

# VIZUALIZACE OSCILOMETRICKÝCH DAT V MATLABU

*J. Dvořák, J. Havlík*

Katedra teorie obvodů,  
Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze  
Technická 2, 166 27 Praha 6

## Abstrakt

**Příspěvek přináší informaci o softwarové části didaktické pomůcky určené pro výuku v oblasti lékařské přístrojové techniky. Popisovaná aplikace umožňuje demonstrovat princip vyhodnocení dat nasnímaných modulem elektronického tonometru pro měření krevního tlaku. Tato data jsou vyhodnocována pomocí oscilometrické metody, která je v této oblasti standardem. Aplikace je určena především pro výuku studentů na vysokých školách a v odborných kursech celoživotního vzdělávání, kteří by měli získat základní znalosti principů činnosti oscilometrických tonometrů a vyhodnocení oscilometrických dat.**

## 1 Úvod

Oscilometrie je měřicí metoda běžně používaná k neinvazivnímu měření krevního tlaku. Jejím výstupem je obvykle trojice údajů – systolický a diastolický krevní tlak a tepová frekvence. V běžné klinické praxi je takový výstup dostačující, ale např. pro účely výuky lékařské přístrojové techniky je jen obtížně použitelný, neboť nevypovídá nic o vlastním principu měření ani o následném zpracování naměřených dat. Předložený článek se zabývá záznamem a vizualizací oscilometrických dat s pomocí výpočetního prostředí MATLAB. Prezentovaný způsob vizualizace naměřených dat umožňuje názorný výklad jak vlastního principu oscilometrie, tak i možných postupů zpracování těchto dat.

## 2 Princip oscilometrické metody

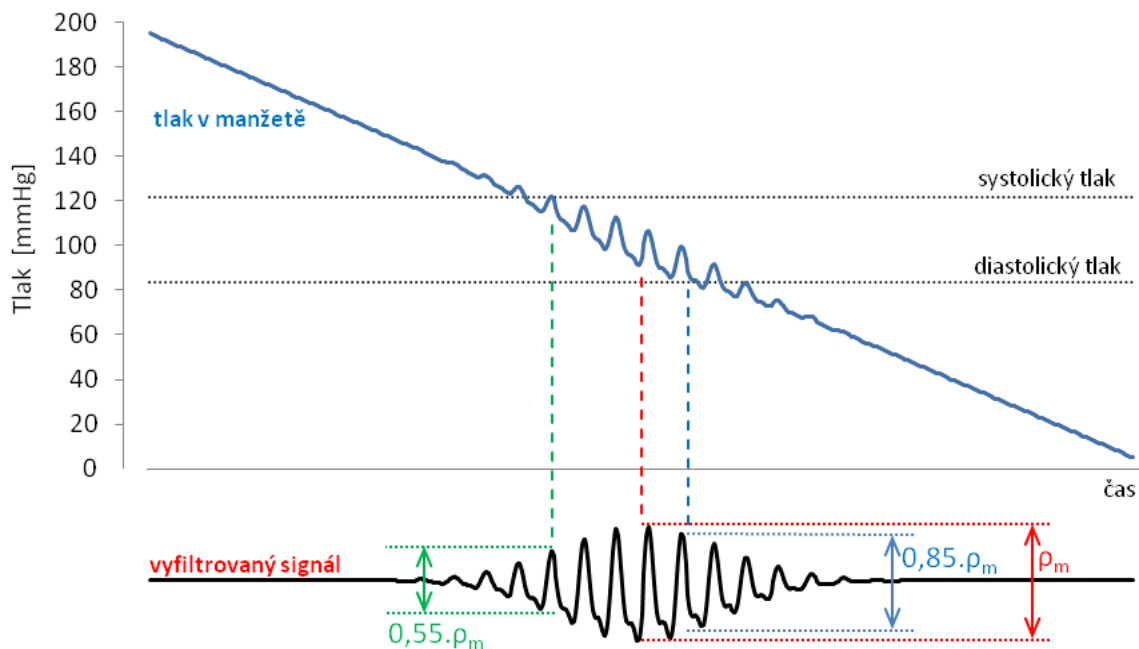
Oscilometrická metoda je založena na měření a vyhodnocování rytmických oscilací tlaku v manžetě. Během srdečního cyklu dochází k objemovým změnám zaškrčeného místa (paže), které se přenáší na změnu tlaku v manžetě. Vysoko nad hranicí systolického tlaku se vlivem zaškrčení objem paže, tedy ani tlak v manžetě, nemění. Při nižším tlaku v manžetě však dochází k jeho drobným periodickým změnám. Při postupném snižování tlaku v manžetě nejprve amplituda oscilací narůstá, pod hranicí diastolického tlaku se potom amplituda snižuje a oscilace odeznívají.

Tlak v manžetě ve chvíli maximální amplitudy oscilací odpovídá střednímu arteriálnímu tlaku, ze kterého se odvíjejí hodnoty tlaku systolického a diastolického. Empiricky bylo zjištěno, že s přijatelnou chybou lze hodnotu systolického tlaku určit jako tlak v manžetě, při kterém amplituda oscilací nabývá asi 55% maximální amplitudy (v části před dosažením maxima). Diastolický tlak se pak určuje jako tlak v manžetě v okamžiku, kdy amplituda oscilací nabývá asi 85% maximální amplitudy (v části po dosažení maxima). Přesné algoritmy automatického výpočtu jsou vždy tajemstvím jednotlivých výrobců.

Na obrázku *Obr. 1* je graficky zobrazen průběh měření oscilometrickou metodou a způsob vyhodnocení dat.

## 3 Sběr a přenos dat

Sběr dat je realizován samostatným měřicím modulem, který snímá průběh oscilací v manžetě tonometru při jejím postupném vypouštění. Do počítače je prostřednictvím USB rozhraní přenášena hodnota tlaku v manžetě, a současně korespondující filtrovaná a zesílená složka oscilací. Tato data jsou zaznamenávána klientskou aplikací do standardního CSV souboru, který je možno dále načíst a naměřená data zpracovat v systému MATLAB.



Obrázek 1: Princip měření oscilometrickou metodou

#### 4 Grafické uživatelské rozhraní

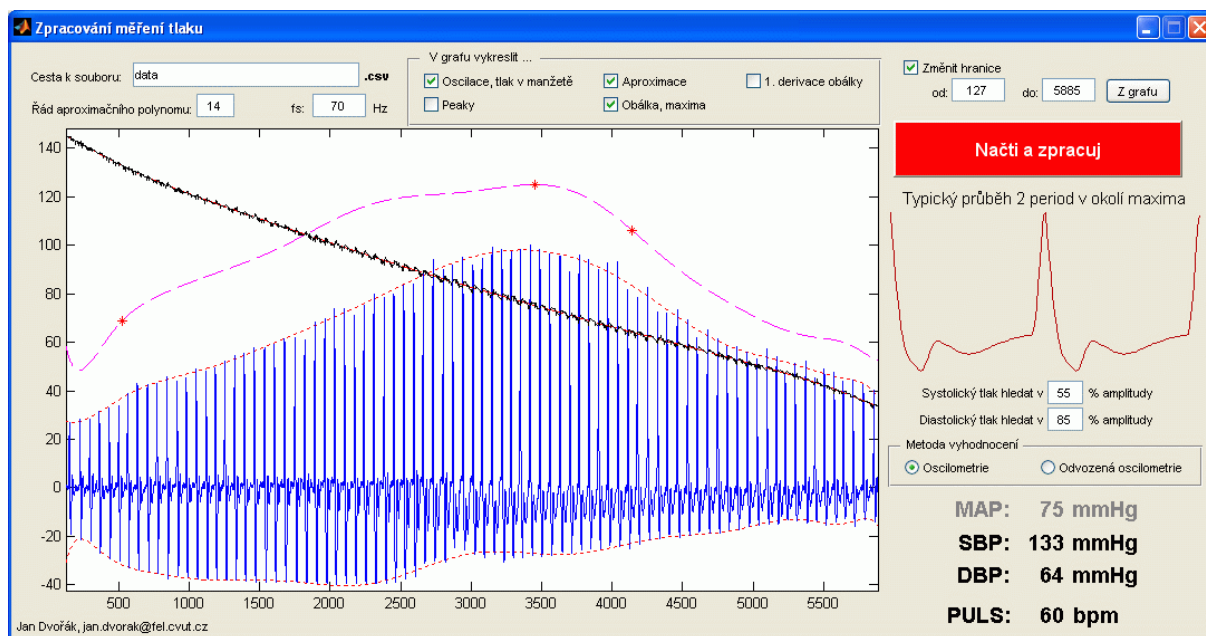
V grafickém rozhraní aplikace (viz obrázek *Obr. 2*) vytvořeném ve výpočetním systému MATLAB jsou zobrazeny základní křivky a údaje, které jsou pro vyhodnocení měření krevního tlaku oscilometrickou metodou nezbytné. Tato data jsou načtena z externího CSV souboru a obsahují průběh oscilací v čase a současně korespondující tlak v manžetě. Další zobrazené křivky jsou získány analýzou těchto dvou signálů.

Pro analýzu dat je třeba nejprve získat obálku signálu průběhu oscilací v čase, a zjistit trend klesání tlaku v manžetě, který by měl být v nejlepší případě přibližně lineární. Pro oba tyto kroky je použita polynomičká regrese zvoleného řádu.

Po získání horní a dolní obálky signálu (obálka minim a obálka maxim) jsou tyto křivky sečteny a je nalezeno maximum tohoto průběhu (v místě maxima odpovídá tlak v manžetě střednímu arteriálnímu tlaku, MAP). Dále jsou nalezeny okamžiky, kdy amplituda dosahuje přibližně 55% před maximem (odpovídá systolickému tlaku, SBP) a 85% za maximem amplitudy oscilací (odpovídá diastolickému tlaku, DBP). V těchto okamžicích jsou odečteny okamžité hodnoty tlaku v manžetě a zobrazeny jako systolický a diastolický krevní tlak. Procentuální hodnoty nastavení prahů pro určení SBP a DBP lze v aplikaci uživatelsky měnit, což umožňuje pozorovat vliv těchto empirických hodnot na výsledek měření.

Z okolí maximální amplitudy oscilací tlaku v manžetě jsou vzaty vzorky čtyř period signálu. Nejprve je algoritmem DTW (Dynamic Time Warping) zajištěno správné sesazení vzorků jednotlivých period, následným průměrováním je potom získán tvar typické periody oscilací a tento je zobrazen. Funkce pro DTW je volně dostupná na webu MATLAB Central. Ze zadané hodnoty vzorkovací frekvence naměřeného signálu a počtu vzorků jedné periody je vypočítána tepová frekvence jako průměrná vzdálenost mezi špičkovými hodnotami tlaku v manžetě.

V případě, že se v naměřeném signálu nachází výrazné pohybové artefakty, mohou správnou aproximaci obalové křivky signálu ve svém okolí ztížit nebo přímo znemožnit. Pokud se nachází v části záznamu, která není pro určení krevního tlaku podstatná, aplikace umožňuje signál oříznout a vliv artefaktů na vyhodnocení eliminovat. Tato funkce tak umožňuje sledovat vliv artefaktů (především pohybových) nebo nesprávného nasazení manžety na výsledek měření.



Obrázek 2: Grafické rozhraní aplikace

## 5 Závěr

Prezentovaný způsob záznamu a zpracování oscilometrických dat umožňuje názorný výklad fyzikálního principu oscilometrické měřicí metody, výklad postupů zpracování naměřených dat včetně možnosti porovnání výsledků získaných různými postupy výpočtů. Vzhledem k tomu, že zaznamenávaná data jsou vizualizována v reálném čase, je možné snadno demonstrovat vliv podmínek měření na zaznamenaná data, např. vliv pohybových artefaktů. Takové možnosti jsou s komerčními tonometry využívajícími oscilometrický způsob měření nedostupné, prezentovaný způsob záznamu a vizualizace dat jsou proto z didaktického hlediska velmi přínosné.

## Poděkování

Tato práce byla podporována výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 (udělen Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky).

## Literatura

- [1] PENHAKER M. a kol.: *Lékařské diagnostické přístroje – učební texty*, VŠB-TU Ostrava, 2004.
- [2] ROZMAN J. a kol.: *Elektronické přístroje v lékařství*, Academia Praha, 2006.
- [3] Katalogový list AN1571, *Digital Blood Pressure Meter*, Freescale Semiconductor, Inc., 1997.
- [4] MATLAB Central, <http://www.mathworks.com/matlabcentral> [23. 10. 2009].

Jan Dvořák

Katedra teorie obvodů, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze  
Technická 2, 166 27 Praha 6, email: [jan.dvorak@fel.cvut.cz](mailto:jan.dvorak@fel.cvut.cz)

Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Katedra teorie obvodů, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze  
Technická 2, 166 27 Praha 6, tel: 224 352 048, email: [xhavlikj@fel.cvut.cz](mailto:xhavlikj@fel.cvut.cz)