



Středoškolská technika 2016

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

SCI-Lab

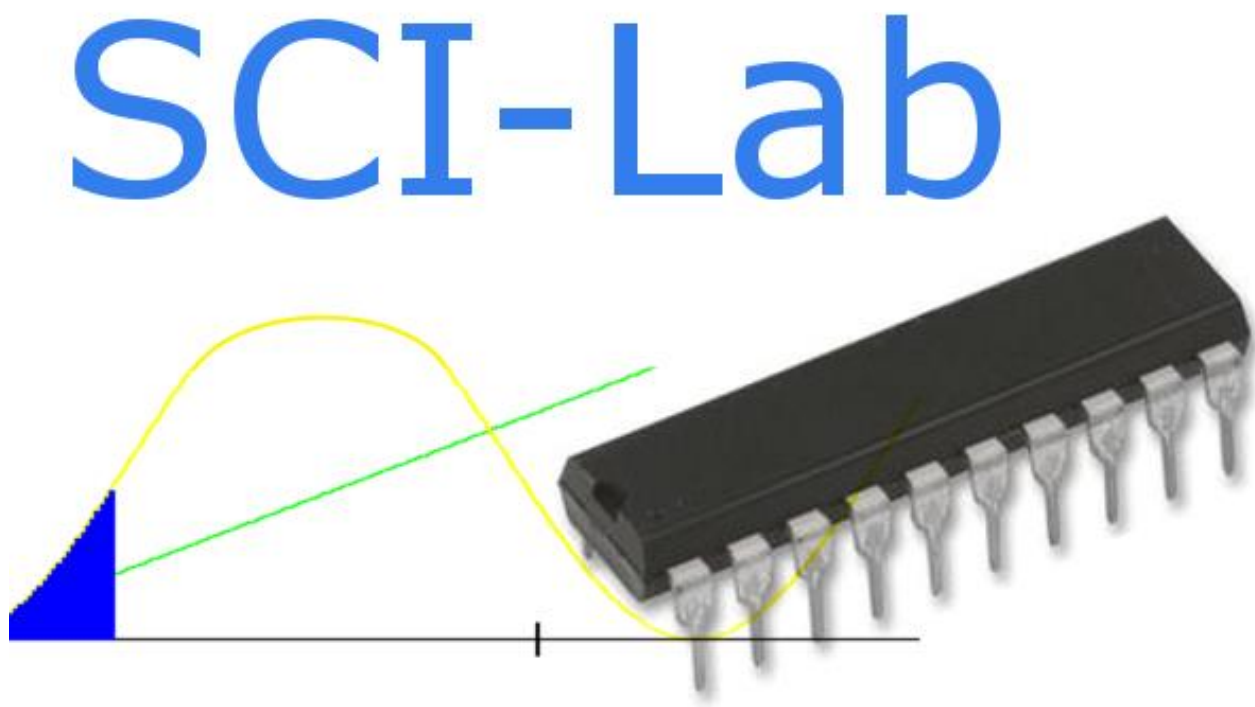
Kamil Mudruňka

Gymnázium Dašická 1083
Dašická 1083, Pardubice

O projektu

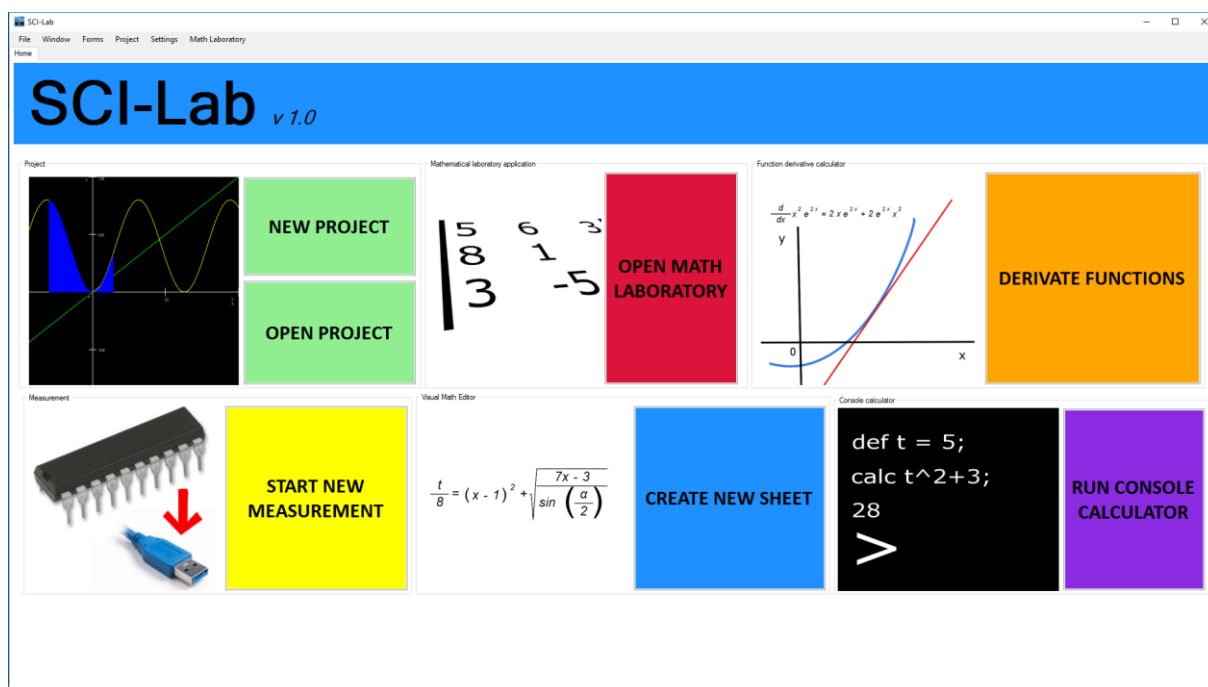
SCI-Lab je program napsaný v jazyce C# určený především studentům a zájemcům o matematiku/fyziku. Program je pro uživatele snadno ovladatelný, zároveň výkonný a robustní, nabízí profesionální grafické rozhraní. Součástí práce byla i tvorba měřicího hardware, pomocí kterého je možné provádět vlastní fyzikální měření. Podařilo se mi spojit v jednom celku nástroj pro měření ve školních podmínkách a výkonný matematický software, kterým měření lze automaticky vyhodnotit. Zahrnuté funkce pokrývají středoškolskou a část vyšší matematiky včetně matic a derivací funkcí. Měřicí systém představuje při zachování základních funkcí komerčně dostupných školních měřicích systémů řádově levnější alternativu.

Program lze použít přímo ve výkladu jako interaktivní prezentaci, která sama reaguje na vstupy od uživatele, jako podklad pro práci studentů v laboratoři (integrováný měřicí systém), nebo pro samostatnou práci.

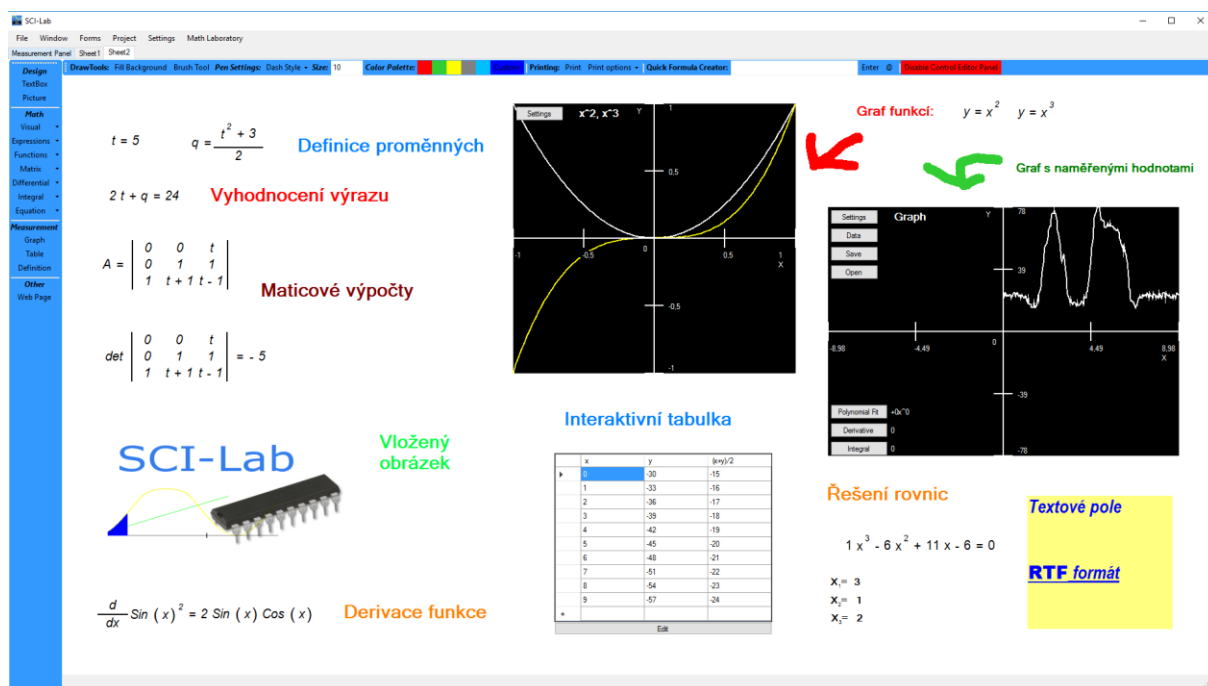


Obr. 1 Logo softwaru

Uživatelské rozhraní



Obr. 2 Program s úvodní obrazovkou



Obr. 3 Pracovní rozhraní programu

Matematické funkce a pracovní listy

Grafické rozhraní umožňuje uživatelům vytvořit vlastní pracovní listy, na které je možné vkládat textová pole, obrázky, matematické výrazy, grafy, tabulky a další grafické prvky. Celý projekt je možné uložit do počítače nebo vytisknout přímo z programu. Kromě grafického rozhraní program nabízí i **příkazovou kalkulačku**. Ukázkou grafických prvků naleznete na obr. 3.

Program zobrazuje veškeré matematické výrazy v grafické podobě tak, jak jsou psány běžně na papír. Vykreslovací systém podporuje libovolný typ písma, velikost, barvu a font. Výrazy jsou zadávány v textové podobě (např. $c = \text{Sqrt}(a^2+b^2)$), není třeba je vytvářet pomocí vlastního editoru.

S výrazy systém pracuje v symbolické formě jako s textovými řetězci, samotné číselné dosazení je provedeno až na povel uživatele. Matematické funkce pokrývají celou středoškolskou matematiku, dále pak výpočty s maticemi, výpočty derivací funkcí a jednodušších integrálů. Součástí matematického aparátu jsou také dva typy grafů, dvojrozměrný, který podporuje např. numerický výpočet integrálu zvolené oblasti a jeho zobrazení v grafu, a trojrozměrný pro funkce více proměnných.

Ukázky výpočtů:

$$\frac{(x+5)(x-3)}{x-3} = (x+5)$$

Zjednodušení výrazu

$$f(x) = x^2 - 6 \quad f(5) = 19$$

Definice vlastní funkce

$$t = 5$$

$$1 - \sqrt{t^2 + \frac{17+t}{2}} = -5$$

Vyhodnocení výrazu

$$\frac{d}{dx} e^{ax} \sin(5x) = a e^{ax} \sin(5x) + 5 \cos(5x) e^{ax}$$

Výpočet derivace

$$z = 13 \quad w = \frac{z^2}{2} \quad w^3 = 603351,125$$

Složitější definice proměnné

$$1x^3 - 6x^2 + 11x - 6 = 0$$

$$x_1 = 3$$

$$x_2 = 1$$

$$x_3 = 2$$

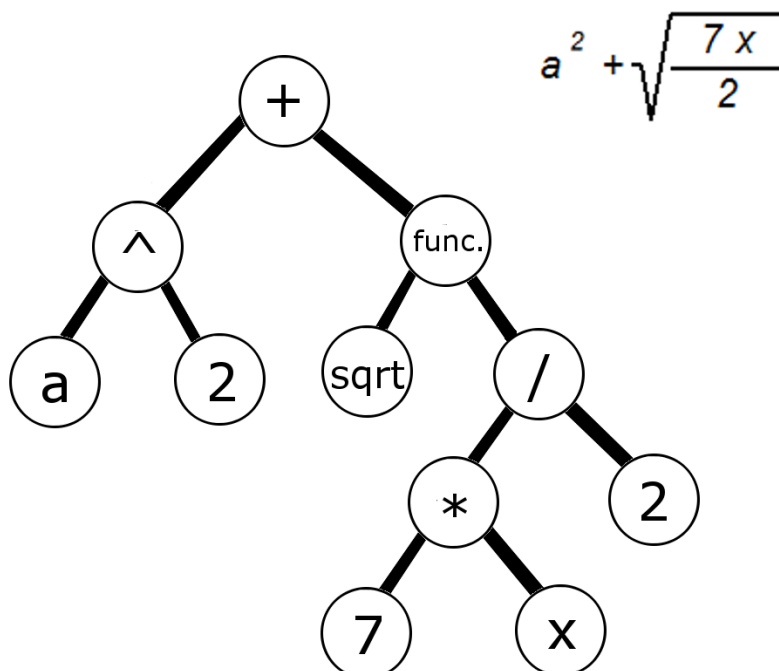
Řešení kubické rovnice

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ -9 & 5 & 12 & 36 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & 7 & 6 \\ 0 & 5 & 1 & -9 & 8 \\ 33 & 21 & 78 & -56 & 1 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} 0,388740349805906 & -0,04193745365726 & -0,134040650761111 & -0,14331792210058 & 0,00708553234178043 \\ 0,175332577310594 & 0,0469969904479435 & -0,215830679984298 & 0,0513521175906137 & 0,00750425262790596 \\ -0,128985475640075 & 0,0105770488943167 & 0,089708640467571 & 0,0124852793649409 & 0,00679330047542199 \\ 0,115828499149474 & 0,00724037161425394 & -0,0334365595149823 & -0,0471234788677106 & -0,00153530771579361 \\ 0,0368473851790465 & -0,0225498320757186 & 0,0860644654773848 & 0,0383303528590745 & -0,00726654163213678 \end{pmatrix}$$

Výpočet inverzní matice

Pro většinu funkcí SCI-Labu jako je grafické vykreslování výrazů, počítání derivací a vyhodnocování složitějších výrazů jsem navrhl algoritmus, který převede výraz na **binární strom**, jehož uzly tvoří jednotlivé **operátory (funkce,...)** a koncové body jednotlivé **operandy**.

Při **vykreslování** program postupně rekurzivně vykresluje jednotlivé uzly, přičemž pro každý operátor aplikuje jiná pravidla (exponent horním indexem za výraz, dělení jako zlomek, ...). Derivování je založené na obdobném algoritmu, opět jsou pro každý operátor (funkci) použita odlišná pravidla (součet, součin, složená funkce,...).



Obr. 4 Rozložení výrazu do stromu

Fyzikální měření

Pomocí jednoduché desky založené na MCU **ATMEGA328P-PU** s USB připojením může uživatel digitalizovat data z libovolných **analogových sensorů** s výstupním napětím mezi 0 až 5V.

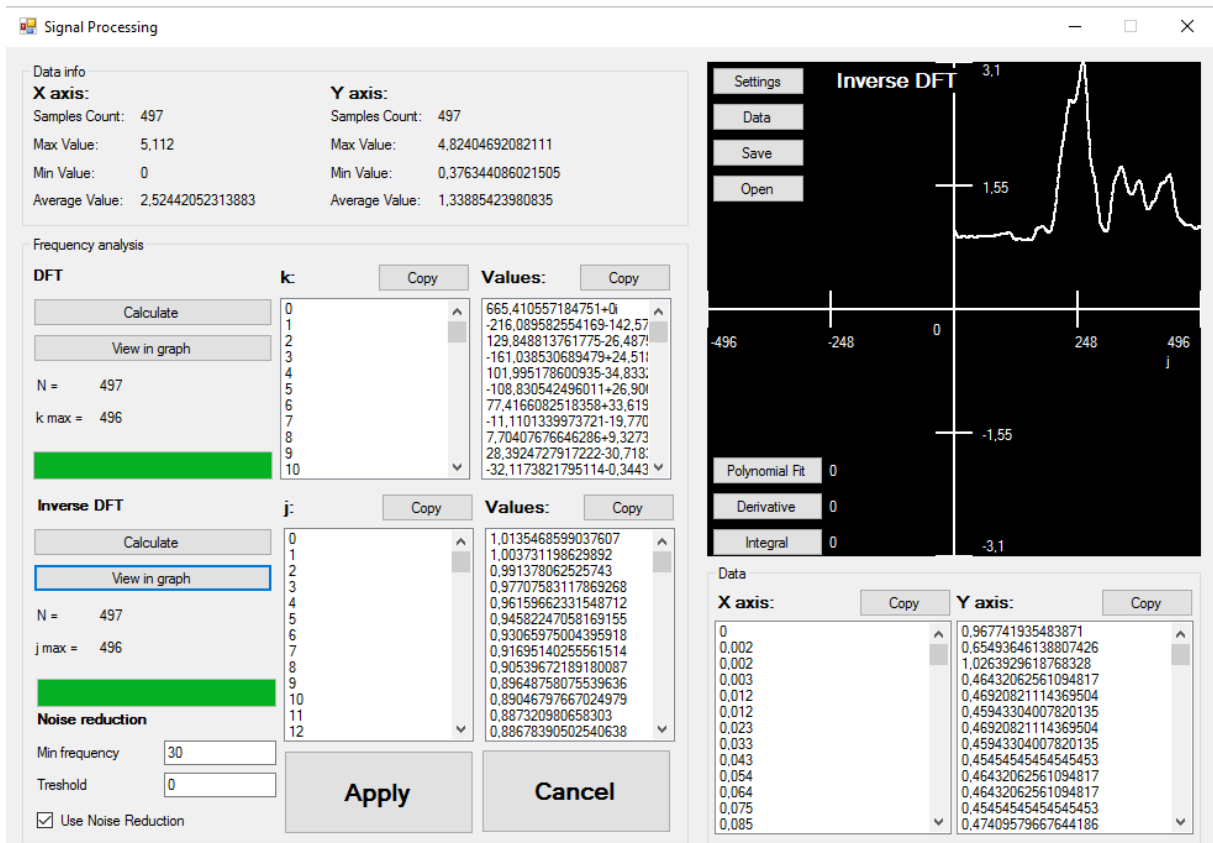
Systém podporuje:

- Až 5 sensorů najednou
- Volitelná vzorkovací frekvence do 100Hz
- Zobrazování naměřených dat do grafu v reálném čase
- Nastavení podmínek automatického spuštění a ukončení měření
- Zpracování dat a odstranění šumu pomocí **diskrétní Fourierovy transformace**

Takto získaná data mohou být přímo importována do pracovních listů přes definice proměnných. Celý systém se dynamicky aktualizuje, při provedení nového měření se spojené hodnoty, tabulky, grafy, rovnice a další výrazy samy přepočítají.



Obr. 5 Rozhraní pro provádění měření s daty ze světelného sensoru pracujícího v IR spektru

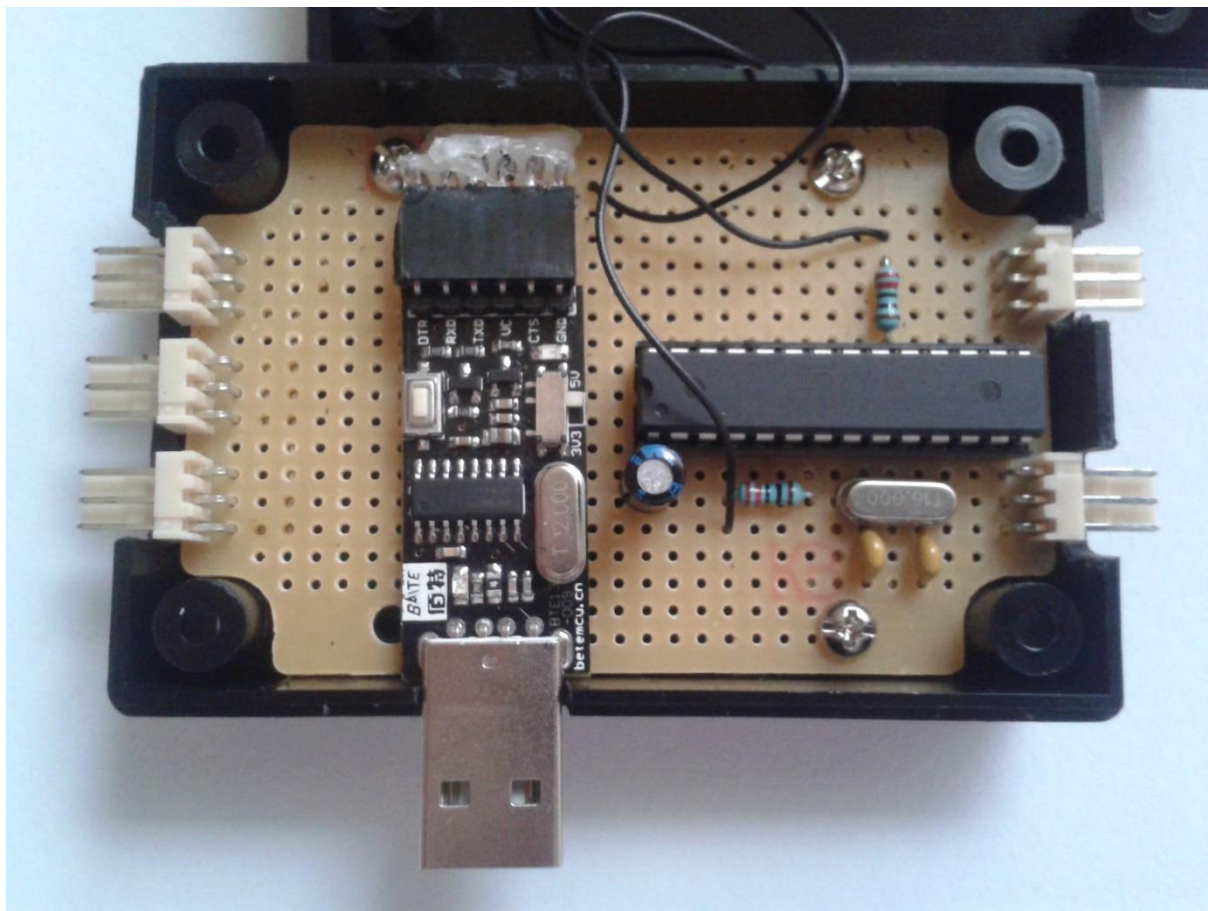


Obr. 6 Redukce šumu pomocí diskrétní Fourierovy transformace

Hardware

Součástí projektu je plně funkční prototyp jednoduché desky pro měření. Schéma obvodu vychází z vývojové desky ARDUINO UNO, všechny pro tento účel nepotřebné součástky byly vypuštěny za účelem **snížení výrobních nákladů** a ceny, která představuje hlavní výhodu SCI-Labu proti konkurenčním komečným školním měřicím systémům.

Jádrem desky je integrovaný obvod **ATMEGA328P-PU**, který byl naprogramován pomocí **Arduino IDE**. Stabilní frekvenci 16MHz zajišťuje krystalový oscilátor. Dvě LED diody slouží k indikaci napájení a probíhajícího měření. Poslední důležitou komponentou je převodník z UART na USB, který zajišťuje napájení a komunikaci s počítačem.



Obr. 7 Vnitřek měřícího boxu s integrovaným obvodem ATMEGA328P-PU

Experimenty

Navrhl jsem prozatím několik jednoduchých pokusů (rychlost kuličky na nakloněné rovině, vybíjení kondenzátoru, voltampérová charakteristika rezistoru), z nichž jsme některé provedli přímo v hodině fyziky. Do budoucna se chystám vytvořit online databázi pokusů, kam by mohl přispívat každý uživatel a sdílet svoje projekty s ostatními.