

ŘÍDICÍ SYSTÉM SENZORICKÉHO SUBSYSTÉMU MOBILNÍCH ROBOTŮ



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

Autor:

Bc. Jan Kredba

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Holada, Ph.D.

Ústav informačních technologií a elektroniky

Abstract

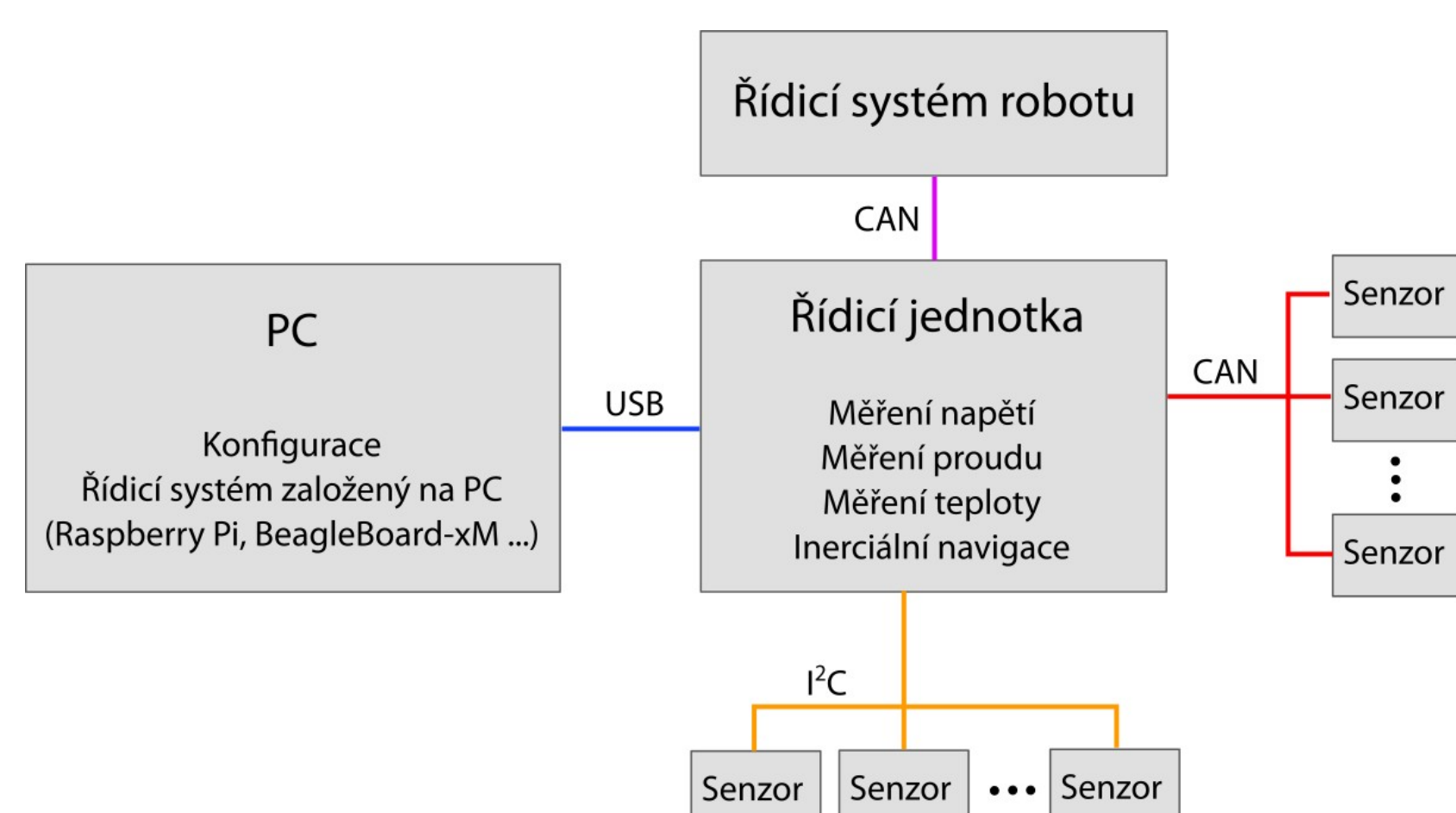
The subject of this thesis is R&D of control unit for the mobile robots sensory subsystem, designed especially for semiautonomous and autonomous exploration robots or autonomous trolleys used in logistics. The conception of the system with smart sensors and one central control unit was chosen to get maximal variability of complete system from the perspective of sensor's configuration. Interim goal of this thesis is implementation of sensory data software processing and its optimal final representation to the robot cognitive subsystem. The control unit was supplemented by intelligent ultrasonic sensors with advance digital signal processing and implementation of inertial navigation to create complete universal sensory subsystem, that can be directly implemented in robot control system.

Úvod a cíl práce

Mobilní roboty se staly velmi vyžívaným nástrojem v mnoha odvětvích lidské činnosti, zejména v logistických procesech nebo při výkonu specifických úkonů na člověku těžko dostupných či dokonce nebezpečných místech. Z důvodu maximální efektivity prováděných činností jsou často provozovány v semiautonomním či plně autonomním režimu. Ten ke své funkci vyžaduje zpětnou vazbu od okolního prostředí a vnitřního stavu robotu, jež je poskytována prostřednictvím senzorického subsystému. Cílem této práce je návrh a realizace řídicí jednotky senzorického subsystému, která zajistí sběr senzorických dat včetně jejich vyhodnocení a výsledek vhodně reprezentuje kognitivnímu subsystému, jenž je zodpovědný za vnější chování robotu. Z hlediska koncepce je kladen důraz na maximální variabilitu celého systému, týkající se konfigurace využitých senzorů. Proto byla využita koncepce s centrální řídicí jednotkou a soustavou inteligentních senzorů. Pro komplexnost celého řešení byla dále v rámci jednotky implementována inerciální navigace a byly vyvinuty inteligentní ultrazvukové senzory sloužící k mapování okolního prostředí.

Metodika

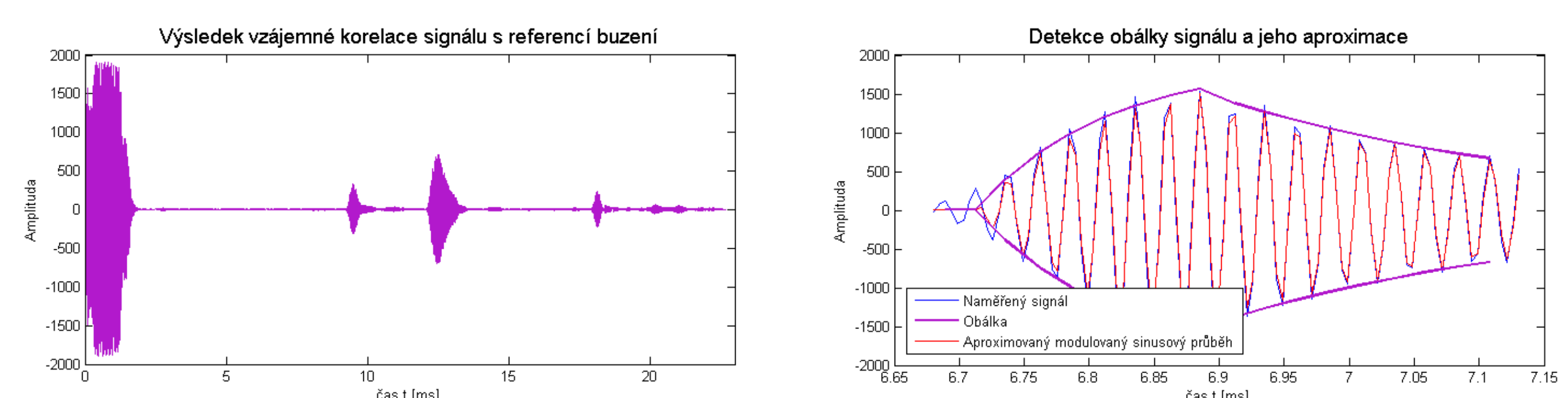
Maximální konfigurovatelnosti a univerzálnosti navrženého subsystému bylo dosaženo jeho centralizovanou strukturou s jedinou řídicí jednotkou a soustavou inteligentních senzorů, které byly k jednotce připojeny pomocí komunikačních sběrnic CAN nebo I²C. Základní předzpracování senzorických dat tak probíhalo přímo v senzorech a jednotce byly odesílány výsledky jednotlivých měření. Dále byla do jednotky zahrnuta základní měření veličin informujících o vnitřním stavu robotu, jako je napětí nebo proud. Z důvodu implementace inerciální navigace byl hardware doplněn o tříosý gyroskop a tříosý akcelerometr a pro sledování parametrů prostředí i o číslcový teploměr. Inerciální navigace byla realizována ve strap-down konfiguraci, kde v každém kroku vzorkování byla z úhlových rychlostí rotací okolo jednotlivých os určena aktuální orientace robotu. Na jejím základě byla následně při známých lineárních zrychleních podél stanovených os zjištěna změna polohy. Komunikace jednotky s ostatními subsystémy robotu byla zajištěna skrze vyhrazenou sběrnici CAN. Komunikaci s PC pro konfiguraci či využití poté obstarávalo integrované rozhraní USB. Schéma navrženého subsystému je vyobrazeno na obrázku 1.



Obrázek 1 – Schéma navrženého senzorického subsystému pro mobilní roboty

Pro úplnost subsystému byly dále zkonstruovány ultrazvukové senzory vzdálenosti využívající číslcového vyhodnocení signálu. To je založeno na kombinaci korelační metody s vyhodnocením fázového posuvu pro přesné určení vzdálenosti objektu. Vstupní signál z piezoelektrického měniče byl zprvu filtrován

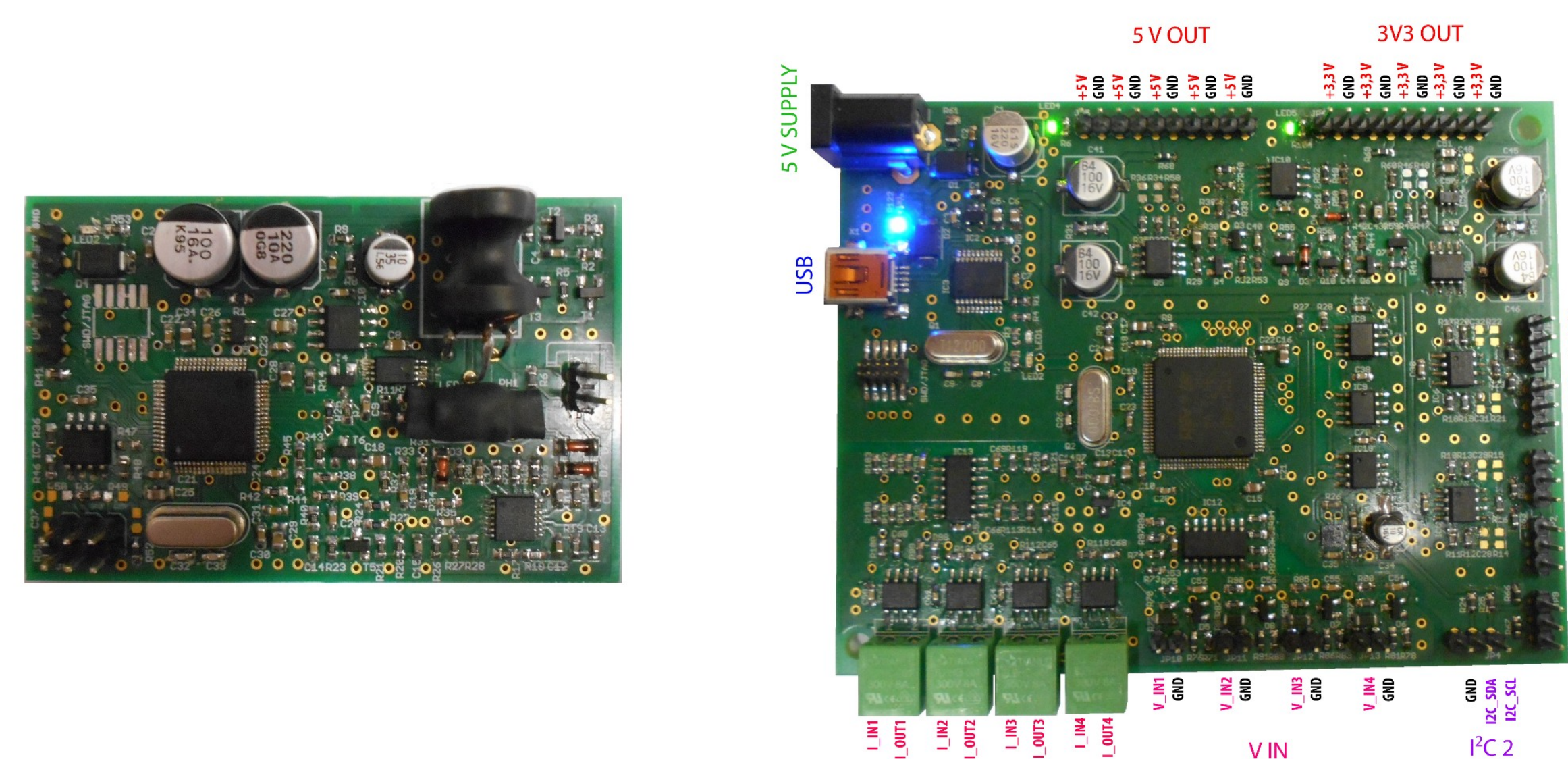
FIR filtrem typu pásmová propust. Následně byla na základě korelace filtrovaného signálu se signálem odpovídajícím vybuzečné vlně odhadnuta vzdálenost překážky od senzoru. Ta byla vyhodnocením fázového posuvu mezi vyslanou a přijatou ultrazvukovou vlnou dále zpřesněna. Ilustrace vyhodnocení signálu kombinací uvedených metod je vyobrazena na obrázku 2.



Obrázek 2 – Ilustrace zpracování signálu z ultrazvukových senzorů korelační metodou (vlevo) a vyhodnocením fázového posuvu (vpravo)

Výsledky

Dle popsané metodiky byl zrealizován hardware řídicí jednotky a ultrazvukového senzoru s implementací vyhodnocení senzorických dat. Číslcové jádro obou hardwarů bylo tvořeno 32bitovým mikroprocesorem architektury ARM Cortex M4 od firmy ST. Fotografie jejich výsledného provedení jsou vyobrazeny na obrázku 3.



Obrázek 3 – Hardwarová realizace ultrazvukového senzoru (vlevo) a řídicí jednotky senzorického subsystému (vpravo)

Závěr

Navržená řídicí jednotka splňuje požadavky na univerzálnost z hlediska konfigurovatelnosti použitých senzorů. Díky implementaci základního měření napětí a proudu, teploty a inerciální navigace poskytuje potřebné informace o aktuálním stavu robotu. Společně s navrženými ultrazvukovými senzory poté tvoří kompletní systém, snadno implementovatelný v rámci celkového řídicího systému robotu, podávající dostatek informací pro autonomní řízení robotu.

Reference

- [1] SIEGWART, Roland. a Illah Reza NOURBAKHS. *Introduction to autonomous mobile robots*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2004. ISBN 02-621-9502-X.
- [2] QUEOROS, R., F. Correa ALEGRIA, P. Silva GIRAO a A. Cruz SERRA. Cross-Correlation and Sine-Fitting Techniques for High-Resolution Ultrasonic Ranging. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, ročník 59, č. 12, Dec 2010: s. 3227–3236, ISSN 0018-9456, DOI:10.1109/TIM.2010.2047305.

Kontakt

Bc. Jan Kredba: jan.kredba@tul.cz

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2017.