

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Přehled výrobců a parametrů audio transformátorů**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan RYBÁR**  
Osobní číslo: **E11B0082K**  
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Název tématu: **Přehled výrobců a parametrů audio transformátorů**  
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište možnosti řešení audio transformátorů.
2. Vytvořte přehled výrobců a parametrů různých audio transformátorů.
3. Vyberte vhodné audio transformátory pro linkové a mikrofonní úrovně používané v ozvučovací technice.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

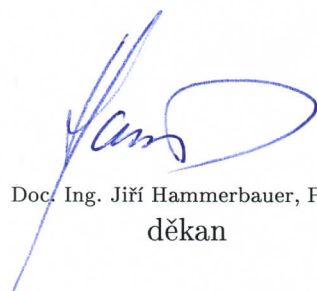
Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Ladislav Zuzjak**

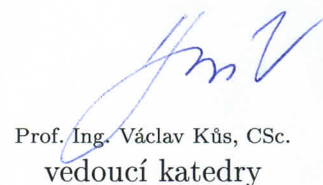
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**



Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

## **Abstrakt**

Cílem této práce je popsat možnosti řešení audio transformátorů, vytvoření přehledu výrobců a jednotlivých audio transformátorů na našem trhu, a nakonec vybrání vhodných audio transformátorů pro linkové a mikrofonní úrovně používané v ozvučovací technice.

## **Klíčová slova**

Transformátor, signálový transformátor, audio transformátor.

## **Abstract**

The aim of this study is to describe possible solutions audio transformers, as well as creating a list of manufacturers of audio transformers on the market and then select the appropriate audio transformers for line and microphone levels used in PA technology.

## **Key words**

Transformer, signal transformer, audio transformer.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 9.6.2014

Jan Rybár

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Ladislavu Zuzjakovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

## Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>2 ZÁKLADNÍ POJMY</b> .....	<b>11</b>
2.1 ELEKTROMAGNETICKÁ INDUKCE .....	11
2.2 TRANSFORMÁTOR.....	13
2.2.1 Ztráty nakrátko.....	16
2.2.2 Ztráty naprázdno.....	17
<b>3 SDĚLOVACÍ TRANSFORMÁTORY</b> .....	<b>19</b>
3.1 ZÁKLADNÍ ÚTLUM .....	20
3.2 ÚTLUM SPODNÍHO PÁSMU .....	22
3.3 ÚTLUM HORNÍHO PÁSMU .....	22
3.4 HARMONICKÉ ZKRESLENÍ.....	23
<b>4 PŘEHLED VÝROBCŮ A PARAMETRŮ AUDIO TRANSFORMÁTORŮ</b> .....	<b>24</b>
<b>5 VÝBĚR AUDIO TRANSFORMÁTORŮ PRO LINKOVÉ A MIKROFONNÍ ÚROVNĚ</b> .....	<b>30</b>
<b>6 ZÁVĚR</b> .....	<b>32</b>
<b>7 POUŽITÁ LITERATURA:</b> .....	<b>33</b>
<b>8 SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>34</b>



## Seznam symbolů a zkratek

$S$ .....	Plocha [ $m^2$ ]
$\alpha$ .....	Úhel [ $rad$ ]
$B$ .....	Magnetická indukce [ $T$ ]
$\Phi$ .....	Magnetický indukční tok [ $Wb$ ]
$U$ .....	Napětí [ $V$ ]
$I$ .....	Proud [ $A$ ]
$R$ .....	Odpor [ $\Omega$ ]
$C$ .....	Kapacita [ $F$ ]
$L$ .....	Indukčnost [ $H$ ]
$\sigma$ .....	Činitel rozptylu [-]
$k$ .....	Koeficient převodu transformátoru [-]
$P$ .....	Výkon [ $W$ ]
$\omega$ .....	Úhlová rychlost [ $rad \cdot s^{-1}$ ]
$f$ .....	Frekvence [ $Hz$ ]

## **1 Úvod**

Hlavním úkolem transformátorů v audio zařízeních je především galvanické oddělení a impedanční přizpůsobení. Různé zdroje zvukového signálu, jako např. mikrofony, mají impedanci odlišnou od impedance požadované pro další přenos signálu. Přirozeně, bez konverze impedance by přímé připojení do přenosového řetězce způsobilo značnou změnu úrovně signálu, navíc frekvenčně závislou, a další možné nežádoucí jevy, jako např. zkreslení, menší odolnost vůči rušení při dlouhém vedení nebo přetížení výkonového stupně (u elektronkového zesilovače).

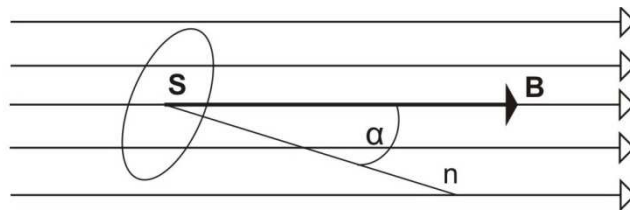
## 2 Základní pojmy

### 2.1 Elektromagnetická indukce

Elektromagnetická indukce je fyzikální jev, který vzniká v nestacionárním (nestálém, měnícím se) magnetickém poli. Pro vznik indukce je nutná uzavřená smyčka vodiče a magnetické pole. Vzájemným působením pak vzniká indukované elektromotorické napětí, které vzniká, jestliže:

- se mění proud, který prochází vodičem, jenž se nepohybuje
- se pohybuje vodič s proudem (konstantním nebo proměnným)
- se pohybuje permanentní magnet nebo elektromagnet v blízkosti pevného vodiče.

Jestliže pak připojíme k vodiči (cívce) voltmetr a budeme-li pohybovat magnetem v blízkosti cívky, změříme na voltmetru indukované napětí. Napětí bude kladné nebo záporné podle směru, kterým pohybuje magnetem.



Obr. 1: Magnetický indukční tok

Elektromagnetickou indukci pak vyjadřujeme jako magnetický indukční tok  $\Phi$ . Tato veličina vychází z indukčních čar. Když rovinnou plochu o obsahu  $S$  umístíme do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí  $B$ , pak magnetický indukční tok je určen vztahem

$$\Phi = B \times S \times \cos \alpha \quad (1)$$

Úhel  $\alpha$  svírá vektor magnetické indukce  $B$  s normálovým vektorem plochy  $S$ . V případě, že indukční čáry jsou s plochou rovnoběžné, pak je indukční tok nulový, protože

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \text{ rad } \Phi \cos \alpha = 0 \quad (2)$$

Magnetický indukční tok  $\Phi$  je skalární veličina, v soustavě SI je jeho jednotkou  $Wb$  (weber).

Pro děje v nestacionárním magnetickém poli jsou charakteristické změny indukčního toku. Ty jsou způsobeny buď změnou  $B$  (změna velikosti proudu vodiče nebo změnou polohy vodiče či magnetu), nebo změnou plochy  $S$  nebo změnou úhlu  $\alpha$  (rotace cívky nebo magnetu). Jde tedy o změnu indukčního toku  $\Delta\Phi$  za čas  $\Delta t$

V praxi se pak setkáme s tím, že se v homogenním magnetickém poli otáčí kolem své osy rovinný závit. Když se otáčí s úhlovou rychlostí  $\omega$ , pak pro úhel platí

$$\alpha = \omega t \quad (3)$$

a pro indukční tok

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \omega t \quad (4)$$

V závislosti na změnách indukčního toku se na závitě indukuje napětí, které je také harmonické. Je však velmi malé, proto zvýšení indukovaného napětí docílíme tak, že použijeme rovinnou cívku s  $N$  závitů. Pak bude platit

$$\Phi = N \cdot B \cdot S \cdot \cos \omega t \quad (5)$$

Velikost indukovaného napětí určuje Faradayův zákon elektromagnetické indukce:

Změní-li se magnetický indukční tok uzavřeným vodičem za dobu  $\Delta t$  o  $\Delta\Phi$ , indukuje se ve vodiči elektromotorické napětí, jehož střední hodnota je

$$U_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (6)$$

Kde  $\Delta\Phi$  je změna indukčního toku a  $\Delta t$  změna času.

V oblasti transformátorů využíváme rovněž Lenzův zákon, který říká, že indukovaný elektrický proud v uzavřeném obvodu má takový směr, že svým magnetickým polem působí proti změně magnetického indukčního toku, která je jeho příčinou.

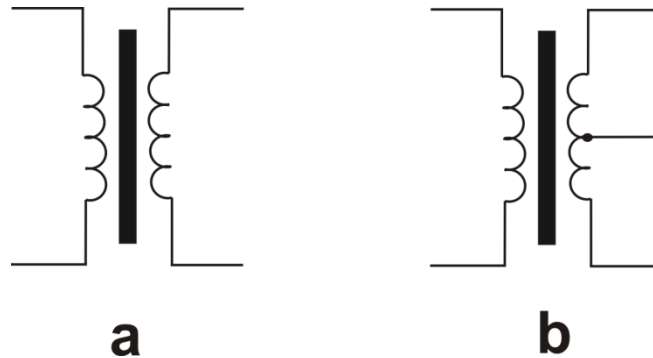
Ve formulaci Faradayova zákona je Lenzův zákon zahrnut ve znaménku minus.

Pro indukovaný proud  $I_i$  platí

$$I_i = \frac{U_i}{R} \quad (7)$$

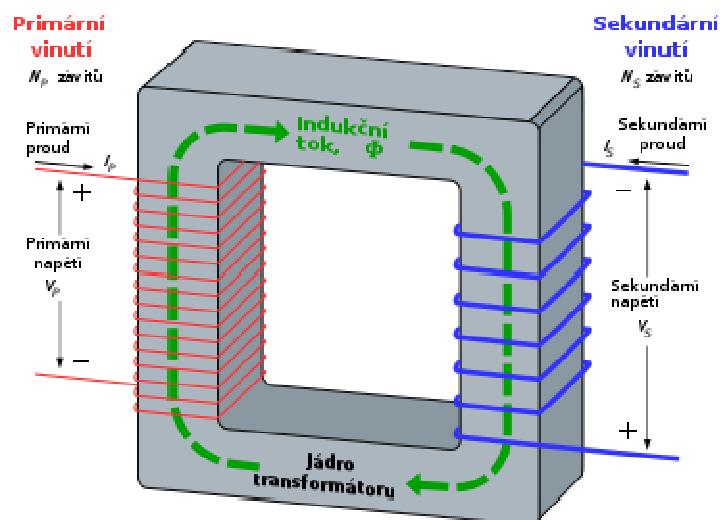
## 2.2 Transformátor

Transformátor je netočivý elektrický stroj. Je tvořen nejčastěji dvěma vinutími (cívkami), primární a sekundární, které jsou umístěny na společném jádře



Obr. 2: Schematická značka transformátoru a) bez odbočky, b) s odbočkou

Primární vinutí slouží k převodu elektrické energie na magnetickou. Přivedením elektrického proudu na primární stranu se vytváří ve vinutí magnetický tok  $\Phi$ . Tento tok je veden magnetickým obvodem (jádre) k sekundárnímu vinutí. Účelem magnetického obvodu většiny transformátorů je zajistit, aby co nejvíce magnetických siločar procházelo zároveň primární a sekundární cívkou.



Obr. 3: Základní princip transformátoru

[[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0b/Transformer3d\\_col3\\_cs.svg/763px-Transformer3d\\_col3\\_cs.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0b/Transformer3d_col3_cs.svg/763px-Transformer3d_col3_cs.svg.png)]

V sekundární cívce se podle principu Faradayova indukčního zákona, který jsme si popsali výše, indukuje elektrické napětí. Proto transformátor pracuje jen na střídavý nebo pulsující proud, protože u stejnosměrného proudu se nemění magnetický tok (tj. derivace konstantního toku je nulová) a na sekundárním vinutí nevzniká žádné napětí. „Má-li primární cívka zanedbatelný odpor, má indukované napětí stejnou hodnotu jako napětí připojeného zdroje, ale má opačnou fázi. Pro poměr efektivních hodnot indukovaných napětí odtud vyplývá rovnice transformátoru:

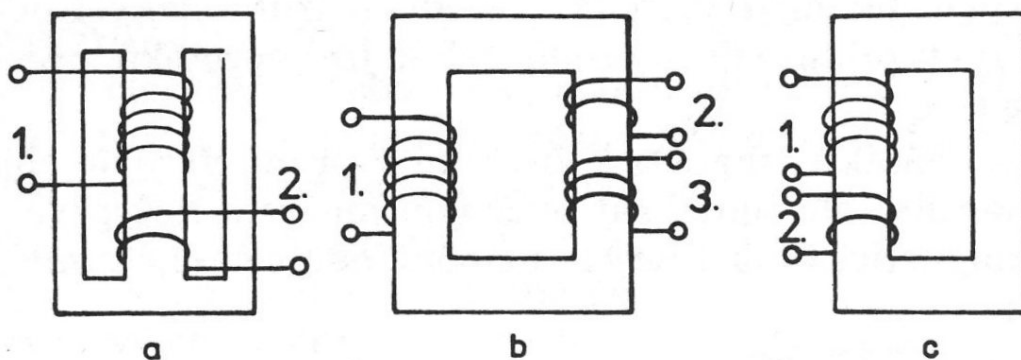
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k \quad (8)$$

Veličina  $k$  se nazývá transformační poměr transformátoru.“ [1]

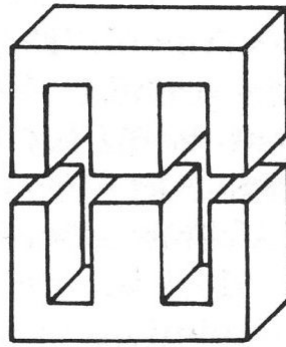
Pro  $k$  mohou nastat tyto případy:

- a)  $k > 1$  - transformace nahoru - dochází k ní v elektrárnách, v nichž se vyrobené napětí transformuje před přenosem na vysoké napětí.
- b)  $k < 1$  - transformace dolů - používá se v městských rozvodnách, v adaptérech mobilních telefonů a podobně.

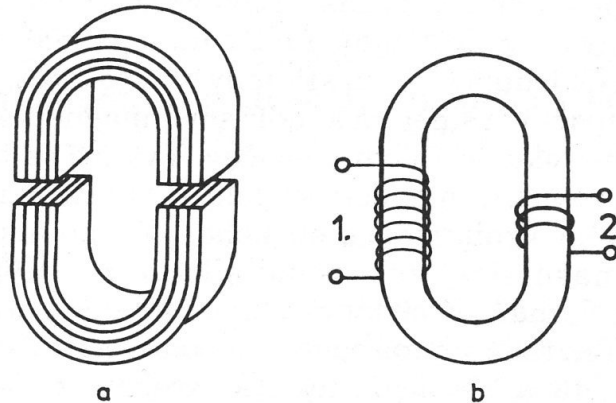
Transformátory jsou různé a liší se značně i ve sdělovací technice. Záleží na tvaru a velikosti jádra, z kterého jsou zhotoveny, ale také na složení materiálu jádra. Důležité je rovněž umístění cívek na jádře.



Obr. 4: Tvary jádra transformátoru a umístění vinutí, a) plášťový transformátor, b), c) jádrový transformátor [1]



Obr. 5: Jádru transformátoru z feritového materiálu [1]



Obr. 6: Dvoudílné C-jádru z ohnutých transformátorových plechů, a) tvar jádra, b) rozmístění vinutí [1]

Jádru může být provedeno, co se týká tvaru, několika různými způsoby. Nejčastěji se setkáme s tzv. plášťovým transformátorem, viz obr. 4a, zvonkový transformátor, jádrový typ, navíc má primární i sekundární vinutí na stejné větvi jádra, viz obr. 4b. Pokud je jádro vyrobeno ze železných materiálů, a to je ve většině případů, nemůže být nikdy zhotoveno z jednolitého kusu, ale musí být z jednotlivých plechů, a to z důvodů ztrát, které jsou více rozebrány v další části textu. Tyto transformátorové plechy se pak ukládají do kostry cívky vždy v určitém pořadí, jsou od sebe navzájem izolované a musí být pevně stažené k sobě. V některých případech je jádro z plného černého materiálu, který se nazývá ferit. Feritové jádro tvoří dva kusy, viz obr. 5. Některé transformátory pak mají jádro z ohnutých pevně spojených plechů ve tvaru písmena C, takzvané C-jádru, viz obr.6. Obě části jádra mají dosedací plochy zabroušené.

Rovnice transformátoru byla odvozena za zjednodušených podmínek - neuvažovali

jsme ztráty vznikající přeměnou elektrické energie na vnitřní energii vinutí a jádra transformátoru. Transformátor pracoval bez zatížení, naprázdno - sekundárním vinutím neprocházel žádný proud ( $I=0$ ). Odebíráme-li ze sekundárního vinutí proud, zvětšuje se také proud primárního vinutí. Přestože jsou odpory cívek malé, vznikají ve vinutí ztráty, a proto bývá sekundární napětí zatíženého transformátoru o 2 % až 10 % menší, než odpovídá transformačnímu poměru. V transformátorech vznikají ztráty zahříváním vodičů cívek, vířivými proudy a hysterezní ztráty. Účinnost malých transformátorů proto bývá 90 % až 95 %, velkých až 98 %.

### 2.2.1 Ztráty nakrátko

Ztráty nakrátko jsou způsobeny ohmickým odporem vodiče, který tvoří vinutí primární a sekundární cívky, proto jim také jinak říkáme ztráty v mědi. Při průchodu elektrického proudu tímto vodičem dochází k přeměně části přenášené energie na Jouleovo teplo, které je vyzářeno v podobě tepelné energie a způsobuje oteplení vinutí transformátoru. Ztráty nakrátko jsou proměnlivé podle zatížení transformátoru, tedy podle toho jak velký výkon transformátor přenáší.

Ztráty nakrátko se měří při zkratovaném sekundárním vinutí (zapojení nakrátko = do zkratu) a při napájení transformátoru napětím sníženým na takovou úroveň, aby proud primárním vinutím byl roven jmenovitému proudu. Měřením transformátoru nakrátko se určuje velikost ztráty ve vinutí zapříčiněnou činným odporem vinutí, které rostou se druhou mocninou proudu.

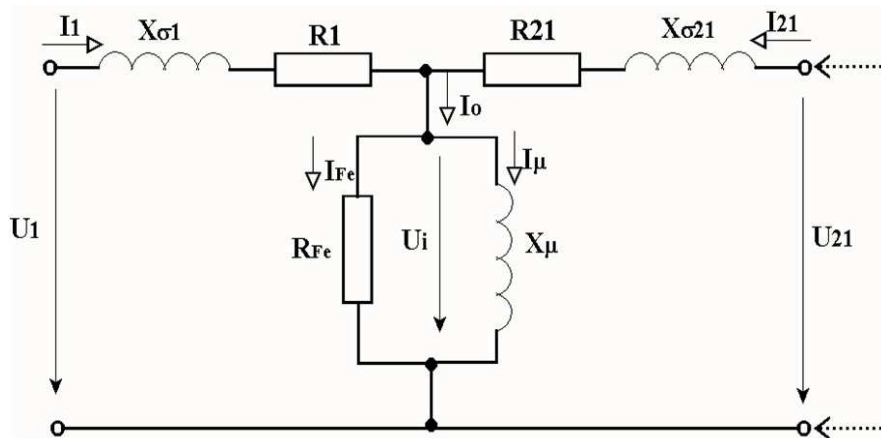
$$P_{Cu} = R \cdot I^2 \quad (9)$$

Zanedbávají se přitom ztráty v magnetickém obvodu, které jsou konstantní a se zatížením se nemění. Měřením zjišťujeme poměrné napětí nakrátko, jež se udává v procentech ze jmenovitého napětí.

$$u_k = \frac{U_k}{U_n} [\%] \quad (10)$$

Čím větší je napětí nakrátko, tím menší je proud nakrátko a tím menší jsou i ztráty ve vinutí transformátoru. Transformátory s velkým zkratovým napětím jsou měkké zdroje napětí, transformátory s malým zkratovým napětím jsou tvrdé zdroje napětí.





Obr. 7: Náhradní schéma obvodu transformátoru [5]

### 2.2.2 Ztráty naprázdno

Ztráty na prázdno jsou ztráty především v magnetickém obvodu transformátoru, proto se jim také jinak říká ztráty v železe. Skládají se z těchto složek: ztráty magnetizační a ztráty vířivými proudy.

Magnetizační ztráty jsou energií, která je zapotřebí k přemagnetování feromagnetického materiálu při hysterezi.

Vířivý proud vzniká na principu Faradayova zákona elektromagnetické indukce. Zde jde o parazitní jev, při kterém dochází k naindukování napětí v železném magnetickém obvodu transformátoru. Směr vířivého proudu je kolmý na směr magnetického indukčního toku. Z důvodu snížení těchto ztrát se magnetický obvod vyrábí z navzájem izolovaných plechů. Vířivý proud je totiž přímo úměrný kvadrátu plochy, na které se indukuje. Rozdělíme-li tuto plochu rozplechováním např. na 100 menších obdélníkových oblastí, bude v každém takovém plechu 10 000x menší ztráta vířivým proudem. Jelikož je plechů 100 jsou celkové ztráty 100x menší než v případě magnetického obvodu z jednoho kusu.

Ztráty naprázdno se zjišťují měřením naprázdno. Při něm je transformátor napájen do primárního vinutí jmenovitým napětím a současně má všechny ostatní svorky rozpojeny = bez zátěže (na prázdno). Činný proud vstupního vinutí je tedy spotřebován na ztráty naprázdno

a můžeme je z něj snadno spočítat. Z měření naprázdno určujeme: proud naprázdno, ztráty naprázdno, převod transformátoru a účinník.

Do těchto ztrát se započítávají i méně významné děje jako je magnetostrikce, což je změna mechanických rozměrů magnetického obvodu úměrná magnetickému toku. Tyto periodické změny jsou pak dobře slyšitelné jako tichý tón o dvojnásobku frekvence budícího napětí. Dále sem patří ztráty vířivými proudy ve vinutí transformátoru. Pro jejich snížení se i vinutí zhotovuje složením z více navzájem odizolovaných tenkých vodičů.

### 3 Sdělovací transformátory

*„Audio transformátory patří do skupiny sdělovacích transformátorů. Těmi se označují takové transformátory, které přenášejí analogové informační signály. V současné době se používá více než deset typických materiálů, které umožňují konstrukci těchto transformátorů v potřebném kmitočtovém rozsahu 10 Hz až 30 MHz. Účinnost přenosu elektrických výkonů transformátorů v tomto rozsahu kmitočtů dosahuje až 0,9. Ve spotřební elektronice v akustickém rozsahu kmitočtů, tedy 10 Hz až 20 kHz, mohou transformátory přizpůsobovat impedanci 2  $\Omega$  k impedanci na sekundární straně maximálně až na 0,3  $M\Omega$ , miniaturní typy až k impedanci 1  $M\Omega$ . Neustálá potřeba na zmenšování všech součástí klade na sdělovací transformátory požadavky na podstatné zmenšování jejich rozměrů, což vede často k omezení některých vlastností. Nejmenší dnes používané typy mají objem přibližně 0,3  $cm^3$ . Technologie vinutí je v takových případech velmi náročná, protože se používají vodiče o průměru 0,02 mm. Pro povrchovou montáž se používají i bezvinutové transformátory, u nichž je vinutí vyrobené tlustovrstvou technologií včetně vytvoření feritového magnetického obvodu.“ [6]*

Mikrominiaturizace, která sdružuje jednotlivé prvky obvodů ve funkční celky, naráží u transformátorů na potíže, které se skrývají v samotných principech. Vzhledem k tomu, že velikost magnetické indukce u magnetických materiálů je omezená, můžeme vysoké hodnoty indukčního toku, které je potřeba dosáhnout u vinutí s velkou indukčností, dosahovat jen s vinutím o velkém počtu závitů. Samotná technika vinutí a s ní spojené pájení vývodů však vede k nižší životnosti a spolehlivosti. Rovněž samotné vinutí omezuje možnosti automatizace výroby a s tím spojené zvyšování produktivity a snižování ceny. Díky tomu jsou sdělovací transformátory nákladným prvkem elektrických obvodů. *„Způsob, jak snížit tyto náklady, spočívá v typizování základních parametrů, které by umožnilo pracovat s transformátorem podobně, jako se pracuje s kondenzátorem a odporem.“ [6]*

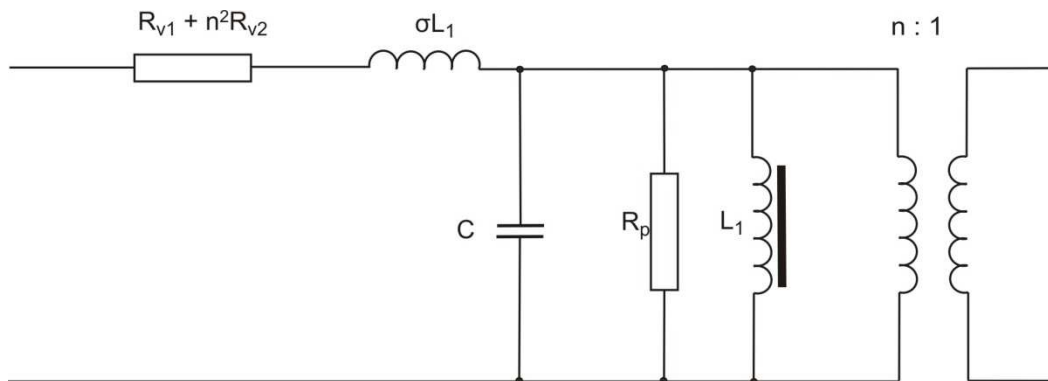
*Návrh sdělovacího transformátu vychází ze způsobu použití, požadavků na přenášené pásmo, na velikost přenášených napětí a proudů. Měl by také zahrnovat teplotní, časovou, klimatickou i mechanickou odolnost. Rovněž uvažuje konstrukční a hospodářská omezení. Technologie výroby sdělovacích transformátorů musí splňovat předpisy na jejich bezpečný provoz.“ [6]*

Náhradní schéma sdělovacího transformátoru vychází ze základního schématu ideálního transformátoru doplněného o kaskádně zapojený skutečný transformátor. Protože u skutečných transformátorů se činitel vazby pohybuje mezi 0,98 až 1, obtížně se s ním počítá

a proto se zavádí činitel rozptylu  $\sigma$ , který je i snadněji změřitelný, definovaný takto:

$$\sigma = 1 - k^2 \quad (11)$$

Dále jej také musíme doplnit o odpory vinutí v primární a sekundární cívce  $R_{v1}$  a  $R_{v2}$ , aby se schéma co nejvíce přiblížilo fyzikálním skutečnostem, a také náhradní kapacitu  $C$  a ztrátový odpor  $R_p$  způsobený ztrátami v jádru transformátoru.



Obr. 8: Náhradní schéma sdělovacího transformátoru

Toto náhradní schéma nevyjadřuje stále ještě úplně věrně chování transformátoru v celém rozsahu kmitočtu. U reálného transformátoru se objevují ještě další parazitní rezonance, než které vyplývají z uvedeného schématu, nicméně vyhovuje praktickému použití do první sériové rezonance, což splňuje účel, protože tento rezonanční kmitočet stejně prakticky omezuje přenos a použití transformátoru.

### 3.1 Základní útlum

Sdělovací transformátor s ohledem na kmitočet je charakterizován útlumovým zkreslením, harmonickým zkreslením a fázovým zkreslením.

Jestliže porovnáme přenos napětí skutečného transformátoru s přenosem ideálního transformátoru při zatížení, zjistíme, že při jinak stejných poměrech, tj. při stejném zdroji, stejné velikosti jeho vnitřního napětí a odporu, je napětí na zatěžovacím odporu při použití reálného transformátoru nižší než u ideálního. Tomuto rozdílu říkáme vložený útlum a je definován logaritmicke závislostí zdánlivého výkonu  $P_{j1}$  do transformátoru předávaného a zdánlivým výkonem  $P_{j2}$  předaným transformátorem do zátěže.

$$b_v = 10 \log \frac{P_{j1}}{P_{j2}} \quad [\text{dB}], \quad (12)$$

Základním útlumem sdělovacího transformátoru je ta část jeho vloženého útlumu, který je kmitočtově nezávislý. Provozní útlum porovnává zdánlivý výkon dodaný ze zdroje o vnitřní impedanci  $Z_1$  se zdánlivým výkonem dodaným do spotřebiče o stejné impedanci, při jejich přímém propojení, se zdánlivým výkonem, který je dodán do uvažovaného spotřebiče přes uvažované obvody, např. přes transformátor. Je-li při přizpůsobování transformátorem splněn požadavek, že  $R_1 = n^2 \cdot R_2$ , je provozní útlum vyjádřen stejnými údaji jako útlum vložený.

Početně se zjistí vložený útlum porovnáním napětí na zatěžovacím odporu u skutečného transformátoru a napětí na sekundární straně ideálního transformátoru při stejném zatěžovacím odporu, stejném vnitřním odporu zdroje a shodném převodu. Protože poměr dvou rozměrově shodných údajů se vyjadřuje v decibelech, získá se vložený útlum logaritmováním tohoto poměru. Pro základní útlum se získá

$$b_z = 20 \log \sqrt{\frac{1 + \frac{R_{v2}}{R_2}}{1 - \frac{R_{v1}}{R_{12}}}} \quad (13)$$

Vzhledem k tomu, že základní útlum je velmi malý, u dobrých sdělovacích transformátorů nepřesahuje 3 dB, můžeme podle pravidel o nahrazování logaritmických funkcí psát, že

$$b_z \approx 5 \left( \frac{R_{v1}}{R_{12}} + \frac{R_{v2}}{R_2} \right) \quad [\text{dB}] \quad (14)$$

Protože jsou odpory primárního a sekundárního vinutí přibližně v témž poměru jako čtverce závitů, jsou odpory primárního a sekundárního vinutí ve stejném poměru jako vstupní odpor a zatěžovací odpor transformátu. Tím se vztah zjednoduší na

$$b_z = 10 \frac{R_{v1}}{R_{12}} \quad [\text{dB}] \quad (15)$$

Tento vzorec se při praktických úlohách používá nejčastěji.

### 3.2 Útlum spodního pásma

Abychom vyjádřili útlum dolních kmitočtů, nemusíme uvažovat rozptylovou indukčnost a kapacitu vinutí, protože jejich impedance se při těchto kmitočtech neuplatní.

Za těchto podmínek je výstupní napětí

$$\overline{U}_2 = \frac{U_2}{n \left( \frac{R_1 + R_{12}}{R_{12}} + \frac{R_1}{j\omega_d L_1} \right)} \quad (16)$$

Jmenovatel této rovnice obsahuje kmitočtově závislý člen, který s klesajícím kmitočtem vzrůstá, a tím způsobuje, že  $U_2$  klesá. Tento útlum je způsoben impedancí vinutí transformátoru, jejíž hodnota je u dolních přenášených kmitočtů srovnatelná s odporem spotřebiče. Kmitočet, od kterého se tento útlum začne uplatňovat, se nazývá dolní mezní úhlový kmitočet a získáme ho z rovnice

$$\omega_1 = \frac{R_1 R_{12}}{L(R_1 + R_{12})} \quad (17)$$

Vycházíme z předpokladu, že útlum dolních kmitočtů bude  $b_d = 3$  dB, což je přijatelná hodnota pro signálové transformátory.[6]

### 3.3 Útlum horního pásma

Horní oblast přenášených kmitočtů je ovlivněna rozptylovou indukčností a kapacitou vinutí. Impedance indukčnosti  $L_1$  je při těchto vysokých kmitočtech již tak velká, že v porovnání s odporem  $R_{12}$  se neuplatní, zato ale se zvětšujícím se kmitočtem vzrůstá vliv rozptylové indukčnosti. Odvodí se, že vložený útlum horních přenášených kmitočtů, označený  $b_h$  splňuje rovnice

$$\sqrt{10^{\frac{b_h}{10}} - 1} = \frac{\omega_h \sigma L_1}{R_1 + R_{12}} \quad (18)$$

Podobně jako se úhlový kmitočet  $\omega_1$ , při kterém nastal útlum 3 dB, označil jako dolní

mezní kmitočet transformátoru, tak označíme jako horní mezní kmitočet transformátoru  $\omega_2$  takový kmitočet, při kterém kmitočtově závislý útlum horních kmitočetů je 3 dB. [6]

### 3.4 Harmonické zkreslení

Přesné hodnoty zkreslení napětí a proudů, které jsou způsobené magnetickým jádrem cívky a transformátoru v elektrických obvodech, můžeme určit jen měřením.

Při magnetování cívky s magnetickým jádrem proudem s harmonickým průběhem je největší složkou z nelineárních produktů na cívce napětí třetí harmonické. Není-li magnetický obvod předmagnetován stejnosměrným proudem, vznikají pouze liché násobky kmitočetů, z nichž pátá v oblasti nízkých intenzit magnetického pole je přibližně sedmkrát menší než třetí. Pokusně bylo zjištěno, že při libovolném uspořádání cívky s magnetickým jádrem a zdrojem libovolného vnitřního odporu, pro kmitočty nižší než hraniční kmitočet použitého materiálu jádra, závisí zkreslení napětí třetí harmonickou na cívce jen na zkreslení napětí naprázdno a poměru impedance cívky k odporu nebo impedanci  $R_e$ , který je výsledným odporem nebo impedancí, přes kterou se uzavírají proudy třetí harmonické. [6] V případě transformátoru je odpor  $R_e$  paralelní kombinace vnitřního odporu zdroje a přetransformovaného zatěžovacího odporu. Toto zkreslení se nazývá provozní zkreslení třetí harmonickou a je určené výrazem

$$k'_3 = k_3 \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{3\omega L_1}{R_e}\right)^2}} \quad (19)$$

Při zjišťování provozního zkreslení třetí harmonickou se vychází z představy, že hysterezní smyčka při téže vrcholové hodnotě magnetické indukce má též tvar, a to ať už je buzena napětím nebo proudem s harmonickým průběhem nebo buzením smíšeným. V polohách mezi krajními možnostmi buzení vznikají násobky harmonických kmitočetů jak pro napětí, tak i pro proud. Vzniká tak dodatečný ztrátový výkon vířivými proudy. Uplatní-li se tento ztrátový výkon v porovnání se ztrátovým výkonem hysterezí, mění hysterezní smyčka svůj tvar a též zkreslení. Účinek vířivých proudů tak zmírňuje zkreslení. U jader složených z plechů klesne zkreslení napětí naprázdno třetí harmonickou na hraničním kmitočtu při stejné magnetické indukci na jednu šestinu hodnoty zkreslení, které bylo zjištěno na nízkém kmitočtu. Podobně tomu je i u feritových jader, u kterých zkreslení s rostoucím kmitočtem rovněž klesá, ale s mírnější závislostí. [6]

## 4 Přehled výrobců a parametrů audio transformátorů

Vzhledem k velmi specifickému použití audio transformátorů nenajdeme na našem trhu velké množství výrobců, kteří by tyto součástky vyráběli nebo dováželi. Jedná se o tyto firmy:

**Experience electronics, Augsburg, Německo.** Tento výrobce se zaměřuje především na výrobu elektronkových předzesilovačů a zesilovačů pro Hi-Fi nadšence, jejichž cena se pohybuje od cca 4 tisíc až po téměř 40 tisíc Kč. Pro tyto své výrobky si výrobce sám vyrábí některé součástky, jako například napájecí transformátory, filtrační tlumivky, speciální filtry a vstupní i výstupní transformátory. Na našem trhu je zastoupena panem Janem Hroncem v Jirkově, ale taktéž najdeme výrobky této firmy v některých internetových obchodech. V následující tabulce je přehled audio transformátorů, které vyrábějí. Pokud některá hodnota chybí, pak jí výrobce neuvádí, ceny jsou platné k červnu 2014. Kompletní katalogové informace jsou v příloze č. 1.

Typ - označení	Kmitočtový rozsah Hz	Útlum [dB]	Zkreslení [%]	Jmenovitá impedance primární/sekundární vinutí	Jmenovitý odpor primární/sekundární vinutí [ $\Omega$ ]	Cena Kč
EE1120	20-100 000	1,7	0,30		80/80	725
EE1420	20-39 000	1,58	0,25		80/1400	725
L1130C	30-30 000	0,5	0,13	1,21H / 0,25 mH		906
L1130C1	18-50 000	1		16 H/3,3 mH	450/180+180	967
L1230C	30-30 000	0,5	0,14	0,97 H/0,236 mH	10/22+22	998
L1230C1	30-418 000	1		6,5 H/0,75 mH	90/142+142	1 027
L1330C	18-56 000	1	0,01	0,9 H/0,275 mH	12/35+35+35	1 209
L1430C	16-52 000	1	0,14	1 H/0,32 mH	12/52+52+52+52	1 330
E1220	12-66 000	0,2	0,12		85/250+270	1 390
E1420	20-20 000	0,2	0,27		100/800+880	1 390
E11620	30-21 000	1	0,22		23/2000+2300	1 390

Tab. 1: Audio transformátory firmy Experience electronics [7]



**Hammond manufacturing, Guelph, Ontario, Kanada.** Tato firma má za sebou opravdu dlouhou historii, protože byla založena již roku 1917 a od samotného začátku se věnovala mimo jiné právě transformátorům. Její výroba byla v minulosti úzce spjata s rozvojem rádiového vysílání a komunikačních technologií a během let se stala jedním z hlavních výrobců ve svém oboru s pobočkami v Kanadě, USA, Evropě a na Tchaj-wanu. Na našem trhu je zastupována oficiálním distributorem firmou S.O.S. electronic se sídlem v Košicích, která má své pobočky kromě Slovenska a Česka také v Německu, Polsku, Rakousku, Maďarsku a Rumunsku. Audio transformátory ve stálém ceníku však nemají, proto v tabulce nejsou ceny uvedeny. Kompletní katalogové informace jsou v příloze č. 2.

Typ - označení	Kmitočtový rozsah[Hz]	Útlum [dB]	Převodní poměr	Jmenovitá impedance primární/sekundární vinutí	Jmenovitý odpor primární/sekundární vinutí [ $\Omega$ ]
140 MEX	20 - 20 000	1	8 : 1	2100 H/34 H	100k/1,5k
140 NEX	20 - 20 000	1	1 : 5,47	326 mH/9,34 H	4/60k; 2,83k/79k
140 PEX	20 - 20 000	1	1 : 1/2/4	14,5 H/55 H	150/600 ; 600/2400
140 QEX	20 - 20 000	1	1 : 1	10,62 H/10,62 H	600/600
140 REX	20 - 20 000	1	2 : 1	3,62 H/0,88 H	600/150
140 TEX	20 - 20 000	1	1 : 1	7,2 H/7,2 H	1k/1k
140 UEX	20 - 20 000	1	1 : 1	36,5 H/36,5H	10k/10k

Tab. 2: Audio transformátory firmy Hammond manufacturing [8]

**Neutrik, Achaan, Knížectví Lichtenštejnsko.** Společnost byla založena s myšlenkou vytváření inovativních produktů s využitím nejmodernějších poznatků v mechanice a elektronice. Je známá spíše díky svým velmi kvalitním konektorům pro audio, průmysl a automatizaci. Dnes má dceřiné společnosti v Německu, USA, Francii, Japonsku, Číně a v Hongkongu a celosvětovou síť distributorů. Na našem trhu najdeme výrobky Neutrik snad v každém kamenném i internetovém obchodě s elektronikou či hudebními nástroji. Audio transformátory této firmy jsou dvojího typu – s volnými konci kabelů (NTE) a potom zapouzdřený typ určený k montáži přímo na desku plošného spoje. Ceny jsou opět platné k červnu 2014. Kompletní katalogové informace jsou v příloze č. 3.

Typ - označení	Převodní poměr	Impedanční poměr	Jmenovitý odpor primární/sekundární vinutí [ $\Omega$ ]	Max. vstupní úroveň @ 50 Hz, 1% THD [dBu]	Cena [Kč]
NTE 1	1 : 1	200 : 200	200/2k ; 600/10k	-3	206
NTE 4	1 : 4	200 : 3,2k	200/10k	-7	242
NTE 10/3	1 : 3	200 : 1,8k	200/10k	-7	253
	1 : 10	200 : 20k	200/50k	-6	253
NTL 1	1 : 1	10k : 10k	600/10k	+19	1 690
NTM 1	1 : 1	200 : 200	200/2k	+7	1 390
NTM 4	1 : 4	200 : 3,2k	200/10k	+9	995

Tab. 3: Audio transformátory firmy Neutrik [9]

Mimo český trh pak působí další firmy, ne všechny však uvádějí specifikace svých výrobků v katalogu nebo na svých internetových stránkách. Obvykle se omezují na sdělení, že navrhnu a vyrobí audio transformátor přesně podle požadavků zákazníka. Mezi společnosti, které tyto důležité informace poskytují, patří například firma **Vigortronix, Oxfordshire, Velká Británie**. Je to poměrně mladá společnost, byla založena v roce 2007, specializuje se spíše na malé až středně velké zakázky. Ve výrobním sortimentu najdeme jak různé typy transformátorů, tak také napájecí zdroje, LED ovladače a svazky kabelů. V následující tabulce vidíme nabídku audio transformátorů bez cen, kalkulace provádí na požádání v závislosti na velikosti objednávky. Kompletní informace jsou v katalogovém listě v příloze č. 4.

Typ – označení	Kmitočtový rozsah [Hz]	Max THD [%]	Převodní poměr	Jmenovitý odpor primární/sekundární vinutí [ $\Omega$ ]
VTX-101-001	30-35000	1	6,3+6,3:1+1	600/15
VTX-101-002	30-35000	1	1+1 : 2+2	600/2400
VTX-101-003	30-35000	1	1+1 : 6,45+6,45	600/25000
VTX-101-006	30-35000	1	1+1 : 1+1	600/600
VTX-101-007	30-35000	1	1+1 : 1+1	2400/2400

Tab. 4: Audio transformátory firmy Vigortronics [10]

Dále je to firma **Lundahl Transformers, Norrtalje, Švédsko**. Jde o rodinnou firmu, která vznikla již v roce 1958 v podstatě v garáži. Dnes je významným výrobcem především audio transformátorů, ale také předzesilovačů a zesilovačů. Kromě audio aplikací vyrábí též transformátory pro video aplikace (CCTV). V následujících dvou tabulkách jsou uvedeny audio transformátory nejdříve pro mikrofonní aplikace, poté pro linkové. Ceny opět nejsou uvedeny, kalkulace jsou prováděny v návaznosti na velikost objednávky. Kompletní katalogové listy jsou v příloze 5.

Typ - označení	Převodní poměr	Kmitočtový rozsah [Hz]	Jmenovitý odpor primární/sekundární vinutí [ $\Omega$ ]	Max. vstupní úroveň @ 50 Hz, 1% THD [dBu]	Zkreslení [%]
LL1531	1+1 : 2	10-25 000	600/8 000	+20	0,3
LL1540	1+1 : 1+1	5-50 000	600/22 000	+30	0,2
LL1544A	1+1+1+1 : 2+2	10-70 000	600/6 700	+20	0,5
LL1545A	1+1+1+1 : 2+2	10-70 000	600/6 700	+22	0,5
LL1592	1+1 : 1+1	10-50 000	600/10 000	+31	1,0
LL1922	1+1 : 1+4	10-30 000	600/47 000	+26	1,0
LL7901	1+1+1+1 : 1+1+1+1	10-55 000	600/12 000	+34	0,5
LL7902	1+1+1+1 : 1+1+1+1	10-100 000	600/5 000	+28	0,5

Tab. 5: Audio transformátory firmy Ludahl pro mikrofonní aplikace [11]

Typ - označení	Převodní poměr	Kmitočtový rozsah [Hz]	Jmenovitý odpor primární/sekundární vinutí [ $\Omega$ ]	Max. vstupní úroveň @ 50 Hz, 1% THD [dBu]	Zkreslení [%]
LL1527	1+1 : 1+1	10-150 000	200/800	+16	0,2
LL1527XL	1+1 : 1+1	10-150 000	200/800	+19	0,3
LL1528	1+1 : 2,5+2,5	10-40 000	200/2 000	+10	0,3
LL1530	1+1 : 3,5+3,5	20-30 000	200/10 000	+10	0,3
LL1538	1+1 : 5	10-100 000	200/5 000	+10	0,3
LL1538XL	1+1 : 5	10-80 000	200/5 000	+13	0,3
LL1550	1+1+1+1 : 4+4	10-70 000	200/3 200	+2	0,5
LL1570	1+1 : 1+1	10-200 000	200/200 ; 200/800	+10	0,5
LL1571	1+1 : 1,7+1,75	10-100 000	200/2 500	+10	0,5
LL1576	1+1 : 7	15-50 000	200/5 000	+10	0,5
LL1587	1+1 : 8	15-150 000	200/3 200	+2	1,0

Tab. 6: Audio transformátory firmy Ludahl pro linkové aplikace [11]

Mezi firmy, které konkrétní údaje neuvádějí, patří například **Oxford Electrical Products, Oxfordshire, Velká Británie**. Ačkoli tato firma sídlí ve Velké Británii, kde je především vývoj, většinu výroby přesunula do Asie. Chlubí se nejen více než 30-ti letou historií, ale především spoluprací s firmami jako jsou Sony, Sanyo či Fujitsu. V sortimentu opět najdeme transformátory, tlumivky a napájecí zdroje. Dále firma **Majestic Transformer company, Dorset, Velká Británie**, založená v roce 1942, která se zaměřuje na výrobu transformátorů, tlumivek a zdrojů, podobně jako **TMI transformer manufactures, Inc, Norridge, Illinois, USA** nebo **ZETA windings, Cambridge, Velká Británie**. Všechny tyto firmy uvádějí, že vyrábějí malé a středně velké transformátory, buď standardizované, nebo speciální podle potřeb zákazníka.

## 5 Výběr audio transformátorů pro linkové a mikrofonní úrovně

Z výše uvedených kapitol můžeme charakterizovat audio transformátory používané v ozvučovací technice jako signálové transformátory, jejichž hlavním úkolem je především galvanické oddělení mezi mikrofonom, případně nástrojem či jiným zdrojem signálu od dalšího stupně zvukového řetězce, což jsou obvykle buď rovnou mixážní pulty, v některých případech mikrofonní či linkové předzesilovače. Předejde se tím nejen zemním smyčkám, které při větší rozsáhlosti zvukové aparatury snadno vznikají, ale také rušivým brumům, které vzniknou rozdílným napětím mezi zdrojem signálu a dalším stupněm aparatury, typicky u výstupů z komba elektrických kytar a baskytar nebo klávesových nástrojů, které bývají zapojeny přímo do mixážního pultu.

Dále nám audio transformátory slouží k impedančnímu přizpůsobení. Obvyklá impedance mikrofونů se pohybuje zhruba v rozpětí od 350 ohmů (například legendární mikrofون Shure SM58), přes obvyklých 150-200 ohmů (většina dynamických i kondenzátorových mikrofونů prakticky všech značek) až po nezvyklých 50 ohmů (studiové kondenzátorové mikrofony Neumann). Naproti tomu vstupní impedance u mixážních pultů určených pro „živé“ ozvučování pro mikrofonní signál je obvykle 2k $\Omega$ , u mikrofonních předzesilovačů pak bývá i vyšší (výrobky DBX 4,2 k), naproti tomu u výrobků určených pro studiovou práci, jako jsou mikrofonní předzesilovače s digitálním výstupem pro připojení k počítači, se setkáme s nižší impedancí (lampový předzesilovač DBX 386 s digitálním výstupem má vstupní impedanci 330 ohmů). Linkové úrovně signálů především z nástrojů, jako jsou elektroakustické kytary či klávesy, mohou dosahovat impedance řádově až v desítkách k $\Omega$ , linkové vstupy jsou ve výše zmiňovaných přístrojích standardně nastaveny na 10k. Z těchto důvodů jsou audio transformátory vyráběny s různým impedančním poměrem, pro mikrofonní aplikace se pohybuje od 1:2 po cca 1:10 nebo i vyšším, pro linkové úrovně naopak se snižujícím poměrem.

Dále je pro nás důležité velmi malé harmonické zkreslení, kterého je dosaženo vyšší indukčností vinutí tím, že plně vyčerpáme dovolený útlum na nejvyšším potřebném kmitočtu a potom také nízké kmitočty budou přenášeny bez zkreslení. Zároveň jsme však zpravidla omezení kapacitou vinutí, která způsobuje útlum horního kmitočtového pásma. K jejímu omezení přispívá především zmenšení napěťového rozdílu mezi vrstvami vinutí nebo zmenšením vzájemné kapacity těchto vrstev jejich oddělením.

Audio transformátory, které zamýšlíme použít v ozvučovací technice, by měly splňovat výše popsaná kritéria v kmitočtovém rozsahu 10 Hz až 20 kHz, v praxi se však setkáváme s tím, že výrobci uvádějí spodní hranici vyšší a to 20, někteří dokonce 30 Hz. Na první pohled se to zdá být v pořádku, především proto, že lidské ucho frekvence pod 20 Hz již téměř nevnímá. Nicméně tím, že výrobci uvádějí jako spodní hranici právě zmíněných 20 Hz, výrazně si tím „pomáhají“ k tomu, aby v katalogu vyšlo nízké zkreslení, které by při vyšší frekvenci bylo větší. Je proto podle mého názoru správné, když výrobce uvede zkreslení při maximální úrovni signálu u více hodnot ve spodním pásmu, například 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, abychom si mohli udělat úplnější obrázek o průběhu signálu od těch nejnižších frekvencí, případně doplní katalogový list o graf, na kterém je zmíněný průběh vidět.

Z audio transformátorů dostupných na našem trhu bylo vybráno pro mikrofonní aplikace jako nejvhodnější model E1420 od firmy Experience electronics, který má výborné hodnoty jak v útlumu, tak ve zkreslení, navíc je možno zvolit takový převodní poměr, jaký bude vyžadovat případná konkrétní aplikace. Zmíněná firma navíc sama tyto výrobky používá ve svých zařízeních, jako jsou elektronkové Hi-Fi předzesilovače a zesilovače, tudíž se dá očekávat vysoká kvalita provedení a dodržení hodnot uvedených v katalogových listech. Zde navíc například vidíme uvedeny dvojí hodnoty pro útlum – menší v kmitočtovém pásmu 20 Hz – 20 KHz a potom o něco větší v pásmu 10 Hz – 45 kHz. I tak ale zůstává útlum na přijatelných 0,5 dB.

Pro linkovou aplikaci byl vybrán model L1430C od stejné firmy. Opět má nízké hodnoty útlumu i zkreslení a opět dává možnost zvolit převodní poměr. Bez zajímavosti ale není také model NTE 1 od firmy Neutrik, která, jak už bylo řečeno, se snaží přinášet stále inovace ve svém oboru. Tento model má totiž možnost zabudování přímo do konektorového nástavce typu XLR. Tímž dostáváme možnost použít audio transformátor bez nutnosti montáže buď uvnitř přístroje, nebo do speciálního boxu, pouhým zapojením takového speciálního stupně přímo ke konektoru. Navíc značka Neutrik je tradičně spojována s vysokou kvalitou všech svých produktů, což mohu sám ze své zkušenosti potvrdit.

Ze zahraničních zdrojů bych pro mikrofonní aplikace zvolil model LL1527XL od firmy Ludahl pro jeho výborné hodnoty zkreslení a také pro jeho velký frekvenční rozsah, nezanedbatelná je i maximální vstupní úroveň, která se blíží k hodnotám viděných spíše u linkových audio transformátorů.

Pro linkové úrovně bych vybral opět od firmy Ludahl, a sice model LL1592, který opět vyniká vysokého hodnotou maximální možné úrovně vstupu při nízkém zkreslení.

## 6 Závěr

Audio transformátory jsou speciálním druhem signálových transformátorů používaných především v ozvučovací technice. Slouží k impedančnímu přizpůsobení a také ke galvanickému oddělení zdroje signálu od dalších přístrojů ve zvukovém řetězci. Díky těmto svým vlastnostem jsou audio transformátory vhodným způsobem k úpravě a především ochraně signálu ve všech aplikacích v profesionální ozvučovací technice, a přesto jich nejen na našem trhu, ale ani ve světě, není zrovna velký výběr. Mám za to, že tento stav je způsoben především těmito dvěma důvody.

Výrobky určené pro profesionální použití v nahrávacích studiích obvykle disponují vstupy, které jsou již audio transformátory vybaveny. Při živém ozvučování nejsou kladeny tak vysoké nároky na čistotu signálu, jako je tomu v nahrávacích studiích, kde se dbá na maximální kvalitu. Je to způsobeno tím, že při živé produkci je výsledný zvuk daleko více ovlivněn jednak ozvučovacím systémem, jeho nastavením a prostorem, ve kterém je používán a jednak délkou použitých kabelů, protože už zhruba půl metru signálového kabelu vytvoří kapacitu cca 100pF.

Druhým důvodem pak je skutečnost, že pokud už dojde k nutnosti přidat do zvukové cesty audio transformátor, je zde připraveno pro mnohé jednodušší řešení, než vyrábět speciální box s jednou součástí či zasahovat přímo do zapojení některého přístroje, a tím je DI-Box (z anglického *direct injection box*). Toto zařízení slouží ke galvanickému oddělení, ale umožňuje též nastavit vhodný útlum signálu na vstupu, což oceníme v případě připojení například baskytary s aktivní elektronikou nebo vyvedení „bočního výstupu“ signálu pro jeho další zpracování na podiu, například pro kytaristovo kombo. Pak také obsahuje výstupní symetrický zesilovač a samozřejmě opět umí impedančně přizpůsobit signál od zdroje k mixážnímu pultu. Jde o aktivní zařízení a tak potřebuje ke svému fungování napájení, které je zajištěno buď bateriovým článkem, nebo můžeme využít phantomové napájení.

V tomto ohledu jednoduchosti se jeví jako zajímavé řešení audio transformátor skrytý rovnou v konektoru od firmy Neutrik. Pokud nám stačí pouze galvanické oddělení a impedanční přizpůsobení a obejdeme se bez možnosti zařazení útlumu či zesílení signálu, můžeme ho zapojit prakticky okamžitě v případě potřeby, na rozdíl od DI-Boxu však nevyžaduje napájení, proto je jeho použití opravdu snadné.



## 7 Použitá literatura:

- [1] ] Malina. V.: Poznáváme elektroniku II., Kopp nakladatelství, České Budějovice 1995. ISBN 80-7232-172-2
- [2] Doleček. J.: Moderní učebnice elektroniky – 1. díl, Technická literatura BEN, Praha 2005. ISBN 80-7300-146-2
- [3] Elektromagnetická indukce : <http://radek.jandora.sweb.cz/f16.htm>
- [4] Wikipedia: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Transform%C3%A1tor>
- [5] Encyklopedie fyziky : <http://fyzika.jreichl.com/>
- [6] Faktor. Z.: Transformátory a cívky, BEN – technická literatura, Praha 1999. ISBN 80-86056-49-X
- [7] Experience electronics: <http://www.experience-electronics.cz/>
- [8] Hammond manufacturing: <http://www.hammondmfg.com/>
- [9] Neutrik: <http://www.neutrik.com/>
- [10] Vigortronix: <http://www.vigortronix.com/>
- [11] Lundahl: <http://www.lundahl.se/>

## **8 Seznam příloh**

Příloha č.1 - Katalogové listy firmy Experience electronics

Příloha č.2 - Katalogové listy firmy Hammond manufacturing

Příloha č.3 - Katalogové listy firmy Neutrik

Příloha č.4 - Katalogové listy firmy Vigortronix

Příloha č.5 - Katalogové listy firmy Ludahl

Eingangübertrager für Linepegel ohne magnetische Schirmung. Die Primärwicklung hat eine Mittenanzapfung. Diese kann bei Bedarf beschaltet oder offen gelassen werden.

Übersetzung	1:1	
Frequenzgang	20 Hz....100 kHz (-0.3 dB) 20 Hz (-0.5 dB)....100 kHz (+1 dB)	Quelle 50 Ohm, Last 1 k Quelle 50 Ohm, Last 10 k
Einfügedämpfung	1.7 dB	Quelle 50 Ohm, Last 1 k
Klirrfaktor	0.3 % bei 40 Hz	

Frequenzgang und Klirrfaktor gemessen bei den angegebenen Quell- und Lastwiderständen und einem Pegel von +6 dBu an der Primärwicklung.

Streuinduktivität	1,3 mH	
Wicklungswiderstand	prim. ca. 80 Ohm sek. ca. 80 Ohm	
Isolationsfestigkeit	500 V zwischen prim. und sek.	
Kerngröße	EE 20/6	
Maße	Länge Breite Höhe über Spulenkörper Höhe über Lötpins	20 mm 14 mm 20 mm 25 mm
Gewicht	ca. 20 g	
Befestigung	Printmontage RM 5, 10 x 10 mm <sup>2</sup> Eckmaße	

Eingangübertrager für Linepegel ohne magnetische Schirmung. Die Primärwicklung hat eine Mittenanzapfung. Diese kann bei Bedarf beschaltet oder offen gelassen werden.

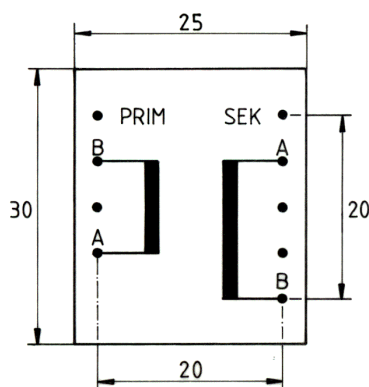
Übersetzung	1:4	
Frequenzgang	20 Hz (-1 dB)..... 39 kHz (+1 dB) 20 Hz (-1 dB)....100 kHz (+1.1 dB)	Quelle 50 Ohm, Last 20 k
Einfügedämpfung	1.58 dB	Quelle 50 Ohm, Last 20 k
Klirrfaktor	0.25 % bei 40 Hz	

Frequenzgang und Klirrfaktor gemessen bei den angegebenen Quell- und Lastwiderständen und einem Pegel von +6 dBu an der Primärwicklung.

Streuinduktivität	1,4 mH	
Wicklungswiderstand	prim. ca. 80 Ohm sek. ca. 1.4 k	
Isolationsfestigkeit	500 V zwischen prim. und sek.	
Kerngröße	EE 20/6	
Maße	Länge 20 mm Breite 14 mm Höhe über Spulenkörper 20 mm Höhe über Lötpins 25 mm	
Gewicht	ca. 20 g	
Befestigung	Printmontage RM 5, 10 x 10 mm <sup>2</sup> Eckmaße	

Der Übertrager L-1130 C ist ein spannungsangepaßter 1:1-Line-Übertrager. Durch die Hochspannungsfestigkeit kann er auch als Trennübertrager eingesetzt werden. Hohe Pegelfestigkeit, weiter Frequenzbereich und niedriger Klirrfaktor bei kompakter Bauform ermöglichen einen weiten Anwendungsbereich. Durch sehr geringen Kupferwiderstand der Wicklungen bleiben die Verluste niedrig, so daß auch niederohmige Lasten ohne wesentliche Pegelverluste angeschlossen werden können.

Übersetzung	1:1
Frequenzgang	30 Hz....30 kHz $\pm 0.5$ dB 15 Hz....50 kHz -3 dB
Klirrfaktor	<0.1 % bei 40 Hz an 150 W und +9 dBm 0.13 % bei 30 Hz an 150 W und +9 dBm 0.3 % bei 20 Hz an 150 W und +9 dBm
Maximalpegel	+ 22 dBm bei 40 Hz
Primärinduktivität	1.21 H bei 1 V
Streuinduktivität	0.25 mH
Wicklungswiderstand	prim. ca. 10 W sek. ca. 11 W
Anpassung	Spannungsanpassung
Isolationsfestigkeit	2.5 kV zwischen prim. und sek.
Kerngröße	EI 30
Maße	Länge 30 mm Breite 26 mm Höhe über Spulenkörper 28 mm Höhe über Löt pins 34 mm
Gewicht	ca. 110 g
Befestigung	Printmontage RM 5, 20 x 20 mm <sup>2</sup> Eckmaße Anschlüsse auf die Pins gesehen

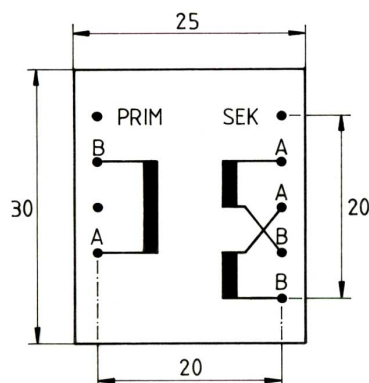
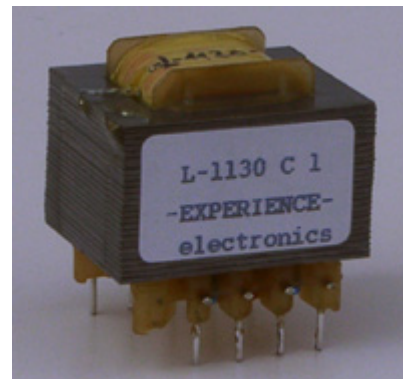


Nachdruck und Vervielfältigung sind auch auszugsweise verboten.

# -EXPERIENCE electronics- Studio Transformer Data Sheet L-1130 C1

The transformer type L-1130 C 1 is voltage matched with a transfer ratio of 1:0.5+0.5 for line levels. In order to avoid ground loops it can be used as a split transformer for all kinds of audio systems. The transformer is constructed in a way enabling connection with higher impedance signal sources. Capable to handle high tensions the separation of different circuits is also possible. High audio levels, wide frequency range and low harmonic distortion with compact construction enable a comprehensive field of application. The figures in the data sheet refer to a source resistance of 600 Ω and a load of 10 kΩ at each secondary coil.

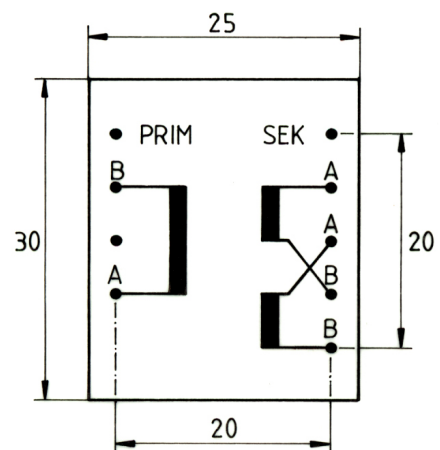
Transfer ratio	1:0.5+0.5 The two separate secondary coils can be used in parallel or in series. Also the L-1130 C1 can be used as split transformer.
Frequency response	18 Hz (-1 dB)...50 kHz (0 dB)
Maximum level	8.0 Veff (20 dBm) @ 20 Hz
Primary inductivity	16 H bei 1 Veff @ 50 Hz
Stray inductivity	3.3 mH
DC resistance	prim. ca. 450 W sec. ca. 180 Ω + 180 Ω
Test voltage	500 V between prim. und sec.
Core type	EI 30
Dimensions	Length 30 mm Width 26 mm Height accross bobbin 28 mm Height accross solder pins 34 mm
Weight	ca. 110 g
Mounting	PC board mounting RM 5, 20 mm x 20 mm Pin view



# -EXPERIENCE electronics- Studio Transformer Data Sheet L-1230 C

Studio line audio transformer for multiple applications. Remarkable are high level handling, low DC resistances, low distortion and low losses. For best performance a very low source impedance close to 0  $\Omega$  is recommended.

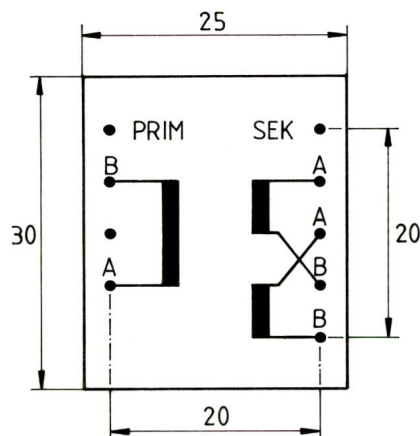
Transfer ratio	1:1+1 The two separate secondary coils can be used in parallel or in series which increase the output level by 6 dB. Also the L-1230 C can be used as split transformer.
Frequency response	30 Hz....30 kHz $\pm 0.5$ dB 20 Hz....75 kHz -3 dB
Harmonic distortion	<0.14 % @ 40 Hz 0.01 % over 40 Hz
Maximum level	+ 22 dBm @ 40 Hz
Primary inductivity	0.97 H @ 1 V
Stray inductivity	0.236 mH
DC resistance	prim. ca. 10 $\Omega$ sec. ca. 22 $\Omega$ + 22 $\Omega$
Test voltage	2.5 kV between prim. and sec.
Core type	EI 30
Dimensions	Length 30 mm Width 26 mm Height across bobbin 28 mm Height across solder pins 34 mm
Weight	ca. 110 g
Mounting	PC board mounting RM 5, 20 x 20 mm <sup>2</sup> Pin view



# -EXPERIENCE electronics- Studio Transformer Data Sheet L-1230 C1

The transformer type L-1230 C 1 is voltage matched with a transfer ratio of 1:1+1 for line levels. In order to avoid ground loops it can be used as a split transformer for all kinds of audio systems. The transformer is constructed in a way enabling connection with higher impedance signal sources. Capable to handle high tensions the separation of different circuits is also possible. High audio levels, wide frequency range and low harmonic distortion with compact construction enable a comprehensive field of application. The figures in the data sheet refer to a source resistance of 400  $\Omega$  and a load of 10 k $\Omega$  at each secondary coil.

Transfer ratio	1:1+1 The two separate secondary coils can be used in parallel or in series. Also the L-1230 C1 can be used as split transformer.
Frequency response	30 Hz....418 kHz -1 dB 10 Hz.....437 kHz -3 dB
Maximum level	4.0 Veff (14 dBm) @ 20 Hz 6.1 Veff (18 dBm) @ 1 kHz
Primary inductivity	6.5 H @ 1 Veff
Stray inductivity	0.75 mH
DC resistance	prim. ca . 90 W sec. ca. 142 $\Omega$ + 142 $\Omega$
Test voltage	500 V between prim. and sec.
Core type	EI 30
Dimensions	Length 30 mm Width 26 mm Heigth across bobbin 28 mm Height accross solder pins 34 mm
Weight	ca. 110 g
Mounting	PC board mounting RM 5, 20 x 20 mm <sup>2</sup> Pin view

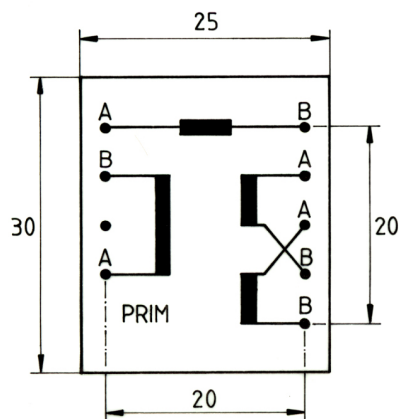
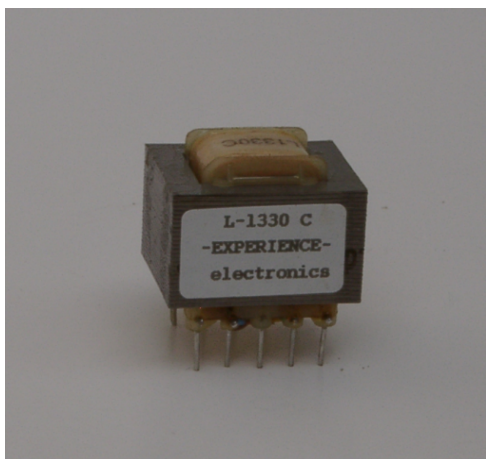




# -EXPERIENCE electronics- Studio Transformer Data Sheet L-1330 C

Studio line audio transformer for multiple applications. Remarkable are high level handling, low DC resistances, low distortion and low losses. For best performance a very low source impedance close to 0  $\Omega$  is recommended.

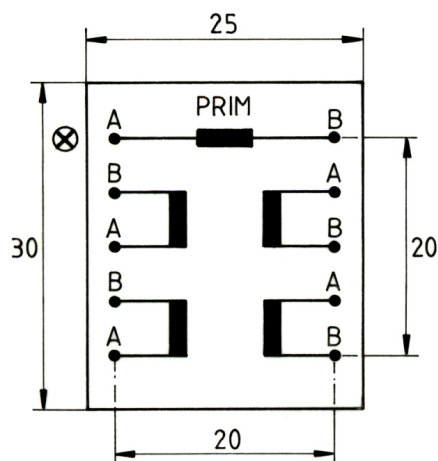
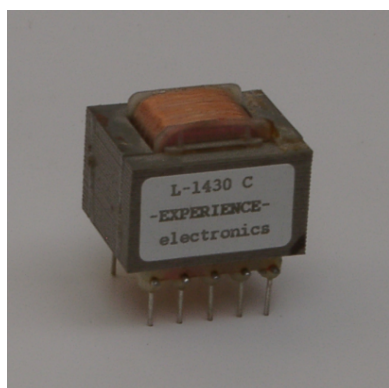
Transfer ratio	1:1+1+1 The three separate secondary coils can be used in parallel or in series which increase the output level. Also the L-1330 C can be used as split transformer.
Frequency response	18 Hz....56 kHz -1 dB
Harmonic distortion	<0.14 % @ 40 Hz 0.01 % over 40 Hz
Maximum level	+22 dBm @ 40 Hz
Primary inductivity	0.9 H @ 1 V
Stray inductivity	0.275 mH
DC resistance	prim. ca. 12 W sec. ca. 35 W + 35 $\Omega$ + 35 $\Omega$
Test voltage	2.5 kV between prim. and sec.
Core type	EI 30
Dimensions	Length 30 mm Width 26 mm Height accross bobbin 28 mm Height accross solder pins 34 mm
Weight	ca. 110 g
Mounting	PC board mounting RM 5, 20 x 20 mm <sup>2</sup> Pin view



# -EXPERIENCE electronics- Studio Transformer Data Sheet L-1430 C

Studio line audio transformer for multiple applications. Remarkable are high level handling, low DC resistances, low distortion and low losses. For best performance a very low source impedance close to 0  $\Omega$  is recommended.

Transfer ratio	1:1+1+1+1 The four separate secondary coils can be used in parallel or in series which increase the output level. Also the L-1430 C can be used as split transformer.
Frequency response	16 Hz....52 kHz -1 dB
Harmonic distortion	<0.14 % @ 40 Hz 0.01 % over 40 Hz
Maximum level	+22 dBm @ 40 Hz
Primary inductivity	1 H @ 1 V
Stray inductivity	0.32 mH
DC resistance	prim. ca. 12 W sec. ca. 52 $\Omega$ + 52 $\Omega$ + 52 $\Omega$ + 52 $\Omega$
Test voltage	2.5 kV between prim. and sec.
Core type	EI 30
Dimensions	Length 30 mm Width 26 mm Height accross bobbin 28 mm Height accross solder pins 34 mm
Weight	ca. 110 g
Mounting	PC board mounting RM 5, 20 x 20 mm <sup>2</sup> Pin view

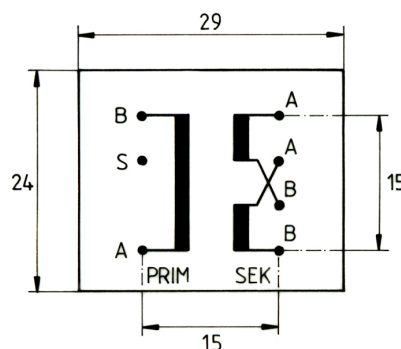
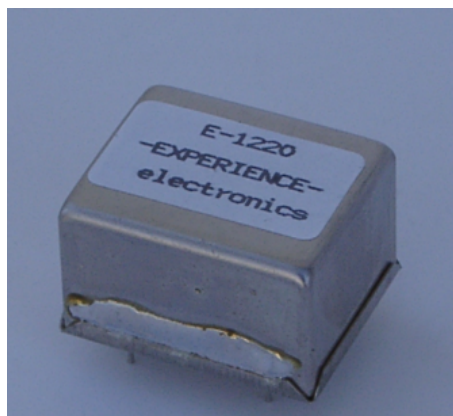


Studio input audio transformer for multiple applications. Remarkable are high level handling, low DC resistances, low distortion and low losses. Complete MU metal shielded case avoids pick-up of hum. Wide frequency range, low distortion and compact construction enable a wide range of applications by the use of microphone preamps, split boxes, buffer amplifiers avoiding ground loops and much more.

Transfer ratio	1:1+1
Frequency response	<10 Hz...82 kHz $\pm 1$ dB 12 Hz...66 kHz $\pm 0.2$ dB
Harmonic distortion	<0.001 % <0.08 % bei 40 Hz <0.12 % bei 30 Hz <0.24 % bei 20 Hz
Maximum primary level	+ 8 dBu @ 40 Hz (ca. 2 Veff)

Data measured with a secondary load of 2 kW and level +6 dBu.

Primary coil resistance	prim. ca. 85 W sek. ca. 250 W + 270 W
Matching	voltage matching
Testing voltage	1500 V between primary and secondary and from coils to shield and case
Core type	E 20
Dimensions	Length 28 mm Width 24 mm Height 17 mm Height across pins 22 mm
Weight	ca. 80 g
Mounting	PC board mounting, pin distance 5 mm
Pinning bottom view, S = Shield.	

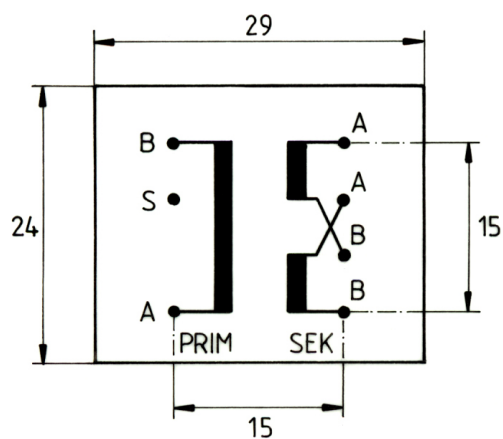


Studio input audio transformer for multiple applications. Remarkable are high level handling, low DC resistances, low distortion and low losses. Complete MU metal shielded case avoids pick-up of hum. Wide frequency range, low distortion and compact construction enable a wide range of applications by the use of microphone preamps, buffer amplifiers avoiding ground loops and much more.

Transfer ratio	1:2+2
Frequency response	<10 Hz...45 kHz -0.5 dB 20 Hz...20 kHz $\pm 0.2$ dB
Harmonic distortion	<0.01 % <0.05 % @ 40 Hz <0.08 % @ 30 Hz <0.27 % @ 20 Hz
Maximum level	+ 8 dBu @ 40 Hz (ca. 2 Veff)

Data measured with a secondary load of 30 kW and level +6 dBu.

Primary coil resistance	prim. ca. 100 W sek. ca. 800 W + 880 W
Matching	voltage matching
Testing voltage	1500 V between primary and secondary and from coils to shield and case
Core type	E 20
Dimensions	Length 28 mm Width 24 mm Height 17 mm Height accross pins 22 mm
Weight	ca. 80 g
Mounting	PC board mounting, pin distance 5 mm
Pinning bottom view, S = Shield	



Special input audio transformer for microphone preamps in tube technology. Complete MU metal shielded case avoids pick-up of hum.

Transfer ratio	1:8+8
Frequency response	37 Hz....16 kHz -0.5 dB 30 Hz....17.5 kHz -1 dB 23 Hz....21 kHz -3 dB
Harmonic distortion	0.09 % @ 100 Hz 0.15 % @ 50 Hz 0.18 % @ 40 Hz 0.22 % @ 30 Hz 0.34 % @ 20 Hz
Maximum level	ca. 800 mVeff @ 40 Hz (> 0 dBu)

Data measured with a secondary load of 30 kW, transfer ratio 1 : 16 and level 800mVeff.

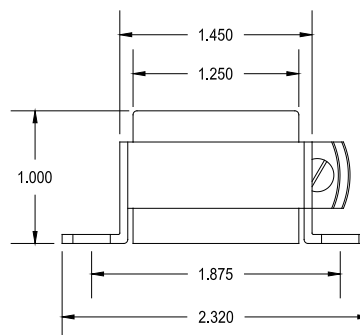
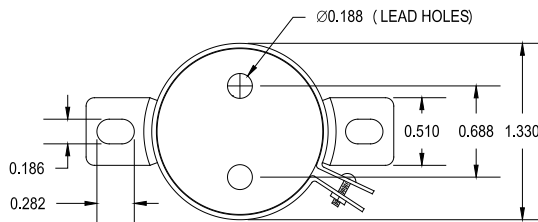
Primary coil resistance	prim. ca. 23 W sec. ca. 2 kW + 2.3 kW
Matching	voltage matching
Core type	E 20
Dimensions	Length 28 mm Width 24 mm Height 17 mm Height accross pins 20 mm
Weight	ca. 80 g
Mounting	PC board mounting , pin distance 5 mm
Pinning bottom view, S = Shield	

# 140MEX

CHASSIS MOUNT – SHIELDED  
IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMER

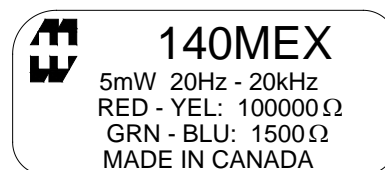
This transformer operates in the 20 Hz to 20 KHz range. The metal can provides excellent shielding from a broad range of external sources. The nickel core provides high permeability combined with low losses.

Typical applications Input/output Isolation, Line Matching, Driver, Hybrid applications.

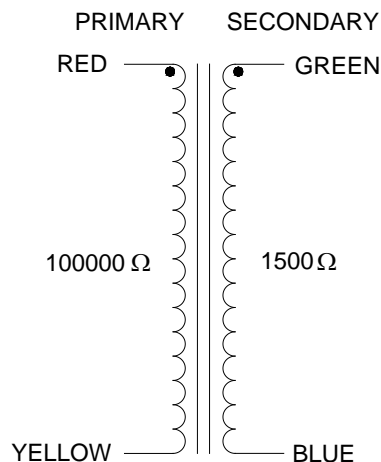


## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

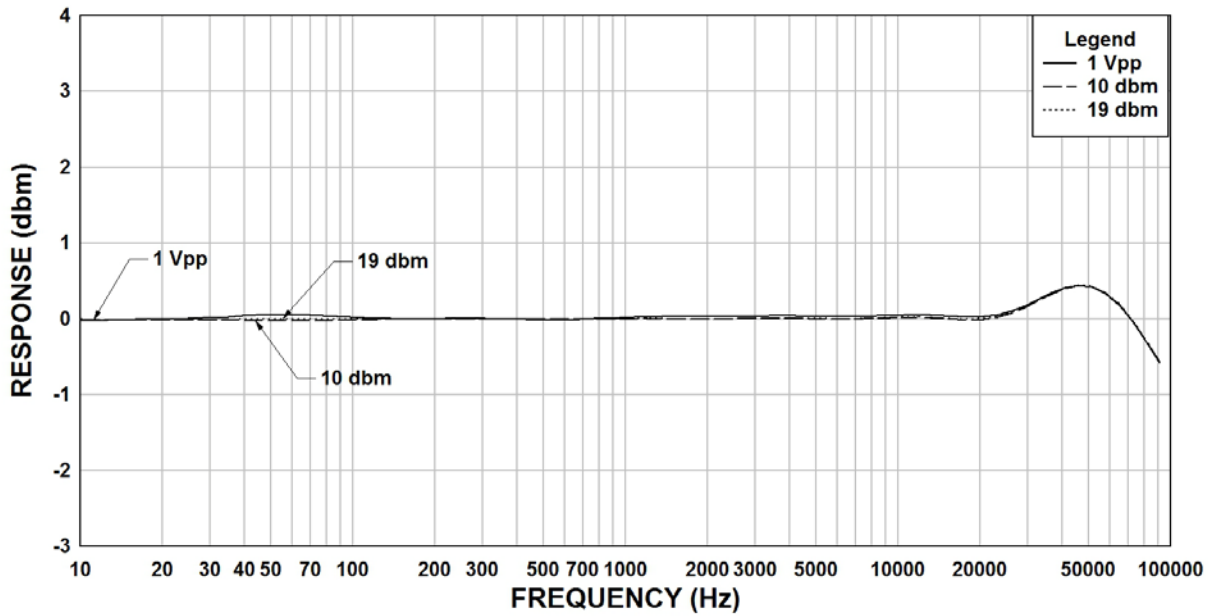
Characteristic	Typical
Input Impedance	100,000 Ω
Output Impedance	1500 Ω
Output Power	10.0 dbm
DCR	
Primary	5430 Ω
Secondary	159 Ω
Inductance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	2100 H
Secondary	34 H
Impedance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	13.7 kΩ
Secondary	810 kΩ
Frequency Response	±1db from 20 Hz to 20KHz
Turns ratio	8.13:1
Insertion Loss	<1.2 db
Return Loss	30.0 db
Longitudinal balance	-70 db
Dielectric Strength	500 Vrms



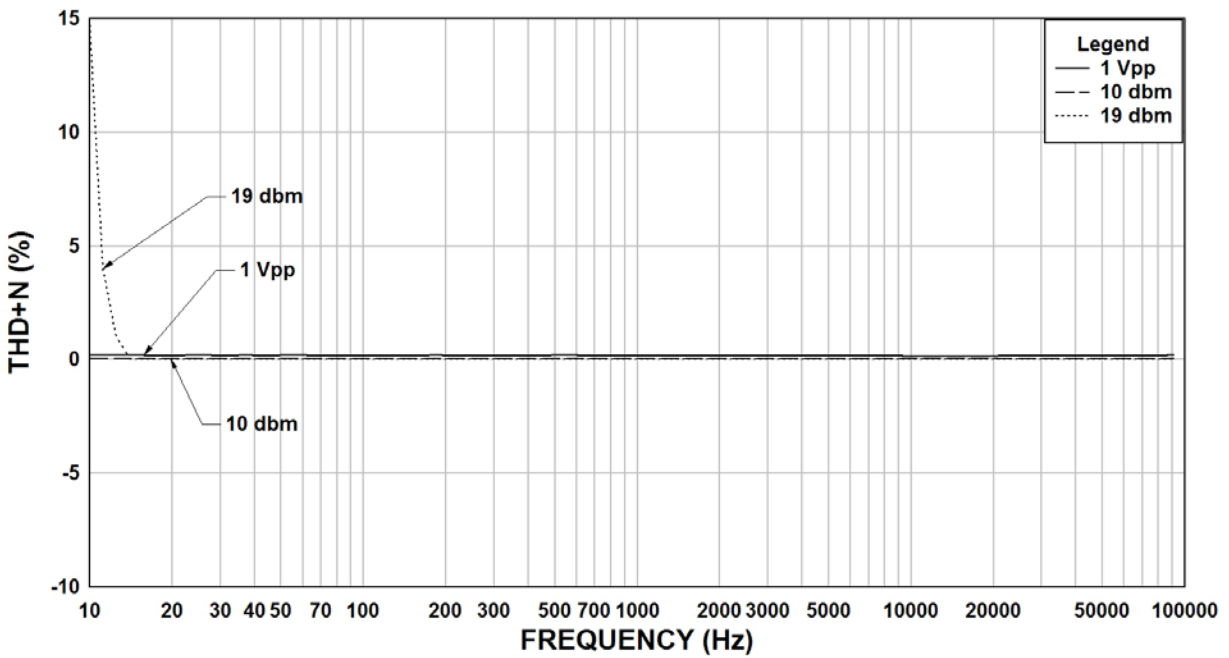
### SCHEMATIC DIAGRAM



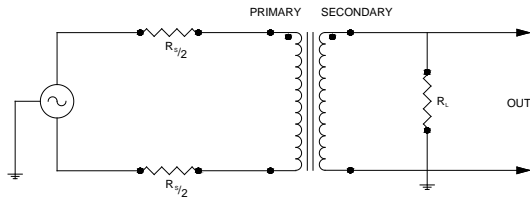
### 140MEX Rs=100000 RI=1500 Frequency Response



### 140MEX Rs=100K, RI=1500 THD+N



#### TYPICAL TEST CIRCUIT



Measurement instruments  
 Hp4192a impedance analyzer  
 Hp3456a DVM  
 Keithley 2002 DVM  
 D scope series iii audio analyzer

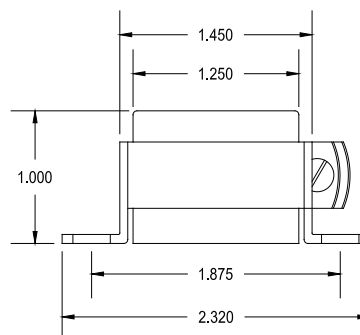
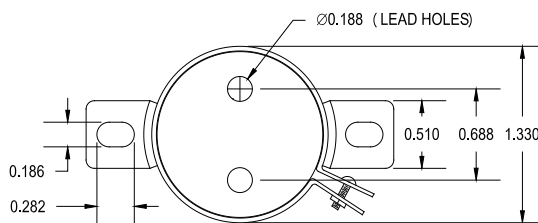
This drawing and the information in it is the property of Hammond Manufacturing. It may not be reproduced, transmitted or used in any manner whatsoever without the written permission of Hammond Manufacturing. Data subject to change without notice.

# 140NEX

CHASSIS MOUNT – SHIELDED  
IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMER

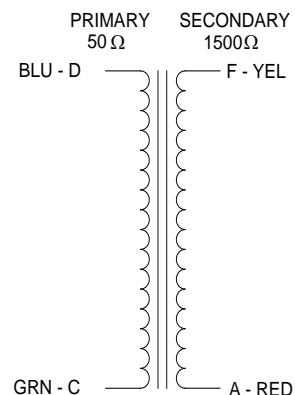
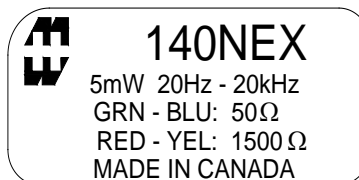
This transformer operates in the 20 Hz to 20 KHz range. The metal can provides excellent shielding from a broad range of external sources. The nickel core provides high permeability combined with low losses.

Typical applications Input/output Isolation, Line Matching, Driver, Hybrid applications.



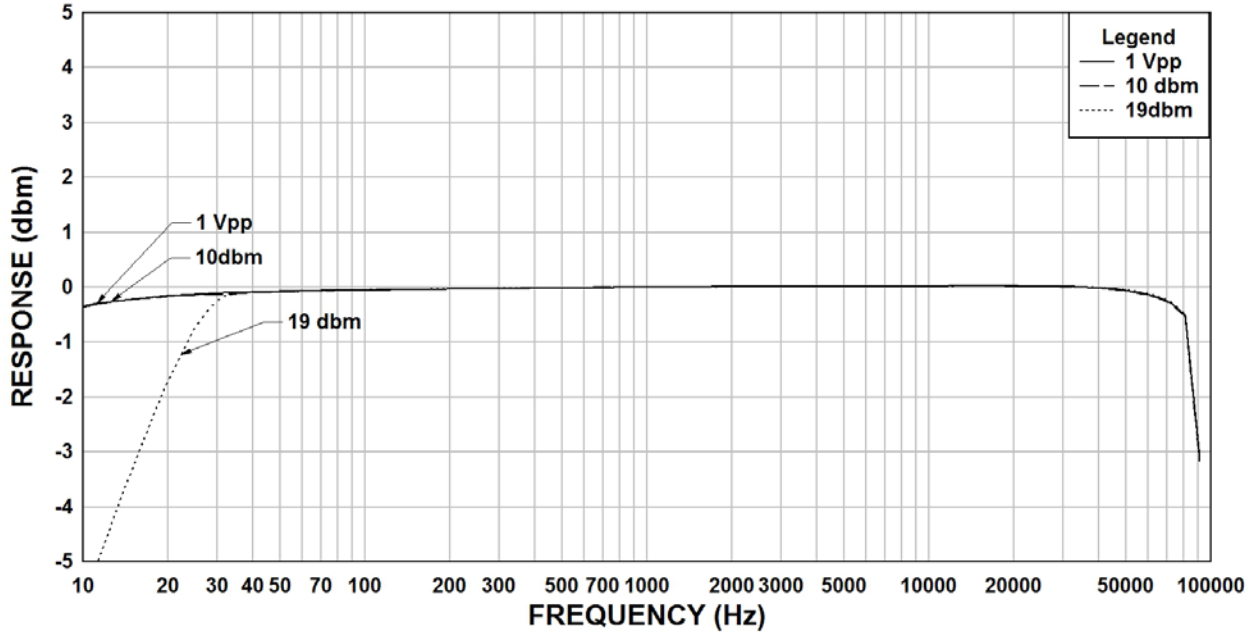
## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Characteristic	Typical
Input Impedance	4 Ω
Output Impedance	60,000 Ω
Output Power	10.0 dbm
DCR	
Primary	5.30 Ω
Secondary	116.5 Ω
Inductance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	326 mH
Secondary	9.30 H
Impedance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	2.83 kΩ
Secondary	79.0 kΩ
Frequency Response	±1db from 20 Hz to 20KHz
Turns ratio	1:5.47
Insertion Loss	< 0.9 db
Return Loss	28.0 db
Longitudinal balance	-70 db
Dielectric Strength	500 Vrms

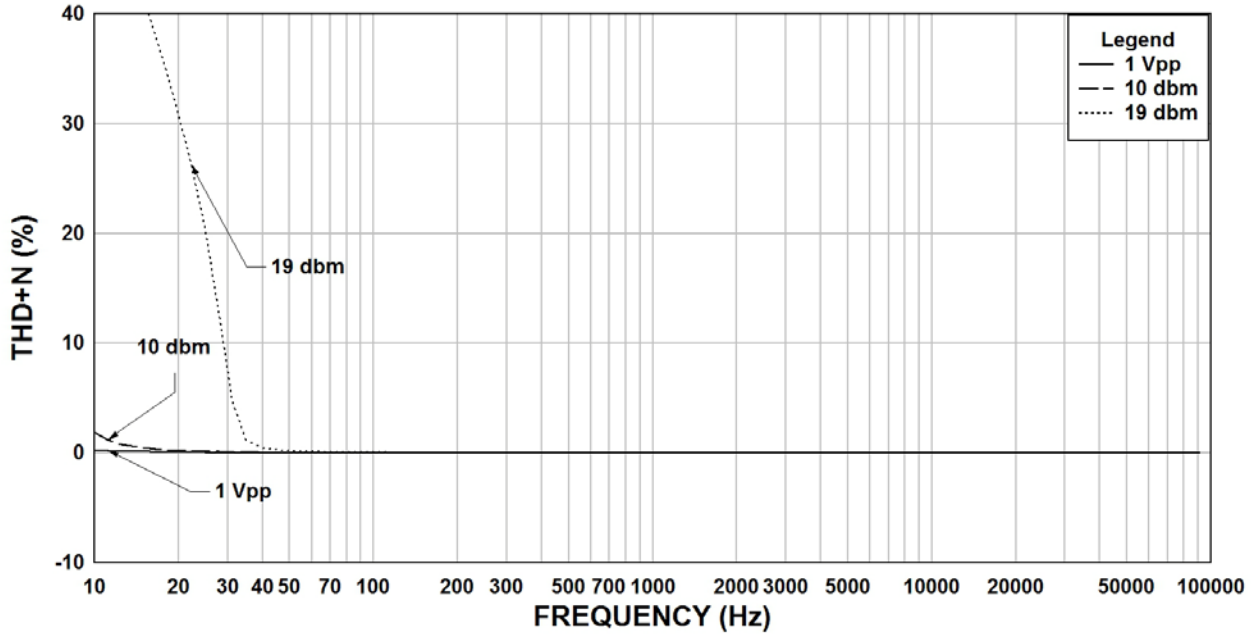




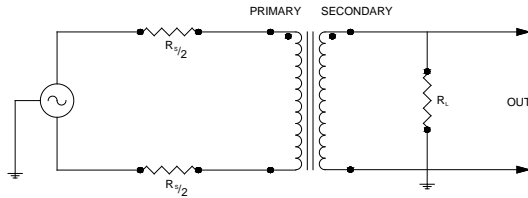
### 140NEX Rs=50, RI=1500 Frequency Response



### 140NEX Rs=50, RI=1500 THD+N



#### TYPICAL TEST CIRCUIT



Measurement instruments  
 Hp4192a impedance analyzer  
 Hp3456a DVM  
 Keithley 2002 DVM  
 D scope series iii audio analyzer

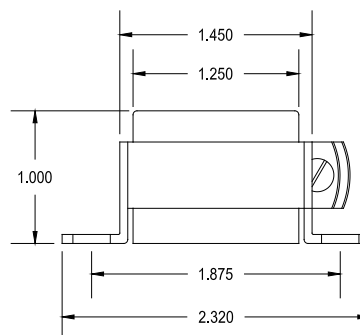
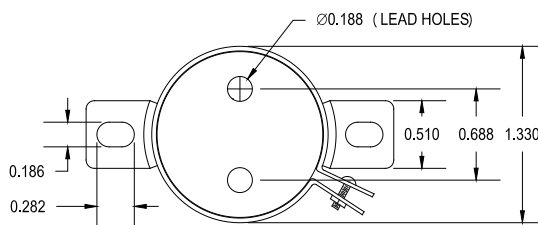
This drawing and the information in it is the property of Hammond Manufacturing. It may not be reproduced, transmitted or used in any manner whatsoever without the written permission of Hammond Manufacturing. Data subject to change without notice.

# 140PEX

CHASSIS MOUNT – SHIELDED  
IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMER


This transformer operates in the 20 Hz to 20 KHz range. The metal can provides excellent shielding from a broad range of external sources. While the nickel core provides high permeability combined with low losses.

Typical applications Input/output Isolation, Line Matching, Driver, Hybrid applications.



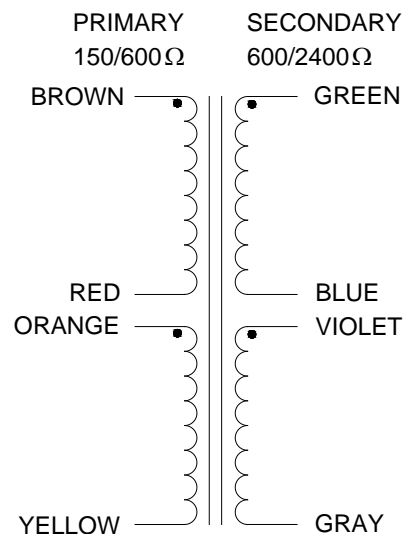
## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Characteristic	Typical
Input Impedance	150/600 Ω
Output Impedance	600/2400 Ω
Output Power	10.0 dbm
DCR	
Primary	58.0 Ω
BRN – RED	29.0 Ω
ORG - YEL	29.0 Ω
Secondary	190.0 Ω
GRN – BLU	95.0 Ω
VIO - GRY	95.0 Ω
Inductance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	14.5 H
Secondary	55.0 H
Impedance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	7.0 kΩ
Secondary	26.0 kΩ
Frequency Response	±1db from 20 Hz to 20KHz
Turns ratio	1:1, 1:2, 1:4
Insertion Loss	<0.8 db
Return Loss	30 db
Longitudinal balance	-70 db
Dielectric Strength	500 Vrms

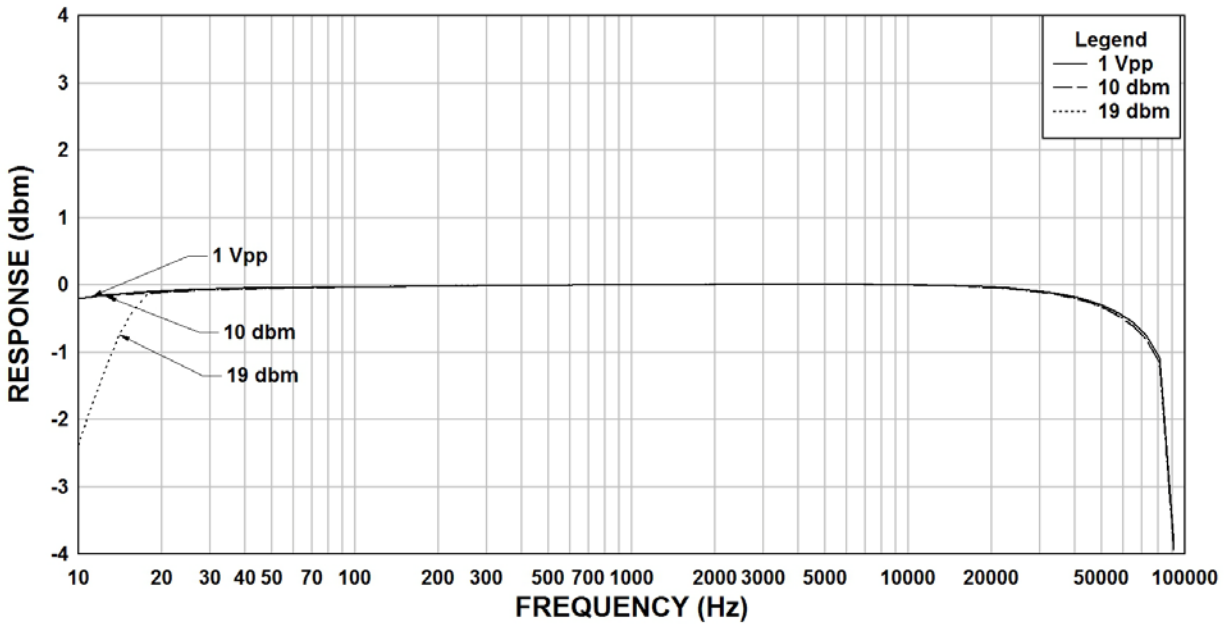


**140PEX**  
5mW 20Hz - 20kHz  
BRN-RED & ORG-YEL: 150/600 Ω  
GRN-BLY & VIO-GRY: 600/2400Ω  
MADE IN CANADA

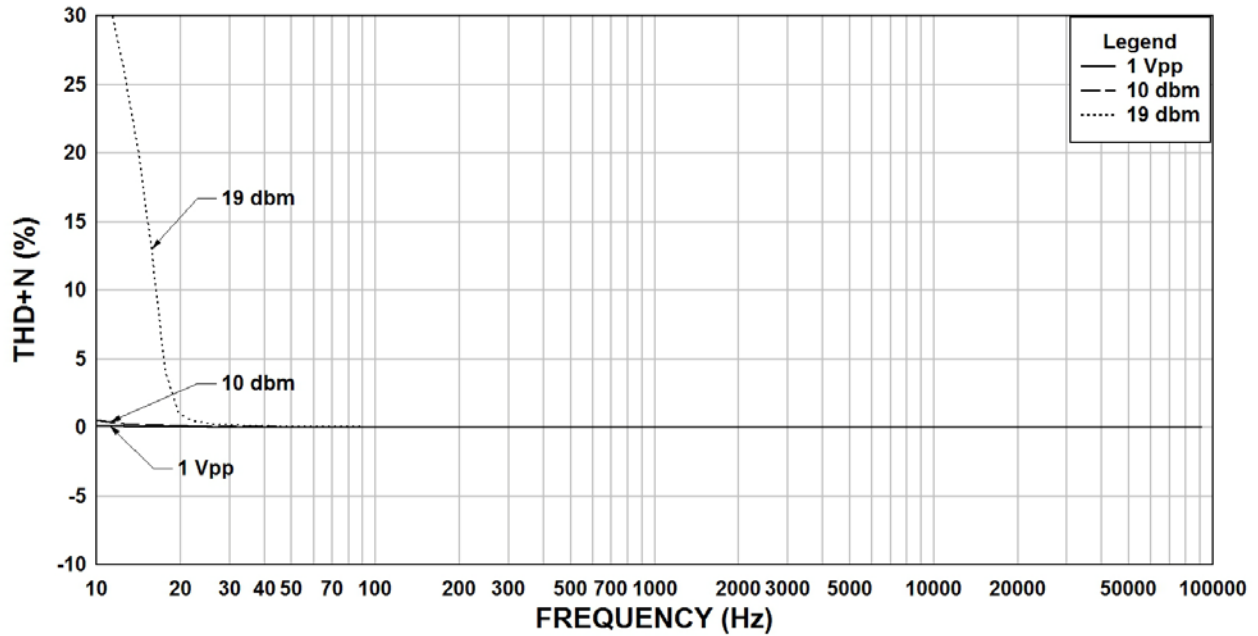
## SCHEMATIC DIAGRAM



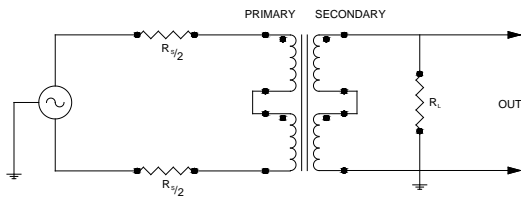
### 140PEX Rs=600, RI=2400 Frequency Response



### 140PEX Rs=600, RI=2400 THD+N



TYPICAL TEST CIRCUIT



Measurement instruments  
 Hp4192a impedance analyzer  
 Hp3456a DVM  
 Keithley 2002 DVM  
 D scope series iii audio analyzer

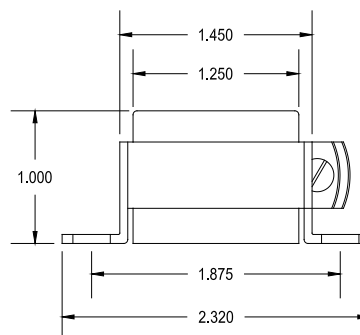
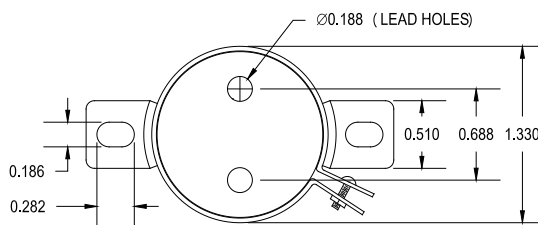
This drawing and the information in it is the property of Hammond Manufacturing. It may not be reproduced, transmitted or used in any manner whatsoever without the written permission of Hammond Manufacturing. Data subject to change without notice.

# 140QEX

CHASSIS MOUNT – SHIELDED  
IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMER

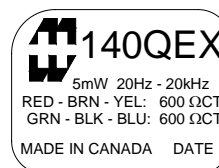
This transformer operates in the 20 Hz to 20 KHz range. The metal can provides excellent shielding from a broad range of external sources. While the nickel core provides high permeability combined with low losses.

Typical applications Input/output Isolation, Line Matching, Driver, Hybrid applications.

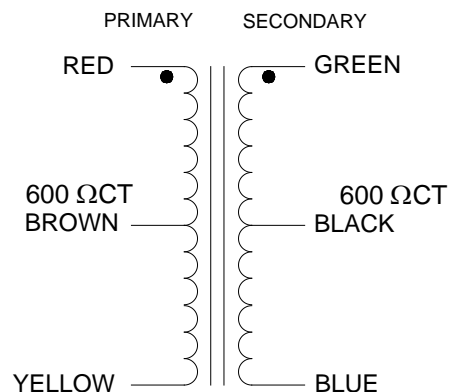


## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

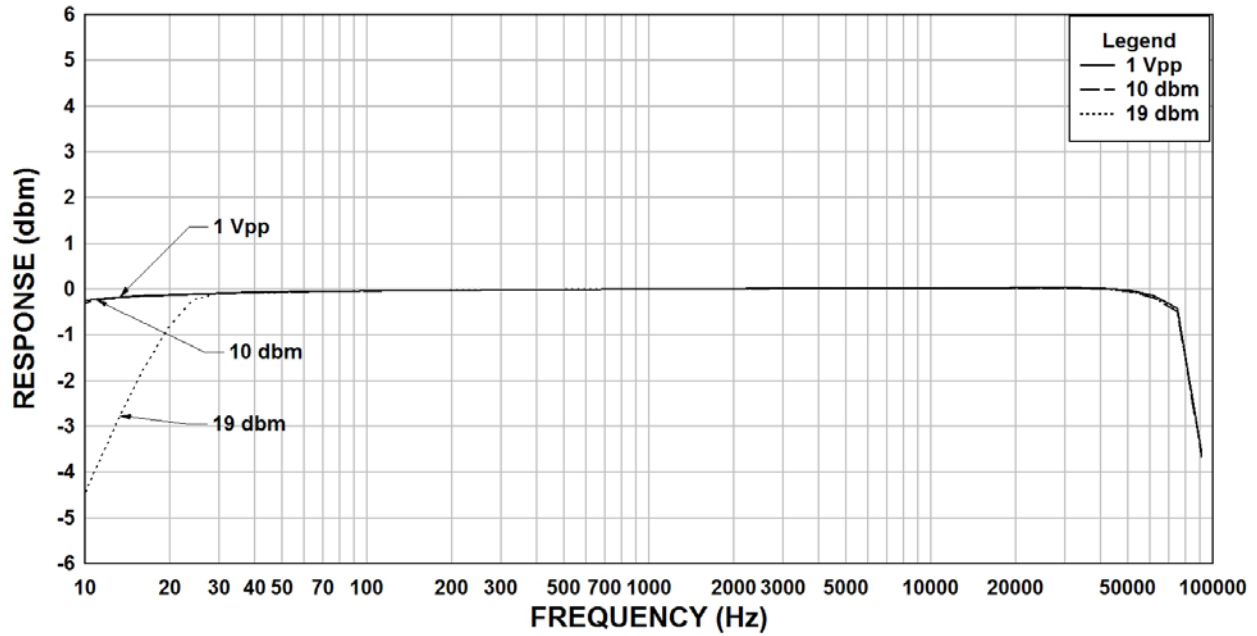
Characteristic	Typical
Input Impedance	600 ΩCT
Output Impedance	600 ΩCT
Output Power	10.0 dbm
DCR	
Primary	72.4 Ω
RED – BRN	36.2 Ω
BRN – YEL	36.2 Ω
Secondary	72.4 Ω
GRN – BLK	36.2 Ω
BLK – BLU	36.2 Ω
Inductance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	10.62 H
Secondary	10.62 H
Impedance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	64.5kΩ
Secondary	64.5kΩ
Frequency Response	±1db from 20 Hz to 20KHz
Turns ratio	1:1
Insertion Loss	< 1.1 db
Return Loss	20 db
Longitudinal balance	-65 db
Dielectric Strength	500 Vrms



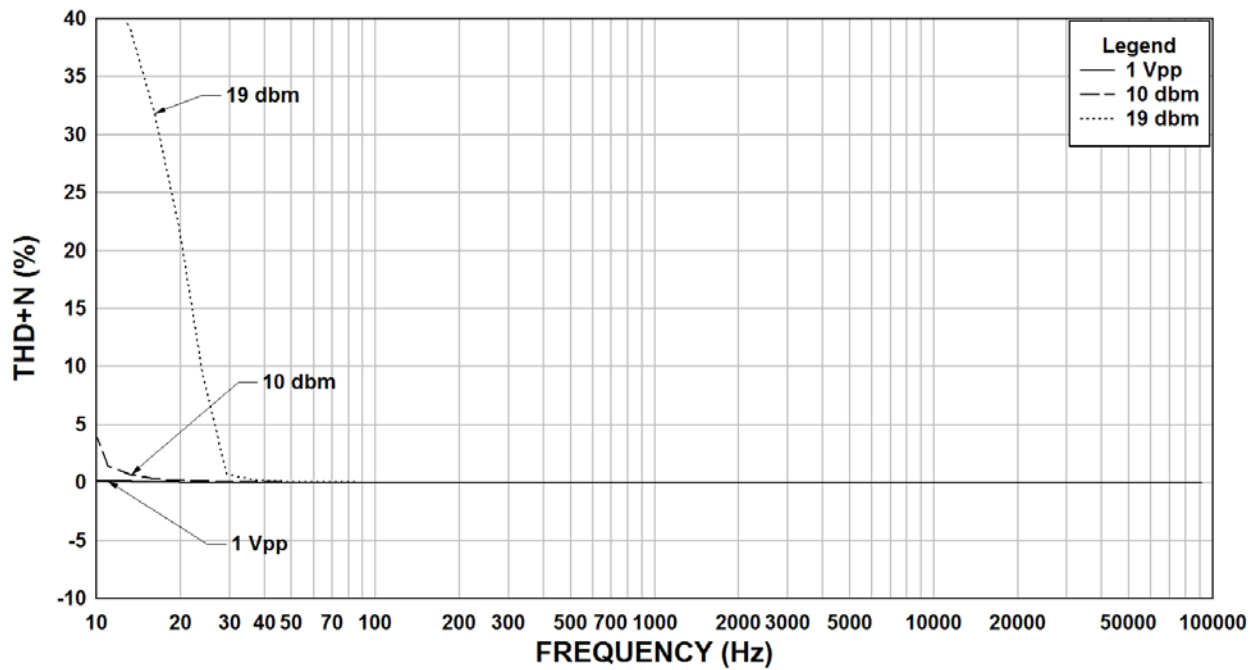
## SCHEMATIC DIAGRAM



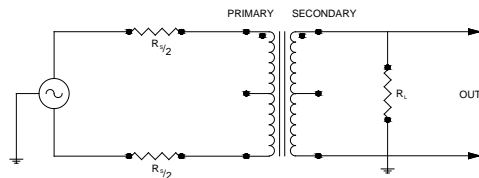
### 140QEX Rs=600, RI=600 Frequency Response



### 140QEX Rs=600, RI=600 THD+N



TYPICAL TEST CIRCUIT



Measurement instruments  
 Hp4192a impedance analyzer  
 Hp3456a DVM  
 Keithley 2002 DVM  
 D scope series iii audio analyzer

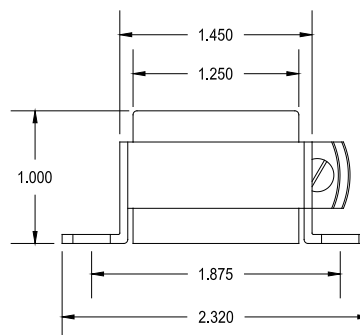
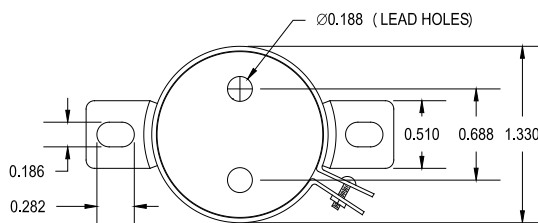
This drawing and the information in it is the property of Hammond Manufacturing. It may not be reproduced, transmitted or used in any manner whatsoever without the written permission of Hammond Manufacturing. Data subject to change without notice.

# 140REX

CHASSIS MOUNT – SHIELDED  
IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMER

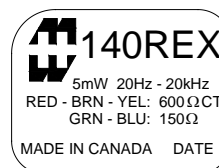
This transformer operates in the 20 Hz to 20 KHz range. The metal can provides excellent shielding from a broad range of external sources. While the nickel core provides high permeability combined with low losses.

Typical applications Input/output Isolation, Line Matching, Driver, Hybrid applications.

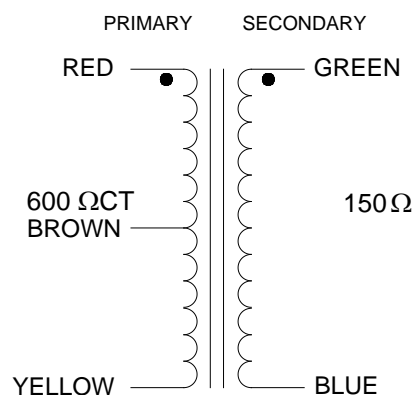


## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

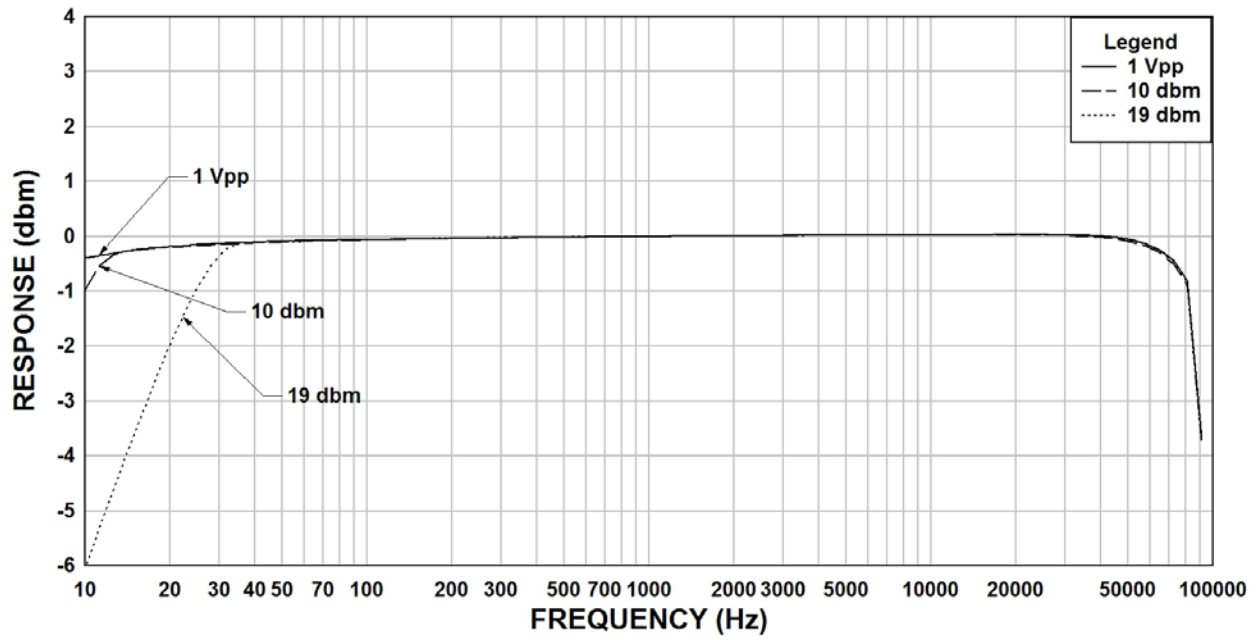
Characteristic	Typical
Input Impedance	600CT $\Omega$
Output Impedance	150 $\Omega$
Output Power	10.0 dbm
DCR	
Primary	72.4 $\Omega$
RED – BRN	36.2 $\Omega$
BRN – YEL	36.2 $\Omega$
Secondary	18.2 $\Omega$
Inductance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	3.62 H
Secondary	0.88 H
Impedance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	61.5 k $\Omega$
Secondary	15.6 k $\Omega$
Frequency Response	$\pm 1$ db from 20 Hz to 20KHz
Turns ratio	2:1
Insertion Loss	< 1.0 db
Return Loss	22.5 db
Longitudinal balance	-65 db
Dielectric Strength	500 Vrms



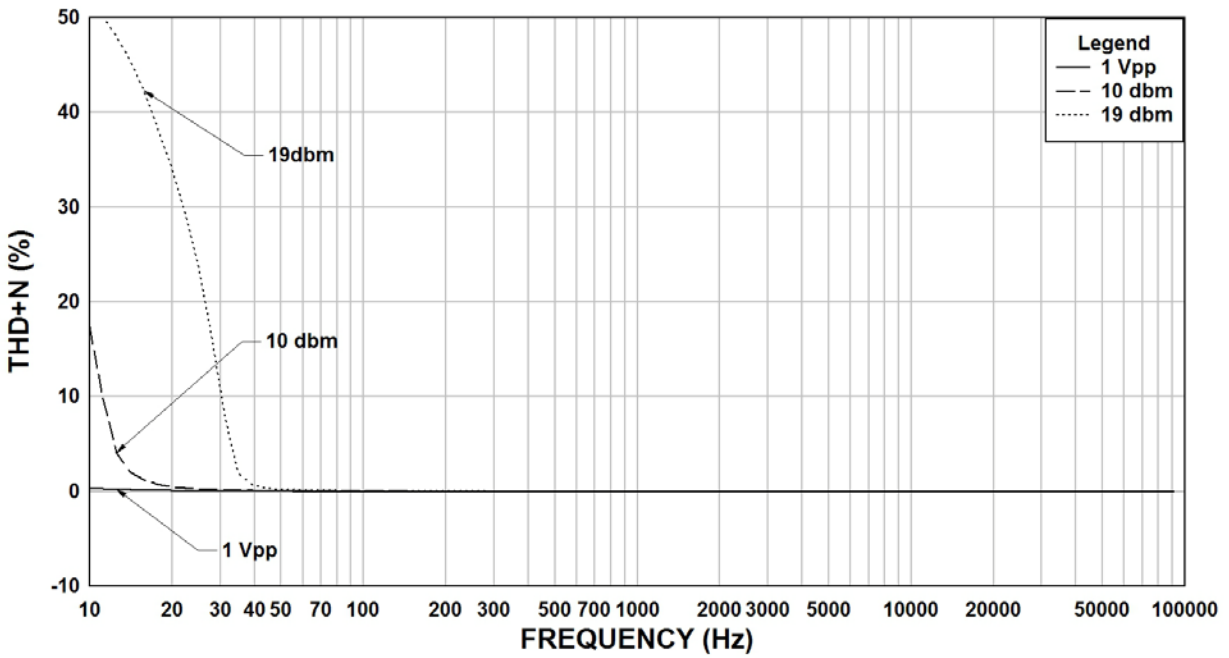
## SCHEMATIC DIAGRAM



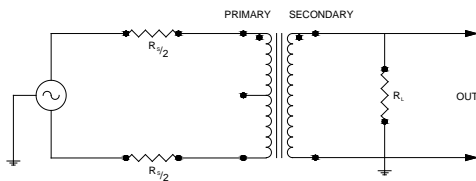
### 140REX Rs=600, RI=150 Frequency Response



### 140REX Rs=600, RI=150 THD+N



#### TYPICAL TEST CIRCUIT



Measurement instruments  
 Hp4192a impedance analyzer  
 Hp3456a DVM  
 Keithley 2002 DVM  
 D scope series iii audio analyzer

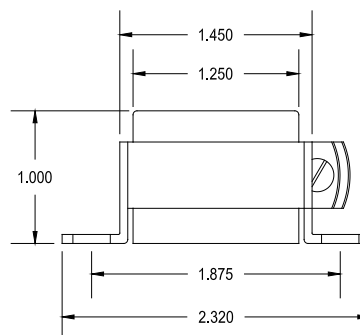
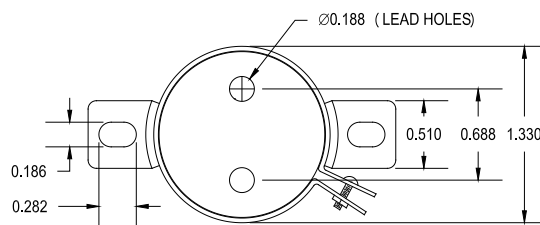
This drawing and the information in it is the property of Hammond Manufacturing. It may not be reproduced, transmitted or used in any manner whatsoever without the written permission of Hammond Manufacturing. Data subject to change without notice.

# 140TEX

CHASSIS MOUNT – SHIELDED  
IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMER

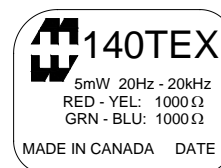
This transformer operates in the 20 Hz to 20 KHz range. The metal can provides excellent shielding from a broad range of external sources. While the nickel core provides high permeability combined with low losses.

Typical applications Input/output Isolation, Line Matching, Driver, Hybrid applications.

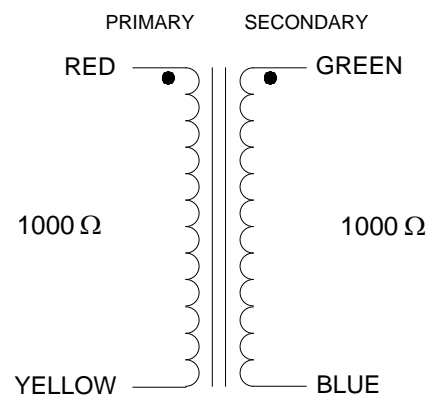


## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Characteristic	Typical
Input Impedance	1,000 Ω
Output Impedance	1,000 Ω
Output Power	10.0 dbm
DCR	
Primary	89.7 Ω
Secondary	89.7 Ω
Inductance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	7.20 H
Secondary	7.20 H
Impedance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	62.7kΩ
Secondary	62.7kΩ
Frequency Response	±1db from 20 Hz to 20KHz
Turns ratio	1:1
Insertion Loss	< 1.0 db
Return Loss	20 db
Longitudinal balance	-65 db
Dielectric Strength	500 Vrms

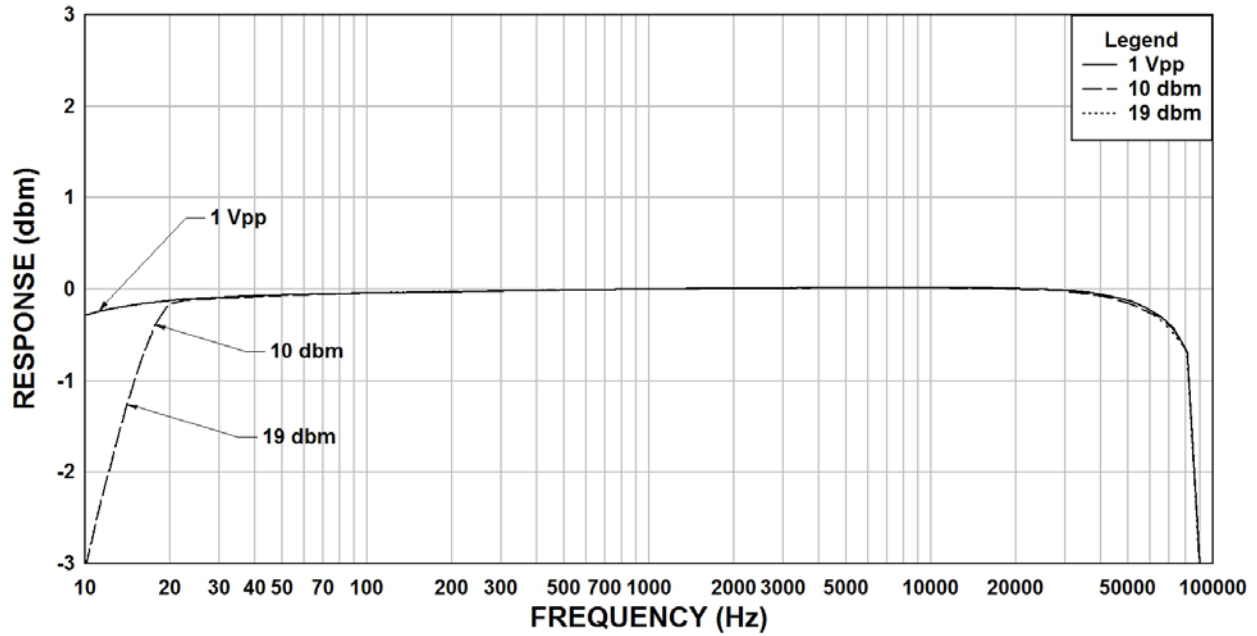


## SCHEMATIC DIAGRAM

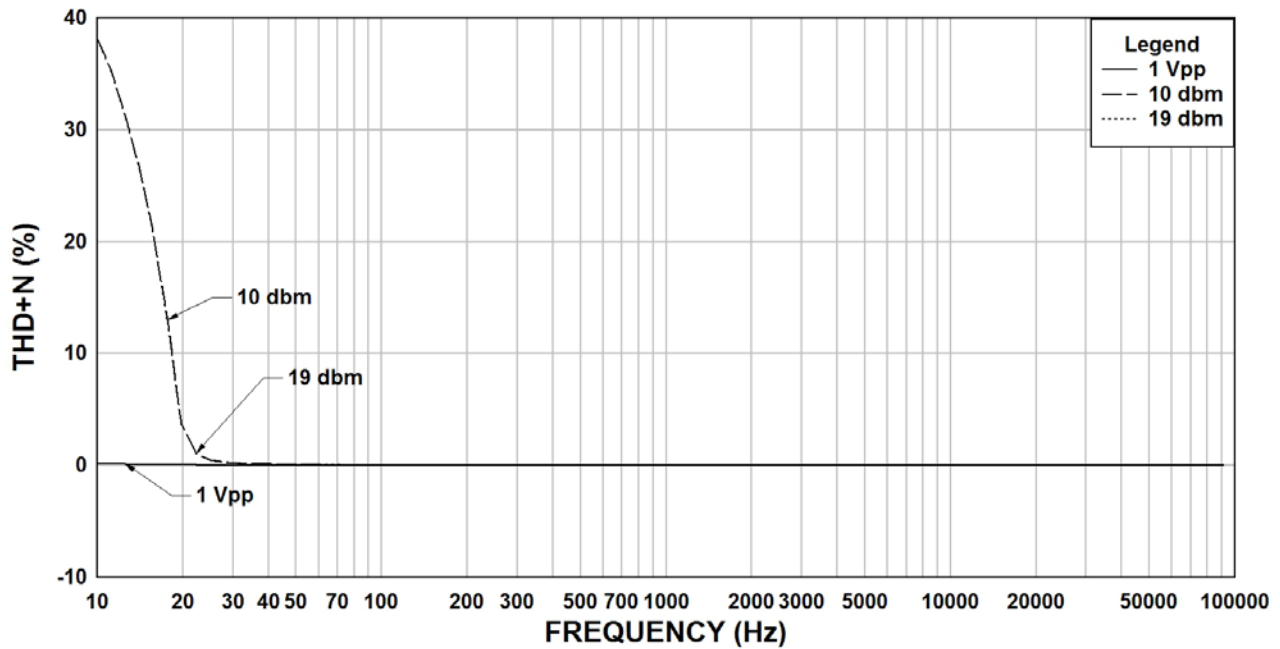




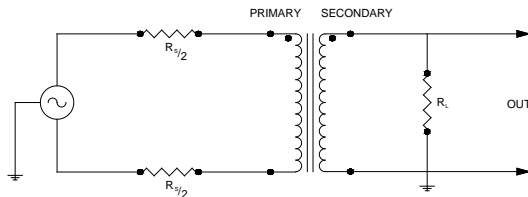
### 140TEX Rs=1000, RI=1000 Frequency Response



### 140TEX Rs=1000, RI=100 THD+N



#### TYPICAL TEST CIRCUIT



Measurement instruments  
 Hp4192a impedance analyzer  
 Hp3456a DVM  
 Keithley 2002 DVM  
 D scope series iii audio analyzer

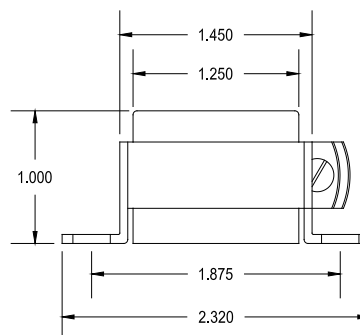
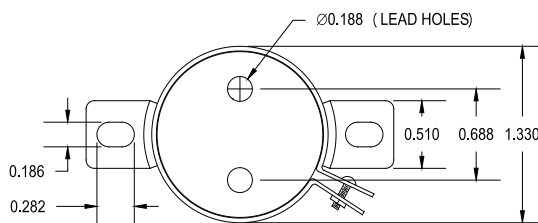
This drawing and the information in it is the property of Hammond Manufacturing. It may not be reproduced, transmitted or used in any manner whatsoever without the written permission of Hammond Manufacturing. Data subject to change without notice.

# 140UEX

CHASSIS MOUNT – SHIELDED  
IMPEDANCE MATCHING TRANSFORMER

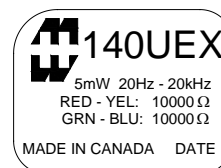
This transformer operates in the 20 Hz to 20 KHz range. The metal can provides excellent shielding from a broad range of external sources. The nickel core provides high permeability combined with low losses.

Typical applications Input/output Isolation, Line Matching, Driver, Hybrid applications.

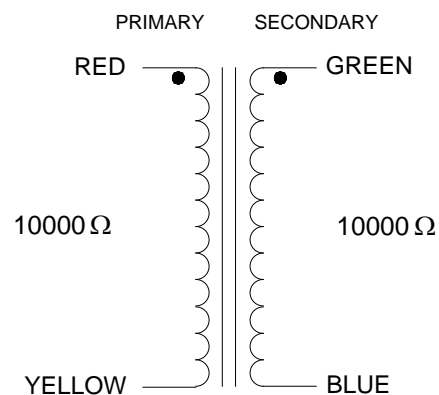


## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

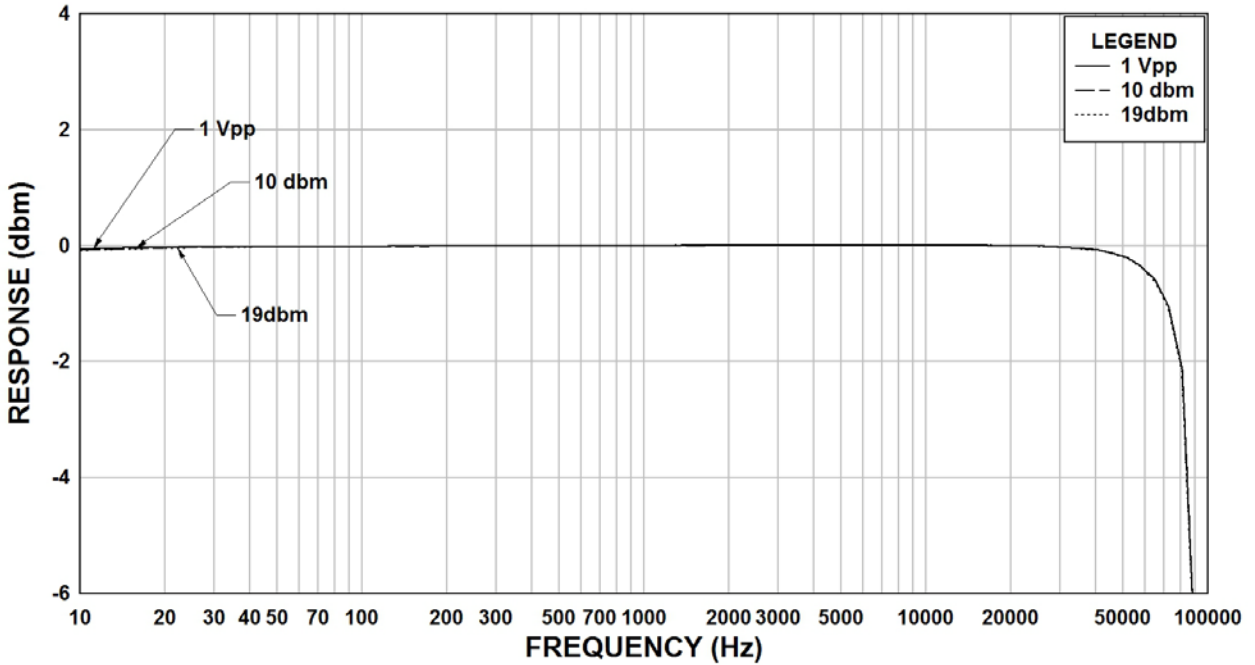
Characteristic	Typical
Input Impedance	10,000 Ω
Output Impedance	10,000 Ω
Output Power	10.0 dbm
DCR	
Primary	886.0 Ω
Secondary	903.5 Ω
Inductance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	36.5H
Secondary	36.5H
Impedance	@ 1.0 kHz, 1.0 V OC
Primary	882kΩ
Secondary	882kΩ
Frequency Response	±1db from 20 Hz to 20KHz
Turns ratio	1:1
Insertion Loss	< 1.0 db
Return Loss	20.0db
Longitudinal balance	-50.0db
Dielectric Strength	500 Vrms



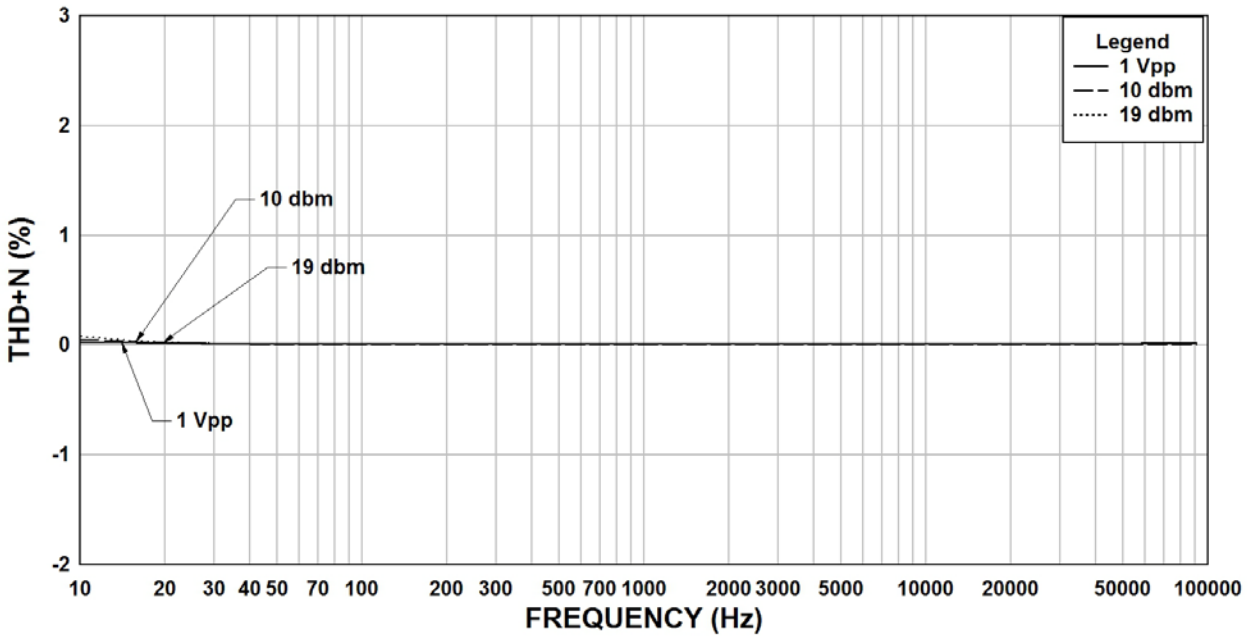
## SCHEMATIC DIAGRAM



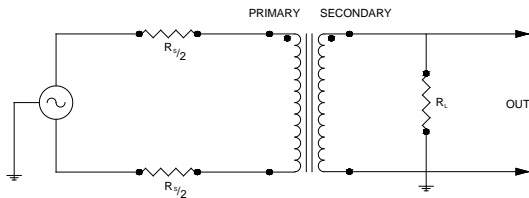
### 140UEX Rs=10K, RI=10K Frequency Response



### 140UEX Rs=10K, RI=10K THD+N



#### TYPICAL TEST CIRCUIT



Measurement instruments  
 Hp4192a impedance analyzer  
 Hp3456a DVM  
 Keithley 2002 DVM  
 D scope series iii audio analyzer

This drawing and the information in it is the property of Hammond Manufacturing. It may not be reproduced, transmitted or used in any manner whatsoever without the written permission of Hammond Manufacturing. Data subject to change without notice.



3 pole plug



SM2/2 switch



VM housing

## Modules & Audio Transformers



NM3FXI



NM3P



KMX



SM2/2

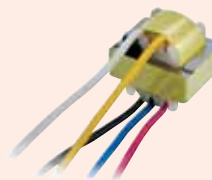


NM3FD-B

- Multifunctional modules allow to design customized adapters to suit specific needs
- Based on the X and D Series connector system
- NTE transformers and switch can be built in
- Professional look, rugged diecast shell

### Audio Transformer

- Professional audio transformers for multiple applications, as e.g. microphone or line inputs
- Very low distortion, excellent frequency response
- Cost effective cable version for free wiring
- Fully permalloy-shielded studio versions



NTE10-3



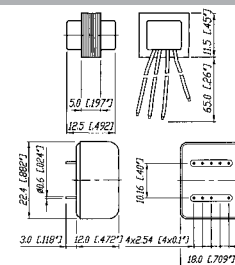
NTL1

### Audio Transformer selection Guide

Part No.	Turns Ratio (prim : sec)	Impedance ratio	Source / load impedance in $\Omega$	Max. Input level* @ 50 Hz, 1% THD [dBu]	Applications
NTE1	1 : 1	200 : 200	200 / 2k, (600 / 10k)	-3	General purpose, splitting, XLR inline
NTE4	1 : 4	200 : 3.2k	200 / 10 K	-7	Mic input step-up
NTE10/3	1 : 3	200 : 1.8k	200 / 10 K	-7	General purpose mic input step-up
	1 : 10	200 : 20k	200 / 50 K	-6	
NTL1	1 : 1	10k : 10k	600 / 10k	+19	Line input
NTM1	1 : 1	200 : 200	200 / 2k	+7	Mic input, splitting
NTM4	1 : 4	200 : 3.2k	200 / 10k	+9	Mic input step-up

\* : measured with typical source / load impedances

Wiring: NTE\*: free wires, NTL / NTM\*... PCB mount, shielded; Find detailed specifications on [www.neutrik.com](http://www.neutrik.com)



**Title: PRO AUDIO TRANSFORMERS NTL1 / NTM1 / NTM4****General Description**

NTL1 is a line transformer intended to balance amplifier outputs for line driving up to +24 dBm.

NTM1 and NTM4 are input transformers intended to match mic-level lines to active mic-input amplifiers. Existing center tap for phantom powering.

All types are designed for direct PCB mounting and are featuring electrostatic shielding between windings and heavy Mu-metal shielding/housing.

**Electrical Data**

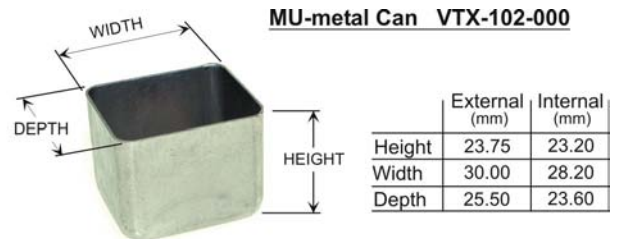
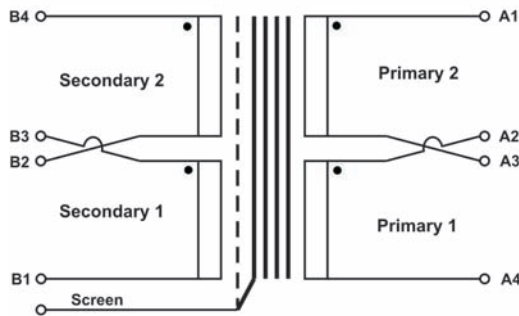
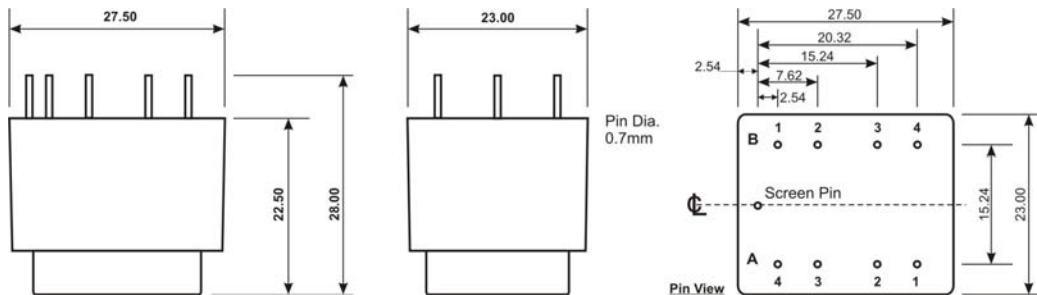
<i>Parameter</i>	<i>Unit</i>	<b>NTL1</b>	<b>NTM1</b>	<b>NTM4</b>
Turns ratio (prim:sec)		1 : 1 ± 5%	1 : 1 ± 10%	1 : 4 ± 10%
Winding D.C. resistance - primary - secondary	Ω	1100 ± 5% 1350 ± 5%	85 ± 3% 105 ± 5%	105 ± 3% 1250 ± 5%
Primary inductance at 30 Hz	H	> 150	> 8	> 8
Typical source impedance	Ω	600	200	200
Max. input voltage for 1% THD at 30 Hz - with load 600 Ω: - with load 2 kΩ: - with load 10 kΩ: - with load 50 kΩ:	V rms	6 5 --- ---	1.2 0.9 --- ---	--- --- 1.2 0.8
Frequency response 20 Hz – 20 kHz ref. 1kHz	dB	+/- 1	+/- 1	+/- 1
Electric strength test voltage *	V ac	500	500	500

\*: between windings (W1–W2) and between windings and shielding/housing (W1,W2–SH)



### Features:

- High Quality Audio Transformers
- Encapsulated PCB mounting
- Optional MU-metal can with Lid to minimise external noise.
- Less than 1% T.H.D
- 30Hz ~ 35KHz Freq. Range
- ULV0-94 rated materials
- RoHS Compliant



Part No	Ratio	Imp. Pri Z (Ω)	Imp. Sec Z (Ω)	Imp. Pri Series Z (Ω)	Imp. Sec Series Z (Ω)	Pri DCR Ω +/-10%	Sec DCR Ω +/-10%	Freq. Range	Isolation Voltage
VTX-101-001	6.3+6.3 : 1+1	150 + 150	3.75 +3.75	600	15	10 + 10	0.36+0.36	30~ 30KHz	1KVac
VTX-101-002	1+1 : 2+2	150 + 150	600 + 600	600	2.4k	10 +10	55 + 55	30~ 35KHz	
VTX-101-003	1+1 : 6.45+6.45	150 + 150	6.25k +6.25k	600	25k	9.6 + 9.6	535+605	30~ 25KHz	
VTX-101-006	1+1 : 1+1	150 + 150	150 + 150	600	600	15 + 15	20 + 20	30~ 30KHz	
VTX-101-007	1+1 : 1+1	600 + 600	600 + 600	2.4k	2.4k	42 + 42	58 + 58	30~ 35KHz	
VTX-102-000	Mu-metal screening can + Lid								
VTX-102-001	VTX-101-001 fitted with VTX-102-000								
VTX-102-002	VTX-101-002 fitted with VTX-102-000								
VTX-102-003	VTX-101-003 fitted with VTX-102-000								
VTX-102-006	VTX-101-006 fitted with VTX-102-000								
VTX-102-007	VTX-101-007 fitted with VTX-102-000								

Please contact Vigortronix for any enquiries. Products can be altered to suit custom requirements. The information contained in this document is subject to change without notice.

## Input Transformers LL1531 and LL1532

LL1531 is a small size, high impedance line input transformer.

LL1532 is a small size medium impedance mic/line input transformer.

The transformers consists of two coils each with one primary and one secondary winding separated by a electrostatic shield. The secondaries are serially connected internally. The core is a high permeability mu-metal core.

Being a high impedance transformer, the LL1531 should normally be used with primaries connected in series.

The LL1532 can be used with primaries in series or in parallel.

The transformers are magnetically shielded by a mu-metal case.

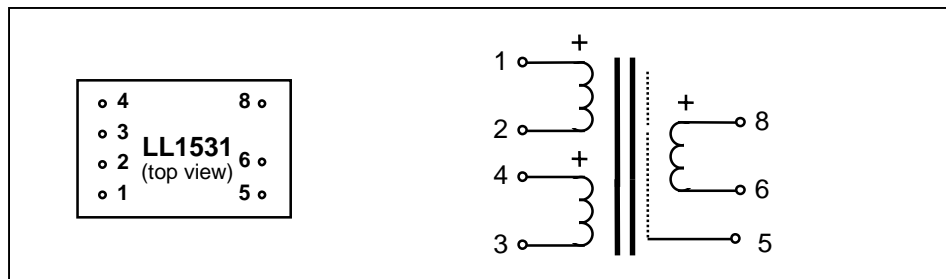
**Turns ratio:**

1 + 1 : 2

**Dims (Length x Width x Height above PCB (mm)):**

28 x 17 x 15

**Pin layout** (viewed from component side) **and winding schematics:**



**Spacing between pins:**

3.81 mm (0.15")

**Spacing between rows of pins:**

20.32 mm (0.8")

**Weight:**

25 g

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

	LL1531	LL1532
<b>Static resistance of each primary:</b>	500Ω	70Ω
<b>Static resistance of secondary:</b>	1.3kΩ	180Ω
<b>Distortion</b> (primaries connected in series, source impedance 600Ω):	+ 10 dBU primary level, 50 Hz: 0.2 %	+ 0 dBU primary level, 50 Hz: 0.2 %
	+ 20 dBU primary level, 50 Hz: 1 %	+ 10 dBU primary level, 50 Hz: 1 %
<b>Self resonance point :</b>	> 80 kHz	> 200 kHz
<b>Optimum termination for best square-wave response</b> (source imp. 600Ω) :	8 kΩ in series with 1.2 nF	2 kΩ in series with 1.6 nF
<b>Frequency response</b> (source and load as above)	10 Hz - 25 kHz +/- 0.3 dB	10 Hz - 50 kHz +/- 0.3 dB

**Isolation between windings/ between windings and shield:**

3 kV / 1.5 kV

## Line Input Transformer LL1540

LL1540 is a high impedance, high level line input transformer.

The transformer consists of two coils, each with one primary and one secondary part separated by an electrostatic shield. The core is a high permeability mu-metal core, and the transformer is housed in a mu-metal can.

Being a high impedance transformer, the LL1540 should normally be used in a series-series connection.

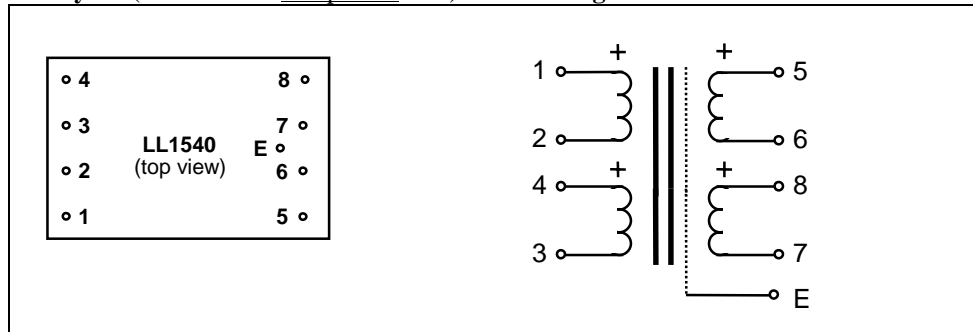
**Turns ratio:**

1 + 1 : 1 + 1

**Dims (Length x Width x Height above PCB (mm)):**

38 x 24 x 17

**Pin layout (viewed from component side) and winding schematics:**



**Spacing between pins:**

5.08 mm (0.2")

**Spacing between rows of pins:**

27.94 mm (1.1")

**Offset of earth pin from adjacent row:**

2.54 mm (0.1")

**Weight:**

47 g

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

**Static resistance of each primary:**

610Ω

**Static resistance of each secondary:**

800Ω

**Distortion (source impedance 600Ω):**

+ 20 dBU < 0.1% @ 50 Hz

+30 dBU < 1 % @ 50 Hz

**Self resonance point :**

> 60 kHz

**Recommended load for best square-wave response:**

22 kΩ in series with 1nF

**Frequency response (source 600Ω, load 15 k Ω )**

5 Hz -- 50 kHz +/- 0.2 dB

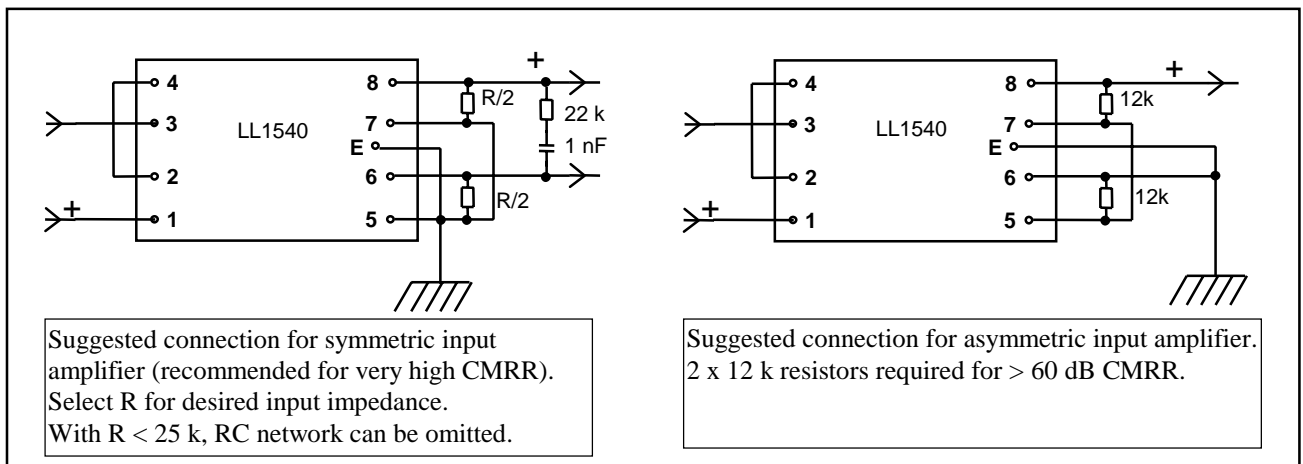
**Loss across transformer (at 1 kHz with above termination):**

0.5 dB

**Isolation between windings / between windings and shield:**

4 kV / 2 kV

**Suggested connections:**





## Audio Transformer LL1544A

LL1544A is a line input / general purpose audio transformer which can be used in many different applications ranging from bridging input to microphone input applications. The transformer is built up from two three-section coils with interleaved Faraday shields. The core is a two-component amorphous strip core. This core type combines a high sensitivity for very low signal levels with excellent high-level capabilities. In addition, as this type of core does not store energy (unlike conventional mu-metal cores), at low frequencies phase response is excellent and resonance with a series capacitor is practically eliminated.

**The LL1544A replaces previous types LL1544 and LL1554.**

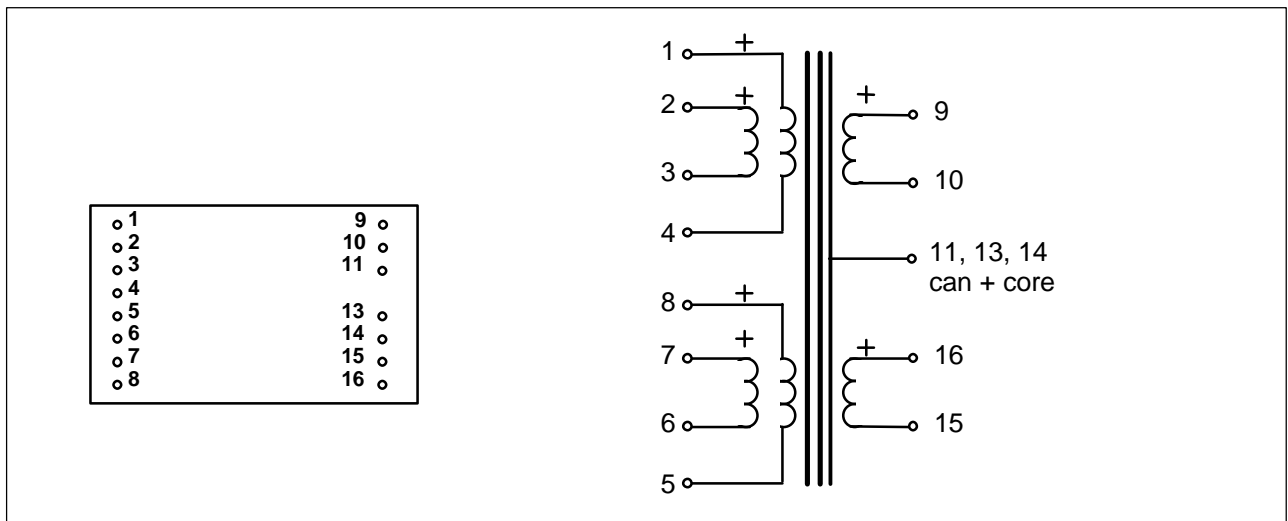
**Turns ratio:**

1 + 1 + 1 + 1 : 2 + 2

**Dims: (Length x Width x Height above PCB (mm))**

30 x 22.5 x 14.5

**Pin Layout (viewed from pins side) and Windings Schematics:**



**Spacing between pins:**

2.54 mm (0.1")

**Spacing between rows of pins:**

22.86 mm (0.9")

**Weight:**

27 g

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

**Static resistance of each primary (average):**

130 Ω

**Static resistance of each secondary (average):**

260 Ω

**Self resonance point:**

> 220 kHz

**Recommended load for best square-wave response**

6.7 kΩ + 470 pF

(Termination alternative A below):

**Frequency response (source 600Ω ,**

10 Hz - 70 kHz +/- 0.5 dB @ 0 dBu

load (6.7 kΩ + 470 pF) in parallel with 56 kΩ ):

**Loss across transformer (at 1kHz with termination as above):**

0.2 dB

**Isolation between windings / between windings and shields:**

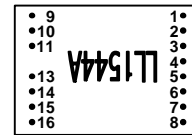
3 kV / 1.5 kV

**Data at different termination alternatives, showed on the following page:**

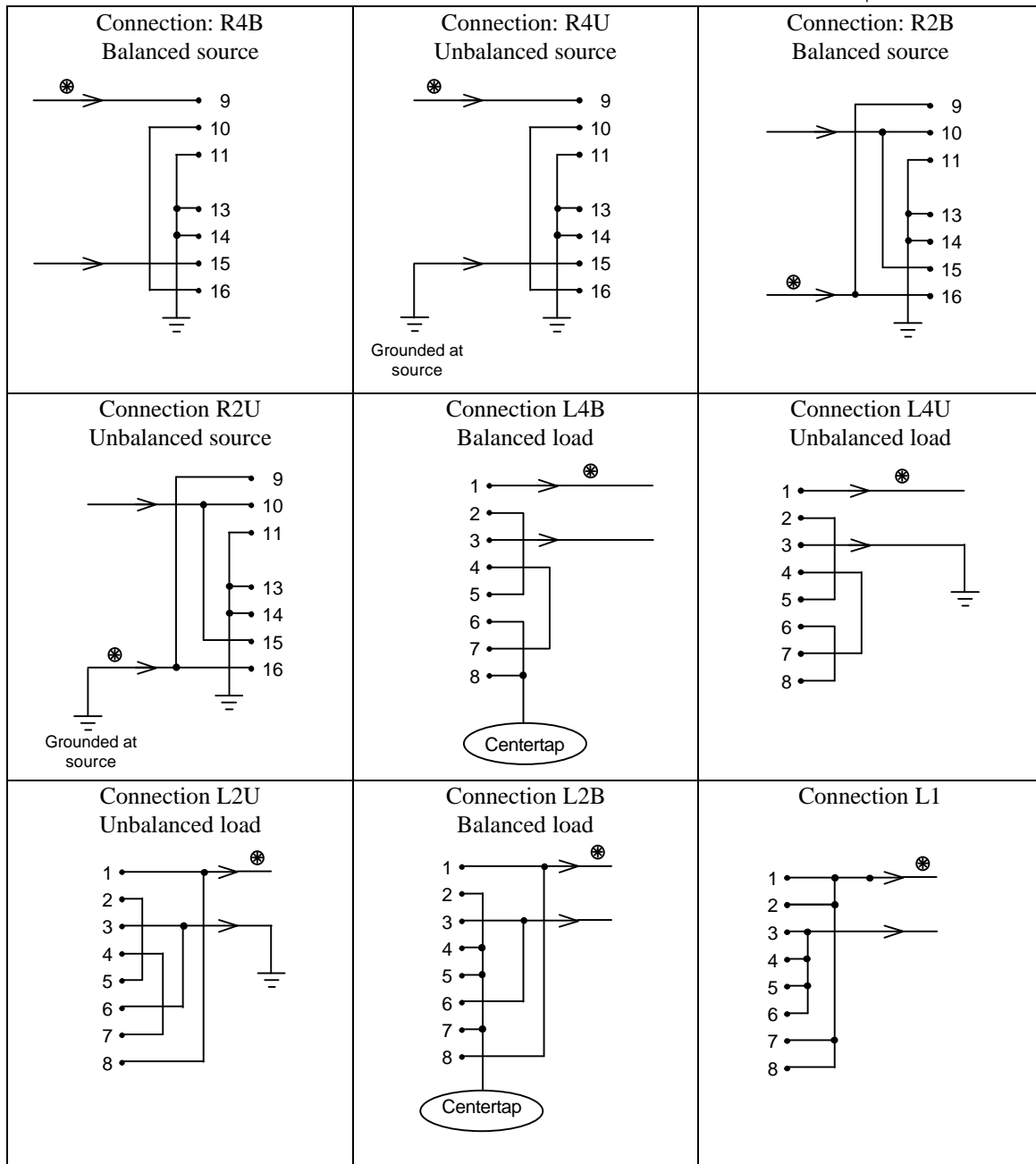
Termination Alternative	Turns ratio	Copper Resistance Prim/sec	Idle impedance @40 Hz, 0dBu	Suggested Use	THD < 0.5% @50 Hz primary level / real source impedance
<b>R4B / R4U : L4B / L4U</b>	1:1	520Ω / 520Ω	80kΩ / 80kΩ	10 kΩ / 10 kΩ	20 dBu / 600Ω
<b>R2B / R2U : L2B / L2U</b>	1:1	130Ω / 130Ω	20kΩ / 20kΩ	600Ω / 600Ω	14 dBu / 150Ω
<b>R2B / R2U : L4B / L4U</b>	1:2	130Ω / 520Ω	20kΩ / 80kΩ	600Ω / 2.5 kΩ	14 dBu / 150Ω
<b>R4B / R4U : L2B / L2U</b>	2:1	520Ω / 130Ω	5kΩ / 20kΩ	10 kΩ / 2.5 kΩ	22 dBu / 37.5Ω
<b>R4B / R4U : L1</b>	4:1	520Ω / 65Ω	80kΩ / 5kΩ	10 kΩ / 600Ω	22 dBu / 37.5Ω

# Connection alternatives for LL1544A

## Component side view



Component side view



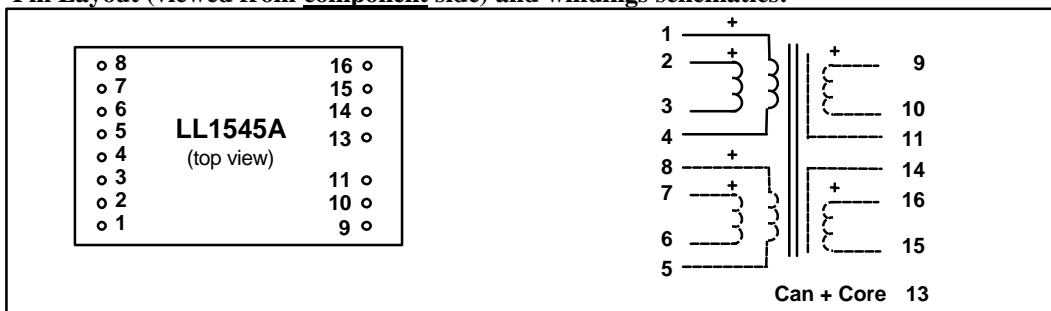
Turns ratio	Application	Transformer Input (primary)	Transformer Output (secondary)
1:1	Line input to unbalanced circuits	R4B / R4U	L4U
1:2	Line input to unbalanced circuits	R2B / R2U	L4U
2:1	Line input to unbalanced circuits	R4B / R4U	L2U
1:1	Low impedance line input to unbalanced circuits	R2B / R2U	L2U
1:1	Line input to balanced circuits	R4B / R4U	L4B
1:2	Line input to balanced circuits	R2B / R2U	L4B
2:1	Line input to balanced circuits	R4B / R4U	L2B
1:1	Low impedance line input to balanced circuits	R2B / R2U	L2B

## Audio Transformer LL1545A

LL1545A is a general-purpose audio transformer with a variety of connection alternatives. The transformer is built up from two coils, each with a secondary winding surrounded by shields and two primary windings. This structure results in an excellent frequency response. The transformer can be used in many different applications such as a high impedance line input transformer (accepting signal levels of 22 dBu @ 40 Hz with primaries in series), for splitting or as a microphone input transformer.

The LL1545A is made with a mu-metal core and is housed in a mu-metal can.  
Refer to page 2 of this sheet for termination alternatives.

**Turns ratio:** 1 + 1 + 1 + 1 : 2 + 2  
**Dims: (Length x Width x Height above PCB (mm))** 37 x 22.5 x 14.5  
**Pin Layout (viewed from component side) and windings schematics:**

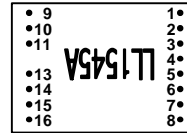


**Spacing between pins:** 2.54 mm (0.1")  
**Spacing between rows of pins:** 22.86 mm (0.9")  
**Weight:** 46 g  
**Rec. PCB hole diameter:** 1.5 mm  
**Static resistance of windings:** 2-3 or 6-7: 122 Ω  
 1-4 or 5-8: 182 Ω  
 9-10 or 15-16: 305 Ω  
**Self resonance point:** > 220 kHz  
**Recommended load for best square-wave response**  
 (Termination alternative R4B:L4B over): 6.7 kΩ + 470 pF  
**Frequency response** (source 600Ω, load (6.7 kΩ + 470 pF) in parallel with 56 kΩ): 10 Hz - 70 kHz +/- 0.5 dB @ 0 dBu  
**Loss across transformer** (at 1 kHz with termination as above): 0.3 dB  
**Core:** Mu-metal  
**Isolation between windings / between windings and shields:** 3 kV / 1.5 kV

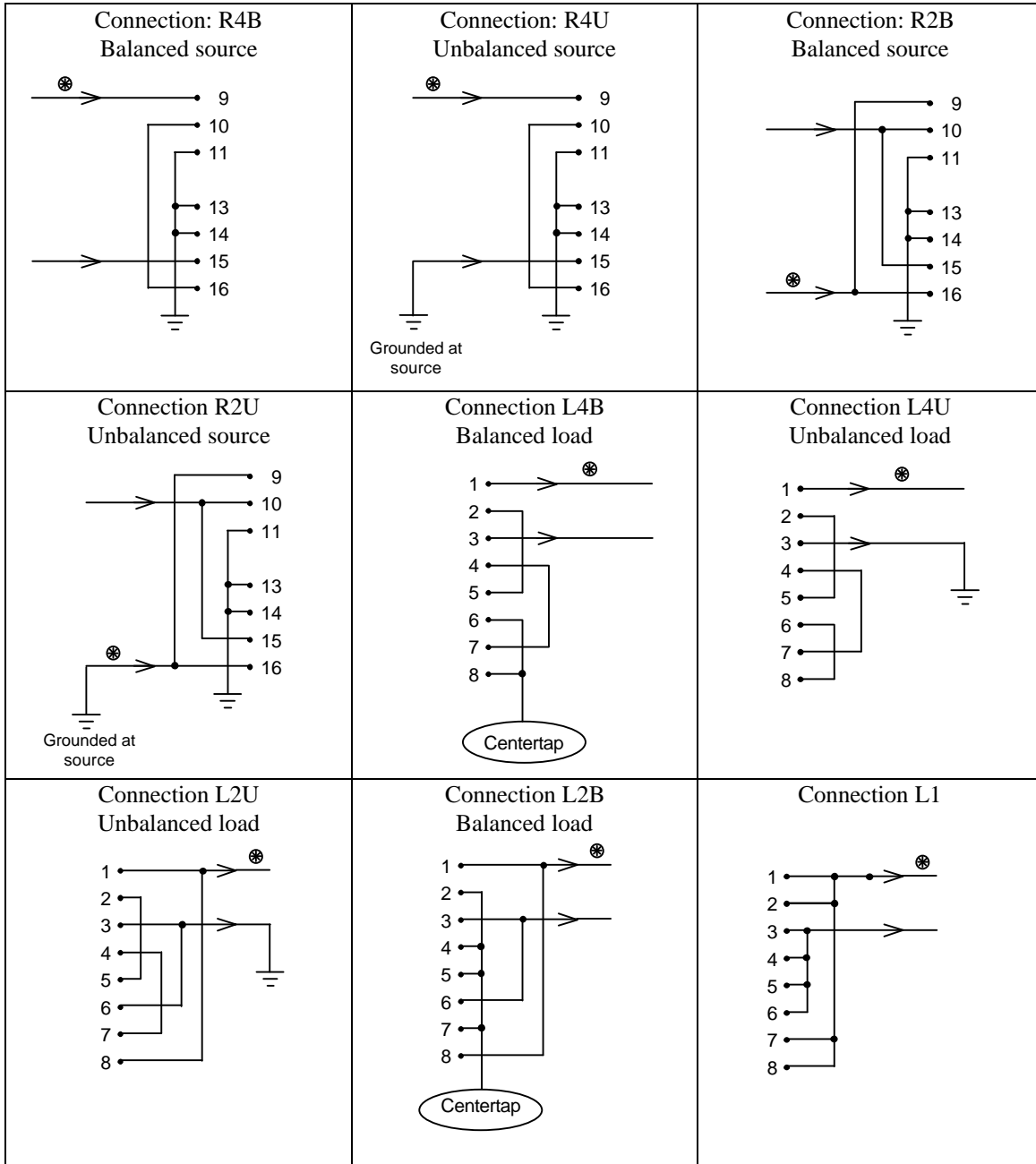
**Data at different termination alternatives, showed on page 2 of this data sheet.**

Termination Alternatives	Turns ratio	Copper Resistance Prim/sec	Idle impedance @40 Hz, 0dBu	Suggested Use	THD < 0.2% @40 Hz primary level / real source impedance
<b>R4B / R4U : L4B / L4U</b>	1:1	610 Ω / 610 Ω	80 kΩ / 80 kΩ	10 kΩ / 10 kΩ	22 dBu / 600 Ω
<b>R2B / R2U : L2B / L2U</b>	1:1	150 Ω / 150 Ω	20 kΩ / 20 kΩ	600 Ω / 600 Ω	16 dBu / 150 Ω
<b>R2B / R2U : L4B / L4U</b>	1:2	150 Ω / 610 Ω	20 kΩ / 80 kΩ	600 Ω / 2.5 kΩ	16 dBu / 150 Ω
<b>R4B / R4U : L2B / L2U</b>	2:1	610 Ω / 150 Ω	80 kΩ / 20 kΩ	10 kΩ / 2.5 kΩ	22 dBu / 37.5 Ω
<b>R4B / R4U : L1</b>	4:1	610 Ω / 75 Ω	80 kΩ / 5 kΩ	10 kΩ / 600 Ω	22 dBu / 37.5 Ω

Connection alternatives for LL1545A  
Component side view



Component side view



Turns ratio	Application	Transformer Input (primary)	Transformer Output (secondary)
1:1	Line input to unbalanced circuits	R4B / R4U	L4U
1:2	Line input to unbalanced circuits	R2B / R2U	L4U
2:1	Line input to unbalanced circuits	R4B / R4U	L2U
1:1	Low impedance line input to unbalanced circuits	R2B / R2U	L2U
1:1	Line input to balanced circuits	R4B / R4U	L4B
1:2	Line input to balanced circuits	R2B / R2U	L4B
2:1	Line input to balanced circuits	R4B / R4U	L2B
1:1	Low impedance line input to balanced circuits	R2B / R2U	L2B

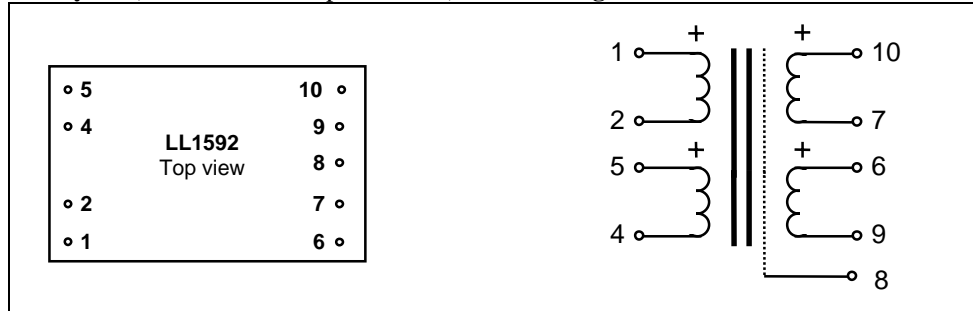
## High Level Line Input Transformer LL1592

LL1592 is a high-level line input transformer with a mu metal lamination core. The transformer is designed for high end pro audio line input applications with or without phase splitting. The windings are arranged to give a high degree of symmetry if the transformer is used for phase splitting. The dual-coil structure also greatly improves immunity to external magnetic fields from e.g. power supplies and motors. Primary and secondary windings are separated by electrostatic shields.. The transformer is housed in a mu-metal can.

**Turns ratio:**

1 + 1 : 1 + 1

**Pin layout** (viewed from component side) **and winding schematics:**



**Dimensions** (L x W x H above PCB, in mm)

47 x 28 x 20

**Spacing between pins**

5.08 mm (0.2")

**Spacing between rows of pins**

35.56 mm (1.4")

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

**Weight:**

83 g

**Static resistance of each primary:**

270 Ω

**Static resistance of each secondary:**

270 Ω

**Distortion** (primaries connected in series,  
source impedance 600Ω):

+ 23 dBu 0.1% @ 40 Hz

+ 29 dBu < 1 % @ 40 Hz

**Self resonance point:**

> 120 kHz

**Suggested termination for best square wave response,  
serial-serial connection.**

7k + 400pF

**Frequency response** (serial connection , source 600 Ω,  
load 20 kΩ , no terminating network

10 Hz -- 50 kHz +/- 1.0 dB

**Frequency response** (serial connection , source 600 Ω,  
load 100 kΩ in parallel with 7k + 400pF):

10 Hz -- 100 kHz +/- 1.0 dB

**Phase splitting balance** (connection 2:1+1. Source 1kΩ,  
load (20kΩ +20kΩ) in parallel with 7k + 400pF):,

>46 dB, 10Hz – 50kHz

**Phase response** (deviation from linear phase)

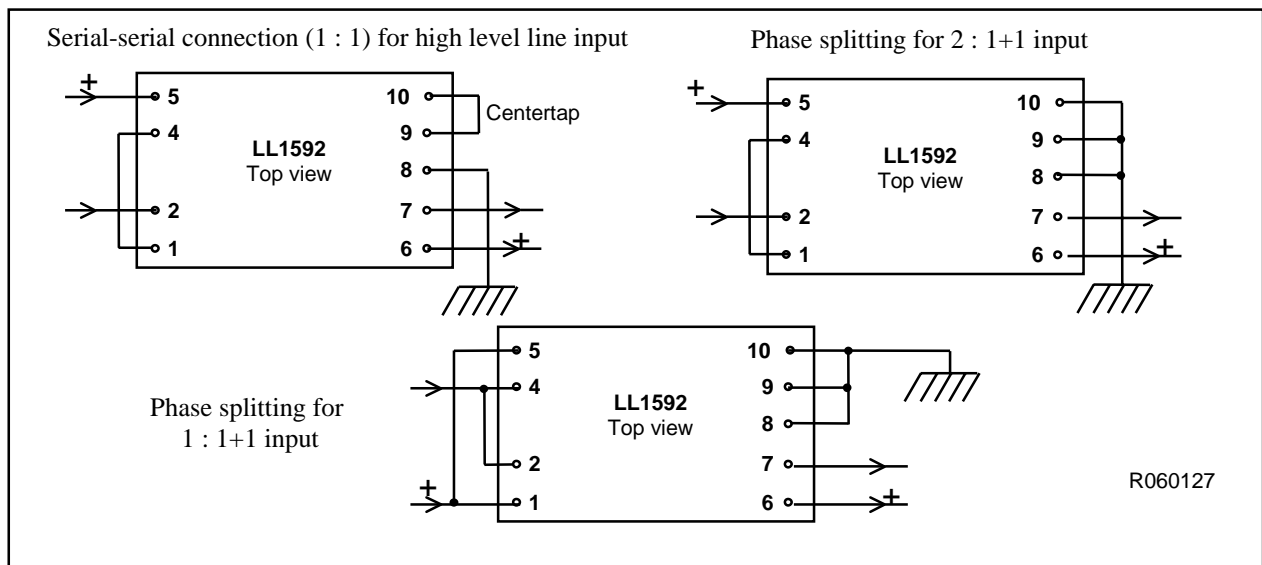
10 Hz – 20kHz, < 2°

(source 600 ohm, load 10k (Audio Precision))

**Isolation between windings/ between windings and shield:**

3 kV / 1.5 kV

### Connection alternatives and suggested applications:



R060127

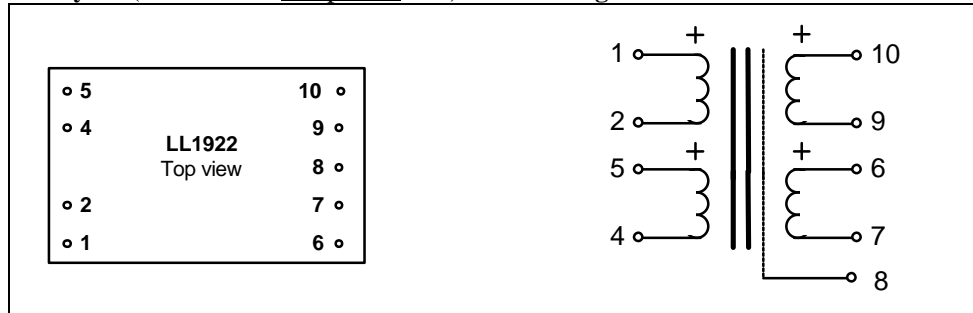
## High Level Stepup Line Input Transformer LL1922

LL1922 is a high-level input transformer similar to the UTC LS-10. Thus it is designed for step-up input from 600 ohm sources. To reach the LS-10 freq. response in 1:8 applications with nondifferential amplifier input, the internal Faraday shield must be tied to one of the source lines (the UTC LS-10 does not have any Faraday shield). The two coils structure results in a high immunity to external magnetic fields from e.g. power supplies and motors. Primary and secondary windings are separated by electrostatic shields. The core is a high permeability mu metal core. The transformer is housed in a mu-metal can.

**Turns ratio:**

1 + 1 : 4 + 4

**Pin layout** (viewed from component side) **and winding schematics:**



**Dimensions** (L x W x H above PCB, in mm)

47 x 28 x 24

**Spacing between pins**

5.08 mm (0.2")

**Spacing between rows of pins**

35.56 mm (1.4")

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

**Weight:**

115 g

**Static resistance of each primary:**

60Ω

**Static resistance of each secondary:**

730Ω

**Distortion** (primaries connected in series, source impedance 600Ω, load 47k. Primary signal level):

+ 21 dBU 0.1% @ 50 Hz  
+ 26 dBU < 1 % @ 50 Hz

**Distortion** (primaries connected in parallel source impedance 600Ω, load 47k. Primary signal level):

+ 11 dBU 0.1% @ 50 Hz  
+ 19 dBU < 1 % @ 50 Hz

**Frequency response** (source 600Ω, load 47 kΩ,

Connected 1:4 (fig 3), primary level +10dBU

10 Hz -50 kHz +/- 1.0 dB

Connected 1:8 (fig 4), primary level +10dBU

10 Hz -30 kHz +/- 1.0 dB

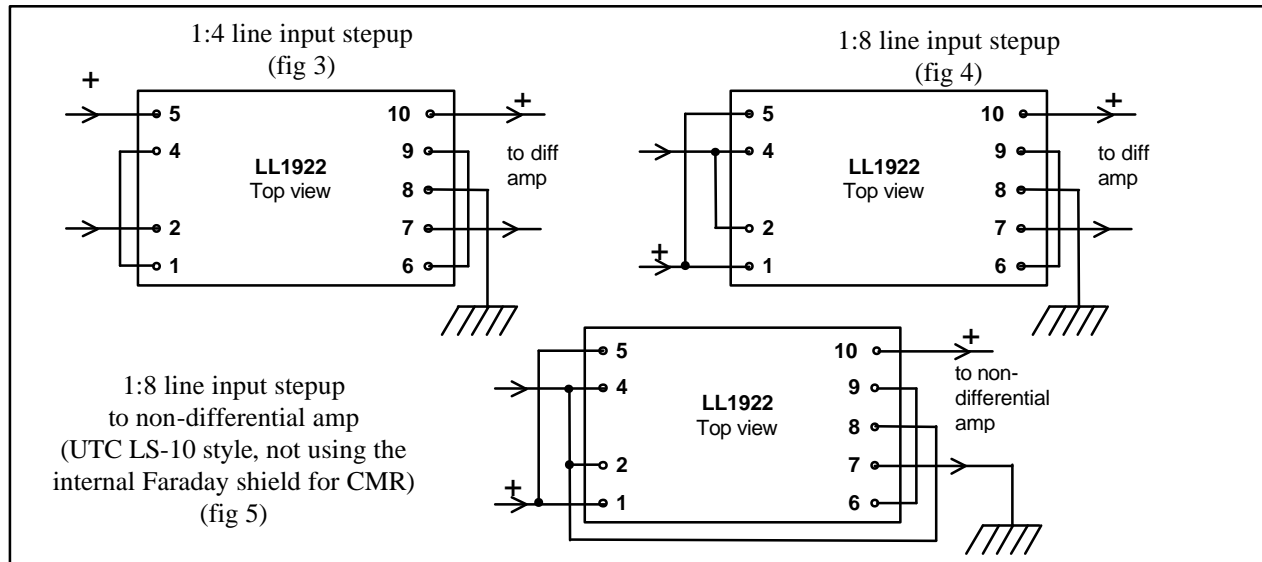
Connected 1:8 (fig 5), primary level +10dBU

10 Hz -30 kHz +/- 1.0 dB

**Isolation between windings/ between windings and shield:**

4 kV / 2 kV

### Connection alternatives and suggested applications:



## Line Input / General Purpose Transformers LL7901 and LL7902

LL7901 and LL7902 are large size, high level, high performance audio transformers, made for extraordinary requirements. The LL7901 has an extreme level capability (+ 34 dBu @ 50 Hz) while the LL7902 combines high level capability (+28 dBu @ 50 Hz) with low copper resistance.

The transformer consists of two coils each with two primary and two secondary windings separated by electrostatic shields. The core is a high permeability mu metal lamination core.

The transformers are magnetically shielded by a mu metal case.

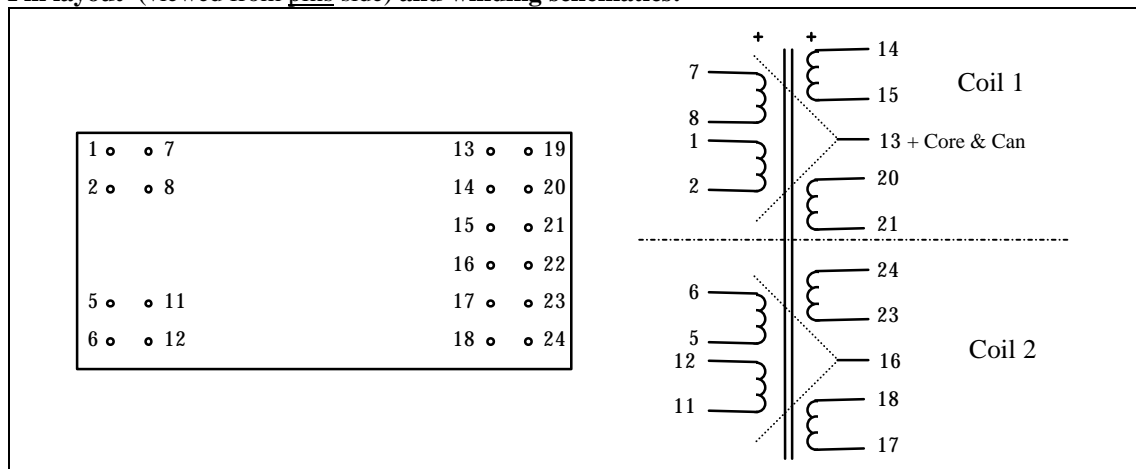
**Turns ratio:**

1 + 1 + 1 + 1 : 1 + 1 + 1 + 1

**Dims (Length x Width x Height above PCB (mm)):**

66 x 32 x 21

**Pin layout (viewed from pins side) and winding schematics:**



**Spacing between pins:**

5.08 mm (0.2")

**Spacing between rows of pins:**

5.08 / 45.72 mm (0.2 / 1.8")

**Weight:**

155 g

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

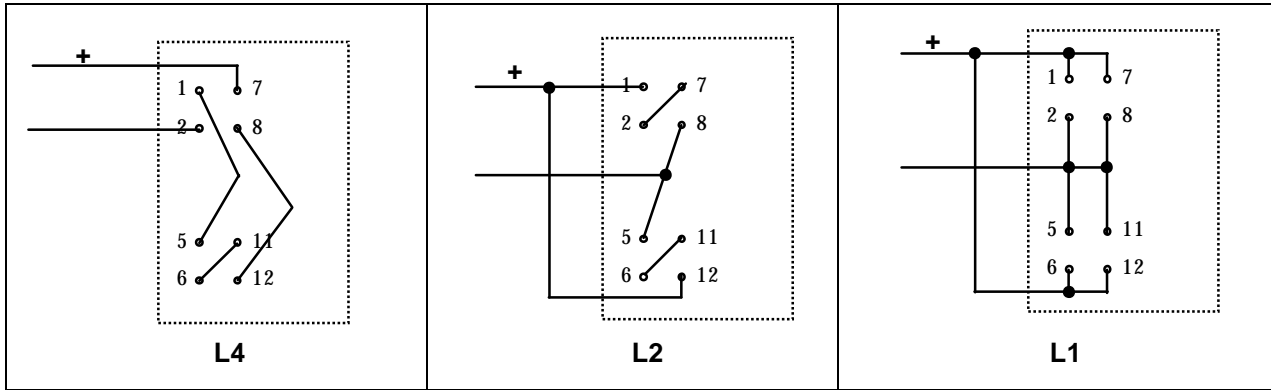
	LL7901	LL7902
<b>Static resistance of each primary (average):</b>	120Ω	28Ω
<b>Static resistance of each secondary (average):</b>	125Ω	28Ω
<b>Distortion (primaries connected in series, source impedance 600Ω):</b>	+ 20 dBu primary level, 50 Hz: 0.1 %	+ 10 dBu primary level, 50 Hz: 0.1 %
	+ 34 dBu primary level, 50 Hz: 1 %	+ 28 dBu primary level, 50 Hz: 1 %
<b>Self resonance point :</b>	> 80 kHz	> 150 kHz
<b>Optimum termination for best square-wave response (source imp. 600Ω) :</b>	12 kΩ in series with 1.7 nF	5 kΩ in series with 1.3 nF
<b>Frequency response (source and load as above)</b>	10 Hz - 55 kHz +/- 0.5 dB	10 Hz - 100 kHz +/- 0.5 dB

**Isolation between primary and secondary windings/ between windings and shield: 4 kV / 2 kV**

**Connection alternatives, LL7901 and LL7902**

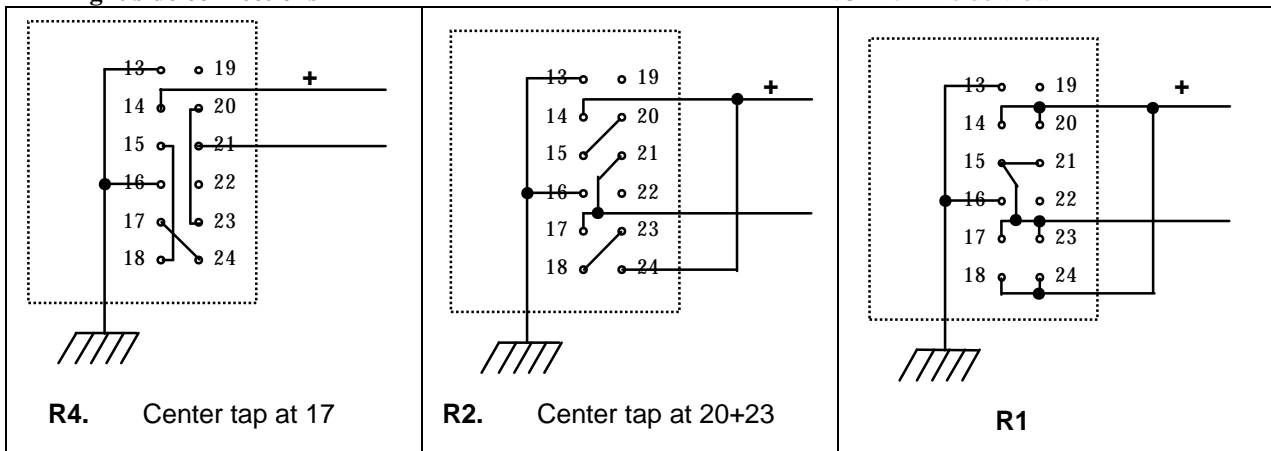
**Left side connections**

NOTE! Pin side view



**Right side connections**

NOTE! Pin side view



**Suggested applications using LL7901 and LL7902**

Application	Max primary level, < 1% THD@50 Hz	Transformer	Connections
Very high level input stage 1:1	+34 dBu	LL7901	L4 - R4
Very high level input stage 1:2	+28 dBu	LL7901	L2 - R4
Very high level input stage 2:1	+34 dBu	LL7901	L4 - R2
High level isolation unit 1:1	+28 dBu	LL7902	L4 - R4
High level isolation unit 1:1 Reduced copper resistance	+22 dBu	LL7902	L2 - R2
Low resistance isolation unit 1:1 (Transformer copper resistance 14 ohms)	+16 dBu	LL7902	L1- R1
Microphone / line input 1:2	+22 dBu	LL7902	L2 - R4
Microphone / line input 1:4	+16 dBu	LL7902	L1 - R4

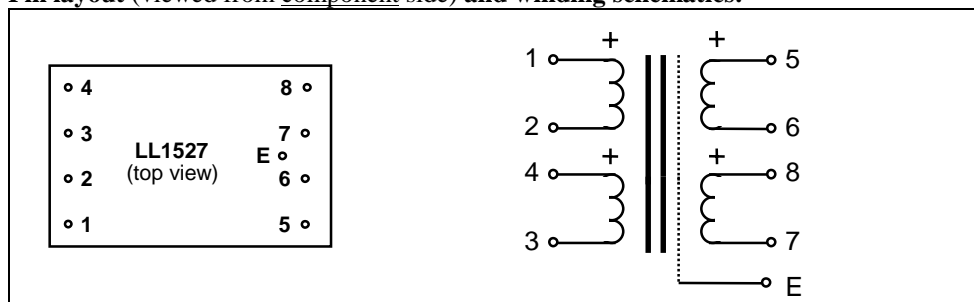


## General Purpose Transformers LL1527 and LL1527XL

LL1527 is a truly general purpose transformer for microphone or line input, for output and for galvanic isolation of units. LL1527 has been generally accepted by the audio industry as **the general purpose audio transformer**. The LL1527 is built-up from two coils, each with one primary and one secondary winding separated by an electrostatic shield. The core is a high permeability mu metal core. The transformer is housed in a mu-metal can. In the LL1527XL, the core is about 45% larger than in the LL1527, resulting in a larger level capability.

**Turns ratio:** 1 + 1 : 1 + 1

**Pin layout** (viewed from component side) **and winding schematics:**



**Spacing between pins**

5.08 mm (0.2")

**Spacing between rows of pins**

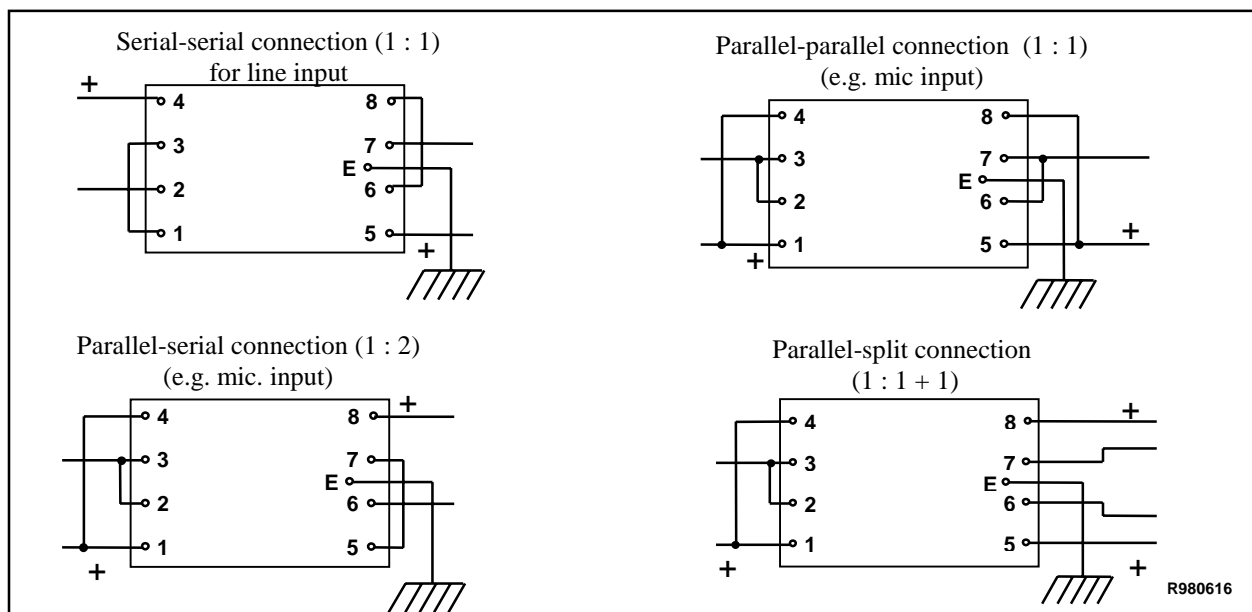
27.94 mm (1.1")

**Offset of earth pin from adjacent row:**

2.54 mm (0.1")

	LL1527	LL1527XL
Dimensions (L x W x H above PCB, in mm)	38 x 24 x 17	38 x 24 x 20.5
<b>Weight:</b>	48 g	65 g
<b>Rec. PCB hole diameter:</b>	1.5 mm	1.5 mm
<b>Static resistance of each primary:</b>	43Ω	54Ω
<b>Static resistance of each secondary:</b>	56Ω	67Ω
<b>Distortion</b> (primaries connected in series, source impedance 800Ω):	+ 6 dBu 0.1% @ 50 Hz	+ 9 dBu 0.1% @ 50 Hz
<b>Self resonance point :</b>	+16 dBu < 1 % @ 50 Hz	+19 dBu < 1 % @ 50 Hz
<b>Optimum load for best square-wave response</b> (sec. in series):	> 200 kHz	> 200 kHz
<b>Frequency response</b> (source 800Ω , load 4 kΩ serial connection):	3 - 4 kΩ	3 - 4 kΩ
<b>Loss across transformer</b> (at midband, with above termination):	10 Hz -- 150 kHz +/- 0.2 dB	10 Hz -- 150 kHz +/- 0.2 dB
<b>Isolation between windings/ between windings and shield:</b>	0.4 dB	0.5 dB
	4 kV / 2 kV	4 kV / 2 kV

### Connection alternatives and suggested applications:



## Microphone Input Transformer LL1528

LL1528 is a microphone input transformers built up from two coils, each with one primary and one secondary section separated by a electrostatic shield. The core is a high permeability mu-metal core, and the transformer is housed in a mu-metal can.

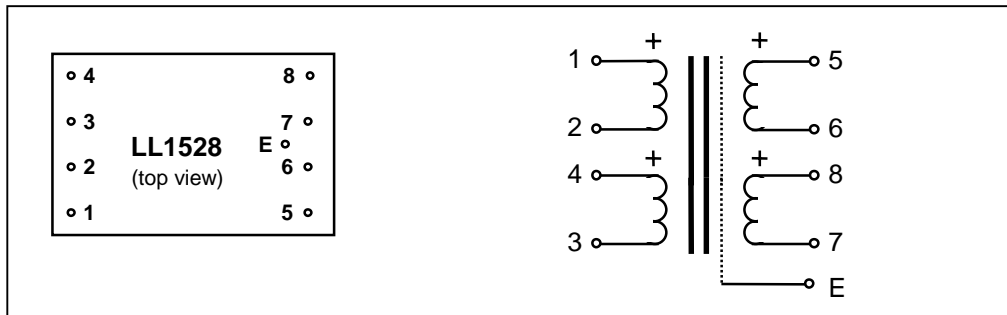
**Turns ratio:**

1 + 1 : 2.5 + 2.5

**Dimensions (Length x Width x Height above PCB (mm)):**

38 x 24 x 17

**Pin layout (viewed from component side) and winding schematics:**



**Spacing between rows of pins:**

27.94 mm (1.1")

**Offset of earth pin from adjacent row:**

2.54 mm (0.1")

**Weight:**

46 g

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

**Static resistance of each primary:**

42  $\Omega$

**Static resistance of each secondary:**

450  $\Omega$

**Distortion** (primaries connected in parallel, source impedance 200  $\Omega$ ):

+ 0 dBU primary level, 50 Hz: 0.2 %  
+ 10 dBU primary level, 50 Hz: 1 %

**Self resonance point :**

> 80 kHz

**Optimum termination for best square-wave response**

9 k $\Omega$  in series with 3 nF

(Connection 1:5, source imp. 200 $\Omega$ ) :

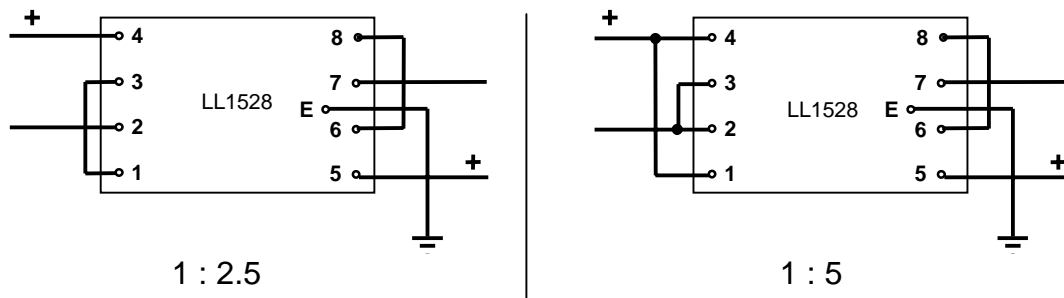
**Frequency response** (source and load as above):

10 Hz - 40 kHz +/- 0.3 dB

**Isolation between windings/ between windings and shield:**

4 kV / 2 kV

### Connection alternatives



## Microphone Transformer / D-I Box Transformer LL1530

LL1530 is a microphone input transformer used for matching a 200 or 800 Ω microphone to 10 kΩ or for matching a high impedance source to a microphone input.

The transformer consists of two coils, each with one primary and one secondary winding separated by an electrostatic shield, and a high permeability mu-metal core. The transformer is encapsulated in a mu-metal case for magnetic shielding.

For best performance, the high impedance side of the transformer (3.5 + 3.5) should be connected in series.

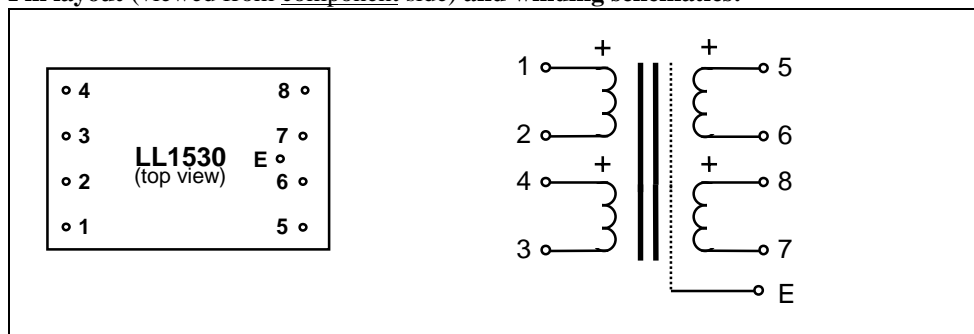
**Turns ratio:**

1 + 1 : 3.5 + 3.5

**Dims (Length x Width x Height above PCB (mm)):**

38 x 23 x 16

**Pin layout (viewed from component side) and winding schematics:**



**Spacing between pins:**

5.08 mm (0.2")

**Spacing between rows of pins:**

27.94 mm (1.1")

**Offset of earth pin from adjacent row:**

2.54 mm (0.1")

**Weight:**

46 g

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

**Static resistance of each primary:**

42Ω

**Static resistance of each secondary:**

790Ω

**Distortion (primaries connected in series, source impedance 800Ω):**

+ 6 dBU (primary level) 0.1% @ 50 Hz  
+16 dBU (primary level) < 1% @ 50 Hz  
> 100 kHz

**Self resonance point :**

**Recommended termination for best square-wave response:**

connection 1:3.5

10 kΩ in series with 220 pF

connection 3.5:1

2 kΩ in series with 2.2 nF

connection 7:1

1 kΩ

**Frequency response**

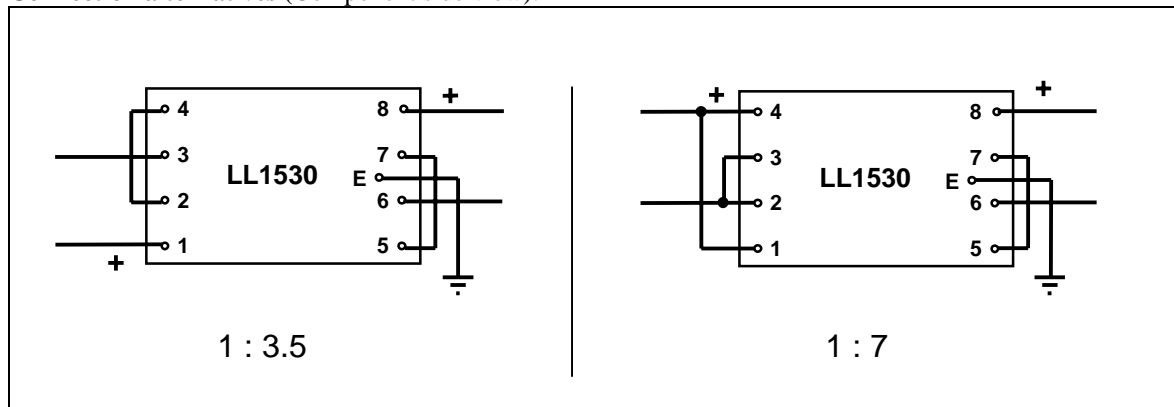
(1:3.5, source 800Ω, load 10kΩ in series with 220 pF):

20 Hz -- 30 kHz +/- 0.3 dB

**Isolation between windings/ between windings and shield:**

4 kV / 2 kV

**Connection alternatives (Component side view):**



## Microphone Input Transformers LL1538 and LL1538XL

The LL1538 and the LL1538XL are high performance microphone input transformers, each with a high permeability mu-metal core and two three-section coils.

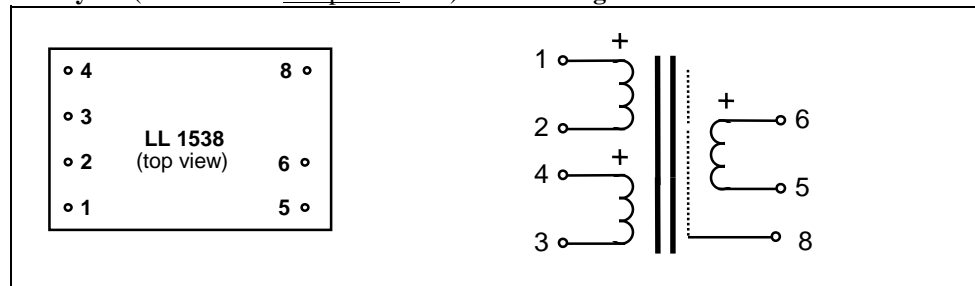
In the LL1538XL the core is about 45% larger than in the LL1538, resulting in a larger level capability. In both types, primary and secondary windings are separated by electrostatic shields. The three-section winding structure of the transformers results in a very low leakage inductance and thus an excellent frequency response.

The transformers are encapsulated in mu-metal cases for magnetic shielding.

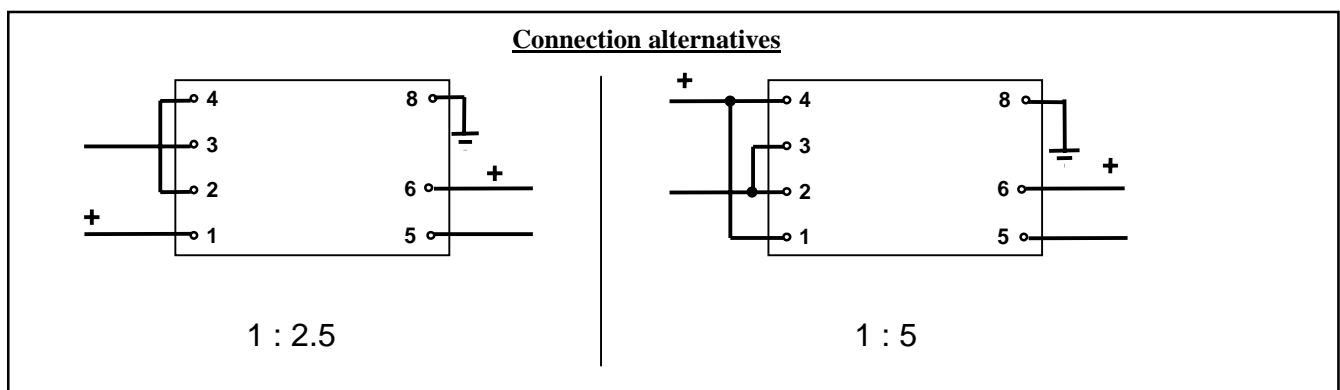
**Turns ratio:**

1 + 1 : 5

**Pin layout** (viewed from component side) **and winding schematics:**



	LL1538	LL1538XL
<b>Dimensions (Max. Length x Width x Height above PCB (mm))</b>	38 x 24 x 17	38 x 24 x 20.5
<b>Spacing between pins</b>	5.08 mm (0.2")	5.08 mm (0.2")
<b>Spacing between rows of pins</b>	27.94 mm (1.1")	27.94 mm (1.1")
<b>Weight</b>	46 g	65 g
<b>Rec. PCB hole diameter</b>	1.5 mm	1.5 mm
<b>Static resistance of each primary</b>	44Ω	61Ω
<b>Static resistance of each secondary</b>	880 Ω	975 Ω
<b>Distortion</b> (primaries connected in parallel, source impedance 200Ω )	0.2 % @ 0 dBu (0.775V rms) primary level, 50 Hz 1 % @ + 10 dBu (2.5 V rms) primary level, 50 Hz	0.2 % @ + 3 dBu (1.1V rms) primary level, 50 Hz 1 % @ + 13 dBu (3.5V rms) primary level, 50 Hz
<b>Self resonance point</b>	> 120 kHz	> 120 kHz
<b>Optimum termination for best square-wave response</b> (Connection 1:5, source imp. 200Ω )	No termination necessary	No termination necessary
<b>Frequency response</b> (source 200 Ω, no termination)	10 Hz - 100 kHz +/- 0.3 dB	10 Hz - 80 kHz +/- 0.3 dB
<b>Isolation between windings/ between windings and shield</b>	4 kV / 2 kV	4 kV / 2 kV



## Audio Transformer LL1550

LL1550 is an audio transformer with rather high turns ratio and with a variety of connection alternatives. The transformer is built up from two coils, each with a secondary winding surrounded by shields and two primary windings. This structure results in an excellent frequency response. All winding ends are available on the pins. The transformer is ideally used in applications where the high turns ratio is utilized, e.g. in a D.I. box. The LL1550 is made with amorphous core material. As this type of core does not store energy (unlike conventional mu-metal cores) the low frequency resonance with external capacitors is practically eliminated. Refer to the backside of this sheet for termination alternatives.

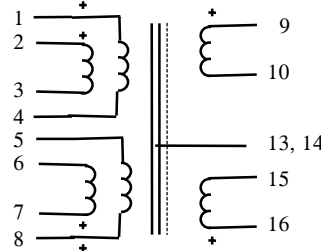
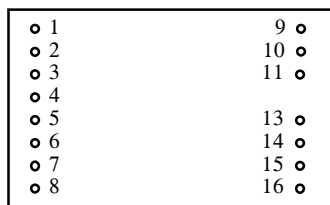
**Turns ratio:**

1 + 1 + 1 + 1 : 4 + 4

**Dims: (Length x Width x Height above PCB (mm))**

30 x 22.5 x 14.5

**Pin Layout (viewed from pins side) and Windings Schematics:**



**Spacing between pins:**

2.54 mm (0.1")

**Spacing between rows of pins:**

22.86 mm (0.9")

**Weight:**

30 g

**Rec. PCB hole diameter:**

1.5 mm

**Static resistance of each primary (average):**

33 Ω

**Static resistance of each secondary (average):**

265 Ω

**Self-resonance point:**

> 280 kHz

**Recommended load for best square-wave response**

(Termination alternative A below):

6.7 kΩ + 470 pF

**Frequency response**

(source 150Ω , load (6.7 kΩ + 470 pF) in parallel with 56 kΩ ):

10 Hz - 70 kHz +/- 0.5 dB @ 0 dBU

**Loss across transformer (at midband with termination as above):**

0.3 dB

**Core:**

Amorphous Strip

**Isolation between windings / between windings and shields:**

3 kV / 1.5 kV

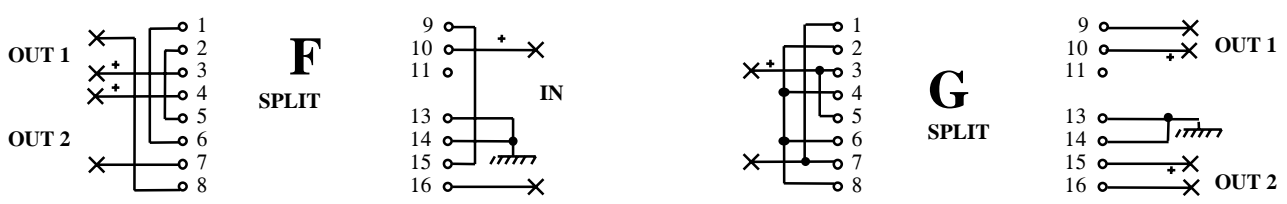
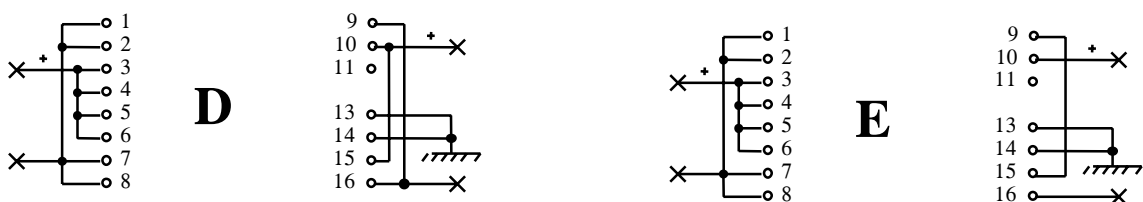
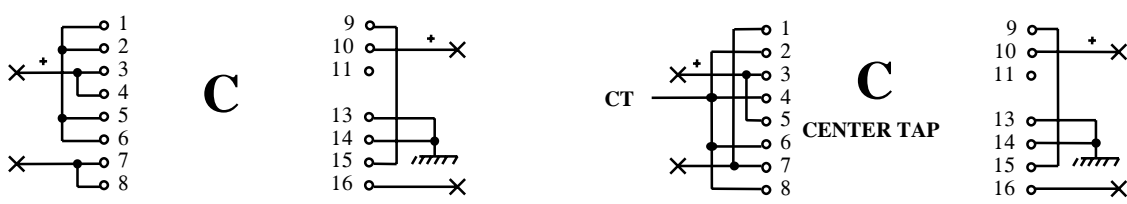
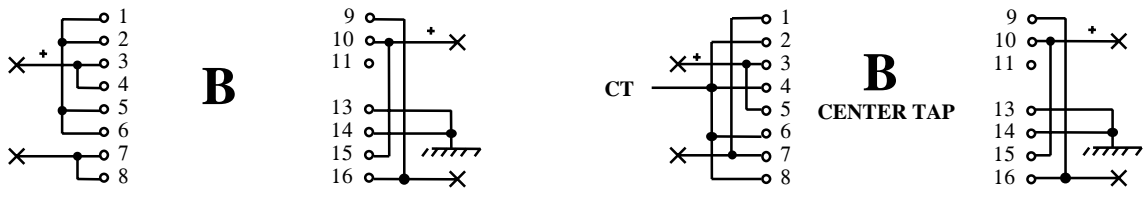
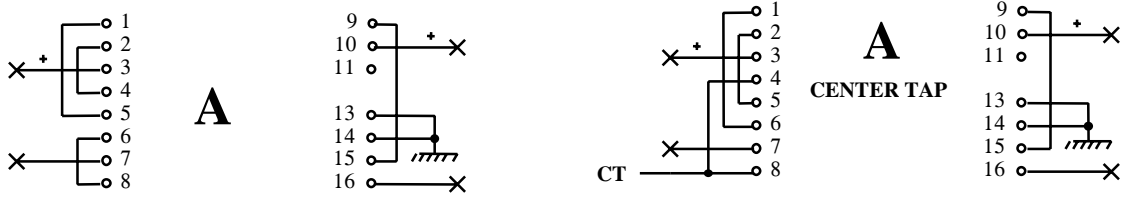
**Data at different termination alternatives, showed on the back side of this sheet:**

Termination Alternative	Turns ratio	Copper Resistance prim/sec	Idle impedance @40 Hz, 0dBu	Suggested Use	THD < 0.5% @40 Hz primary level / real source impedance
A	1:2	130Ω / 530Ω	40kΩ / 160kΩ	600 Ω / 10 kΩ	12 dBu / 150Ω
B	1:2	33Ω / 133Ω	10kΩ / 40kΩ	200Ω / 10 kΩ	6 dBu / 40Ω
C	1:4	33Ω / 530Ω	10kΩ / 1600kΩ	200Ω / 5kΩ	6 dBu / 40Ω
D	1:4	8Ω / 133Ω	2.5kΩ / 40kΩ	200Ω / 1kΩ	-1 dBu / 10Ω
E	1:8	8Ω / 530Ω	2.5kΩ / 160kΩ	200Ω / 10kΩ	-1 dBu / 10Ω

F (Split) 4:1+1 530Ω / 66Ω + 66Ω

G (Split) 1:2+2 33Ω / 265Ω + 265Ω Left side can also be connected as B<sub>CenterTap</sub> (1:1+1) or D (1:2+2)

**LL1550 Termination Alternatives**  
(Left side is input if not stated otherwise)  
**!!!! Pin's side views !!!!**



## Transformers for splitting LL1570 and LL1570XL

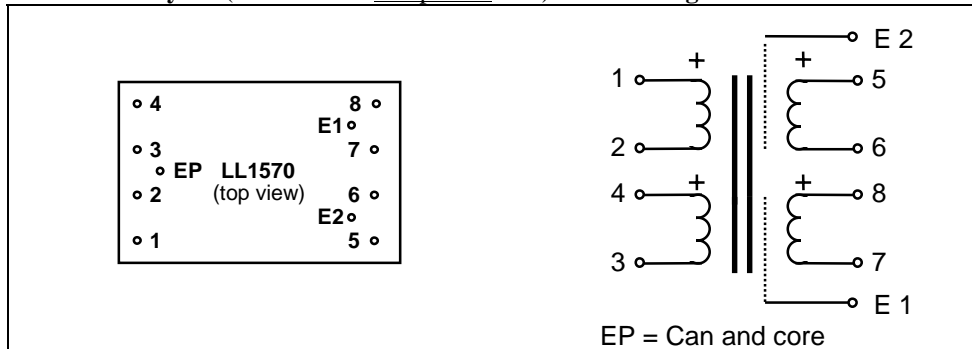
The LL1570 is designed for splitting signals in application where large ground differences may appear, but is also very useful as a general purpose audio transformer. By careful design, the capacitive coupling between the different part of the transformer is kept to a minimum. The three-section winding structure which is necessary for decoupling also results in a very high bandwidth. The transformer is built up from two coils, each with primary and secondary windings separated by electrostatic shields, and a high permeability mu-metal core. The two coil structure in combination with the mu-metal can results in high immunity to external magnetic fields.

In the LL1570XL, the core is about 45% larger than in the LL1570, resulting in a larger level capability.

### Turns ratio:

1 + 1 : 1 + 1

### Pin layout (viewed from component side) and winding schematics:



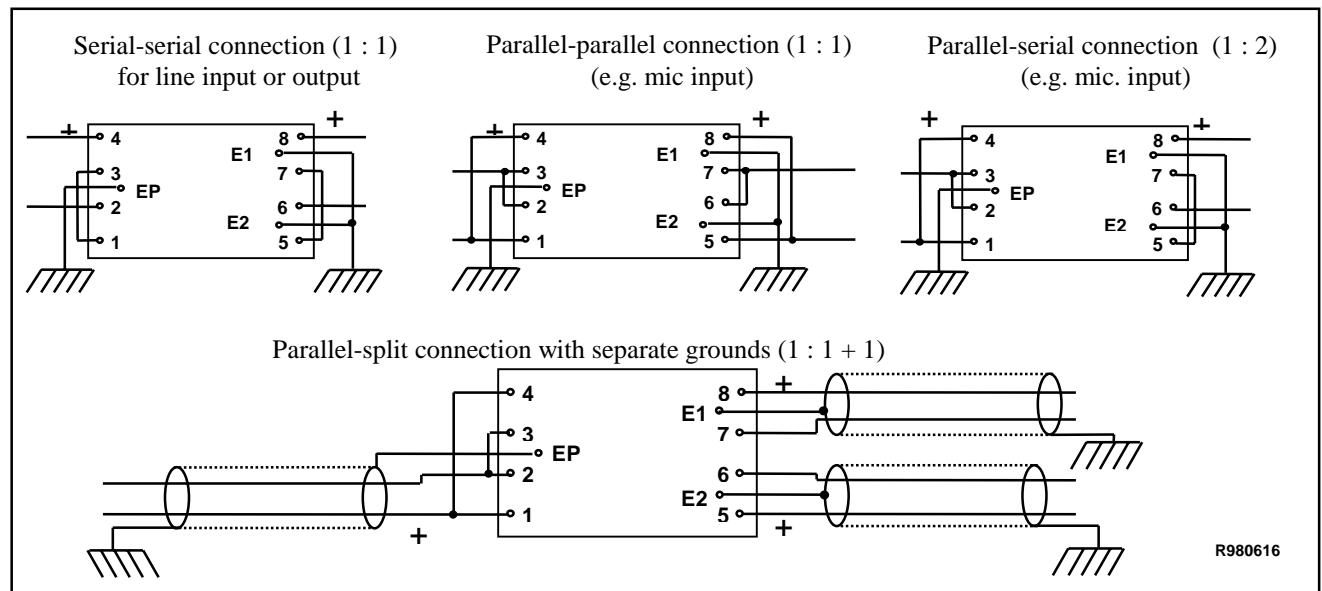
**Spacing between pins**  
5.08 mm (0.2")

**Spacing between rows of pins**  
27.94 mm (1.1")

**Offset of earth pin from adjacent row:**  
2.54 mm (0.1")

**Recommended PCB hole diameter:**  
1.5 mm

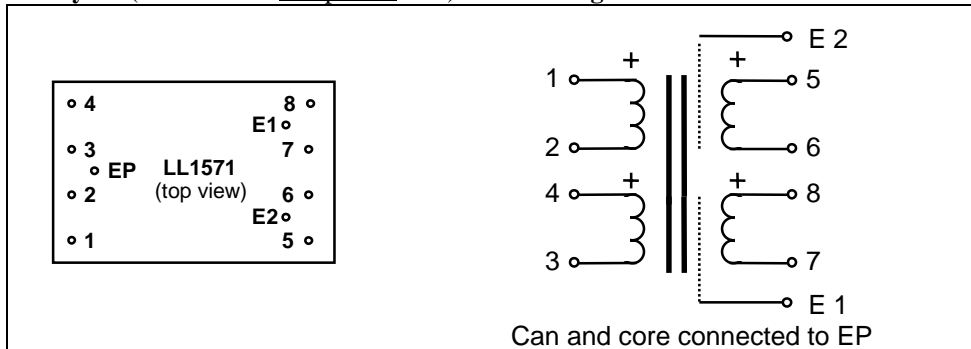
	LL1570	LL1570XL
<b>Dimensions (Max. L x W x H above PCB(mm))</b>	38 x 24 x 17	38 x 24 x 20.5
<b>Weight:</b>	48 g	65 g
<b>Static resistance of each primary:</b>	50 Ω	62 Ω
<b>Static resistance of each secondary:</b>	50 Ω	62 Ω
<b>Distortion (primary level, primaries connected in series, source impedance 800Ω )</b>	0.1% @ + 6 dBu, 50 Hz 1 % < @ +16 dBu, 50 Hz	0.1% @ + 9 dBu, 50 Hz 1 % < @ +19 dBu, 50 Hz
<b>Self resonance point :</b>	> 250 kHz	> 250 kHz
<b>Optimum load for best square-wave response (secondaries. in series):</b>	2.8 kΩ in series with 0.7 nF	2.8 kΩ in series with 0.7 nF
<b>Frequency response (source 600Ω, load as above, serial-serial connections):</b>	10 Hz -- 200 kHz +/- 0.5 dB	10 Hz -- 200 kHz +/- 0.5 dB
<b>Isolation winding-winding / winding-shield / shield-shield</b>	4 kV / 2 kV / 2 kV	4 kV / 2 kV / 2 kV



## Microphone Input Transformer LL1571

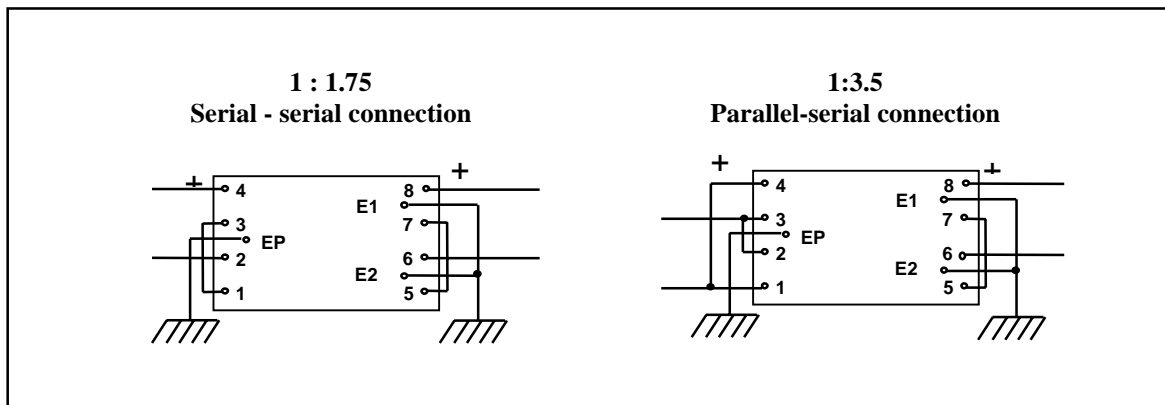
LL1571 is a microphone input transformer built up from two coils and a high permeability mu metal core. Each coil is wound in three sections with electrostatic shields connected to separate pins. This result in a transformer with a very broad band, also ideal for splitting purpose. The two-coil structure in combination with the mu-metal can results in a high immunity to external magnetic fields.

**Turns ratio:** 1 + 1 : 1.75 + 1.75  
**Dims (Length x Width x Height above PCB (mm)):** 38 x 24 x 17  
**Pin layout (viewed from component side) and winding schematics:**



**Spacing between pins:** 5.08 mm (0.2")  
**Spacing between rows of pins:** 27.94 mm (1.1")  
**Offset of earth pin rows from adjacent rows:** 2.54 mm (0.1")  
**Weight:** 48 g  
**Rec. PCB hole diameter:** 1.5 mm  
**Static resistance of each primary:** 50 Ω  
**Static resistance of each secondary:** 175 Ω  
**Distortion (primaries in series, source impedance 800Ω):** + 6 dBu 0.1% @ 50 Hz  
 +16 dBu < 1 % @ 50 Hz  
 > 200 kHz  
**Self resonance point :**  
**Optimum load for best square-wave response**  
 (Source imp. 800 Ω, primaries and secondaries in series): 4 kΩ in series with 0.3 nF  
**Frequency response (source and load as above):** 10 Hz -- 100 kHz +/- 0.5 dB  
**Isolation between windings/ between windings and shield:** 4 kV / 2 kV

### Connections:





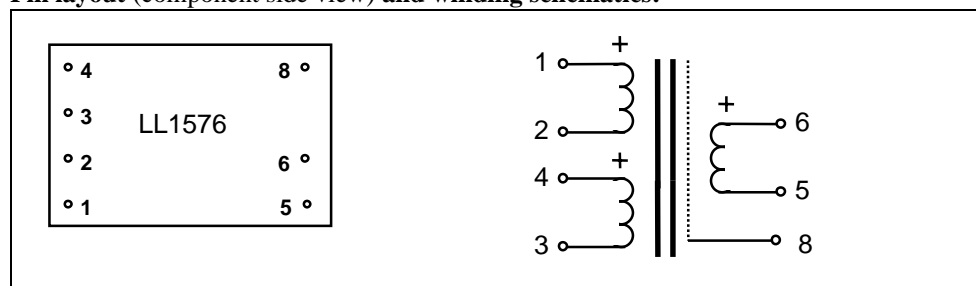
## Microphone Input Transformers, Line-box Transformers LL1576 and LL1577

The LL1576 and the LL1577 are high performance microphone input transformers/line-box transformers with high permeability mu-metal cores and high bandwidth coils. The LL1576 and the LL1577 use the same pin-out as our well known microphone transformer LL1538.

In both types, primary and secondary windings are separated by electrostatic shields. The very low leakage inductance and thus excellent frequency response is achieved by a two-coil, three-section per coil winding structure.

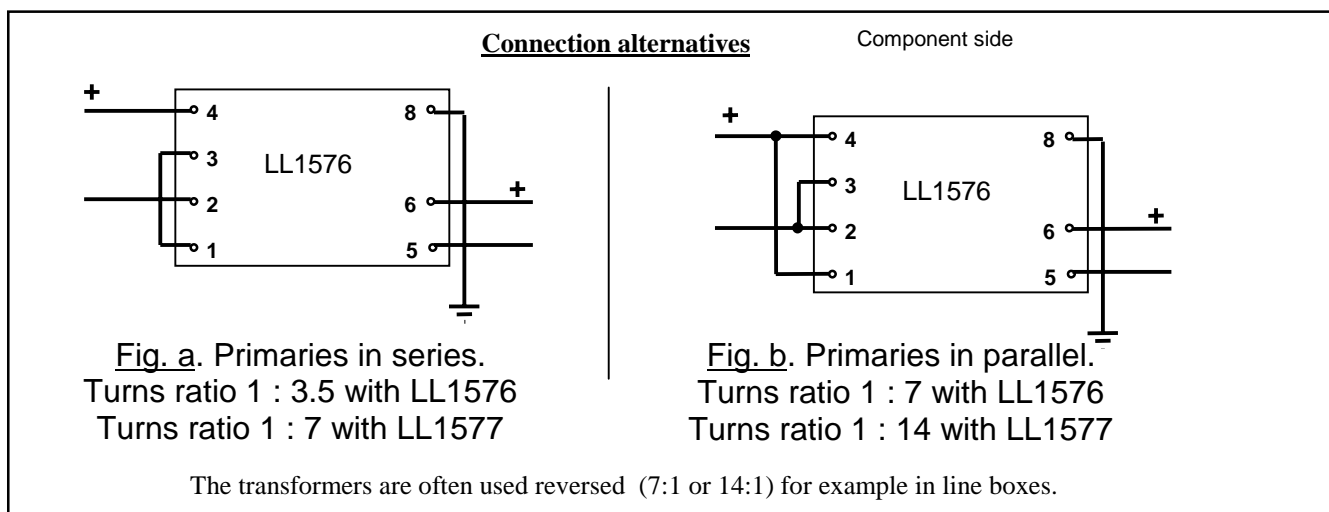
The transformers are encapsulated in mu-metal cases for magnetic shielding.

### Pin layout (component side view) and winding schematics:



Dimensions Max. Length x Width x Height above PCB (mm)	Spacing between pins	Spacing between rows of pins	Recommended PCB hole diameter	Weight
38 x 24 x 17	5.08 mm (0.2")	27.94 mm (1.1")	1.5 mm	46 g

	LL1576	LL1577
<b>Turns ratio</b>	1 + 1 : 7	1 + 1 : 14
<b>Static resistance of each primary</b>	50 Ω	12 Ω
<b>Static resistance of secondary</b>	1.5 kΩ	1.5 kΩ
<b>Primary level at 0.2 % THD, 50 Hz signal</b> Primaries connected in parallel (fig b), source impedance 50Ω	+2 dBU (sec. level +19 dBU)	-4 dBU (sec. level +19 dBU)
<b>Primary level at 1 % THD, 50 Hz signal</b> Primaries connected in parallel (fig b), source impedance 50Ω	+ 12 dBU (sec. level +29 dBU)	+6 dBU (sec level +29 dBU)
<b>Frequency response +/- 0.5 dB to balanced input</b> Signal level 0 dBU, source 200 Ω, fig b, no termination	15Hz – 50kHz	30Hz – 12kHz
<b>Frequency response +/- 0.5 dB to balanced input</b> Signal level -10 dBU, source 50 Ω, fig b, load:	5Hz – 40kHz 30 kΩ + 200pF	10Hz – 50kHz 80 kΩ + 100pF
<b>Isolation between windings / between windings and shield</b>	4 kV / 2 kV	4 kV / 2 kV



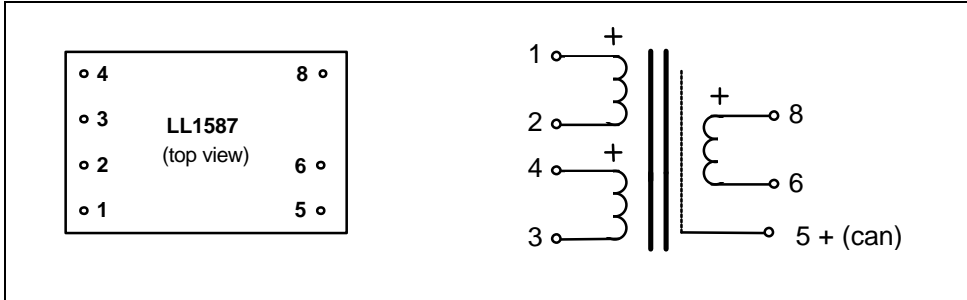
## Microphone Transformer LL1587

The LL1587 is small size microphone input transformer, with a high permeability mu-metal core and two two-section coils with internal Faraday shields.  
The transformer is housed in a mu-metal can.

**Turns ratio:**

1 + 1 : 4

**Pin layout** (viewed from component side) **and winding schematics:**



Dimensions Max. Length x Width x Height above PCB (mm)	Spacing between pins	Spacing between rows of pins	Recommended PCB hole diameter	Weight
28 x 17.5 x 12	3.81 mm(0.15")	20.32 mm (0.8")	1.5 mm	18 g

	<b>LL1587</b>
<b>Turns ratio</b>	1 + 1 : 4
<b>Static resistance of each primary</b>	56 Ω
<b>Static resistance of secondary</b>	600 Ω
<b>Primary level at 0.2 % THD, 50 Hz signal</b> Primaries connected in parallel, source impedance 150Ω	<b>-10 dBU</b> (typically) <b>(sec. level +2 dBU)</b>
<b>Primary level at 1 % THD, 50 Hz signal</b> Primaries connected in parallel, source impedance 150Ω	<b>+2 dBU</b> <b>(sec. level +14 dBU)</b>
<b>Frequency response +/- 1.0 dB</b> Primary signal level -5 dBU, source 200 Ω Primaries in parallel, secondary termination 10k	<b>15Hz – 150kHz</b> <b>+/- 1 dB</b>
<b>Optimum termination for best square-wave response</b> (Connection 1:4, source imp. 200Ω , following stage input impedance < 10 kΩ)	<b>no additional termination required</b>
<b>Optimum termination for best square-wave response</b> (Connection 1:4, source imp. 200Ω , following stage input impedance >> 10 kΩ)	<b>10 kW in series with 200 pF</b>
Isolation between windings / between windings and shield	3 kV / 1.5 kV

