



# Project Buizenversterker

**Nick Leemhuis**

[nick.leemhuis@windesheim.nl](mailto:nick.leemhuis@windesheim.nl)  
1173487, E2C

Bart Snijder

# INHOUD

Inleiding	3
Begrippenlijst	4
1. Wat is een Buis?	5
1.1. Wat is een buis	5
1.2. Hoe werkt een versterkerbuis	6
1.3. Welke soorten elektronenbuizen zijn er	7
1.4 De toekomst van de buis	8
2. De werking van een buis	9
2.1. De diodebuis	9
2.2. Roosters toevoegen	10
2.3. De diodebuis beter bekeken	11
2.4. De triode beter bekeken	12
Karakteristieken	12
Eigenschappen	13
2.5. Effect van meerdere roosters	14
Tetrode (twee roosters)	14
Penthode	15
2.6. De penthodebuis beter bekeken	16
3. Welke buizen zijn gangbaar voor de versterker	17
3.1. Voorversterker, ECC83	17
3.2. Eindversterker, EL34	18
Bibliografie	20

## INLEIDING



Hobbyen aan een zwart wit TV uit 1960  
(Nick Leemhuis)

Ik heb ervoor gekozen om dit project te gaan doen omdat ik de verouderde techniek van de buizen zeer interessant vindt. Daarnaast hobby ik ook al regelmatig met oude apparaten die deze buizen bevatten. Deze apparaten repareer ik dan meestal zodat deze werken. Echter voor dit repareren hoef je niet in detail te weten hoe een buis werkt, omdat de problemen eigenlijk nooit aan een buis liggen. Maar vaak aan verlopen componenten (bijv. condensatoren of weerstanden).

Dus lijkt dit project mij erg interessant ter uitbreiding op mijn kennis en kunnen. Niet alleen leer ik door dit project hoe ik een versterker met buizen moet gaan maken. Ik leer in dit project ook hoe de buis zich in bepaalde omstandigheden gedraagt. Als ik dan eenmaal heb bepaald hoe de versterker met buizen werkt, is het ook makkelijker om een versterker met moderne componenten te begrijpen. Want op een paar eigenschappen na lijken de buizen best wel veel op transistoren en FET's (componenten die tegenwoordig worden gebruikt voor versterkers).

Het doel van dit project is om een goed werkende buizenversterker te gaan maken. Deze versterker zal push-pull geconfigureerd zijn. Dat betekent dus dat er sowieso 2 eindbuizen nodig zijn voor de eindversterking van de versterker.

Naast de versterker hoop ik genoeg data te hebben verzameld en opgenomen om de werking van de buis te begrijpen. Met deze info is het ook de bedoeling om bepaalde metingen te gaan verrichten zodat ik kan kijken in welke mate theorie en praktijk overeenkomen.

## BEGRIPPENLIJST

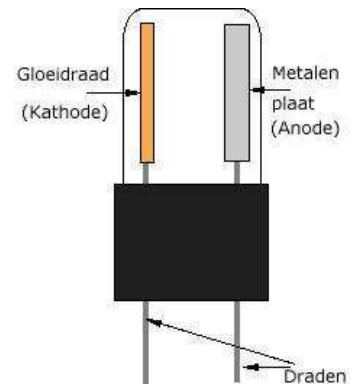
Begrip	Uitleg
AC-Spanning	Een spanning die door de tijd heen zowel positief als negatief is
DC-Spanning	Een spanning die of allen positief of alleen negatief is.
Wisselspanning	Een spanning die verandert van waarde
Gelijkspanning	Een spanning waarvan de waarde constant blijft
Elektronen	Een negatief geladen elementair deeltje. Kan vastzitten aan een atoom, of zich vrij in de ruimte begeven
Moduleren	Het combineren van een draagsignaal en een informatiesignaal
Karakteristiek	Grafische weergave van het gedrag
Oscilleren	Een oscillatie is een periodiek herhaalde omkering van de bewegingsrichting.
Audiofielen	Iemand die zeer gedreven is tot het perfectioneren van de weergave van het geluid
Microfonie	Geluid uit de ruimte dat door de buis wordt opgevangen en versterkt

# 1. WAT IS EEN BUIS?

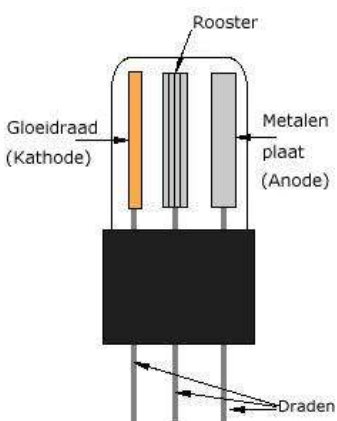
## 1.1. Wat is een buis

Een buis ook wel vacuümbuis, radiobuis of elektronenbuis genoemd was het eerste actieve elektrische component wat is uitgevonden.

De meest eenvoudige vorm van deze buis is een diode buis (afbeelding 1.1). Deze bestaat uit een glazen behuizing waarin zich een vacuüm bevindt. Daarin zit een gloeidraad, die ook wel als kathode wordt gebruikt in deze buis. Daaromheen zit een cilindervormig metalen plaatje, ook wel de anode. Als de gloeidraad opwarmt en de spanning op de anode groot genoeg is, zullen er elektronen van kathode naar anode gaan bewegen. Net als een diode, kan de stroom door deze buis maar 1 kant op vloeien.



1.1 Diode buis



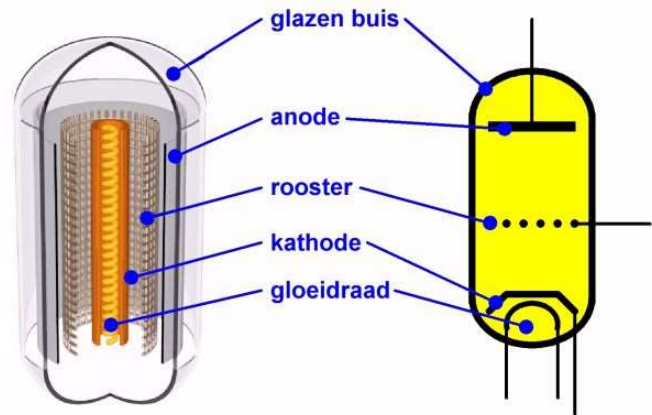
1.2 Een buis met rooster

Bij andere elektronenbuizen zitten er tussen de kathode en de anode nog een of meerdere roosters (afbeelding 1.2). Een rooster is een roostervormige elektrode. Daarmee kan de stroom van de elektronen worden beïnvloed. Een negatief geladen rooster stoot de elektronen af, waar een positief rooster deze aantrekt.

## 1.2. Hoe werkt een versterkerbuis

In het vacuüm in de buis bevinden zich een anode en kathode die dezelfde constructie hebben als die van de diode. De gloeidraad of kathode is soms uitgevoerd als buisje met gloeidraad erin. De gloeidraad is dan bedekt met een stof. Deze stof is meestal bariumoxide, dit zorgt voor een goede emissie van elektronen.

Tussen de 2 elektroden wordt door middel van een hoge spanning (honderden volts) een elektrisch veld opgebouwd. Elektronen die uit de verwarmde kathode zijn losgeraakt, verplaatsen zich in de richting van de anode.



1.3 Een kijkje aan de binnenkant van een buis

Tussen de kathode en de anode bevindt zich een roostervormige elektrode. Deze zit vlak bij de kathode. Dit rooster wordt ook wel het stuurrooster genoemd. Op het stuurrooster wordt een negatieve spanning gezet, die zorgt ervoor dat elektronen moeilijker of helemaal niet naar de anode bewegen. Afhankelijk van de grote van de negatieve roosterspanning bewegen er meer of minder elektronen richting de anode. De stroom die door de buis vloeit kan worden geregeld door de negatieve roosterspanning te variëren. Door in serie met de anode een weerstand te plaatsen, kan de weerstand als gevolg van variërende anodestroom een spanningsverandering worden opgewekt. Deze spanningsverandering aan de anode zijde is vaak aanzienlijk groter dan de spanning op het stuurrooster. En dus is er een spanningsversterker gemaakt.

### 1.3. Welke soorten elektronenbuizen zijn er

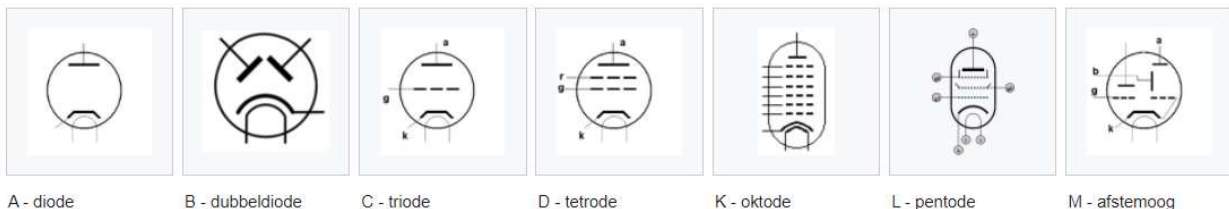
De elektronenbuizen zijn opgedeeld in een aantal verschillende soorten buizen. Deze hebben elk zijn eigen schematische weergave en eigenschappen. Het aantal roosters van de buis bepaald de benaming van de buis.

De **diode** heeft 2 elektroden. Deze wordt voor gelijkrichting en demodulatie gebruikt.

De **triode**, met 3 (tri) elektroden. Deze buis heeft 1 rooster, het stuurrooster. Met het stuurrooster kan een relatief kleine spanningsverandering worden omgezet in een relatief grote stroom tussen anode en kathode. Hiermee was de eerste versterker mogelijk.

De **tetrode**, met 4 (tetra) elektroden. Deze buis heeft 2 roosters, het extra rooster wat zich tussen de anode en het stuurrooster bevindt, dient ervoor om de versterkingsfactor van de buis verder op te voeren.

De **pentode**, met 5 (penta) elektroden. Deze buis heeft 3 roosters: Stuurrooster, schermrooster en keerrooster. Het keerrooster (3<sup>e</sup> rooster) bevindt zich het dichtste bij de anode. Dit rooster zorgt ervoor dat de elektronen die door secundaire emissie vrijkomen, naar de anode terug worden gestuurd. Deze elektronen zouden anders de versterking van de schakeling nadelig beïnvloeden. Dit komt vooral voor bij grote uitsturing van de buis.



De **hextode** (hex = 6), **heptode** (hepta = 7), **octode** (okta = 8) en de **enneode** (ennea = 9) hebben respectievelijk 4, 5, 6 en 7 roosters. Deze buizen worden gebruikt als mengbuis in o.a. frequentie-omvormers en radio-ontvangers.

Naast deze buizen zijn er ook nog een klein aantal andere buizen, zoals een afstemoog (Indicatorbuis, afbeelding 1.4). Deze geeft de afstemming van een radio op een zender of de insturing van een bandrecorder grafisch weer. En er is nog een kathodestraalbuis (CRT) deze worden gebruikt in bijvoorbeeld televisies en oscilloscopen.



1.4 EM84, indicatorbuis

## 1.4 De toekomst van de buis

Een aantal mensen zien de elektronenbuis als een historisch principe wat al lang achterhaald is, maar dit is echter niet waar. Veel mensen vinden het nog steeds leuk om hier mee te hobbyen. Als je op google zoek “diy tube kit” vind je al snel vele samengestelde kits waarmee je iets kan maken (afbeelding 1.5). Vaak betreffen dit kits waarmee je iets op het audiogebied kan doen. Dus bijvoorbeeld een simpele versterker maken.



1.5 Voorbeelden van de zelfbouwkitjes

Ook is er een groep mensen die zich gedreven voelt tot het perfectioneren van de weergave van het geluid. Deze mensen worden audiofielen genoemd. Veel mensen binnen deze groep vinden het geluid van een buizenversterker superieur ten opzichte van een solid state versterker. De audiofielen beweren dat de vervorming die de buis aanbrengt aan het audiosignaal niet is te vergelijken met de vervorming van een solid state versterker.



Een winkel van JJ Electronics in Slowakije

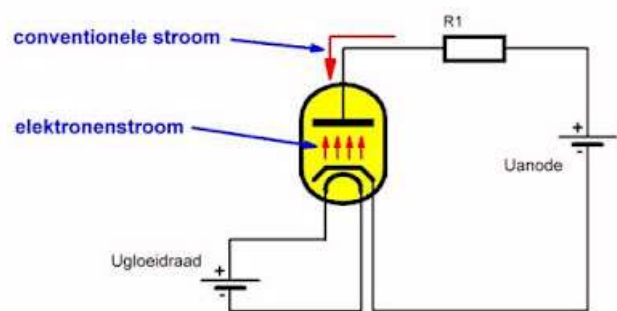
Ook zijn er zelfs nieuwe bedrijven die weer opnieuw zijn begonnen met de fabricage van elektronenbuizen. Vaak zijn dit kleine bedrijven die de meest gangbare buizen opnieuw gaan produceren. Een van de bekendste bedrijven die dit doet is JJ Electronics. Dit bedrijf bevindt zich in Slowakije. Dit bedrijf is in 1993 al begonnen met het opnieuw opstarten van de productie van elektronenbuizen. Ook in Rusland, China en Amerika zijn kleine bedrijfjes die weer elektronenbuizen maken.

## 2. DE WERKING VAN EEN BUIS

### 2.1. De diodebuis

Als we de gloeidraad van de buis aansluiten op de spanning  $U_{\text{gloeidraad}}$  dan wordt de gloeidraad warm (700 a 800 °C). Door deze warmte neemt de energie en snelheid van de elektronen in de kathode toe. Een aantal elektronen gaan zelfs zo snel bewegen dat ze uiteindelijk de kathode gaan verlaten. In de fysica staat dit fenomeen bekend als “thermische emissie” of als “Edison-effect”. Er ontstaat een wolk met elektronen erin rondom de kathode, dit wordt ook wel de “ruimte lading” genoemd. In willekeurige volgorde vallen de elektronen dan weer terug in een atoom dat een elektron tekort heeft en even later wordt deze daar weer uitgestoten.

Echter verandert de situatie op het moment dat wij een spanning aanleggen tussen anode en kathode. Als we de anode een positief potentiaal geven ten opzichte van de kathode, dan worden de negatief geladen elektronen uit de “ruimte lading” aangetrokken tot de positieve anode en vliegen dwars door het vacuüm in de buis heen naar de metalen plaat van de anode. Er ontstaat een elektrisch circuit met een voeding, kathode, anode en een weerstand die de stroom moet begrenzen (figuur 2.1).



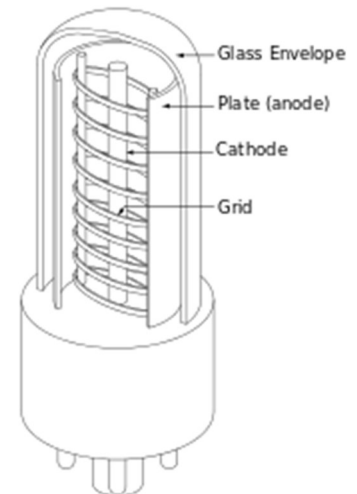
2.1 Fundamentele werking van een diode-buis

Wel is het belangrijk om rekening te houden met het feit dat er 2 verschillende stromen gaan lopen, we zien dit ook in figuur 2.1. De elektronenstroom beweegt zich van kathode naar anode, terwijl de elektrische stroom zich van anode naar kathode beweegt. Een andere eigenschap is dat als we de polariteit van  $U_{\text{anode}}$  omdraaien, er dan geen stroom vloeit. We zien hier dat de buis functioneert als een diode, waarbij hij stroom geleid bij een positieve anode en spert bij een negatieve anode.

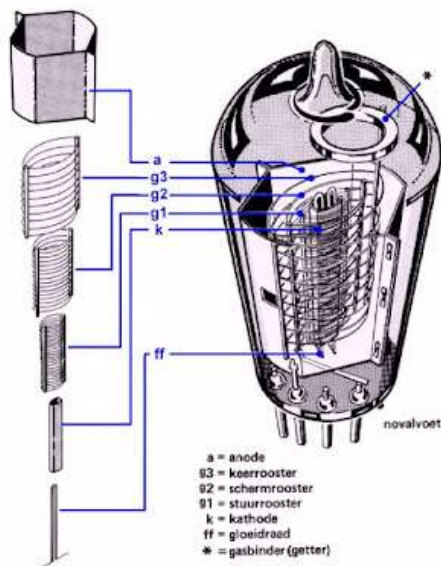
## 2.2. Roosters toevoegen

De buis begint pas echt een handig ding te worden op het moment dat we er een derde elektrode in aanbrengen, het zogenaamde rooster. Deze is spiraalvormig gemaakt en wordt tussen de anode en kathode van de buis aangebracht zie afbeelding 2.2. We spreken dan over een triode buis, deze is in het jaar 1905 uitgevonden.

Op dit rooster gaan we vervolgens een DC-spanning zetten die ten opzichte van de kathode negatief is. Deze negatieve spanning beïnvloedt dan de elektronenstroom die van de kathode naar de anode plaats vindt. Als we deze negatieve spanning maar groot genoeg maken, dan verplaatsen er helemaal geen elektronen meer richting de anode. Als we naast de DC-spanning ook nog een AC-spanning (bijvoorbeeld audio) zetten. Dan gaat de anodestroom in het ritme van de AC-spanning variëren. We hebben dus een spanning gestuurde stroombron gemaakt. Dit rooster wordt ook wel het “stuurrooster” genoemd.



2.2 Een triode buis

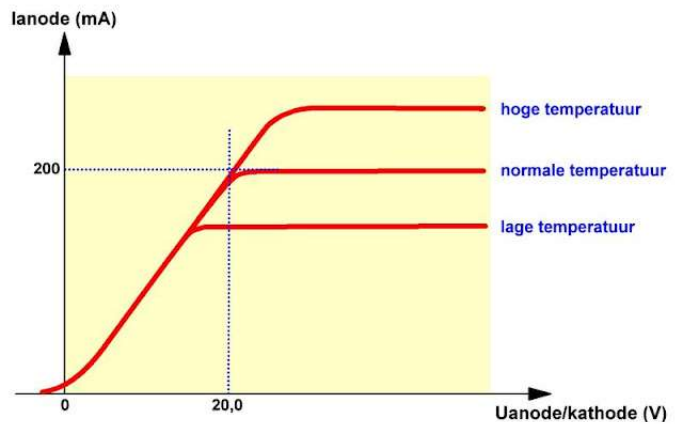


2.3 Een kijkje binnen in een penthode

Als we vervolgens naast de derde elektrode nog meer elektroden toe gaan voegen (tot maximaal 7 roosters), wordt de buis nog breder inzetbaar. Met deze meer-roosterbuizen kunnen we allerlei complexe schakelingen heel makkelijk met 1 buis uitvoeren. Zo kun je met meerdere roosters gemakkelijk signalen samenvoegen of juist signalen moduleren. Ook bepaalt het aantal roosters de karakteristiek van de buis, maar hier gaan we later dieper op in.

## 2.3. De diodebuis beter bekijken

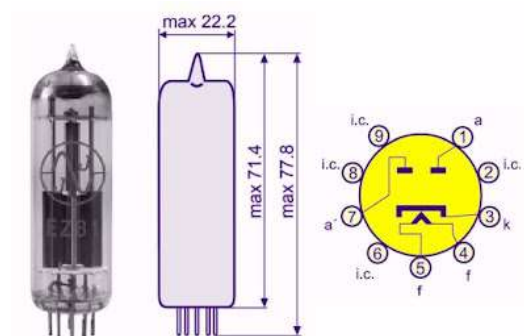
Zelfs zonder spanning op de anode zijn er een aantal elektronen uit de elektronenwolk die zich richting de anode gaan bewegen. Als er geen stroom is gewenst, dan dient de anode negatief gemaakt te worden. Als we de anode positief maken, dan zal de elektronenstroom zeer snel toenemen. Al bij een spanning van ongeveer 20 Volt is de diodebuis al in verzadiging (figuur 2.4). In deze verzadiging vliegen alle elektronen die loskomen uit de kathode richting de anode dit betekent dat de stroom niet verder kan toenemen. Als we de stroom toch willen vergroten, dan moeten we het oppervlak van de kathode vergroten of we moeten ervoor kiezen om de kathode in temperatuur te verhogen. Die tweede optie heeft natuurlijk zijn grenzen. Dus als er een grotere stroom nodig is betekend dat vaak dat er een buis gekocht moet worden met een grotere kathode oppervlakte.



2.4 De karakteristiek van de diodebuis

Omdat er in de buizenwereld vaak wordt gewerkt met een secundaire wikkeling met midden aftakking, is het vrijwel standard dat er een dubbel diodebuis wordt gebruikt. Zoals de naam het al zegt, heeft deze buis 2 diodes. Een voorbeeld van zo'n diode is de EZ81 buis. Dit zijn een aantal specificaties van deze buis:

- **Buisvoet:** noval
- **Gloeidraad spanning:** 6,3 V
- **Gloeidraad stroom:** 1,0 A
- **Anodespanning:** 2 x 450 V max.
- **Inverse anodespanning:** -1.300 V max.
- **Anodestroom:** 500 mA max.
- **Capacitieve belasting:** 50  $\mu\text{F}$  max.
- **Inductieve belasting:** 10 H max

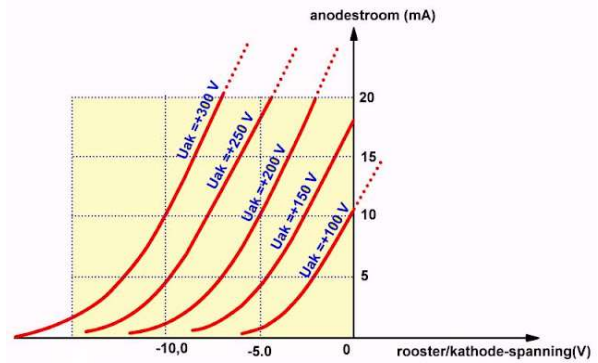


2.5 De EZ81 dubbeldiode buis

## 2.4. De triode beter bekijken

### Karakteristieken

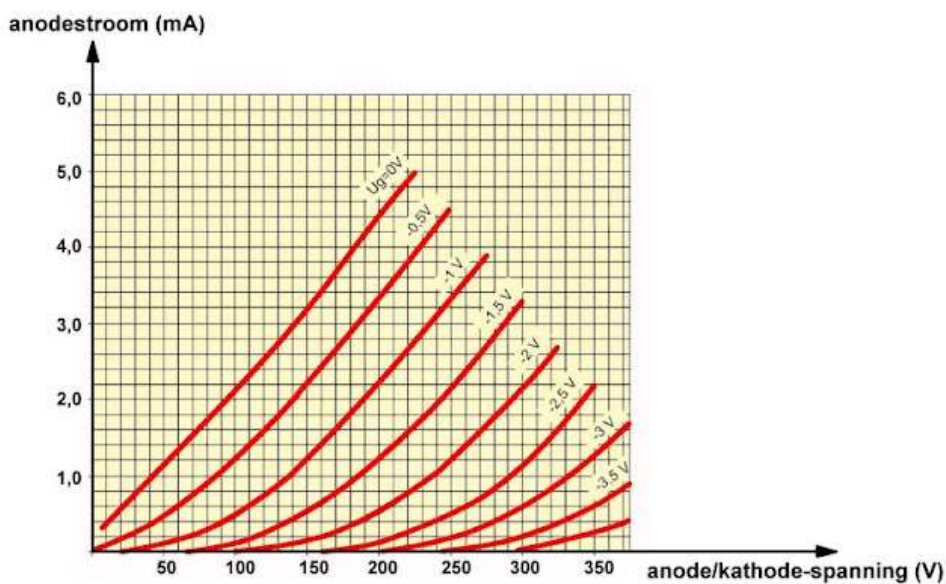
Zoals eerder benoemd brengen wij op het rooster een negatieve spanning ten opzichte van de kathode aan om de elektronenstroom in de buis te reguleren. Hoe negatiever de spanning is des te minder elektronen er van de kathode naar de anode stromen. Ook hiervan kunnen wij de karakteristiek mooi grafisch weergeven (figuur 2.6). In dit figuur is de anodestroom weergegeven ten opzichte van de roosterspanning.



2.6 transfer-karakteristiek van een triode

Ook is goed zichtbaar in dit figuur dat de waarde van de anode-kathode spanning  $U_{ak}$  Ook invloed heeft op de anode stroom. Hoe hoger de spanning de  $U_{ak}$ -spanning is des te hoger moet ook de negatieve roosterspanning zijn om de elektronenstroom dicht te drukken. De karakteristiek in figuur 2.6 wordt ook wel de ‘transfer-karakteristiek’ genoemd.

Nog een belangrijke karakteristiek is de grafiek die het verband aangeeft tussen de anode/kathode-spanning en de stroom die door de triode heen vloeit. Er ontstaat dan een karakteristiek zoals zichtbaar is in figuur 2.7. Deze karakteristiek wordt ook wel de ‘plaat-karakteristiek’ genoemd.



2.7 stroom/anodespanning karakteristiek van een triode

## Eigenschappen

Het rooster is veel dichter bij de kathode geplaatst dan bij de anode. Het gevolg daarvan is dat een kleine variatie van de roosterspanning een grotere invloed heeft op de elektronenstroom dan een identiek verandering van  $U_{ak}$ . De verhouding van deze beide veranderingen voor een identieke stroomverandering wordt ook wel de versterkingsfactor genoemd (aangeduid met  $\mu$ ). In formulevorm ziet dat er dan als volgt uit:

$$\mu = \frac{\Delta U_{ak}}{\Delta U_{gk}}$$

De uitkomst wordt uitgedrukt in V/V en dat betekent dat de uitkomst dimensie loos is.

De verhouding tussen de verandering in de rooster/kathode-spanning en de variatie in anodestroom noemen we de steilheid van een buis. Om deze meting uit te voeren is het belangrijk dat de anode/kathode-spanning hetzelfde blijven. Deze eigenschap heet de steilheid, omdat als de steilheid groter is de curve van de buis ook daadwerkelijk steiler is. Een grotere steilheid betekent dus ook dat de buis een grotere versterking zal aanbieden. Met de volgende formule kun je de steilheid berekenen:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_{gk}}$$

Deze steilheid wordt uitgedrukt in mA/V en zal in de praktijk ergens tussen de 1 en 100 liggen.

Om de inwendig weerstand te bepalen, gebruiken wij de volgende formule:

$$R_i = \frac{\Delta U_{ak}}{\Delta I_a}$$

Bij deze meting is het belangrijk dat de rooster/kathode-spanning constant blijft. De inwendige weerstand wordt uitgedrukt in V/A ook wel  $\Omega$ .

## 2.5. Effect van meerdere roosters

### Tetrode (twee roosters)

De eerder besproken triode kent een aantal nadelen. Een van deze nadelen is dat de anode en het rooster eigenlijk een ideale condensator vormen. Het zijn immers twee elektroden die worden gescheiden door een vacuüm. Door deze capaciteit komt er een gedeelte van de anode spanning terecht op het rooster. Dat is een terugkoppeling die onder bepaalde omstandigheden ongewenste oscillatie kan veroorzaken.

Een ander zwak punt van de triode is dat een kleine variatie van de roosterspanning als resultaat heeft dat de anodestroom heel sterk varieert.

Om deze 2 vervelende eigenaardigheden te vermijden kan er tussen de anode en het stuurrooster nog een 2<sup>e</sup> rooster worden opgenomen. Dit rooster wordt ook wel het "schermrooster" genoemd. Op dit rooster wordt een positieve spanning aangebracht die ervoor zorgt dat de anode en het stuurrooster, capacitief van elkaar worden gescheiden. Tevens zorgt het 2<sup>e</sup> rooster er ook voor dat de elektronenstroom wat minder wordt beïnvloed door het stuurrooster. Dus de variatie in de anodestroom wordt wat gedempt.

Een buis met 2 roosters wordt een Tetrode genoemd. Echter wordt deze in de praktijk zeer zelden toegepast, omdat deze weer een andere zeer vervelende eigenschap heeft.

Namelijk secundaire emissie

### **Penthode**

Secundaire emissie is vooral een probleem in buizen waar de elektronen met een grote snelheid van de kathode naar de anode bewegen. Dat is dus het geval in eindversterkers waar we met zeer hoge spanningen en stromen werken om aan een beetje vermogen te komen. Als een elektron met veel snelheid op de anode terecht komt, kan dat voor zovelen grote inslag zorgen dat er op andere plekken weer elektronen worden losgeslagen. Bij een triode vallen deze elektronen na een kleine tijd weer terug op de anode en is er niks aan de hand. Echter bij een tetrode is er een kans dat die elektronen op het schermrooster terecht gaan komen. Als dat gebeurt, resulteert dit in een afname van de elektronenstroom richting de anode. Tot dat het schermrooster zoveel elektronen heeft ontvangen dat de inwendige weerstand van de buis zelfs negatief wordt, dit heeft als gevolg dat er een perfecte oscillator is gemaakt.

Om dit fenomeen te voorkomen, kan er nog een 3<sup>e</sup> rooster worden toegevoegd aan de buis. Dit rooster wordt geplaatst tussen het schermrooster en de anode. Dit 3<sup>e</sup> rooster heeft de naam "keerrooster" of "remrooster". In veel gevallen wordt dit 3<sup>e</sup> rooster rechtstreeks verbonden met de kathode of er wordt een kleine positieve spanning op gezet die veel lager is als de anode spanning. De losgeslagen elektronen van de "secundaire emissie" hebben nu de keuze welke elektrode ze kiezen om naar toe te gaan. Ze kunnen of naar de anode of naar het keerrooster. Uiteraard gaan de meeste elektronen naar de veel positievere anode. Daardoor wordt de kans op negatieve inwendige weerstand en verkleining van de elektronenstroom veel kleiner.

### **Uitgangstrafo**

Omdat een eindversterkerbuis werkt met grote spanningen en grote signalen, is het niet mogelijk om een luidspreker (4 tot 16 ohm) rechtstreeks aan te sluiten. Hiervoor gebruiken wij een uitgangstransformator. Deze transformator zorgt ervoor dat de impedantie omhoog wordt getransformeerd. Normale waardes hiervoor zijn enkele 1000den ohms.

## 2.6. De penthodebuis beter bekijken

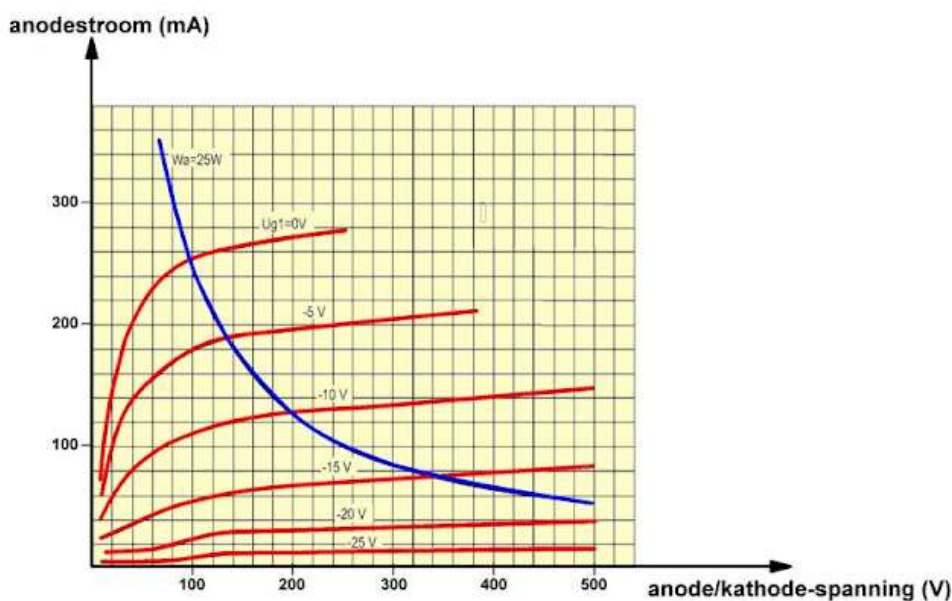
De stroom/roosterspanning-karakteristiek van de penthode lijkt erg veel op de grafiek van de triode. Het verschil is dat de grafiek nu niet meer wordt bepaald door de anode/kathode-spanning ( $U_{ak}$ ), maar deze wordt bepaald door de schermrooster/kathode-spanning ( $U_{g2k}$ ).

Wel zitten er grote veranderingen in de stroom/anodespanning-karakteristiek. Door het toevoegen van 2 extra roosters, is de elektronenstroom door de buis min of meer onafhankelijk geworden van de grote van de anode/kathode-spanning. Als de anode maar een klein positief potentiaalverschil heeft ten opzichte van de kathode, dan zullen vrijwel alle door de kathode uitgezonden elektronen op de anode aankomen. Dit resulteert dan in een karakteristiek die weergegeven is in figuur 2.8.

Uit de getoonde figuren kunnen we afleiden dat de inwendige weerstand van een penthode aanzienlijk hoger is, dan de inwendige weerstand van een triode. Wel is het zo dat de inwendige weerstand gelijk is aan de verandering in de anode/kathode-spanning gedeeld door de verandering in de anodestroom. Dat ziet er zo uit in een formulevorm:

$$R_i = \frac{\Delta U_{ak}}{\Delta I_a}$$

Een grote verandering in  $\Delta U_{ak}$  heeft een kleine verandering in de anodestroom. Dus is  $R_i$  hoog.



Figuur 2.8 Anodestroom/anodespanning-karakteristiek

## 3. WELKE BUIZEN ZIJN GANGBAAR VOOR DE VERSTERKER

### 3.1. Voorversterker, ECC83

De ECC83 is een dubbel-triode die zeer geschikt is voor toepassing in audio. De ECC83 is een Europese buis die anders op de wereld een equivalent heeft:

- De Amerikaanse 12AX7
- De Russische 5751
- De Chinese 7025

Deze buis wordt geprezen door de audiofielen, omdat hij zeer weinig vervorming, ruis en microfonie heeft. Hieronder zijn wat eigenschappen/gegevens van deze buis samengevat. Zoals daar te zien is, heeft deze buis 2 totaal gescheiden systemen. De gloeidraden kunnen zowel in serie als parallel worden gevoed. In figuur 3.1 en 3.2 zien we wat eigenschappen van de ECC83 buis

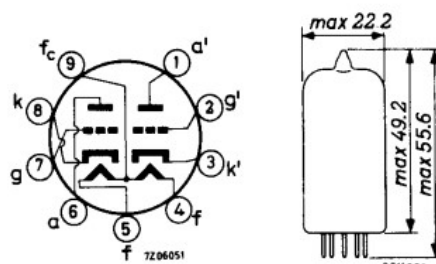
De specificaties van de ECC83 in het kort samengevat:

- **Buisvoet:** noval
- **Gloeidraad spanning:** 6,3 V of 12,6 V
- **Gloeidraad stroom:** 300 mA of 150 mA
- **Anodespanning:** 300 V max.
- **Anodestroom:** 8 mA max.
- **Gedissipeerd vermogen:** 1 W max.
- **Roosterspanning:** -50 V min.
- **Kathode/filament-spanning:** 180 V max.
- **Steilheid S:** 1,6 mA/V typisch
- **Inwendige weerstand Ri:** 62,5 k $\Omega$  typisch
- **Versterkingsfactor  $\mu$ :** 100 typisch

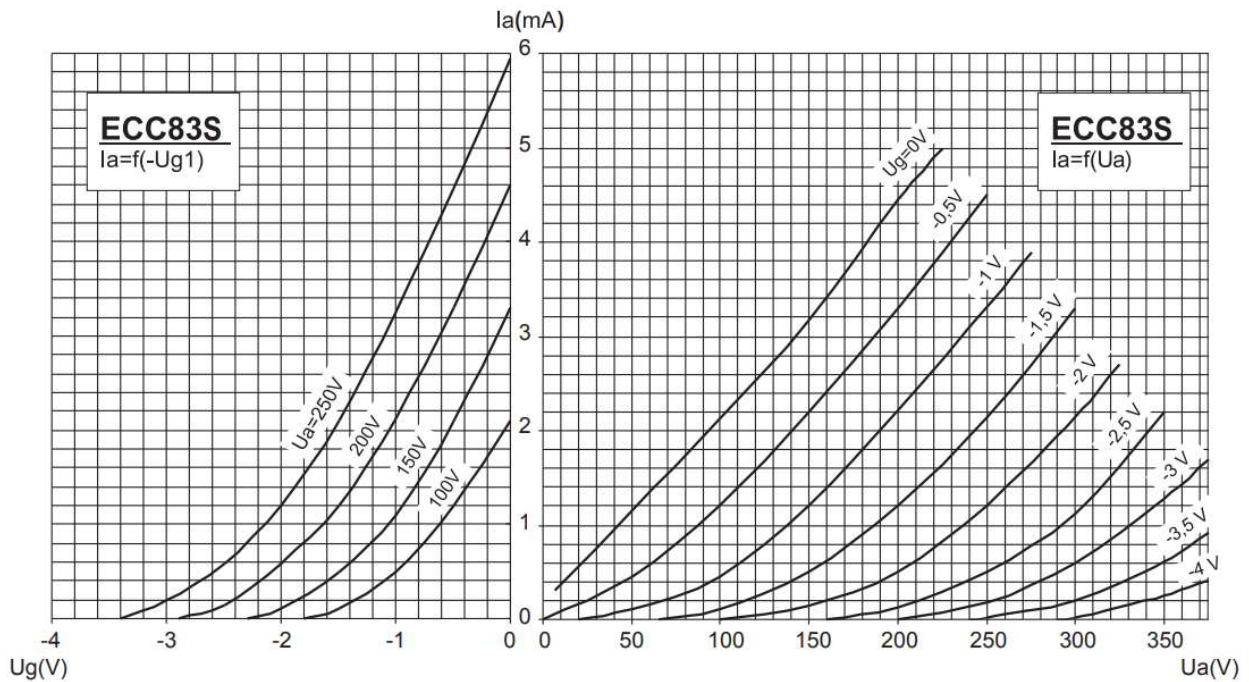
#### DIMENSIONS AND CONNECTIONS

Base: Noval

Dimensions in mm



3.1 Afmetingen en aansluitingen van de ECC83 buis



3.2 Anodestroom/roosterspanning-karakteristiek links, en rechts de anodestroom/anodespanning-karakteristiek van de ECC83

### 3.2. Eindversterker, EL34

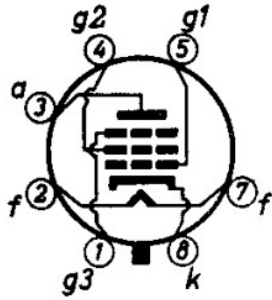
In de meeste versterkers die in Europa worden gemaakt, wordt er als eindversterkingsbuis een EL34 toegepast. De ene versterker heeft er slechts een en de andere heeft er meerdere. Deze buis kan zowel in klasse-A versterkers als in klasse-AB balansversterkers worden toegepast. Ook voor deze buis zijn er een aantal equivalenten, dat zijn: 6CA7, KT77 of S4GB.

Hieronder vindt u enkele specificaties van deze EL34 buis. Ook staan er in figuur 3.3 en 3.4 enkel gegevens van de buis vermeld.

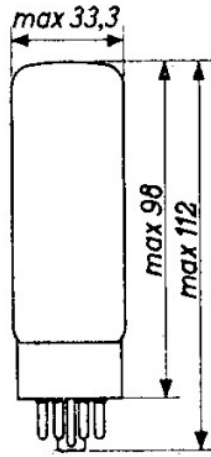
De voornaamste specificaties zijn:

- **Buisvoet:** octal
- **Gloeidraad spanning:** 6,3 V
- **Gloeidraad stroom:** 1,5 A
- **Anodespanning:** 800 V max.
- **Anodestroom:** 150 mA max.
- **Tweede rooster spanning:** 450 V max
- **Gedissipeerd vermogen:** 25 W max.
- **Eerste rooster spanning:** -16,5 V min.
- **Kathode/filament-spanning:** 100 V max.

Dimensions in mm  
 Dimensions en mm  
 Abmessungen in mm

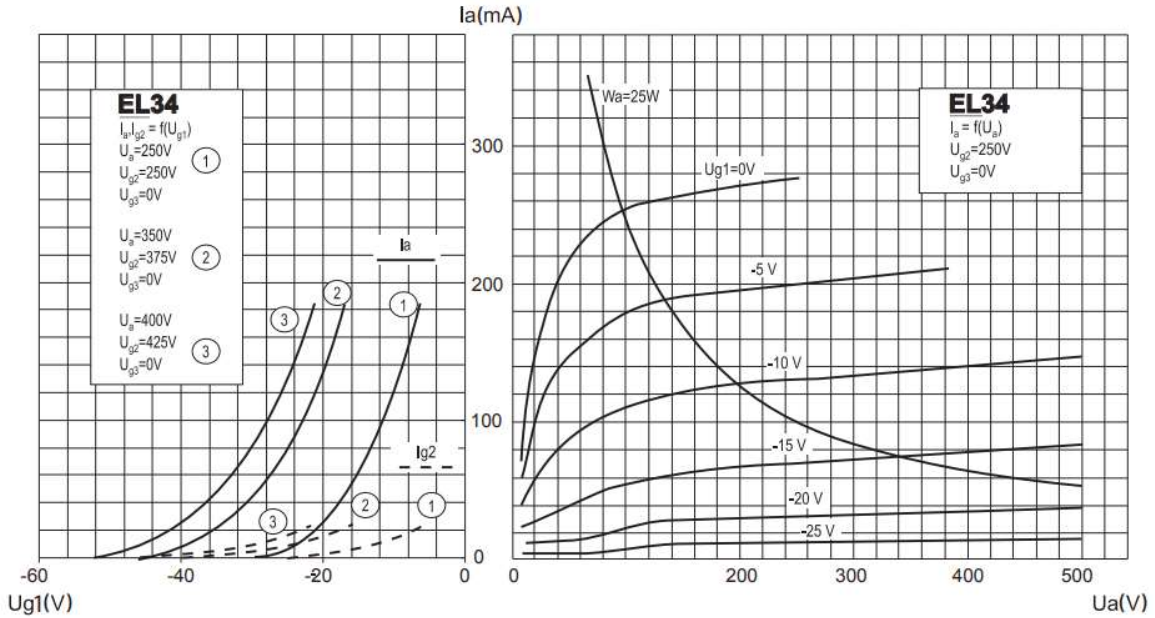


Base  
 Culot OCTAL  
 Sockel



Socket  
 Support 5903/13  
 Fassung

3.3 Afmetingen en aansluitingen van de ECC83 buis



3.4 Anodestroom/roosterspanning-karakteristiek links, en rechts de anodestroom/anodespanning-karakteristiek van de EL34

## BIBLIOGRAFIE

Deketh, J. (1943). *grondslagen van de radiobuizen techniek*. Philips.

*Electronic tube handbook*. (1971). Bussum: Muiderkring N.V.

Verstraten, J. (06-2021). *Component, Elektronenbuizen*. Opgehaald van <https://verstraten-elektronica.blogspot.com/p/elektronenbuizen.html>

Wikipedia. (2022). *Elektonenbuis*. Opgehaald van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Elektronenbuis>