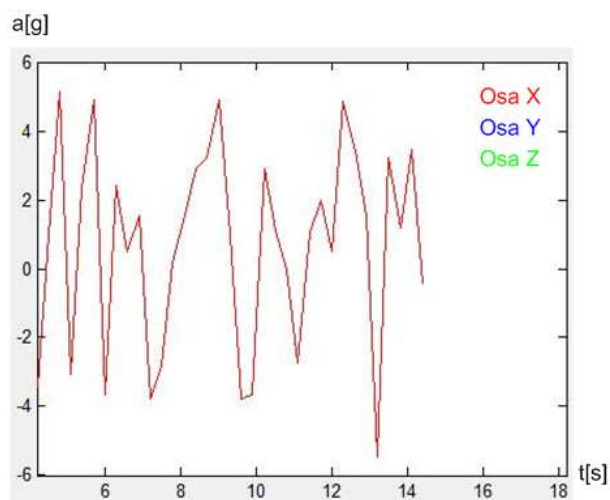


Obr. 3.9: Měření zrychlení 8g modu

- 2) Měření zrychlení na ose X při napájecím napětí simulátoru 8V pro rozsah 2 a 8g.

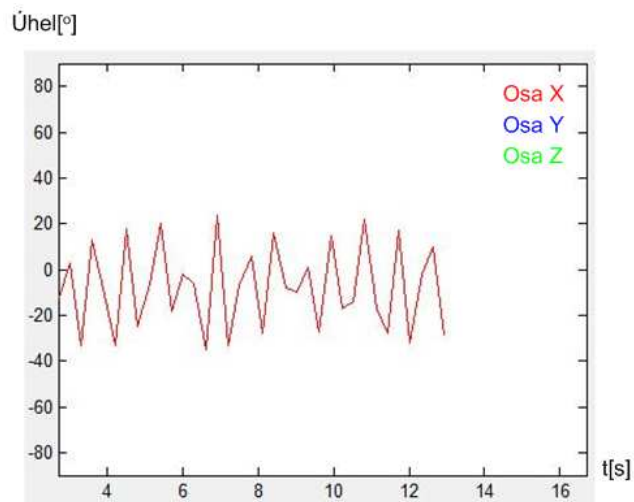


Obr. 3.10: Měření zrychlení na ose X v 2 g modu



Obr. 3.11: Měření zrychlení na ose X v 8 g modu

- 3) Citlivost akcelerometru je  $4(-2g \text{ až } +2g)/256=0,015625g$ . Pro rozsah 8g to bude  $16/256=0,0625g$ . Z toho vyplývá, že měření z rozsahem 2g je přesnější ale za cenu menšího rozsahu.
- 4) Měření náklonu na simulátoru pohybu. Nastavíme rozsah 2g a napájecí napětí simulátoru na 2V.



Obr. 3.12: Měření náklonu na ose X v 2 g modu

#### ***Dílčí výsledky bodu č.4***

Orientačním měřením jsme zjistili dosah 32 metrů.

## **IV. Laboratorní úloha do předmětu Biotelemetrie v anglickém jazyce**

### **Wireless device for measure position**

#### ***Target jobs***

Through the laboratory work you will learn:

- Work with serial RS232
- Set parameters Bluetooth Stollman module using AT commands
- Get the wireless communication between two Bluetooth modules
- Measure the accelerometer MMA7455

#### ***Entering***

- 1) Meet the program Realterm.exe.
- 2) Meet the documentation module and Bluetooth realize wireless communication module, using AT commands in the program RealTerm.
- 3) Calibrate the accelerometer in the application VYB052.m.
- 4) Attach the accelerometer for motion simulator, measure the operating speed and deflection angle.
- 5) Try the approximate range of the device.

#### ***Used Equipment***

- Workstations PC
- Preparation with Bluetooth module
- Preparation with Bluetooth module and an accelerometer
- Matlab applications VYB052.m
- Program RealTerm.exe
- Motion simulator
- Adjustable power supply

#### ***Workflow***

In this laboratory's role will be carried out measuring with the string in the diagram below.

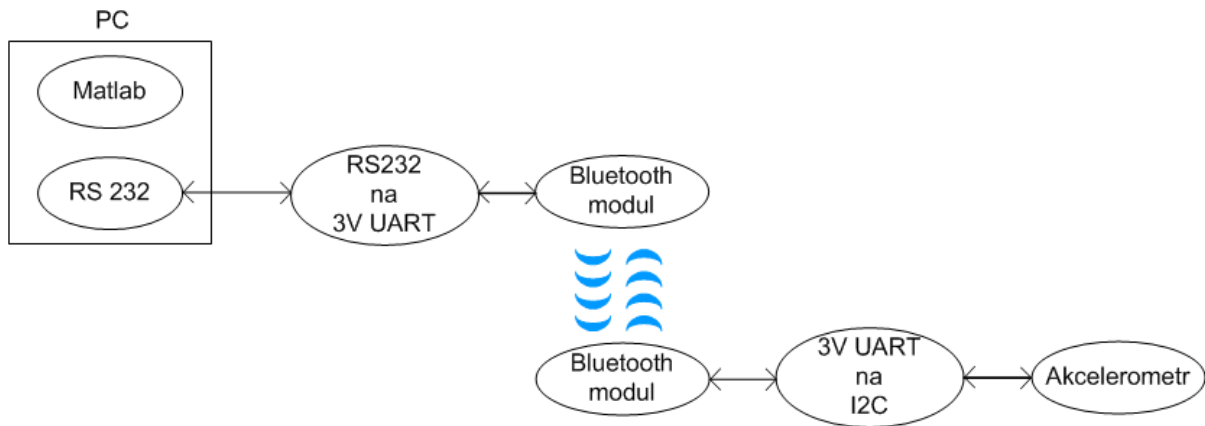


Fig. 4.1: Measuring Chain

***The procedure for point No. 1: Meet with program Realterm.exe.***

- 1) Turn on your computer and run Realterm.exe located on the desktop.
- 2) Explore the possibility of setting the serial interface, focus on the Display tab, and Send Port.
- 3) Fill in the table behind the importance of the required functional elements that you get from automatically help of the program.

***The procedure for point No. 2: Meet the documentation Bluetooth module Realize two wireless communication modules in the program RealTerm.***

- 1) Consult the technical documentation for the module.
- 2) Fill out the information about the module to the table.
- 3) Set parameters of the serial interface in Realterm:
  - a) On the Display tab, select the ASCII button and confirm changes Change.
  - b) Click the Port tab, select the correct port and change the speed to 9600 bit / s again to confirm.
  - c) Go to Send tab, and check the sequence marking the end of line "+ CR" at the EOL panel.
- 4) Check if the module is ready, the Send tab on the left are two boxes for entering the commands. Enter the command ati and click on the Send ascii, if the module is connected the module name is displayed.
- 5) Pair the Bluetooth module, send the serial command 008025072F4B etc, if everything is right you will see a Connect message. Close Realterm program, but the connection will still be active.

***Process to a point 3: Calibrate the accelerometer and measure with motion simulator deflection angle and acceleration.***

For the measurement is assumed to meet the previous step:

- 1) Place the preparation in an area where you measure.
- 2) In the application VYB052 select from the main menu calibration.



- a) On the right side you get a menu with control elements. Press the Start button and wait until the value of acceleration compensation is constant, about 30 seconds.
  - b) Click Next, now change the position of the accelerometer. It will be show in figure as moving ball.
  - c) Press the stop button to end calibration.
- 3) Make a measurement on simulator motion.
- a) Attach the preparation with an accelerometer on a moving surface of the simulator.
  - b) Connect the simulator to regulation source voltage and set the output DC voltage to 2V.
  - c) In the application, first select acceleration measurements.
  - d) Select the measurement of all three axes, press the Start button and record 10 seconds of measure for a range of 2,4,8 g.
  - e) Make an image from figura by printscreen in windows.
  - f) Set the source voltage of 8V.
  - g) Measure the acceleration only in the X-axis for 2 and 8g. Take a printscreen.
  - h) Determine the sensitivity range of 2 and 8g.
  - i) Finally, Try to measure tilt motion simulator. Set the range of 2g and source voltage to 2V. Again, save the figure.
  - j) All figures insert to the results .

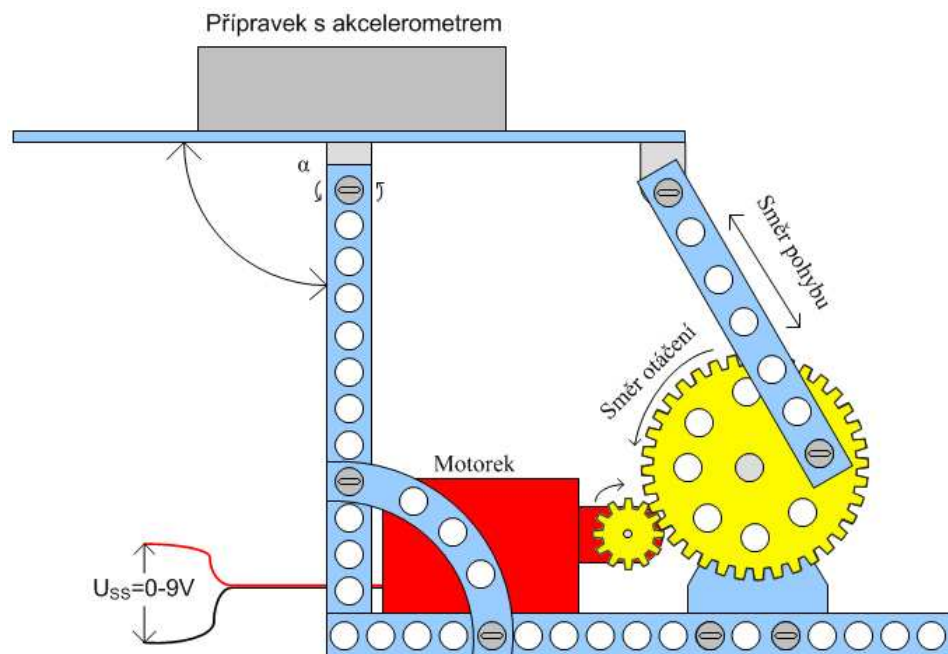


Fig. 4.2: Motion simulator

***Process to point No. 4: Try the approximate range of the device.***

- 1) Start measuring acceleration.
- 2) Go away with preparation containing the accelerometer from the PC until the values stop running.
- 3) Note the indicative range.