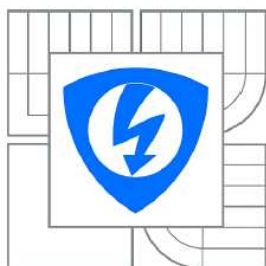




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MĚŘIČ OBSAHU ALKOHOLU V DECHU

BREATH ALCOHOL TESTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

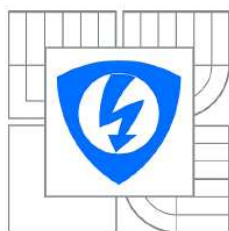
PATRIK PAGÁČ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN CHMELAŘ, CSc.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Patrik Pagáč
Ročník: 3

ID: 98558
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Měřič obsahu alkoholu v dechu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Rozeberte možnosti měření obsahu alkoholu v organismu. Popište jednotlivé metody a porovnejte je z hlediska přesnosti a použitelnosti pro praktické měření i z hlediska právního využití výsledků těchto zkoušek. Navrhněte jednoduchý měřič obsahu alkoholu v dechu s polovodičovým senzorem. Předpokládejte bateriové napájení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Breath alcohol test [online]. The New York Times [cit. 15. 5. 2009]. Dostupné na [www: http://health.nytimes.com/health/guides/test/breath-alcohol-test/overview.html](http://health.nytimes.com/health/guides/test/breath-alcohol-test/overview.html)

[2] Why Do We Use Breath to Test for Alcohol Concentrations in the Body [online]. Intoximeters Incorporated [cit. 15. 5. 2009]. Dostupné na [www: http://www.intox.com/about_alcohol_testing.asp](http://www.intox.com/about_alcohol_testing.asp)

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 27.5.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Milan Chmelař, CSc.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Témou bakalárskej práce je návrh jednoduchého merača obsahu alkoholu v dychu. Toto zariadenie slúži na určenie koncentrácie v krvi pomocou vzorky dychu. Mojou úlohou je rozobrať možnosti merania obsahu alkoholu v organizme. Popísať jednotlivé metódy a porovnať ich z hľadiska presnosti a použiteľnosti pre praktické meranie a aj z hľadiska právneho využitia výsledkov týchto skúšiek.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

obsah alkoholu v organizme, sliny, moč, krv, dych, plynová chromatografia, Widmarkova metóda, elektrochemická analýza, polovodičový senzor, infračervená spektroskopia, palivový článok, analyzátor, kalibrácia, promile, percento

ABSTRACT

The theme of bachelor's project is design of simple breath alcohol tester. A breath alcohol test determines how much alcohol is in your blood by measuring the amount of alcohol in the air you breathe out (exhale). My task is interpret the possibilities of measuring the alcohol content in the body. Describe the different methods and compare their accuracy and useability for practical measurements and also used in law enforcement.

KEYWORDS

alcohol in the body, saliva, urine, blood, breath, gas chromatography, Widmarkova method, electrochemical analysis, semiconductor sensors, infrared spectroscopy, fuel cell, analyzer, calibration, per mille, percentage

PAGÁČ, P. *Měřič obsahu alkoholu v dechu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky 2011. 44 s., 6s. příloh. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Milan Chmelař, CSc.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na téma Merač obsahu alkoholu v dychu som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, hlavne som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Zb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení § 152 trestného zákona č. 140/1961 Zb.“

V Brne dňa

.....

(podpis autora)

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Milanovi Chmelařovi, CSc. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

V Brne dňa

.....

(podpis autora)

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| Obsah | vi |
| Zoznam obrázkov | ix |
| Zoznam tabuliek | x |
| Úvod | 1 |
| 1 Vplyv alkoholu na organizmus | 2 |
| 1.1 Úvod o alkohole..... | 2 |
| 1.2 Využitie merania obsahu alkoholu v organizme..... | 3 |
| 2 Možnosti merania obsahu alkoholu v organizme | 4 |
| 2.1 Meranie obsahu alkoholu v organizme z odobratej vzorky slín | 4 |
| 2.1.1 Kontrola správnosti..... | 5 |
| 2.1.2 Princíp..... | 5 |
| 2.2 Meranie obsahu alkoholu v organizme z odobratej vzorky krvi a moču.. | 6 |
| 2.2.1 Metóda plynovej chromatografie..... | 6 |
| 2.2.2 Princíp..... | 7 |
| 2.2.3 Widmarkova metóda..... | 8 |
| 2.2.4 Princíp..... | 8 |
| 2.3 Meranie obsahu alkoholu v organizme z odobratej vzorky dychu | 8 |
| 2.3.1 Alkohol tester pracujúci na princípe infračervenej spektroskopie..... | 9 |
| 2.3.2 Alkohol tester pracujúci na princípe palivového článku | 10 |
| 2.3.3 Porovnanie výsledkov analyzátoru a plynovej chromatografie..... | 13 |
| 2.3.4 Alkohol tester pracujúci na princípe polovodičového senzora..... | 15 |
| 3 Overovanie analyzátorov alkoholu v dychu | 16 |
| 3.1.1 Suchý plyn | 16 |
| 3.1.2 Simulácia – mokrá cesta | 17 |
| 3.1.3 Metódy a požiadavky pri overovaní | 18 |
| 4 Návrh merača obsahu alkoholu v dychu: | 21 |
| 4.1 Polovodičový senzor alkoholu..... | 22 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1.1 | Vlastnosti senzora MQ-3: | 22 |
| 4.1.2 | Zloženie senzora: | 22 |
| 4.1.3 | Schéma zapojenia: | 24 |
| 4.1.4 | Výpočet koncentrácie alkoholu | 24 |
| 4.1.5 | Príklad výpočtu: | 25 |
| 4.1.6 | Prepočet jednotiek: | 27 |
| 4.2 | Indikátor nameranej hodnoty koncentrácie alkoholu v dychu..... | 27 |
| 4.2.1 | Vlastnosti obvodu LM3914: | 27 |
| 4.2.2 | Blokové schéma: | 27 |
| 4.2.3 | Schéma zapojenia: | 29 |
| 4.3 | Indikátor vyhrievania senzora..... | 31 |
| 4.3.1 | Vlastnosti obvodu NE555:..... | 31 |
| 4.3.2 | Blokové schéma: | 31 |
| 4.3.3 | Schéma zapojenia: | 32 |
| 4.3.4 | Popis funkcie: | 33 |
| 4.3.5 | Doba trvania nestabilného stavu | 33 |
| 4.3.6 | Výpočet predradeného odporu:..... | 33 |
| 4.4 | Výpočet celkového prúdu | 34 |
| 4.5 | Napájanie jednotlivých častí merača | 34 |
| 4.5.1 | Batériové napájanie: | 34 |
| 4.5.2 | Vlastnosti obvodu LM2621: | 34 |
| 4.5.3 | Princíp spínaných zdrojov | 35 |
| 4.5.4 | Schéma zapojenia: | 36 |
| 4.5.5 | Voľba a výber batérie | 36 |
| 4.5.6 | Výpočet doby napájania pre batériu typu GP15A | 37 |
| 4.5.7 | Externý zdroj napätia: | 38 |
| 4.5.8 | Blokové schéma stabilizátora: | 38 |
| 4.5.9 | Schéma zapojenia: | 39 |
| 4.5.10 | Výpočet rozmerov chladiča: | 40 |
| 4.6 | Ovládanie prístroja..... | 40 |
| 5 | Záver | 42 |
| | Literatúra | 43 |
| | Zoznam symbolov a skratiek | 44 |

| | |
|---|-----------|
| Zoznam príloh | 45 |
| A Technická dokumentácia | 46 |
| A.1 Schéma zapojenia | 46 |
| A.2 Doska plošných spojov – top (strana súčiastok) | 47 |
| A.3 Doska plošných spojov – bottom (strana spojov) | 47 |
| A.4 Hotové zariadenie – osadená doska plošných spojov | 48 |
| A.5 Hotové zariadenie – pohľad zhora | 48 |
| B Zoznam súčiastok | 49 |

ZOZNAM OBRÁZKOV

| | | |
|---------|---|----|
| Obr. 1 | Korelácia medzi koncentráciou alkoholu v krvi a v slinách..... | 4 |
| Obr. 2 | Približná relatívna hladina alkoholu v krvi. Rozsah: 0,02 - 0,3 % | 5 |
| Obr. 3 | Plynová chromatografia..... | 7 |
| Obr. 4 | Základná konštrukcia infračerveného analyzátora | 9 |
| Obr. 5 | Konštrukcia testera s použitím palivového článku | 11 |
| Obr. 6 | Závislosť výstupného napätia v čase na rôznych koncentrácií alkoholu..... | 11 |
| Obr. 7 | Korelácia výsledkov plynovej chromatografie a analyzátora Dräger 7410 | 14 |
| Obr. 8 | Odchýlka od laboratórneho výsledku | 14 |
| Obr. 9 | Zapojenie polovodičového senzora | 15 |
| Obr. 10 | Usporiadanie skúšobnej stolice | 16 |
| Obr. 11 | Úradná značka stanoveného meradla | 17 |
| Obr. 12 | Simulátor Guth 2100 | 17 |
| Obr. 13 | Alkohol tester Draeger Alcotest 7410 Plus | 18 |
| Obr. 14 | Blokové schéma merača obsahu alkoholu..... | 21 |
| Obr. 15 | Senzor MQ-3 | 22 |
| Obr. 16 | Zloženie senzora MQ-3 | 23 |
| Obr. 17 | Vyhrievací systém senzora | 23 |
| Obr. 18 | Schéma zapojenia senzora MQ-3 | 24 |
| Obr. 19 | Citlivostná charakteristika senzora MQ-3 | 25 |
| Obr. 20 | Blokové schéma obvodu LM3914..... | 28 |
| Obr. 21 | Schéma zapojenia obvodu LM3914 | 29 |
| Obr. 22 | Blokové schéma obvodu NE555 | 32 |
| Obr. 23 | Schéma zapojenia obvodu NE555 | 32 |
| Obr. 24 | Funkcia zosilňujúceho meniča..... | 35 |
| Obr. 25 | Schéma zapojenia obvodu LM2621 | 36 |
| Obr. 26 | Výbýjacia charakteristika alkalickej batérie GP15A..... | 38 |
| Obr. 27 | Blokové schéma stabilizátora 7805 | 39 |
| Obr. 28 | Schéma zapojenia stabilizátora 7805..... | 39 |

ZOZNAM TABULIEK

| | | |
|--------|---|----|
| Tab. 1 | Vplyv alkoholu na organizmus..... | 2 |
| Tab. 2 | Maximálne namerané odchýlky..... | 13 |
| Tab. 3 | Tabuľka požiadaviek pri overovaní..... | 19 |
| Tab. 4 | Tabuľka schválených typov analyzátorov alkoholu ČMI | 20 |
| Tab. 5 | Tabuľka vypočítaných hodnôt odporu senzora R_S a výstupného napätia U_{OUT} . | 26 |
| Tab. 6 | Tabuľka nameraných úrovní napätí pri ktorých sa rozsvetujú jednotlivé diódy | 30 |
| Tab. 7 | Tabuľka úrovni alkoholu pri ktorých sa rozsvetujú jednotlivé diódy..... | 30 |
| Tab. 8 | Tabuľka jednotlivých úrovní napätia, ktoré signalizujú stav batérie..... | 30 |
| Tab. 9 | Tabuľka na určenie hladiny alkoholu a stavu batérie pomocou LED diód | 41 |

ÚVOD

Bakalárska práca sa v I. časti sa zaoberá vplyvom alkoholu na organizmus a využitím merania obsahu alkoholu v organizme.

V II. časti zaoberá možnosťami merania obsahu alkoholu v organizme, ktoré sú v súčasnosti najviac používané. Vysvetľuje ich meracie princípy a porovnáva navzájom ich výhody a nevýhody. Hlbšie rozoberá problematiku merania obsahu alkoholu v dychu. Opisuje ich najčastejšie meracie metódy, porovnáva ich z hľadiska presnosti a právneho využitia nameraných hodnôt.

III. časť sa venuje overovaniu analyzátorov alkoholu v dychu, podmienkam, ktoré musia spĺňať pracovné stanovené meradlá. Obsahuje zoznam schválených typov analyzátorov Českým metrologickým inštitútom a popisuje metódy a postupy, ktoré slúžia na zabezpečenie nadväznosti analyzátorov.

IV. časť obsahuje návrh a realizáciu jednoduchého merača obsahu alkoholu v dychu s polovodičovým senzorom. Rozoberá jednotlivé časti z ktorých bude pozostávať merač obsahu alkoholu a vysvetľuje ich činnosť.

1 VPLYV ALKOHOLU NA ORGANIZMUS

1.1 Úvod o alkohole

Alkohol – slovo alkohol pochádza z arabského *al-kahal*, znamená jemná substancia (viz [1]).

Fyziologické pôsobenie alkoholu na organizmus závisí na tom, ako je organizmus zvyknutý ho prijímať a aká je jeho celková váha, preto je jeho dávkovanie veľmi relatívne. V malých dávkach alkohol krátkodobo spôsobuje eufóriu a pocit uvoľnenia, vo väčších depresie, stratu koordinácie pohybov tela, zníženu vnímavosť, predĺžené reakcie útlm rozumových schopností, prípadne i agresivitu (viz Tab.1).

Etanol (alkohol) sa dostáva do organizmu najčastejšie tráviacou sústavou (viz [2]). Hladina etanolu v krvi závisí na:

- množstve požitej látky
- telesnej hmotnosti
- rýchlosti absorpcie
- rýchlosti detoxikácie

Tab. 1 Vplyv alkoholu na organizmus (prevzaté z [1])

| | |
|-------------|---|
| do 0,3 ‰ | Možná zvýšená fyziologická hladina |
| 0,4 – 0,5 ‰ | Vznikajú poruchy vestibulárneho aparátu a vnímania |
| 0,5 – 1,0 ‰ | Podnapitosť odpovedá – 25 – 50 g absolútneho alkoholu u človeka s hmotnosťou 70 kg |
| 1,0 – 1,5 ‰ | Mierny stupeň opitosti – 50 – 70 g absolútneho alkoholu |
| 1,5 – 2,0 ‰ | Stredný stupeň opitosti – 100 g absolútneho alkoholu |
| 2,0 – 3,0 ‰ | Ťažký stupeň opitosti – 150g absolútneho alkoholu (u 50% osôb spôsobuje stav bezvedomia) |
| 3,0 – 5,0 ‰ | Absolútna otrava alkoholom – 200 g a viac g absolútneho alkoholu |
| Nad 5,0 ‰ | Smrteľná otrava – táto hranica je orientačná a individuálna, pretože je treba brať v úvahu návyk na požívanie alkoholu |

Zvlášť nebezpečné je ak osoba riadi vozidlo pod vplyvom alkoholu. Konzumáciou alkoholu sa zhoršuje pozornosť vodiča, presnosť jeho výkonu, predlžuje sa reakčná doba od sluchového alebo zrakového vnemu k vykonaniu určitého úkonu (zabrzdenie, vyhnúť sa iným vozidlám).

Pri hladine už pod 1 ‰ dochádza k zhoršeniu zrakovej ostrosti, k zúženiu zrakového poľa, zosilnenie oslnenia a nočnej slepoty. To vedie nesprávnemu rozoznávaniu menej kontrastných predmetov a k zlému odhadu vzdialenosti. Pri hladine 1,5 ‰ dochádza k poruche farbocitu.

1.2 Využitie merania obsahu alkoholu v organizme

Pri určení hladiny alkoholu v organizme je treba rozlišovať pre aké účely sa toto stanovenie vykonáva. Vo väčšine prípadoch je rozhodujúca jednoduchosť a rýchlosť zistenia alkoholu v organizme, to platí napríklad pri kontrole na cestách, pracoviskách a pre diagnostické účely v medicíne. V ostatných prípadoch, kde je potrebná presnosť a jednoznačnosť určenia množstva alkoholu, ktoré majú za následok postih vyšetrovanej osoby (pokuta, právne a súdne konanie, priestupok, trestný čin, náhrada škôd) (viz [1]).

V Českej republike platí, že ak bude u kontrolovanej osoby zistená hladina alkoholu v krvi:

- 0,30 ‰ pri skúške analyzátorom, prípadne krvnou skúškou (podľa Widmarkovej metódy)
 - 0,20 ‰ pri krvnej skúške plynovou chromatografiou
- bude osoba považovaná pod vplyvom alkoholu.

2 MOŽNOSTI MERANIA OBSAHU ALKOHOLU V ORGANIZME

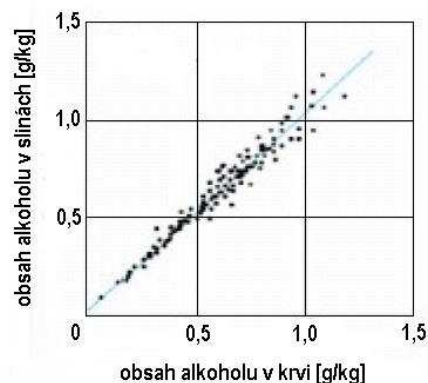
Existujú niekoľko rôznych možností merania obsahu alkoholu v organizme. Najznámejšie a najčastejšie používané možnosti sú:

- z odobratej vzorky slín
- z odobratej vzorky moču
- z odobratej vzorky krvi
- z odobratej vzorky dychu

2.1 Meranie obsahu alkoholu v organizme z odobratej vzorky slín

Táto metóda je rýchla a vysoko citlivá pre detekciu obsahu alkoholu v slinách. Umožňuje približný odhad hladiny alkoholu v krvi.

Toto meranie poskytuje len orientačné výsledky. Pre získanie potvrdeného výsledku analýzy je treba použiť presnejšiu alternatívnu chemickú metódu. Každý výsledok by mal byť klinicky a odborne posúdený hlavne pokiaľ je výsledok z predbežného testu pozitívny. Obr.1 dokazuje, že koncentrácia alkoholu v slinách je porovnateľná s hladinou alkoholu v krvi.



Obr. 1 Korelácia medzi koncentráciou alkoholu v krvi a v slinách (prevzaté z [3])

2.1.1 Kontrola správnosti

Test hladiny alkoholu v slinách možno kvalitatívne overiť pomocou testovacieho roztoku, pripraveného pridaním 5 kvapiek 80 % alkoholu do 1 pohára (približne 220 ml) vody.

Vzniknutý roztok by mal pri teste vytvoriť na políčku farebnú reakciu. Farebná reakcia s alkoholom v slinách je trochu pomalšia a menej intenzívna než v prípade alkoholu vo vodnom roztoku.

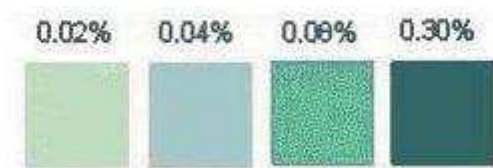
2.1.2 Princíp

Test hladiny alkoholu v slinách sa skladá z plastového prúžka s reakčným políčkom na jednom konci.

To pri kontakte s roztokom obsahujúcim alkohol rýchlo zmení farbu v závislosti na koncentrácií alkoholu. Farba bude v rozmedzí od svetlo modrej pri koncentrácií rovnej 0,02% alkoholu v krvi po tmavo modrú, ktorá sa blíži 0,3% alkoholu v krvi (Obr. 2). Reakčné políčko využíva chémiu pevnej fázy prostredníctvom vysoko špecifickej enzýmovej reakcie.

Výsledky testu hladiny alkoholu v slinách sú odčítané vizuálne a približná koncentrácia alkoholu v krvi je zistená pomocou porovnávania farieb. S testovacím materiálom, ktorý prišiel do styku so slinami, by sa malo zaobchádzať ako s potencionálne infekčným. Test hladiny alkoholu v slinách dáva pozitívnu reakciu s metanolom a etanolom. Tieto látky sa za normálnych okolností nevyskytujú v slinách v dostatočne vysokej koncentrácií aby mohli narušiť testovanie (viz [3]).

K dosiahnutiu správnych výsledkov je dôležité aby si kontrolovaná osoba 15 minút pred začiatkom testu nič nevkladala do úst (jedlo, bonbóny). Doba vyhodnotenia testu trvá približne 2 minúty (podľa druhu).



Obr. 2 Približná relatívna hladina alkoholu v krvi. Rozsah: 0,02 - 0,3 % (prevzaté z [3])

Výhody:

- nie je potrebné napájanie ani batérie
- malé rozmery
- dostupnosť
- poskytujú vzorky, ktoré boli získané na základe priameho pozorovania, minimálne riziko zámenny vzorkou

Nevýhody:

- na výsledok čakáme 10 až 15 minút a je len orientačný
- test môže ovplyvniť okolité prostredie, predovšetkým teplota

2.2 Meranie obsahu alkoholu v organizme z odobratej vzorky krvi a moču

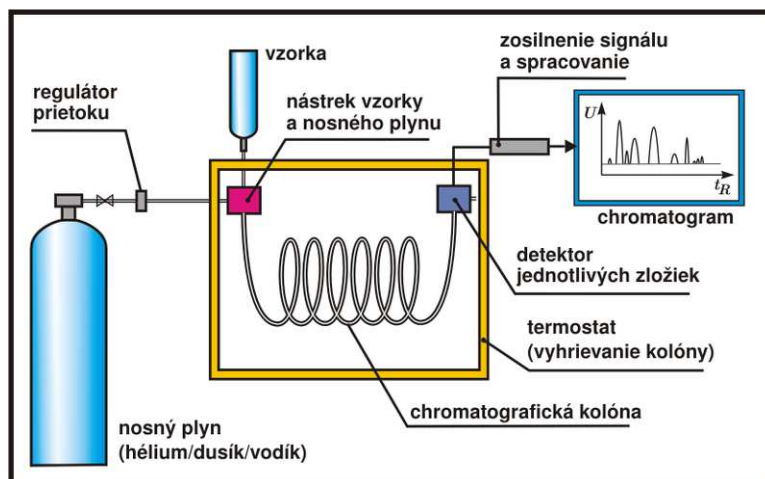
V súčasnosti k najpresnejším metódam zistenia hladiny alkoholu v krvi patrí analytický rozbor krvi alebo moču pomocou **plynovej chromatografie**, s následnou kontrolnou metódou založenou na inom princípe, napríklad **Widmarkovou metódou**, ktorá sa vykonáva v laboratóriách špecializovaných na túto problematiku. Výsledná hodnota je priemer z viacerých meraní.

2.2.1 Metóda plynovej chromatografie

Metóda je založená na princípe rozdelenia jednotlivých prchavých látok z krvi. Jej prednosťou je kvalitatívne špecifické a kvantitatívne presné stanovenie koncentrácie etanolu.

Pri stanovení plynovou chromatografiou dochádza k jednoznačnému rozlíšeniu etanolu od iných prchavých látok v skúmanej vzorke, ako je metanol, sekundárne propanol, acetón, acetaldehyd, toluén a ďalšie látky.

Stanovenie plynovou chromatografiou je do značnej miery automatizované. V moderných laboratóriách obsluha prístroja len pripraví vzorky na analýzu do zásobníka a po spustení prístroja kontroluje výsledky. Pri výsledku merania je potrebné posudzovať zhodu jednotlivých analýz a prítomnosť iných látok ako etanolu (viz [4]).



Obr. 3 Plynová chromatografia (prevzaté z [4])

2.2.2 Princíp

Podmienkou toho, aby sme mohli zmes rozdeliť pomocou plynovej chromatografie je, že zmes musí byť plynná alebo ľahko odpariteľná (kvapalina musí mať teplotu varu max. 200—250 °C).

Vzorka sa privádza do injektora pomocou tzv. Hamiltonovej ihly (pri kvapalných vzorkách) alebo pomocou plynovej vzorkovnice. V injektore prebieha zohriatie prípadne odparenie vzorky a tá je postupne unášaná prúdom nosného plynu do kolóny. V kolóne dochádza ku samotnej separácii zložiek zmesi podľa toho, akú afinitu vykazujú tieto zložky k náplni kolóny. Prvá vychádza z kolóny zložka, ktorá má ku nej najnižšiu afinitu (zároveň má najvyššiu afinitu ku nosnému plynu).

Ako posledná vychádza zložka, ktorá má k povrchu kolóny najvyššiu afinitu (má teda najnižšiu afinitu ku nosnému plynu). Výstup už rozdelených zložiek zmesi z kolóny zaznamenáva chromatografický detektor. Z detektora vychádza elektrický signál, ktorý do žiadanej podoby spracúva vyhodnocovacie zariadenie. Výstupom vyhodnocovacieho zariadenia je graf obsahujúci tzv. špičky (peaks) (viz [4]).

Výhody:

- špecificita a presnosť
- možnosť v jednej analýze preukázať i stanoviť alkohol a vykonať screening prchavých látok
- v Českej republike sú tieto testy používané na presné stanovenie koncentrácie alkoholu v krvi
- výsledky testu sú použiteľné pre právne účely

Nevýhody:

- súbor procesov si vyžaduje vyškolený zdravotnícky personál
- výsledky nie sú okamžite k dispozícii
- celkový proces je nákladný

2.2.3 Widmarkova metóda

Widmarkova metóda analýzy je pomerne veľmi presná a spoľahlivá. Jej výhodou je vysoká citlivosť a relatívna jednoduchosť, ktorá ju radí medzi rutinné laboratórne postupy.

2.2.4 Princíp

Pre vykonanie Widmarkovej skúšky sa odoberá asi 5 až 8 ml krvi.

Pri odberu sa na dezinfekciu nesmie používať alkohol a iné prchavé látky, lebo by mohlo dôjsť k skresleniu výsledkov. Princíp Widmarkovej metódy spočíva v oddestilovaní etanolu obsiahnutého v krvi a jeho oxidáciou známym nadbytkom dichrómanu draselného v kyseline sírovej. Prebytok dichrómanu sa určí jodometrickou titráciou.

Metóda je používaná **v detekčných trubičkách** na dôkaz prítomnosti etanolu v dychu. Rozdiel je len v tom, že činidla sú absorbované na pevnej fáze a hodnotí sa vizuálne zmena farby.

Nevýhody

- nešpecifickosť, pretože pri Widmarkovej skúške sa medzi redukujúci látkami môžu objaviť látky, ktoré sa chovajú rovnako ako etanol a iné prchavé redukujúce látky, ako napríklad acetón, acetaldehyd, éter, benzín a iné látky (viz [1]).

2.3 Meranie obsahu alkoholu v organizme z odobratej vzorky dychu

Obsah alkoholu v dychu môžeme merať pomocou alkohol testerov, ktoré pracujú na rôznych technológiách.

Najpoužívanejšie technológie využívané v alkohol testeroch sú:

- na princípe polovodičových senzorov
- na princípe elektrochemickej analýzy
- na princípe infračervenej spektroskopie

2.3.1 Alkohol tester pracujúci na princípe infračervenej spektroskopie

Infračervená spektroskopia detekuje vlastnosti materiálu (obvykle organických zlúčenín) na základe prenikania infračerveného žiarenia (IR) vzorkou materiálu.

Princíp je založený na skutočnosti, že rôzne molekulárne väzby vzorky dychu pohlcujú žiarenie rôznych vlnových dĺžok. Ak chceme určiť etanol vo vzorke, musíme poznať vlnové dĺžky väzieb v etanole (CO, OH, CH, CC) a merať absorpciu IR svetla. Absorbované vlnové dĺžky pomôžu identifikovať látky ako etanol a množstvo absorpcie IR určuje úroveň alkoholu vo vzorke (viz [5]).

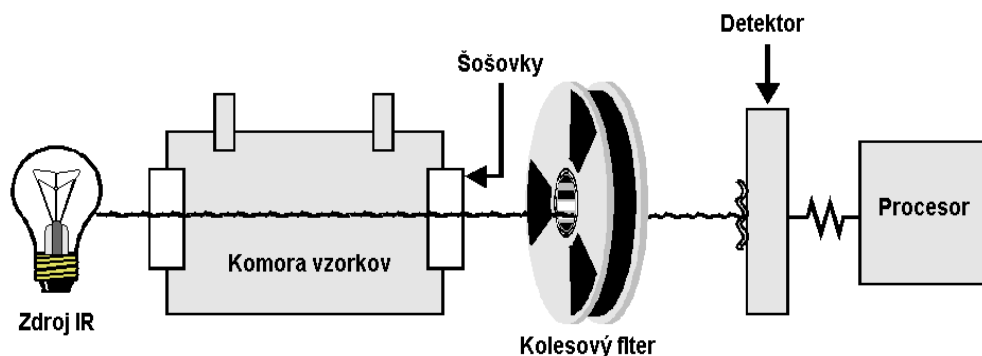
Princíp:

1. Zdroj IR (lampa) generuje infračervený lúč skladajúci sa z určitého počtu vlnových dĺžok.

2. Infračervený lúč prechádza cez komoru vzorkou a je zaostrený šošovkami do otáčajúceho kolesového filtra (viz Obr.4).

3. Kolesový filter obsahuje úzkopásmové filtre pre konkrétne vlnové dĺžky väzieb v etanole. Svetlo, ktoré prechádza cez filter je zachytené fotočlánkom - detektorom, ktorý ho prevedie na elektrický impulz.

4. Elektrický impulz je vyslaný do mikroprocesora, ktorý konvertuje impulzy a vypočíta množstvo alkoholu na základe absorpcie infračerveného svetla.



Obr. 4 Základná konštrukcia infračerveného analyzátora (prevzaté z [5])

Treba podotknúť, že rozdielne koncentrácie alkoholu absorbovaných zlúčenín nachádzajúcich sa vo vzorke dychu nie sú v rovnakom pomere s množstvom energie, ktorú zachytí detektor. Inými slovami, 0,050 koncentrácie alkoholu môže absorbovať X jednotiek infračervenej energie, ale 0,200 neabsorbuje 4X násobok jednotiek infračervenej energie. Túto nelineárnosť možno odstrániť vykonaním multi - bodovej kalibrácie. Tým sa zabezpečí, že prístroj bude správne vyčísl'ovať množstvo alkoholu a iných látok (viz [5]).

Výhody:

- je možné vykonávať analýzy v rýchlom slede za sebou
- presnosť
- výsledky testu sú použiteľné pre právne účely

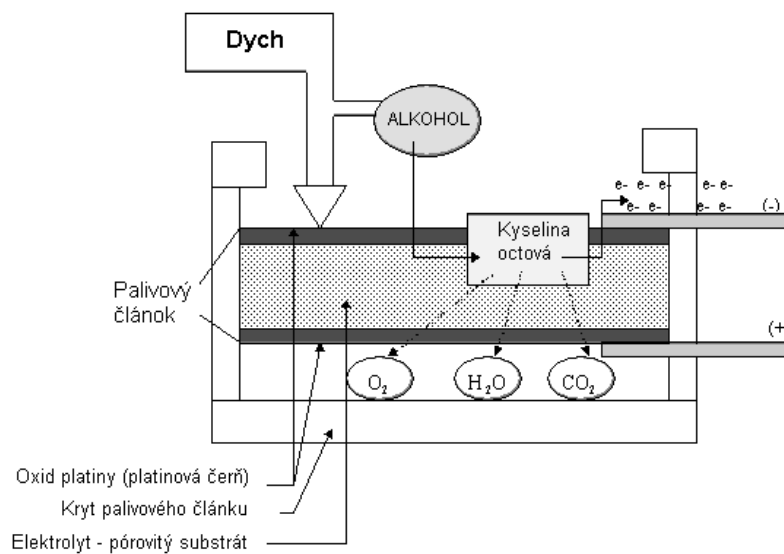
Nevýhody:

- výsledky testov nie sú schválené Českým Metrologickým Inštitútom na právne využitie
- pomerne veľké a vyžadujú veľké množstvo energie na prevádzku
- výstup detektora a koncentrácia alkoholu nie sú lineárne
- obmedzené životnosťou infračerveného zdroja
- drahé v porovnaní s inými dostupnými technológiami
- vo vzorke dychu bývajú aj iné látky, ktoré pohlcujú infračervené žiarenie

2.3.2 Alkohol tester pracujúci na princípe palivového článku

Palivový článok sa skladá z pórovitej, chemicky upravenej inertnej vrstvy pokrytou na oboch stranách jemne rozptýleným oxidom platiny (platinová čerň) (viz Obr.5).

Výrobca napúšťa pórovitú vrstvu kyslým elektrolytom. Prívody z platinových drôtov sú pripojené k povrchu platinovej čerňi. Celok je potom zaliaty do plastového obalu, ktorý ma otvor pre prívod skúmaného vzorku (viz [5]).



Obr. 5 Konštrukcia testera s použitím palivového článku (prevzaté z [5])

Princíp:

V palivovom článku dochádza k reakcii premeny alkoholu na kyselinu octovú. Na anóde sa pomocou katalyzátora (platiny) rozdelí molekula vodíka na protóny a elektróny. Uvoľnené H^+ ióny sú priťahované katódou, kde sa spoja s kyslíkom a vznikne voda.

Príčinou, že anóda má prebytok elektrónov, a katóda má nedostatok elektrónov, vznikne medzi nimi rozdiel potenciálov. Pri spojení týchto dvoch elektród, začne pretekať elektrický prúd k neutralizácii náboja. Na určenie koncentrácie alkoholu vo vzorke dychu sa používa výška vrcholu napätia (viz Obr.6).



Obr. 6 Závislosť výstupného napätia v čase na rôznych koncentráciách alkoholu (prevzaté z [5])

Odber vzorky dychu

Pre meranie alkoholu v dychu je dôležité pri každom meraní získať vzorku s rovnakým objemom hlbokého výdychu. Preto firma Intoximeters vyvinula unikátny vstrekovací mechanizmus, kde je do palivového článku privedená vzorka pomocou špeciálnej pumpy. Táto pumpa využíva jeden piest v meracej komore.

Do komory článku je v jednom obehu piestu načerpaná vždy len malá vzorka alkoholu, to znamená, že žiadna skôr načerpaná vzorka nemá vplyv na práve vykonávanú analýzu. Vďaka krátkemu zdvihu piestu je odber vzoriek dychu veľmi rýchly. Malý priestor medzi piestom a palivovým článkom udržuje alkohol v blízkosti povrchu palivového článku pre rýchlu reakciu a tým je docielená jednoduchá reprodukovateľnosť merania. Použitím tejto pumpy bolo docielene, že prístroje merajú s presnosťou lepšou ako 0,3% (viz [5]).

Výhody:

- veľmi presne určujú množstvo alkoholu v ľudskom dychu
- nízke požiadavky na napájanie, je možné ich napájať batériami
- prenosné
- vzťah medzi vytvoreným prúdom a koncentráciou alkoholu je lineárny
- sú schválené Českým Metrologickým Inštitútom ako stanovené meradlá pre určenie obsahu alkoholu v dychu
- výsledky testu sú použiteľné pre právne účely
- odolné voči vplyvu okolitých podmienok prostredia ako vlhkosť a tlak
- odolné voči zničeniu senzora vysokou koncentráciou alkoholu
- odolné voči látkam obsiahnutých v dychu po jedle

Nevýhody:

- drahé
- nie sú tak presné ako krvný rozbor
- môžu mať problémy so stanovením nulovej hodnoty koncentrácie alkoholu v dychu (viz [5])

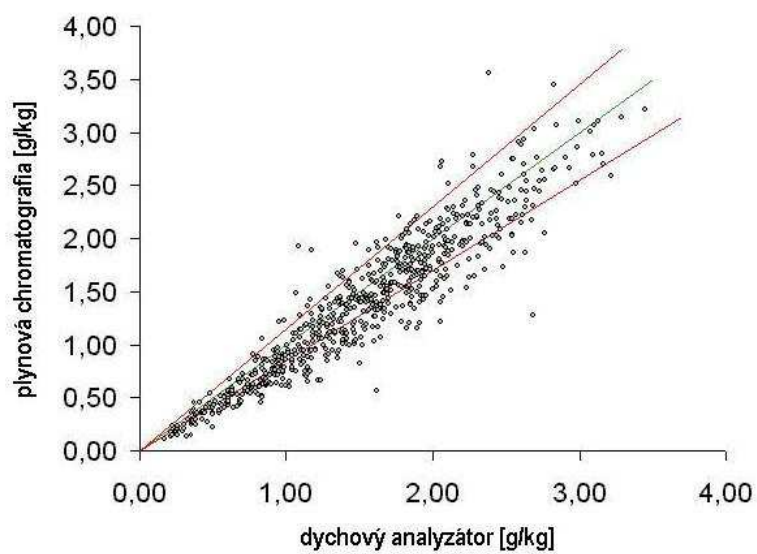
2.3.3 Porovnanie výsledkov dychového analyzátoru a plynovej chromatografie

Na základe uvedených zistení bolo vykonané porovnanie výsledkov dychového analyzátoru Dräger 7410 a plynovej chromatografie pri určení alkoholu v krvi.

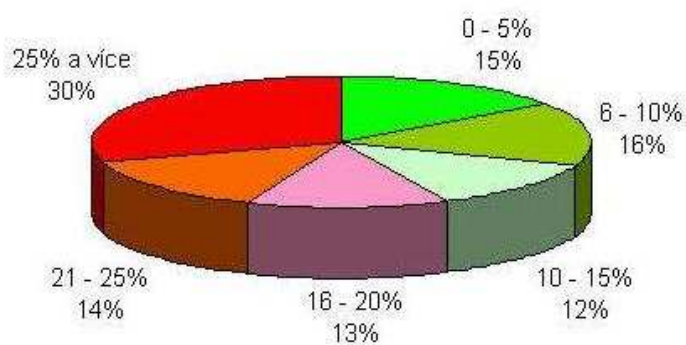
Do súboru dát boli začlenené len merania vykonávané na Protialkoholickéj stanici hlavného mesta Prahy s následným odberom vzorky krvi, medzi čím nebolo časové oneskorenie dlhšie než päť minút. Do dátového súboru neboli zaradené hodnoty do 0,20‰. Hodnoty určené plynovou chromatografiou boli potvrdené Widmarkovou metódou. Na Obr.7 je zobrazená korelácia nameraných výsledkov analyzátorom a plynovou chromatografiou, odchýlky sú zaznamenané na Obr.8 a v Tab.2 (viz [2]).

Tab. 2 Maximálne namerané odchýlky (prevzaté z [1])

| Plynová chromatografia [‰] | Dräger 7410 [‰] | Odchýlka v [%] | Rozdiel [‰] |
|----------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| 2,68 | 1,27 | 52,6 | 1,41 |
| 2,38 | 3,56 | -49,6 | -1,18 |
| 1,62 | 0,56 | 65,4 | 1,06 |
| 1,09 | 1,93 | -77,1 | -0,84 |
| 2,05 | 1,22 | 40,5 | 0,83 |
| 2,63 | 1,86 | 29,3 | 0,77 |
| 2,48 | 1,73 | 30,2 | 0,75 |
| 1,89 | 1,15 | 39,2 | 0,74 |
| 1,18 | 1,89 | -60,2 | -0,71 |
| 1,91 | 1,2 | 37,2 | 0,71 |
| 2,76 | 2,05 | 25,7 | 0,71 |



Obr.7 Korelácia výsledkov plynovej chromatografie a analyzátoru Dräger 7410 (prevzaté z [1])



Obr. 8 Odchýlka od laboratórneho výsledku (prevzaté z [1])

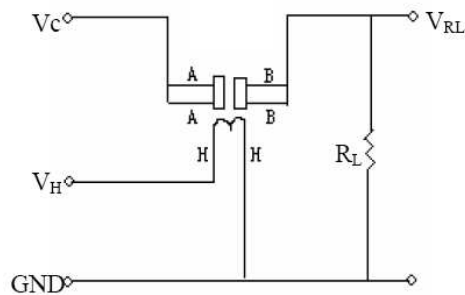
2.3.4 Alkohol tester pracujúci na princípe polovodičového senzora

Po uvedení alkoholu testera do činnosti (po zapnutí prístroja) sa musí senzor najprv zahriať na určitú teplotu. Je to z toho dôvodu, že senzor reaguje na obsah etanolu a iných prchavých látok a práve po jeho zahriatí sa stáva tak viac citlivým a je schopný zmerať s veľkou presnosťou i veľmi nepatrné množstvo prítomnosti týchto látok. Po zahriatí senzoru je osoba vyzvaná akustickým alebo vizuálnym signálom k vlastnému výdychu. Po ukončení výdychu prístroj vyhodnotí koncentráciu molekúl etanolu v dychu a prepočíta na promile.

Princíp:

Polovodičový senzor je potrebné zapojiť na dve napätia, ohrievacie napätie U_H a napätie U_C (viz Obr. 9). Po zapnutí prístroja je senzor zahrievaný napätím U_H . Odpor R_L je zapojený v sérii s citlivým senzorom, ktorý v závislosti na prítomnosti prchavých látok mení svoj odpor.

Odpor R_L slúži na kalibráciu výstupného napätia senzora. Na základe zmeny odporu senzora dochádza ku zmene výstupného napätia U_{RL} . Toto napätie je dôležité pre ďalšie spracovanie mikroprocesorom na určenie koncentrácie alkoholu vo vzorke dychu.



Obr. 9 Zapojenie polovodičového senzora

Výhody:

- ľahko dostupné
- výsledky sú ťažko ovplyvniteľné plynmi ako sú metán a vodík
- malé rozmery, prenosné

Nevýhody:

- menej presné ako alkohol testery s palivovým článkom
- výsledky nie sú použiteľné na právne úkony
- možnosť zničenia senzora pri veľkej koncentrácii alkoholu v dychu
- výsledky môžu byť ovplyvnené znečisteným ovzduším
- na senzor majú vplyv okolité podmienky ako vlhkosť a tlak

3 OVEROVANIE ANALYZÁTOROV ALKOHOLU V DYCHU

Český metrologický inštitút (ČMI) je splnomocnený na schvaľovanie typov a overovanie stanovených meradiel. V súčasnosti je technicky i personálne vybavený pre dve metódy zabezpečenia metrologickej nadväznosti meradiel (viz [6]).

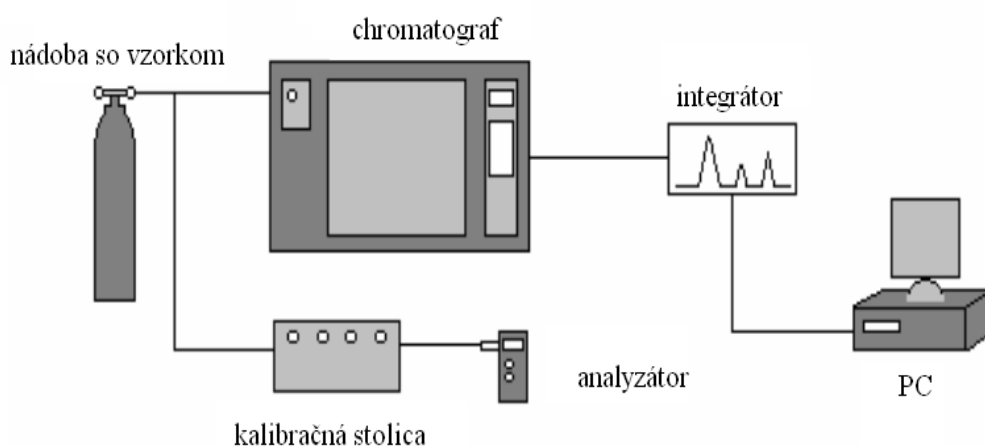
- suchým plynom
- simuláciou (mokrú cestu)

Pre overovanie suchým plynom bola vyvinutá a zdokonalená skúšobná stolica na oblastnom inšpektoráte ČMI v Prahe. Toto zariadenie umožňuje overovať rôzne druhy analyzátorov. Pre overovanie simulácií je na tomto pracovisku k dispozícii Simulátor Guth 2100 (viz Obr.12).

3.1.1 Suchý plyn

Ako etalóny a zdroj metrologickej nadväznosti sa používajú referenčné plyny ČMI pre overovanie analyzátorov alkoholu v dychu.

Sú to certifikované referenčné materiály sekundárnej úrovne etanol v dusíku alebo v syntetickom vzduchu v predpísaných nominálnych koncentráciách. Metrologická skúška je realizovaná na skúšobnej stolici, ktorej usporiadanie je na Obr.10.



Obr. 10 Usporiadanie skúšobnej stolice (prevzaté z [6])

POSTUP:

- kontrola indikácie nuly
- meranie daného prístroja (10x) u každého koncentračného bodu
- vyhodnotenie a vystavenie overovacieho listu (OL)
- označenie stanoveného meradla úradnou značkou (viz Obr.11)



Obr. 11 Úradná značka stanoveného meradla (prevzaté z [6])

Dva možné spôsoby kalibrácie:

- na celý rozsah – používajú sa 4 koncentračné body: 0,14 ; 0,48 ; 0,9 ; 1,4 (v mg/l)
- na bežný rozsah – používajú sa 2 koncentračné body: 0,14 ; 0,48 (v mg/l)

Použitý faktor na prepočítanie: 2100

3.1.2 Simulácia – mokrá cesta

Metóda simulácie spočíva v tom, že sa do nádoby simulátora o objemu 500ml pripraví definovaný roztok čistého etanolu a destilovanej vody a zariadenie sa spustí.

Roztok sa neustále premiešava a vyhreje sa na stabilizovanú teplotu 34°C. Z jednej strany sa pripojí analyzátor a z druhej strany sa fúka vzduch (buď ústami alebo vzduchovým čerpadlom). Analyzátor potom indikuje príslušnú hodnotu (viz [6]).



Obr. 12 Simulátor Guth 2100 (prevzaté z [6])

POSTUP:

- kontrola indikácie nuly
- príprava roztoku 0,3 ‰
- kontrolné meranie roztoku prístrojom DRAEGER 7410 PLUS (viz Obr.13) – ČMI
- meranie daného prístroja (10x)
- príprava roztoku 1 ‰
- kontrolné meranie roztoku prístrojom DRAEGER ČMI
- meranie daného prístroja (10x)
- vyhodnotenie a vystavenie overovacieho listu (OL)

Koncentračné body: 0,3 ‰

1 ‰

Kalibračné zariadenie: Simulátor Guth 2100

Použitý faktor na prepočítanie: 2100

Odporúčaná kalibračná lehota: 1 rok



Obr. 13 Alkohol tester Draeger Alcotest 7410 Plus (prevzaté z [6])

3.1.3 Metódy a požiadavky pri overovaní

Úplný zoznam metrologických a technických požiadaviek na analyzátory alkoholu v dychu je určený medzinárodnou organizáciou pre legálnu metrológiu OIML R126 a príslušnou vyhláškou MPO.

Pre overenie sa používa metóda suchým plynom, vykoná sa meranie v štyroch kalibračných bodoch a výsledok sa porovná s legálnymi požiadavkami a obmedzeniami.

Hodnoty maximálnych prípustných chýb (kladných alebo záporných) analyzátora pre jednotlivé merania pri technických skúškach pre schválenie typu a overenie vykonané za pracovných podmienok definovaných výrobcom analyzátora sú uvedené v nasledujúcej tabuľke Tab.3.

Tab. 3 Tabuľka požiadaviek pri overovaní (prevzaté z [6])

| referenčná hodnota hmotnostnej koncentrácie etanolu vo výdychu (mg/l) | maximálna prípustná chyba (mg/l) | najväčšia dovolená smerodajná odchýlka (mg/l) |
|--|----------------------------------|---|
| < 0,4 | 0,02 | 0,007 |
| ≥ 0,4 až ≤ 2 | 5 % *) | 1,75 % *) |
| > 2 | 20 % *) | 6 % *) |
| *) Hodnoty v percentách sa vzťahujú na konkrétnu referenčnú hodnotu hmotnostnej koncentrácie | | |

Analyzátor musí ďalej spĺňať podmienku opakovateľnosti merania, ktorá je vyjadrená ako výberová smerodajná odchýlka a je menšie alebo rovná hodnotám uvedeným pre jednotlivé rozsahy hodnôt hmotnostnej koncentrácie v tabuľke.

Do kategórie stanovených meradiel boli s účinnosťou od 2.4.2006 vyhláškou 65/2006 Zb. v Českej republike zaradené aj analyzátory alkoholu v dychu s dobou platnosti overenia 1 rok (viz Tab.4).

Schvaľovanie typov a overovanie analyzátorov alkoholu v dychu vykonáva Český metrologický inštitút. V súčasnej dobe sú stanovené nielen analyzátory alkoholu v dychu používané Políciou ČR pri kontrole cestnej premávky, ale aj analyzátory používané napríklad zamestnávateľmi ku kontrole zamestnancov alebo za účelom podľa § 3 odst. 3 zákona o metrológii sa myslí postih akéhokoľvek druhu, nielen pokuta. Napríklad aj zamedzenie prístupu do areálu zamestnávateľa alebo obmedzenie vo výkone pracovnej činnosti (viz [6]).

Tab. 4 Tabuľka schválených typov analyzátorov alkoholu ČMI (prevzaté z [6])

| TCM - značka schváleného typu | Typ | Výrobca | distribútor (ČR) - www |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|--|
| TCM 144/06 - 4395 | Alcotest rady 7410 | Drager AG, SRN | www.draeger-safety.com |
| TCM 144/06 - 4431 | Alcosensor IV | INTOXIMETERS, USA | Transcom Czech r.oravec@transcomczech.cz |
| TCM 144/06 - 4432 | LIFELOC FC | LIFELOC, USA | www.alkotesty.cz |
| TCM 144/06 - 4423 | Lion SD 400 | Lion, Laboratories, V. Británia | www.labtech.cz |
| TCM 144/06 - 4414 | Alcoquant 6020 | Envitec, Nemecko | www.elmes.cz |
| TCM 144/06 - 4396 | Alcotest 6810 | Drager AG, SRN | www.draeger-safety.com |
| TCM 144/07 - 4499 | Alcotest 6510 | Drager AG, SRN | www.draeger-safety.com |
| TCM 144/06 - 4430 | Alcotector C2H5OH | ShenZhen, Hong Kong | www.labtech.cz |

Užívatelia stanovených meradiel analyzátorov alkoholu v dychu sú povinný predkladať meradlá k pravidelnému overeniu v ČMI jedenkrát za rok.

Podmienky, ktoré musia spĺňať **pracovné stanovené meradlá**:

- pripojenie k tlačiarni
- pamäť výsledkov a odberov vzorkou
- meranie minimálne na 2 desatinné miesta
- možnosť nastavenia metrologického režimu (módu)
- používanie prevodu jednotiek medzi mg/l a ‰

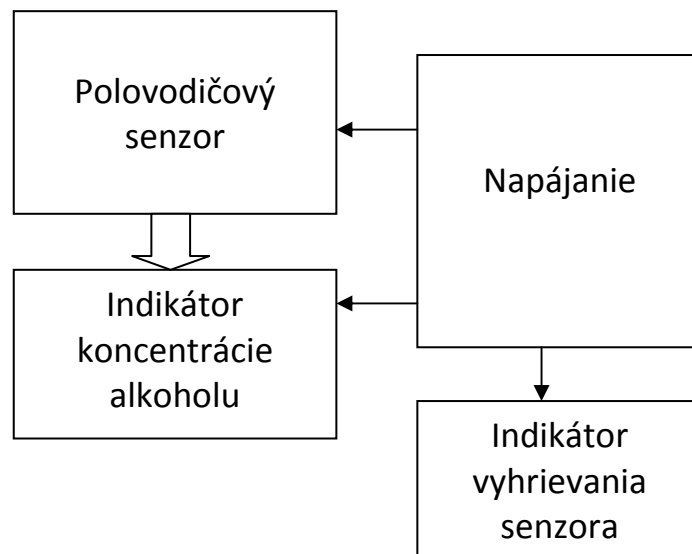
Na základe splnených podmienok im bude vydaný certifikát. Meradlá, ktoré nespĺnili dané podmienky môžu byť používané ako **pracovné nestanovené meradlá**, ale výsledky nemôžu byť používané k účelom podľa § 3 odst. 3 zákona o metrológii (viz [6]).

4 NÁVRH MERAČA OBSAHU ALKOHOLU V DYCHU:

Návrh sa skladá z navrhnutia jednotlivých častí merača (viz Obr.14):

- polovodičový senzor alkoholu
- indikátor nameranej hodnoty koncentrácie alkoholu v dychu
- indikátor vyhrievania senzora
- napájanie jednotlivých častí merača

Blokové schéma:



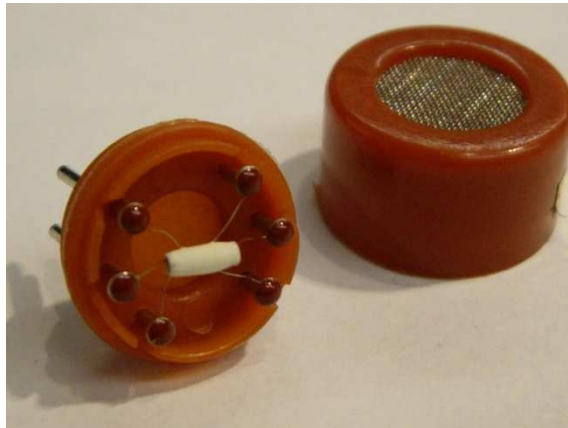
Obr. 14 Blokové schéma merača obsahu alkoholu

4.1 Polovodičový senzor alkoholu

Ako polovodičový senzor reagujúci na alkohol bol použitý senzor MQ-3 (viz Obr. 15).

4.1.1 Vlastnosti senzora MQ-3. (viz [7]):

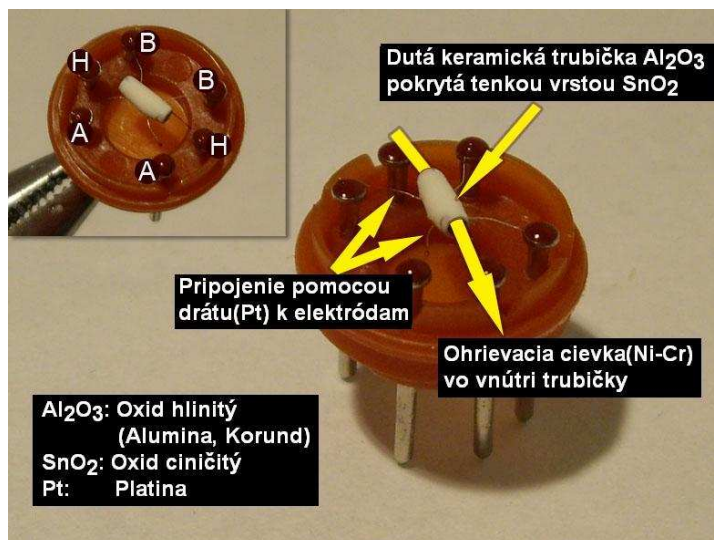
- Vysoká citlivosť na alkohol vo vzduchu
- Reaguje aj na iné plyny ako je alkohol - benzín, CH₄, Hexan, LPG, CO
- Vyznačuje sa rýchlou odozvou, stabilitou a dlhou životnosťou
- Používa sa hlavne v alkohol testeroch na meranie prítomnosti alkoholu v ľudskom dychu
- Spotreba senzora je menšia ako 750mW
- Rozsah detekcie alkoholu je od 0,05mg/l až 10mg/l
- Hodnota napájacieho a vyhrievacieho napätia senzora $U_H = U_C = 5V$



Obr. 15 Senzor MQ-3 (prevzaté z [8])

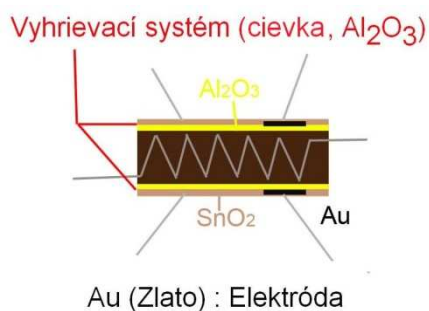
4.1.2 Zloženie senzora:

Senzor MQ-3 je zložený z malej keramickej trubičky z oxidu hlinitého Al₂O₃, ktorá je pokrytá vrstvou oxidu ciničitého SnO₂ (viz [8]). Trubička je pripojená pomocou drôtu na meracie (A,B) a vyhrievacie elektródy (H), ktoré sú upevnené v plastovom puzdre (viz Obr.16).



Obr. 16 Zloženie senzora MQ-3 (prevzaté z [8])

Vyhrievací systém tvorí keramická trubička z alumíny a cievka vo vnútri trubičky medzi ktorými sa nachádza elektróda zo zlata (viz Obr. 17).



Obr. 17 Vyhrievací systém senzora (prevzaté z [8])

Ak sa cievka sa zahreje na určitú teplotu, stane sa z vrstvy oxidu ciničitého SnO_2 polovodič. To znamená, že bude obsahovať veľa pohyblivých elektrónov, ktoré sú schopné vytvoriť medzi vrstvami elektrický prúd.

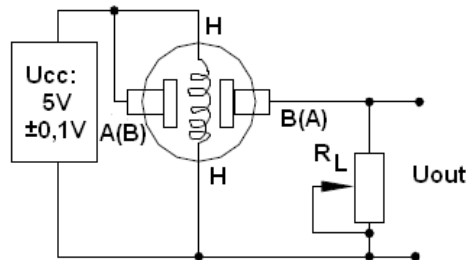
Pri stretu molekúl alkoholu s elektródou, ktorá je medzi alumínou a oxidom ciničitým, vznikne reakcia pri ktorej sa premení etanol na kyselinu octovú. Medzi vrstvami vznikne zmena prúdu, ktorá udáva množstvo koncentrácie alkoholu (viz [8]).

4.1.3 Schéma zapojenia:

Výstupné napätie senzora U_{OUT} je dané vzťahom,

$$U_{OUT} = U_{CC} \frac{R_L}{R_L + R_S}, \quad (4.1)$$

kde R_L je kalibračný odpor, ktorý je pripojený spolu s odporom senzora R_S ako delič napätia, U_{CC} je spoločné napájacie napätie, na ktoré sú pripojené meracie (A,B) a vyhrievacie elektródy (H) (viz Obr. 18).

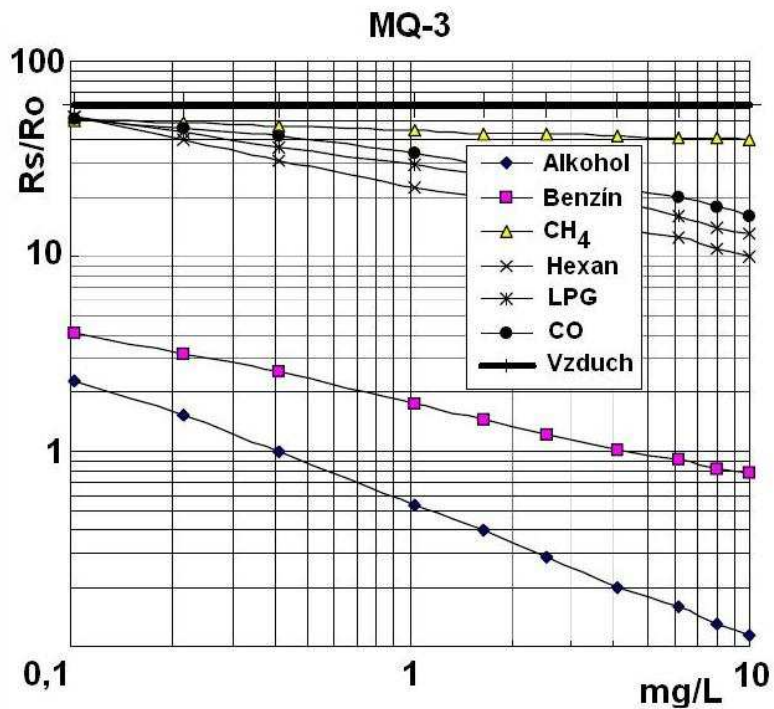


Obr. 18 Schéma zapojenia senzora MQ-3 (prevzaté z [7])

4.1.4 Výpočet koncentrácie alkoholu

Koncentrácia alkoholu v dychu bola vypočítaná pomocou citlivostnej charakteristiky senzora (viz Obr.19) za predpokladu:

- Odpor senzora $R_S = 20\text{k}\Omega$ pri nulovej hladine alkoholu vo vzduchu
- Konštantná hodnota $R_O = 6,06\text{k}\Omega$
- Pomer odporov $R_S/R_O = 3,3$ pri predpokladanej nulovej hladine alkoholu $0,05\text{mg/l}$
- Hodnota kalibračného odporu $R_L = 1,775\text{k}\Omega$
- Hodnota napájacieho napätia senzora $U_{CC} = 5\text{V}$



Obr. 19 Citlivostná charakteristika senzora MQ-3 (prevzaté z [7])

4.1.5 Príklad výpočtu:

Pri koncentrácií alkoholu 0,05mg/l

$$R_S/R_0 = 3,3$$

$$U_{\text{OUT}} = U_{\text{CC}} \frac{R_L}{R_L + R_S} = 5 \frac{1,775}{1,775 + 20} = 0,4\text{V}$$

Pri koncentrácií alkoholu 0,1mg/l

$$R_S/R_0 = 2,2$$

$$R_S/R_0 = 2,2 \Rightarrow R_S = 2,2R_0 = 2,2 \cdot 6,06 = 13,332\text{k}\Omega$$

$$U_{\text{OUT}} = U_{\text{CC}} \frac{R_L}{R_L + R_S} = 5 \frac{1,775}{1,775 + 13,332} = 0,587\text{V}$$

Pri koncentrácií alkoholu 1mg/l

$$R_S/R_O = 0,53$$

$$R_S/R_O = 0,53 \Rightarrow R_S = 0,53R_O = 0,53 \cdot 6,06 = 3,21 \text{ k}\Omega$$

$$U_{\text{OUT}} = U_{\text{CC}} \frac{R_L}{R_L + R_S} = 5 \frac{1,775}{1,775 + 3,211} = 1,77 \text{ V}$$

Vypočítané hodnoty výstupného napätia a odporu senzora pre všetky hodnoty citlivostnej charakteristiky sú uvedené v Tab.5.

Tab. 5 Tabuľka vypočítaných hodnôt odporu senzora R_S a výstupného napätia U_{OUT}

| mg/l | ‰ | $R_S[\Omega]$ | $U_{\text{OUT}}[\text{V}]$ |
|------|------|---------------|----------------------------|
| 0,05 | 0,1 | 20 000 | 0,4 |
| 0,1 | 0,21 | 13 332 | 0,58 |
| 0,2 | 0,42 | 9 090 | 0,816 |
| 0,3 | 0,62 | 7 272 | 0,98 |
| 0,4 | 0,83 | 6 060 | 1,132 |
| 0,5 | 1,04 | 5 151 | 1,28 |
| 0,6 | 1,25 | 4 605 | 1,39 |
| 0,7 | 1,46 | 4 242 | 1,47 |
| 0,8 | 1,67 | 3 817 | 1,58 |
| 0,9 | 1,87 | 3 575 | 1,65 |
| 1 | 2,08 | 3 211 | 1,77 |
| 2 | 4,17 | 1 999 | 2,35 |
| 3 | 6,22 | 1 515 | 2,69 |
| 4 | 8,34 | 1 212 | 2,97 |
| 5 | 10,4 | 1 030 | 3,16 |
| 6 | 12,5 | 909 | 3,3 |
| 7 | 14,6 | 788 | 3,46 |
| 8 | 16,7 | 727 | 3,54 |
| 9 | 18,7 | 697 | 3,59 |
| 10 | 20,8 | 666 | 3,63 |

4.1.6 Prepočet jednotiek:

1mg/l – znamená obsah 1mg alkoholu v 1 litri vydychovaného vzduchu. Iné jednotky používajúce sa na určenie množstva alkoholu v dychu: 1mg/l = 1mg/kg = 1ppm

1‰ – znamená obsah 1ml alkoholu v 1 litri krvi. Iné jednotky používajúce sa na určenie koncentrácie alkoholu v krvi: 1‰ = 1g/kg.

Vzťah medzi jednotkami je 1g/kg = 1000mg/kg. Na prepočítanie medzi jednotkami na určenie alkoholu v krvi a v dychu sa používa konštanta 2100, to znamená približne 1‰ = 0,5 mg/l.

4.2 Indikátor nameranej hodnoty koncentrácie alkoholu v dychu

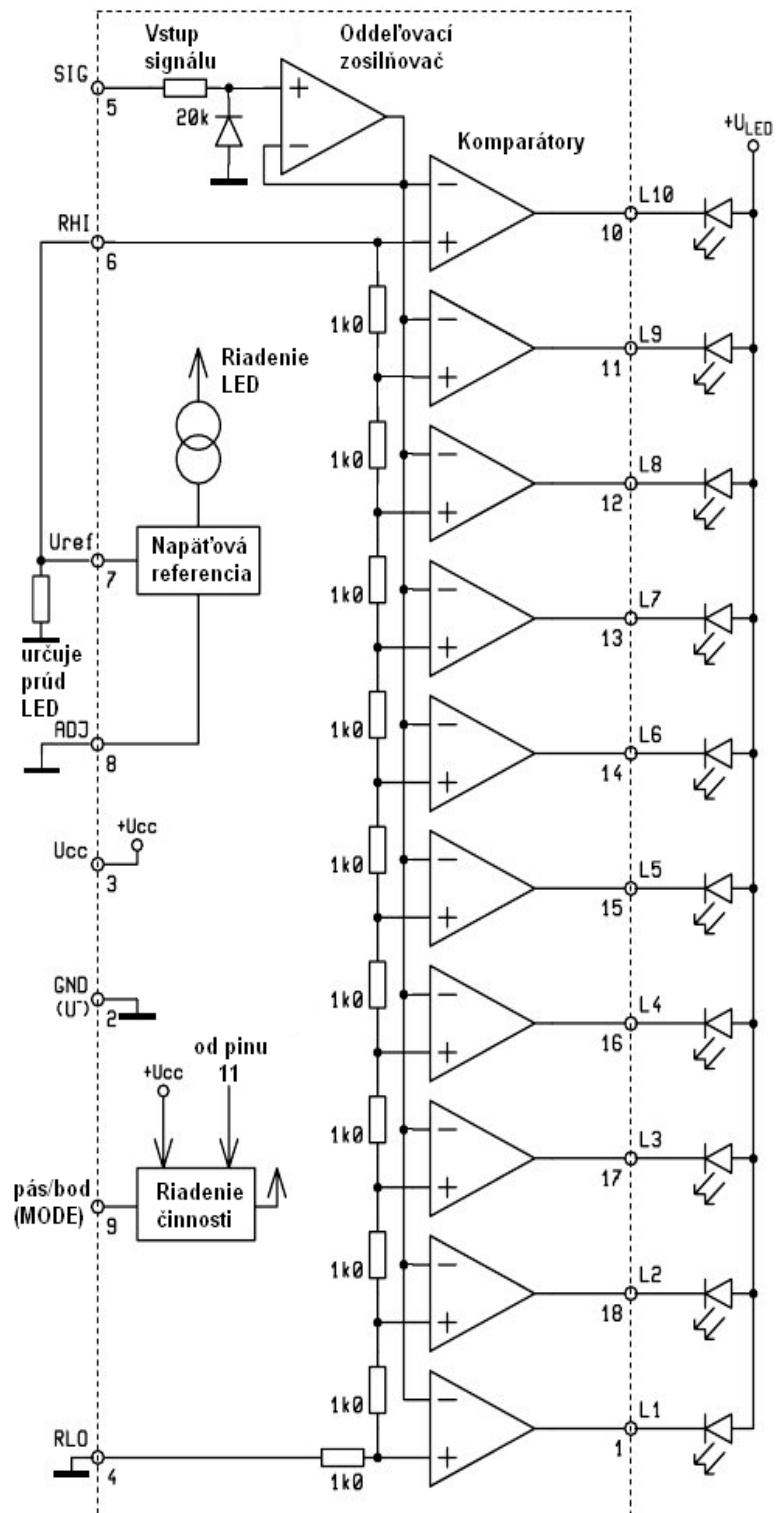
Na zobrazenie výstupnej hodnoty z polovodičového senzora bol použitý obvod LM3914. LM3914 je monolitický integrovaný obvod, ktorý budí 10 svietivých diód usporiadaných tak, že dĺžka svietiaceho pásu alebo poloha svietiaceho bodu je priamo úmerná vstupnému napätiu (viz [9]).

4.2.1 Vlastnosti obvodu LM3914 (viz [10]):

- Je vhodný na budenie svietivých diód, LCD displejov ale aj žiaroviek s malou spotrebou
- Výstupnú hodnotu zobrazuje lineárne
- Pásovú alebo bodovú zobrazenie je voliteľné užívateľom
- Napájacie napätie je v rozsahu $U_{CC} = 3 - 20V$
- Pri napájaní napätím $U_{CC} = 5V$ odoberá prúd v rozsahu $I_Z = 2,4 - 4,2mA$ (bez záťaže)

4.2.2 Blokové schéma:

Vstupný oddelovací zosilňovač (buffer) má vysokú vstupnú impedanciu a spracováva vstupný signál. Jeho výstupné napätie je privedené na spojené vstupy 10 komparátorov, ktoré je porovnávané s napätovými hladinami získanými z reťazca rezistorov napájaného stabilným napätím 1,25V (viz Obr. 20). Jednotlivé referenčné úrovne sa líšia o 125mV. Tento reťazec môže byť pripojený na akékoľvek napätie za predpokladu, že neprekročí hodnotu $U_{CC} - 1,5V$ (viz [9]).



Obr. 20 Blokové schéma obvodu LM3914 (prevzaté z [9])

4.2.3 Schéma zapojenia:

Schéma zapojenia je prevzatá z katalógového listu obvodu a upravená podľa potreby. Obvod LM3914 a LED diódy sú napájané spoločným napätím $U_{CC} = 5V$ (viz Obr. 21). Veľkosť referenčného napätia U_{REF} je vypočítaná zo vzťahu

$$U_{REF} = U_{CC} - 1,5 = 3,5V, \quad (4.2)$$

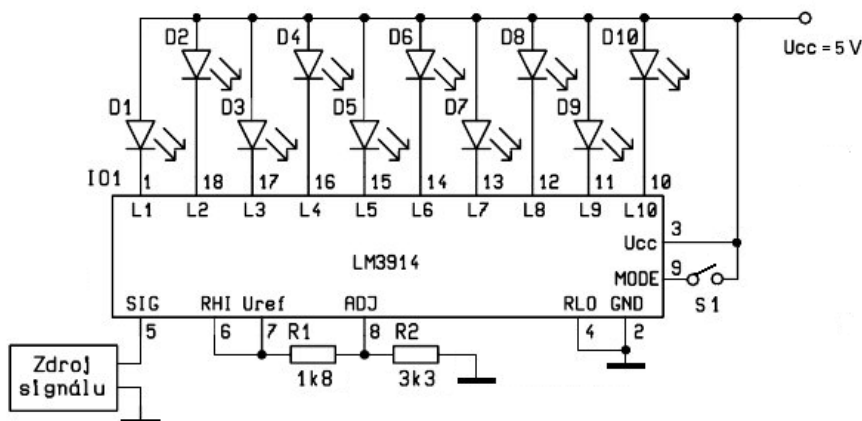
kde U_{CC} je napájacie napätie. Prúd diódami I_{LED} je daný vzťahom (viz [10])

$$I_{LED} = \frac{12,5}{R_1} = \frac{12,5}{1,8 \cdot 10^3} = 6,95mA, \quad (4.3)$$

kde hodnota odporu $R_1 = 1,8k\Omega$ bola zvolená z radu E24. Hodnota odporu R_2 je vypočítaná zo vzťahu (viz [10])

$$U_{REF} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right), \quad R_2 = 3,3k\Omega \quad (\text{zvolená z radu E24}) \quad (4.4)$$

Rozsah vstupného signálu zobrazeného pomocou LED diód bude $U_{SIG} = 0 - 3,5V$. Prepínač S_1 slúži na prepínanie medzi bodovým a pásovým zobrazovaním. Obvod v tomto zapojení je použitý na zobrazenie úrovne alkoholu v dychu a zároveň slúži aj na zobrazenie aktuálneho stavu batérie (viz Tab. 6, 7 a 8).



Obr. 21 Schéma zapojenia obvodu LM3914 (prevzaté z [9])

Tab. 6 Tabuľka nameraných úrovní napätí pri ktorých sa rozsvetujú jednotlivé diódy

| | $U_{\text{MIN}}[\text{V}]$ | $U_{\text{MAX}}[\text{V}]$ |
|-------|----------------------------|----------------------------|
| LED1 | 0,318 | 0,62 |
| LED2 | 0,63 | 0,94 |
| LED3 | 0,95 | 1,26 |
| LED4 | 1,27 | 1,58 |
| LED5 | 1,59 | 2,08 |
| LED6 | 2,09 | 2,21 |
| LED7 | 2,22 | 2,53 |
| LED8 | 2,54 | 2,85 |
| LED9 | 2,86 | 3,17 |
| LED10 | 3,18 | 3,5 |

Tab. 7 Tabuľka úrovni alkoholu pri ktorých sa rozsvetujú jednotlivé diódy

| | $U_{\text{MIN}}[\text{V}]$ | $U_{\text{MAX}}[\text{V}]$ | ‰ |
|------|----------------------------|----------------------------|----------|
| LED1 | 0,318 | 0,62 | 0-0,29 |
| LED2 | 0,63 | 0,94 | 0,3-0,59 |
| LED3 | 0,95 | 1,26 | 0,6-0,9 |
| LED4 | 1,27 | 1,58 | 1-1,6 |
| LED5 | 1,59 | 2,08 | 1,7-2,9 |
| LED6 | 2,09 | 2,21 | 3-3,9 |
| LED7 | 2,22 | 2,53 | 4-5 |

Tab. 8 Tabuľka jednotlivých úrovní napätia, ktoré signalizujú stav batérie

| | $U_{\text{MIN}}[\text{V}]$ | $U_{\text{MAX}}[\text{V}]$ |
|-------|----------------------------|----------------------------|
| LED5 | 1,59 | 2,08 |
| LED6 | 2,09 | 2,21 |
| LED7 | 2,22 | 2,53 |
| LED8 | 2,54 | 2,85 |
| LED9 | 2,86 | 3,17 |
| LED10 | 3,18 | 3,5 |

4.3 Indikátor vyhrievania senzora

Polovodičový senzor alkoholu pracuje správne, ak dosiahne pomocou vyhrievacieho systému pracovnú teplotu. Táto podmienka je zabezpečená pomocou obvodu NE555, ktorý je zapojený ako časovač a signalizuje proces vyhrievania.

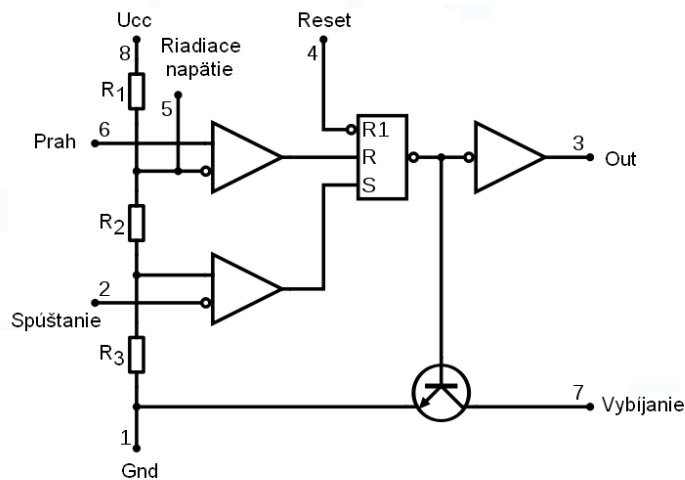
4.3.1 Vlastnosti obvodu NE555 (viz [11]):

- Pracuje ako astabilný i ako monostabilný multivibrátor
- Maximálna pracovná frekvencia je väčšia než $f_M = 500$ kHz
- Dĺžka jedného impulzu môže byť od μs až po hodiny
- Pri napájaní napätím $U_{CC} = 5V$ odoberá prúd v rozsahu $I_Z = 2 - 6mA$ (bez záťaže)
- Napájacie napätie je v rozsahu $U_{CC} = 4,5 - 16V$
- Spínacia doba je menšia než $t_s = 2\mu s$

4.3.2 Blokové schéma:

Napájacie napätie, ktoré je privedené na pin 8, sa na rezistoroch R_1-R_3 rozdelí na $1/3$ a $2/3$ svojej hodnoty. Týmto sa nastaví komparačné úrovne dvoch výstupných operačných zosilňovačov, ktoré sú zapojené ako komparátory. Vstupom 5 je možné tieto úrovne meniť. Výstupy oboch komparátorov sú spojené so vstupmi klopného obvodu RS. Tento klopný obvod má ešte jeden nulovací vstup pin 4, ktorým je možné preklopiť obvod do stavu logickej nuly nezávisle na jeho vstupoch (viz Obr. 22).

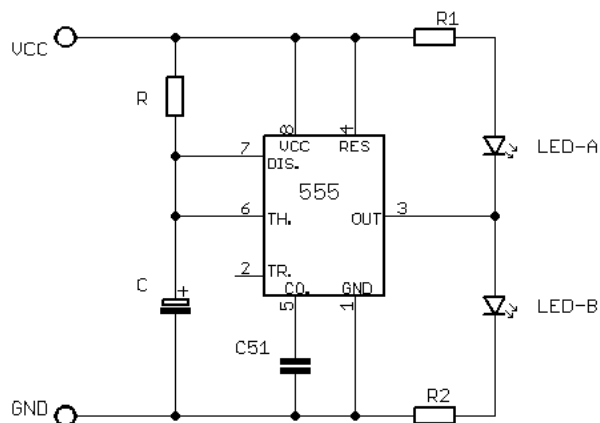
Invertujúci výstup klopného obvodu je privedený na invertor a ten potom na pin 3. Na tento invertujúci výstup klopného obvodu je tiež pripojená báza vybíjacieho tranzistora. Ak je klopný obvod RS v stave logickej nuly, je na bázi tohto tranzistora logická jednotka. Tá spôsobí otvorenie tranzistora, čím sa jeho kolektor pin 7 spojí so zemou (viz [12]).



Obr. 22 Blokové schéma obvodu NE555 (prevzaté z [12])

4.3.3 Schéma zapojenia:

Obvod 555 je zapojený ako monostabilný klopný obvod (viz Obr. 23). Schéma zapojenia je použitá z [11] a upravená podľa potreby. Monostabilní klopný obvod má jeden stabilný stav a jeden nestabilný stav. Ak sa na vstup privedie spúšťači impulz je obvod na určitú dobu preklopený do nestabilného stavu, ale po uplynutí tejto doby sa vracia späť do stabilného stavu. Dĺžka nestabilného stavu závisí na hodnotách použitého RC členu.



Obr. 23 Schéma zapojenia obvodu NE555 (prevzaté z [11])

4.3.4 Popis funkcie:

Po privedení napájacieho napätia sa obvod bude nachádzať v nestabilnom stave – úroveň H. Na výstupe sa objaví napätie U_{CC} , rozsvieti sa červená dióda (LED-B). Kondenzátor C sa začne nabíjať cez rezistor R. Ak napätie na kondenzátore dosiahne hodnoty $2/3$ napájacieho napätia, prekloní sa obvod do stabilného stavu. Na výstupe bude úroveň L a rozsvieti sa zelená dióda (LED-A).

Tranzistor vo vnútri obvodu je otvorený, čo znamená, že kondenzátor C sa skratuje a dôjde k vybitiu. Obvod zotrúva v stabilnom stave tak dlho, pokiaľ nedôjde k vypnutiu a opätovnému zapnutiu prístroja. Tranzistor vo vnútri obvodu sa uzavrie a kondenzátor C sa znovu začne nabíjať. Vo chvíli, keď napätie na kondenzátore dosiahne hodnoty $2/3$ napájacieho napätia, obvod sa znova prekloní do stabilného stavu. Riadiaci pin 5 je v tomto obvode zablokovaný kondenzátorom C_{51} voči zemi a spúšťací pin 2 je nezapojený (viz [11]).

4.3.5 Doba trvania nestabilného stavu

Dĺžka nestabilného stavu je určená dobou nabíjania kondenzátora a je daná vzťahom (viz [12])

$$t = -\tau \ln \frac{1}{3} = -9,4 \ln \frac{1}{3} \approx 10s, \quad (4.5)$$

kde t je doba trvania nestabilného stavu, τ je časová konštanta vyjadrená vzťahom

$$\tau = RC, \quad (4.6)$$

kde odpor $R = 20k\Omega$ bol zvolený z rady E24 a kapacita $C = 470\mu F$ bola zvolená z rady E6. Dĺžka trvania nestabilného stavu je 10 sekúnd, za tento čas dosiahne polovodičový senzor pracovnú teplotu.

4.3.6 Výpočet predradeného odporu:

Predradený odpor slúži k tomu, aby obmedzil prúd pretekajúci diódou. Jeho hodnota musí byť zvolená tak, aby prúd diódou neprekročil jej hodnoty. Hodnota predradeného odporu sa vypočíta podľa vzorca (viz [13])

$$R_V = \frac{(U_{CC} - U_{LED})}{I_{LED}} = \frac{(5 - 2)}{0,02} = 150\Omega, \quad (\text{zvolený z rady E24}) \quad (4.7)$$

kde R_V je hodnota predradeného odporu, U_{CC} je napájacie napätie, U_{LED} je napätie diódy, I_{LED} je prúd diódy.

4.4 Výpočet celkového prúdu

Na výpočet boli použité maximálne hodnoty prúdov uvedených v jednotlivých katalógových listov súčiastok.

- Polovodičový senzor MQ3 – odber prúdu $I_Z = 150\text{mA}$
 - Indikátor nameranej hodnoty LM3914 – odber obvodu $I_Z = 4,2\text{mA}$ + odber jednej LED diódy $I_{\text{LED}} = 6,94\text{mA} \times 10$
 - Indikátor vyhrievania senzora NE555 – odber obvodu $I_Z = 6\text{mA}$ + odber jednej LED diódy $I_{\text{LED}} = 20\text{mA}$
-
- Odber ostatných prvkov je vzhľadom na veľkosť prúdu zanedbateľný
 - Celkový prúd $I_Z = 249,6\text{mA} =$ (po zaokrúhlení) **250mA**

4.5 Napájanie jednotlivých častí merača

Pri návrhu napájacieho zdroja museli byť splnené nasledovné podmienky, aby zariadenie bolo:

- schopné dodávať dostatočný prúd do zariadenia $I_Z = 250\text{mA}$
- výstupné napätie zdroja $U_{\text{OUT}} = 5\text{V}$
- schopné pracovať bez napájania zo siete elektrickej energie (batériové napájanie)
- prenosné

4.5.1 Batériové napájanie:

Pre napájanie pomocou batérie je zvolený DC/DC spínací zosilňovací (step-up) menič napätia LM2621 v SMD puzdre.

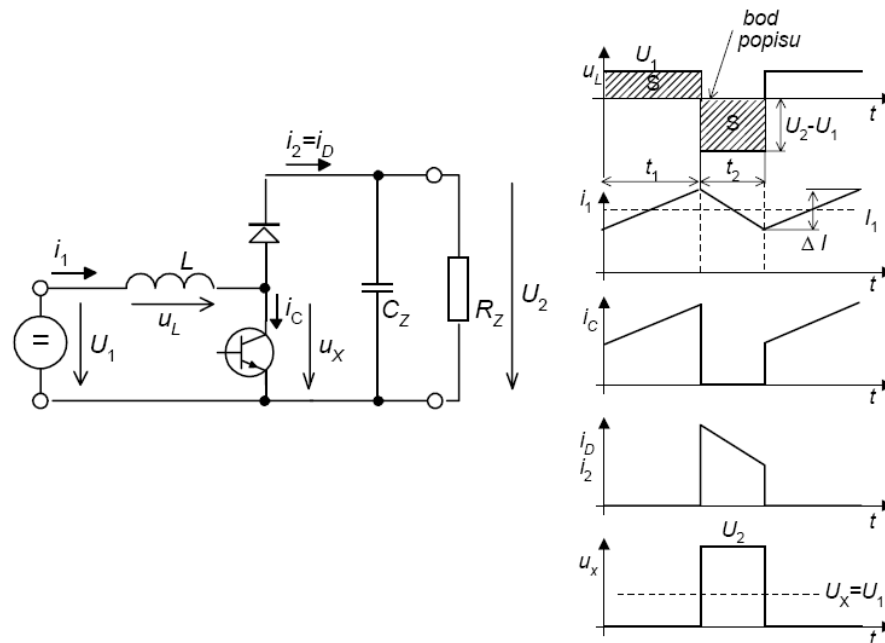
4.5.2 Vlastnosti obvodu LM2621 (viz [14]):

- Používa sa na napájanie obvodov, ktoré vyžadujú batériové napájanie
- Vstupné napätie môže byť v rozsahu $U_{\text{IN}} = 1.2\text{V} - 14\text{V}$
- Výstupné napätie je nastaviteľné v rozsahu $U_{\text{OUT}} = 1.2\text{V} - 14\text{V}$
- Pracovný prúd je $I_Z = 80\mu\text{A}$

4.5.3 Princíp spínaných zdrojov

Spínané zdroje pracujú na princípe dodávania energie do zát'aže po častiach, ktoré sú buď regulované, pomocou času, doby zopnutia alebo vypnutia=> jedná sa o nespojitú reguláciu (viz Obr. 24).

Na výstupe sa vyžaduje vyhladené jednosmerné napätie, preto hlavnou súčasťou spínaných zdrojov sú akumulčné prvky - indukčnosti a kapacity, ktoré akumulujú energiu v počas vypnutia spínaných prvkov a spojitú ju dodávajú do zát'aže (viz [15]).

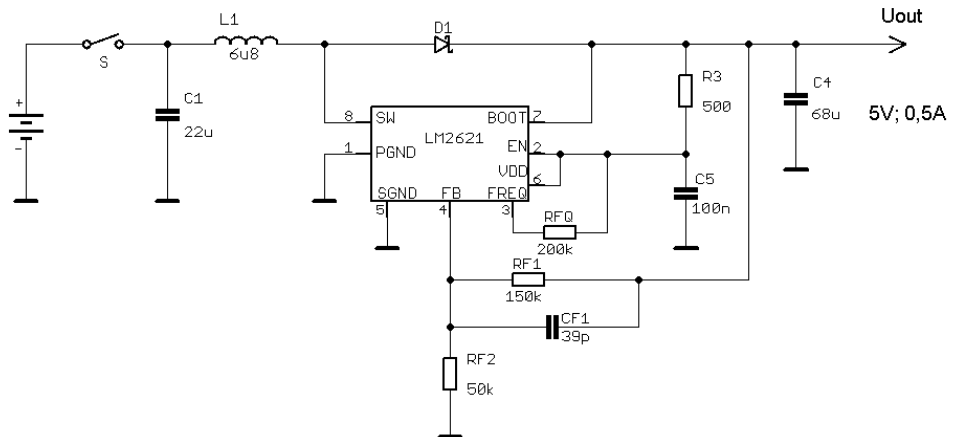


Obr. 24 Funkcia zosilňujúceho meniča (prevzaté z [15])

- Tranzistor T je vypnutý. V ustálenom stave (po niekoľkých spínacích periódach) už tečie tlmivkou L určitý prúd zo zdroja U_1 cez diódu D do zát'aže U_2 . Dióda D je otvorená. Na tlmivke L je preto napätie $u_L = U_1 - U_2$. Je záporné, pretože $U_2 > U_1$. Preto prúd tlmivkou lineárne klesá.
- Ak zopneme tranzistor, objaví sa na tlmivke L kladné konštantné napätie $u_L = U_1$ a prúd i_L , tečúci tlmivkou, začne lineárne narastať. Uzaviera sa pritom zo zdroja U_1 cez tlmivku L a tranzistor T. Dióda D je polarizovaná v závernom smere a je uzavretá.
- Vypnutím tranzistora sa menič vráti do pôvodného stavu (viz [15]).

4.5.4 Schéma zapojenia:

Schéma zapojenia (viz Obr. 25) je použitá z katalógového listu obvodu. Pri tomto zapojení obvod dodáva pri malom vstupnom napätí požadované výstupné napätie $U_{OUT} = 5V$ a prúd $I_{OUT} = 0,5A$. Výstupné napätie je určené pomerom odporov R_{F1} a R_{F2} , ktoré sú zapojené ako delič napätia. Odpor R_{FQ} určuje frekvenciu spínania. Hodnoty filtračných kondenzátorov C_1 , C_4 sú doporučené výrobcom.



Obr. 25 Schéma zapojenia obvodu LM2621 (prevzaté z [14])

4.5.5 Voľba a výber batérie

Rozdelenie monočlánkov vhodných na použitie v merači množstva alkoholu v dychu od výrobcu GP Batteries.

- Primárne batérie s nominálnou hodnotou napätia $U_N = 1,5V$
 - o Alkalické
 - o Nikel-zinkové
 - o Zink-chloridové
 - o Zink-uhlikové
- Nabíjacie batérie s nominálnou hodnotou napätia $U_N = 1,2V$
 - o Nikel-metal-hydridové
 - o Nikel-kadmiové

Výber batérie závisel na splnený jednotlivých požiadaviek:

- Vstupné napätie meniča musí byť v rozsahu $U_{CC} = 1,2V - 14V$
- Veľkosť a počet batérii vzhľadom na rozmery zariadenia
- Doba napájania pomocou batérii

Ako vhodné batérie boli vybraté primárne alkalické batérie veľkosti AA typu GP15A, ktoré mali najdlhšiu vybíjajúcu dobu (viz Obr. 26). Pri sériovom zapojení dvoch batérii s nominálnou hodnotou $U_N = 1,5V$ dostaneme celkové napätie $U_{CC} = 3V$, ktoré je vhodné na napájanie meniča. Pri použití len jednej batérie nebude využitá celá vybíjajúca doba monočlánku.

Je možné použiť aj 2 nabíjacie batérie s nominálnou hodnotou napätia $U_N = 1,2V \Rightarrow U_{CC} = 2,4V$. Pri napájacom napätí meniča $U_{CC} = 3V$ bude účinnosť meniča $\eta = 85\% \Rightarrow$ Celkový odoberaný prúd I_Z sa zväčší o 15%,

$$I_C = I_Z + 15\% = 0,25 + 0,038 = 0,288A \quad (4.8)$$

kde I_C je celkový odoberaný prúd z batérie, I_Z je prúd, ktorý odoberá celé zariadenie z meniča napätia. Pracovný prúd meniča môžeme vzhľadom na veľkosť zanedbať.

4.5.6 Výpočet doby napájania pre batériu typu GP15A

Teoretický prúd I_{ZT} , ktorý odoberá záťaž R_Z (viz [16]) z batérie sa vypočíta podľa vzťahu

$$I_{ZT} = \frac{U_{STR}}{R_Z} = \frac{1,2}{10} = 0,12A, \quad (4.9)$$

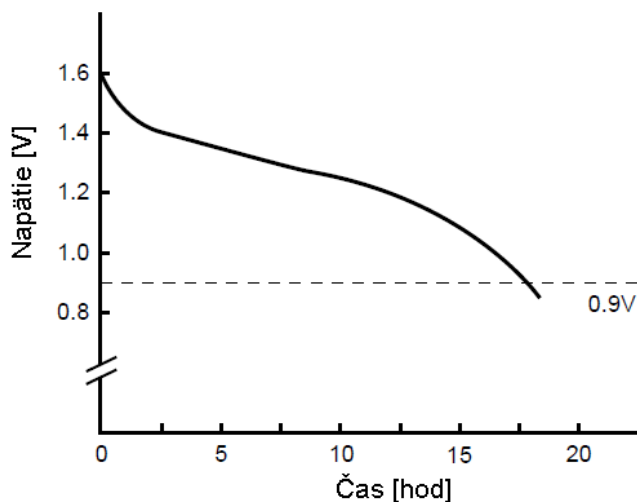
kde U_{STR} je stredné napätie batérie. Kapacita batérie K_T je daná vzťahom

$$K_T = I_{ZT} \cdot t_T = 0,12 \cdot 17 = 2,04Ah, \quad (4.10)$$

kde t_T je teoretický čas, za ktorý sa batéria vybitie pri záťaži R_Z . Doba vybitia t_V batérii je vypočítaná zo vzťahu

$$t_V = \frac{K_T}{I_Z} = \frac{2,04}{0,288} = 7,08h = 425 \text{ min}, \quad (4.11)$$

kde I_Z je celkový odoberaný prúd zariadenia z batérie. Doba nepretržitého napájania zapnutého merača bude 425 minút \Rightarrow Alkalické batérie vydržia v prístroji jeden rok pri používaní denne 70 sekúnd. (Pri výpočte bol zanedbaný faktor samovybitia počas vypnutého stavu.)



Obr. 26 Vybíjacia charakteristika alkalickéj batérie GP15A (prevzaté z [16])

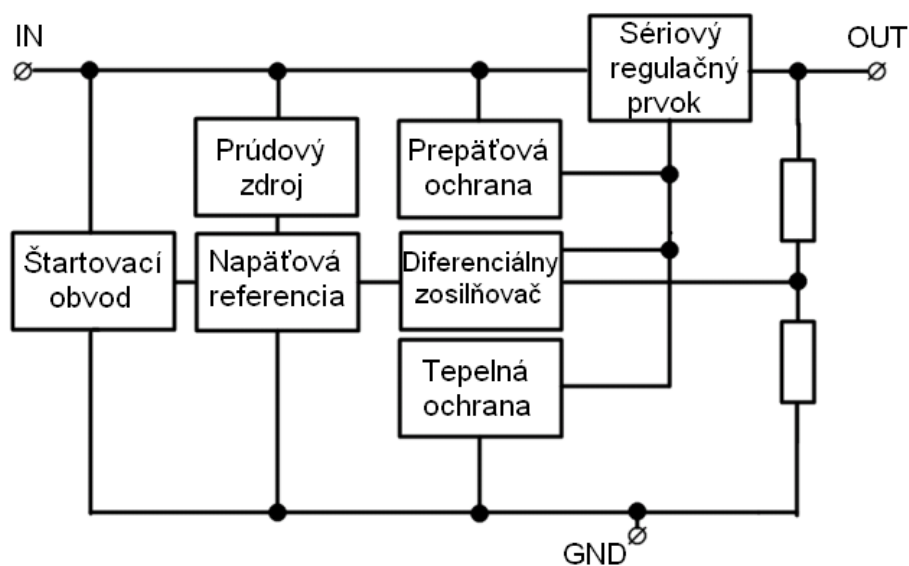
4.5.7 Externý zdroj napätia:

Merač obsahu alkoholu v dychu je možné pripojiť aj na vonkajší zdroj napätia. Pre napájanie z externého zdroja napätia bol použitý stabilizátor 7805.

4.5.8 Blokové schéma stabilizátora:

Stabilizátor sa skladá sa sériového regulačného prvku, štartovacieho obvodu, tepelnej ochrany, prepäťovej ochrany, z obvodov napäťovej referencie a zosilňovača regulačnej odchýlky. Štartovací obvod zaisťuje spustenie funkcie stabilizátora po zapnutí zdroja vstupného napätia.

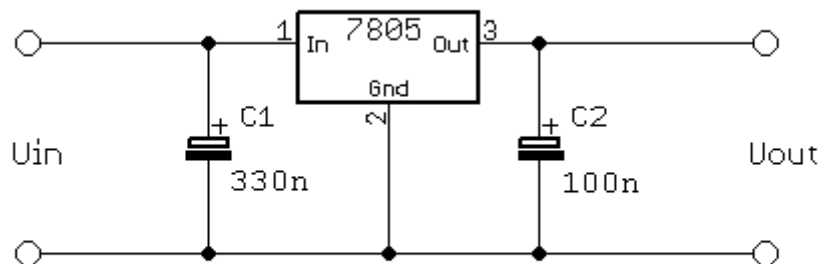
Obvody tepelnej ochrany zaisťujú, aby nedošlo ku zničeniu stabilizátora dlhodobým ohrevom. Ochrana je založená na zvýšení kludového prúdu tranzistora so stúpajúcou teplotou. Prepäťová ochrana vypne výstupné napätie pri prekročení dovoleného vstupného napätia. Sériový regulačný prvok je vybavený obvodom pre obmedzenie výstupného prúdu (viz Obr. 27).



Obr. 27 Blokové schéma stabilizátora 7805 (prevzaté z [17])

4.5.9 Schéma zapojenia:

Stabilizátor je schopný dodávať do obvodu napätie $U_{OUT} = 5V$ a prúd $I_{OUT} = 1A$. Schéma zapojenia je prevzatá z katalógového listu obvodu, hodnoty filtračných kondenzátorov C_1 , C_2 sú doporučené výrobcom (viz Obr. 28). Stabilizátor je možné napájať napätím v rozsahu $U_{IN} = 7 - 12V$. Pri zvolenom napájacom napätí $U_{IN} = 12V$ je potrebné stabilizátor chladiť pomocou chladiča.



Obr. 28 Schéma zapojenia stabilizátora 7805 (prevzaté z [18])

4.5.10 Výpočet rozmerov chladiča (viz [19]):

Stratový výkon P_S sa vypočíta zo vzťahu

$$P_S = (U_{IN} - U_{OUT}) \cdot I_Z = (12 - 5) \cdot 0,25 = 1,75W, \quad (4.12)$$

kde U_{IN} je vstupné napätie stabilizátora, U_{OUT} je výstupné napätie stabilizátora a I_Z je celkový prúd, ktorý odoberá zariadenie. Teplota puzdra je daná vzťahom

$$\vartheta_C = \vartheta_J - (R_{\vartheta JC} \cdot P_S) = 150 - (5 \cdot 1,75) = 141,25^\circ C, \quad (4.13)$$

kde ϑ_C je teplota puzdra, ϑ_J je teplota čipu, $R_{\vartheta JC}$ je vnútorný tepelný odpor. Vonkajší odpor sa určí zo vzťahu

$$R_{\vartheta VA} = \frac{\vartheta_C - \vartheta_A}{P_S} = \frac{141,25 - 45}{1,75} = 55^\circ C/W, \quad (4.13)$$

kde ϑ_A je teplota vzduchu. Plocha chladiča sa vypočíta zo vzťahu

$$S = \frac{C_1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot C_2}{R_{\vartheta VA} - C_1 \cdot 1,73} = \frac{1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot 0,43}{55 - 1 \cdot 1,73} = 6,13cm^2, \quad (4.14)$$

kde $C_1 = 1$ je materiálková konštanta, $C_2 = 0,43$ je vyžarovacia konštanta. Rozmery chladiča sú 2 x 3,13 [cm].

4.6 Ovládanie prístroja

Prepínač S_1 slúži na zapnutie napájania prístroja pomocou tužkových batérii. Po zapnutí svieti červená dióda, ktorá signalizuje zahrievanie senzora. Doba zahrievania trvá 10 sekúnd. Po uplynutí zhasne červená dióda a zasvieti zelená, senzor je pripravený na snímanie alkoholu. Na odčítanie nameranej hladiny alkoholu v dychu alebo určenie stavu batérii slúži Tab.9. Konektor na pripojenie vonkajšieho zdroja napätia sa nachádza na pravej bočnej strane zariadenia.

Funkcie ostatných prepínačov:

- S_2 – Výber medzi zobrazovaním úrovne alkoholu alebo stavu batérie
- S_3 – Výber napájania merača medzi batériou a vonkajším zdrojom napätia
- S_4 – Výber medzi bodovým a pásovým zobrazením meranej veličiny

Tab. 9 Tabuľka na určenie hladiny alkoholu a stavu batérie pomocou LED diód

| LED | STAV BATÉRIE | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|----------|---------|-------|---------|-------|------|------|------|-------|
| | LED1 | LED2 | LED3 | LED4 | LED5 | LED6 | LED7 | LED8 | LED9 | LED10 |
| U_{MIN} [V] | 0,318 | 0,63 | 0,95 | 1,27 | 1,59 | 2,09 | 2,22 | 2,54 | 2,86 | 3,18 |
| U_{MAX} [V] | 0,62 | 0,94 | 1,26 | 1,58 | 2,08 | 2,21 | 2,53 | 2,85 | 3,17 | 3,5 |
| ALK [%o] | 0-0,29 | 0,3-0,59 | 0,6-0,9 | 1-1,6 | 1,7-2,9 | 3-3,9 | 4-5 | | | |
| HLADINA ALKOHOLU | | | | | | | | | | |

5 ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo oboznámiť sa s rôznymi možnosťami merania obsahu alkoholu v organizme, s princípmi na ktorých pracujú meradlá alkoholu v krvi, moču, slinách a dychu. Porovnať ich z hľadiska presnosti a právneho využitia výsledkov týchto skúšok. V Českej republike sa používa na zistenie dôkazných výsledkov metóda určenia hladiny alkoholu v krvi pomocou plynovej chromatografie a na určenie hladiny alkoholu v dychu pomocou alkohol testerov pracujúcich na princípe palivových článkov stanovenými Českým metrologickým inštitútom. Tieto alkohol testery s vysokou presnosťou je potrebné každý rok nechať overiť ČMI.

Ďalším cieľom bolo navrhnúť jednoduchý merač obsahu alkoholu v dychu s polovodičovým senzom. Bol navrhnutý a zrealizovaný alkohol tester pozostávajúci z indikátora nameranej hodnoty alkoholu, indikátora vyhrievania senzora a napájania jednotlivých častí. Indikátor tvorí obvod LM3914 a 10 LED diód, ktoré slúžia na zobrazenie nameranej hodnoty alkoholu v dychu a zároveň aj na zobrazenie aktuálneho stavu batérie. Na indikáciu vyhrievania senzora bol použitý obvod NE555 zapojený ako monostabilný obvod s dvoma LED diódami. Napájanie alkohol testera je možné buď prostredníctvom zosilňujúceho DC/DC meniča napätia LM2621, ktorý slúži na napájanie pomocou 2 tužkových batérii alebo prostredníctvom stabilizátora napätia 7805, ktorý slúži na napájanie vonkajším zdrojom napätia 12V.

LITERATÚRA

- [1] Stanovení alkoholu v organismu člověka [online]. Ing. Jaroslav Zikmund [cit. 4. 1. 2011]. Dostupné na www: <http://www.zikmund.org/alkohol/stanoveni.htm>
- [2] Ethanol [online]. Wikipédia [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ethanol>
- [3] Rychlý test ze slin pro odhad hladiny alkoholu v krvi [online]. JK Trading spol. s r.o. [cit. 4. 1. 2011]. Dostupné na www: <http://www.jktrading.cz/mbfile-5-175.pdf>
- [4] Plynová chromatografie [online]. Wikipédia [cit. 4. 1. 2011]. Dostupné na www: http://sk.wikipedia.org/wiki/Plynová_chromatografie
- [5] Why Do We Use Breath to Test for Alcohol Concentrations in the Body [online]. Intoximeters Incorporated [cit. 15. 5. 2009]. Dostupné na www: http://www.intox.com/about_alcohol_testing.asp
- [6] Schválené typy analyzátorů alkoholu v dechu [online]. Český metrologický institut [cit. 4. 1. 2011]. Dostupné na www: <http://www.cmi.cz>
- [7] HANWEI ELETRONICS CO.,LTD. [online]. Technical data MQ-3 gas sensor [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://www.hwsensor.com/english/PDF/sensor/MQ-9.pdf>
- [8] Sensor Report - MQ3 Gas sensor [online]. Eun Jung Park [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://sensorworkshop.blogspot.com/>
- [9] HUMLHANS, Jan. Zaujímavé IO v katalógu GM Electronics. Rádio Plus - KTE, magazín elektroniky. Kveten 1999. [cit. 4. 5. 2011].
- [10] National Semiconductor [online]. LM3914 Dot/Bar Display Driver. [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://www.national.com/ds/LM/LM3914.pdf>
- [11] HÁJEK, Jan. *Časovač 555 PRAKTICKÉ ZAPOJENÍ*. Praha: BEN - technická literatura, 2001. [cit. 4. 5. 2011].
- [12] NE555 [online]. Wikipédia [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/NE555>
- [13] Výpočet předradeného odporu k LED dióde [online]. Elektrolab [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://elektrolab.wz.cz/?nizkenapeti=25>
- [14] National Semiconductor [online]. LM2621 Low Input Voltage, Step-Up DC-DC Converter [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://www.national.com/ds/LM/LM2621.pdf>
- [15] NOVOTNÝ, Vratislav; VOREL, Pavel., *Napájení elektronických zařízení*. FEKT-VUT: Brno, s. 81. [cit. 4. 5. 2011].
- [16] Model No.: GP15A [online]. GP Batteries [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: http://www.gpbatteries.com/pic/GP15A_DS.pdf
- [17] 78XX [online]. Wikipédia [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://en.wikipedia.org/wiki/78xx>
- [18] Fairchild Semiconductor [online]. KA78XX/KA78XXA 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM7805.pdf>
- [19] Výpočet chladiča [online]. Pandatron.cz – Elektrotechnický magazín [cit. 4. 5. 2011]. Dostupné na www: http://pandatron.cz/?219&vyvypocet_chladice

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

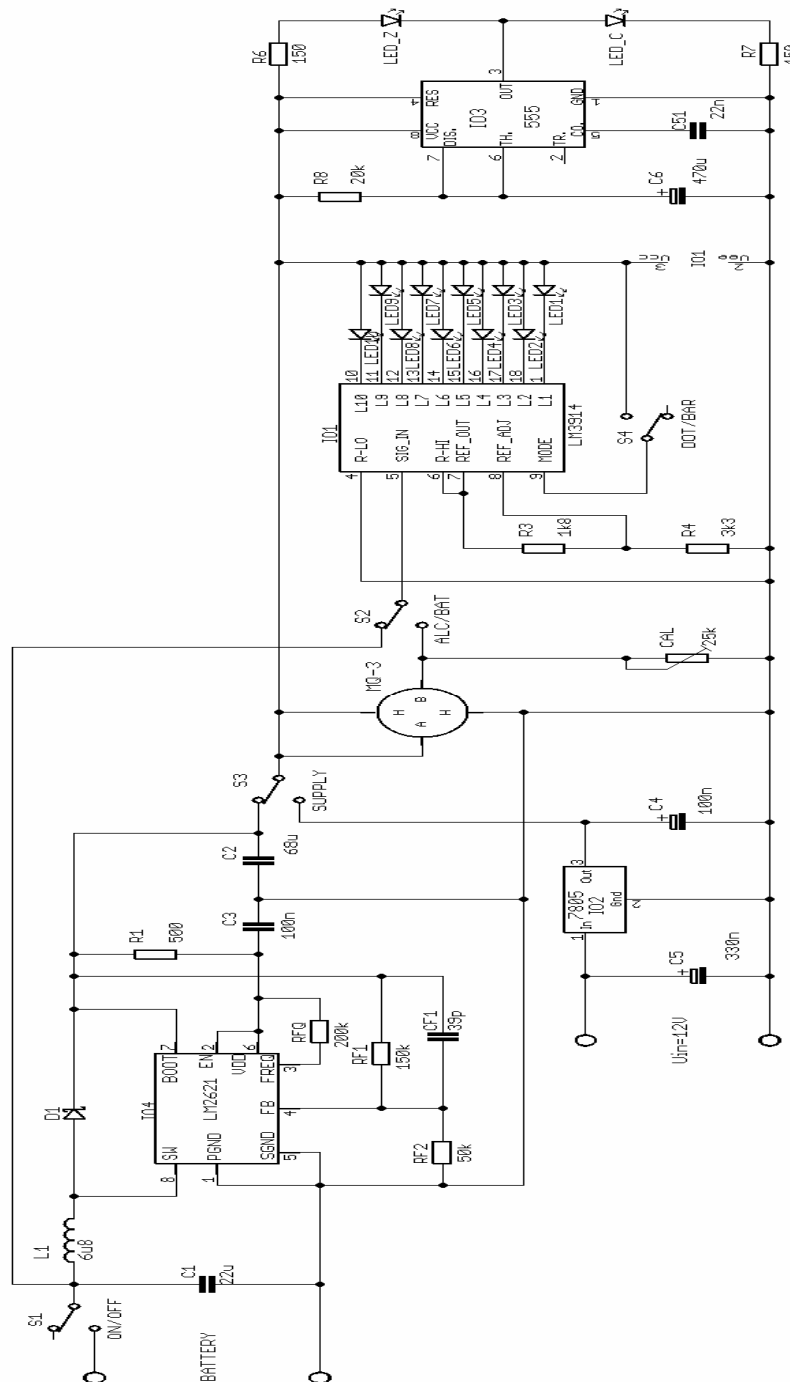
| | |
|------------------|---|
| g/kg | Gram alkoholu na kilogram krvi |
| % | Percento – jedna stotina celku |
| ‰ | Promile – jedna tisícina celku |
| ml | Mililiter |
| °C | Stupeň Celzia |
| O ₂ | Kyslík |
| H ₂ O | Voda |
| CO ₂ | Oxid uhličitý |
| H ⁺ | Kladne nabitý ión vodíka |
| § | Paragraf |
| Zb. | Zbierka |
| CH ₄ | Metán |
| LPG | Liquified petroleum gas - skvapalnený ropný plyn |
| CO | Oxid uhoľnatý |
| OH | Hydroxyl |
| Ni-Cr | Zliatina nikel-chróm |
| ppm | Parts per million – jedna milióntina celku |
| LCD | Liquid crystal display – displej z tekutých kryštálov |
| LED | Light-emitting diode – dióda emitujúca svetlo |
| DC/DC | Menič jednosmerného signálu |
| SMD | Surface-mounted device – súčiastka vhodná na povrchovú montáž |
| AA | Veľkosť batérie - 13.5–14.5 x 50.5mm [priemer x výška] |

ZOZNAM PRÍLOH

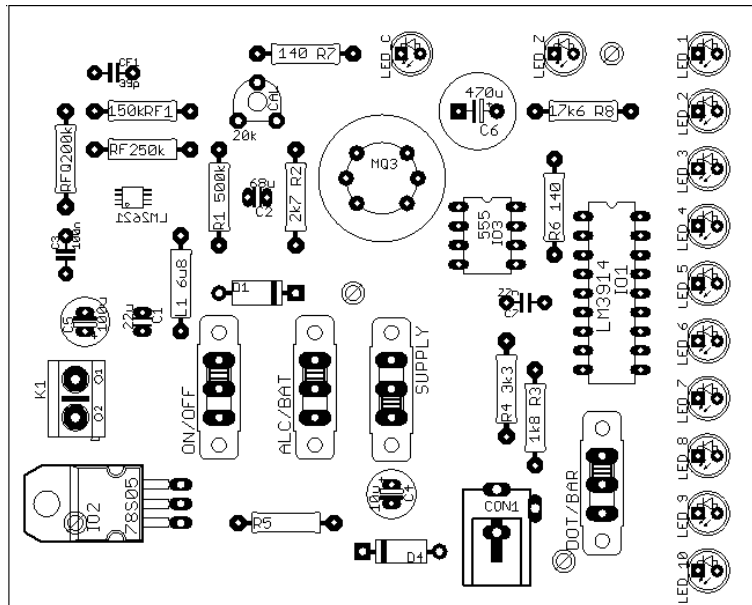
| | | |
|----------|--|-----------|
| A | Technická dokumentácia | 46 |
| A.1 | Schéma zapojenia | 46 |
| A.2 | Doska plošných spojov – top (strana súčiastok)..... | 47 |
| A.3 | Doska plošných spojov – bottom (strana spojov)..... | 47 |
| A.4 | Hotové zariadenie – osadená doska plošných spojov..... | 48 |
| A.5 | Hotové zariadenie – pohľad zhora..... | 48 |
| B | Zoznam súčiastok | 49 |

A TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA

A.1 Schéma zapojenia

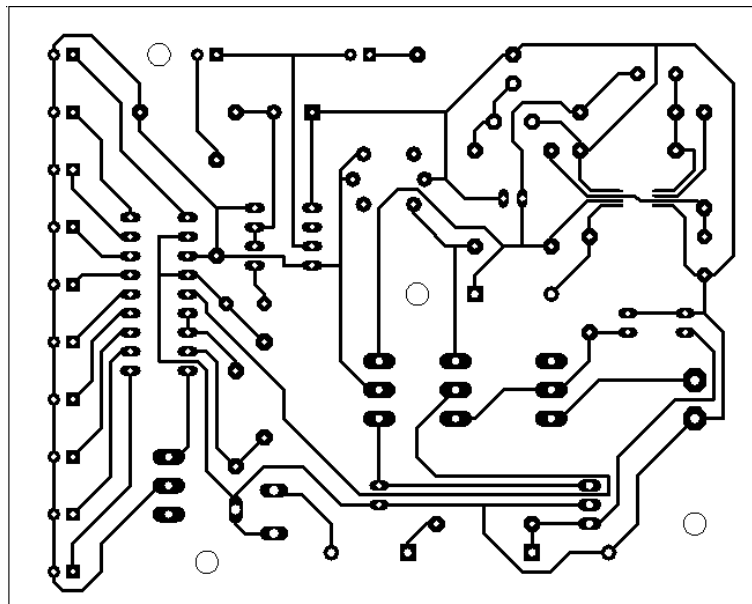


A.2 Doska plošných spojov – top (strana súčiastok)



Rozmer dosky 100 x 80 [mm], mierka M1:1

A.3 Doska plošných spojov – bottom (strana spojov)



Rozmer dosky 100 x 80 [mm], mierka M1:1

A.4 Hotové zariadenie – osadená doska plošných spojov



A.5 Hotové zariadenie – pohľad zhora



B ZOZNAM SÚČIASTOK

| Označenie | Hodnota | Puzdro | Popis |
|-----------|---------|----------|----------------------------|
| C1 | 22u | C-2,5 | Tantalový kondenzátor |
| C2 | 68u | C-2,5 | Tantalový kondenzátor |
| C3 | 100n | C-5 | Keramický kondenzátor |
| C4 | 10u | C-EL_2,5 | Elektrolytický kondenzátor |
| C5 | 100u | C-EL_2,5 | Elektrolytický kondenzátor |
| C6 | 470u | C-EL_5 | Elektrolytický kondenzátor |
| C7 | 22n | C-5 | Keramický kondenzátor |
| CF1 | 39p | C-5 | Keramický kondenzátor |
| R1 | 500k | R-12,7 | Rezistor |
| R2 | 2k7 | R-12,7 | Rezistor |
| R3 | 1k8 | R-12,7 | Rezistor |
| R4 | 3k3 | R-12,7 | Rezistor |
| R5 | 10 | R-12,7 | Rezistor |
| R6 | 150 | R-12,7 | Rezistor |
| R7 | 150 | R-12,7 | Rezistor |
| R8 | 17,6k | R-12,7 | Rezistor |
| RF1 | 150k | R-12,7 | Rezistor |
| RF2 | 50k | R-12,7 | Rezistor |
| RFQ | 200k | R-12,7 | Rezistor |
| CAL | 20k | PT6V | Trimer |
| D1 | SB160 | D-10 | Schottkyho dióda |
| LED1 | | LED_5 | LED dióda |
| LED2 | | LED_5 | LED dióda |
| LED3 | | LED_5 | LED dióda |
| LED4 | | LED_5 | LED dióda |
| LED5 | | LED_5 | LED dióda |
| LED6 | | LED_5 | LED dióda |
| LED7 | | LED_5 | LED dióda |
| LED8 | | LED_5 | LED dióda |
| LED9 | | LED_5 | LED dióda |
| LED10 | | LED_5 | LED dióda |
| LED_C | | LED_5 | LED dióda |
| LED_Z | | LED_5 | LED dióda |
| IO1 | LM3914 | DIL18A | Obvod LM3914 |
| IO2 | 7805 | TO-220 | Stabilizátor napätia |
| IO3 | 555 | DIL8 | Obvod NE555 |
| IO4 | LM2621 | MMSOP08 | Obvod LM2621 |
| L1 | 6u8 | R-12,7 | Tlmivka |
| MQ-3 | | SENSOR | Polovodičový senzor |

| | | | |
|------|--|---------|-------------------|
| S1 | | P-B144 | Prepínač |
| S2 | | P-B144 | Prepínač |
| S3 | | P-B144 | Prepínač |
| S4 | | P-B144 | Prepínač |
| CON1 | | PWRCON1 | Napájací konektor |