

# INFANT MOVEMENT MONITOR

**Ludmila Zahradníčková**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xzahra20@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sekora

E-mail: sekora@feec.vutbr.cz

**Abstract:** Movement monitor is a detection device for monitoring the frequency of breathing of newborns and infants. It is usually indicated to children under the one year as a support to reduce the risk associated with sleep apnoea and sudden death syndrome. The aim of the project is to design own monitoring device for detecting and evaluating the frequency of breathing. Detection is realized by using a buzzer. After filtering and amplification the analog signal is digitized and evaluated by a microchip.

**Keywords:** Sudden Infant Death Syndrome, SIDS, sleep apnoea, movement monitor, buzzer, microcontroller

## 1. ÚVOD

Syndrom náhlého úmrtí dítěte (SIDS, Sudden Infant Death Syndrome) dnes patří k nejčastějším příčinám předčasného úmrtí dětí do jednoho roku života. Je definován jako smrt novorozence nebo kojence, která je neočekávaná a nastává většinou ve spánku, aniž by tomu předešlý stav jakkoli nasvědčoval. Projevuje se náhlou zástavou dechu, která je důsledkem lehké hypoxie, popřípadě poruchou srdečního rytmu. Jednou z možností, jak následkům tohoto syndromu předcházet, je používání vhodných monitorovacích zařízení. V současné době se na trhu pohybuje velké množství výrobců nabízejících různé monitory dechu, některé v kombinaci s klasickými elektronickými chůvičkami. Záměrem tohoto projektu je kompletní návrh a realizace hardwarové i softwarové části vlastního přístroje, který principiálně vychází z deskového monitoru, avšak díky vhodné kombinaci použitých součástek by provozní cena takového zařízení mohla být pro konečného uživatele nižší, než je u podobných monitorů dnes.

## 2. SPÁNKOVÁ APNOE A SIDS

Pravděpodobnost výskytu a délka trvání příznaků spánkové apnoe, tzv. apnoických pauz, tedy momentu, kdy nedojde ke spontánnímu nádechu a dýchací cyklus se na několik sekund zcela zastaví, klesá s gestačním věkem novorozence. U předčasně narozených dětí se z důvodu nezralosti dechového centra mohou během spánku rozvinout paradoxní dýchací pohyby, při kterých se nádechem hrudník nerozpíná, nýbrž naopak zatahuje. Parciální tlak kyslíku v arteriální krvi klesá, nitrohrudní tlak se zvyšuje, postupně dochází ke zhroucení dýchacích cest a rozvoji apnoe. Sledování apnoických pauz se u nedonošených dětí provádí během celého pobytu v porodnici díky monitorování kardiorespiračních funkcí, přičemž k léčbě apnoe se přistupuje, pokud se zástava dechu opakuje častěji než jednou za hodinu.

U zdravých dětí narozených po 35. týdnu bývají kratší zástavy dechu trvající do 15 sekund a místy neperiodické dýchání zcela běžné. Za patologickou je považována apnoe, při které nedochází k opětovnému nádechu ani po 20 sekundách nebo je-li přítomno snížení tepové frekvence (pod 90 tepů/min), nízké nasycení krve kyslíkem (pod 80 %) či cyanotický vzhled kůže.

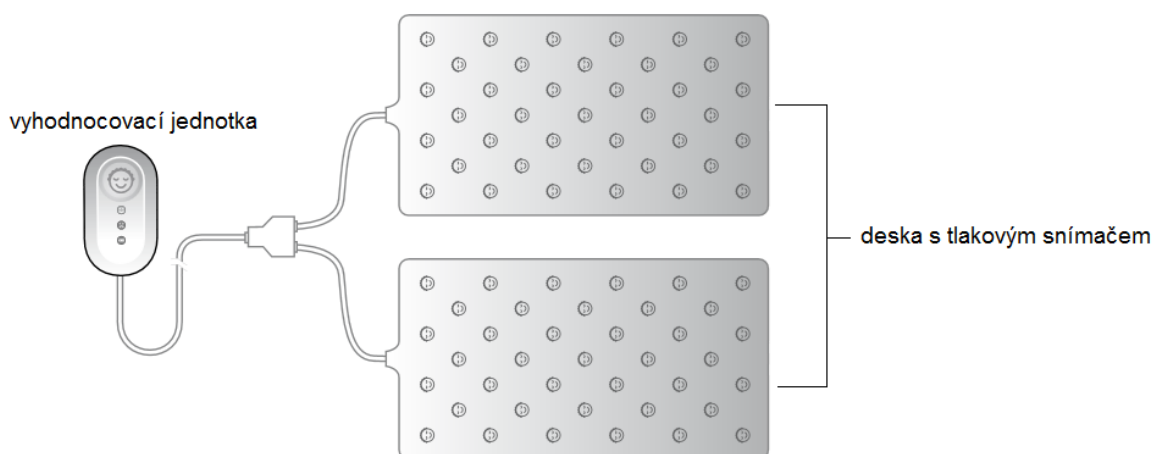
Přesnou příčinu vzniku spánkových apnoí se dodnes nepodařilo objasnit, spouštěcích faktorů je ovšem několik, od genetických predispozic až po nežádoucí vlivy okolního prostředí. To všechno

má dopad na chod kardiopulsačních funkcí, které se v kojeneckém věku neustále rozvíjí. Delší apnoické pauzy znamenají přímé ohrožení života dítěte v podobě poruch vědomí nebo syndromu náhlého úmrtí. Kvůli narušování REM fáze spánku, ve které apnoe nastává nejčastěji, dochází k její postupné redukci, což negativně ovlivňuje rozvoj kognitivních funkcí a může způsobovat opožděný vývoj dítěte.

### 3. MONITOR DECHU

Klasický deskový monitor dechu sestává ze sensorové podložky, připojovacího kabelu a vyhodnocovací jednotky. Celá sestava je napájena alkalickými bateriemi, vstupní napájecí napětí je obvykle do 5 V. Uvnitř podložky je zabudovaný piezoelektrický snímač, který reaguje na tlak vytvářený dýchacími pohyby dítěte. Signál je následně přenesen kabelem do přístrojové jednotky, kde probíhá vlastní vyhodnocování. Pokud není detekován pohyb v intervalu delším než 20 sekund, spouští se zvukový alarm.

Samotná deska ani jiné živé části zařízení nepřijdou do přímého kontaktu s tělem dítěte. Sensorová deska se umísťuje pod matraci, která by neměla být příliš tvrdá, aby tlak způsobený dýchacími pohyby zcela neutlumila. Výrobci domácích monitorů dechu často nabízejí také speciální matrace do dětských postýlek, které jsou kompatibilní s dodávanými přístroji. Vyhodnocovací jednotka se připojí ke snímací desce a připevní se na postýlku. Je důležité, aby vyhodnocovací přístroj i vodičí kabel byly vždy mimo dosah dítěte. Pokud je sledováno dítě staré již několik měsíců, schopné se samo v postýlce přetočit, je vhodné použít dvou sensorových desek, jako na obr. 1, které pokryjí větší plochu lůžka. Zvýší se tak schopnost detekce případných dechových obtíží, což umožní včasný resuscitační zákrok.



**Obrázek 1:** Zapojení dvou sensorových podložek do vyhodnocovací jednotky. (Převzato z [2])

### 4. HARDWAROVÉ ŘEŠENÍ

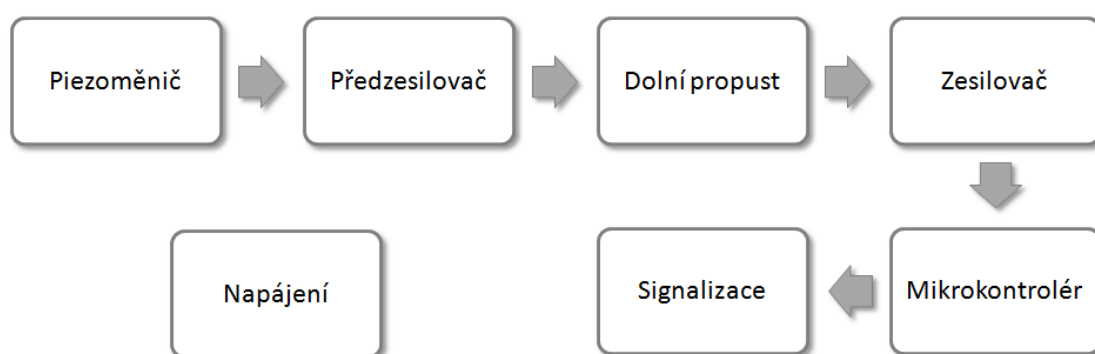
Signálem na vstupu zařízení pro zpracování jsou pohyby dítěte, způsobené dýcháním, které je nutné převést na elektrický signál. Převodníkem mechanického signálu na elektrický je piezoměnič o průměru 48 mm, který detekuje změny tlaku vznikající vlivem různé frekvence dechů dítěte. Vzhledem k tomu, že tento detekovaný signál dosahuje pouze milivoltových úrovní, je třeba jej zesílit použitím operačního zesilovače, který je umístěn hned za piezoměničem.

Frekvenční pásmo dechových pohybů u novorozenců a kojenců nabývá hodnot do 1 Hz. Pro potlačení nežádoucích složek signálu, způsobených např. tepem srdce nebo motorickými pohyby dítěte v postýlce, jsou použity tři po sobě řazené RC filtry prvního řádu typu dolní propust s mezní frekvencí právě 1 Hz. Vlivem filtrace dochází k poklesu napětí o 3 dB na každém řádu filtru, z toho důvodu je signál na výstupu filtrů znovu zesílen operačním zesilovačem. Alternativou může být

použití aktivní filtrace, v takovém případě by další operační zesilovač před vstupem mikrokontroléru nebyl nutný.

Zesílený signál je 8bitovým AD převodníkem, integrovaným v mikrokontroléru s 8bitovým procesorem o taktovací frekvenci 3,2 MHz, vzorkován. Program mikrokontroléru jej následně zpracovává a vyhodnocuje – jde o porovnávání s předem stanovenými hodnotami. Do doby, kdy signál odpovídá určitému rozmezí, funguje program v nekonečné smyčce. Pokud je prodleva mezi jednotlivými detekovanými píky delší než 20 sekund, je vyvolána signalizace. Ta je ukončena až tehdy, kdy uživatel na alarm reaguje a provede restart programu – tedy restart zařízení.

Napájení je zajištěno dvěma tužkovými bateriemi, vstupní napájecí napětí je tedy v rozsahu 2,4 V až 3 V dle typu baterie. Operační zesilovače je třeba napájet symetricky s vyšším napětím, pro tento účel je použit DC/DC měnič, který vstupní napětí zvýší na 10 V. Záporné napájecí napětí o velikosti -10 V je vytvořeno DC/DC měničem – invertorem. Pro napájení mikrokontroléru je, opět za pomoci DC/DC měniče, použito napájecí napětí o hodnotě 5 V.



**Obrázek 2:** Blokové schéma pro deskový monitor dechu.

## 5. ZÁVĚR

Používání monitorů dechu se v současné době stává standardem. Na novorozeneckých odděleních v nemocnicích se s nimi setkáme běžně a velký výběr komerčně dodávaných výrobků umožňuje toto zařízení využívat i v domácím prostředí. Mezi hlavní požadavky, kladené na tento typ přístroje, patří spolehlivost, bezpečnost, kompaktnost a přijatelná pořizovací i provozní cena. Použití piezoměniče zajišťuje jejich splnění naprosto dokonale. Životnost sensorové desky je u komerčně dodávaných výrobků udávána na minimálně 5 let, svými rozměry v dětské postýlce nijak nepřekáží, navíc je piezoměnič uvnitř desky dostatečně citlivý, aby byla zajištěna detekce milivoltových úrovní dýchacích pohybů dítěte.

## REFERENCE

- [1] MATĚJŮ, Eva a Peter KOVÁČ. Retrospektivní studie výskytu SIDS v ČR během období 1999-2004. *Pediatric pro praxi*. 2006, ročník 7, číslo 2, strany 109-113. ISSN 1803-5264.
- [2] Monitor dechu kojence BM-02. *Monitor dechu Nanny* [online]. Vystaveno 2013 [citace 2013-11-10]. Dostupné z: <http://www.nanny-monitor.cz/uzivatelsky-manual.html>.
- [3] ŠONKA, Karel. *Apnoe a další poruchy dýchání ve spánku*. 1. vydání. Praha: Grada, 2004. 247 stran. ISBN 80-247-0430-7.