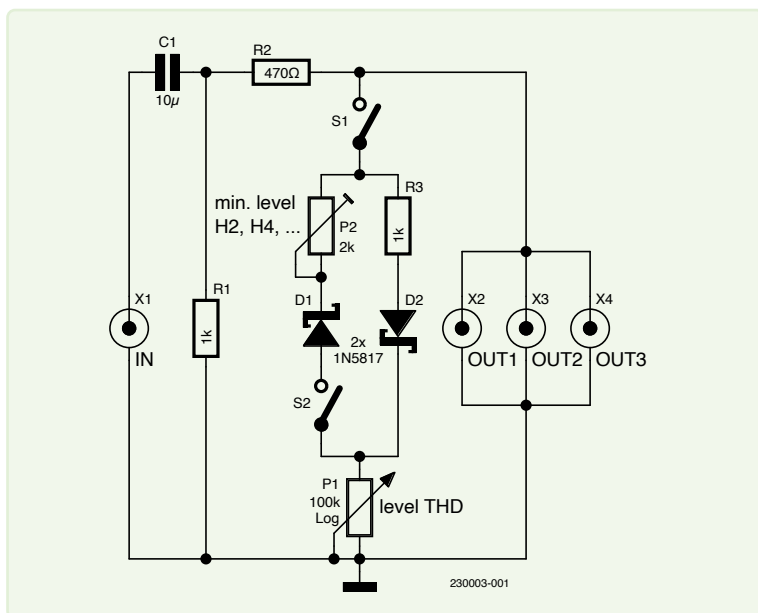


28 THD-generator

vervorming, maar dan opzettelijk

Alfred Rosenkränzer (Duitsland)

Weer eens wat anders: deze schakeling betreft niet het vermijden van vervorming, maar genereert opzettelijk vervorming. Dat kan handig zijn voor het controleren van een testopstelling of voor luistertests. De schakeling is volledig passief en erg eenvoudig.



Figuur 1. De schakeling van de THD-generator is heel eenvoudig en spreekt eigenlijk voor zich.

Bij het ontwikkelen van audioversterkers proberen we normaal gesproken schakelingen te bouwen met zo min mogelijk vervorming – met uitzondering van gitaarversterkers. Een goed voorbeeld hiervan is de laatste eindversterker die in Elektor is gepubliceerd: de Fortissimo-100 [1]. Deze heeft een totale harmonische vervorming (THD) van niet meer dan ongeveer –100 dBc bij vrijwel maximale belasting. De hier beschreven schakeling is daarentegen bedoeld voor het genereren van instelbare harmonische vervorming. Hij kan bijvoorbeeld worden gebruikt om te controleren of een testopstelling voor het meten van vervorming ook echt werkt zoals het zou moeten. Je kunt hem ook gebruiken om het relatieve vervormingsniveau te achterhalen

waarbij je daadwerkelijk veranderingen in het geluid opmerkt. In dit verband kan ik opmerken dat mijn persoonlijke luistertest ontgoocheland was. Afhankelijk van de frequentie kon ik alleen vervorming horen bij –40 tot –50 dB. Wees gewaarschuwd: waarschijnlijk ben ik niet de enige die zijn gehoorcapaciteit in dit opzicht overschat.

De schakeling

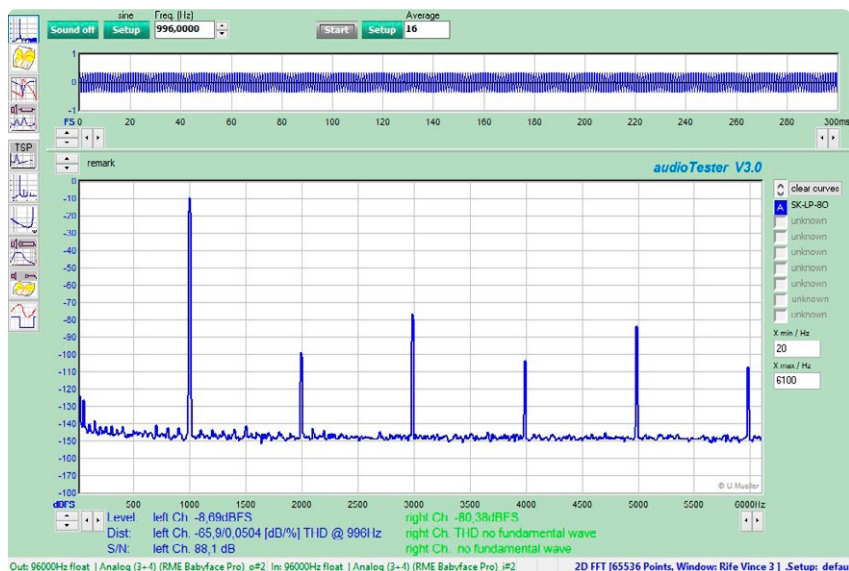
De puur passieve schakeling van **figuur 1** is gemakkelijk te begrijpen. Hetingangssignaal, meestal een sinus met zo min mogelijk vervorming, wordt aangesloten op connector X1. Het signaalniveau moet minimaal ongeveer $2 V_{pp}$ bedragen. Eventuele DC-signaalcomponen-

ten worden verwijderd door C1 en R1. Voor C1 moet een filmcondensator van goede kwaliteit worden gebruikt.

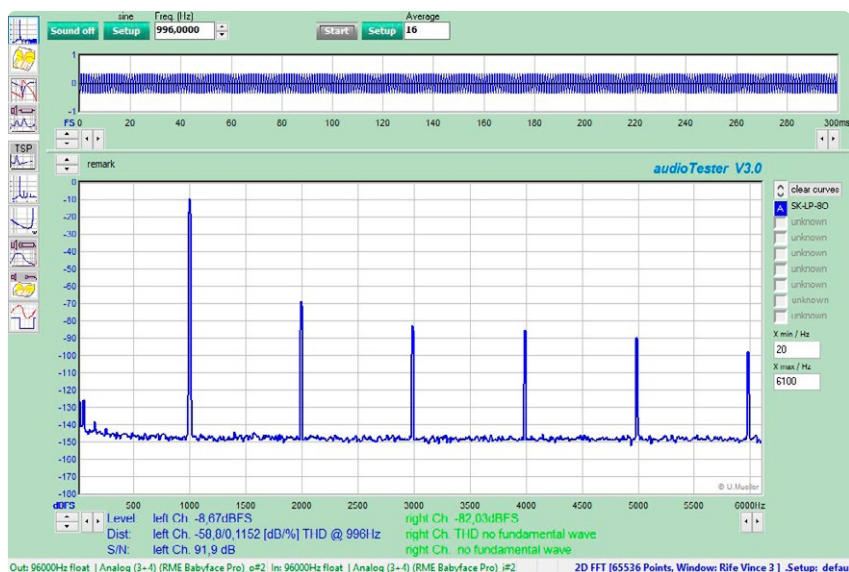
Weerstand R2 maakt deel uit van een spanningsdeler waarvan het andere deel bestaat uit R3, P2, D1, D2 en P1. Ditt tweede deel kan volledig worden uitgeschakeld door S1. De beide diodes genereren harmonischen van hetingangssignaal waarvan de amplitude kan worden aangepast met P1. Als je Schottky-diodes gebruikt, functioneert de schakeling bij lagere niveaus van hetingangssignaal dan wanneer je gewone siliciumdiodes gebruikt. Het signaal wordt symmetrisch begrensd als S2 gesloten is, wat voornamelijk leidt tot het genereren van oneven harmonischen (harmonischen die oneven veelvouden zijn van de ingangsfrequentie, zoals de derde en vijfde harmonischen). P2 kan worden ingesteld om verschillen tussen de twee diodes te compenseren om de amplitudes van de even harmonischen (tweede harmonische, vierde harmonische enzovoort) te minimaliseren. Dit werkt natuurlijk alleen goed als het vervormingsniveau hoog genoeg is of als P1 is ingesteld op een zeer lage weerstand. Als S2 open is, genereert de schakeling zowel even als oneven harmonischen.

Gebruik

Het uitgangssignaal is beschikbaar op de drie parallelgeschakelde uitgangconnectoren X2... X4. Het is handig om drie uitgangen te hebben omdat dit het mogelijk maakt om bijvoorbeeld een spectrumanalyzer parallel te schakelen aan een versterker om de vervorming te meten die aanwezig is op de versterkeringangen. De procedure voor een luistertest is als volgt: sluit een audio-spectrumanalyzer aan op één uitgang, zodat je het vervormingsniveau kunt meten, en gebruik de andere twee uitgangen om een versterker of een hoofdtelefoonversterker aan te sturen (stereo of dubbel mono) die respectievelijk op luidsprekers of een hoofdtelefoon zijn aangesloten. Hoofdtelefoons hebben betere akoestische eigenschappen, dus verdienen ze over het algemeen de voorkeur voor een luistertest.



Figuur 2. Het spectrum met S2 gesloten komt overeen met dat van een geclipte sinus. De even harmonischen kunnen met trimpot P2 worden geminimaliseerd.



Figuur 3. Het spectrum met S2 geopend toont een reeks harmonischen met steeds verder afnemende amplitude.

gesoldeerd. **Figuur 4** toont mijn voltooide prototype. Het blok met de vier RCA-connectoren (cinch- of tulpcconnectoren) heb ik uit een oud apparaat gehaald. 

230003-03

Over de auteur

Alfred Rosenkränzer werkte vele jaren als ontwikkelingsingenieur, aanvankelijk op het gebied van professionele televisieapparatuur. Sinds einde jaren 19'90 ontwikkelt hij digitale en analoge high-speed schakelingen voor IC-testers. Audio is zijn privé-hobby.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via alfred_rosenkraenzer@gmx.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

- **OWON SDS1102 2-ch Oscilloscope (100 MHz) (SKU 18782)**
www.elektor.nl/18782
- **Elektor Fortissimo-100 Power Amplifier Kit (SKU 20273)**
www.elektor.nl/20273

Sluit S1 en stel P1 in voor maximale vervorming (kleinste weerstand). Na de eerder beschreven aanpassing met P2 moet er een duidelijk hoorbaar verschil zijn tussen de open en gesloten stand van schakelaar S1. Vergroot nu geleidelijk de waarde van P1 tot het punt waar de vervorming nauwelijks nog hoorbaar is. Lees vervolgens het vervormingsniveau (THD) af van de spectrumanalyzer.

Je kunt deze luistertest herhalen bij verschillende frequenties en met S2 geopend en de metingen in een tabel onderbrengen. **Figuur 2** en **figuur 3** tonen de signaalspectra met S2 geopend en gesloten. Natuurlijk kun je de test ook herhalen met een muzieksignaal, maar de resultaten zullen alleen kwalitatief zijn omdat

het niet veel zin heeft om een spectrumanalyzer te gebruiken om metingen te doen met niet-sinusvormige signalen.

De THD-generator kan ook goed gebruikt worden bij het vergelijken van de meetresultaten van verschillende spectrumanalyzers.

Bouw

Omdat de schakeling uit zo weinig componenten bestaat, kan deze zwevend, dus zonder print worden opgebouwd en in een kleine plastic behuizing worden ondergebracht. Als je bedrade componenten gebruikt, kunnen de condensator en de trimpot samen met de twee diodes en de drie weerstanden, gewoon tussen de connectoren en potmeter P1 worden



Figuur 4. Het prototype van de auteur: de in- en uitgangen, samen met de twee schakelaars en de potentiometer voor het aanpassen van het vervormingsniveau, bevinden zich aan de bovenkant.

WEBLINK

[1] Ton Giesberts, "Fortissimo-100 high-end versterker", Elektor november/december 2022: <http://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-282/61137>