

SPIROMETER - USING AUTOMATIC EVALUATION OF SPIROMETRIC CURVE

Lucie Chmelíková

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xchmel21@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Vladimír Slávik

E-mail: xslavi16@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This thesis deals with pulmonary testing with emphasis on spirometry. Spirometer created in the LabVIEW program is a simple meter of lung volumes that can easily create spirometric curve and automatically or manually evaluate desired values of volume and capacity. Program is further enhanced with optional archiving of measured spirometric curve.

Keywords: Spirometry, spirometer, LabVIEW, signal processing, peak detection

1. ÚVOD

Spirometrie patří mezi rutinní metody vyšetřování plic. Je prováděna v rámci základního vyšetření při podezření na plicní onemocnění. Analýzou spirometrické křivky získáváme cenné údaje o objemech a kapacitách plic. Pokud by analýzu prováděl lékař manuálně, a to označováním maxim a minim v křivce, byl by postup zdoluhavý a náročný. Detekce by mohla být také ovlivněna subjektivním názorem a zkušenostmi lékaře. Automatická detekce spirometrické křivky je proto nevyhnutelným krokem k objektivizaci metody spirometrie a k usnadnění práce lékařů.

2. TEORETICKÁ ČÁST

Spirometrická křivka vzniká za aktivní účasti pacienta. Je zapotřebí následovat určitý protokol dýchání, aby vzniklá křivka reprezentovala pravdivé údaje o pacientovi. V křivce se objevují pasáže normálního dýchání a poté série maximálního nádechu a maximálního výdechu. Detekce požadovaných bodů z křivky je založena na několika jednoduchých úvahách rozebraných detailněji v kapitole 2.4.

2.1. NAČÍTÁNÍ SIGNÁLU

Signál získáváme pomocí přístrojů od firmy Vernier a to LabPro a Spirometrickou sondou. LabPro je rozhraní, které umožňuje připojení sondy k počítači. Zde získáváme analogový signál. V první části programu je provedeno vzorkování signálu s vzorkovací frekvencí 20 vzorků za vteřinu. Průběh načítání signálu je zobrazen v grafu na čelním panelu programu. Vidíme zde signál v jednotkách průtoku [l/s] za čas [s]. Jak je patrné z obrázku 1 a ze zmíněných jednotek, v této části programu ještě nezobrazujeme spirometrickou křivku. Po ukončení sběru signálu je program přeměřován do druhé smyčky, kde již probíhá zpracování a hodnocení křivky.

2.2. PŘEDZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

Nejdůležitější částí předzpracování signálu je v našem případě aparát pro zlepšení přesnosti samotné spirometrické sondy. Při studování funkcí a chování sondy a LabPro bylo zjištěno, že při nečinné sondě, bezprostředně po jejím zapnutí, se na grafu objevuje exponenciální křivka, oproti očekávanému lineárnímu průběhu. Pravděpodobně je způsobena snímacím a vzorkovacím rozhraním. Systému LabPro chvíli trvá, než se dostane do plného výkonu, kdy je schopen naplno načítat a vzorkovat vstupní signál. Exponenciální křivka tedy reprezentuje ten interval, než se

systém rozjede. Při zapnuté činné sondě je tato chyba zastíněná jiným faktorem a to rozdílnou teplotou vdechovaného a vydechovaného vzduchu, čímž je způsoben posun křivky, který je zřejmý i z obrázku 1. Byla vyvinuta snaha zmírnit alespoň jednu z chyb způsobujících nepřesnosti měření.

Z naměřených hodnot je vybráno prvních a posledních 50 vzorků, které neobsahují dechový signál a reprezentují tedy pouze tento exponenciální náběh sondy. Z nich je aproximována křivka a ta je ze signálu odečtena. Tím je kompenzován tento jev, který způsobuje chyby v měření a je tak zlepšená přesnost měření.

Pro samotné zobrazení spirometrické křivky je nutné převést zmíněný průtok za čas na jednotky objemu za čas [l/s], což provádíme integrací signálu.

2.3. VZNIK SPIROMETRICKÉ KŘIVKY

Spirometrická křivka vzniká po vložení získaných hodnot do grafu. Je zde použit graf typu *XY Graph*, do kterého lze vkládat hodnoty z clusterů. Pro tento typ grafu generujeme časovou osu a to za pomoci funkce z knihovny programu LabVIEW - *Ramp Pattern.VI*. Spojením těchto automaticky generovaných hodnot a námi měřených zobrazujeme samotnou křivku. Do křivky je možné dodat kurzory, kterými označujeme konkrétní hodnoty, které se dále využívají pro výpočet požadovaných parametrů

2.4. DETEKCE DŮLEŽITÝCH BODŮ V SIGNÁLU

Pro potřeby automatického hodnocení spirometrické křivky je nezbytné správně označit požadovaná místa na křivce. Za pomoci dalších funkčních bloků z knihovny - *WA Multiscale Peak Detector.vi* jsme schopni detekovat veškeré píky a údolí našeho signálu. Funguje na principu počítání nedecimované vlnkové transformace. Nalezené údolí a píky jsou následně označeny v grafu za pomoci křížků. Hodnoty pro píky i údolí jsou ukládány do vektorů. Lze v nich jednoduše hledat požadované indexy, které vybíráme k počítání objemů a kapacity plic.

Pro určení hodnot k výpočtu vitální kapacity používáme úvahu, že hodnota maximálního nádechu bude největší a hodnota maximálního výdechu bude nejmenší v celém signálu. Za použití funkce *Array Max & Min* určíme tyto dvě hodnoty. První vybíráme z vektoru pro píky, druhou z vektoru pro údolí.

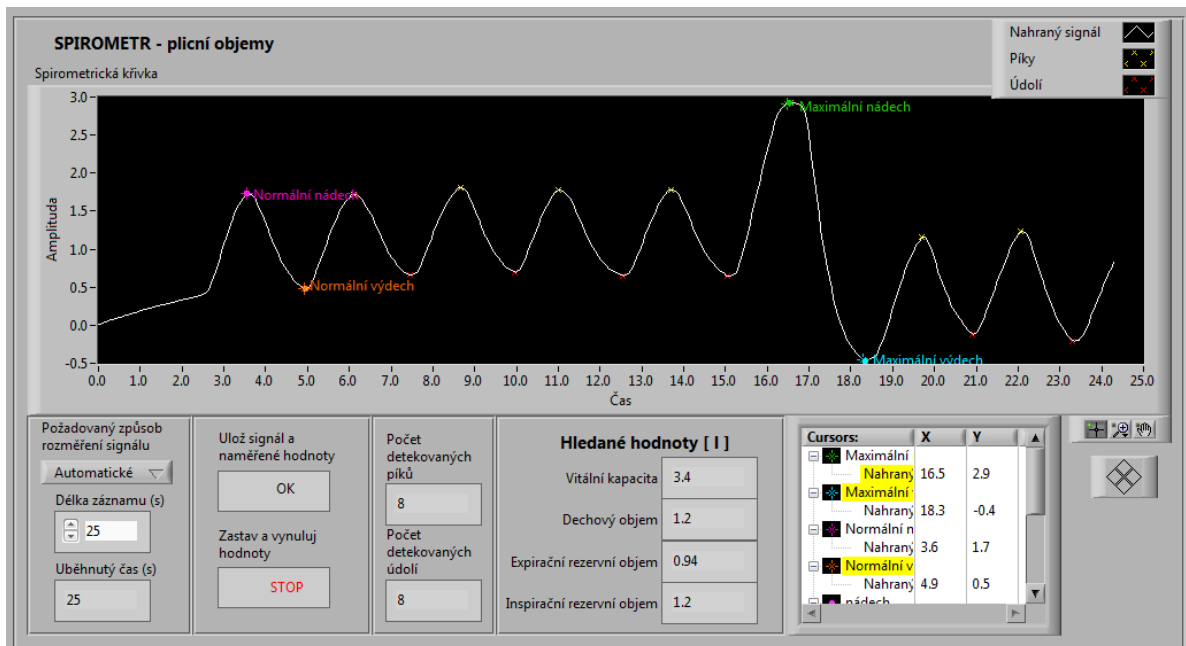
Pro indexaci hodnot normálního nádechu a výdechu je nutné z původního vektoru amplitud odstranit maximální hodnotu a z vektoru údolí odstranit minimální hodnotu pro zpřesnění hledání mediánu z těchto hodnot. V tomto tvaru je možné vzít vektor pro píky a z něj vybrat pomocí funkce *Median.vi* prvek, který indexuje medián. To je výchozí hodnota nádechu, ke kterému je přiřazen prvek z vektoru pro údolí o stejném indexu. Z povahy signálu to bude prvek, který bude reprezentován výdechem před tímto nádechem anebo výdechem po vybraném nádechu.

Pro manuální detekci jsou do grafu vloženy kurzory, které ručně umísťujeme na požadované místo.

2.5. HODNOCENÍ SPIROMETRICKÉ KŘIVKY

Pro výpočet požadovaných hodnot dechového objemu, expirační a inspirační rezervního objemu a vitální kapacity je program opatřen souborem vzorců, do kterých jsou použity dodané hodnoty z automatické nebo mechanické detekce a výstupem jsou hledané hodnoty. V automatickém hodnocení reprezentujeme vybrané hodnoty barevně rozlišenými tečkami v grafu. Manuálně dodané kurzory jsou kvůli lepší orientaci pro doktory vybrány ve stejných barvách jako doporučené hodnoty z automatické detekce.

V porovnání vychází automatická detekce velice dobře. Subjektivním manuálním hodnocením sice vznikají rozdíly, ty jsou však zanedbatelné oproti automatické detekci.



Obrázek 1: Automatické a manuální hodnocení spirometrické křivky

3. ZÁVĚR

Spirometr vytvořený v programovacím prostředí LabView za pomoci systému LabPro dovede v automatickém módu samostatně rozměřit spirometrickou křivku a z ní pomocí detekovaných bodů dopočítat velikost dechového objemu, inspiračního a expiračního rezervního objemu a vitální kapacitu plic. Spirometrickou křivku můžeme hodnotit i manuálně za pomoci kurzorů. Dle potřeby lze získané výsledky uložit do textového souboru.

REFERENCE

- [1] KOLÁŘ, Radim. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Lékařská diagnostická technika*. Brno, 2007.
- [2] ROZMAN, Jiří. *Elektronické přístroje v lékařství*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2006, 406 s., xxiv s. barev. obr. příl. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1308-3.
- [3] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. 1. vyd. Ilustrace Viktorie Vlachová. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.