

NON-INVASIVE BLOOD GLUCOSE MEASURING

Hana Vítová

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xvitov01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiri Sekora

E-mail: sekora@feec.vutbr.cz

Abstract: This project describes non-invasive blood glucose device. Measurement of blood glucose is important method for persons with diabetes mellitus. Nowadays this people can use only invasive way of measurement. A non-invasive device is designed in this paper, using near infrared region of electromagnetic radiation. Major principle of device is measuring with Infra-Red laser, bifurcate optic fibre and photodiode. Another part of device is software environment for calibration and measurement values of blood glucose concentration.

Keywords: non-invasive, glucose, laser, NIR

1. ÚVOD

Neustálý nárůst případů diabetu mellitu přináší nutnost řešit každodenní problémy těchto nemocných lidí. V současné době lze běžně měřit aktuální hladinu glukózy v krvi pouze pomocí invazivních metod. Laboratorní metody jsou nejpresnějším způsobem získání informací o koncentraci glukózy. Diabetici kromě laboratoří mají možnost se pravidelně měřit pomocí glukometrů. Ty pracují nejčastěji na základě elektrochemické reakce za použití měřicích proužků, na něž je nanášena krev. Bohužel toto monitorování diabetických pacientů je zatíženo nejen nutností měnit proužky při každém použití, ale i obtěžováním pacientů neustálým odebíráním krve, byť se jedná jen o jedinou kapku. Proto by bylo velkým přínosem zařízení, které by bylo schopné bez jakéhokoliv poranění určit pacientův glykemický stav.

2. NEINVAZIVNÍ MĚŘENÍ

V případě neinvazivního měření glukózy v krvi existuje několik možností, jak přes kůži získat potřebné informace. První komerční produkty, které již nejsou v prodeji, byly založeny na metodě využívající buď reverzní iontoforézu, nebo radiofrekvenční impedanci.[1] Nejvhodnějším řešením se jeví použití elektromagnetického záření. Nutností je však vybrat vhodné záření, aby nepoškodilo ozařovanou tkáň nebo negativně ovlivnilo výsledek. Proto lze vybírat pouze z neionizujících záření. Zároveň je velmi důležité vzít v úvahu energii záření, aby dosah paprsků skrze kůži nebyl příliš velký. Mohlo by dojít ke zkeslování informací průchodem přes okolní tkáň, nebo naopak příliš malý, kdy by došlo k velkému útlumu a záření by tak nemohlo interagovat s krevní glukózou.

3. BLÍZKÁ INFRAČERVENÁ SPEKTROSKOPIE

Pro vlastní návrh bylo z elektromagnetického spektra vybráno infračervené záření, pro které jsou charakteristické molekulové absorpční pásy. Lze tak najít vhodnou vlnovou délku, která nebude interferovat při styku s ostatními tkáněmi a buňkami a tak signál bude záviset pouze na množství glukózy v krvi. Infračervená spektroskopie je neinvazivní nedestruktivní metoda, která umožňuje získat potřebné informace o zkoumaných molekulách glukózy.

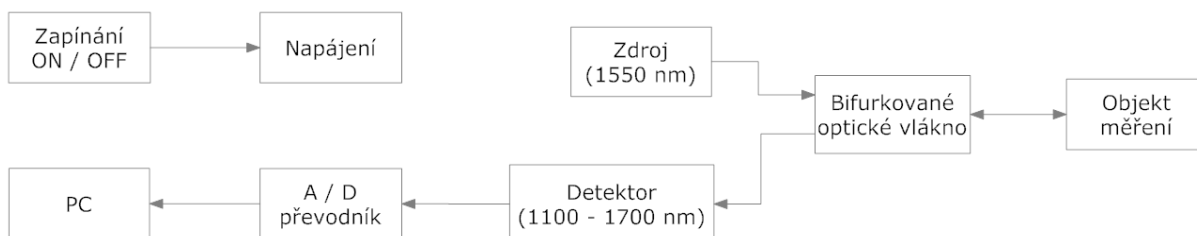
$$E = h \cdot f \quad (1)$$

kde h je Planckova konstanta ($h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$), f je frekvence elektromagnetického záření a E je energie fotonu.

Infračervené záření má nízkou energii, jak vyplývá ze vzorce (1), a tak umožňuje pouze změnu vibračně – rotačního stavu molekuly. V závislosti na této nízké energii není možné, aby záření prostoupilo celým objektem. Nelze proto využít metod transmitance. Při návrhu zařízení je tedy počítáno s principem zeslabené úplné reflektance, při níž dochází k vnitřnímu odrazu mezi molekulami glukózy. Ideální vlnovou délkou pro měření glukózy v krvi je 1536 nm a 1688 nm, jež spadá do oblasti blízkého infračerveného záření.[2] Při těchto vlnových délkách má absorpční pás pouze glukóza a tak nemůže dojít ke zkreslení naměřených výsledků jinými faktory. Jak již bylo výše uvedeno, infračervené záření má při výše uvedených délkách nízkou energii, ta je však postačující, aby bez problémů pronikla do potřebné hloubky pokožky. Konkrétně se jedná o druhou vrstvu kůže dermis, ve které se nachází kapilární síť. Pomocí odraženého záření je možné určit koncentraci glukózy v krvi a stanovit i kalibrační křivky.

4. NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Pro neinvazivní měření glukózy v krvi bylo vybráno infračervené záření, které v přístroji jako zdroj generuje laserová dioda. Na obrázku 1 je systémové schéma navrženého přístroje. Vyzářené elektromagnetické vlnění o vlnové délce 1550 nm je vedeno k pokožce objektu pomocí jednoho kanálu bifurkovaného optického vlákna. Druhým kanálem je snímáno odražené vlnění od pokožky, které dopadá na detektor. Detektor je vytvořen fotodiodou, která je maximálně citlivá na vlnění v rozsahu 1100 – 1700 nm. Vlnový rozsah komponent je znázorněn na obrázku 2. Aby bylo možné naměřené hodnoty dále zpracovat, jsou pomocí A/D převodníku digitalizovány a odeslány pomocí USB do počítače.

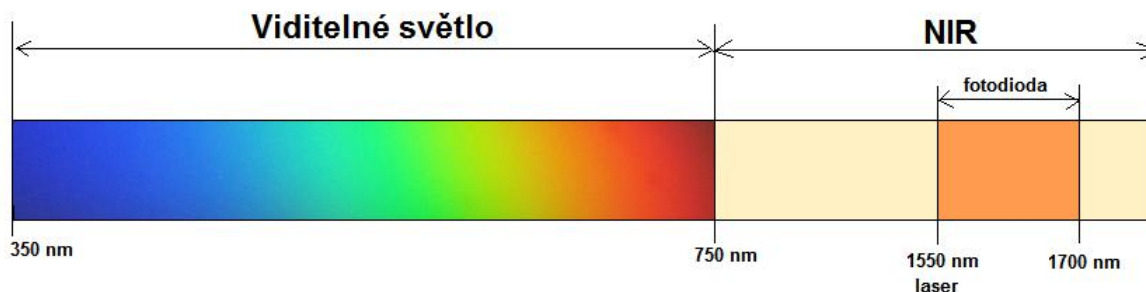


Obrázek 1: Systémové schéma přístroje – 1. fáze

Součástí záření je také vyhodnocovací software, který je napsán v programovacím jazyce C#. Programové prostředí je navrženo zejména koncovému uživateli. Při spuštění programu lze zakládat profily nebo spravovat již dříve naměřená data jako například vykreslovat grafy nebo tisknout statistiky z měření.

Důležitou částí programu je kalibrační úsek, ve kterém je možné kalibrovat výše navržený přístroj. Do této části má přístup pouze odborník, aby nedocházelo k neodborné kalibraci. Kalibrace je postavena na měření pomocí fantomů, které mají koncentrační hodnoty glukózy v rozsahu 1 – 30 mmol/l. V tomto případě je fantomem objekt, který je složen ze dvou vrstev. V první vrstvě se nachází prasečí kůže, na ni navazuje vrstva s kapalným roztokem glukózy o žádané koncentraci. V průběhu kalibrace se zjišťuje vlnová závislost na koncentraci glukózy ve fantomech. Při kalibraci se zaznamená signál, kterému se přiřadí daná koncentrace fantomu, a následně je tato informace je

uložena do databáze. Naměřené kalibrační křivky jsou dále používány při každém měření glukózy v krvi. V rámci kalibrace dochází k převodu číselných hodnot v závislosti na charakteristikách komponent zařízení na vlnovou délku, jejíž hodnota je dále používána při vykreslování a zobrazování výsledků.



Obrázek 2: Elektromagnetické spektrum – laser a fotodioda

Pro zjištění aktuální hodnoty krve se měří hodnota pro kalibraci současně s rychlým invazivním měřením. Při tomto měření dochází ke zpřesnění in vitro fantomové kalibrace na míru konkrétnímu pacientovi.

5. ZÁVĚR

Navržené zařízení pro neinvazivní měření glukózy v krvi využívá infračerveného záření, které nemá na lidský organismus destruktivní účinek. Samotné měření probíhá s využitím úplně zeslabené reflektance, která je vyvolaná laserovým zdrojem. Naměřené digitalizované hodnoty jsou zpracovány pomocí softwaru, v kterém je možná i vlastní kalibrace přístroje. Příspěvek prezentuje část diplomové práce, jejíž součástí bude i realizace zařízení a ověření předpokladů z [1] a [2].

REFERENCE

- [1] FREER, Benjamin: *Feasibility of Non-invasive Wireless Blood Glucose Monitor* [online] vydáno březen 2011 [cit. 3.12.2011] Dostupný z URL: <<https://ritdml.rit.edu/bitstream/handle/1850/13794/BFreerThesis3-2011.pdf?sequence=1>>
- [2] KHALIL, Omar S.: *Spectroscopic and Clinical Aspects of Noninvasive Glucose Measurements* [online] Vydáno 1999 [cit. 22.12.2011] Dostupné z URL: <<http://www.clinchem.org/content/45/2/165.abstract>>