

## VYUŽITÍ SÉRIOVÉHO ROZHRANÍ GLUKOMETRŮ NEVIDOMÝMI

L. Martinák, M. Penhaker

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FEI, Katedra měřicí a řídicí techniky, 17. listopadu 15, 708 00 Ostrava–Poruba, Tel.: 597 325 280, Fax: 597 323 138, E-mail: {lukas.martinak, marek.penhaker}@vsb.cz

**Abstrakt** Mnohé osobní diagnostické přístroje zejména glukometry (pro měření krevního cukru) obsahují rozhraní pro připojení osobního počítače. Přes dané rozhraní je možno získávat více statistických údajů, které hlavně slouží pro ošetřujícího specialistu k posouzení průběhu léčení za delší období a ke stanovení dalších léčebných postupů. Pro slabozraké či nevidomé osoby je čtení aktuálních údajů zobrazených na displeji osobních diagnostických přístrojů nedostupné. Nevidomý musí mít vždy při měření pomoc další osoby. Nově navržená unikátní elektronická konstrukce ve spojení s glukometrem umožňuje osobě slabozraké či nevidomé bez pomoci další osoby zjišťovat naměřené údaje a ty použít vhodně k dalšímu postupu léčby, tzn. osoba slabozraká či nevidomá bude schopna provádět „selfmonitoring“ (sledování vývoje nemoci a úprava dávkování léčiva samotným pacientem). Elektronická konstrukce nezasahuje do zapojení domácích diagnostických přístrojů, pouze využívá sériové rozhraní poskytované těmito přístroji.

**Summary** Many of the personal diagnostic systems mainly glucometers (for measuring glucose) contain a serial interface for PC connection. Through this interface it is possible to receive useful data that will be used mainly for an attending physician's purpose to evaluate the treatment process over a long time period and to set down further treatment procedures. For purblind or sightless diabetics people it is impossible to read the current data showed on displays of the personal diagnostic systems. Those who are sightless need a help of another person at disposal when measuring. The newly designed unique electronic construction in conjunction with the personal diagnostic system enables a purblind or a sightless people to identify measured data and use them suitable for the further treatment processes. The purblind or sightless people will be able to perform selfmonitoring (observation of disease trend and a dosage adjustment by a person himself).

### 1. ÚVOD

Diabetes mellitus je chronické onemocnění, při kterém dochází k poruše využití krevního cukru jako energetického zdroje. V důsledku této poruchy se mohou vyvinout typické chorobné změny v drobných cévách a v nervových vláknech. Zvyšuje se náchylnost ke specifickým orgánovým komplikacím, jako je postižení očí, nervů, ledvin a dalších. Projevuje se především zvýšením obsahu cukru v krvi (hyperglykemií). Dosud není znám způsob jak cukrovku trvale vyléčit. Léčba spočívá v dosažení co nejlepší kompenzace cukrovky. To znamená dosažení takového stavu, aby se koncentrace krevního cukru v průběhu každého dne co nejvíce přiblížila hodnotám, které mají zdraví lidé.

Dieta je základní způsob léčby při kompenzaci cukrovky. Znamená to konzumaci energeticky definované stravy v pravidelných intervalech. S tím úzce souvisí denní režim diabetika, zejména pravidelná fyzická zátěž, ale i přiměřená hmotnost. Diabetes se může výrazně zhoršit nejen porušením základních požadavků na dietu, ale i stresovými příhodami, horečnatou nemocí nebo úrazem. Když kompenzace dietou není dostatečná doplňuje se léčbou tabletami. Není-li ani toto postačující, používá se léčby dietou a inzulínem.

Prevence a včasná léčba tohoto onemocnění je jedním z nejzávažnějších úkolů jak odborného očního lékaře, tak nemocného cukrovkou. Pacient je totiž svými silami schopen do značné míry ovlivnit oční komplikace, a to jak příznivě, tak i často nepříznivě. Je nezbytně nutné předejít konečným

stádiím poškození oka a zachovat tak tento nejdůležitější lidský smysl.

Ztráta zraku, a tím i možnosti si aplikovat inzulín a provádět samostatně kontroly hladiny cukru v krvi je zvláště pro mladé pacienty vždy šokující a vede často k úzkostným až depresivním stavům. Diabetik se stává mnohdy částečně nebo úplně závislý na okolí, přestože celkový fyzický stav pacienta je dobrý a umožňoval by mu plné zapojení do života.

Měření glykémie či více glykemií v průběhu dne slouží k posuzování kompenzace cukrovky a zároveň jako vodítko k úpravě léčby při různých pacientových aktivitách, kterými jsou fyzická námaha, spánek a stres.

U každého zdravého člověka je určitá normální glykémie, která kolísá od nízkých hodnot na lačno, obvykle kolem 3,9 mmol/l, až do hodnoty kolem 8,8 mmol/l po jídle. Glykémie se tedy v průběhu dne mění.

U diabetiků je rozsah hodnot glykémie obecně širší než u zdravých, zejména, jsou-li léčeni inzulínem. Pokud je hodnota glykémie nižší než 3,3 mmol/l hovoří se o hypoglykemií, je-li hodnota glykémie vyšší než 9 mmol/l hovoří se o hyperglykemií.

Mezní hodnoty normální glykémie, či hypoglykémie nebo hyperglykémie, nelze stanovit přesně, ale vychází se z doporučení Světové zdravotnické organizace WHO[2].

U neléčených či špatně léčených diabetiků mohou být hodnoty glykémie značně rozdílné od hodnot normální glykémie. Hodnoty pod 2 mmol/l a nad 30 mmol/l jsou velmi nebezpečné, protože

může jít již o stav kómatu, ve kterém člověk ztrácí vědomí a může i umřít.

## 2. PROBLEMATIKA

Glukometr je elektronické zařízení, používající různých principů, pro měření glykémie u pacienta. Tím je umožněno včas reagovat na počínající nepříznivé změny diabetu. Významné je zejména to, že si pacient provádí měření sám a může tak reagovat buď na hypoglykémii dodatečným jídlem, nebo v opačném případě, při výskytu hyperglykémie, další aplikací inzulínu. Toto se nazývá samostatná kontrola glykémie tzv. selfmonitoring. Pacient přitom také může, mezi dvěma návštěvami u lékaře, měnit dávkování inzulínu a sledovat sám vývoj glykémie a tím i kompenzaci diabetu.

Glukometr je obvykle opatřen vnitřní pamětí (až 500 údajů), kde naměřené hodnoty, včetně data, hodiny odběru a dávkování inzulínu, jsou uchovávány s možností pozdějšího statistického vyhodnocení u ošetřujícího diabetologa na PC. Stejně tak může provádět glykemické křivky nebo glykemické profily. Přesnost měření glykémie glukometry se pohybuje v hodnotách 5 až 10 %. Na obrázku 1 jsou tři z řady glukometrů – One Touch Profile firmy Lifescan, Medisence Card od firmy Medisence a FreeStyle od firmy Therasence.



Obr. 1. Glukometry.

Provedení proužků je různé dle výrobce a typu snímání. Pro každé měření glykémie glukometrem je nutné vždy použít nový proužek, tzn. proužky jsou jednorázové.

Měření probíhá v několika krocích, které platí pro všechny glukometry: Z prstu, popřípadě předloktí, se kápne krev na místo měření a poté se vyčká stanovenou dobu. Pak se na displeji glukometru zobrazí výsledek glykémie.

Cílem je navrhnout hlasový výstup připojitelný ke zvolenému glukometru bez zásahu do tohoto glukometru pro užití nevidomým diabetikem. Hlasový výstup bude obsahovat reproduktor, který bude hlásit naměřenou hodnotu glykémie a případně

další údaje vyskytující se na displeji glukometru. Celé zařízení by mělo být přenosné s bateriovým napájením.

Požadovanými vlastnostmi jsou jednoduchá manipulace, nízká cena, bateriový provoz, minimum ovládacích prvků a srozumitelné hlášení.

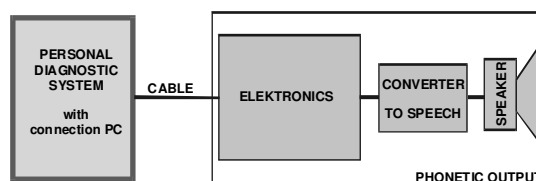
K některým glukometrům je možné připojit PC. Fyzicky se provádí přes vyvedený konektor (typu Jack), nebo přes konektor, který se používá k zasunutí senzoru (u biosenzorického typu) pokud se právě neměří glykémie. Používá se tři vodičů k propojení PC a glukometru: data vstup, data výstup a zem.

Po připojení na PC a instalaci potřebného programového vybavení může uživatel komunikovat s glukometrem. Cílem je přečíst naměřené údaje z paměti do PC a následně vytvářet tabulky a grafy z hodnot glykémie uložených v paměti po předchozích měřeních. K tomuto slouží řada programů, jako např. Diabass nebo InTouch.

Glukometry komunikují po obousměrné sériové lince asynchronním přenosem, ve standardním osmibitovém formátu, bez parity, v ASCII znacích. Napětíové úrovně sériové linky glukometru odpovídají, buď napětíovým úrovním sériového rozhraní RS232, kterého využívá PC, tzn. je možné přímé propojení glukometr – PC, a na úrovni TTL, pak je potřeba pouze mezi propojení vřadit převodník úrovně RS232/TTL, který je většinou dodáván s glukometrem nebo jej lze objednat. Používá se třívodičové propojení, tzn. jsou využity vodiče TxD, RxD a Zem.

Glukometry obsahují komunikační protokoly udávající jaké řetězce ASCII znaků slouží ke komunikaci mezi glukometry a PC. Řídící funkci má v této komunikaci počítač. Způsob komunikace je stručně popsán následovně: Počítač vysílá řetězce ASCII znaků, tzn. klade otázky a glukometr reaguje na tyto otázky tzv. odpověďmi.

Dle vlastních experimentů bylo zjištěno, že mimo komunikaci formou otázka a odpověď, glukometr One Touch Profile vysílá sám nezávisle na PC další ASCII znaky, které odpovídají údajům právě zobrazovaným na displeji tohoto glukometru. Blokové schéma popisující využití sériového rozhraní glukometru je na obrázku 2.



Obr. 2. Blokové schéma.

Glukometr je propojen třemi vodiči s elektronikou zpracovávající a vysílající data po sériovém rozhraní. Elektronika dále vybírá užitečné informace a pak tyto informace zpracovává

převodník na řeč. Z reproduktoru je pak slyšet potřebné údaje, jakými jsou např. hodnota naměřené glykémie či jiné potřebné údaje.

Ve spolupráci s nevidomým byly testovány odběry krve glukometrem s biosenzorickým typem senzoru (Medisence Card), s coulometrickým typem senzoru (Freestyle) i s fotometrickým typem senzoru (One Touch Profile). Zjištěním bylo, že hledisko způsobu odběru krve, dle prohlášení nevidomého, není zásadní, ale metodika odběru se musí při použití kteréhokoliv z uvedených typů senzorů vyzkoušet a tzv. natrénovat.

Obvyklý způsob, jak vytvořit řečový syntetizovaný signál, je vybrat základní stavební akustické jednotky, zpracovat a uložit je v paměti a posléze, ve vhodném okamžiku, je generovat tak, že se pospojují dohromady vhodné segmenty z tohoto uloženého inventáře. Při výběru základní jednotky syntézy je možné uvažovat buď o celých větách, nebo slovech, slabikách či jen o hláskách. Je zřejmé, že čím je základní stavební jednotka delší, tím více promluv musí být obvykle zpracováno a zapamatováno. Požadavky na počet takto zaznamenaných promluv bývají velmi často neúměrné, a to i v případech, kdy počet různých slov v potenciálních promluvách není velký.

Názorným příkladem může být automatický hlásič času, který oznamuje pravidelně každých deset vteřin přesný čas typickým hlášením. Pokud bychom chtěli zaznamenat všechny možné varianty hlášení, dospěli bychom k číslu 8 640, zatímco se v těchto hlášeních vystřídá pouze asi 35 různých slov. Tento ilustrativní příklad mluví samozřejmě proto, abychom využívali spíše menší jednotky pro stavbu syntetizovaného hlášení. Z tohoto hlediska se nabízí jako optimální řešení využití fonémů tzn. hlásek, jako základní stavební jednotky syntetizované řeči. Naneštěstí, čím menší je stavební jednotka pro syntetizované hlášení, tím více se projevuje při spojování těchto jednotek vliv nesprávné koartikulace. To platí i pro případ slova a slabiky jako stavebních jednotek.

Pro potřebu hlasového výstupu ke glukometru jsou možná řešení syntézy řeči se základními stavebními jednotkami na úrovni:

- fonémů, tzn. hlásek
- slabik
- slov

Realizace na úrovni fonémů a slabik představuje nadměrnou složitost samotného namlouvání do paměti a výsledná srozumitelnost je nepříliš úměrná této složitosti. Více v literatuře [1][3]. Proto tato realizace není příliš vhodná.

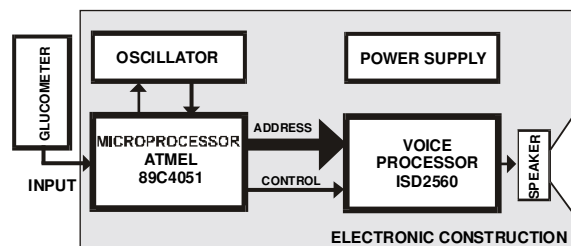
Realizace na úrovni slov jako základních stavebních jednotek, vzhledem k tabulce požadovaných slov pro hlášení, je pro dané užití vhodnější.

Samotné uložení slov a jejich reprodukce dle požadovaných hlášení je možné učinit buď záznamem přes procesor s A/D převodníkem do

paměti např. EEPROM, nebo například pomocí hlasového procesoru firmy ISD. Hlasový procesor již obsahuje v pouzdře celkovou strukturu ukládání a reprodukci jednotlivých hlášení. Využití hlasového procesoru pro danou realizaci je tímto velmi vhodné.

### 3. ŘEŠENÍ

Pro praktické řešení hlasového výstupu k měřiči glykémie a stanovování glykemické křivky bylo použito zapojení využívající hlasového procesoru ISD 2560 a mikroprocesoru Atmel 89C4051[4]. Na obrázku 3 je blokové schéma realizace hlasového výstupu.



Obr. 3. Blokové schéma realizace hlasového výstupu.

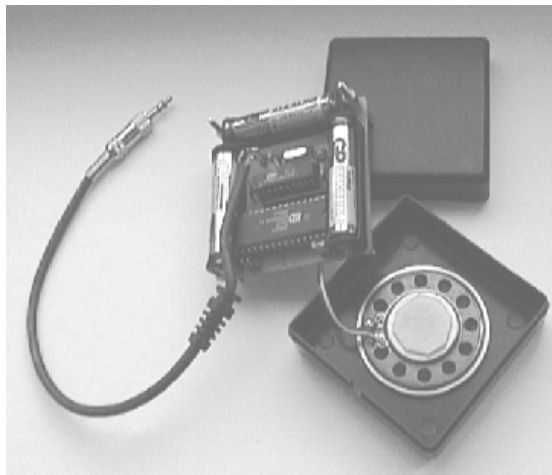
Hlasový procesor ISD2560 [5] je vyráběný firmou ISD patentovanou technologií ChipCorder. Základní princip je založen na analogovém uložení signálu v jeho původní podobě jako náboj elementu (kondenzátoru) – podobně jako v paměti EEPROM. Obvod obsahuje vnitřní oscilátor, mikrofonní předzesilovač, automatické řízení zisku, vstupní filtr, výstupní filtr, koncový zesilovač, paměťové pole o velikosti 480 tisíc elementů, adresní sběrnici, blok napájení, řízení funkcí a výstupní multiplexer.

Po zapnutí napájecího napětí nebo po resetu mikroprocesoru se čeká na příchod dat na sériové lince v osmibitovém formátu o rychlosti 9600 Bd. Data se pouze přijímají. Jestliže signál nepřijde asi do 30 vteřin mikroprocesor se uvede do režimu Power Down. Po příchodu dat se v přerušení zapíše postupně tyto data přes registr SBUF do pole znaků. Data jsou přijímána po rámcích, které obsahují ASCII znaky.

Do pole obsahující 40 znaků se zapíší postupně všechny přijaté znaky v jednom rámci. Toto pole se dále rozdělí na jednotlivé části a z jednotlivých částí pole se dekódují následujícím způsobem potřebné údaje: V programu je uložen seznam všech slov, které je možné promluvit hlasovým procesorem, ke každému slovu je doplněn údaj o jeho délce a místě uložení v paměti. Pomocí porovnání znaků přijatých a znaků obsažených ve slovech uloženého seznamu je vybráno slovo, které odpovídá slovu na displeji glukometru. Následně je dle informací o délce a místě uložení v paměti vyslána na port adresa po dobu trvání délky slova. Pak se pokračuje v dekódování dalšího slova.

#### 4. VÝSLEDKY

Hotový výrobek (obrázek 4) je složen z krabičky a napevno připojeného kabelu, který obsahuje konektor typu JACK 3,5. Tímto konektorem se hlasový výstup připojí ke glukometru.



Obr.4. Hotový výrobek.

Rozměry jsou 65 x 65 x 30 mm. Napájení je provedeno třemi AAA bateriovými články. Pokud hlasový výstup nepřijímá data, sám se uvede do pohotovostního režimu se spotřebou menší než 5 uA. V provozním režimu je spotřeba proudu do 10 mA. Při reprodukci může spotřeba dosáhnout až 50 mA. Neobsahuje žádné ovládací prvky, tj. tlačítka ani přepínače a pracuje bez samotného zásahu do glukometru, protože využívá konektor pro připojení počítače. Hlasový výstup se vypíná automaticky.

#### 5. ZÁVĚR

Slabozrací a nevidomí jsou schopni provádět selfmonitoring (jsou schopni měřit hodnotu glykémie a při tom si dle naměřených hodnot dávkovat léky a to samostatně bez dohledu jiné osoby).

Vlastnosti hlasového výstupu byly ověřovány prakticky u slepého diabetika. Pomineme-li problémy s dávkováním vzorku do glukometru, které jsou u nevidomého otázkou delšího natrénování odběru, bylo vyjádření slepého diabetika velmi příznivé. Doporučoval co nejdříve zajistit sériovou výrobu.

Vzhledem k tomu, že hlasový výstup je, po úpravách, možné použít i u glukometrů různých značek, byl navázán kontakt s výrobcí glukometrů. V úpravách hlasového výstupu a navazování dalších kontaktů se bude pokračovat, aby mohl být hlasový výstup sériově vyráběn.

#### Poděkování

Tento článek vznikl za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR z grantu Fondu rozvoje vysokých škol (FRVŠ) č. 1307/2005.

#### REFERENCES

- [1] Psutka, J.: *Komunikace s počítačem mluvenou řečí*, 1. vydání, Academia, 1995, ISBN 80-200-0203-0
- [2] Bartoš, V., Pelikánová, T. & kol.: *Praktická diabetologie*, 1. vydání, Maxdorf, Praha, 1996, ISBN 80-85800-31-4
- [3] Jahelka, M.: *Modulární mikroprocesorový systém pro nevidomé s hlasovým výstupem (diplomová práce)*, Ostrava 2002, VŠB - TUO, FEI
- [4] Atmel, Corp.: <http://www.atmel.com>
- [5] ISD, Corp.: <http://www.isd>.