



Možnosti monitorování zdravotního stavu nositele oděvů pomocí nositelné elektroniky

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství

Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie

Autor práce: **Bc. Michal Martinka**

Vedoucí práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.



Tento list nahradte
originálem zadání.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tom-to případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval docentu Havelkovi za cenné rady a vedení při zpracování této práce a mé rodině, která mě podporovala po celou dobu.

Abstrakt

Obsahem této práce je seznámení s problematikou nositelné elektroniky, následků dnešní doby na lidský organizmus a návrh monitorovacího systému pro měření životně důležitých funkcí jako je tepová frekvence a tlak s možností bezdrátové komunikace a jeho následného odzkoušení.

Klíčová slova

Nositelná elektronika

Smart textilie

Aplikace

Arduino

Picaxe

Krevní tlak

Pulz

Bezdrátová komunikace

Údržba

Abstract

The aim of this work is introducing wearable electronics, the after-effects of current age on human body and designing of monitoring system for measuring of life essential functions regarding heart rate and blood pressure with the possibility of wireless communication and following testing.

Keywords

Wearable electronics

Smart textiles

Applications

Arduino

Picaxe

Blood pressure

Pulse

Wireless communication

Maintanance

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
1 Úvod	10
2 Význam nositelné elektroniky	11
2.1. Nositelná elektronika	11
2.2. Smart textilie	12
2.3. Základní komponenty smart textilií	14
3 Možné aplikace	20
4 Dostupné sestavy	23
4.1. Arduino	23
4.2. Picaxe	24
4.3. Parallax	24
5 Monitorování životně důležitých funkcí	26
5.1. Krevní tlak	27
5.2. Pulz (tep)	28
6 Návrh snímačů pro monitorování životních funkcí	30
6.1. Návrh 1	30
6.2. Vodivé dráhy	31
6.3. Zdroj napájení	33
6.4. Řídící jednotka	34
6.5. Mikro kompresor	35
6.6. Přetlaková pojistka	35
6.7. Tlaková manžeta	36
6.8. Modul pro bezdrátovou komunikaci	37
6.9. Návrh 2	38
6.10. Finální návrh	40

6.11.	Zhotovení finálního návrhu	41
7	Testování navrhnutého systému	43
7.1.	Zátěžový test.....	43
7.2.	Bezdrátová komunikace	43
7.3.	Údržba	45
	Závěr	46
	Zdroje	47
	Seznam obrázků.....	50

Seznam použitých zkratk

UV záření	- Ultrafialové záření
Smart	- inteligentní
MENS	- mikro-elektromechanické systémy
GPS	- Globální poziční systém
LCD	- Displej z tekutých krystalů
CO ₂	- Oxid uhličitý
USB	- Univerzální sériová sběrnice
Mm	- Milimetr
Hg	- Rtuť
TK	- Krevní tlak

Úvod

V dnešní uspěchané době se vyskytuje čím dál více zdravotních problémů způsobených špatnou životosprávou, nedostatkem pohybu a přemírou stresu. Proto je čím dál více potřeba monitorovat základní životní údaje jako je tlak a tep, které jsou přímým ukazatelem stavu lidského srdce a cév. [1] Zdravotní problémy způsobené vysokým nebo nízkým krevním tlakem mohou přijít nečekaně, a proto systém včasného varování a přivolání pomoci může sehrát zásadní roli v záchraně života.

1 Význam nositelné elektroniky

Nositelná elektronika má za úkol určitým způsobem zefektivnit den svého nositele, poskytnout mu informace o zdravotním stavu, poloze, či UV záření. Dá se rozdělit do dvou kategorií:

- Smart textilie – senzory jsou součástí oděvu,
- nositelná elektronika – senzory jsou samostatná zařízení, která si nositel nasazuje na tělo.

2.1. Nositelná elektronika

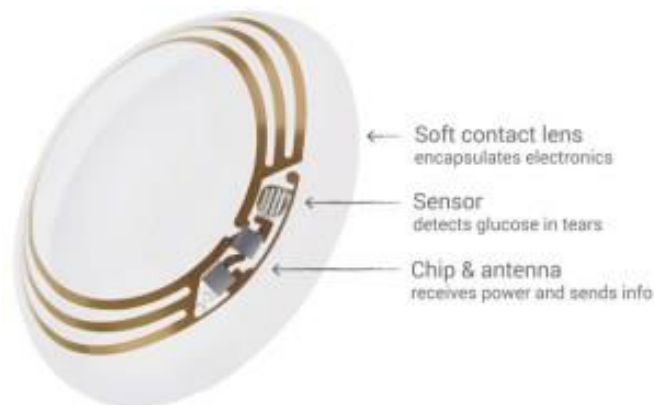
Senzory, napájení a řídicí jednotka je umístěna do samostatného zařízení v podobě hodinek, náramků, přívěsků nebo brýlí. Z pravidla jsou velmi kompaktní, lehké a snadno zaměnitelné s běžnými módními doplňky. [4]

- Chytré hodinky
- Fitness náramky
- Inteligentní brýle

S rozvojem technologie lze senzory umístit na materiály, které se svojí velikostí vejdou na špičku prstu. Příkladem jsou inteligentní kontaktní čočky [5] (Obr. 1). Tyto čočky obsahují soustavu senzorů. A to na měření:

- tlaku,
- světla,
- tepla,
- elektrického pole.

Všechny senzory jsou umístěné mimo zorné pole a nikterak neovlivňují viditelný úhel.

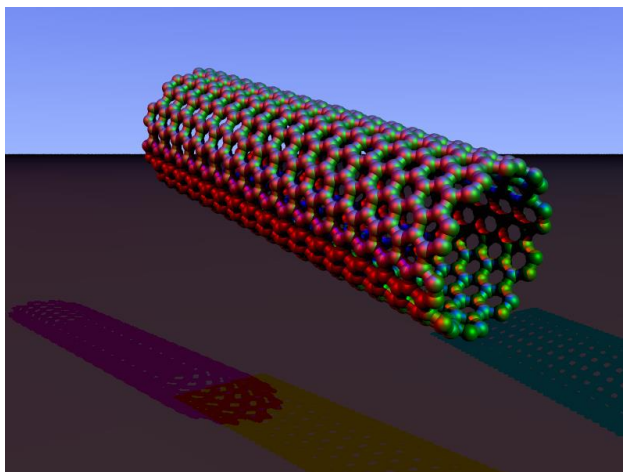


Obr. 1: Inteligentní kontaktní čočka

2.2. Smart textilie

Smart neboli inteligentní textilie přinášejí určitou přidanou hodnotu. Buď aktivním, nebo pasivním způsobem reagují na podmínky ze svého okolí, za použití MENS (mikro-elektromechanické systémy) [2] implementované do samotné struktury oděvu. Základem je, aby systémy MENS nezhoršovaly fyziologické vlastnosti oděvu a nebránily nositeli v pohybu. Po vyjmutí zdroje napájení je možné oděv osazený systémem MENS udržovat standardním způsobem jako je praní a žehlení ovšem s ohledem na použitou elektroniku.

Použijeme-li textilie s inteligentními textilními vlákny, můžeme všechny omezení údržby vzniklé použitím MENS zanedbat. Výzkum nanomateriálů umožňuje nahrazení konvenčních pevných částí. Použitím uhlíkových nanotrubic (obr. 2) lze dosáhnout pevné a přesto velmi pružné dráhy vykazující výbornou tepelnou a elektrickou vodivost. [1]



Obr. 2: Uhlíková nanotrubička

Smart textilie se dělí do tří skupin v závislosti na své „inteligenci“:

- Pasivní smart textilie - patří do první generace inteligentních textilií. Tyto textilie obsahují detekční jednotku (senzory), která je napojena na externí řídicí systém, který vyhodnocuje data a posílá je monitorovací jednotce. Jako příklad pasivní nositelné elektroniky lze uvést cyklistickou bundu se světelnou signalizací změny směry jízdy. (Obr. 3)



Obr. 3: Cyklistická bunda se světelnou signalizací

- Aktivní smart textilie - patří do druhé generace inteligentních textilií. Textilie je osazena senzory, ale i řídicí jednotkou a akumulátorem. Přímě pak reagují na daný podmět. Jsou schopny změnit barvu, uchovat teplo nebo regulovat prodyšnost. Osadíme-li oděv senzory na měření UV záření, oděv nás pak může upozornit, pokud je intenzita záření příliš vysoká a to buď

změnou barvy oděvu, nebo světelnou (Obr. 4) či akustickou signalizací. Stejný princip lze uplatnit i na měření radiačního záření. [3]



Obr. 4: Vlákna měnící barvu

- Super inteligentní textilie - Vyvíjená třetí generace. Tyto textilie jsou schopné se učit, reagují na podněty z okolního prostředí a přizpůsobují svojí funkci. Textilie se postupně učí reagovat na nové podmínky, reakci na tyto podmínky si uloží do paměti, což umožní rychlejší reakci při jejich opakování.

2.3. Základní komponenty smart textilií

Každý systém použitý ve smart textilií obsahuje čtyři základní části:

- Senzorové pole – snímače, které přijímají impulzy z okolního prostředí, se dělí se podle požadované funkce na: [6]
 - tepelné senzory (Obr. 5),
 - senzory na měření vlhkosti,
 - snímače UV záření,
 - monitorování životních funkcí,
 - GPS lokátory,
 - senzory elektromagnetického pole,
 - pohybové senzory.



Obr. 5: Teplotní senzor WIRE

Senzory jsou prvním vstupním bodem a základní částí v celém systému. Bez dat, které poskytnou, by řídicí jednotka neměla co vyhodnocovat. Na kvalitu senzorů se proto klade velký důraz a jejich poškození může vyřadit z provozu celý systém.

Mezi senzory, které zajišťují vstupní data, patří i technologie, která na tyto data následně reaguje. Dělíme je na čtyři základní části:

- icomX – ovládací prvky jako jsou textilní klávesnice nebo ovladače,
- iLigtX – Světelné zdroje, u smart materiálů jsou nejpoužívanějšími světelnými zdroji led diody díky své vysoké životnosti a malých rozměřů. (Obr. 6)



Obr. 6: Světelné zdroje

- iThermX – Vyhřívání určitých částí oděvu za pomoci vodivých drah. (Obr. 7)



Obr. 7: Vyhřívání

Mezi vstupní zařízení patří i integrovaný mikrofon (Obr. 8) maskovaný jako knoflík. To zaručuje funkčnost a zároveň estetičnost oděvu. [21]



Obr. 8: Mikrofon

- Zdroj napájení – Napájení je jedna z nejdůležitějších komponent v celém systému a můžeme ji označit jako srdce systému. Kvůli údržbě musí být zdroj napájení snadno odpojitelný, musí mít takové rozměry, aby se dal snadno implementovat do oděvu, musí mít dostatečnou kapacitu, ale zároveň nesmí nikterak narušovat komfort. Všeobecně se doporučuje používat kombinovaný systém napájení, který využívá lithium – iontové

akumulátory (Obr. 9), které jsou vhodné pro svoje malé rozměry, velký výkon a dlouhou životnost,



Obr. 9: lithium – iontový akumulátor Duremax

spolu se solárními články (Obr. 10), které zajišťují dobíjení. Solární články se napevno implementují do textilie. [7]



Obr. 10: Solární článek

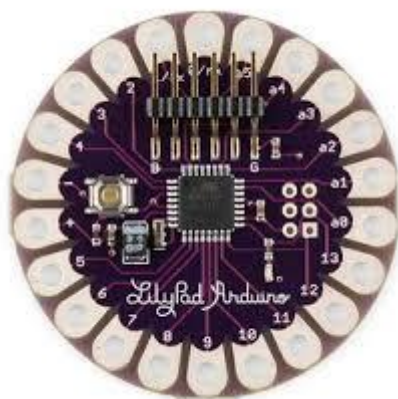
Společnost Interactive-wear [21] zabývající se vývojem mikroelektroniky specializované do oděvů nabízí integrované zdroje napájení, která svými specifickými rozměry plně vyhovuje pro aplikaci do oděvu a nikterak nenarušuje komfort. (Obr. 11)



Obr. 11: integrovaný solární panel

- Řídicí jednotka – Řídicí jednotka je mozek celého systému, vyhodnocuje data přijata ze sensorového pole a dle nastavení na ně reaguje. Dle účelu použití může řídicí jednotka obsahovat LCD monitor či jiné přídatné jednotky jako je modul pro bezdrátovou komunikaci.

Pro aplikaci elektroniky do oděvu je nejvhodnější jednotka LilyPad (Obr. 12) od společnosti Arduino, která díky svým rozměrům a univerzálnosti poskytuje nejširší možnosti uplatnění. [8]

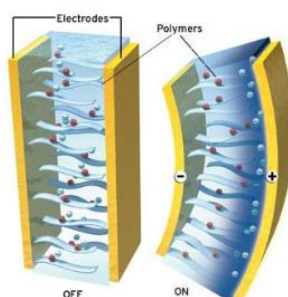


Obr. 12: LilyPad Arduino

- Vodivé dráhy – Vodivé dráhy by se daly přirovnat k tepnám systému. Spojují všechny jednotky a vytváří tak ucelený systém. Jejich úkolem je přenášet jak energetické, tak datové impulsy mezi sensorovým polem, akumulátorem a řídicí jednotkou. Na jejich tvorbu můžeme použít hned několik metod a materiálů: [9]

- kovová vlákna,
- organická vlákna s částicemi uhlíku,
- vlákna potažená vodivými polymery,
- elektricky vodivé příze.

Dnes patří mezi nejpoužívanější materiál používaný na vodivé dráhy takzvaný vodivý polymer (Obr. 13). Díky své jedinečné struktuře dobře vede elektrický proud, ale zároveň je ohebný a nikterak neomezuje možnosti údržby.



Obr. 13: Vodivé polymery

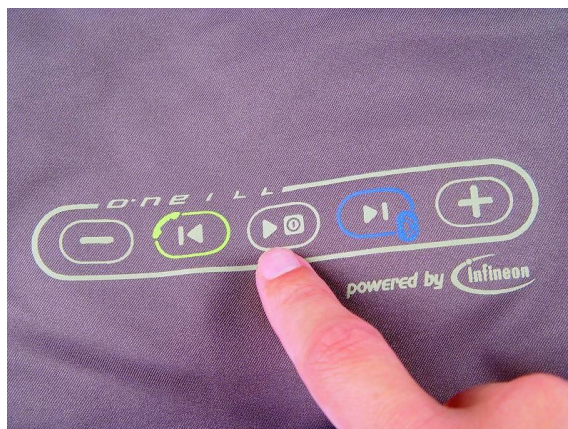
3 Možné aplikace

Nositelnou elektroniku lze uplatnit ve všech oborech vždy v závislosti na požadované funkci.

- Záchraná služba – U záchrané služby je důležitý systém včasného varování. Proto je nutné uplatnit systém na měření životních funkcí, lokalizaci polohy a bezdrátové komunikace.
- Armáda a policie – systém je doplněn o detekci průstřelu. Nově se experimentuje s chameleonským systémem, který má poskytovat dokonalou kamufláž přizpůsobitelnou okolnímu prostředí.
- Hasiči – U hasičů je kromě monitorování životních funkcí, klíčový systém na měření teploty a obsahu CO₂ v ovzduší.
- Turistika – Systém na zlepšení viditelnosti, který zlepšuje bezpečnost nositele.

Nositelná elektronika je velmi přizpůsobivá a její aplikace do struktury samotné textilie umožňuje všestranné použití.[10]

- Textilní klávesnice - Za použití vodivých nití je klávesnice přímo všita do oděvu. Přenáší impulsy od uživatele do řídicí jednotky, která je vyhodnotí a následně vykoná daný příkaz (Obr. 14)



Obr. 14: Textilní klávesnice

- Systém na poslech hudby (Obr. 15) – Po připojení přehrávače (kabelem, nebo bezdrátově za pomoci bluetooth) je systém schopný přehrát požadovanou hudbu. Pomocí integrovaných sluchátek není potřeba dalšího externího zařízení. [11]



Obr. 15: Systém k poslechu hudby

- Vyhřívání – Oděv je vybaven topnými tělísky a ovládací jednotkou, své uplatnění najde především u vysokohorských horolezců.
- Změna barvy textilie – takzvané chameleoní textilie, které reagují na okolní teplotu změnou barvy.
- Monitorování techniky běhu – Chytré ponožky Sensoria smart sock (Obr. 16) jsou opatřeny senzory monitorující kvalitu došlapování chodidla při běhu. Nasnímaná data se pomocí bezdrátové komunikace bluetooth odesílají do chytrého telefonu. Ponožky poskytují svému nositeli podrobné informace, ze kterých lze snadno odhalit případné chyby při sportovní činnosti. [22]



Obr. 16: Chytré ponožky Sensoria

Nové sestavy nabízejí nové možnosti použití a s nástupem chytrých telefonů se nositelná elektronika přizpůsobuje novým nárokům. Chytré telefony komunikují s oděvem a přenášejí data o nositeli, nebo umožňují dálkové ovládání některých funkcí jako například:

- změna barvy,
- ovládání hlasitosti,
- přehrávání hudby.

Díky stále výkonnějším zdrojům napájení můžeme chytrý telefon napojit na inteligentní oděv a dobýt ho pomocí USB konektorů.

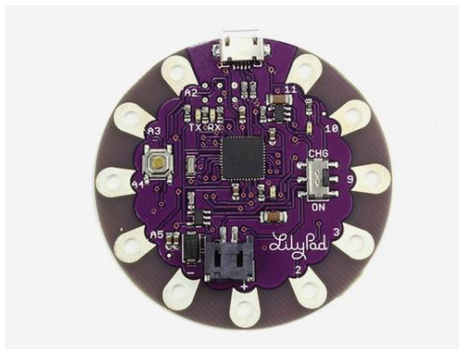
4 Dostupné sestavy

4.1. Arduino

Arduino je nejpoužívanější platforma pro nositelnou elektroniku a elektroniku všeobecně. Vývoj prvního Arduina je datován do roku 2005, kdy se vývojáři z Interaction Design Institute rozhodli vytvořit levný vývojový set pro studenty. [12] Základem je procesor od firmy Atmel a tvoří srdce každého Arduina. Arduino je všestranný levný set, který nabízí širokou škálu uplatnění. K dispozici je sada doplňků, jako jsou:

- WiFi adaptéry,
- USB konektory,
- LCD panely,
- bluetooth vysílače,
- klávesnice,
- digitální vstupy a výstupy.

V textilním průmyslu se používá platforma LilyPad Arduino, který je osazen 9 digitálními vstupy/výstupy a konektorem na mikro USB. [13] (Obr. 17)



Obr. 17: LilyPad Arduino USB

4.2. Picaxe

Picaxe byl původně navržen jako výukový systém určený do škol. Dnes se těší velké popularitě mezi amatérskými i profesionálními návrháři. Jádrem je mikrokontroler PIC vyrobený firmou Microchip a díky programovacímu jazyku Picaxe BASIC, který je navržen tak, aby se uživatel rychle naučil se systémem, je jeho použití velmi intuitivní a jednoduché. [14][16] (Obr. 18)



Obr. 18: Picaxe wearable modul

4.3. Parallax

Americká společnost zabývající se vývojem hardwaru. Podobně jako u Picaxu nebo Arduino tak i Parallax si uživatel programuje sám dle své potřeby. Věří v myšlenku, že v každém se ukrývá vynálezce. [15] (Obr. 19)

Jelikož se nejedná o systém určen pro studenty, je o poznání dražší a jeho variabilnost není tak veliká.



Obr. 19: Parallax ELEV-8

5 Monitorování životně důležitých funkcí

Monitoring životně důležitých funkcí se zaměřuje především na krevní tlak, pulz a teplotu organismu. Včasné odhalení extrémních výkyvů umožňuje rychlé řešení zdravotních poruch a předejití komplikací ať srdečních, cévních nebo mozkových.

- Lékařský monitoring životních funkcí se provádí na interním oddělení nemocnice tzv. Holterovým přístrojem (Obr. 20). Nevýhodou tohoto systému je nízká dostupnost, vysoká pořizovací cena (cca 1mil. Kč) a nemožnost častějšího opakování monitorizace.



Obr. 20: Holterův měřicí aparát

- Oblek monitorující životní funkce již byl vyvinut speciálně pro hasiče. Monitoruje základní životní funkce, sleduje koncentraci výbušných plynů i okolní teplotu. Jedno čidlo vysílá také informace o tom, jestli se zasahující osoba pohybuje, stojí či leží. Pokud se u sledovaných parametrů překročí hodnoty, rozezvučí se zasahujícímu hasiči alarm zabudovaný v límci bundy, který jej upozorní, že mu hrozí nebezpečí. Vývoj obleku trvá již čtvrtým rokem, je financovaný ministerstvem školství v rámci mezinárodního projektu Euripides Intex. [20] (Obr. 21)



Obr. 21: Oblek pro hasiče

5.1. Krevní tlak

Krevní tlak je jedna z nejdůležitějších životních funkcí, měří se v hodnotách milimetrů rtuťového sloupce (mm Hg) a skládá se ze dvou hodnot:

- Systolický tlak – tlak v artériích v momentě systoly (smrštění) srdce. Vyjadřuje sílu, kterou je krev pumpována do krevního oběhu.
- Diastolický tlak – tlak v artériích v diastole (relaxace) srdce. Vyjadřuje sílu, která zůstává v artériích.

Rozdíl mezi systolickým krevním tlakem a diastolickým krevním tlakem se nazývá pulsový tlak. Abnormálně nízký rozdíl mezi těmito dvěma hodnoty (nižší než 25mm Hg) je projevem šokových stavů.

Hodnoty normálního krevního tlaku jsou u systolického TK méně než 140 mm Hg a u diastolického TK méně než 90 mm Hg. Hranice mezi normálním a zvýšením tlakem je definována jako hodnota, nad níž vzniká riziko zdravotního poškození.

Celkem existují tři stavy poruch vysokého krevního tlaku:

- Mírná hypertenze
 - Systolický krevní tlak je v hodnotách 140 – 180 mm Hg
 - Diastolický krevní tlak je v hodnotách 90 – 105 mm Hg

- Závažná hypertenze
 - Systolický krevní tlak je větší jak 180 mm Hg
 - Diastolický krevní tlak je větší než 105 mm Hg

- Maligní hypertenze
 - Systolický krevní tlak je i 250 mm Hg
 - Diastolický krevní tlak překročí 130 mm Hg

Tento náhlý stav může trvat i několik dní a vyžaduje okamžitou léčbu. U tohoto stavu může dojít k poškození cév v ledvinách, očích nebo v mozku. Rychlé odhalení je u tohoto stavu zásadní.

U nízkého krevního tlaku můžou hodnoty systolického tlaku klesnout pod 90 mm Hg a diastolického tlaku pod 60 mm Hg, což může vést ke kolapsu organismu.

5.2. Pulz (tep)

Pulz je vyjádření frekvence stahu srdce za jednu minutu. Průměrná tepová frekvence u zdravého jedince je mezi 70 – 80 úderů za minutu.

- Bradykardie – Tepová frekvence klesá pod 60 úderů za minutu. Fyziologicky nastává u sportovců a ve spánku. Patologicky může nastat:
 - při akutním infarktu myokardu,
 - zánětu srdečního svalu,
 - zánět v dutině břišní (slinivka),
 - podchlazení,
 - infekce,
 - otrava nebo předávkování léků (digitális).

U tohoto stavu může dojít ke komatu a k smrti.

- Tachykardie – Tepová frekvence větší jak 100 úderů za minutu. Fyziologicky nastává při tělesné námaze, emoční nebo vegetativní labilitě. Patologicky může nastat:

- akutní infarkt myokardu,
- akutní nebo chronická srdeční nedostatečnost,
- zánět srdečního svalu nebo srdečnicku,
- horečka,
- anémie,
- šok (hypovolémie – krvácení),
- otrava nebo předávkování léků a návykových látek (kofein, alkohol).

Tento stav může vést k fibrilaci srdečních komor a smrti organismu.

[17][18][19][20]

6 Návrh snímačů pro monitorování životních funkcí

System monitorování životních funkcí integrovaný do textilního oděvu, lze využívat opakovaně a za jakékoliv situace.

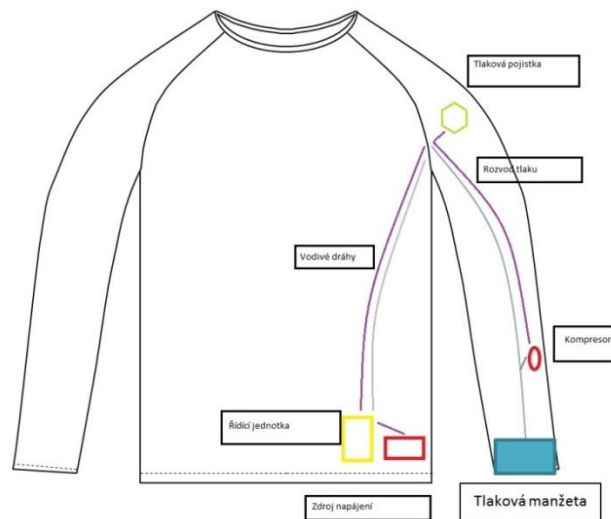
- Během spánku
- Během odpočinku
- Při fyzické zátěži
- Sportu
- Turistice

Takto získaná data lze rychle zpracovat a odeslat na monitorovací zařízení pomocí bezdrátové komunikace, což umožňuje včasné odhalení patologických stavů a možnost okamžité lékařské pomoci.

6.1. Návrh 1

První návrh monitorovacího systému integrovaného do T-shirt jsou jednotlivé komponenty rozloženy do plochy oděvu a propojeny vodivými drahami a pneumatickým systémem. (Obr. 22) System je tvořen:

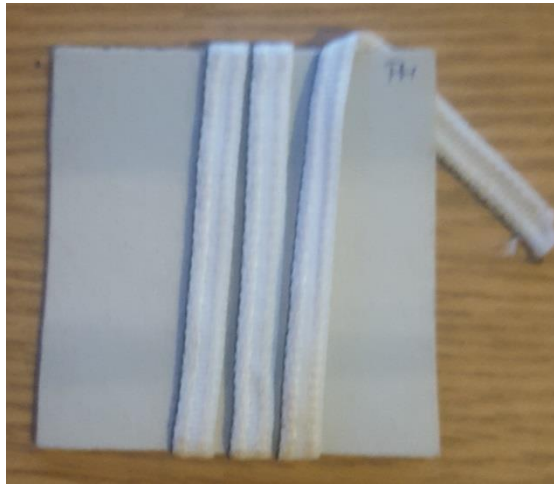
- vodivé dráhy,
- akumulátor,
- řídicí jednotka,
- mikro kompresor,
- přetlaková pojistka.



Obr. 22: 1. Návrh monitorovacího zařízení

6.2. Vodivé dráhy

Na vodivé dráhy byl použit vodivý proužek tvořený dvěma oddělenými kovovými vlákny. (Obr. 23)



Obr. 23: Vodivý proužek

Vodivý proužek byl po dobu 48 hodin umístěný do přístroje Suntest a podrobený zkoušce světlostálosti.



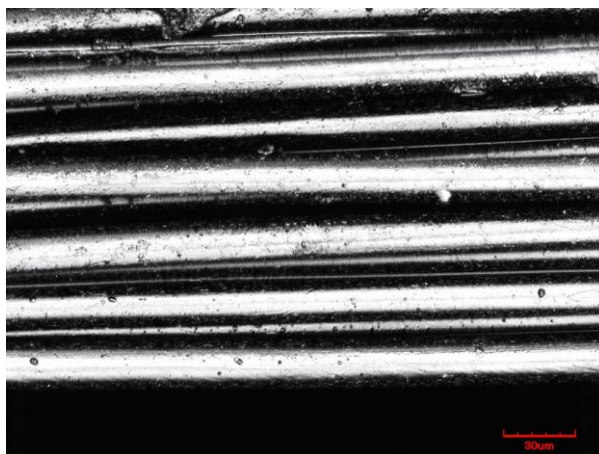
Obr. 24: Vodivý proužek – referenční snímek

Referenční vzorek (Obr. 24) zobrazuje nepoškozená vlákna v dobrém stavu.



Obr. 25: Vodivý proužek – 24h osvit

Po 24 hodinovém osvitu vlákna vodivého proužku vykazují mírnou deformaci (Obr. 25)



Obr. 26: Vodiví proužek – 48h osvit

Po 48 hodinovém osvitu (Obr. 26) je několik vláken silně poškozeno, ovšem toto poškození je pouze u povrchových vláken sloužící jako ochrana samotné vodivé dráhy.

6.3. Zdroj napájení

K napájení systému je použita Lithium-iontová baterie o výkonu 1200 mAh značky Duremax (Obr. 27)

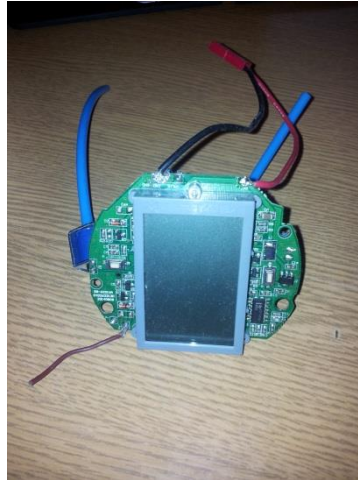


Obr. 27: Lithium-iontový akumulátor

Vybraný akumulátor má dostatečnou kapacitu a výkon aby udržel celý systém v provozu po dobu 30 dnů.

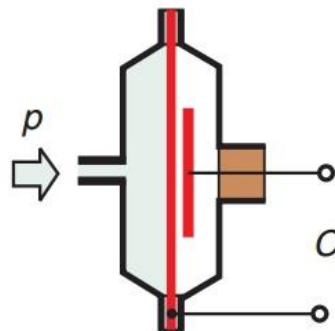
6.4. Řídicí jednotka

Řídicí jednotka je osazena LCD displejem zobrazující naměřené hodnoty (Obr. 28) a byla speciálně upravena pro měření životních funkcí (tep, tlak). Řídicí jednotka byla umístěna do dolního kraje předního dílu trika.



Obr. 28: Řídicí jednotka

Aby bylo možné převést data získaná z pneumatického systému, je řídicí jednotka osazena kapacitním elektrickým převodníkem tlaku (Obr. 29) a modulem pro bezdrátovou komunikaci.



Obr. 29: Kapacitní čidlo

Kde P je přiváděný tlak ze systému a je udáván v pascálech [Pa]. C pak znázorňuje výstup z čidla. Aby se data mohla použít v medicínské účely, musí se hodnota udávaná v pascálech [Pa] převést na velikost

rtuťového sloupce [mm Hg]. Obecně platí, že 1mm rtuťového sloupce [mm Hg] je rovno 133.32 pascalů [Pa].

6.5. Mikro kompresor

Jako zdroj pneumatického tlaku byl použit 3V dc membránový mikro kompresor pro lékařské účely (Obr. 30) od firmy AJK. Při hmotnosti pouhých 12g a rozměrech 38,2 x 21 x 12 mm je ideální pro použití u nositelné elektroniky.



Obr. 30: 3V dc mikro kompresor

6.6. Přetlaková pojistka

Aby se dal systém používat pro měření životně důležitých funkcí (tlak, tep), musí obsahovat tlakovou pojistku (Obr. 31), která zabezpečuje bezpečné používání. Pokud by tlaková manžeta byla stlačena víc, než je dovoleno, může dojít k ucpání cév, což vede k vážným zdravotním problémům.

Při dosažení požadovaného tlaku v systému, pojistka vyšle signál do řídicí jednotky, která následně vypne činnost membránového kompresoru.



Obr. 31: 3V dc mikro kompresor

6.7. Tlaková manžeta

Tlakovou manžetu určenou pro monitorování životních funkcí (Tep, tlak) je možné umístit na dvě normované místa.

- Zápěstí
- Paže

Obecně je tlaková manžeta určena pro monitorování životních funkcí na paži 2x větší. (Obr. 32)



Obr. 32: Tlaková manžeta pro měření na paži

Proto je pro monitoring životních funkcí v oděvu výhodnější použít manžetu určenou na zápěstí.(Obr. 33)

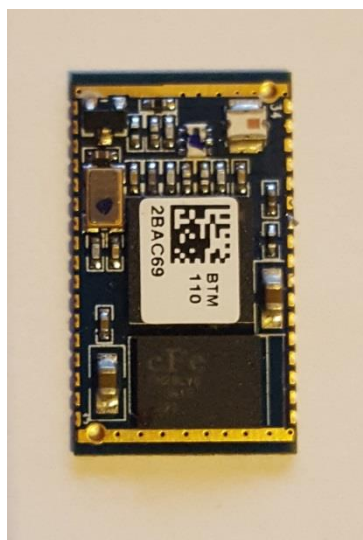


Obr. 33: Tlaková manžeta pro měření na zápěstí

Tlaková manžeta je umístěna do levého rukávu a připevněna dvounitým vázaným stehem třídy 301.

6.8. Modul pro bezdrátovou komunikaci

K zabezpečení bezdrátové komunikace je použit modul BTM-110. Tento modul o rozměrech 25 x 14,5 x 2,2 mm je ideální pro použití u nositelné elektroniky (Obr. 34)

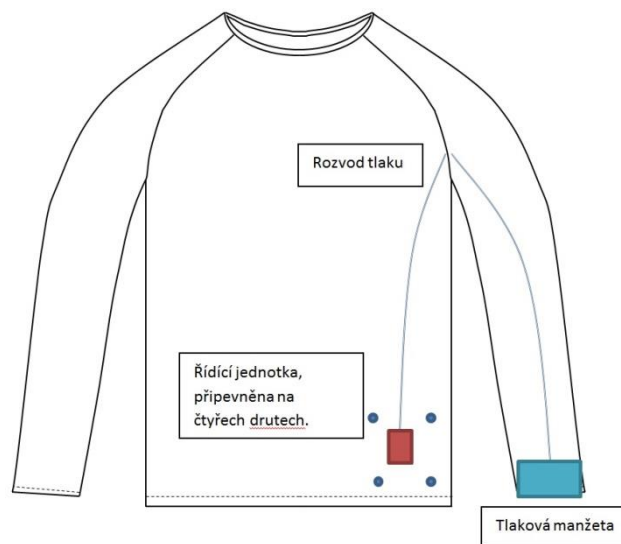


Obr. 34: Modul pro bezdrátovou komunikace BTM - 110

Tento návrh se ukázal jako nepraktický z důvodu zhoršení fyziologických vlastností oděvu a nemožnosti jeho údržby. Proto byl zamítnut.

6.9. Návrh 2

Aby se zlepšily fyziologické vlastnosti oděvu, byly všechny komponenty sjednoceny kolem řídicí jednotky (Obr. 35). Celá měřící jednotka je připevněna k oděvu čtyřmi patenty a při údržbě se celá jednotka jednoduše odpojí a vyjme.



Obr. 35: 2. Návrh monitorovacího zařízení

Umístění řídicí jednotky zůstalo totožné s návrhem 1, což se nakonec ukázalo jako velmi nepraktické. Uživatel má špatný výhled na LCD panel. Proto i tento návrh byl zamítnut.

Na pneumatický systém je použita polyuretanová hadička o průměru 4mm (Obr. 36)



Obr. 36: Polyuretanová hadička o průměru 4mm

Na vytvoření dráhy pro pneumatický systém byl použit ozdobný šev třídy 5 (Obr. 37)



Obr. 37: Ozdobný šev třídy 5

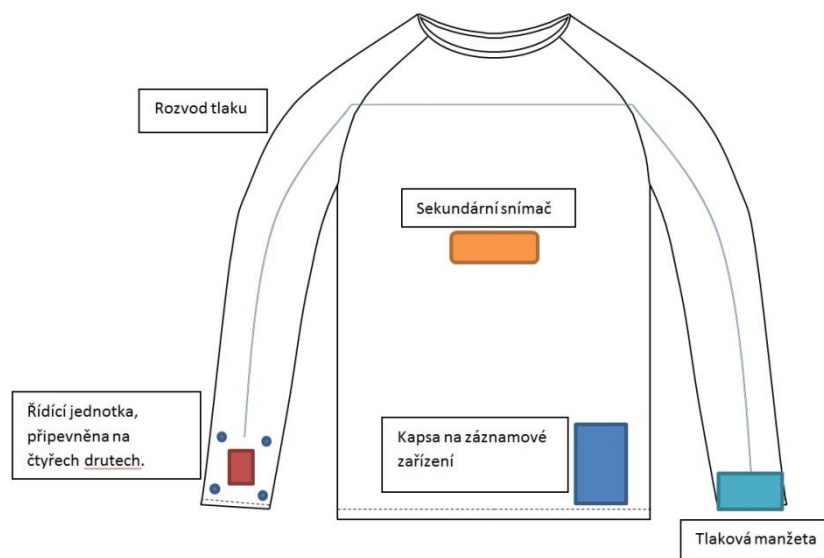
Na obrázku 38 je vidět pneumatická dráha umístěna v rukávu.



Obr. 38: Ozdobný šev třídy 5

6.10. Finální návrh

Finální návrh počítá s umístěním řídicí jednotky a pravý rukáv trika, čímž se zlepšila viditelnost LCD panelu a celkového ovládání. (Obr. 39)



Obr. 39: Finální návrh monitorovacího zařízení

Pneumatický systém je veden z pravého rukávu přes zadní díl trika do levého rukávu k tlakové manžetě.

Do dolního kraje předního dílu je umístěna kapsa pro záznamové zařízení. Jako záznamové zařízení je použit SMART telefon Samsung Galaxy S6 s kapacitou paměti 37Gb.

Pro kalibraci systému byl použit sekundární snímač v podobě monitorovacího pásu určeného pro snímání tepové frekvence organismu. (Obr. 40)



Obr. 40: Monitorovací kalibrační pás

6.11. Zhotovení finálního návrhu

Na obrázku 41 je vidět tlaková manžeta integrovaná do rukávu. Její umístění je navrženo tak, aby zároveň sloužila i jako estetický prvek a nenarušovala komfort oděvu.



Obr. 41: Tlaková manžeta v rukávu

Na druhém rukávu je umístěna řídicí jednotka. Viditelný je pouze LCD displej, zatímco zbylé komponenty jsou ukryty na rubní straně rukávu. (Obr. 42)



Obr. 42: LCD panel

Výsledný produkt můžeme vidět na obrázku 43.



Obr. 43: Hotový výrobek

7 Testování navrhnutého systému

7.1. Zátěžový test

Při zátěžovém testu bylo zjištěno, že zvolený pneumatický systém je nevyhovující z důvodu vysoké tuhosti. Proto byly polyuretanové hadičky nahrazeny hadičky silikonovými. (Obr. 44)

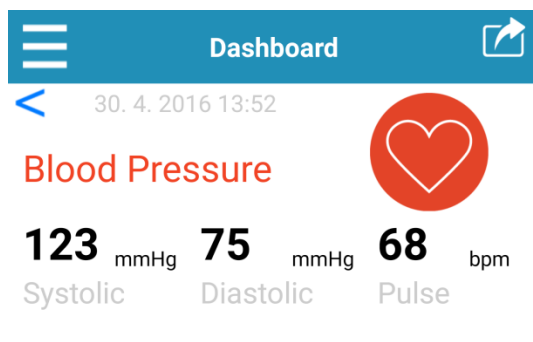


Obr. 44: Silikonová hadička o průměru

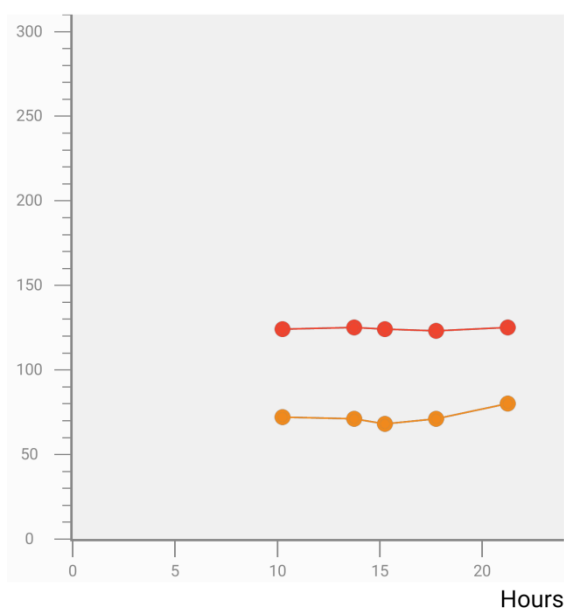
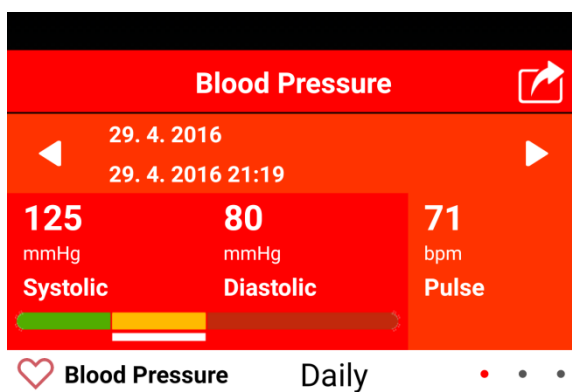
Systém byl podroben zátěžovým testem na rotopedu. Při intenzivní námaze po dobu 2 hodin bylo provedeno 12 měření v časovém úseku 10minut.

7.2. Bezdrátová komunikace

Naměřená data (Obr. 45) byla pomocí bluetooth modulu přeposlána do záznamového zařízení v podobě chytrého telefonu. Z tohoto záznamového média mohou být data následně přeposlány na příslušná místa k vyhodnocení. (Obr. 46)



Obr. 45: Výsledky měření



Obr. 46: Hodinový záznam měření

7.3. Údržba

Po odpojení řídicí jednotky byl systém vložen do prací jednotky. Prací cyklus byl nastaven dle následujících parametrů: (Obr. 47)

- jemné praní,
- teplota 40°C,
- počet otáček 400/min,
- čas praní 37min.



Obr. 47: Nastavení pracího cyklu

Po dokončení pracího cyklu byl celý systém otestován. Prací cyklus byl 10x opakován. Ani po deseti pracích cyklech jednotka nevykazovala známky poškození a její funkce nebyla nikterak narušena.

Závěr

Navržený systém monitorování životně důležitých funkcí jako je tepová frekvence a tlak, splňuje normy české lékařské komory ČSN EN 1060-1 pro neinvazivní tonometry. [23] Naměřené hodnoty byly porovnány se standardně používanými tonometry.

Navržený monitorovací systém v sobě skrývá velký potenciál a mohl by ve velké míře přispět k záchraně lidských životů.

Možnosti dalšího využití nositelné elektroniky by se měli dále rozvíjet.

Zdroje

[1] *ac24* [online]. © 2016 (cit.18,4,2016)

URL:<<http://www.ac24.cz/zpravy-ze-sveta/7836-je-to-tady-teslaforeza-tesluv-transformator-vyvolava-samocinne-smontovani-uhlikovych-nano-trubicek>>

[2] *umel* [online]. © 2016 (cit.18,4,2016)

URL:<
http://www.umel.feec.vutbr.cz/absn/filesp/skripta_mikrosenzory_hubalek.pdf>

[3] *tuni* [online]. © 2016 (cit.20,4,2016)

URL:< <http://tuni.tul.cz/rubriky/univerzita/id:66341>>

[4] *czc* [online]. © 2016 (cit.20,4,2016)

URL:<<http://www.czc.cz/velky-pruvodce-fenomen-zvany-nositelna-elektronika/clanek>>

[5] *svetandroida*[online].© 2011 (cit.20,4,2016)

URL:<<http://www.svetandroida.cz/inteligentni-kontakt-ni-cocky-googlu-201403>>

[6] *maxihome*[online].© 2011 (cit.22,4,2016)

URL:< <https://www.maxihome.cz/topeni/teplotni-senzor-1-wire-ds18b20/>>

[7] *tipa*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:<<http://www.tipa.eu/cz/fotovoltaicky-solarni-clanek-2v-04wpanel/d-138330/?gclid=CJmZnYWxtswCFfMW0wodKWUEoQ>>

[8] *arduino*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:<<http://arduino.cc/en/Main/Products>>

[9] *happymaterials*[online].© 2011 (cit.20,4,2016)

URL:<http://www.happymaterials.com/imgs/articles/192-1_Smart_materiUoly_vUIce_info.pdf>

[10] *zive*[online].© 2011 (cit.27,4,2016)

[URL:<http://www.zive.cz/clanky/pohled-do-sveta-inteligentniho-obleceni/sc-3-a-126569/>](http://www.zive.cz/clanky/pohled-do-sveta-inteligentniho-obleceni/sc-3-a-126569/)

[11] *technet*[online].© 2011 (cit.27,4,2016)

URL:<http://technet.idnes.cz/infineon-objecte-si-bundu-s-integrovanym-mp3-prehravacem-pky-/tec_audio.aspx?c=A020429_5067596_digital>

[12] *home.saske*[online].© 2011 (cit.27,4,2016)

URL:< <http://home.saske.sk/~figura/download/Arduino%20-za%C4%8Diatky.pdf>>

[13] *arduino*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:< <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLilyPadUSB>>

[14] *picaxe*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:< <http://www.picaxe.cz/co-je-to-picaxe/>>

[15] *parallax*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:< <https://www.parallax.com/product/80204>>

[16] *kitronik*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:<<https://www.kitronik.co.uk/2751-electro-fashion-sewable-picaxe-control-board.html>>

[17] PLANTA, M.; MARTINA, B.; HARTMANN, G. *Differix – Vnitřní lékařství*. Praha: SCIENTIA MEDICA, 1997. 224 s. ISBN 80-85526-09-3.

[18] CHROBÁK, L.. *Propedeutika vnitřního lékařství*. Praha: GRADA, 2007. 244 s. ISBN 978-80-247-1309-0.

[19] KOMÁREK, L.; ŠOLTYSOVÁ, T.; RÁŽOVÁ, J.; KEBZA, V. *Podpora zdraví a prevence v primární péči*. Praha: SZU, 1997. 66 s. ISBN 80-7071-071-3.

[19] LEHAROVÁ, D.; JÁNOVÁ, H. *Domácí lékař*. Praha: Parson/Walton/Press, 2002. 656 s. ISBN 80-86196-50-X.

[20] *Oblek pro hasiče*. [online]. [cit. 2015-06-21]. Dostupné z WWW:

URL:<http://plzen.idnes.cz/vedci-chytry-zasahovy-oblek-hasici-dud-/plzen-zpravy.aspx?c=A140304_145440_plzen-zpravy_pp>

[21] *interactive-wear*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:< http://interactive-wear.de/cms/front_content.php?idcat=26>

[22] *sensoria*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:< <http://www.sensoriafitness.com/>>

[23] *normy*[online].© 2011 (cit.24,4,2016)

URL:< <http://shop.normy.biz/detail/51916>>

Seznam obrázků

- Obr. 1: Inteligentní kontaktní čočka
- Obr. 2: Uhlíková nano-trubice
- Obr. 3: Cyklistická bunda se světelnou signalizací
- Obr. 4: Vlákna měnící barvu
- Obr. 5: Teplotní senzor WIRE
- Obr. 6: Světelné zdroje
- Obr. 7: Vyhřívání
- Obr. 8: Mikrofon
- Obr. 9: lithium – iontový akumulátor Duremax
- Obr. 10: Solární článek
- Obr. 11: integrovaný solární panel
- Obr. 12: LilyPad Arduino
- Obr. 13: Vodivé polymery
- Obr. 14: textilní klávesnice
- Obr. 15: systém k poslechu hudby
- Obr. 16: Chytré ponožky Sensoria
- Obr. 17: LilyPad Arduino USB
- Obr. 18: Picaxe wearable modul
- Obr. 19: Parallax ELEV-8
- Obr. 20: Holteruv měřicí aparát
- Obr. 21: Oblek pro hasiče
- Obr. 22: 1. Návrh monitorovacího zařízení
- Obr. 23: Vodiví proužek
- Obr. 24: Vodivý proužek – referenční snímek
- Obr. 25: Vodivý proužek – 24h osvit
- Obr. 26: Vodivý proužek – 48h osvit
- Obr. 27: Lithium-iontový akumulátor
- Obr. 28: Řídící jednotka
- Obr. 29: Kapacitní čidlo
- Obr. 30: 3V dc mikro kompresor
- Obr. 31: 3V dc mikro kompresor
- Obr. 32: Tlaková manžeta pro měření na paži

- Obr. 33: Tlaková manžeta pro měření na zápěstí
- Obr. 34: Modul pro bezdrátovou komunikace BTM – 110
- Obr. 35: 2. Návrh monitorovacího zařízení
- Obr. 36: Polyuretanová hadička o průměru 4mm
- Obr. 37: Ozdobný šev třídy 5
- Obr. 38: Ozdobný šev třídy 5
- Obr. 39: Finální návrh monitorovacího zařízení
- Obr. 40: Monitorovací kalibrační pás
- Obr. 41: Tlaková manžeta v rukávu
- Obr. 42: LCD panel
- Obr. 43: Hotový výrobek
- Obr. 44: Silikonová hadička o průměru
- Obr. 45: Výsledky měření
- Obr. 46: Hodinový záznam měření
- Obr. 47: Nastavení pracího cyklu