



Cuprins

Prezentare Proiect	
Fișa de Asamblare	
1. Funcționare	2
2. Schema	3
3. PCB	4
4. Lista de componente	4
5. Tutorial – Distorsiuni la amplificatoarele de audiofrecvență	6 - 11

DISTORSION ANALYSER

- Avantaj Pret/Calitate
- Livrare rapida
- Design Industrial
- Proiecte Modificabile
- Adaptabile cu alte module
- Module usor de asamblat
- Idei Interesante

Idei pentru afaceri

Hobby & Proiecte Educationale

Pentru măsurarea THD (Total Harmonic Distortion), cel mai folosit și concludent parametru în clasificarea performanțelor unui amplificator audio.

Încă o sculă prețioasă în laboratorul fiecărui electronist, ideal în laboratoare pentru evidențierea, măsurarea și corectarea performanțelor amplificatoarelor.

Funcționare

Deși am spune că măsurarea cu un analizor de spectru ce ne indică atât armonica cât și amplitudinea ar fi optimul, prețul acestuia este peste posibilitățile unui amator, astfel că o metodă la îndemână ar fi de a compara semnalele intrare-ieșire. Deși metoda pare simplă, datorită unor factori complecși precum apariția fazelor ce nu pot fi compensate total, astfel acuratețea măsurării va depinde de acești parametri: amplitudine și fază.

Elementul de bază al acestui dispozitiv este un filtru de frecvență, acordat pentru a elimina frecvența fundamentală, astfel că semnalul ce trece va fi o combinație a zgomotului amplificatorului și distorsiuni. Armonicile sunt de regulă de ordinul 2, 3, 4 s.a.m.d. și sunt împărțite în impare și pare. Deși cele pare sună mai bine decât celelalte, nu am vrea sa le avem deloc.

Un astfel de filtru dublu T acordat pe 159Hz are valori stricte ale componentelor pentru o bună măsurare. Când faza este +90° și -90°, semnalul rezultat este suma THD + zgomotul. La filtrele de rejecție, problema este atenuarea armonicilor a doua. Deși filtrul este corespunzător, avem nevoie de o atenuare mai mare, de cațiva decibeli, așadar s-a recurs la un filtru activ, folosind filtrul în reacția AO. Controlul filtrului este mai ușor de realizat folosind potențiometre, iar pentru frecvențe diverse se folosește un comutator-selector. Cu SW1 se comută capacitățile pentru domeniile 20, 200 și 2kHz iar SW2 selectează secvența standard 1, 2 și 5 spre osciloscop.

Frecvența filtrului este dată de relația:

$$F_0 = 1 / 2 \times \pi \times R1 \times C1$$

Frecvența	C1.x	C2.x	C3.x	R1.x	R2.x	R3.x
19.4 Hz	100nF	200nF	200nF	82KΩ	75KΩ + 4.3KΩ	39KΩ + 1KΩ
40.8 Hz	100nF	200nF	200nF	39KΩ	36KΩ	18KΩ + 390Ω
99.5 Hz	100nF	200nF	200nF	16KΩ	13KΩ	6.8KΩ + 100Ω
194 Hz	10nF	20nF	20nF	82KΩ	75KΩ + 4.3KΩ	39KΩ + 1 KΩ
408 Hz	10nF	20nF	20nF	39KΩ	36KΩ	18KΩ + 390Ω
995 Hz	10nF	20nF	20nF	16KΩ	13KΩ	6.8KΩ + 100 Ω
1.94 KHz	1 nF	2nF	2nF	82KΩ	75KΩ + 4.3KΩ	39KΩ + 1KΩ
4.08 KHz	1 nF	2nF	2nF	39KΩ	36KΩ	18KΩ + 390Ω
9.95 KHz	1 nF	2nF	2nF	16KΩ	13KΩ	6.8KΩ + 100Ω

Valorile exacte ale rezistențelor sunt:

$$R1 = R2, R3 = 0.5 \times R1$$

iar cele ale capacităților:

$$C1 = C2, C3 = 2 \times C1$$

Potențiometrele se recomandă a fi multitură (cele serie sunt pentru reglaj fin și brut).

Ideal pentru măsură este un osciloscop și un milivoltmetru.

- Se reglează Q la maxim, potențiometrii la mijloc, frecvența cam cu o decadă peste cea măsurată. Cu intrarea la nivel minim se aplică semnalul de măsurat. Tensiunea va fi peste 3V RMS.

- Se crește nivelul de intrare până ce se indică maximum pe scală cu voltmetrul pe scala de 3V.

- Se reglează frecvența oscilatorului și acordul filtrului apoi până se citește un minim pe scala aparatului. Se crește Q control și se repetă până la Q maxim și se obține tensiune minimă. Uneori este necesar să reajustăm frecvența.

- Dacă în final citiți 7mV, se poate determina suma distorsiune + zgomot, astfel:

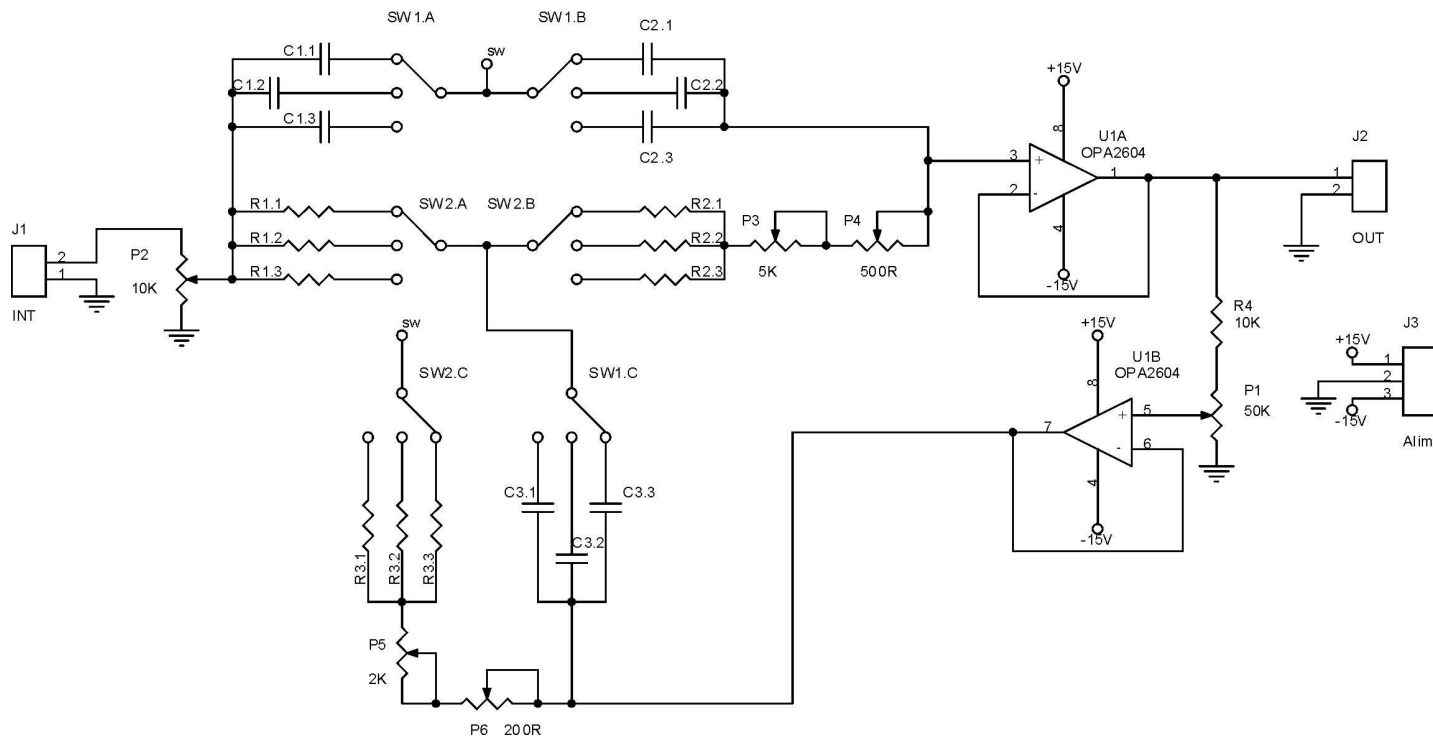
$$THD\% = (V2 / V1) \times 100$$

unde V1 este tensiunea inițială și V2 ultima citire

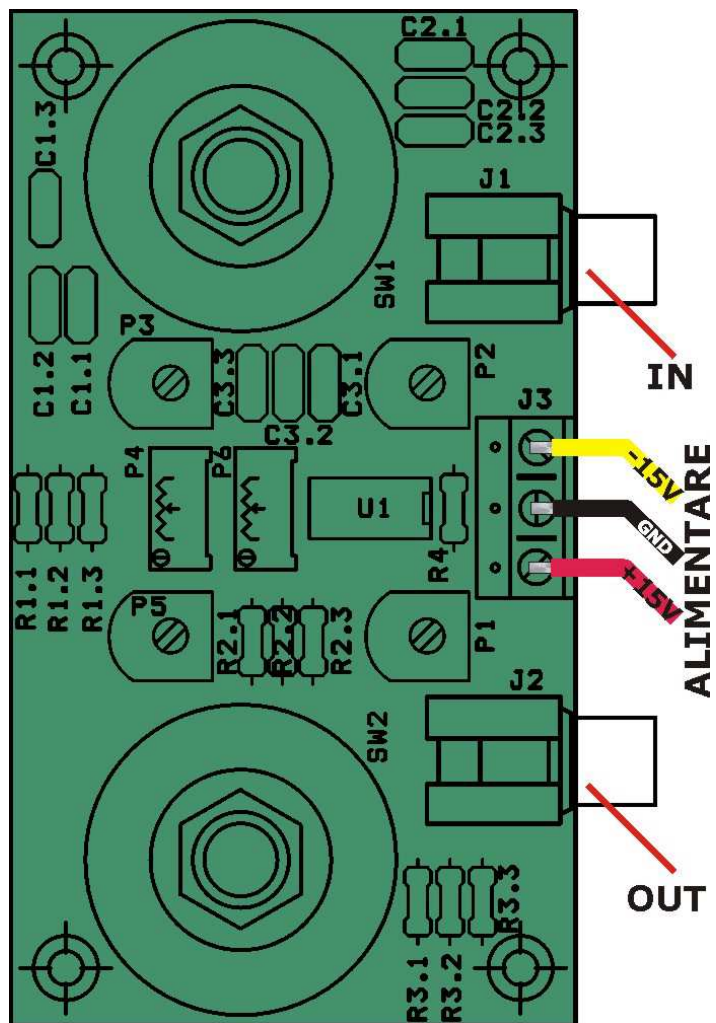
$$THD = (0.007 / 3) \times 100 = 0.23\%$$

Domeniul 1 (SW1)	Domeniul 2 (SW2)	Frecvența
20Ω	x1	20Hz
20Ω	x2	40Hz
20Ω	x5	100Hz
200Ω	x1	200Hz
200Ω	x2	500Hz
200Ω	x5	1kHz
2KΩ	x1	2kHz
2KΩ	x2	4kHz
2KΩ	x5	10kHz

O astfel de analiză se face „din mers” la protecția stației de 2KW (EP0077) iar când nivelul trece peste un prag prestabilit, protecția intră în funcțiune.



Schema electrică



Amplasarea componentelor

Lista de componente

Nr.Crt.	Componenta	Denumire	Valoare	Cant
1	C1.1, C2.1	Condensator Np	100nF	2
2	C1.2,C2.2	Condensator Np	10nF	2
3	C1.3, C2.3	Condensator Np	1nF	2
4	C3.1	Condensator Np	220nF	1
5	C3.2	Condensator Np	22nF	1
6	C3.3	Condensator Np	2,2nF	1
7	J1,J2	Conector	RCA	2
8	J3	Conector	CON3	1
9	P1	Semireglabil	50K Ω	1
10	P2	Semireglabil	10K Ω	1
11	P3	Semireglabil	5K Ω	1
12	P4	Multitură	500 Ω	1
13	P5	Semireglabil	2K Ω	1
14	P6	Multitură	200 Ω	1
15	R4	Rezistență	10K Ω	1
16	R1.1,R2.1	Rezistență	82K Ω	2
17	R1.2,R3.1	Rezistență	39K Ω	2
18	R1.3	Rezistență	15K Ω	1
19	R2.2	Rezistență	33K Ω	1
20	R2.3	Rezistență	12K Ω	1
21	R3.2	Rezistență	18K Ω	1
22	R3.3	Rezistență	6,8K Ω	1
23	SW1,SW2	Comutator	3x3 poz	2
24	U1	C.I.	OPA2604	1

Acest produs se livrează în varianta circuit imprimat, circuit imprimat + componente sau în varianta asamblată în scopuri educaționale.

Un amplificator ar trebui doar să mărească semnalul, proces care nu introduce distorsiuni armonice fundamentale. În realitate însă, orice amplificator introduce armonici suplimentare. Suma armonicilor reprezintă tocmai acest parametru – THD. Inițialele vin de la **Total Harmonic Distortion**, adică distorsiuni armonice totale. Acestea apar din cauza neliniarității diferitelor componente active dintr-un amplificator. Spre exemplu, dacă semnalul la intrarea unui tranzistor are amplitudine prea mare, tranzistorul va ieși din regim liniar și va intra în regim de saturație și/sau blocare, unde amplificarea este mult mai mică. Astfel, vârfurile semnalului vor fi atenuate și vor apărea distorsiuni THD. Este cazul clasic de clipping. Alt exemplu este reprezentat de distorsiunile de crossover din reglajul greșit al superdiodei, care reprezintă tot distorsiuni de neliniaritate.

Tipuri de distorsiuni

Distorsiuni de neliniaritate, denumite și **distorsiuni armonice**, se analizează cel mai simplu utilizând un semnal sinusoidal. Acesta este un semnal periodic, adică forma lui de undă se repetă după o perioadă de timp, numită perioadă fundamentală. Inversul perioadei fundamentale se numește frecvența semnalului.

Un alt tip de distorsiune este **distorsiunea de intermodulație**, care apare atunci când diferite frecvențe ale semnalului se amestecă producând sume și diferențe de frecvențe care nu existau în semnal. **Distorsiunile tranzitorii** se produc atunci când componentele de amplificare nu pot procesa variații rapide ale semnalului, de exemplu, atacurile rapide de percuție. Există, de asemenea **distorsiune de intermodulație tranzitorie** (TIM), unde circuitele integrate moderne sunt sensibile. Astfel de circuite depind de bucla de reacție, pentru liniarizare, însă întârzierile din buclă pot provoca distorsiuni de intermodulație la tranziții rapide ale semnalului.

Analiza o vom face pe semnalul sinusoidal, probabil cea mai naturală formă de undă a unui semnal. Fiind un semnal fundamental, se poate presupune că orice semnal periodic poate fi reprezentat printr-o sumă de sinusoidale. Orice semnal periodic are o frecvență, numită frecvența semnalului ce conține și alte sinusoidale în afară de aceasta, la dublul frecvenței fundamentale, triplul, etc.

De exemplu, un semnal de 1KHz are în componență și componente de 2KHz, 3KHz, 4KHz, etc. de diferite intensități și amplitudini. Acestea se numesc armonici și apar ca multiplii întregi de perioadă fundamentală. Aceste armonici formează timbrul sunetului, sau mai general, pentru semnale, spectrul semnalului. Alt exemplu este semnalul dreptunghiular, care conține doar armonici impare ale frecvenței fundamentale.

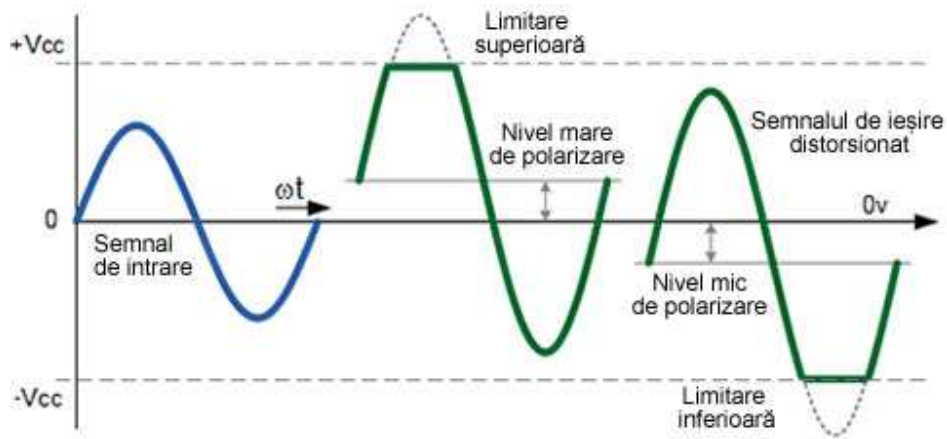
Spectrul semnalului se poate determina prin ceea ce se numește transformată Fourier. Printr-o formulă matematică, transformata Fourier pornește de la câteva perioade fundamentale ale semnalului analizat și obține spectrul semnalului.

Distorsiunile de amplitudine

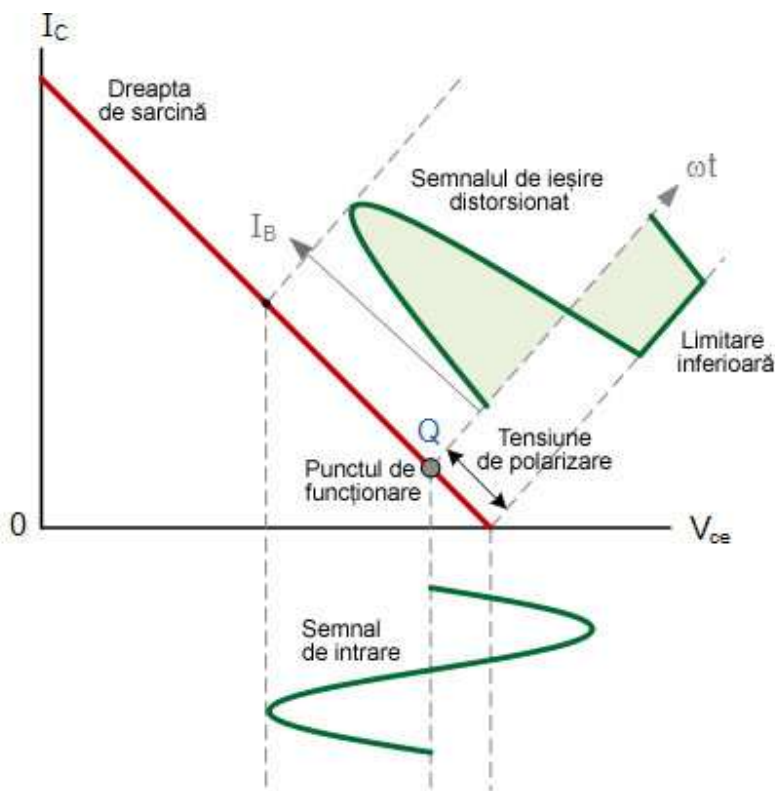
Acestea sînt datorate faptului că unele frecvențe se amplifică mai mult decît altele și se produc atunci când valorile de vîrf ale formei de undă sunt atenuate cauzând distorsiuni din cauza schimbării punctului de funcționare pe dreapta de sarcină, astfel încât semnalul nu este amplificat proporțional la ieșire pe parcursul întregului ciclu al semnalului. Ideal, un amplificator amplifică în mod egal semnale de orice frecvență.

În cazul amplificatoarelor audio, un răspuns bun în bandă este mai greu de obținut. Urechea umană poate auzi în general semnale între 20Hz și 16KHz, de aceea și realizarea unui amplificator de bandă mai largă ar fi inutilă și dificilă. Așadar, orice amplificator audio se va comporta ca și cum ar fi un filtru trece bandă, avînd două frecvențe de tăiere, la cele două capete a benzii de trecere. Capetele acestei benzi le găsim la frecvențele unde amplitudinea tensiunii la ieșirea amplificatorului scade cu 3dB față de răspunsul în banda de trecere. O variație de -3dB reprezintă scăderea la o valoare de 0,707 din valoarea inițială.

Această neliniaritate a formei de undă de ieșire este prezentată mai jos:

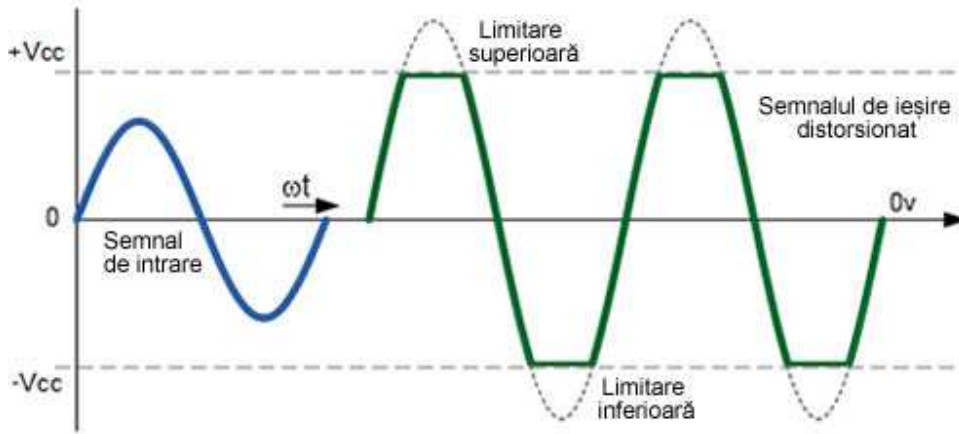


Distorsiune de amplitudine cauzată o polarizare incorectă



Dacă punctul funcționare este reglat corect prin polarizare, forma undă la ieșire trebuie să aibă aceeași formă cu cea a formei de undă de la intrare însă mai mare, amplificată. Dacă punct nu este polarizat corect - se află în jumătatea inferioară a dreptei de sarcină, forma de undă la ieșire va arata cu semialternanța negativă a formei de undă de ieșire limitată. În cazul în care tensiunea de polarizare este mai mare și punctul se află în jumătatea superioară a dreptei de sarcină, forma de undă la ieșire va arata cu o semialternanță pozitivă limitată superior.

Chiar și cu nivelul tensiunii de polarizare corect ajustat, este posibil ca forma de undă la ieșire să fie distorsionată din cauza unui semnal de intrare prea mare, care fiind amplificat, semnalul de ieșire va fi limitat pe ambele semialternanțe, pozitive și negative. Acest tip de distorsiune de amplitudine se numește limitare și este rezultatul depășirii nivelului admis la intrarea amplificatorului. Datorită amplificării acestuia se forțează semnalul de ieșire să depășească nivelul tensiunii de alimentare $\pm V_{cc}$, astfel că semnal va fi limitat la ambele capete la valoarea tensiunii de alimentare, așa cum se arată mai jos



Distorsiunea de amplitudine cauzată de nivelul mare al semnalului de intrare

Distorsiunile de amplitudine reduc considerabil eficiența unui amplificator. Aceste "vârfuri plate" ale semnalului distorsionat de ieșire se datorează fie polarizării incorecte, fie nivelului mare al semnalului de intrare.

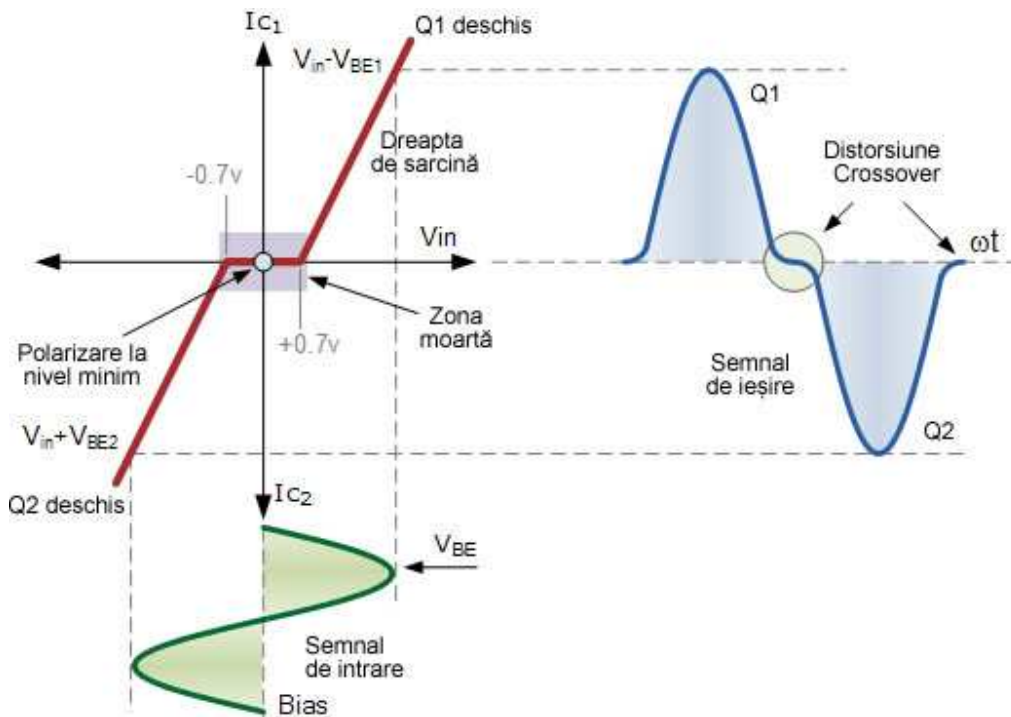
Cu toate acestea, unele trupe rock preferă de fapt ca sunetul lor distinctiv să fie extrem de distorsionat, "overdriven", de limitare puternică a formei undă la ieșire. Nivelul de semnal limitat al sinusoidelor transformă sinusoida în semnal dreptunghiular ce va produce în final atât de multe distorsiuni încât caracteristica sunetului dat de armonicile timbrului se transformă în sunet cu tiberu modificat, plat, peste care se suprapun oscilațiile ce apar ca urmare a limitărilor în funcționare ale amplificatorului.

Câștigul unui amplificator poate varia în funcție de amplitudinea semnalului dar și funcție de amplitudinea distorsiunilor, acestea din urmă conducând la distorsiuni de frecvență și de fază prin modularea cu semnalul de bază.

Distorsiune Crossover

Am văzut că unul dintre principalul dezavantaj al amplificatorului Clasa A este randamentul scăzut de putere. Putem îmbunătăți randamentul prin schimbarea etajului de ieșire al amplificatorului la o clasă B în configurație de tip push-pull. Acest lucru duce la o problemă fundamentală, în care cele două tranzistoare nu cuplează perfect semialternanțele formei de undă din cauza unei zone moarte aproape de nul, zonă în care cele două tranzistoare se cuplează prin polarizare. Deoarece această problemă apare atunci când semnalul trece de la un tranzistor la altul, la punctul de tensiune zero se produce o "denaturare" a formei de undă la ieșire, numită distorsiune Crossover.

Distorsiunile Crossover produc o tensiune zero "pată" sau "bandă de insensibilitate" deoarece semnalul trece de la o jumătate a formei de undă la alta. Motivul pentru aceasta este faptul că în perioada de tranziție, în care tranzistoarele se deschid/închid, semnalul nu se oprește sau nu începe exact din punctul de trecere prin zero, provocând astfel o mică întârziere între primul tranzistor "blocat" și al doilea tranzistor "deschis". Această întârziere rezultată din nesincronizarea celor două tranzistoare produce o formă de undă așa cum se arată mai jos:



Caracteristica de transfer neliniară

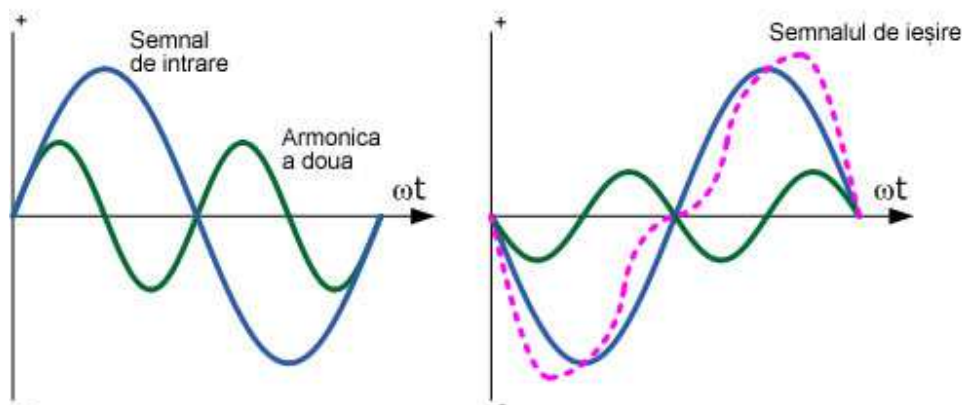
Acest efect este mai puțin pronunțat pentru semnale mari însă pentru semnale mici efectul perturbator este evident.

Distorsiuni de frecvență

Modificarea frecvenței este un alt tip de denaturare a amplificării care are loc atunci când nivelul de amplificare variază în funcție de frecvență. Semnalele de intrare constau din forma de undă a semnalului util, numit "frecvență fundamentală", plus un număr de diferite frecvențe numite "armonici", suprapuse pe ea.

Astfel, distorsiunile de frecvență duc la atenuarea frecvențelor de la capetele spectrului audio, sunetele unor instrumente muzicale se vor auzi mai slab. Aceasta se datorează diferitelor componente electronice folosite la construcția amplificatorului, care atenuază diferit semnalele la diferite frecvențe. Spre exemplu, faptul că finalii nu pot susține un curent mare prin difuzor, pentru mai mult timp, duce de asemenea la atenuarea frecvențelor joase, însă aceasta se poate datora întregii linii acustice, inclusiv a difuzoarelor.

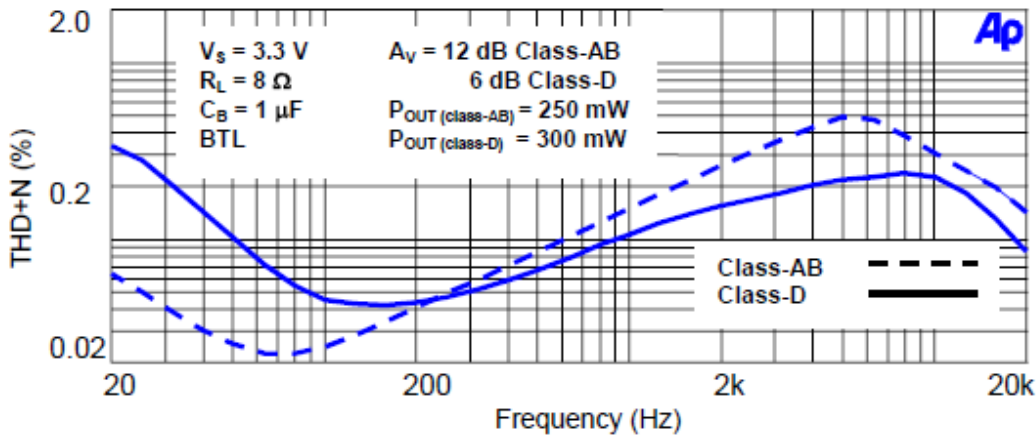
În mod normal, amplitudinile acestor armonici sunt o fracțiune a amplitudinii, prin urmare au un efect relativ scăzut asupra semnalului de ieșire. Cu toate acestea, forma de undă la ieșire poate fi distorsionată dacă aceste frecvențe armonice cresc în amplitudine în raport cu frecvența fundamentală, ca în exemplul de mai jos:



Distorsiune armonică de frecvență

Forma de undă la intrarea în amplificator este formată din frecvența fundamentală, plus un al doilea semnal armonic. Forma de undă de ieșire rezultată este reprezentată în partea dreaptă. Distorsiunea de frecvență apare atunci când frecvența fundamentală se combină cu armonica a doua și denaturează semnalul de ieșire. Armonicile sunt, prin urmare, multipli ai frecvenței fundamentale; în exemplul de mai sus a fost utilizată armonica a doua.

Prin urmare, frecvența armonică de doua este dublă față de frecvența fundamentalei, $2xf$ sau $2f$. Apoi o a treia armonică ar fi $3f$, a patra este $4f$, și așa mai departe. Distorsiunile armonice de frecvență sunt întotdeauna posibile în circuitele de amplificare care conțin elemente reactive, cum ar fi capacități sau inductanțe. În exemplul de mai jos se pot observa diferențele THD în domeniul audio pentru doua clase de amplificare.



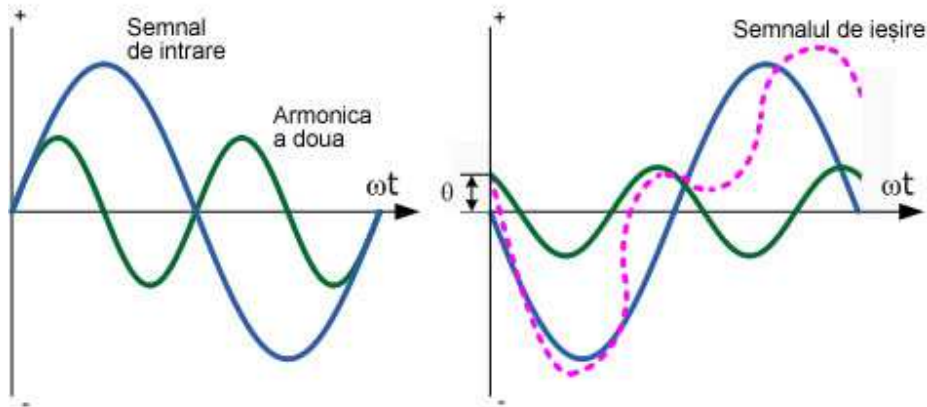
Distorsiunile de fază

Distorsiunea de fază sau Delay Distortion este un tip de denaturare a semnalului prin amplificator care are loc atunci când există o întârziere de timp între semnalul de intrare și cel de la ieșire.

Dacă spunem că schimbarea de fază între intrare și ieșire este zero la frecvența fundamentală, rezultă ca întârzierea, unghiul de fază, adică diferența dintre armonică și fundamentală este zero. Acest interval de timp va depinde de construcția amplificatorului și va crește progresiv în lățime odată cu creșterea benzii de frecvență a amplificatorului.

Așadar, distorsiunile de fază apar din cauza întârzierii mai mari a semnalului, în funcție de frecvență. Unele frecvențe ajung la ieșire mai defazate decât altele, faza având în general o valoare negativă pentru frecvențe joase, crește apoi, are o zonă constantă pentru frecvențe medii și crește mai mult la frecvențe înalte. Defazajul între intrare și ieșire, pentru diferite frecvențe, variază între -90° și $+90^\circ$. Distorsiunile de fază nu alterează percepția sunetului.

Un exemplu este pentru forma de undă de mai jos:

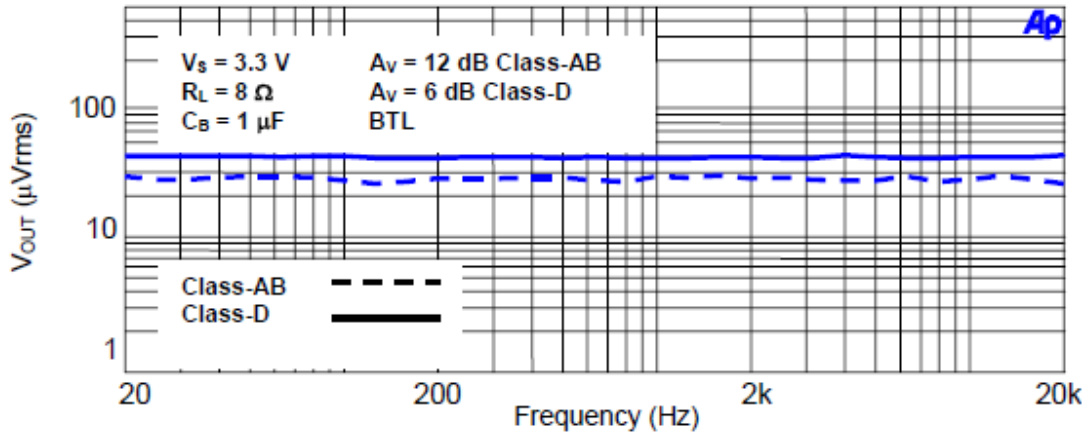


Distorsiune de fază datorată întârzierii

Toate amplificatoarele introduc distorsiuni, combinații de "distorsiuni de frecvență" cât și de "distorsiuni de fază", combinate cu distorsiuni de amplitudine. În cele mai multe aplicații, cum ar fi în amplificatoarele audio sau cele de putere, sunetul nu va fi afectat, cu excepția cazului când deformarea semnalului este excesivă. O specificație comună pentru amplificatoare de înaltă fidelitate este distorsiunea armonică totală. Această distorsiune poate fi mai mică de 1%, sau chiar mai mică de 0,5% în domeniul 20-20.000 Hz pentru amplificatoarele de înaltă calitate.

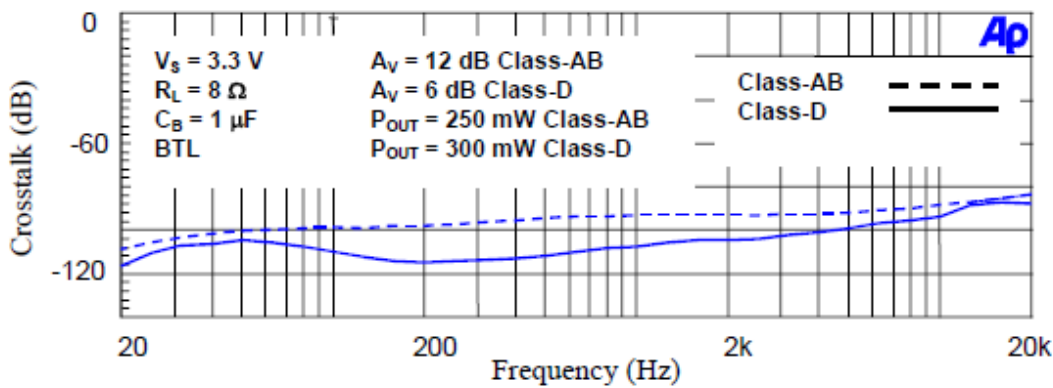
Zgomotul, sau noise (din expresia THD+N) reprezintă zgomotul de bandă largă care apare la ieșire și este independent de semnalul de la intrare. Se aude în difuzoare sub forma unui fîșîit, similar cu sunetul unui radio FM neacordat. Acesta apare din zgomotul intern al componentelor electronice pasive și active ale etajelor de intrare ale amplificatoarelor. O categorie aparte de

zgomot este reprezentat de brumul de la rețea, cu frecvența fundamentală de 50- 100Hz ce apare datorita interferenței sau decuplării necorespunzătoare a alimentării față de amplificator.



Diafonia

Măsurările de separație între canale, măsurători de diafonie, în care toate canalele, inclusiv cel testat, acționează ca o sursă de zgomot. Se măsoară separația stereo care ar trebui să fie de cel puțin 60dB la 1kHz între canale. Un exemplu este mai jos pentru două tipuri de amplificatoare.



Bibliografie

http://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/amp_4.html

Data Notes