

Differenciáltranszformátor illesztése egyszerűen és korszerűen II. 2.

Pálincás Tibor gépészmérnök

Mivel a visszacsatoló hálózatba a C_{10} -et is beiktattuk, egyenáramú szempontból az OPA erősítése 1, így a kimeneti ofszetfeszültsége megegyezik a bemenetivel. A váltófeszültségű erősítése (a C_4 , R_6 megszabta közel 20 kHz-es jelfrekvencián a C_{10} kapacitanciája az R_{10} , R_{11} ellenállásokhoz képest elhanyagolható) az alábbi:

$$A_{AC} = (R_{10}/R_G) + 1, \quad (10)$$

ahol R_G az R_{11} + a P_3 beállított értékének soros eredője. A biztos kalibrálhatóság érdekében célszerű $P_3 = 5 \text{ k}\Omega$ -mal számolni. A kapcsolási rajzon szereplő elemértékeket behelyettesítve, majd R_{11} -et kifejezve:

$$R_{11} = [100/(A_{AC} - 1)] - 5; \text{ k}\Omega. \quad (11)$$

A szükséges erősítést az LVDT átviteli tényezője, valamint az IC_2 1. lábán megkívánt kimeneti jelszint határozza meg. Ez utóbbi célszerűen $\pm 2,5 \text{ V}$ lehet, de ne haladja meg a $\pm 4 \text{ V}$ -ot! Az R_{11} értékét ennek figyelembevételével kell kikísérletezni, ill. kiszámolni. (Lásd később!) A CA3140S (CA3140AE, LF355, LF356) LF257-tel vagy LF357-tel nem helyettesíthe-

tő, mert utóbbiak ebben a kapcsolásban gerjedékenyek! Ha módunkban áll, akkor több példány közül válasszuk ki azt, amelyiknek az ofszetfeszültsége a legkisebb! (A CA3140-é tipikusan 2 mV, legfeljebb 5 mV.)

A kellően stabil referenciasfeszültség (amely egyben az áramkör tápfeszültsége is) előállítására a régi, jól bevált 723-at alkalmaztam (IC_1). A nagyobb stabilitás érdekében a szokásos áramfigyelő-ellenállást elhagytam. Az IC terhelhetősége legfeljebb 150 mA,

ezért a bemérésnél ügyelni kell arra, nehogy zárlatot okozunk a kimenetén, mert a 723-as tönkremegy! (Normál működés közben ez nem fordulhat elő, mert a jelkimenetek rövidzárási árama kb. 100 mA-re korlátozott, a rendszer áramfelvétele pedig normális esetben 20 mA körül van.)

A rendszer $+U_T$ tápfeszültsége az alábbi összefüggéssel számolható:

$$U_T = U_R \frac{R_2 + R_3}{R_3}; \quad (12)$$

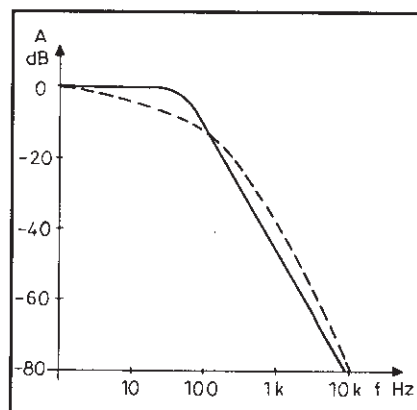
ahol $6,8 \text{ V} \leq U_R \leq 7,5 \text{ V}$.

Az R_1 optimális esetben a feszültségosztó ellenállásainak párhuzamos eredője:

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}. \quad (13)$$

A kapcsolásban ehhez közeli, szabványos érték szerepel.

A feltüntetett R_2 , ill. R_3 ellenállásértékekkel, a tűrések alakulásának legrosszabb esetére számolva, a stabilizált tápfeszültség értéke:



6. ábra

EURO

CIRCUITS

www.eurocircuits.hu

Professzionális nyákok: 1-9 db

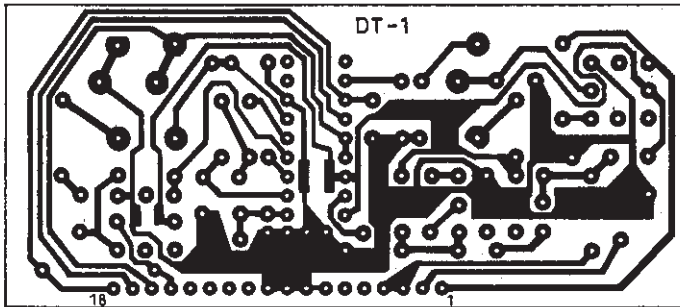
Kiváló minőség vonzó árakon

ISO 9001:2001

MINTINO

Egyoldalas		Kétoldalas		4-rétegű	
100x160mm		250x200mm		160x80mm	
9db	13.800,- Ft	6db	29.500,- Ft	3db	36.520,- Ft

Áraink az Áfát nem tartalmazzák.



7. ábra

$$10,75 \text{ V} \leq +U_T \leq 12,02 \text{ V}.$$

Tapasztalataim szerint a 723-asok többségére $U_R \approx 7,2 \text{ V}$ jellemző, ráadásul ezeknél a referenciafeszültség hőfokfüggése is kisebb, mint a megengedett $80 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$; a tápfeszültség – egyben a referenciafeszültség – jellemzően kb. $11,5 \text{ V}$ -ra adódik. (Ezért számoltunk az előző példáinkban ezzel a feszültségértékkel.)

Mivel a 723-as adatlapja szerint a nyers bemenőfeszültség legalább 3 V -tal kell, hogy meghaladja a kimenőfeszültséget, és a bemeneti zavarcsűrő fojtón is esik feszültség, a biztonság kedvéért $+16 \text{ V}$ -os külső tápfeszültséget írtam elő.

Érdeemes megnézni, hogy a két szélső $+U_T$ -érték mellett miként alakul az IC_2 oszcillátorfrekvenciája. A határértékeket külön-külön behelyettesítve az (1)-be, $f_{Omin} = 18,78 \text{ kHz}$, ill. $f_{Omax} = 19,06 \text{ kHz}$ adódik. (Az eltérés az LVDT-k szempontjából lényegtelen, a szintén minimális fázishiba-különbség pedig a P_2 -vel korrigálható.)

A működési frekvencia ismeretében a (9) alapján számítható az LVDT minimális primer önindukciós tényezője.

A számítást a rosszabb esetre, azaz az alacsonyabb frekvenciára végezzük el:

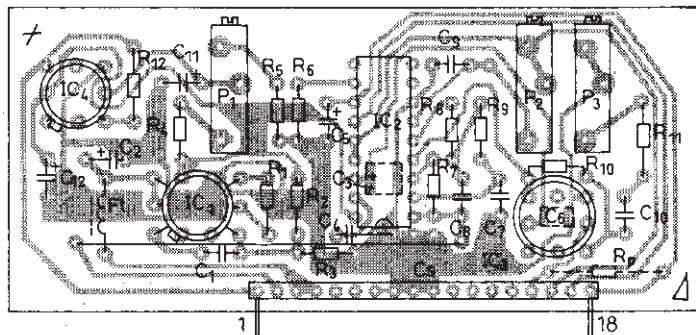
$$L \geq 47,7/18,78 \geq 2,54 \text{ mH}.$$

Kipróbáltunk egy házi készítésű ferritmagos LVDT-t, amelynek primer tekercse 10 mH -s, 35Ω huzalellenállás mellett. Az előbbi frekvenciával számolva, az adatokat behelyettesítve a (7) bal oldali összefüggésébe, $Z = 1180,5 \Omega$, a (8) alapján pedig $X_L = 1180 \Omega$ adódik.

Megjegyzem, hogy a gyári adatlapok általában közvetlenül a névleges üzemi frekvencián mérhető primerimpedanciát (és persze a szekunder impedanciát) adják meg.

Lévéen a kapcsolás „egytelepes” táplálású, a kimenőjelet pedig szimmetrikus bemenetű A/D-re, esetleg digitális panelvoltmérőre kívánjuk vezetni, gondoskodni kell egy „virtuális földpontról”, ami célszerűen az $U_{REF}/2$ pont lehetne. Azért, hogy e kimeneti pont forrásimpedanciája is hasonlóan kicsiny legyen, mint az IC_2 1. kivezetése, egy követőáramkört (IC_4) iktatunk be az $U_{REF}/2$ pont és az U_{K0} vonatkoztatási pont közé. A nullázást ezúttal az U_{K0} potenciáljának a P_1 trimmerrel való eltolásával valósítjuk meg.

Érdeemes néhány szót szólni az aluláteresztő szűrőről. A gyári ajánlás szerinti, a 3. ábrán bemutatott hálózat közel sem optimális. A másodfokú szűrő frekvenciamenetét a 6. ábrán szaggatott vonallal ábrázoltuk. Ugyanennyi külső alkatrészszel, ugyanezzel a típusú – az ún. Sallen-Key; az elemértékekre legkevésbé kényes – visszacsatoló hálózattal maximálisan lapos szűrő-karakterisztika is beállítható (vastag



8. ábra



LED NAGYKERESKEDÉS

Nagy fényerejű világító diódák
>1 kandela (van 10 is!)

LED-del készült fényforrások
vasúti, közúti fényjelzők

fehér ($x=0,31$; $y=0,31$), kék (470 nm),
mélykék (430 nm, csak 0,5 cd),
kékeszöld (500 nm),



zöld (525 nm), sárga (595 nm),
narancs (620 nm), vörös (630 nm),
mélyvörös (650 nm)

Fax szám: 36 -1-388-48-10

e-mail: percept@elender.hu

Kívánságra bemérjük és minősítjük a LED-eket.
Legkisebb rendelési mennyiség 200 darab.

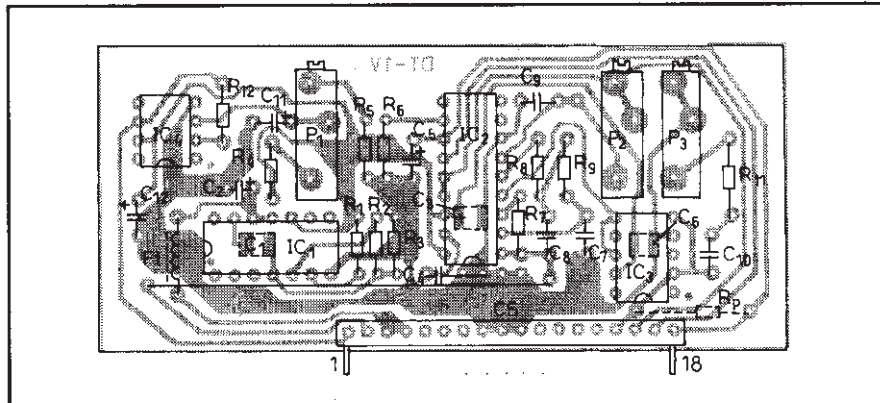
Percept Kft. Percept Kft. Percept Kft. Percept Kft. Percept Kft. Percept Kft. Percept Kft. Percept Kft. Percept Kft.

vonat). Az új elemértékek az 5. ábráról leolvashatók. Természetesen a szűrőhálózatban is érdemes 1%-os ellenállásokat és legfeljebb 2% tűrésű (esetleg az 5%-os sorozatból válogatott) műanyag dielektrikumú kondenzátorokat használni.

Elkészítés

A DT-1 típusjelet kapott áramkör egységesített méretű (40 × 90 mm-es), egyoldalon fóliázott nyáklapra épül fel (7. ábra). Az alkatrészek beültetése a 8. ábra alapján történik. Az alappanel hüvelysorához való elektromos csatlakoztatást a szintén egységes, 18 pólusú derékszögű, aranyozott tűsor biztosítja. A csatlakozókiosztás is többé-kevésbé „szabványos”, így pl. a kimeneti pontok a bal szélén helyezkednek el. Ezért volt szükség az egyetlen huzalátkötésre, amelyet szigetelt huzalból képeztünk ki, még az alkatrészek beültetése előtt.

Az ellenállások 2 v. 3 raszteres típusok. Az IC₂ számára érdemes precíziós IC-foglalatot beforrasztani. A 723-as és a két OPA kerek fémtokozású; ezek álltak kellő számban rendelkezésemre. A nyák némi áttervezésével a 14 lábú



10. ábra

723PC, ill. a DIL-8 tokozású műveleti erősítők is elhelyezhetők az adott területen. A minimálisan módosult elrendezésű DT-IV variáns nyáktervét a 9. ábra, az alkatrészek beültetését a 10. ábra mutatja. A DIL-tokú IC-khez tervezett panelon a C₁ is a fóliázott oldalra kerülő SM-kondenzátor!

Amennyiben a differenciáltranszformátor jellemzőit nem ismerjük pontosan, a C₉, ill. az R₁₁ elemet még ne forrasszuk be! A katalógusadatokat birtokában viszont a C₉ a (6)-ból számolható:

$$C_9 = \frac{\tan \Delta\phi}{(2 \cdot 10^{-2} \pi f_0)}; \text{ nF, fok, kHz.} \quad (14)$$

Ha a differenciáltranszformátorunk fázishibája pl. $\Delta\phi = 10^\circ$, akkor

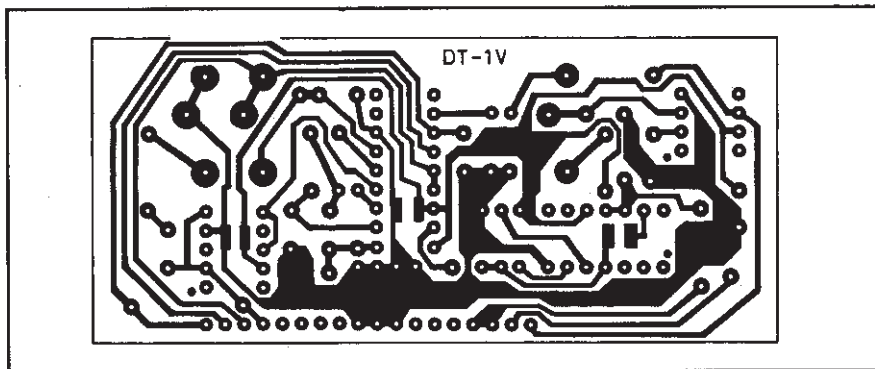
$$C_9 \approx 0,176 / (2 \cdot 10^{-2} \pi \cdot 18,78) \approx 0,149 \text{ nF} \approx 150 \text{ pF.}$$

(R_p-t 10 kΩ-ra, azaz a trimmer középértékére célszerű felvenni. Megjegyzem, hogy ezen a frekvencián már az AC-erősítő fázishibája sem elhanyagolható, de a trimmer kompenzációs tartományába ez is bőven belefér.)

Az LVDT kimenőfeszültségét az alábbi általános formula adja meg:

$$U_{LVDT} = s \cdot d \cdot U_{pr}; \quad V, \quad (15)$$

ahol s = a mérőfej átviteli tényezője, pl. mV/V/mm-ben (katalógusadat), d = a vasmag elmozdulása a nullhelyzettől a méréstartomány határáig (előfordul, hogy az előbbi két adatot 1"-re, azaz 25,4 mm-re, ill. 0,1"-ra vonatkoztatják), U_{pr} = a gerjesztőfeszültség.



9. ábra

Nagy Évkönyv-akció!

A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

'91, '92, '93, '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02 kötetek közül
1 db csak 900 Ft-ért,

2 db most összesen 1590 Ft-ért kapható.

1991...2002-ig, 12 db csak 8888 Ft!

Az akcióban tehát
2-4-6... egyforma
vagy különböző
példányt lehet
vásárolni.

✉ 1374 Bp., Pf. 603.
hambazar@radiovilag.hu

Személyesen a
szerkesztőségben,
Budapest XIII.,
Dagály u. 11.
I. em. 130.
9-14 óráig
Tel./fax: 239-4932

Legyen $s = 60 \text{ mV/V/mm}$, $d = 2 \text{ mm}$; (a korábbi példánk szerint)! Az $U_{REFmax} = 12,02 \text{ V}$ -hoz tartozó kimenőfeszültség a 13. vagy a 14. kivezetésen a (4) alapján:

$$U_0 = 12,02/8,8 = 1,366 \text{ V.}$$

Tekintettel az ellenfázisú vezérlésre, az LVDT primerjére kerülő gerjesztőfeszültség:

$$U_{pmax} = 2 \cdot 1,366 = 2,732 \text{ V}$$

A minimális, 10,75 V-os U_{REF} -re elvégezve a számítást:

$$U_{pmin} = 2,44 \text{ V adódik.}$$

A közepes U_p -el számolva:

$$U_{LVDT} = 0,06 \cdot 2 \cdot 2,586 \approx 0,31 \text{ V.}$$

Tételezzük fel, hogy a jelet egy $\pm 2,5 \text{ V}$ mérés határú A/D-kártyára kell vezetnünk! Az A/D felbontásának optimális kihasználásához szükséges erősítés:

$$A_{AC} = 2,5/0,31 \approx 8.$$

Ezt a (11)-be behelyettesítve $R_{II} \approx 9,28 \text{ k}\Omega$ -ot kapunk. (Ide beforsztathatjuk pl. az E48-as sorból választott 9,09 vagy 9,53 $\text{k}\Omega$ -os ellenállást.)

Ellenőrzés, beállítás

A nyákok alaposan vizsgáljuk át, hogy nincs-e rajta zárlat vagy szakadás! Az NE5521N-t egyelőre ne dugaszoljuk a foglalatba!

A külső 16 V-os tápfeszültség rákapsolása után ellenőrizzük a stabilizált feszültséget, valamint azt, hogy az U_{k0} ponton beállítható-e a $+U_T$ tápfeszültség fele, illetve ekkor a P_1 középpontban van-e! Ezt a pontot kívül ideiglenesen összekötve az S2 ponttal (15. - 18. csatlakozópont rövidre zárása), az IC₃ kimenetén is ugyanez a feszültség kell, hogy mérhető legyen. (A millivoltmérőt az OPA 3. és 6. lábára csatlakoztatva az IC₃ ofszettfeszültsége mérhető, ami abszolút értékben nem haladhatja meg a 7,5 mV-ot; tipikusan $\pm 2 \text{ mV}$.) A kártya áramfelvétele 10 mA körüli.

Ha minden rendben van, akkor helyezzük a foglalatba az IC₂-t, majd kapcsoljuk be ismét a tápfeszültséget! Az áramfelvétel kb. 25 mA-re nő. Az NE5521N 1. és 12. lábán - és persze a 2., ill. a 18. csatlakozóponton is - a tápfeszültség felének kell megjelen-

nie, a 16., ill. a 17. csatlakozóponton pedig az oszcillátorjelnek. Ez utóbbit oszcilloszkóppal, ill. frekvenciamérővel ellenőrizzük, szükség esetén a C₄-et cseréljük!

A 15. - 18. csatlakozópont ideiglenes rövidzárának megszüntetése után csatlakoztassuk a differenciáltranszformátort! Annak működtetése és a kimenőfeszültség mérése közben megállapítható a kívánt erősítés, amit a megfelelő értékű R₁₁ beforsztásával és a P₃ beállításával végeztünk. Előzőleg azonban a P₂-vel maximumra állítjuk a kimenőfeszültséget. Ha szükséges, akkor a C₉-et értelem szerűen cseréljük ki olyan kapacitására, hogy a $\Delta\phi$ a P₂ kb. középpontjában legyen optimális!

Irodalom:

1. Pálkás Tibor: Differenciáltranszformátor illesztése egyszerűen és korszerűen (Rádiótechnika 1999/5.)
2. Zahid Rahim: AN1182 application note; Using the NE5521 signal conditioner in multi-faced applications (alkalmazási segédlet; Philips, 1988.)
3. NE/SA/SE5521 LVDT signal conditioner (adatlap; Philips, 1994.)

Meghívó

A Makói Rádióamatőr Klub (HA8KCI) szeretettel meghív minden rádióamatőrt, CB-st, rádiózás iránt érdeklődőt és családtagot a makói Délkelet-határmenti Nemzetközi Rádiós Találkozóra.

Ideje: 2003. július 18-20.

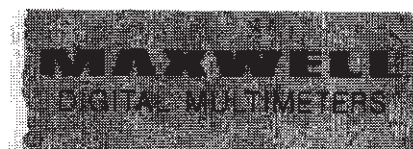
Helyszíne: Makó, Maros-part.

A programból: szombaton kb. 8 órától börze. Délután és este szakmai- és élménybeszámolók, tájékoztatók, majd vidám rendezvények lesznek. Vasárnap jut idő a környék megismerésére és strandolásra is.

Szálláshelyek: Camping Motel (a Maros hídjánál, 250 m-re a találkozó helyétől), tel.: (62) 211-914. Panziók: Família, Erdei F. tér 8. (62) 211-924; Fenyő, Batthyány u. 38/b, (62) 212-951; Kerekes, (62) 216-687.

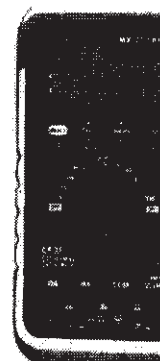
Étkezési lehetőségek: a helyszínen folyamatosan működő büfé; szombaton 13 órától (a táborban) marhapörkölt körettel, savanyúsággal (800 Ft). Igénybejelentés júl. 11-ig HA8LUX Mándoki Sándornál, (62) 215-359. Legközelebbi étterem: Autós csárda a Maros-hídnál.

További tájékoztatás kapható a helyi (HA8CL, CN, EB, EN, LUX,...) és a Csongrád megyei (HA8FW,...) amatőröktől, vagy e-mail címen: <nagyilajos@mak.hu> (HA8EN), vagy <hg8fh@freemail.hu>, vagy levélben: MRK, (H-)6900 Makó, Ráday u. 3.



DIGITÁLIS MULTIMÉTEREK DIGITÁLIS LAKATFOGÓK DIGITÁLIS THERMOMÉTER

Műszaki adatok	
Kijelző	8+3 digitos
DC V	1µV-1000V
AC V	1µV-750V
DC A	1µA-10A
AC A	1µA-10A
Ellenállás	0,1Ω-200MΩ
Frekvencia	0,1Hz-60Hz
Kapacitás	200pF-100µF
diagn.	akumulátor
Dióda teszt	igen
Folytonossági teszt	igen
Hangjelzés	igen
Tesztjel kimenet	30 Hz, 0,5-5000Hz
Hőmérséklet	50°C-1370°C
Méret (H x Sz x M)	50 x 25 x 20 mm
Tömeg	25g
Tartozékok	hordozható, RS232C kábel, szívesen



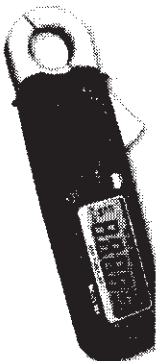
Autódiagnózis, hibadiagnózis, RS232C kommunikáció, Frekvencia, Hőmérséklet, Automatikus kikapcsolás, Automatikus mérési mód, Opak, Fordítottáramlás, Kábel, Hőmérséklet, Nagykapacitású akkumulátor

Műszaki adatok	
Kijelző	3 1/2 digitos
DC V	0,1mV-1000V
AC V	0,1mV-700V
DC A	1µA-20A
AC A	1µA-20A
Ellenállás	0,1Ω-200MΩ
Tranzistor teszt	0-1000
Dióda teszt	igen
Folytonossági teszt	igen
Kapacitás	10pF-200µF
Induktivitás	1µH-20H
Frekvencia	1Hz-10MHz
Hőmérséklet	-40°C-+1000°C
Hangjelzés	igen
Méret (H x Sz x M)	100x88,5x31mm
Tömeg	320g (elemekkel)
Tartozékok	mérőszínek (1 pár), tápellátás, RS232C kábel, mérő színek, elem



Csatlakozók rögzítés

Műszaki adatok	
Kijelző	8+3 digitos
DC V	0,1mV-600V
AC V	1mV-600V
DC A	0A-200A
AC A	0A-200A
Ellenállás	0,1Ω-40MΩ
Dióda teszt	igen
Kapacitás	10pF-200µF
Frekvencia	0,01Hz-400kHz
Körhőmérséklet	0,1-99,9%
Hangjelzés	igen
Folytonossági teszt	igen
Méret (H x Sz x M)	181x43x30mm
Tömeg	225g
Tartozékok	mérőszínek (1 pár), elem, hordozható, kezelési utasítás



Adatregisztrálás, Kijelző nullázás (árammérésnél), Automatikus kikapcsolás, Automatikus mérési mód

TOVÁBBI MŰSZEREINKRŐL INFORMÁCIÓT A
www.maxwell-digital.com
WEBOLDALON ÉS A LENTI TELEFONSZÁMON KAPHAT

MAXWELL DIGITAL KFT.
1030 Budapest, József u. 3-102
tel: 06-21-91-30-32