

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

32 083

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

A61B 5/12 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-35244**
(22) Přihlášeno: **07.08.2018**
(47) Zapsáno: **18.09.2018**

- (73) Majitel:
Ústav experimentální medicíny AV ČR, v. v. i.,
Praha 4, Krč, CZ
- (72) Původce:
doc. Ing. Zbyněk Bureš, Ph.D., Jihlava, CZ
- (74) Zástupce:
HARBER IP s.r.o., Na bělidle 64/3, 150 00 Praha 5,
Smíchov

- (54) Název užitého vzoru:
**Audiometr pro měřicí aparaturu pro
komplexní vyšetření sluchu a měřicí
aparatura pro komplexní vyšetření sluchu
obsahující tento audiometr**

CZ 32083 U1

Audiometr pro měřicí aparaturu pro komplexní vyšetření sluchu a měřicí aparatura pro komplexní vyšetření sluchu obsahující tento audiometr

5 Oblast techniky

Předkládané technické řešení se týká audiometru pro měřicí aparaturu pro komplexní vyšetření sluchu a měřicí aparatury pro komplexní vyšetření sluchu obsahující tento audiometr.

10

Dosavadní stav techniky

Komerčně dostupné audiometry existují buď ve formě samostatného zařízení, které je nezávislé na počítači, nebo jako zařízení připojitelné k počítači, který obsahuje a poskytuje software pro jeho obsluhu. V prvním případě je obvykle pevně dána sada dostupných funkcí. Ve druhém případě jsou dostupné funkce závislé na možnostech softwaru a často lze funkce volitelně dokupovat. V obou případech je zařízení závislé na konkrétním programovém vybavení, což omezuje možnosti využití a zvyšuje finanční náklady. Navíc, všechny nabízené funkce jsou funkce subjektivní; ani jeden z výše uvedených typů komerčně dostupných audiometru nenabízí možnost objektivního vyšetření, konkrétně vyšetření otoakustických emisí. Pro tento typ vyšetření musí být pořízeno samostatné zvláštní zařízení.

Další nevýhodou v současné době běžně dostupných audiometru je, že je možné je kalibrovat pouze pro vybrané frekvence čistých tónů a mezilehlé frekvence jsou dopočítávány. Levnější komerční audiometry navíc často ani neumožňují separátní kalibraci levého a pravého kanálu.

Neúplná kalibrace vede k výraznému snížení přesnosti měření.

Předkládané řešení výše uvedené nevýhody odstraňuje:

30

Předkládané řešení v sobě může zahrnovat kromě subjektivních audiometrických funkcí i možnost objektivního vyšetření, konkrétně vyšetření otoakustických emisí. Kromě toho poskytuje předkládané řešení v kombinaci s možností využití vlastního softwaru řadu testů sluchových funkcí, které nejsou v běžných audiometrech dostupné a které reagují na nejnovější vědecké poznatky o poruchách sluchu. Předkládané řešení tedy poskytuje integrovaný audiometr a integrovanou aparaturu pro měření sluchu, tj. audiometr a aparaturu, které poskytují komplexní zařízení pro komplexní vyšetření sluchu.

Audiometr podle předkládaného řešení disponuje podstatně lepšími technickými parametry než běžné audiometry. Například, zatímco harmonické zkreslení u běžných audiometrů je kolem 2 %, u předkládaného řešení je to méně než 0,01 %. Zařízení podle předkládaného technického řešení má také vyšší přesnost intenzity stimulu - běžné audiometry mají ± 3 dB a více, předkládané zařízení má méně než 0,5 dB, a širší frekvenční rozsah - běžné audiometry mají 125 Hz až 8 kHz, vysokofrekvenční audiometry mají 125 Hz až 20 kHz a zařízení podle předkládaného technického řešení má 20 Hz až 20 kHz.

Předkládané řešení má podstatně dokonalejší možnost kalibrace než běžné audiometry. Umožňuje separátní kalibraci levého a pravého kanálu, a také kalibraci libovolných frekvencí, čímž dosahuje maximální přesnosti i u nestandardních frekvencí.

50

Předkládané řešení je založeno na komponentách, které vyhovují obvyklým počítačovým standardům a protokolům (ASIO, MIDI, sériové rozhraní, USB). Použití zařízení tedy není závislé na konkrétním programovém vybavení; a je možné vytvořit vlastní software pro audiometrická vyšetření a využít přitom veškeré možnosti poskytovaného hardwaru.

55

Podstata technického řešení

5 Cílem technického řešení je poskytnout audiometr pro aparaturu pro měření sluchu, který umožní provádět víc audiometrických testů, než dovolují současné audiometry, s vyšší přesností než současné audiometry, který v maximální míře využívá standardizovaných protokolů a kvalitních dostupných komponent, ale zároveň není závislé na konkrétním programovém vybavení, čímž se zvyšuje dostupnost využití aparatury a rozšiřují možnosti aplikace, a to při snížených nákladech na audiometrická vyšetření. Dále je cílem předkládaného technického řešení poskytnout měřicí 10 aparaturu pro měření sluchu obsahující audiometr podle předkládaného řešení.

Audiometr pro aparaturu pro měření sluchu podle předkládaného technického řešení obsahuje zvukové rozhraní s vlastním zdrojem napájení upraveno pro audiometrická měření tj. obsahující alespoň tři analogové vstupy linkové úrovně, alespoň pět analogových symetrických audio 15 výstupů linkové úrovně, mající odstup signál/šum nejméně 100 dB a zkreslení maximálně 0,005 % a přímé připojení k počítači přes separátní port, aktivní rozbočovač USB s alespoň dvěma výstupy s vlastním zdrojem napájení, vestavěný reproduktor a přepínatelný pasivní atenuátor s koncovým zesilovačem pro sluchátka pacienta s vlastním zdrojem napájení, přičemž je přepínatelný pasivní atenuátor zapojený za výstupem zvukového rozhraní, a přičemž audiometr 20 dále obsahuje směšovač pro směšování komunikačních a příposlechových signálů, přičemž uvedený směšovač má vlastní zdroj napájení, a přičemž je uvedený směšovač propojený se zvukovým rozhraním, s přepínatelným pasivním atenuátorem a s vestavěným reproduktorem a upravený pro připojení externích komponent pro předávání komunikačních a příposlechových signálů uvedeným funkčním blokům. Aparatura pro měření sluchu podle předkládaného 25 technického řešení obsahuje audiometr podle předkládaného řešení, k němuž jsou připojené sluchátka pacienta pro prezentaci měřících stimulů a poslech instrukcí lékaře, tlačítkové rozhraní pro sběr reakcí pacienta, mikrofon pacienta pro komunikaci s lékařem, mikrofon lékaře pro komunikaci s pacientem, přičemž je aparatura upravená pro připojení k počítači s programovým vybavením pro provozování připojených periférií a pro provádění sluchových měření.

30 Jednotlivé funkční bloky audiometru jsou popsány níže.

Audiometr

35 Základní součástí měřicí aparatury je integrovaný audiometr a jeho základními funkčními bloky jsou:

zvukové rozhraní upraveno pro audiometrická měření, tj. rozhraní kvalitou odpovídající požadavkům na audiometrická měření,
zdroj napájení pro zvukové rozhraní,
40 aktivní rozbočovač USB,
zdroj napájení pro USB rozbočovač,
vestavěný reproduktor,
přepínatelný pasivní atenuátor s koncovým zesilovačem pro sluchátka pacienta,
zdroj napájení pro přepínatelný pasivní atenuátor se zesilovačem,
45 směšovač se zesilovači pro vestavěný reproduktor a sluchátka lékaře,
ve výhodném provedení zesilovač pro sondu otoakustických emisí (OAE),
ve výhodném provedení také zdroj napájení pro směšovač a sondu OAE.

Jako zvukové rozhraní včetně napájecího zdroje, USB rozbočovač včetně napájecího zdroje 50 a reproduktor jsou použity komerčně dostupné produkty. Ostatní jmenované elektronické komponenty, tj. přepínatelný pasivní atenuátor s koncovým zesilovačem, směšovač a ve výhodném provedení také zesilovač pro sondu otoakustických emisí podle předkládaného technického řešení jsou klíčové pro zajištění požadovaných technických parametrů audiometru a měřicí aparatury. Kombinace komerčně dostupných a nově navržených komponent zajistí 55 požadované technické parametry při zachování ekonomické dostupnosti.

Zvukové rozhraní převádí digitální audio signály generované počítačem na výstupní analogové zvukové signály a v opačném směru předává přijímané a zdigitalizované zvukové signály do počítače. Zvukové rozhraní vhodné pro audiometrická měření a pro použití v předkládaném technickém řešení audiometru, musí disponovat alespoň třemi analogovými vstupy linkové úrovně a alespoň pěti analogovými symetrickými audio výstupy linkové úrovně pro připojení jednotlivých bloků audiometru, které komunikují se zvukovým rozhraním, odstup signál/šum musí činit nejméně 100 dB a zkreslení by mělo být max. 0,005 %. Pro správnou funkci audiometru je dále podstatné, aby bylo zvukové rozhraní připojeno přímo k počítači přes vlastní separátní port, tj. nesmí být připojeno např. přes USB rozbočovač, a aby mělo vlastní separátní napájení, tj. nesmí být napájeno z portu počítače. Může být použito komerčně dostupné zvukové rozhraní. Zvukovým rozhraním může typicky být komerčně dostupná externí zvuková karta, připojitelná k počítači např. přes port USB.

Kvalitní běžně dostupná zvuková rozhraní poskytují dynamický rozsah obvykle 100 až 120 dB. Pro audiometrická měření lidí se sluchovými poruchami je však nutný větší dynamický rozsah. Dále výstupní úroveň šumu běžných zvukových rozhraní nemusí splňovat požadavky na audiometrická měření. Proto je v předkládaném řešení audiometru za výstup zvukového rozhraní zařazen přepínatelný pasivní atenuátor, tj. útlumový člen, který umožňuje prostřednictvím přepínání svého útlumu dosáhnout až o 60 dB vyššího dynamického rozsahu, než jaký poskytuje zvukové rozhraní samo. Atenuátor také zvyšuje odstup měřicího signálu od šumu až o 60 dB díky svému pasivnímu návrhu. Přepínatelný atenuátor obsahuje pasivní útlumové články, čímž poskytuje například útlumy 0 dB, 15 dB, 30 dB, 45 dB a 60 dB, přičemž jsou články jednotlivě zařazovány dle požadovaného útlumu pomocí elektrických relé. Relé jsou ovládána mikrokontrolérem, komunikujícím s počítačem přes USB rozhraní. Mikrokontrolér na zaslaný příkaz reaguje zařazením odpovídajících útlumových článků a zpět do počítače vyšle potvrzení o provedení operace. Pokud je nově požadovaný útlum shodný s již nastaveným útlumem, nedochází k opětovnému přepínání relé. Mikrokontrolér umožňuje též odeslat do počítače informaci o aktuálním nastaveném útlumu. Na sadu útlumových článků navazuje koncový sluchátkový zesilovač s extrémně nízkou úrovní šumu, vybavený přepínatelným impedančním přizpůsobením pro komerčně dostupná audiometrická sluchátka. Toto řešení zajišťuje minimální možnou úroveň šumu a současně maximální odolnost proti rušení.

Přes blok atenuátoru je rovněž veden signál komunikace od lékaře k pacientovi; pomocí tlačítka na vnějším plášti zařízení je možné pacientovi ve sluchátkách přepínat mezi měřicím signálem a komunikačním signálem.

Dalším funkčním blokem audiometru podle předkládaného řešení je směšovač, který obsahuje komponenty pro směšování komunikačních a příposlechových, tj. měřicích signálů a jejich předávání ostatním funkčním blokům. Směšovač je upravený pro připojení externích komponent aparatury, tj. sluchátek, zejména sluchátek lékaře, a mikrofonů (lékaře i pacienta) a je propojený se zvukovým rozhraním, s přepínatelným pasivním atenuátorem a s vestavěným reproduktorem pro předávání komunikačních a příposlechových signálů uvedeným funkčním blokům, takže zajišťuje směrování měřicího zvukového signálu do příposlechu lékaře (přes sluchátka lékaře nebo vestavěný reproduktor), směrování signálu mikrofonu pacienta do zvukového rozhraní a do příposlechu lékaře, směrování signálu z mikrofonu lékaře do sluchátek pacienta přes blok atenuátoru a směrování signálu z mikrofonu lékaře do zvukového rozhraní.

Toto řešení zajišťuje maximální nezávislost komunikačních a měřicích signálů a také umožňuje signály z mikrofonů lékaře i pacienta zaznamenávat. V bloku směšovače jsou zařazeny rovněž zesilovače pro sluchátka lékaře a pro vestavěný reproduktor, postavené na bázi vysoce kvalitních audio operačních zesilovačů.

Směšovač je ovládán třemi potenciometry umístěnými na vnějším boxu audiometru pro nastavení hlasitosti lékařova mikrofonu ve sluchátkách pacienta, nastavení celkové hlasitosti příposlechu

lékaře a nastavení hlasitosti pacientova mikrofonu v příposlechu lékaře.

5 Audiometr dále obsahuje USB rozbočovač, který slouží pro vytvoření odboček z rozhraní USB od připojeného počítače. K těmto odbočkám je připojený přepínatelný pasivní atenuátor a tlačítkové rozhraní pacienta (umístěné mimo box audiometru). USB rozbočovač musí mít vlastní napájení, tj. nesmí být napájen z USB portu počítače, pro zajištění bezproblémové funkce připojených zařízení. Jako USB rozbočovač lze použít libovolný aktivní rozbočovač USB s alespoň dvěma výstupy.

10 Audiometr dále obsahuje vestavěný reproduktor, který slouží k poslechu odpovědi pacienta, ke komunikaci s pacientem a pro kontrolní příposlech měřících podnětů. Lze použít libovolný vhodný reproduktor.

15 Audiometr obsahující funkční bloky podle výše předloženého řešení disponuje následovnými technickými parametry:

- harmonické zkreslení je méně než 0,01 % (u běžných audiometrů je kolem 2 %),
- přesnost intenzity stimulu méně než 0,5 dB (u běžných audiometrů je ± 3 dB a více),
- frekvenční rozsah 20 Hz až 20 kHz (běžné audiometry mají 125 Hz až 8 kHz, vysokofrekvenční audiometry mají 125 Hz až 20 kHz), a
- dynamický rozsah je až 150 dB.

25 Ve výhodném provedení audiometr dále obsahuje blok zesilovače pro sondu otoakustických emisí, který je tvořen alespoň jedním zesilovačem pro zesilování výstupů a vstupu sondy otoakustických emisí (OAE), přičemž jako zesilovač je s výhodou použitý vysoce kvalitní audio operační zesilovač, který je upraven pro audio měření, takže jeho parametry jsou pro audio měření, resp. vyšetření sluchu vhodnější než parametry běžných zesilovačů. Vhodné typy zesilovačů budou odborníkovi v oboru známe. Analogové měřicí signály přijímá ze zvukového rozhraní, zesiluje je a vysílá je do sondy OAE. V opačném směru zesiluje signál přijímaný OAE sondou a směřuje jej do zvukového rozhraní k digitalizaci a dalšímu zpracování v počítači.

Na vnějším boxu audiometrů se nacházejí:

- konektory pro připojení externích komponent, tj. sluchátek a mikrofonu pacienta, mikrofonu lékaře a tlačítkového rozhraní a ve výhodném provedení dále i konektory pro sluchátka lékaře a/nebo OAE sondu, přičemž jsou sluchátka, zejména sluchátka lékaře, a mikrofony (lékaře i pacienta) připojené k audiometrům přes blok směšovače,
- dva USB konektory pro připojení audiometrů k počítači, přičemž je připojení k počítači zajištěné přes zvukové rozhraní a USB rozbočovač
- konektor pro připojení síťového elektrického kabelu, a
- vestavěný reproduktor pro příposlech lékaře.

Dále na vnějším boxu audiometrů se můžou nacházet:

- ve výhodném provedení přepínač pro přepínání signálu mezi vestavěným reproduktorem a sluchátky lékaře
- potenciometr pro ovládání celkové hlasitosti příposlechu lékaře pro vestavěný reproduktor nebo sluchátka lékaře
- potenciometr pro ovládání hlasitosti pacientova mikrofonu v příposlechu lékaře,
- potenciometr pro ovládání hlasitosti lékařova mikrofonu ve sluchátkách pacienta,
- tlačítko pro zapnutí komunikace od lékaře k pacientovi,
- hlavní vypínač s pojistkou.
- ve výhodném provedení dále světelné diody pro signalizaci základních funkcí audiometru (napájení, komunikace s počítačem, signalizace stlačení tlačítka pacientem apod.).

55

Jádrem měřicí aparatury pro měření sluchu je výše popsán integrovaný audiometr, k němuž jsou připojené tyto komponenty:

- 5 - sluchátka pacienta pro prezentaci měřicích stimulů a poslech instrukcí lékaře
- tlačítkové rozhraní pro sběr reakcí pacienta
- mikrofon pacienta pro komunikaci s lékařem
- mikrofon lékaře pro komunikaci s pacientem

Ve výhodném provedení mohou být k audiometru připojena navíc:

- 10 - sluchátka lékaře pro příposlech stimulů a komunikaci s pacientem a/nebo
- sonda pro vyšetření otoakustických emisí (OAE)

Jednotlivé součásti aparatury jsou detailně popsány níže.

15 *Sluchátka pacienta*

Sluchátka pacienta slouží pro reprodukci měřicích podnětů a instrukcí lékaře směrem k pacientovi. Připojují se k audiometru prostřednictvím dvou monofonních konektorů TS 6,3 mm. Pro optimální funkci aparatury je výhodné použití sluchátek vhodných pro audiometrická měření, například Sennheiser HDA200 nebo HDA300.

Tlačítkové rozhraní pro sběr reakcí pacienta

Tlačítkové rozhraní slouží pro sběr reakcí pacienta na měřicí podněty (pacient například stiskem tlačítka indikuje, že slyší testovaný zvuk). Připojuje se k audiometru prostřednictvím portu USB. Jako tlačítkové rozhraní se může použít jakékoli dostupné rozhraní podporující protokol MIDI; pro dosažení optimálního průběhu měření je výhodné použít rozhraní s podsvětlenými tlačítky.

Mikrofon pacienta

30 Mikrofon pacienta slouží pro sběr slovních odpovědí pacienta a pro komunikaci pacienta s lékařem (pacient například do mikrofonu opakuje slovo, které slyší ve sluchátkách). Mikrofon je k audiometru připojen pomocí konektoru XLR. Mikrofon pacienta může být libovolný elektretový nebo dynamický mikrofon. Pro dosažení optimálního průběhu měření je výhodné použít mikrofon s dostatečnou citlivostí, jinak na mikrofon nejsou kladeny žádné zvláštní nároky.

Mikrofon lékaře

40 Mikrofon lékaře slouží pro komunikaci lékaře s pacientem, zejména pro udělování pokynů pacientovi. Mikrofon je k audiometru připojen pomocí konektoru XLR. Mikrofon lékaře může být libovolný elektretový nebo dynamický mikrofon. Pro dosažení optimálního průběhu měření je vhodné použít mikrofon s dostatečnou citlivostí, jinak na mikrofon nejsou kladeny žádné zvláštní nároky.

45 *Sluchátka lékaře*

Ve výhodném provedení může aparatura obsahovat sluchátka lékaře. Sluchátka lékaře slouží k poslechu odpovědí pacienta, ke komunikaci s pacientem a pro kontrolní příposlech měřicích podnětů. Lékař může použít sluchátka jako volitelnou alternativu k reproduktoru, jenž je zabudovaný do audiometru; pro funkci měřicí aparatury však nejsou tato sluchátka nezbytná. Sluchátka lékaře se připojují k audiometru prostřednictvím stereofonního konektoru TRS 6,3 mm. Jako sluchátka lékaře lze použít jakákoli odpovídající sluchátka, nejsou nutné žádné zvláštní specifikace.

55

Sonda pro vyšetření otoakustických emisí

- 5 Ve výhodném provedení může aparatura dále obsahovat sondu pro vyšetření otoakustických emisí pacienta, aparatura však může měřit ostatní sluchové funkce i bez této sondy. Sonda může být připojena k audiometru například prostřednictvím devítipinového konektoru typu D-Sub DE-9. V zásadě je možný jakýkoliv typ připojení vhodný pro připojení sondy OAE. Odborníkovi v oboru jsou možnosti připojení známé. Návrh integrovaného audiometru předpokládá použití
- 10 OAE sondy vlastní konstrukce, lze však použít i jinou dostupnou sondu, bude-li kompatibilní se zařízením. Jak bylo již popsáno výše, audiometr je s výhodou upravený pro použití sondy se třemi měniči (dvěma reproduktory a jedním mikrofonem), umožňující měření nejen tranzientních otoakustických emisí, ale též měření distorzních produktů otoakustických emisí (DPOAE).
- 15 Výše popsaná konstrukce audiometru a zároveň i celé aparatury pro měření sluchu je výhodná, protože využívá minimum specifických komponent, těch, které jsou nevyhnutné pro dosažení požadovaných technických parametrů audiometru, a tedy i aparatury. Ostatní komponenty jsou však standardní komponenty, což jednak umožní zachování ekonomické dostupnosti, ale také umožňuje použít vlastní programové vybavení. Pro zvukový vstup a výstup (tj. zejména pro
- 20 generování měřicích signálů a nahrávání snímaných signálů) může být použita běžně dostupná zvuková karta vyhovující obvyklým počítačovým standardům (zejména podporující protokol ASIO), s níž lze pracovat pomocí standardního programového vybavení. Pro sběr odpovědí pacienta tlačítka může být použit standardní protokol MIDI, s nímž lze opět pracovat pomocí standardního programového vybavení. Přepínatelný atenuátor je ovládán pomocí jednoduchých
- 25 příkazů posílaných přes sériové rozhraní, které může být pro účely snadného připojení k počítači realizováno virtuálně přes USB. Pokud tedy budou respektovány tyto standardy, je možné použít i vlastní programové vybavení pro provozování připojených periférií a pro provádění sluchových měření a všechny funkce přístroje budou k dispozici.
- 30 Měření může probíhat například následovně. Po zapojení a zapnutí aparatury se pacient umístí do audiologické kabinky (není součástí zařízení) a nasadí si sluchátka. V blízkosti pacienta je umístěn komunikační mikrofon pacienta. Lékař spustí vybraný programový modul pro měření (dodáván současně se zařízením) a nastaví požadované parametry měření. Lékař stiskne tlačítko komunikace na audiometru a prostřednictvím svého komunikačního mikrofonu dá pacientovi
- 35 potřebné pokyny. Pacient slyší hlas lékaře ve sluchátkách a může odpovídat prostřednictvím svého komunikačního mikrofonu. Lékař slyší hlas pacienta ve vestavěném reproduktoru audiometru nebo sluchátkách. Po uvolnění komunikačního tlačítka může začít vlastní měření.
- 40 Programový modul rozsvítí na tlačítkovém rozhraní pacienta ta tlačítka, která budou sloužit pro sběr odpovědí pacienta. Programový modul vygeneruje měřicí zvukový stimulus v digitální formě. Podle požadované výstupní intenzity programový modul přepne atenuátor na odpovídající útlum. Programový modul následně odešle zvukový signál do zvukového rozhraní v audiometru, kde je signál převeden do analogové formy a je dále veden do bloku atenuátoru. Zde signál projde skrz nastavený útlumový článek a koncový nízkošumový sluchátkový zesilovač do
- 45 pacientových sluchátek. Uslyší-li pacient stimulus, odpoví stiskem patřičného tlačítka na tlačítkovém rozhraní. Tlačítko na krátkou chvíli zhasne a opět se rozsvítí, čímž indikuje pacientovi korektní registraci jeho odpovědi. Signál z tlačítka je přijímán programovým modulem a odpověď je vyhodnocena a zobrazena na obrazovce počítače. Po skončení měření dá lékař prostřednictvím komunikačního mikrofonu pacientovi pokyn k opuštění audiologické komory a uloží měření. S vypnutím programového modulu zhasnou všechna tlačítka na tlačítkovém
- 50 rozhraní. Nakonec je možné vypnout celé zařízení.

Objasnění výkresů

- 5 Obr. 1. Blokové schéma měřicí aparatury pro vyšetření sluchu.
 Obr. 2. Blokové schéma audiometru.
 Obr. 3. Blokové schéma konkrétní realizace audiometru.
 Obr. 4. Přední a zadní 3D pohled na box konkrétní realizace audiometru.
 Obr. 5. Schéma pro blok přepínatelný atenuátor se zesilovačem.
 Obr. 6. Schéma útlumových článků Obr. 7. Schéma pro blok směšovač.
 10 Obr. 8. Schéma pro blok otoakustické emise.
 Obr. 9. Schéma pro blok zdroj napájení 2x15 V.

Příklad uskutečnění technického řešení

15 Měřicí aparatura i jako celek je složena z komponent, které jsou zobrazené na obr. 1 a v tomto konkrétním provedení zahrnují audiometr 2, sluchátka 3 pro pacienta pro poslech měřicích stimulů a tlačítkové rozhraní 4 pro sběr odpovědí pacienta, mikrofon 5 pro lékaře, sluchátka 6 pro lékaře a mikrofon 7 pro pacienta. Aparatura v tomto provedení dále obsahuje také sondu 8 OAE.
 20 Aparatura je upravená pro připojení k počítači 10) s programovým vybavením pro provozování připojených periférií a pro provádění sluchových měření. Propojení komponent je vyznačeno přerušovanými čarami vč. specifikace používaných rozhraní a směru komunikace.

25 Blokové schéma audiometru je uvedeno na obr. 2 a zahrnuje: Zvukové rozhraní 21 připojeno k počítači 10) pomocí USB portu. Přepínatelný atenuátor 22 se zesilovačem zapojený na výstupu zvukového rozhraní 21 tak, že digitální signál generovaný počítačem 10) prochází zvukovým rozhraním 24, kde je převeden na analogový zvukový signál, a ten je pak přes atenuátor 22 se zesilovačem poslán do sluchátek 3 pacienta, které jsou napojené na blok atenuátoru přes dva porty TS 6.3 mm.

30 Atenuátor 22 je řízen počítačem, ke kterému je připojen přes USB rozbočovač. Přes USB rozbočovač je k počítači připojené také tlačítkové rozhraní, které s počítačem komunikuje obousměrně - je počítačem řízeno a zároveň jsou do počítače odesílány odpovědi pacienta pro záznam a další zpracování.

35 Komunikace mezi jednotlivými bloky zajišťuje směšovač 23. Zajišťuje směrování měřicího zvukového signálu do příposlechu lékaře, tj. přes vestavěný reproduktor 25, který je jako součást audiometru 2 napojený na směšovač 23, resp. přes připojená sluchátka 6 lékaře, které jsou v tomto vyhotovení součástí aparatury a jsou jako alternativa k vestavěnému reproduktoru 25
 40 připojitelná k audiometru 2, zejména přes směšovač 23, pomocí konektoru TRS 6.3 mm. Dále směšovač 23 zajišťuje směrování signálu mikrofonu 7 pacienta do zvukového rozhraní 21 a do příposlechu (25 nebo 6) lékaře, směrování signálu z mikrofonu 5 lékaře do sluchátek 3 pacienta přes blok atenuátoru 22 a směrování signálu z mikrofonu 5 lékaře do zvukového rozhraní 21. Oba mikrofony jsou připojené přes konektory typu XLR.

45 V tomto provedení obsahuje audiometr 2 i zesilovač 26 sondy otoakustických emisí, který je připojený ke zvukovému rozhraní 21, a který vede zvukový signál do připojené sondy 8 otoakustických emisí, a také měřené odezvy ze sondy 8 přes zvukové rozhraní 21 do počítače 10 pro záznam a další zpracování.

50 Obr. 3. znázorňuje blokové schéma konkrétní realizace audiometru, na základě kterého, spolu s příloženými schémata zapojení jednotlivých funkčních bloků audiometru, by odborník v oboru byl schopen audiometr, resp. aparaturu podle předkládaného technického řešení v jeho konkrétním provedení jednoznačně sestavit. Zobrazené blokové schéma znázorňuje jednou
 55 konkrétní realizaci a není tedy míněno jako limitující.

Vnější podoba boxu audiometru je zobrazena na obr. 4, kde jsou znázorněné porty na předním a zadním panelu boxu audiometru pro připojení jednotlivých komponentů celé měřicí aparatury.

5

V tomto konkrétním provedení se na vnějším boxu 9 audiometru 2 nacházejí:

- konektory 90L, 90R, 91, 92, 93, 94, 95 pro připojení externích komponent, tj. sluchátek 3 a mikrofonu 7 pacienta, sluchátek 6 a mikrofonu 5 lékaře, tlačítkového rozhraní 4 a OAE sondy 8,
- dva USB konektory 96a, 96b pro připojení audiometru 2 k počítači 10,
- konektor 97a pro připojení síťového elektrického kabelu a hlavní vypínač s pojistkou 97b.
- vestavěný reproduktor 25 pro příposlech lékaře,
- přepínač (nezobrazen) pro přepínání signálu mezi vestavěným reproduktorem a sluchátky lékaře,
- potenciometr 98a pro ovládání celkové hlasitosti příposlechu lékaře pro vestavěný reproduktor 25 nebo sluchátka 6 lékaře
- potenciometr 98b pro ovládání hlasitosti pacientova mikrofonu 7 v příposlechu lékaře,
- potenciometr 98c pro ovládání hlasitosti lékařova mikrofonu 5 ve sluchátkách 3 pacienta,
- přepínač komunikace k pacientovi 99, a
- LED signalizace 100, např. pro signalizaci stisknutí tlačítka pacientem, přehrávání podnětu pacientovi, nebo zapnutí zařízení.

15

20

V konkrétním příkladu může aparatura obsahovat následovně komponenty:

25

30

35

- notebook: HP ProBook 450 G4 s operačním systémem Windows 10 Pro a odpovídajícím programovým vybavením.
- audiometr, kterého konkrétní realizace je na obr. 3. V této realizaci je jako zvukové rozhraní použita komerčně dostupná zvuková karta RME Fireface UC včetně napájecího zdroje. Dále je použit komerčně dostupný aktivní USB rozbočovač 1-Tec USB 2.0 slim 4 port.
- sonda OAE, je možné použít jakoukoliv sondu OAE
- sluchátka lékaře: Sennheiser HD 215,
- sluchátka pacienta: Sennheiser HDA300,
- mikrofon lékaře a mikrofon pacienta: stolní mikrofon Trust Talkee Desk Microphone,
- tlačítkové rozhraní: Arturia BeatStep

Předkládané zařízení bylo nejprve nezávisle kalibrováno pro použití s dvěma typy audiometrických sluchátek Sennheiser HDA200 a Sennheiser HDA300.

40

Technické parametry zařízení jsou útlumy pasivních článků: 60 db, 45 dB, 30 dB, 15 dB a přímý signál. Zařízení bylo kalibrováno pomocí sinusového signálu 1 kHz na odporové zátěži. Vlivem frekvenčně závislé impedance použitých sluchátek se pro konkrétní sluchátka útlumy mírně odlišují ($\pm 0,5$ dB), což je kompenzováno softwarově. V přímé cestě činí zesílení 9,45 dB.

45

NÁROKY NA OCHRANU

1. Audiometr (2) pro aparaturu (1) pro měření sluchu obsahující:

50

- zvukové rozhraní (21) s vlastním zdrojem napájení upraveno pro audiometrická měření, tj. obsahující alespoň tři analogové vstupy linkové úrovně, alespoň pět analogových symetrických audio výstupů linkové úrovně, mající odstup signál/šum nejméně 100 dB a zkreslení maximálně 0,005 % a přímé připojení k počítači přes separátní port,

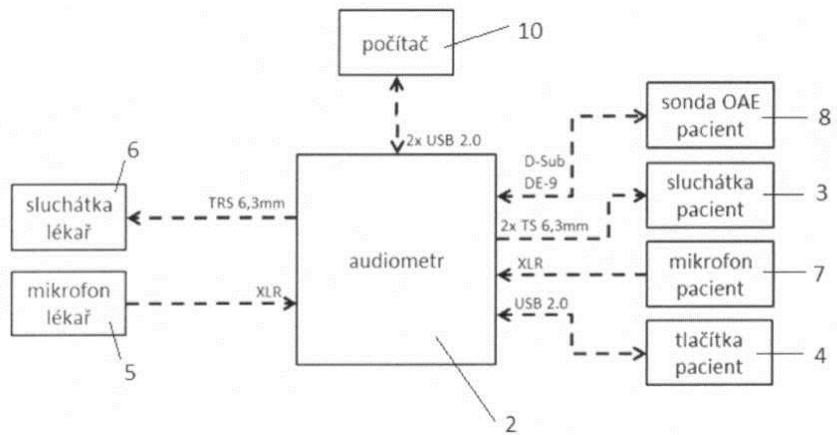
55

- aktivní rozbočovač USB (24) s alespoň dvěma výstupy s vlastním zdrojem napájení,

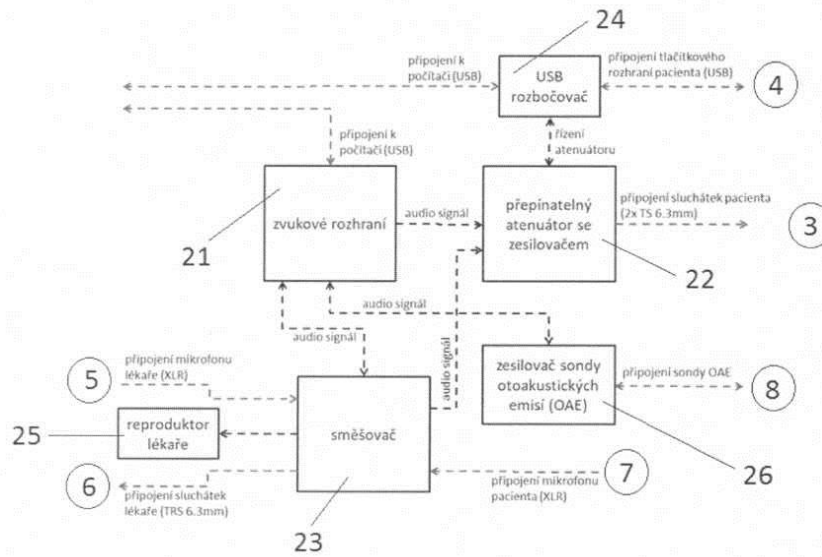
- vestavěný reproduktor (25) a
 - přepínatelný pasivní atenuátor (22) s koncovým zesilovačem pro sluchátka pacienta s vlastním zdrojem napájení,
- vyznačující se tím**, že přepínatelný pasivní atenuátor (22) s koncovým zesilovačem pro sluchátka pacienta je zapojený za výstupem zvukového rozhraní (21), a tím, že audiometr (2) dále obsahuje směšovač (23) pro směšování komunikačních a příposlechových signálů, přičemž uvedený směšovač (23) má vlastní zdroj napájení, a přičemž je uvedený směšovač (23) propojený se zvukovým rozhraním (21), s přepínatelným pasivním atenuátorem (22) a s vestavěným reproduktorem (25) a upravený pro připojení externích komponent pro předávání komunikačních a příposlechových signálů uvedeným funkčním blokům.
- 2.** Audiometr (2) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že přepínatelný pasivní atenuátor (22) obsahuje pasivní útlumové články, s výhodou s útlumy 0 dB, 15 dB, 30 dB, 45 dB a 60 dB, elektrické relé pro aktivaci jednotlivých útlumových článků a mikrokontrolér pro ovládání elektrických relé a pro komunikaci s počítačem.
- 3.** Audiometr (2) podle nároku I nebo 2, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje blok zesilovače (26) pro sondu otoakustických emisí tvořený alespoň jedním zesilovačem, s výhodou alespoň jedním audio operačním zesilovačem, pro zesilování vstupu sondy otoakustických emisí, tj. analogových měřicích signálů přijímaných ze zvukového rozhraní, a výstupů sondy otoakustických emisí, tj. signálů přijímaných sondou směřujících do zvukového rozhraní pro digitalizaci a další zpracování v počítači, a zdroj napájení pro sondu otoakustických emisí.
- 4.** Audiometr (2) podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že je upravený pro připojení sondy (8) se třemi měniči, tj. dvěma reproduktory a jedním mikrofonom pro měření tranzientních otoakustických emisí a distorzních produktů otoakustických emisí.
- 5.** Audiometr (2) podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že uvedené funkční bloky jsou umístěny v boxu (9), na vnější straně kterého se nacházejí konektory pro připojení uvedených funkčních bloků, konektor (97a) pro připojení síťového elektrického kabelu, hlavní vypínač s pojistkou (97b), a vestavěný reproduktor (25) a tím, že se dále na vnějším boxu nachází přepínač pro přepínání signálu mezi vestavěným reproduktorem a sluchátky lékaře a/nebo potenciometr (98a) pro ovládání celkové hlasitosti příposlechu lékaře pro vestavěný reproduktor nebo sluchátka lékaře a/nebo potenciometr (98b) pro ovládání hlasitosti pacientova mikrofону v příposlechu lékaře a/nebo potenciometr (98c) pro ovládání hlasitosti lékařova mikrofону ve sluchátkách pacienta a/nebo tlačítko (99) pro zapnutí komunikace od lékaře k pacientovi a/nebo signalizační LED kontrolky (100).
- 6.** Aparatura (1) pro měření sluchu obsahující externí komponenty:
- sluchátka (3) pacienta pro prezentaci měřicích stimulů a poslech instrukcí lékaře,
 - tlačítkové rozhraní (4) pro sběr reakcí pacienta,
 - mikrofon (7) pacienta pro komunikaci s lékařem,
 - mikrofon lékaře (5) pro komunikaci s pacientem,
- přičemž je aparatura (1) upravená pro připojení k počítači (10) s programovým vybavením pro provozování připojených periférií a pro provádění sluchových měření, **vyznačující se tím**, že uvedená aparatura (1) dále obsahuje audiometr (2) podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4, přičemž uvedené externí komponenty jsou připojené k uvedenému audiometru (2).

7. Aparatura (1) pro měření sluchu podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že k audiometru (2) je dále připojena sonda (8) pro vyšetření otoakustických emisí.
- 5 8. Aparatura (1) pro měření sluchu podle nároku 6 nebo 7, **vyznačující se tím**, že k audiometru (2) jsou dále připojena sluchátka (6) lékaře pro příposlech stimulů a komunikaci s pacientem.
- 10 9. Aparatura (1) pro měření sluchu podle kteréhokoliv z nároků 6 až 8, **vyznačující tím**, že tlačítkové rozhraní (4) má podsvětlené tlačítka.

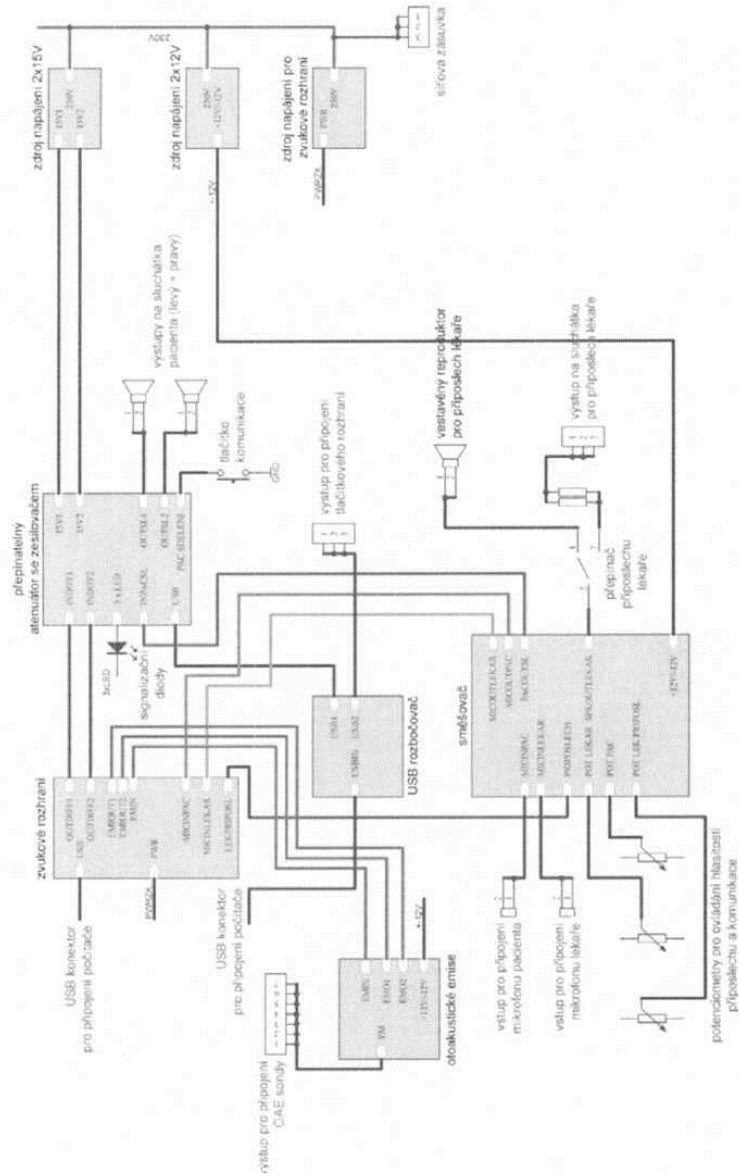
8 výkresů



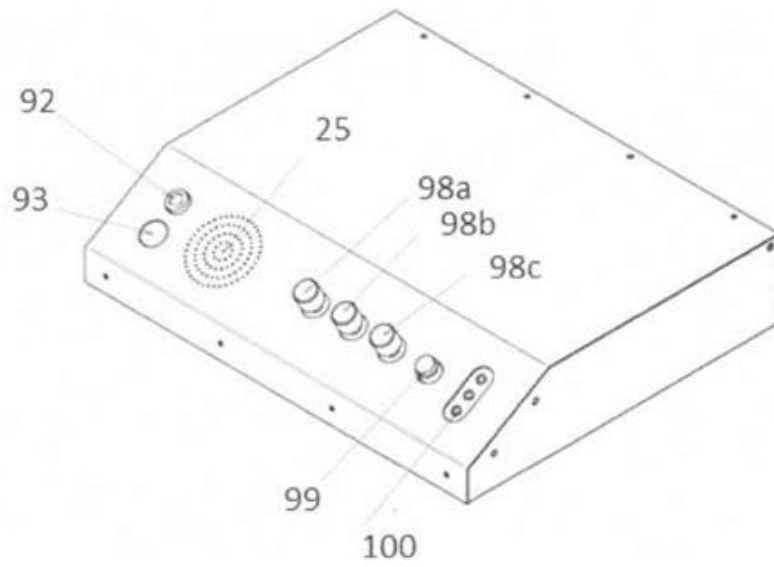
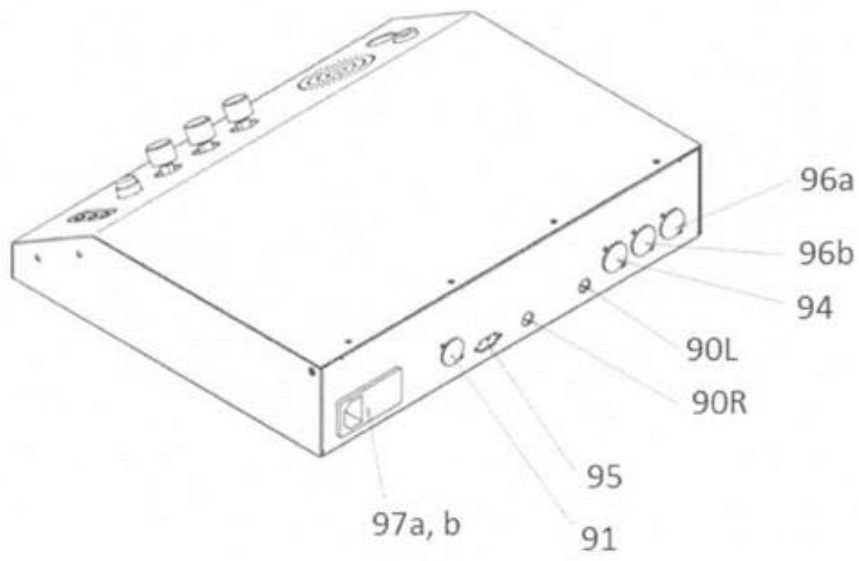
Obr. 1



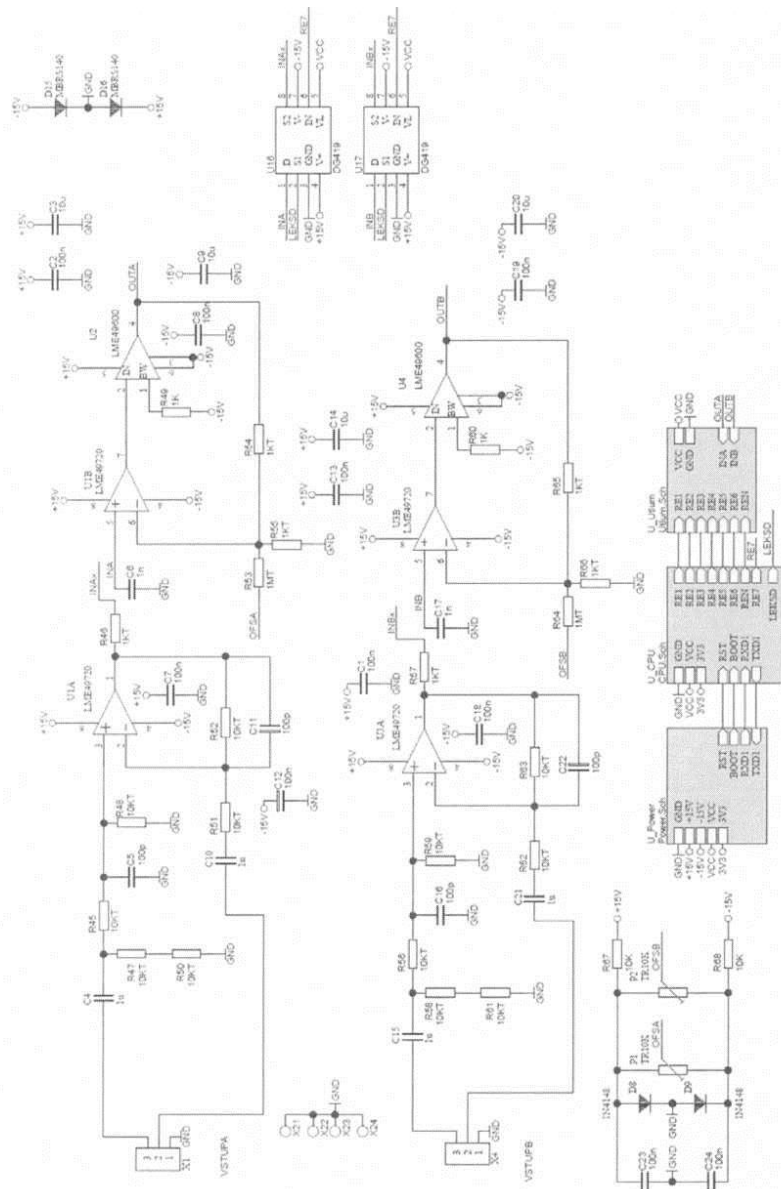
Obr. 2



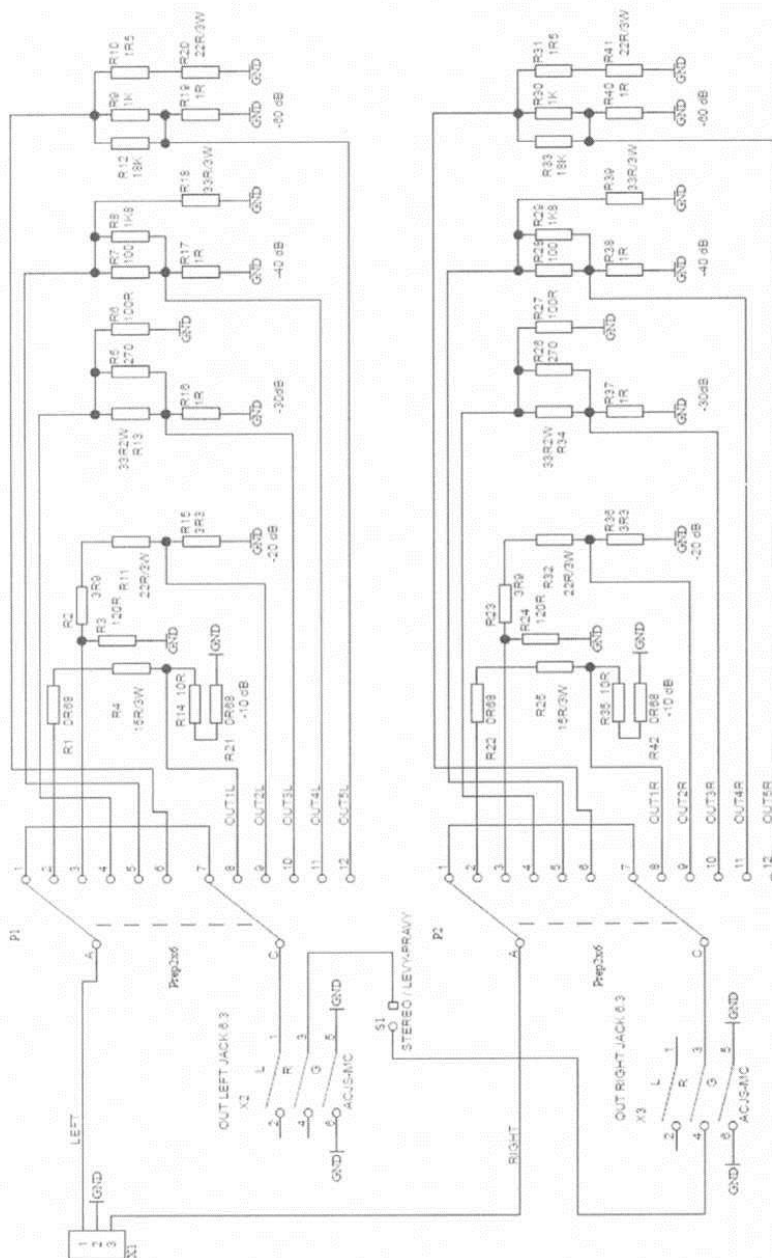
Obr. 3



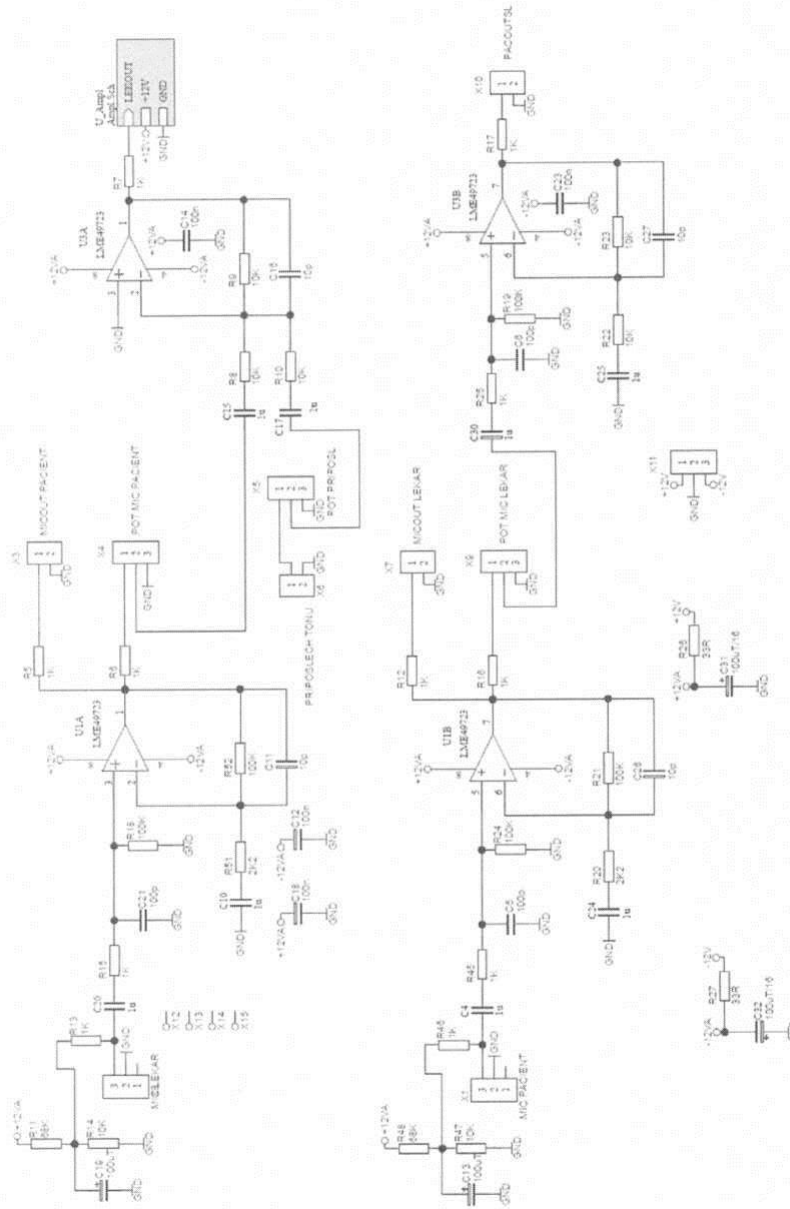
Obr. 4



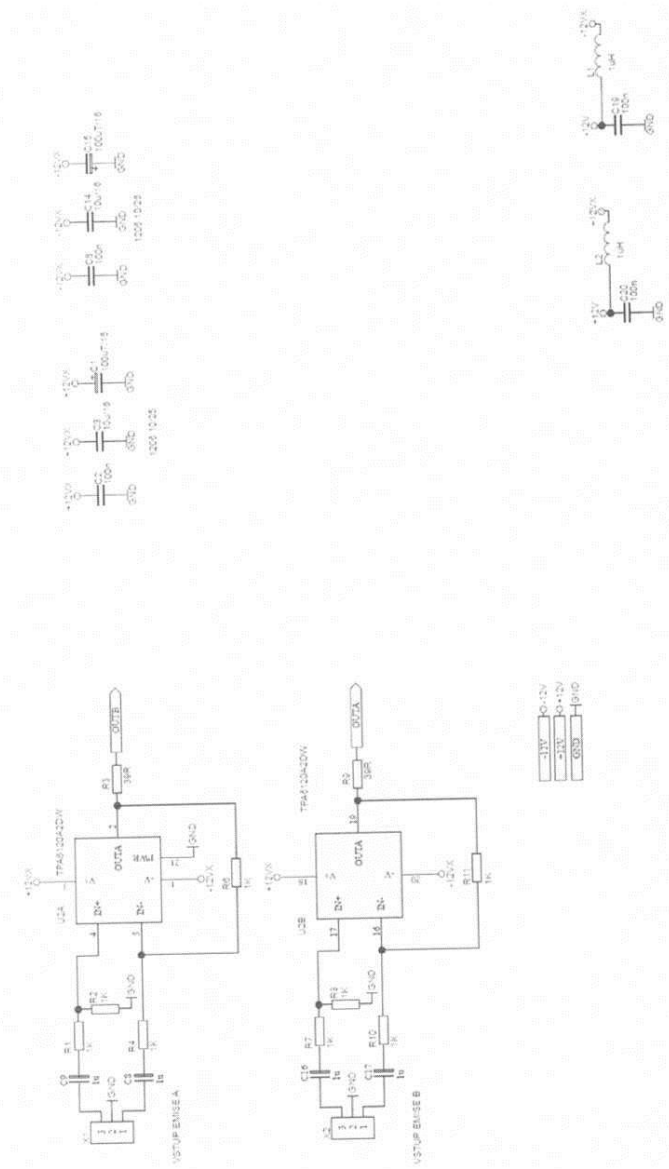
Obr. 5



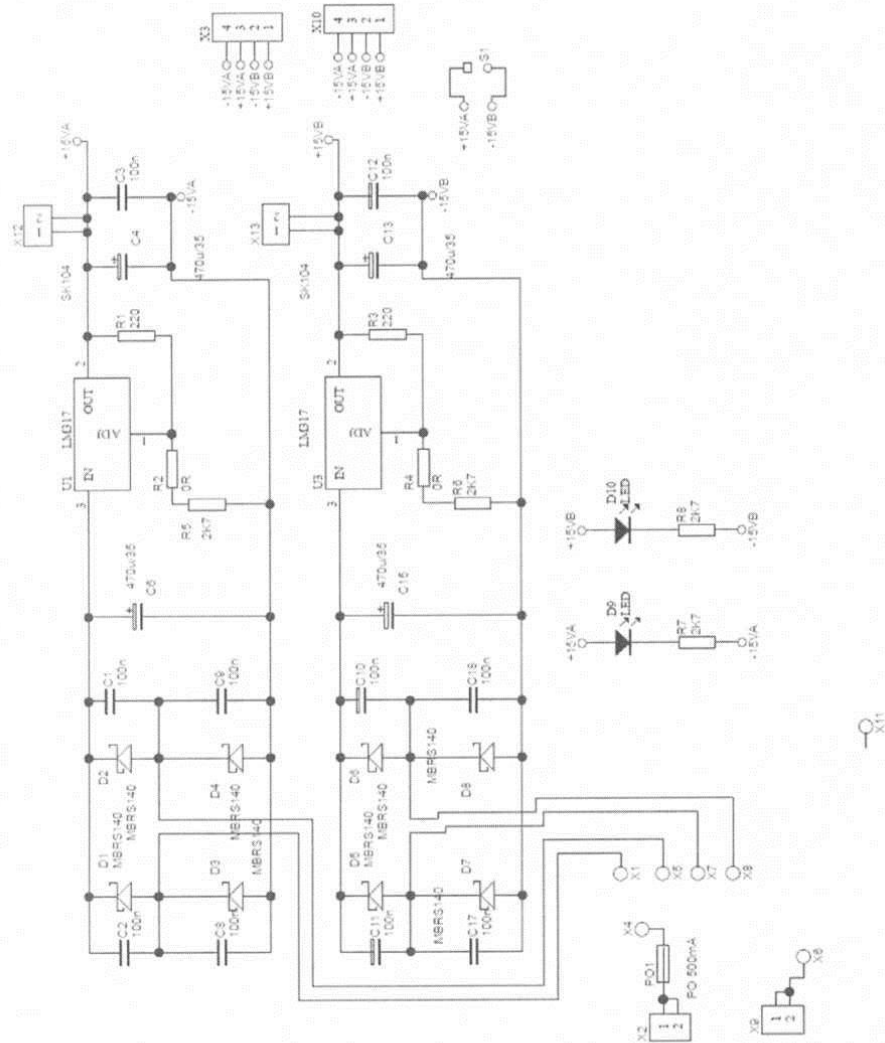
Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9