

Vervormingspedaal met opamp en ruimtelading-buizen



Richard Honeycutt (USA)

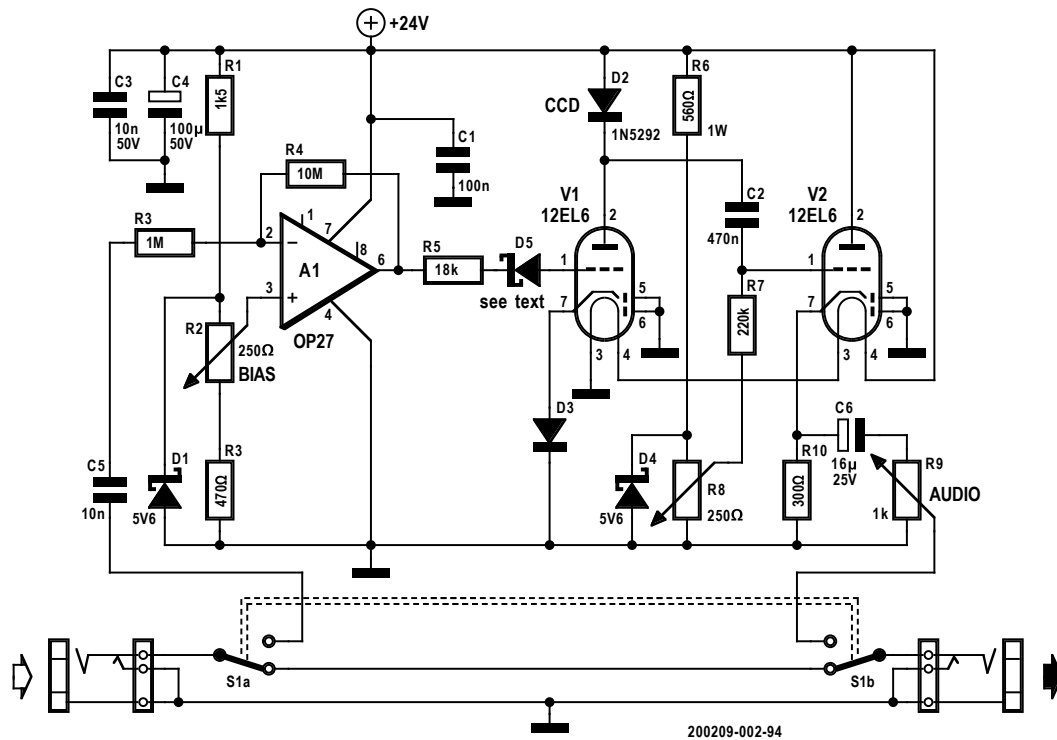
Dit project is een 'hybride' waarin halfgeleidertechnologie en buizen in één schakeling worden gecombineerd. Het is door de auteur ontwikkeld als een *casestudy* die uitvoerig wordt beschreven in zijn boek *The State of Hollow State Audio – in the Second Decade of the 21st Century*, dat door Elektor is uitgegeven. De 12EL6-buizen die hier worden gebruikt, zijn 'ruimtelading'-typen voor laagspanning, die in het boek uitgebreid aan de orde komen.

Het IC in het schema in **figuur 1** is een opamp van het type OP27. De LTC6090 die oorspronkelijk in het ontwerp werd gebruikt, bleek in kleine aantallen (dus voor experimenten) moeilijk te verkrijgen. Aangezien de ingangsweerstand van de opamp-trap ongeveer 1 MΩ moet bedragen, is een opamp nodig met een zeer geringe instelstroom, offsetstroom en offsetspanning. Ook moet de opamp zeer weinig ruis hebben. De OP27 voldoet aan deze eisen en is ook in kleine aantallen gemakkelijk verkrijgbaar. De LTC6090 kon bogen op rail-to-rail ingangen en uitgangen, terwijl bij een belasting van 2 kΩ of meer de OP27 een typische afstand van 1,5 V (maximaal 3,5 V) heeft tussen de maximale uitgangsspanning en de voedingsrail. Dit vereist een andere benadering van hoe we de opamp kunnen gebruiken om het stuurrooster van

V1 in te stellen. Er bestaan weliswaar andere rail-to-rail opamps met geringe instelstroom, maar ik heb er geen gevonden die gemakkelijk verkrijgbaar zijn in kleine hoeveelheden. Dus gebruiken we de OP27, en dan hebben we een DC-uitgangsspanning in rust nodig die ten minste 3,5 V positiever is dan de negatieve voedingspanning (die in deze enkelzijdig gevoede configuratie 0 V bedraagt). We moeten ook ongeveer 1 V marge aanhouden om te voorkomen dat het signaal in de opamp-trap kan clippen. Ook moet de instelspanning van het V1-stuurrooster regelbaar zijn van ongeveer nul tot -0,2 V.

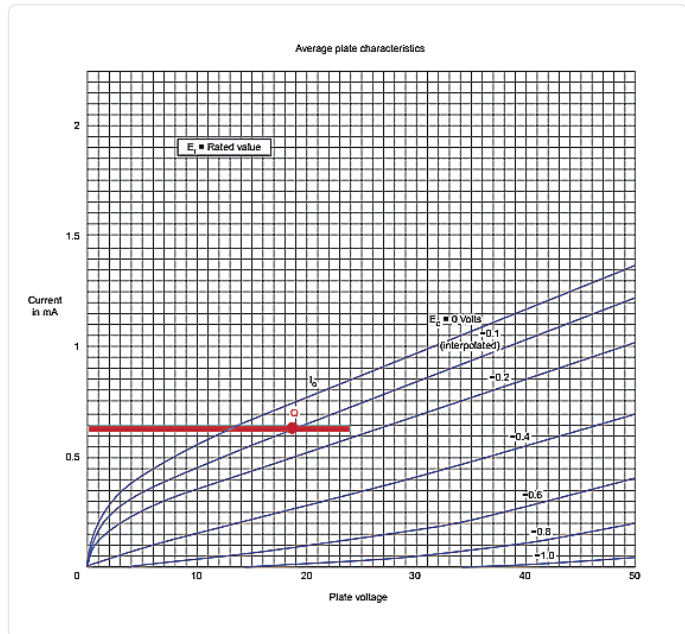
Natuurlijk kunnen we met een enkelzijdige voeding geen negatieve spanning maken, dus we moeten de kathode enigszins positief maken. In de oorspronkelijke schakeling gebruikten we twee diodes in serie tussen kathode en massa om de kathode ongeveer 1,2 V boven massa te tillen. Dus een stuurroosterspanning van 1 V levert dan een equivalente bias van -0,2 V. Maar we kunnen de uitgang van de OP27 in rust niet zo laag uitsturen. Omdat de spanningsval over een halfgeleiderdiode in geleiding niet goed is gedefinieerd (0,6 V is een schatting), ontdekte ik experimenteel dat bij gebruik van slechts één diode tussen de kathode van V1 en massa, en door het instelbereik van de niet-inverterende ingang van de opamp van 0,387 V tot 5,6 V te laten lopen, ik het gewenste bereik van de stuurrooster-instelspanning kon verkrijgen. Omdat ik uit het eerdere werk wist dat de ingangsweerstand van de kathodevolger de V1-trap zou belasten, onderzocht ik de uitgangsgolfvorm van V1. Ik ontdekte dat er een groter signaal nodig was dan een typisch humbucking-element kan produceren om de soort vervorming te creëren die ik wilde, en dus verhoogde ik de versterking van de opamp door de terugkoppelweerstand R4 een waarde van 10 MΩ te geven. Toen controleerde ik dat de opamp niet kon gaan clippen voordat de triode al hard ging clippen, zodat onze schakeling een 'buisengeluid' zou produceren.

In de uiteindelijke opampschakeling zorgen R1, R2, R3 en D4 voor het vereiste aanpassingsbereik, terwijl D5 fungeert als een 3,1V-niveaushuiver om het DC-niveau te reduceren tot het noodza-



Figuur 1. De uiteindelijke schakeling van het hybride IC/buis-vervormingspedaal.

kelijke bereik voor een juiste roosterinstelling. Ik heb een zenerdiode gebruikt, maar om de juiste niveauverschuiving te krijgen bij de lage stroom die door de triode wordt geleverd, moest ik een 4,5V-exemplaar gebruiken om een niveauverschuiving van 3,1 V te krijgen. Ik had een potentiometer kunnen gebruiken om deze aanpassing te maken, maar dat zou ook het AC-niveau hebben beïnvloed, wat ik niet wilde. Met behulp van een CCD van het type 1N5292 (Constant Current Diode; 0,62 mA) voor D2 en een voedingsspanning van 24 V (B+) komen we uit op de belastinglijn van **figuur 2**. (Merk op dat ik een geschatte anodekarakteristiek heb toegevoegd voor een stuurroosterinstelling van -0,1 V.) U kunt in de figuur zien dat de 12EL6-triode in wezen wordt afgekapt bij een stuurroosterspanning van -0,2 V. De grafiek suggereert afknippen bij een stuurroosterspanning van -0,17 V, maar als we het gedrag van de triode in dit bereik zouden hebben getekend, zou de belastinglijn toch enige kromming te zien geven omdat de CCD dan niet in staat was om de volle 0,62 mA te leveren bij steeds negatiever wordende stuurroosterinstellingen. In deze configuratie toont de grafiek ons dat een verandering van de signaalspanning van -0,17 V naar 0 V een verandering van de anodespanning van 11,5 V oplevert – een spanningsversterking van 68. (In werkelijkheid vertelt de wiskunde ons dat de versterking gelijk is aan de μ van 55; het verschil is een gevolg van de onnauwkeurigheid van de grafiek in de buurt van het afsnijpunt en ons onvermogen om de grafiek nauwkeurig af te lezen.) Terug naar de schakeling. Met de voetschakelaar schakelen we om tussen vervorming en onvervormd doorlaten van het signaal. Bij de uitgang regelt potentiometer R9 het niveau van de vervorming, zodat het 'schone' en het 'vervormde' uitgangssignaal een gelijk niveau hebben. Omdat een 24V_{DC}-voeding wordt gebruikt, zijn de gloeidraden van V1 en V2 in serie geschakeld. Om brom en andere storing op het signaal naar de gitaarversterker te voorkomen, is een schone, stabiele en correct ontkoppelde +24V-voedingsspanning een must. Een driebe-nige regelaar van het type LM7824 is daar goed voor. 



Figuur 2. Belastinglijn van een 12EL6-buis bij een B+ van 24 V en een 0,62 mA constante-stroomdiode (CCD) in plaats van een anodeweerstand.



IN DE STORE

➤ **Engelstalig boek: The State of Hollow State Audio**
www.elektor.nl/the-state-of-hollow-state-audio

➤ **Engelstalig e-boek: The State of Hollow State Audio**
www.elektor.nl/the-state-of-hollow-state-audio-e-book