



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Zdroj: <https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/doktorske-bme>

Neinvazivní ventilační podpora

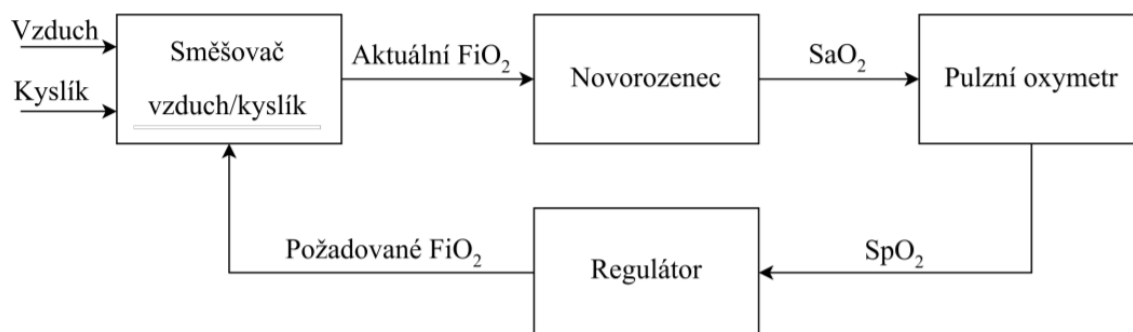
F7DIMUPV

Témata úlohy

- Monitorace kyslíku ve ventilační směsi
- Realizace rozšířeného BiPAP módu u nCPAP ventilátoru
- Realizace jednoduchého ventilátoru pomocí sestavy redukčních ventilů, regulátorů průtoku a měřící trati

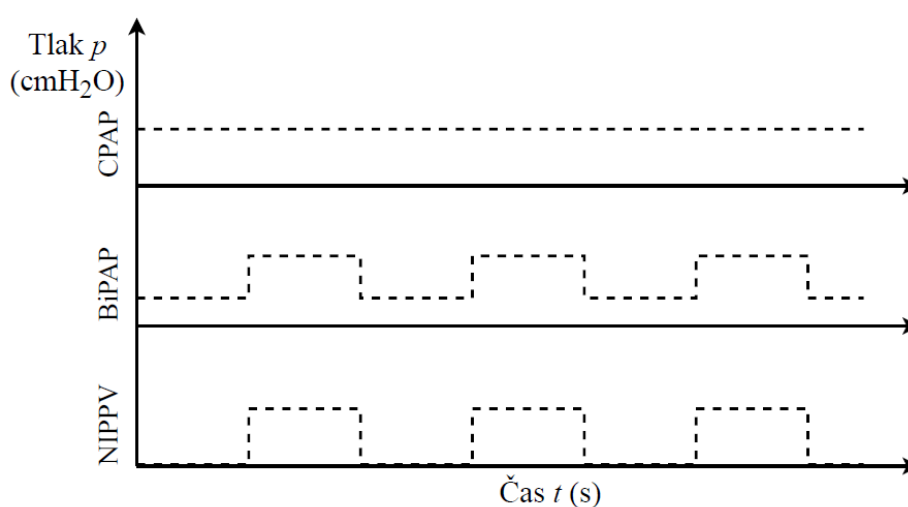
Úvod

Tato experimentální úloha má za cíl praktickou ukázkou dílčích komponent plicního ventilátoru včetně možnosti využití automatického zpětnovazebního řízení oxygenace. Předčasně narození novorozenci jsou často životně závislí na ventilační podpoře. Ta bývá poskytována invazivními metodami umělé plicní ventilace, kde je nutná intubace pacienta. Nebo se využívá šetrnější přístup neinvazivní plicní ventilace u pacientů, kteří vykazují spontánní dechovou aktivitu. U novorozenců, obzvláště těch předčasně narozených je důležité správné dodržení normoxémie. Okysličení organismu je monitorováno pomocí pulzních oxymetrů pomocí saturace periferní krve kyslíkem (SpO_2). V případě nesprávného nastavení oxygenace může docházet k nesprávnému vývoji a poškození organismu. Nastavování inspirační frakce kyslíku (FiO_2) k pacientovi se provádí pomocí mechanických nebo elektromechanických směšovačů. Mechanické směšovače jsou ovládány zdravotnickým personálem. Elektromechanické směšovače mohou být ovládány pomocí řídicí elektroniky. Schéma automatického zpětnovazebního řídicího systému, který je řízen hodnotou saturace periferní krve kyslíkem je na obrázku 1. Jednou z důležitých komponent ventilátoru je kyslíkové čidlo, které kontroluje distribuované množství kyslíku pacientovi. Sensor může pracovat na ampérometrickém principu, tzv. Clarkova kyslíková elektroda za použití Au (Pt) elektrody zatavené ve skle, Ag/AgCl elektrody a elektrolytu (roztok KCl s alkalickým pufrům).



Obrázek 1 Blokové schéma automatického zpětnovazebního řídicího systému SpO_2-FiO_2

Neinvasivní plicní ventilátory pomáhají udržet optimální oxygenaci a minimalizují poškození plic. Odvykání na ventilační podporu je v případě neinvasivních ventilátorů snazší než u invazivní ventilační podpory. Mezi neinvasivní podporu patří nosní kanyla s vysokým průtokem (HFNC) nebo pozitivní tlak kontinuálně dodávaný do dýchacích cest nostrilami (nCPAP). Rozšířenou verzí těchto systémů je BiCPAP/Bilevel CPAP nebo DuoPAP. Všeobecně se jedná o dvouúrovňový režim pozitivního kontinuálního přetlaku v dýchacích cestách. Periodicky se střídají dvě úrovně tlaků, vyšší a nižší, ve zvoleném poměru. Režim může automaticky spolupracovat s pacientem v tzv. trigerovaném módu. Pak zvyšuje tlak při nádechu a snižuje při výdechu. Další modifikací je NIPPV (neinvasivní přerušovaná ventilace pozitivním tlakem). Přerušovaná ventilace pozitivním přetlakem se mění v průběhu dechového cyklu. Nádech je podporován jako při klasickém CPAP režimu, ale při výdechu je tlaková podpora vypnutá. Na obrázku 2 jsou znázorněny tlakové průběhy CPAP, BiPAP a NIPPV módu kontinuálního pozitivního přetlaku v dýchacích cestách.



Obrázek 2 Tlakové průběhy režimů CPAP, BiPAP a NIPPV

Pro řízení ventilačních režimů je využíváno řídicích počítačů či mikrokontrolérů. V experimentálním prostředí je možné použít AD/DA kartu NI DAQ, která má dostatečnou maximální vzorkovací frekvenci i kvantizační krok. Nevýhodou je nutné připojení k počítači, který zpracovává naprogramované úlohy v SW LabView. Raspberry Pi je samostatný mikrokontrolér, který nepotřebuje řídicí počítač. Na samotném zařízení běží operační systém Raspbian odvozený z operačního systému Debian. Mikrokontrolér je napájen pomocí microUSB a disponuje mnoha periferiemi. Je možné připojit i dotykový displej, pomocí kterého je ovládán. Komunikační rozhraní s dalšími periferiemi je řešeno pomocí GPIO (General purpose input/output). Jakýkoli z pinů GPIO lze označit (v softwaru) jako vstupní nebo výstupní pin a použít pro danou aplikaci. Díky GPIO je možné připojit AD/DA, které umožní komunikaci s okolními periferiemi.

Nutná příprava studenta

- Prostudujte manuál ke kyslíkovému monitoru Envitec MySign O a zjistěte možnost záznamu a vyčítání dat z přístroje.
- Prostudujte manuál k Masimo Root s Radical 7 a zjistěte možnosti analogových výstupů.

Úkoly měření

- 1) Seznamte se s přístrojem Envitec MySign O, který slouží ke kontinuální monitoraci množství kyslíku ve ventilační směsi. Změřte dobu zpoždění mezi změnou koncentrace kyslíku a změnou FiO_2 zobrazovanou přístrojem na displeji při použití nCPAP ventilátoru MedinCNO. Diskutujte další alternativy, které způsobují zpoždění v dodávce nastavené koncentrace kyslíku.
- 2) Vytvořte systém, který se bude chovat jako NIPPV s trigerovanou funkcí. Tedy při nádechu bude docházet k otevření elektromagnetického ventilu, který podpoří nádech pacienta po dobu 2,5 s. Poté se uzavře, aby mohlo dojít k samovolnému výdechu. Tento cyklus se bude opakovat. Řešení implementujte za pomoci sestavy redukčních ventilů a regulátorů průtoku v kombinaci s měřicí trati. Řízení bude pomocí jednotek MKS
- 3) Sestavte automatický zpětnovazební řídicí ventilační systém, který je řízen mikrokontrolérem Raspberry Pi. Na vstup 1 AD převodníku přiveďte analogový signál výstupu pulzního oxymetru Masimo, který je připojený k simulátoru Fluke ProSim 8. Na GPIO12 a GPIO13 připojte řídicí desku elektromagnetických ventilů, která bude dodávat dostatečný výkon pro změnu polohy ventilů. Spusťte vytvořený program zapsáním `./control.py` do terminálového okna. Pozorujte změny při snížení SpO_2 pod 85 % a při zvýšení SpO_2 nad 95 %. Diskutujte funkci tohoto programu.

Otázky

- Popište princip elektrochemického kyslíkového čidla.
- K čemu slouží směšovač plynů?
- Doplňte tabulku:

Pojem	Zkratka	Jednotka
	PEEP	
Arteriální krevní tlak		
	pH	
		mmHg
	HFHHNC	-
Maximální inspirační tlak		

Reference

VOLSKO, Teresa A., Robert L. CHATBURN a Mohamad F. EL-KHATIB. *Equipment for respiratory care*. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning, [2016]. ISBN 9781449652838.

MARTIN, Richard a Kathleen M. DEAKINS. Noninvasive oxygen delivery and oxygen monitoring in the newborn. UpToDate [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.uptodate.com/contents/noninvasive-oxygen-delivery-and-oxygenmonitoring-in-the-newborn#H4195705688>

TEJKL, Leoš. Analýza vlivu frakce kyslíku ve ventilační směsi na saturaci arteriální krve kyslíkem u novorozence. Kladno, 2018. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství.

Informace o mikrokontroléru Raspberry Pi, jeho perifériích a možnostech využití:
<https://www.raspberrypi.org/>