

# Induktív végálláskapcsoló

Lapunk 1997/2. számában ismertettünk egy precíziós, érintkezős végálláskapcsolót. Az egyszerű kontaktus ugyan nagyon pontos, de egyes esetekben nem alkalmazható. Például, mert a mozgó műszerelem nem terhelhető a kontaktuspár rugóerejével, a kapcsoló mozgó részének túlságosan nagy a tömegtelensége, vagy a beépítési környezet vegyileg kismértékben agresszív. Néha zavarokat okoz a kontaktuspár pergése is. Az alábbiakban egy érintkezőmentes, logikai szintű kimenettel rendelkező végállásérzékelőt mutatunk be.

Érzékelőként ezúttal is a differenciáltranszformátor szolgál, amiről júniusi és júliusi számunkban már szó volt (Elmozdulásmérő transzformátor). Mivel a mostani probléma egyszerűbb, mint amit az útmérővel kapcsolatosan kellett megoldani, a differenciáltranszformátorhoz kapcsolódó áramkör (1. ábra) is lényegesen leegyszerűsödött. Itt ugyanis nem gond a tekercsrendszer aszimmetriája (sőt, mint látni fogjuk, az szándékosan aszimmetrikus), és nem lényeges az átviteli karakterisztika lineáritása sem. Lényeges viszont a nagyfokú nullpontstabilitás és a tápfeszültség-ingadozásokkal szembeni érzéketlenség.

## Az áramkör működése

A differenciáltranszformátor leágazások  $L_p$  primertekercse ezúttal egy egyszerű, hárompont-kapcsolású oszcillátor rezgőköri tekercsét képezi (T és passzív alkatrészei). A szekunder tekercsek a  $D_1$  kettősdióda anódjára, illetve katódjára kapcsolódnak. A szekunderok közösített pontját az  $R_3$  gerjedésgátló ellenálláson keresztül az A vonatkoztatási pontra kötjük. A vonatkoztatási pontot az  $R_4$ ,  $R_5$  osztó fél tápfeszültségre állítja

be, nagyfrekvenciás szempontból pedig  $C_4$  hidegíti. Az osztóra a komparátor munkapontjának beállítása miatt van szükség.

A  $C_5$ ,  $R_6$ ,  $C_6$  aluláteresztő szűrő kimenetén a mozgó vasmag pillanatnyi helyzetétől függően a vonatkoztatási ponthoz képest negatív, nulla vagy pozitív egyenszint lép fel. (A GND-hez képest ez a feszültség mindig pozitív.)

Az IC nullkomparátorként üzemel: amint az invertáló bemeneténél potenciálja meghaladja a neminvertálóét – azaz az A vonatkoztatási szintet – a kimeneti tranzisztor telítésbe kerül és a Q kimenet L szintre ugrik. Egyidejűleg a  $D_2$  is világítani kezd, jelezvén az aktív állapotot.

Az LM311N (korábban a HAM-bazárban is árusított) komparátortípusra a következő előnyei miatt esett a választás:

- alacsony tápfeszültségen is üzemképes;
- igen precíz, nagy erősítésű;
- offsetkompenzációsi lehetőséggel bír;
- nagy terhelhetőségű, nyitott kollektoros (vagy nyitott emitteres) kimenete van.

Hátrányaként említik, hogy viszonylag lassú. Ez igaz, de a maga 100 ns nagy-

## Alkatrészjegyzék

### Ellenállás (RM-2):

- 1 db 10  $\Omega$  ( $R_{10}$ )\*
- 1 db 220  $\Omega$  ( $R_1$ )\*
- 1 db 470  $\Omega$  ( $R_0$ )
- 1 db 1 k $\Omega$  ( $R_3$ )
- 1 db 3,3 k $\Omega$  ( $R_7$ )\*
- 1 db 10 k $\Omega$  ( $R_4$ )
- 2 db 20 k $\Omega$  ( $R_{4,5}$ )
- 1 db 180 k $\Omega$  ( $R_2$ )
- 1 db 1 M $\Omega$  ( $R_{11}$ )
- 1 db 4,7 k $\Omega$  miniatűr, álló trimmer (pl. Pther)

### Kondenzátor:

- 2 db 4,7 nF/100 V ( $C_{1,2}$ )
- 1 db 22 nF/100 V ( $C_0$ )
- 1 db 47 nF/100 V ( $C_2$ ) (C235 típusok)
- 1 db 47 nF ( $C_7$ ) kerámia
- 1 db 2,2  $\mu$ F/10 V Ta ( $C_4$ )
- 1 db 10  $\mu$ F/10 V Ta ( $C_6$ )

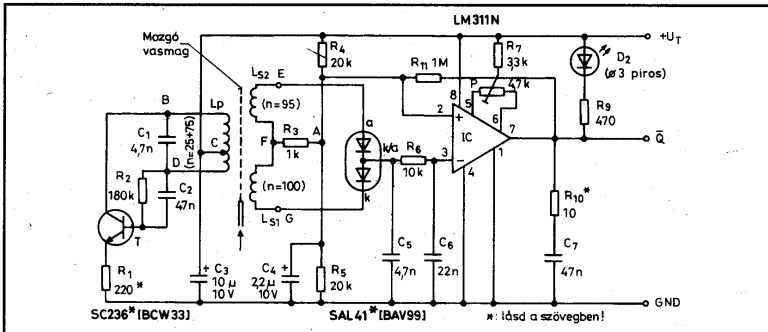
### Felvezető:

- 1 db SC236 [BCW33] (T)\*
- 1 db SAL41 [BAV99] (D<sub>1</sub>)\*
- 1 db  $\varnothing$ 3 piros LED (D<sub>2</sub>)
- 1 db LM311N (IC)

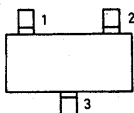
### Egyéb:

Differenciáltranszformátor\*

\* lásd a szövegben



1. ábra



**BCW33**  
(kód: D3)

- 1: bázis
- 2: emitter
- 3: kollektor

**BAV99**  
(kód: A7)

- 1: anód
- 2: katód/anód
- 3: katód



**SC236**  
(kód: C36)

- 1: emitter
- 2: bázis
- 3: kollektor

**SAL41**  
(kód: 41B)

- 1: katód
- 2: anód/katód
- 3: anód

ságrendbe eső jelmeredekségével még mindig összehasonlíthatatlanul gyorsabb a mechanikai kontaktusoknál. További hátránya a nagyfokú gerjedékenység, amely az átkapcsolási tranzienzt kísér: ilyenkor tápfeszültségnyi amplitúdójú, néhány száz kHz-es négyzögrezgést kelet. A gerjedés megelőzésére sajnos a rendelkezésemre álló gyári adatlapok nem térnek ki. En sok kísérlet eredményeképpen egy, a HF végerősítő IC-knél bevált *Boucherot-taggal* ( $C_7$ ,  $R_{10}$ ) csökkentettem a gerjedést. A rajzon feltüntetett értékek a National gyártmányú csipre érvényesek. Előfordulhat, hogy más gyártmányok esetén  $R_2$ -at módosítani kell.

A kimenet állapotváltozása akkor következik be, amikor a vasmagot a nyíl irányában elmozdítva elérjük, majd meghaladjuk a differenciáltranszformátor egyensúlyi helyzetét. Ez persze csak akkor igaz, ha a komparátor bemeneti ofsztettségét a P-vel kiegyenlítettük, tehát az tényleg nullkomparátor!

A trimmerrel az érzékelési küszöbszint kismértékben eltolható, így azzal egy mechanikai finombeállító szerkezetet helyettesíthetünk.

Az  $R_{11}$  által létesített pozitív visszacsatolás a komparátor billenési küszöbszintjének némi hiszterézise árán a kimenet határozottabb átbillenését eredményezi.

## Megépítés, élesztés

Első lépésben a differenciáltranszformátort készítjük el, amely célszerűen merülőmagos rendszerű (2. ábra). A csévet textilbakelitből esztergáljuk,

vagy kerámia csőkonkondzátorból alakítjuk ki; eltávolítjuk a kivezetőhuzalokat, lekaparjuk a zománcot, vaskloridban leoldjuk az ezüstréteget. Alapos mosás és szárítás után felragasztunk rá négy bakelit szigetelőtalpát. Így az ábrázolthoz hasonló kialakítású, nagy stabilitású háromkamrás csévetesthez jutunk.

Igaz, ez nem vakfuratos, ezért a bevezetőben említett káros környezeti hatásoknak ellenálló végálláskapcsoló nehezebben készíthető vele. A zárt csévetestet az áramkörrel együtt ui. tömítetlen beépíthetjük pl. egy korrózióálló acélból készült házba. A mozgó géprez és a hermetikusan elzárt kapcsoló között így csak a vasmag létesít kapcsolatot, a mágneses mezőn keresztül.

A ferritcső a prototípusban egy régi NDK asztali rádió KF-trafójából származik, de egyes kiskereskedőknél is lehet kapni hasonlókat. A mozgó vasmagot is kiskereskedőnél vásároltam, de egy N200-as anyagú hangolómaggal (akár simával, akár menetessel) helyettesíthető. A vasmagot hordozó szár max. 0,8 mm átmérőjű kemény acélhuzal vagy injekciószt, amelyre azt ráragasztjuk. Ha a vasmag nem furatos, akkor egy kerámia csővecske végére ragaszthatjuk.

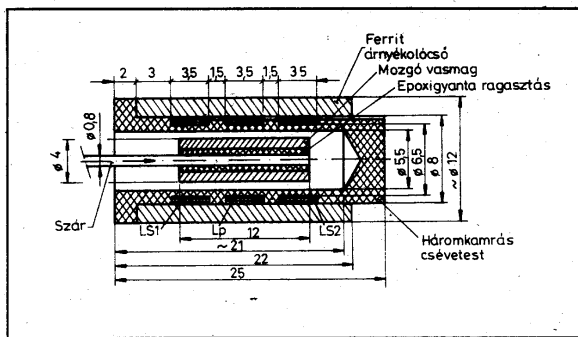
A tekercsek  $\varnothing 0,1$  MZZ huzalból készülnek, az 1. ábrán feltüntetett menetszámokkal. Ügyeljünk arra, hogy a megközelítési irány szerinti  $L_{S2}$  legyen a nagyobb menetszámú! A kész tekercseket Akrilán lakkal átitatjuk és szárítás után az árnyékoló csövet ráragasztjuk.

A kapcsoló nyák-rajza a 267. oldalon található meg; az alkatrészeket a 3. ábra alapján ültetjük be. A prototípushoz mind a tranzisztort, mind a  $D_1$ -et régi NDK műszerroncsból termeltük ki. Az SC236 pl. BC182B, BC183B, BC184B és még számtalan hasonló típussal helyettesíthető.

A „demodulátor fokozat” diódáinak termikus együfttutása a jó nullpontstabilitás miatt itt is alapkövetelmény. Ha valaki nem tud a SAL41-re (vagy hasonlóra) szert tenni, a júliusi számban leírt módszerrel válogathat párba két, azonos típusú univerzális Si diódát (pl. 1N4148 v. 1N4151-et). A diódapárt álló helyzetbe ültethetjük be, miután a két diódát szilikonzsírral „összeragasztottuk” és tekercshuzallal betekercseltük.

Először az oszcillátor alkatrészeit és  $C_3$ -at forrasztjuk be, majd csatlakoztat-

2. ábra



jük az áramkörhöz a differenciáltranszformátor primerjét. Az 5 V-os tápfeszültség rákapcsolása után a T kollektorán oszcilloszkóppal mintegy  $7 V_{cs-cs}$  amplitúdójú, kb. 300 kHz-es, esetleg alul kis-sé vágott szinuszelet kell mérnünk. A vasmagot a tekercstestbe helyezve és a cséve középig tolva, az amplitúdó kb.  $8 V_{cs-cs}$ -re nő, a frekvencia pedig mintegy 130 kHz-re csökken. Amennyiben a legnagyobb és a legkisebb amplitúdó között 15%-nál nagyobb különbséget tapasztalunk, az  $R_1$ -et csökkentjük!

Ha az oszcillátor a leirtak szerint működik, akkor ültessük be a kettősdiódát (vagy a két, párba válogatott diódát), az  $R_4...R_6$ ,  $C_4...C_6$  alkatrészeket és forrasszuk be a szekunder tekercsek kivezetéseit is! A tápfeszültség bekapcsolása után az A pont és a  $C_6$  melegpontja közé kapcsolt DVM az előjelhelyesen összegzett és szűrt egyenfeszültséget mutatja, amelynek abszolút értéke és polaritása a vasmag helyzetének függvénye.

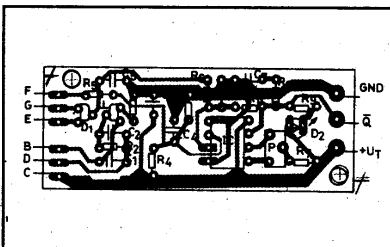
Utolsó lépésben a komparátort, a Boucherot-tagot, az  $R_9$ -et és a  $D_2$ -t ültessük bel! Amíg a vasmag nincs a csévében, illetve ha benn van, de még nem érte el a középhelyzetet, a Q szintje H, a LED nem világít. A vasmagot beljebb tolva a LED hirtelen, átmeneti fényerőváltozás nélkül kigyullad. (Az átmeneti fényerőváltozás az IC gerjedésére utal.)

### Ellenőrzés

A végállaskapcsoló ellenőrzésére a HE 1997/6. számának a címlapján szereplőhöz hasonló „mérőgépet” érdemes összeállítani. A digitális útmérő helyett most egy közönséges,  $1 \mu\text{m}$ -es érzékenységű mérőóra is megteszi.

Az IC 7. pontjára kapcsoljunk oszcilloszkópot és a vasmagot lassan a középhelyzet felé mozgatva figyeljük a szintváltozást! A váltási, tranzienst alatti max. 0,5 V-os fűrészellegű gerjedés jelentkezhet.

Amennyiben a P,  $R_7$  elemeket nem forrasztottuk be, a nullpontvándorlás  $1 \mu\text{m}$  akkor, ha a tápfeszültség  $+4,5...+5,5$  V között változik. Az ofszet-állító elemek kényelmessé teszik a kapcsolási helyzet finom beállítását (a nullponteltolás a megadott tekercsrendszerrel mintegy  $30 \mu\text{m}$ -re tehető), de megnövelik az áramkör tápfeszül-



3. ábra

ségváltozással szembeni érzékenységet. Ezért ilyenkor az áramkör feltétlenül jól stabilizált feszültséggel táplálandó!

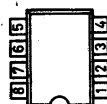
A végállaskapcsoló áramfelvétele +5 V tápfeszültségről, vasmag nélkül 5 mA, vasmaggal, inaktív állapotban 3 mA, aktív állapotban 10 mA.

A végleges beépítéskor a kimeneti jelet max. 1,5 m-es árnyékolt kábelen keresztül vezessük a jelet feldolgozó TTL vagy CMOS logikai áramkörhöz, amely Schmitt-trigger bemenetű legyen, néhány száz  $\Omega$ -os felhúzóellenállással.

Más alkalmazásokban a kimenet egy max. 100 mA-es izzót, vagy relét képes közvetlenül meghajtani.

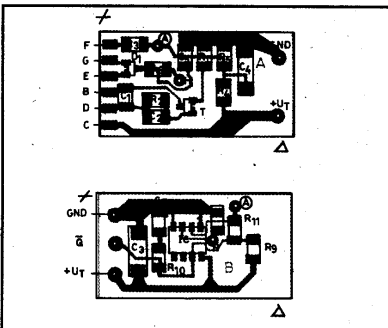
### Miniatur változat

Az áramkör SM-alkatrészekből is felépíthető. Az SM-változat aktív elemek típusát az 1. ábrán szögletes zárójelben feltüntettük. A kétoldalas panel „A”, ill. „B” oldali nyák-rajza szintén a 267. oldalon szerepel, a beültetést a



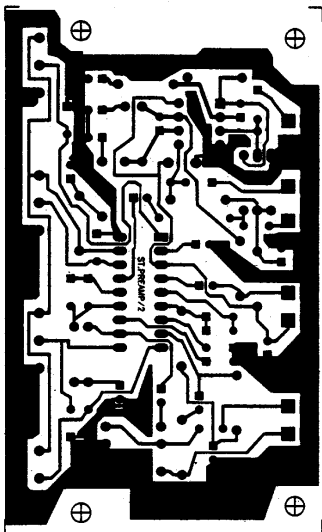
LMS11N

- 1: emitter
- 2: neminvertáló bem.
- 3: invertáló bem.
- 4: - $U_T$  (GND)
- 5: ofszet 0
- 6: ofszet 0/inhbit
- 7: kollektor
- 8: + $U_T$

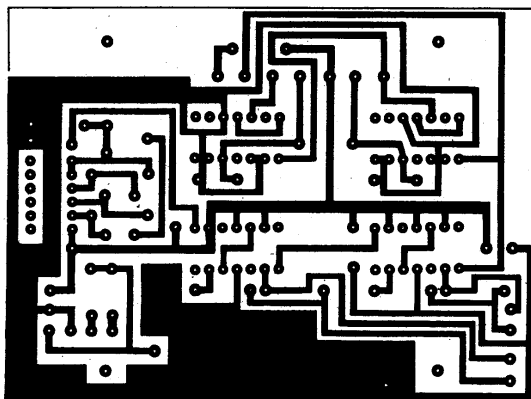


4. ábra

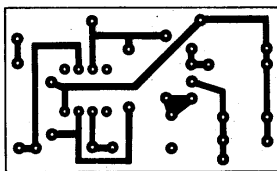
4. ábra szerint végezzük. Mint látható, ebből a változathoz az ofszetállító elemeket és a LED-et elhagytuk. ■



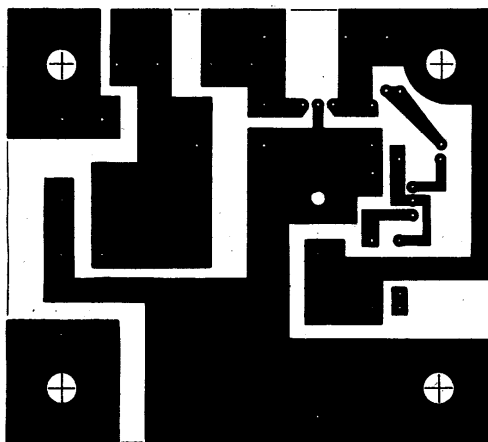
HIFI sztereó előerősítő



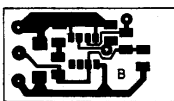
Frekvenciaosztó



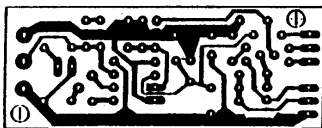
Jelkövető



Kísérletező-tápegység



Végálláskapcsoló



Autóóra-tápegység