

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum  
Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica

---

Jaroslav Pospíšil  
Elektroakustický sledovač ozvů

*Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica*, Vol.  
10 (1969), No. 1, 69--79

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/119927>

**Terms of use:**

© Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 1969

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

*Katedra experimentální fyziky a metodiky fyziky přírodovědecké fakulty  
Vedoucí katedry: prof. dr. Josef Fuka*

## ELEKTROAKUSTICKÝ SLEDOVAČ OZVŮ

JAROSLAV POSPÍŠIL  
(Předloženo dne 22. 5. 1968)

### 1. Úvod

V článku je pojednáno o zesilovací soustavě, tvořené tranzistory, které je možno užít k zesilování ozvů srdce embrya v těle matky. Tímto způsobem lze zdokonalit metodu sledování projevů života embrya pomocí mechanického fonendoskopu, neboť sledování embryonálních srdečních ozvů pomocí mechanického fonendoskopu ztěžuje mimo jiné jejich malá intenzita a též dlouhodobý poslech ozvů je ztížen a je subjektivní. Klasická metoda mechanického fonendoskopu je nedokonalá a náročná na zkušenosti a cvik zdravotnických pracovníků.

Srdeční ozvy embrya je teoreticky možno zkoumat jednak pomocí fetální elektrokardiografie, kde se srdeční ozvy embrya zkoumají snímáním elektrických potenciálů a jejich změn na těle matky, jednak pomocí tzv. fetální fonokardioskopie, kde se srdeční ozvy plodu snímají mechanicky. Druhý způsob snímání je vhodnější. Proto se výzkum soustřeďuje hlavně na vývoj přístrojů pro fetální fonokardioskopii.

U nás již bylo vyvinuto několik přístrojů pro fetální fonokardioskopii. Tento článek je příspěvkem k problému svým tranzistorovým řešením.

Řešení problému je obtížné. Řešení ztěžuje mnoho okolností, hlavně malá intenzita ozvů embrya, jejichž hlasitost leží téměř na prahu slyšitelnosti. Ozvy srdce embrya mají nízkou frekvenci. Parazitní rušivé zvuky, způsobené jednak střevní peristaltikou matky, tepem břišní aorty, pohybem plodu, dýcháním a činností srdce matky, pohybem snímače a různými vnějšími hluky, také ztěžuje technické řešení problému, neboť frekvence těchto rušivých vlivů spadá do různých kmitočtových oblastí.

Embryonální srdeční ozvy mají ve svém celku zhruba periodický charakter, nikoliv harmonického průběhu. Periodicita ozvů bývá někdy přerušena náhodnými ozvy. Periodický signál není jednoduchý. Je tvořen jednak tzv. systolickou ozvou s třemi až šesti kmity v době trvání 0,06 až 0,1 vteřiny, což odpovídá akustické frekvenci 50 až 60 Hz. Srdeční ozev plodu je dále tvořen diastolickou ozvou, tvořenou dvěma až třemi kmity v trvání 0,03 až 0,04 vteřiny, což odpovídá akustické frekvenci 60 až 80 Hz. Systolická pauza trvá v průměru 0,16 až 0,18 vteřiny, diastolická pauza má trvání 0,22 až 0,24 vteřiny. Tepová frekvence srdečních embryonálních ozvů v posledním měsíci gravidity se pohybuje od 130 do 150 tepů za minutu.

Z předcházejících poznámek plyne, že pro sledování embryonálních ozvů je třeba zajistit snímání nízkých frekvencí a ostatní frekvence, působící rušivě,

odstranit nebo zmírnit. Jde hlavně o odstranění vysokých akustických frekvencí a velmi nízkých frekvencí 20 až 40 Hz, což je základní kmitočet systolických ozvů srdce matky. Pro dokonalé sledování embryonálních srdečních ozvů je třeba odstranit i rušivé zvuky s frekvencí stejnou jako je frekvence srdečních ozvů embrya, jejichž intenzita bývá i větší než je intenzita snímaných ozvů. Přiložením snímače na vhodné místo těla matky lze vliv parazitních jevů zmírnit.

Přístroj, který by měl kvalitně velmi slabé embryonální srdeční ozvy snímat a sledovat, vyžaduje kromě vlastního citlivého elektroakustického snímače (čidla) též citlivou zesilovací soustavu, přizpůsobenou ke snímači. Dále je třeba vhodného zařízení pro odposlech ozvů (reproduktoru, sluchátek) nebo pro registraci ozvů (osciloskopu, zapisovače). Pro kvalitní sledování embryonálních ozvů je vhodné použít korekční soustavy, která potlačí rušivé parazitní zvuky, doplněné regulátorem hlasitosti ozvů.

Tranzistorové řešení sledovače embryonálních ozvů ovlivňují mimo jiné hlavně dvě okolnosti:

1. tranzistory mají malé vstupní impedance v porovnání s elektronkami,
2. tranzistory mají větší šum než elektronky.

Uvedené okolnosti ztěžují návrh a realizaci sledovače embryonálních srdečních ozvů. Vhodným zapojením lze tyto nevýhody zmírnit.

Tranzistory mají vedle menší vstupní impedance a většího šumu v porovnání s elektronkami další vlastnosti, z nichž hlavní jsou popsány dále.

Zvláštností tranzistorů je to, že jsou proudově ovládanými prvky. Jsou citlivé na vyšší napětí, nesprávnou polaritu zapojení napájecího elektrického zdroje, trpí svodem. Činnost tranzistorových obvodů může být ovlivňována vnějším elektromagnetickým polem. Jejich nevýhodou je, že u stejných typů tranzistorů se objevují tolerance jejich parametrů. Návrh a realizaci přístrojů ztěžuje též teplotní závislost tranzistorů.

Tranzistory umožňují konstruovat malé a lehké přístroje, které jsou snadno přenosné a skladné, což je pro lékařskou praxi výhodné. Tranzistory snáze umožňují realizovat bateriové napájení, nepotřebují žhavení, jsou malé, lehké s dlouhou životností a netrpí brumem. Obvody s tranzistory bývají jednodušší než obvody elektronkové. Při návrhu a realizaci tranzistorových přístrojů je třeba k uvedeným vlastnostem tranzistorů přihlížet.

## 2. Popis realizovaného sledovače ozvů

Realizovaný sledovač embryonálních ozvů tvoří snímače, přiložené na vyšetřovaná místa těl matek, z nichž vystupující elektrické signály procházejí předzesilovačem, korekční soustavou a výkonovým zesilovačem a vstupují do reproduktorové soustavy (obr. 4).\*)

Pomocí vlnového přepínače, zapojeného mezi snímače a předzesilovač, lze zapojovat jednotlivé snímače, popř. všechny snímače odpojit. Vlnovým přepínačem mezi výkonovým zesilovačem a reproduktorovou soustavou lze zapojovat reproduktory reproduktorové soustavy pro současnou činnost obou reproduktorů nebo pro činnost každého z nich zvlášť, popř. lze činnost obou reproduktorů vypojit. Obvody sledovače jsou napájeny stejnosměrným zdrojem.

\*) Ve schématu na obr. 4 je použito elektrotechnického značení velikostí elementů zapojených v jednotlivých obvodech — viz [6].

## 2.1. Snímač embryonálních ozvů

Srdeční činnost embrya se přenáší ve formě mechanických rozruchů na povrch těla matky. Je to proces mechanický s malými tlakovými změnami na povrchu těla matky a proto snímání ozvů je možno provádět jen dotykovým (kontaktním) způsobem, to jest přiložením snímače na tělo matky. Ke snímání ozvů je nutno použít kontaktních snímačů, pracujících na elektroakustickém principu mikrofону (tzv. kontaktní nebo dotykové mikrofóny), které budou označovány jako kontaktní snímače. Kontaktní snímače přeměňují mechanické chvění zkoumaného místa na odpovídající elektrický signál. Musí být tak konstruovány, aby reagovaly na kmity pevných těles a pro jiné zvukové vlny, dopadající na snímače, měly malou citlivost.

Snímáním mechanického chvění se mění parametry snímače, a to se projeví buď vytvořením elektrického signálu na jeho výstupu (pracuje jako aktivní neboli generátorový měnič) nebo změnou elektrického signálu na výstupu snímače (pracuje jako pasivní neboli modulátorový měnič).

Kontaktní snímače mohou obecně pracovat na všech principech, na nichž jsou založeny normální mikrofóny, to jest mohou pracovat na principu činnosti uhlíkového mikrofону, na elektrodynamickém principu, na elektroakustickém principu kondenzátorového mikrofону nebo piezoelektrického mikrofону.

Z rozboru vlastností embryonálních ozvů, z teorie kontaktních snímačů a z praktických zkušeností plynou tyto hlavní požadavky na snímače embryonálních srdečních ozvů:

1. snímač musí být velmi citlivý, hlavně na nízké akustické frekvence ozvů srdce embrya, přitom případné zkreslení signálu není na závadu,

2. snímač musí být jednoduchý a robustní, aby mohl být vystaven i neodborné obsluze,

3. snímač musí být uspořádán tak, aby umožňoval jednoduché připojení k tělu matky,

4. tvar snímače musí být takový, aby byl zaručen stabilní a přitom citlivý dotyk vyšetřovaného místa,

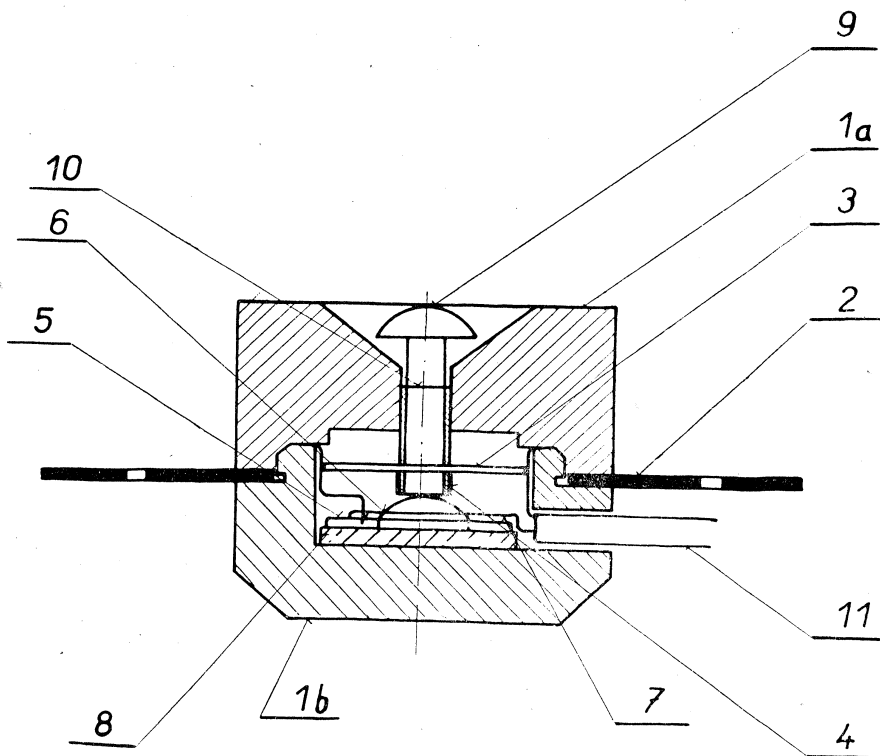
5. je nutno zajistit, aby snímací část nepůsobila zpětně na vyšetřované místo svými kmity a svým deformačním tlakem,

6. spojovací přívody musí mít větší délku a nesmí být vystaveny vnějším rušivým vlivům.

Ukázalo se, že vhodným snímačem je kontaktní piezoelektrický snímač speciální konstrukce. Jeho stavba je patrná z obr. 1. Snímač má tyto části: pouzdro (1a, 1b), držák (2), membrána (3), váleček k membráně (4), krystalové dvojče (5), trmínek (6), přívodní pásky ke krystalovému dvojčeti (7), podložka (8), dotykový kolíček (9), vodící trubička (10). Ke snímači je připojen desetimetrový stíněný kabel (11).

Pouzdro snímače je ocelové dvojdílné s díly spojenými zašroubením. Tvar pouzdra je zvolen tak, aby byla zaručena stabilní opora snímače předními plochami o tělo v okolí snímaného místa. Rozměry pouzdra a kolíčku jsou voleny tak, aby vrchol kolíčku byl v rovině horních ploch pouzdra. Toto uspořádání zajišťuje jednak částečnou ochranu kolíčku před vnějšími mechanickými vlivy a jednak umožňuje při přiložení snímače rovinnými plochami pouzdra na tělo matky citlivý dotyk vrcholu kolíčku snímaného místa, bez deformačních účinků. Přitom je též zajištěna stabilní poloha snímače. V pouzdře jsou mimo

držák umístěny všechny již vyjmenované části snímače. Toto uspořádání je jednoduché a umožňuje i neobdobnou obsluhu snímače.



Obr. 1 Stavba kontaktního piezoelektrického snímače

Aby bylo možno snímač pevně připevnit k tělu matky, je snímač opatřen držákem s výřezy k uchycení pružného popruhu. Dotkový kolíček je z hliníku a má tvar hříbku. Tento tvar umožňuje skoro bodový dotyk a zpětné působení kmitů membrány a kolíčku na snímané místo je zanedbatelné. Membrána má kruhový tvar, je z texgumoidu a je uvnitř opatřena otvory. Na střed spodní strany membrány je přilepen váleček z PVC, kterým se membrána dotýká třmínku připevněnému ke dvěma protilehlým rohům piezoelektrického dvojčete. Ke středu horní části membrány je přilepena lehká hliníková vodičí trubička umožňující citlivé reakce membrány.

Důležitou součástí snímače je piezoelektrické dvojčete. Je tvořeno dvěma destičkami z piezoelektrického materiálu (Seignettovy soli), které mají společný vnitřní polep. Pod dvojčetem je pryžová podložka, nalepená na dno pouzdra snímače. Pryžová podložka podkládá dvojčete v úhlopříčce, aby bylo umožněno ohýbání dvojčete vlivem tlaků působících v druhých protilehlých rozích dvojčete. Ke dvěma protilehlým rohům, kde mají působit deformační tlaky, jsou přilepeny konce izolovaného ocelového pružného třmínku v obalu z PVC.

Při činnosti snímače se tlakové změny přenáší od membrány pomocí pružného válečku z PVC, přilepeného ke středu membrány, na střed třmínku, který tvoří jeho vrchol.

Piezoelektrické dvojčte dává článek, jehož napětí mezi tenkými hliníkovými vývody ve tvaru pásků je přímo úměrné velikosti tlaku způsobujícího deformaci. Hliníkový vývod od společné plochy piezoelektrických destiček je spojen s přívodním stíněným kabelem, vývod od vnějších ploch je připojen ke kostře pouzdra. Aby se zmenšila hygroskopičnost dvojčete a zvětšila se jeho ochrana před vnějšími vlivy, je dvojčte pokryto lakovou vrstvou a chráněno obalem z jemného a tenkého papíru, který je na dvojčte přilepen. Použitím dvojčete se dosáhne citlivé reakce na malé tlakové změny.

Vnitřní kapacita dvojčete je asi 3000 pF a oproti normálně používaným krystalům u elektroakustických snímačů, jejichž kapacita je asi 2000 pF, je citlivější k nízkým frekvencím, což je pro sledování embryonálních ozvů vhodné. Dále se sníží potřebná vstupní impedance vstupních obvodů zesilovací soustavy.

Vedle hygroskopičnosti krystalu, která byla zmírněna ochranným lakem, je nevýhodná teplotní závislost snímače. S rostoucí teplotou jeho citlivost klesá. Při teplotě 55° C se krystal rozpouští.

Přes nevýhodnou teplotní závislost krystalů ze Seignettovy soli, jsou tyto krystaly v současné době výhodnější pro snímání embryonálních ozvů než krystaly z titaničitanu barnatého, jejichž kapacita je menší a proto vyžadují větší přízpůsobovací impedanci zesilovací soustavy, což je v tranzistorové technice nevýhodné.

Spojovací kabel mezi snímačem a vstupem zesilovací soustavy sledovače je stíněný o délce 10 metrů pro snadnější manipulaci se snímačem, pro snížení akustické vazby mezi snímačem a reproduktorem a pro odstranění vnějších rušivých vlivů na signál.

Pouzdro, válcovitého tvaru, má průměr 35 mm, jeho výška je 30 mm. Výstupní napětí při snímání ozvů je malé a pohybuje se kolem hodnoty 0,1 mV při zatěžovací impedanci 1 MΩ.

## 2.2. Zesilovací soustava

Tranzistorová soustava sledovače embryonálních ozvů je vzhledem k malému vstupnímu signálu a jeho nízké frekvenci navržena tak, aby bylo zajištěno malé rušení, dostatečně velké zesílení vstupního signálu z piezoelektrického snímače a dostatečná vstupní impedance tranzistorových obvodů sledovače k impedančnímu přízpůsobení ke snímači. K zajištění čistšího poslechu embryonálních srdečních ozvů, je třeba odfiltrvat hlavně vyšší akustické frekvence. Z rušivých vlivů se po odstínění tranzistorových obvodů a teplotní stabilizaci stejnosměrných pracovních bodů uplatňuje hlavně šum.

Na odstranění šumu mají vliv hlavně tranzistory ve vstupním obvodu. Tyto tranzistory musí být zvoleny a zapojeny tak, aby šum byl potlačen na nejmenší míru, což je při malých embryonálních ozvech velmi důležité pro kvalitu poslechu těchto ozvů. Do vstupního obvodu musí proto být zapojeny tranzistory s malým šumovým číslem  $F$  ( $F \leq 10$ ). Pracovní podmínky musí být zvoleny tak, aby kolektorové napětí  $U_{ce}$  bylo malé a aby kolektorový proud  $I_c$  byl též malý. K zmenšení celkového kolektorového proudu přispěje volba tranzistoru s malým klidovým proudem kolektoru  $I_{ceo}$ . K zajištění malého šumu též přispěje volba tranzistoru s velkým proudovým zesilovacím činitelem  $\alpha_b$  a malým odporem  $r_b$  jeho báze.

Byl realizován sledovač s tříkanálovým vstupem (obr. 4). Vstupní tranzistor je zapojen se společným emitorem a potřebné vstupní impedance se dosáhlo zápornou proudovou zpětnou vazbou. Zvolené zapojení má prakticky stejné vlastnosti jako zapojení se společným kolektorem, proti němu má však tu výhodu, že vstupní impedance méně závisí na zatěžovacím odporu na výstupu tranzistoru. Zmenší se též vliv rozptylu parametrů tranzistoru a odpor v emitoru zlepšuje teplotní stabilizaci klidového pracovního bodu.

Aby se zmenšil šum, jsou pracovní podmínky tranzistorů předzesilovače, tvořeného prvními třemi tranzistory v zapojení na obr. 4, navrženy tak, aby tranzistory pracovaly při malých kolektorových napětích. Jsou zvoleny tranzistory s malým šumovým číslem  $F = 10$  a s malým klidovým proudem kolektoru.

Zakmitávání tranzistorové soustavy, při stárnutí napájecí baterie, zabraňuje kondenzátor  $100 \mu\text{F}$ .

Zapojení tranzistorů zesilovací části sledovače je zvoleno tak, aby byla zajištěna stabilita statického pracovního bodu vlivem změn teploty. Je zvolena emitorová stabilizace pracovního bodu. K tomuto účelu je napájecí napětí rozděleno děličem napětí k zajištění odděleného napájení emitorových a kolektorových obvodů. Tato stabilizace zaručuje necitlivost zapojení ke kolísání teploty v širokém rozmezí. Střed děliče napětí slouží též k nastavení pracovních bodů tranzistorů.

Realizovaný předzesilovač byl vyvinut hlavně se zřetelem na nízkou frekvenci signálu, na dostatečnou stabilizaci pracovního bodu a k zajištění velkého zesílení. Předzesilovač je zesilovač s vazbou RC, který ve srovnání s přímo vázanými zesilovači má sice menší zesílení, ale vzájemné ovlivňování členů předzesilovače je menší a navíc zesilovač s vazbou RC nevyžaduje tak pečlivé stabilizace stejnosměrných pracovních bodů. Předzesilovač je třístupňový a odpory v emitorech jednotlivých tranzistorů slouží vedle teplotní stabilizace současně jako střídavá záporná zpětná vazba. Tím se zlepší zkreslení a udržuje se stálý zisk předzesilovače při stárnutí součástek a kolísání napájecího napětí.

Předzesilovač pracuje ve třídě A a má vlastnosti vhodné pro funkci předzesilovače sledovače ozvů. Konkrétní hodnoty součástí předzesilovače a typy součástí jsou patrné ze schématu na obr. 4. Je umístěn na samostatné spojovací destičce z pertinaxu, rozměrů  $225 \times 70 \times 2$  [mm]. Měřením bylo zjištěno, že jeho napěťové zesílení při zátěži  $203 \Omega$  a při frekvenci 60 Hz je 65 dB. Předzesilovač zesiluje malé vstupní signály s velkou citlivostí do 4 mV. Při větším vstupním napětí napěťové zesílení klesá. Vstupní odpor předzesilovače, v popisované realizaci snímače, je  $884,6 \text{ k}\Omega$ , výstupní odpor je  $1,7 \text{ k}\Omega$ , napájecí napětí je 9 V, spotřeba proudu v klidu je 0,5 mA a průměrná spotřeba proudu předzesilovače při činnosti je 2 mA.

Předzesilovač je svými vlastnostmi vhodný pro zesílení napěťových signálů z použitého piezoelektrického snímače, jejichž velikost se pohybuje kolem hodnoty 0,1 mV.

Výkonový zesilovač má za úkol signál, vystupující z předzesilovače a z korekční soustavy, zesílit výkonově tak, aby jeho výstupní výkon byl minimálně 1 W, potřebný pro napájení reproduktorové soustavy sledovače. Je realizován jako třístupňový s tranzistory jednak typu n-p-n a jednak typu p-n-p. Signál z korekčního obvodu přichází přes oddělovací kondenzátor na bázi vstupního tranzistoru, kde se zesílí a z pracovního odporu v jeho kolektoru jde dále na fázový invertor, vytvořený dvěma tranzistory v doplňkovém zapojení, které se společně budí mezi báze a kolektory. Oba tranzistory pracují se společným

kolektorem a mají malý výstupní odpor, což je potřebné pro buzení výkonových koncových tranzistorů.

Fázový invertor je tvořen tranzistory opačného typu vodivosti stejných parametrů (hlavně se stejnou kolektorovou ztrátou). Toto zapojení způsobuje, že stejný vstupní signál vyvolá v nich kolektorový proud opačné fáze pro buzení koncových tranzistorů.

Koncové tranzistory jsou dva a jsou výkonové. Jsou typu p-n-p a pracují v dvojitě zapojení. Výstup je nesouměrný z emitoru tranzistoru 101 NU 71 fázového invertoru. Koncový zesilovací stupeň se při tomto zapojení chová jako zdroj konstantního napětí, neboť má malý výstupní odpor. Proto odpadá výstupní přizpůsobovací transformátor a to je velkou výhodou tohoto zapojení. Zlepší se tím zkreslení, stabilita, účinnost i frekvenční průběh charakteristiky zesilovače. Uvedeným způsobem řešený výstup snáze propustí signál nízké frekvence, než výstup s transformátorem. Koncový stupeň pracuje s malým klidovým proudem, který se úměrně s velikostí budícího signálu zvětšuje.

Se změnou kolektorového proudu výkonových tranzistorů koncového stupně výkonového zesilovače kolísá i jejich zesilovací činitel a vstupní odpor. To způsobuje zkreslení signálu. K odstranění této nevýhody slouží malé odpory  $82 \Omega$  proti kterým se původní vstupní odpor prakticky neuplatní a ty způsobí, že buzení je téměř lineární a harmonické zkreslení je značně menší. Na vývodu koncového stupně, ve stavu bez signálu, je přesně poloviční napětí napájecího zdroje.

Výkonový zesilovač je přímo vázaný, to umožňuje velké zesílení signálu. Zvýšené požadavky se však kladou na stabilitu celého zesilovače, kterou hlavně ovlivňuje stabilita prvního zesilovacího tranzistoru. Stabilita tranzistoru je zajištěna odpory  $8 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \text{ k}\Omega$ ,  $680 \Omega$ ,  $2,7 \text{ k}\Omega$  a  $330 \Omega$ . Stoupne-li kolektorový proud tranzistoru 106 NU 70, zvětší se úbytek na odporech  $680 \Omega$  a  $2,7 \text{ k}\Omega$  v jeho kolektorovém obvodu. Tím stoupne i proud v tranzistorech OC 72 a OC 62, zatímco proud tranzistorů 101 NU 71 a OC 26 klesne. Stejnoseměrné napětí na výstupu tranzistorů OC 26 koncového stupně výkonového zesilovače se zmenší. Změna napětí se přenesení přes dělič  $8 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \text{ k}\Omega$  na bázi tranzistoru 106 NU 70, u kterého tím kolektorový proud opět klesne k původní hodnotě. Tomu také napomáhá účinek emitorového odporu  $330 \Omega$ , na němž se při rostoucím kolektorovém proudu tranzistoru 106 NU 70 zvětšuje úbytek napětí, což způsobí pokles předpětí báze. Jde zde vlastně o zápornou stejnosměrnou vazbu, která účinně stabilizuje zesilovač při zvýšení teploty.

Odpory  $8 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \text{ k}\Omega$  a  $330 \Omega$  působí současně jako střídavá záporná zpětná vazba. Jejím působením se přenáší část výstupního signálu v opačné fázi na vstup a tím se snižuje citlivost zesilovače. Zvětší se vstupní impedance, zlepší se zkreslení, frekvenční průběh charakteristiky a vnitřní odpor. Paralelně k zpětnovazebnímu odporu  $8 \text{ k}\Omega$  je zapojen kondenzátor  $820 \text{ pF}$ , který zavádí fázovou korekci u nejvyšších kmitočtů a tak zlepšuje stabilitu zesilovače. Kapacita  $200 \text{ pF}$ , v emitorovém obvodu tranzistoru 106 NU 70, vylučuje nežádoucí zápornou zpětnou vazbu na emitorovém odporu  $330 \Omega$ , která pro střídavé napětí tvoří zkrat.

Protože invertor, tvořený tranzistory 101 NU 71 a OC 72, potřebuje velký budící signál, přimíchá se do kolektorového obvodu tranzistoru 106 NU 70 mezi odpory  $680 \Omega$  a  $2,7 \text{ k}\Omega$  přes kondenzátor  $100 \mu\text{F}$  střídavé výstupní napětí ve fázi s kolektorovým signálem, čímž se budící signál zvětší.

Odpor  $50 \Omega$  určuje jednak klidový proud celého výkonového zesilovače, jednak



prostřednictvím invertoru proud jeho koncového stupně. Čím je zmíněný odpor menší, tím je zesilovač stabilnější při zvýšené teplotě, neboť je menší předpětí invertoru a menší odběr ze zdroje bez signálu. Odpor je nutno vhodně volit tak, aby nenastalo velké zkreslení, které roste se zmenšujícím se klidovým proudem.

Realizovaný výkonový zesilovač má při frekvenci 60 Hz budicího signálu napěťový zisk 30 dB, jeho vstupní impedance je  $203 \Omega$ . Výstupní výkon může dosáhnout hodnoty 10 W, proudová spotřeba v klidu je asi 7 mA, při činnosti zesilovače dosahuje hodnoty až 0,25 A. Výstupní impedance je asi  $5 \Omega$ , stejnosměrné napájecí napětí má hodnotu 24 V. Zesilovač je realizován na samostatné spojovací destičce z pertinaxu, rozměrů  $225 \times 70 \times 2$  [mm].

Hlavní vlastnosti celé zesilovací soustavy jsou tyto: vstupní impedance  $884,6 k\Omega$ , výstupní impedance  $5 \Omega$ , citlivost je větší než 0,1 mV, napěťové zesílení při zátěži  $5 \Omega$  a při frekvenci 60 Hz je 96 dB. Proudové zesílení je 200 dB. Odstup šumu je větší než 40 dB.

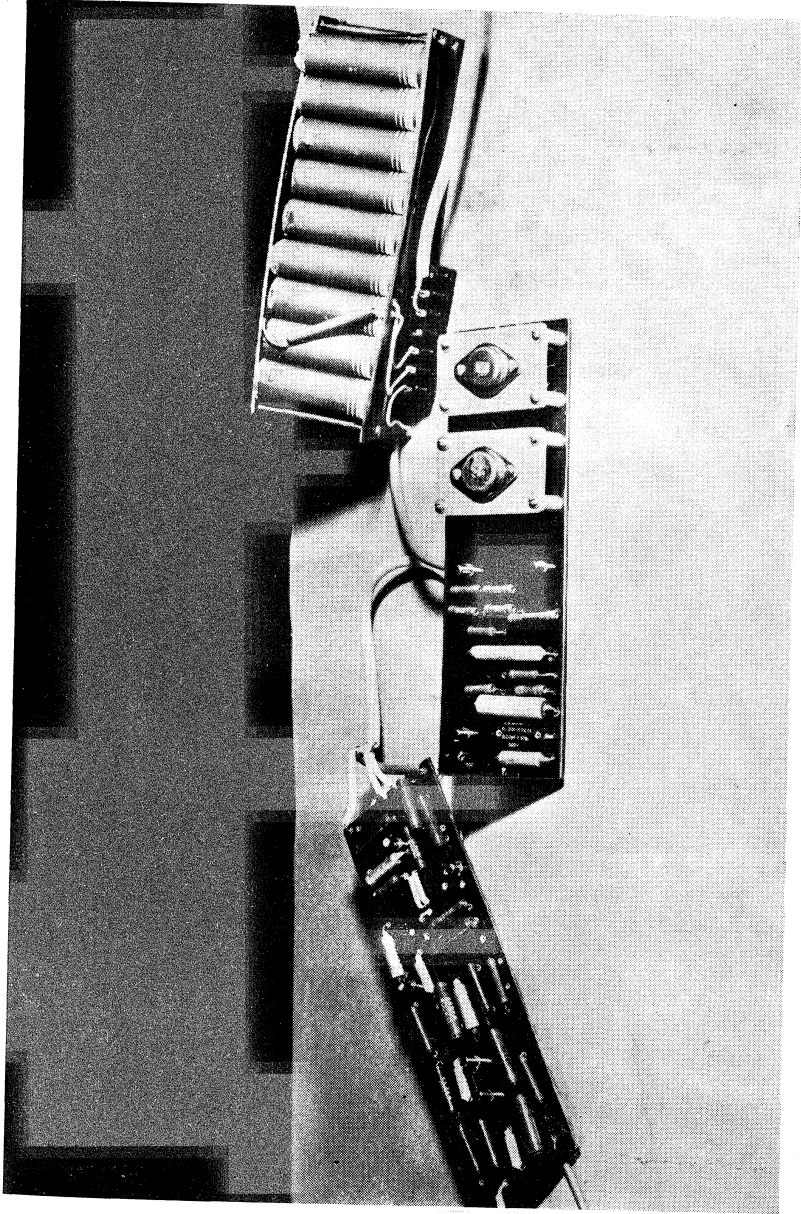
### 2.3. Korekční, reproduktorová a napájecí soustava

Korekční soustava je tvořena paralelně zapojeným kondenzátorem o velikosti  $1 \mu\text{F}$  k odfiltrování vyšších akustických frekvencí, které při snímání embryonálních ozvů ruší. Dále je tvořena proměnným odporem pro regulaci hlasitosti signálu v reproduktorové soustavě. Páčkovým vypínačem lze korekční obvod vypojit (obr. 4).

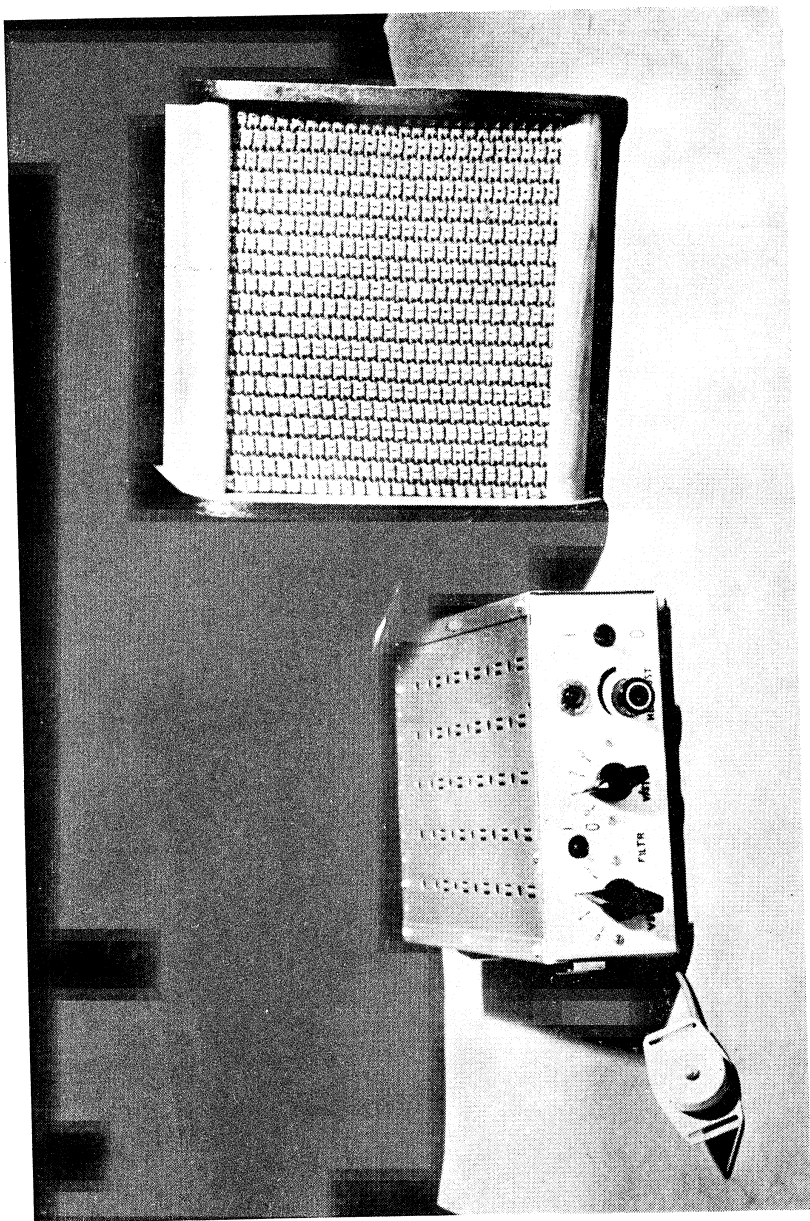
Úkolem reproduktorové soustavy je snímané embryonální ozvy reprodukovat tak, aby byl umožněn jejich hlasitý poslech. Zapojení použité reproduktorové soustavy je patrné z obr. 4. Je zvoleno tak, aby byla umožněna činnost každého ze dvou reproduktorů zvlášť a současně. Reproduktorová soustava tvoří samostatnou část s dvěma samostatnými reproduktorovými dřevěnými skříňkami PN 63208. Samostatné reproduktory vyhovují požadavkům lékařské praxe tím, že umožňují současný a na různých místech možný odposlech ozvů. Použité reproduktory jsou typu Aro 511 o průměru membrány 20 cm. Charakteristické hodnoty reproduktorů jsou tyto: příkon 4 W, odpor  $5 \Omega$ . Z praktických zkoušek vyplývá, že reproduktory s většími průměry membrány jsou vhodnější, neboť lépe přenášejí nízké akustické frekvence.

Napájení je stejnosměrné, realizované baterií suchých článků tvořící jednotku upevněnou na pertinaxové destičce stejných rozměrů jako jsou rozměry nosných destiček předzesilovacího obvodu a výkonového zesilovače s korekční soustavou. Všechny tyto části jsou spolu propojeny (obr. 2) a umístěny v kovové skřínce. Páčkovým vypínačem je možno vypojet a zapínat napájení. Ke kontrole zapojení stejnosměrného zdroje slouží žárovka.

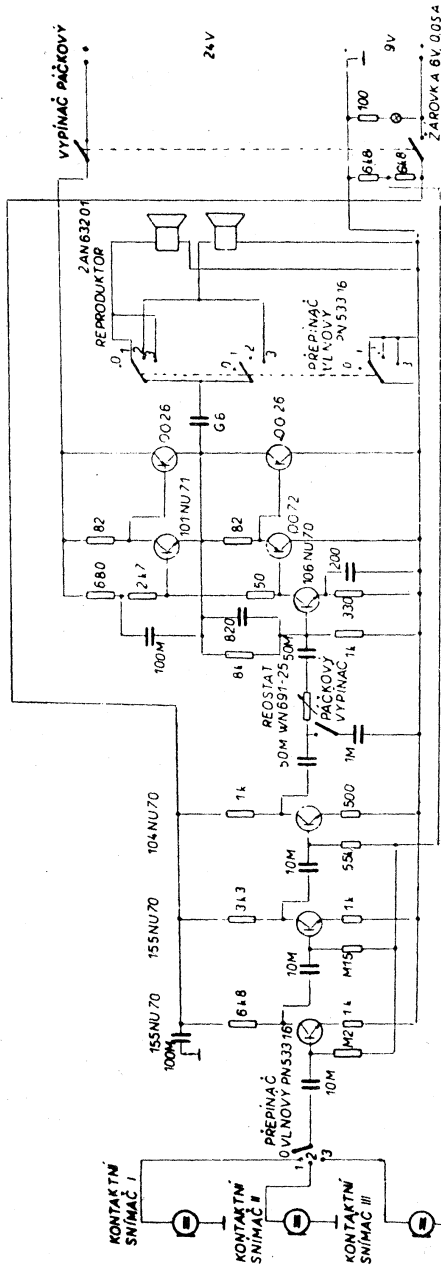
Schéma realizovaného sledovače embryonálních ozvů je na obr. 4. Celkový vzhled sledovače při použití jednoho snímače a jednoho reproduktoru je patrný z obr. 3. Nosné destičky s předzesilovačem, korekčním obvodem a výkonovým zesilovačem a se stejnosměrnou napájecí soustavou plochých baterií 4,5 V jsou na obr. 2.



Obr. 2 Části sledovače ozvů



Obr. 3 Celkový vzhľad sledovače ozvú při použití jednoho snímače a jednoho reproduktoru



Obr. 4 Schéma realizovaného sledovače ozvů

### 3. Závěr

V článku byla popsána tranzistorová soustava sledovače embryonálních ozvů. Soustava byla vyzkoušena prakticky ve státní nemocnici ve Vítkově u Opavy a ukázalo se, že je použitelná při vyšetřování projevů života embryí v těle matky. Je objektivnějším a dokonalejším prostředkem než klasický mechanický fonendoskop. Nevýhodami popsané realizace jsou ztížené odposlechy ozvů při abnormální poloze embrya v těle matky a vliv jiných parazitních zvuků na odposlouchávaný signál způsobený použitím jen jednoduché korekční soustavy.

### PODĚKOVÁNÍ

Na závěr tohoto článku chci poděkovat MUDr. E. Zimolovi za poskytnutí možnosti realizovaný přístroj vyzkoušet na gynekologickém oddělení státní nemocnice ve Vítkově u Opavy. Dále děkuji dr. J. Kunzfeldovi za poskytnutí součástí k piezoelektrickému snímači a za cenné rady.

### LITERATURA

- [1] *Budínský, J.*: Nízkofrekvenční tranzistorové zesilovače, SNTL Praha (1964).
- [2] *Trůněček, J.*: Elektroakustika, SNTL Praha (1960).
- [3] *Turičín, A. M.*: Elektrické měření neelektrických veličin, SNTL Praha (1958).
- [4] *Petržilka, V.*: Piezoelektrina a její technické použití, NČSAV Praha (1960).
- [5] *Shea, R. F.*: Transister Circuit Engineering, J. Wiley New York (1957).
- [6] *Trůněček, J.*: Radiotechnika, SNTL Praha (1957).
- [7] *Kunzfeld, J.*: Přírodní vědy ve škole (1964), č. 5, 257.

## SUMMARY

### THE ELECTRO- ACOUSTICAL SCANNER OF ECHOES

JAROSLAV POSPÍŠIL

This article describes the electro-acoustical scanner of embryo heart signals based on the transistor circuits. The electro-acoustical scanner consists of piezo-electrical sensing element, preamplifier, power output amplifier, correcting network and loudspeaker system. The developed scanner is useful in gynaecological departments.

## РЕЗЮМЕ

### ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЙ СЛЕДИТЕЛЬ РАЗДАНИЙ

ЯРОСЛАВ ПОСПИШИЛ

В статье описан электроакустический следитель сигналов эмбриона, произведенный при помощи транзисторов. Электроакустический следитель создан из пьезо-электрического снимателя, вступного усилителя, мощного усилителя, корректорной цепи и репродукторской системы. Произведенный следитель подходящий для гинекологические клиники.