

DEEL 9 :Triode voorversterker

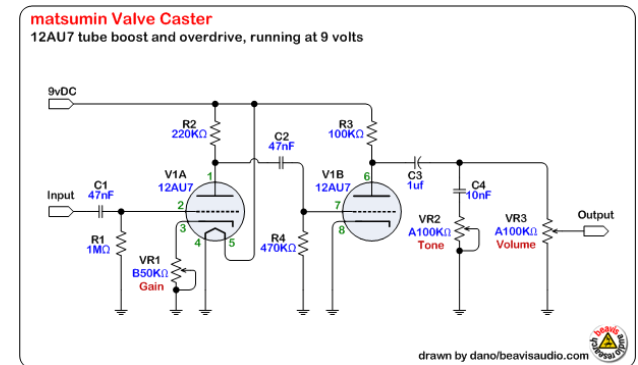
MAES FRANK

0476501034

Frank.maes6@telenet.be

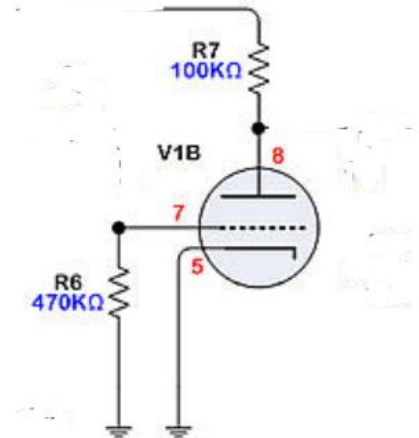
Inleiding

- We hebben tot nu toe aangenomen dat we bij onze buizenversterker met een 12AX7 altijd een **anodeweerstand (hier R2 en R3)** van ongeveer +/- **100K** gaan gebruiken
- Daarnaast gaan we meestal verschillende versterkertrappen met elkaar willen verbinden, om die verbinding mogelijk te maken zonder in de problemen te komen gaan we hiervoor een **koppelcondensator (hier C1 en C2)**gebruiken. Deze koppelcondensator heeft meestal een waarde van 22nF tot 1000nF, afhankelijk van de eisen van de ontwerper.
- We gaan zelf eens kijken om die Anodeweerstand en die koppelcondensatoren te berekenen, om te voldoen aan onze eisen.



TRIODESCHAKELING in eenvoudigste vorm

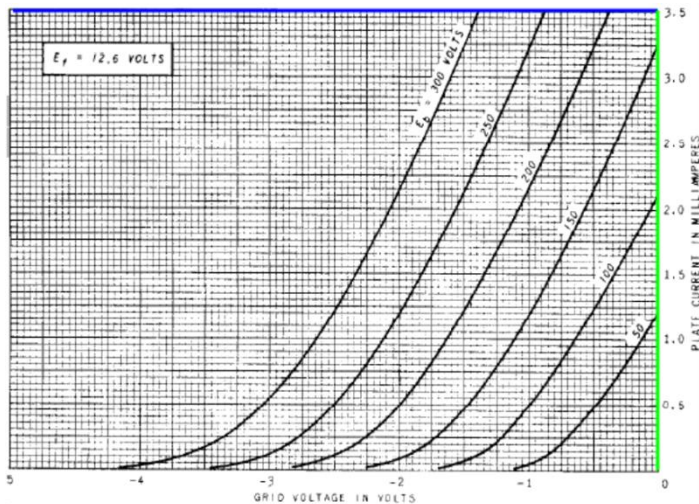
- Met een buis en **2 weerstanden** heeft men eigenlijk al een versterker gemaakt die voldoende zal versterken, en ook voor de nodige vervorming zal zorgen.
- **R7** : Dit noemen ze de **Anode weerstand**, en meestal zal deze in de meeste schema 's een waarde hebben +/- **100K** voor 12AX7
 - Ook **Ra** of **RL** genoemd
 - Bepaald hoofdzakelijk de maximale versterking van de schakeling, Hoe groter Ra, hoe méér kans op méér versterking
 - Ideale waarde voor Ra +/- **Ri (inwendige weerstand)** van de buis, zie data, hier 62.5K bij Va van 250V, bij 9V niet opgegeven)
 - Bepaald ook de belastingslijn van de buis
 - Ra bepaald ook de ingangsweerstand van de schakeling
 - Ra bepaald ook de uitgangsweerstand van de schakeling
- **R6** : Dit is de roosterweerstand
 - Meestal heeft deze een waarde 100K tot 2M2



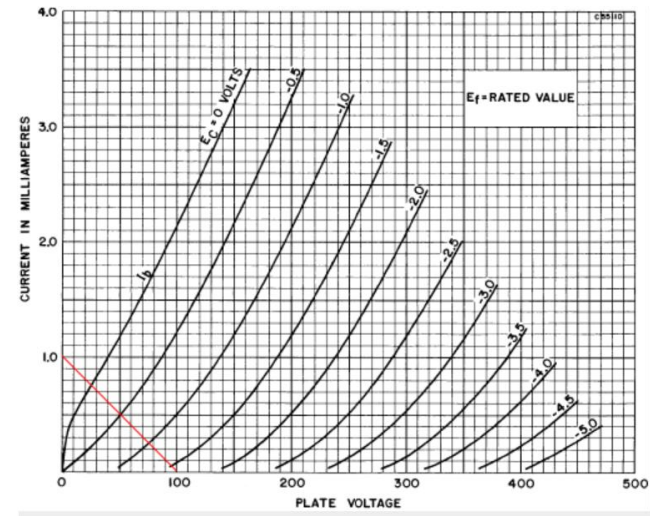
Grafiek

- De fabrikant heeft per buis enkele grafieken opgemeten, welke ons in staat moeten stellen om berekeningen uit te voeren op die buis.
- Op het internet kan je programma 's terug vinden die het rekenwerk voor U doen, een vb. hiervan is : <http://www.ampbooks.com/home/amplifier-calculators/12AX7/>
- We gaan hier meestal 2 grafieken tegen komen :

Ingangsgrafiek van een buis



Uitgangsgrafiek van een buis



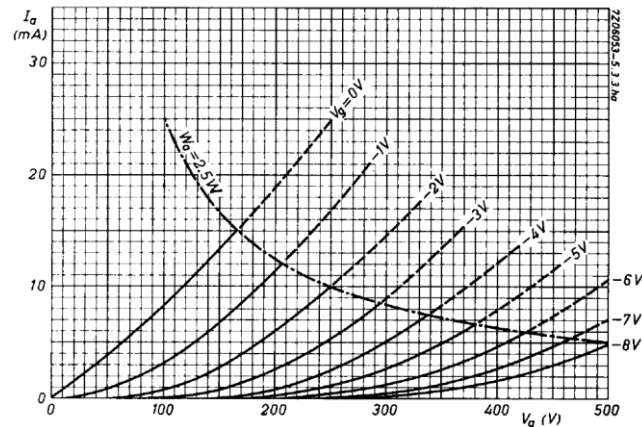
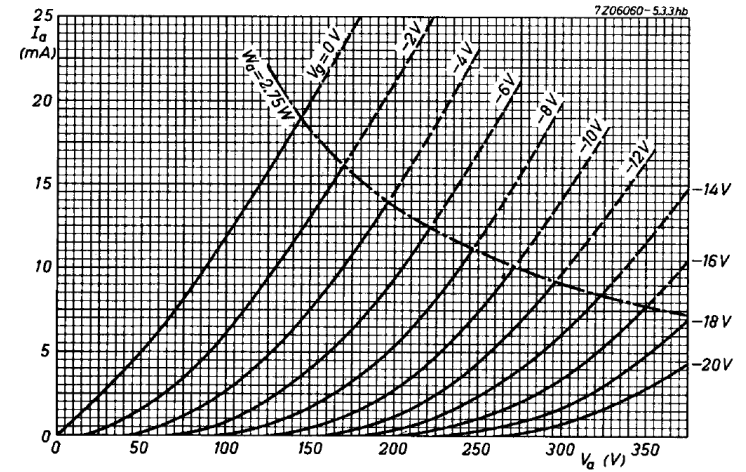
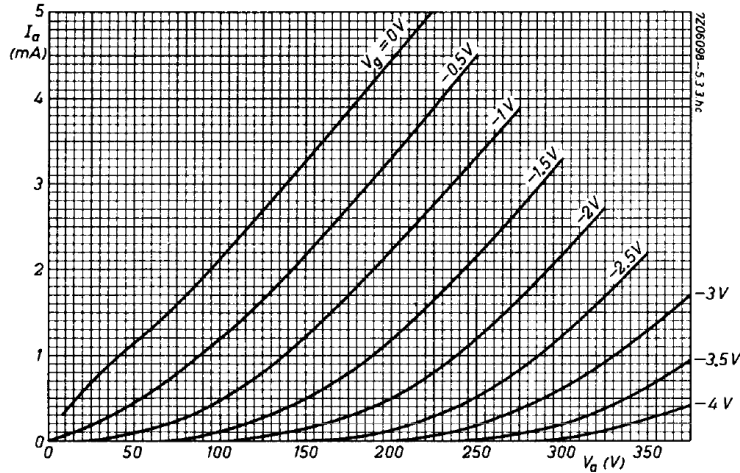
Uitgang per **type**

ECC83

ECC81

ECC82

- <http://www.drtube.nl/datasheets/ecc83-philips1970.pdf>
<http://www.drtube.nl/datasheets/ecc81-philips1969.pdf>
<http://www.drtube.nl/datasheets/ecc82-philips1969.pdf>

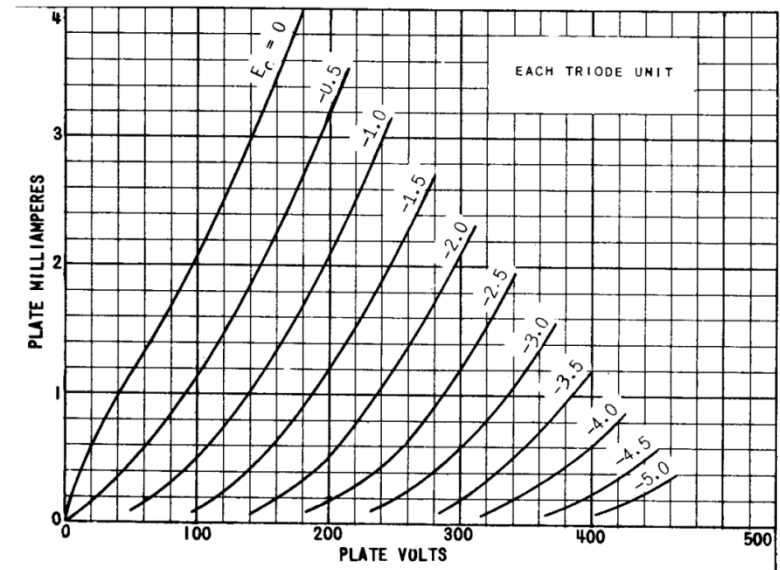
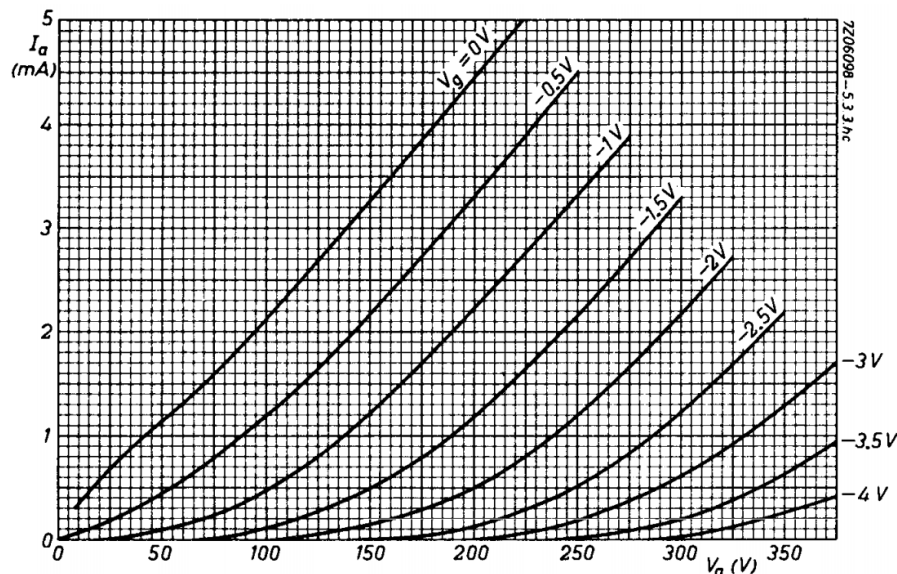


Uitgang per **Merk**

Philips

Military USA

- <http://www.drtube.nl/datasheets/ecc83-philips1970.pdf>
- <http://www.amparchives.com/Amp%20Archives/Tube%20Data%20Sheets/Preamp/ECC83-12AX7%20High-Mu%20Twin%20Triode/Tung%20Sol%2012AX7WA.pdf>
- We zien duidelijk een verschil tussen beide ECC83 lampen, zelfde type, maar wel een ander merk.
- Dit verschil zal voor een andere vervorming zorgen (IM2) en dus ook voor een andere sound.



ECC81

ECC82

ECC83

- <http://www.drtube.nl/datasheets/ecc81-philips1969.pdf>
<http://www.drtube.nl/datasheets/ecc82-philips1969.pdf>
<http://www.drtube.nl/datasheets/ecc83-philips1970.pdf>

TYPICAL CHARACTERISTICS AND OPERATING CONDITIONS (each unit)

Anode voltage	V_a	100	170	200	250 V
Grid voltage	V_g	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0 V
Anode current	I_a	3.0	8.5	11.5	10 mA
Transconductance	S	3.75	5.9	6.7	5.5 mA/V
Amplification factor	μ	62	66	70	60
Internal resistance	R_i	16.5	11	10.5	11 k Ω

TYPICAL CHARACTERISTICS

Anode voltage	V_a	100	250 V
Grid voltage	V_g	0	-8.5 V
Anode current	I_a	11.8	10.5 mA
Transconductance	S	3.1	2.2 mA/V
Amplification factor	μ	19.5	17 -
Internal resistance	R_i	6.25	7.7 k Ω

Supply voltage	V_b	100	150	200	250	300	350	400 V
Anode resistor	R_a	100	100	100	100	100	100	100 k Ω
Grid resistor next stage	$R_{g'}$	330	330	330	330	330	330	330 k Ω
Cathode resistor	R_k	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2 k Ω
Anode current	I_a	0.66	0.98	1.30	1.63	1.97	2.30	2.62 mA
Voltage gain	V_o/V_i	14	14	14	14	14	14	-
Output voltage ($I_g = 0.3 \mu A$)	V_o	10	17	25	32	41	49	57 V _{RMS}
Total distortion	d_{tot}	4.8	5.6	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2 %

TYPICAL CHARACTERISTICS

Anode voltage	V_a	100	250 V
Grid voltage	V_g	-1.0	-2.0 V
Anode current	I_a	0.5	1.2 mA
Transconductance	S	1.25	1.6 mA/V
Amplification factor	μ	100	100 -
Internal resistance	R_i	80	62.5 k Ω

Supply voltage	V_b	200	250	300	350	400 V
Anode resistor	R_a	100	100	100	100	100 k Ω
Grid resistor next stage	$R_{g'}$	330	330	330	330	330 k Ω
Cathode resistor	R_k	1800	1500	1200	1000	820 Ω
Anode current	I_a	0.65	0.86	1.11	1.40	1.72 mA
Voltage gain	V_o/V_i	50	54.5	57	61	63 -
Output voltage ($I_g = 0.3 \mu A$)	V_o	20	26	30	36	38 V _{RMS}
Total distortion	d_{tot}	4.8	3.9	2.7	2.2	1.7 %

Uitgangsimpedantie Zo bepalen

- Wanneer we een volgende kring willen aansluiten moeten we de uitgangsimpedantie Z_o van deze versterker kennen.
- Geg: R_a (anode weerstand is meestal 100 K)
 r_a (inwendige weerstand (schommelt tss. 55000 en 62500 Ω))
- $Z_o = R_a \parallel r_a$
- $Z_o = 100000 \parallel 62500$
- $Z_o = (100000 * 62500) / (100000 + 62500)$
- $Z_o = (6250000000) / (162500)$
- $Z_o = 38461,538$
- $Z_o = 38,4 \text{ K}\Omega$
- Hoe lager Z_o , hoe eenvoudiger om een volgende trap hierop aan te sluiten zonder verlies !

Parallel triodes

- **Speciale schakeling met triodes**

Parallel triodes verdubbelt de steilheid en halveert de (interne) inwendige weerstand - ten opzichte van een triode

- **Data ECC83:**

<http://www.drtube.nl/datasheets/ecc83-philips1970.pdf>

- **Gegevens schakeling:** $R_a = 100000 \Omega$

$R_k = 0 \Omega$ doordat hij ontkoppeld is door C_k

$R_i = 62500 \parallel 62500 = 31250 \Omega$

- **Theoretische maximale Spanningsversterking A_v :**

$$A_v = (\mu * R_a) / (R_a + R_i) =$$

$$= (100 * 100000) / (100000 + 31250)$$

$$= 76 \text{ keer}$$

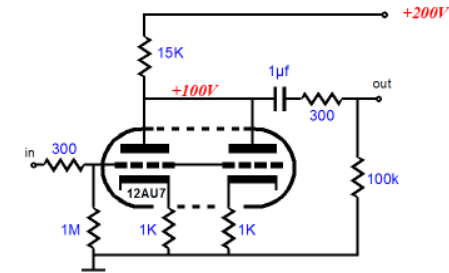
- We krijgen een kleine extra spanningsversterking t.o.v. een enkelvoudige triode (76 keer t.o.v. 61.5 keer)

- Volgens bepaalde boeken zou ook de ruisbijdrage verminderen bij dergelijke schakeling.

- We hebben wel het voordeel dat we gebruik kunnen maken van een **lagere uitgangsimpedantie** van 23.8 K Ω

- $Z_o = R_a \parallel r_i$

- $Z_o = (100 * 31.25) / (100 + 31.25) = 23.8 \text{ K}\Omega$



TYPICAL CHARACTERISTICS

Anode voltage	V_a	100	250 V
Grid voltage	V_g	-1.0	-2.0 V
Anode current	I_a	0.5	1.2 mA
Transconductance	S	1.25	1.6 mA/V
Amplification factor	μ	100	100 -
Internal resistance	R_i	80	62.5 k Ω

$$Z_o = R_a \parallel r_i$$

$$Z_o = (100 * 62.5) / (100 + 62.5) = 38.46 \text{ K}\Omega$$

TRIODE- versterker berekenen

- Data ECC83:**

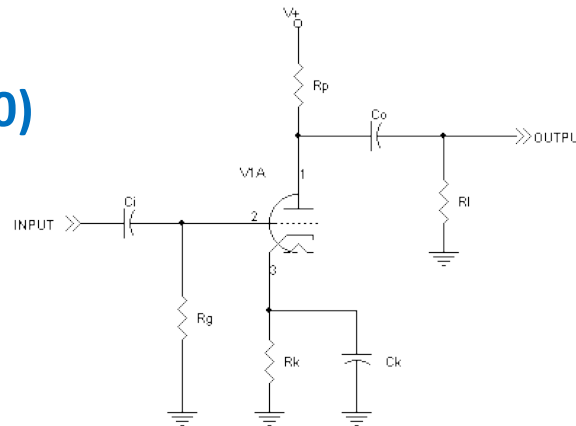
<http://www.drtube.nl/datasheets/ecc83-philips1970.pdf>

TYPICAL CHARACTERISTICS

Anode voltage	V_a	100	250 V
Grid voltage	V_g	-1.0	-2.0 V
Anode current	I_a	0.5	1.2 mA
Transconductance	S	1.25	1.6 mA/V
Amplification factor	μ	100	100 -
Internal resistance	R_i	80	62.5 k Ω

- Gegevens schakeling: $R_p = 100000 \Omega$
 $R_k = 0 \Omega$ doordat hij ontkoppeld is door C_k
- Theoretische maximale “open” Spanningsversterking A_v :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (\mu * R_a) / (R_a + R_i) = \\
 &= (100 * 100000) / (100000 + 62500) \\
 &= 61,5 \text{ keer}
 \end{aligned}$$



“Open” Versterking bepalen

- Wanneer we het maximale willen halen uit onze triode dan moeten we de terugkoppelweerstand RF weg laten. Vandaar dat je bij de meeste gitaarversterkers deze weerstand NOOIT zal terug vinden. Wanneer je nu zelf toch de versterking wil gaan bepalen dan moet je RF gaan berekenen.
- Maximale versterking of “open lus versterking” A_o berekenen:
- **Geg :** (zie data boeken ECC83/12AX7)
 - Ra:** 100000Ω is een vooropgestelde waarde van de fabrikant
 - mu:** 100 voor een ECC83, is opgegeven door de fabrikant(voor een ECC81 is mu=60 en voor ECC82 is mu = 17)
 - ra,** soms **ri** genoemd, inwendige weerstand van de buis, zie data buis (voor ECC83 is dit 62500, voor ECC81 = 11000, en voor ECC82 = 7700)
- **$A_o = - (R_a * \mu) / (R_a + r_a)$**
- $A_o = - (100000 * 100) / (100000 + 62500)$
- **$A_o = -61,5$**
- Noot : Het – teken betekend dat er een fase draaiing is van 180°, maar voorde versterking speelt dit hier geen rol

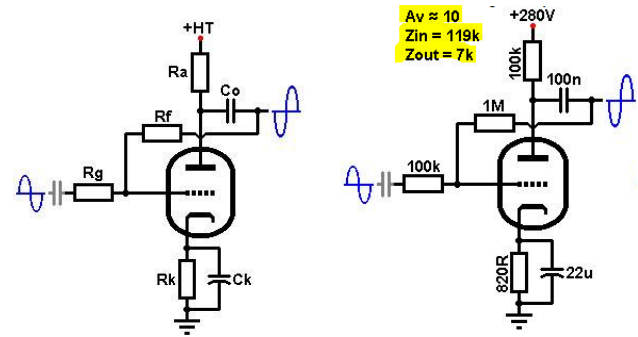
Vaste versterking bepalen

- We kunnen ook vooraf bepalen hoeveel versterking we willen halen uit onze triode. Door een deel van het signaal terug te koppelen kunnen we zelf de versterking bepalen.
- Vb.: we willen een versterker bouwen die **10** keer versterkt (20 dB) <http://www.valvewizard.co.uk/localfeedback.html>

- $A_v = R_f / R_g$

$$R_g = R_f / A \quad \text{of} \quad R_g = 1000000 / 10$$

$$R_g = 100k.$$

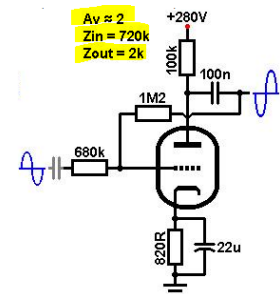


- Vb.: we willen een versterker bouwen die **2** keer versterkt (6 dB) <http://www.valvewizard.co.uk/localfeedback.html>

- $A_v = R_f / R_g$

$$R_g = R_f / A \quad \text{of} \quad R_g = 1200000 / 2$$

$$R_g = 600k$$



Vaste versterking bepalen

- We kunnen ook vooraf bepalen hoeveel versterking we willen halen uit onze triode. Door een deel van het signaal terug te koppelen kunnen we zelf de versterking bepalen.
- Vb.: we willen een versterker bouwen die **10** keer versterkt (20 dB) <http://www.valvewizard.co.uk/localfeedback.html>

- $A_v = R_f / R_g$

$R_g = R_f / A$ of $R_g = 1000000 / 10 = 100k$.

- De echte spanningsversterking $A_v = (Z_{oa} + A_o * R_f) / (R_g + R_f + Z_{oa} - R_g * A_o)$

$Z_{oa} = R_a || r_a$ $A_o = -(R_a * \mu) / (R_a + r_a)$
 $Z_{oa} = 100000 || 55000$ $A_o = -(100000 * 100) / (100000 + 55000)$
 $= 35.5k \text{ of } 35500$ $= -64.5$

$A_v = (35500 + -64.5 * 1000000) / (100000 + 1000000 + 35500 - 100000 * -64.5)$

$A_v = -8.5$ (- teken wil zeggen dat de fase 180 ° gedraaid is)

- $Z_{out} = (R_g + R_f) * r_i / (R_g + R_f + r_i (\mu + 1))$

$R_g = 100000$ $R_f = 1000000$ $r_i = 5500$ $\mu = 100$

$Z_{out} = (100000 + 1000000) * 55000 / (100000 + 1000000 + 55000 * (101))$

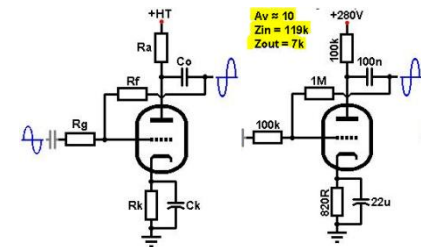
$Z_{out} = 9k$, dit is zeer laag, en heeft vooral ook voordelen

- $Z_{in} = r_i(R_g + R_f) + R_a(r_i + R_g + R_f + \mu R_g) / (r_i + R_a + \mu R_a)$

$R_a = 100000$

$Z_{in} = 55000(100000 + 1000000) + 100000(55000 + 100000 + 1000000 + 100 * 100000) / (55000 + 100000 + 100 * 100000)$

$Z_{in} = 116k$, en dit is dan een zeer lage waarde om een gitaar op aan te sluiten, voor een gitaar hebben we liever een Z_{in} van minstens 1M !



Bepalen van Ra

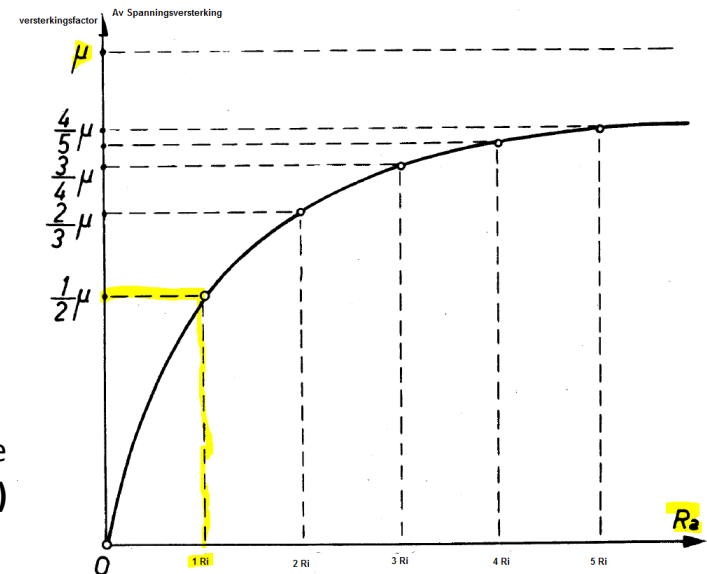
- Bij de meeste schema 's en data 's vinden we voor Ra een waarde van 100K terug bij een voedingsspanning van 250 à 300 V DC.
- In deze grafiek zien we het verband tussen de inwendige weerstand Ri en Ra
- Geg : <http://www.drtube.nl/datasheets/ecc83-philips1970.pdf>

TYPICAL CHARACTERISTICS

Anode voltage	V_a	100	250 V
Grid voltage	V_g	-1.0	-2.0 V
Anode current	I_a	0.5	1.2 mA
Transconductance	S	1.25	1.6 mA/V
Amplification factor	μ	100	100 -
Internal resistance	R_i	80	62.5 k Ω

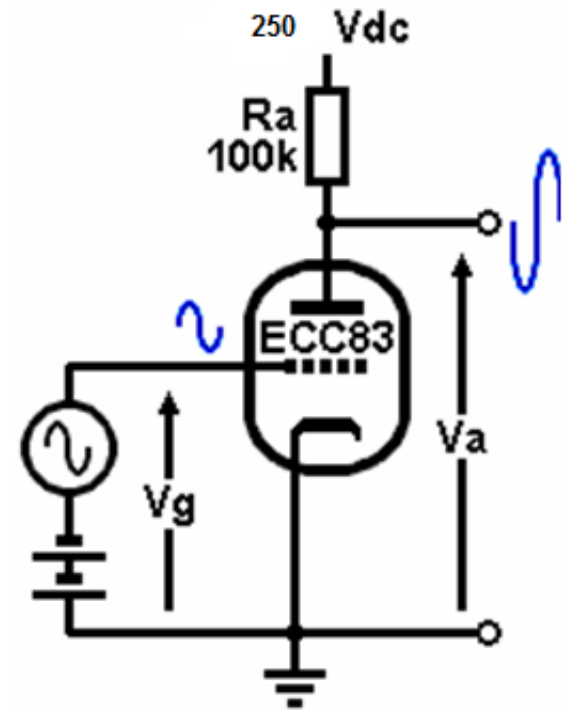
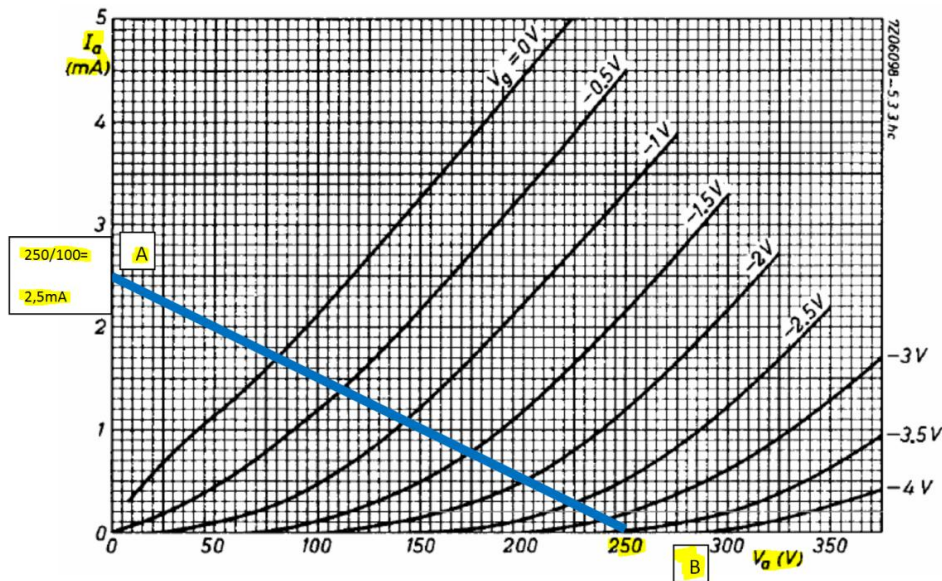
QUICK REFERENCE DATA (each unit)			
Anode current	I_a	1.2	mA
Transconductance	S	1.6	mA/V
Amplification factor	μ	100	-

- Ra** : wanneer **Ra = Ri** of hier **62.5 K Ω** dan is de spanningsversterking = $\frac{1}{2}$ van de versterkingsfactor μ
- Voor **Ra** zien we meestal een waarde van **100 K Ω (= 2 * Ri)** in de schema 's, waardoor de versterking $\frac{2}{3} \mu$ is. Dus halen we een **Av** versterking van **66 keer**.
- Door Ra groter te maken gaan we de spanningsversterking Av vergroten, maar de stroom Ia zal te klein worden.**
- Ra = < 3 Ri**
- Wanneer we de **voedingsspanning** kunnen verhogen, kunnen we **Ra** wel groter gaan maken tot **4 Ri**, en halen we **80 % van μ (100)**



Berekening instelling via belastingslijn

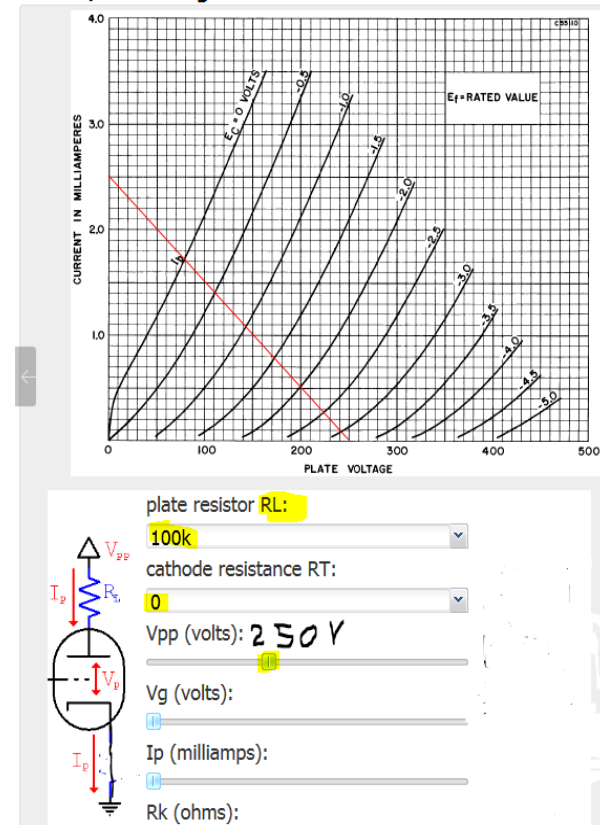
- Dit is de **meest praktische manier** om de instelling van een buis te berekenen, via de “**belastingslijn**”. We vertrekken van 2 vaste gegevens, nl. de voedingsspanning **Va of Vdc**, hier **250 Vdc** en de keuze van een anode weerstand, hier **100 K**, zie **opgave data boeken fabrikant**
http://www.valvewizard.co.uk/Common_Gain_Stage.pdf
- 1) Bepalen punt B, hier is de keuze **Va = 250V**
- 2) Bepalen Ia in punt A = $V_a/R_a = 250/100 = 3 \text{ mA}$, hier is **Va nu 0V**
- 3) Nu verbinden we **A** met **B**, dit is de **Belastingslijn**



Berekening instelling via belastingslijn via internet

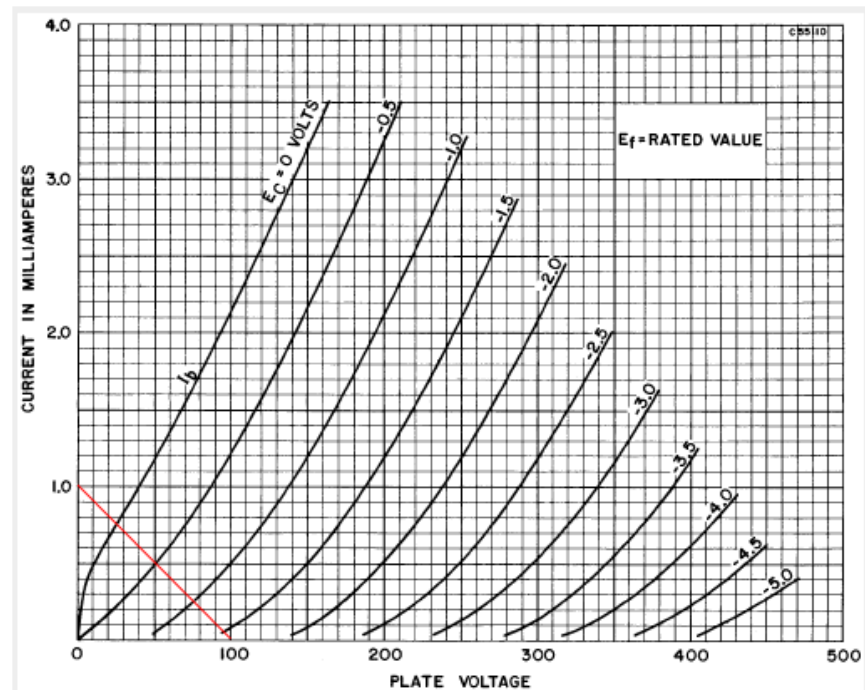
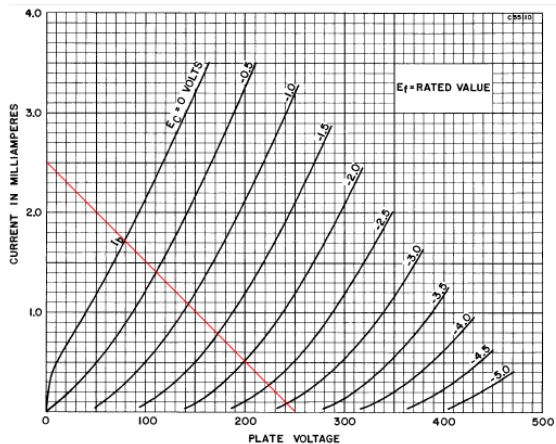
- <http://www.ampbooks.com/home/amplifier-calculators/12AX7/>
- Via dit programma kunnen we vlug en eenvoudig de instelling van onze triode bekijken.
- We stellen onze Anodeweerstand **Ra** of hier **RL** in op **100K**.
- We stellen onze Kathode weerstand **Rk** of hier **RT** in op **0 Ω** omdat er **geen aanwezig** is.
- We stellen de Anodespanning **Va** of hier **VPP** in op **250V**
- De **Rode lijn** is de belastingslijn.
- Op de belastingslijn kunnen we nu visueel zoeken naar een punt waar we onze buis willen gaan instellen om onze klank te bepalen. Ofwel veel vervorming = **veel negatief**, ofwel zo weinig mogelijk vervorming (lineair), **weinig negatief**

12AX7/ECC83 High-Mu Dual Triode Calculator



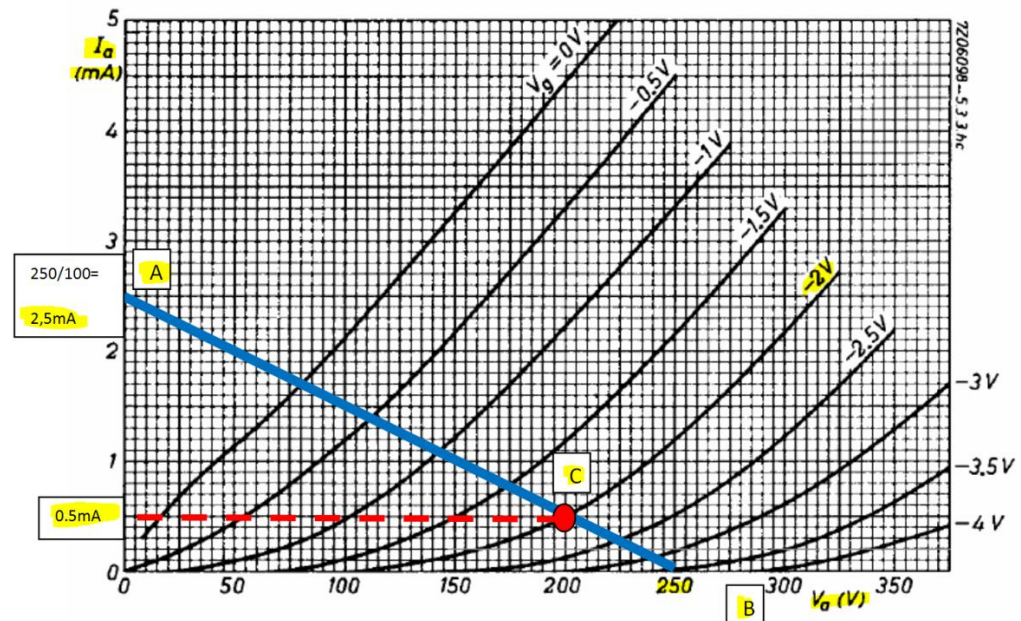
Berekening instelling bij 100V via belastingslijn via internet

- We zien duidelijk dat bij het verlagen van de Anodespanning de belastingslijn ook zakt.
- Dit is een belangrijk gegeven waarmee je moet rekening houden wanneer je een versterker hebt met een buizen gelijkrichter zoals EZ81, GZ4, enz.... Bij veroudering gaat V_a zakken, waardoor de instelling van de buis totaal verandert. Dus altijd eens de Anodespanning meten bij twijfels
- We zien ook dat we de buis minder ver gaan mogen uitsturen voordat we veel vervorming gaan maken !



Instelling van de ingang bekijken bij $-2V$ en $V_a=250V$

- We gaan nu een **punt C** bepalen waarin onze buis in klas A gaan laten werken. Dit punt C gaan we bepalen door zelf de keuze te maken hoeveel negatieve roosterspanning we op het rooster van de buis gaan plaatsen. Voor een gitaarversterker is **$-2V$** een goeie waarde.
- Deze **$-2V$** geeft net nog **geen IM2 vervorming, en toch een goeie versterking** om de volgende trap (2° deel 12AX7) te kunnen oversturen
- Deze $-2V$ geeft ons volgens de grafiek een I_a van **$0.5mA$**



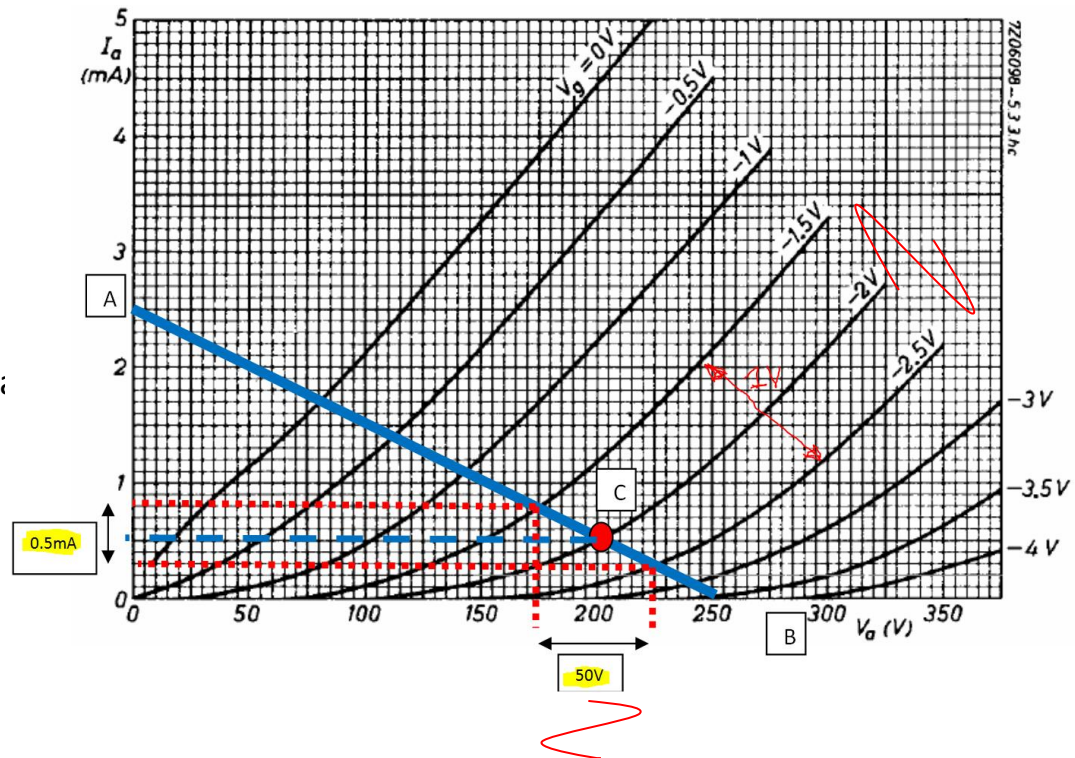
Gitaar signaal van 1Vpp aanbrengen bij – 2V en $V_a=250V$

- Wanneer we nu met onze gitaar een toon aanbrengen van **1Vpp**, t.o.v. onze negatieve roosterspanning van **– 2V**, dan zal dit signaal schommelen tussen – 1.5V en -2.5V ($0.5 + 0.5=1Vpp$)
- We zien hier ook dat hierdoor onze anode stroom een schommeling maakt van 0.3mA naar 0.8mA = **0.5mA**
- We zien hier ook dat dit voor een schommeling in onze anodespanning van 175V naar 225V maakt of **50V** schommeling
- **Dus 1V pp aan de ingang geeft ons 50Vpp aan de uitgang !**
- **De spanningsversterking :**

$$A_v = V_{out} / V_{in}$$

$$A_v = 50 / 1$$

$$A_v = 50$$
- We zien hier ook het ontstaan v:
 een fase omkering van 180°



Bepalen van de koppelcondensator C_g

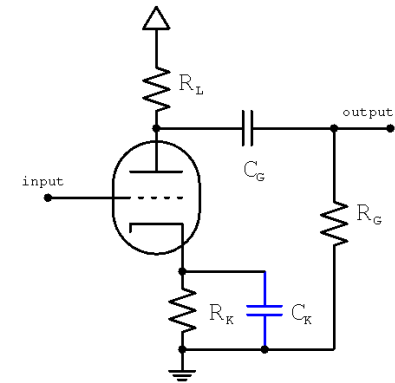
- Omdat er soms zeer hoge spanning op de Anode aanwezig is (300V), terwijl we op de ingang van het rooster maar – 2V willen moeten we een koppelcondensator gebruiken, welke de gelijkspanning tegen houd (400V type), en het LF signaal door laat, liefst zonder verzwakking !
- Als regel kan men hier meestal een condensator van 100nF /400V tegen komen
- Wanneer we die vlug willen berekenen voor een kantelfrequentie van **1 Hz** :
Eenvoudige formule wanneer $R_L < R_g$ (ingangsimpedantie volgende trap)

Vandaar het belang van een **lage Zout** en een **hoge Zin**

$$C = 1 / (2 * \pi * f * R_g) \text{ F in Hz en } R_g \text{ in } M\Omega$$

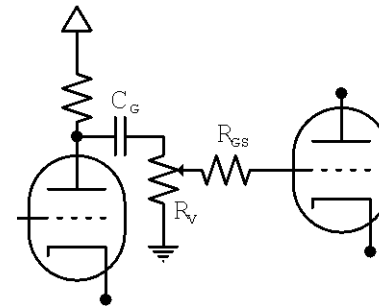
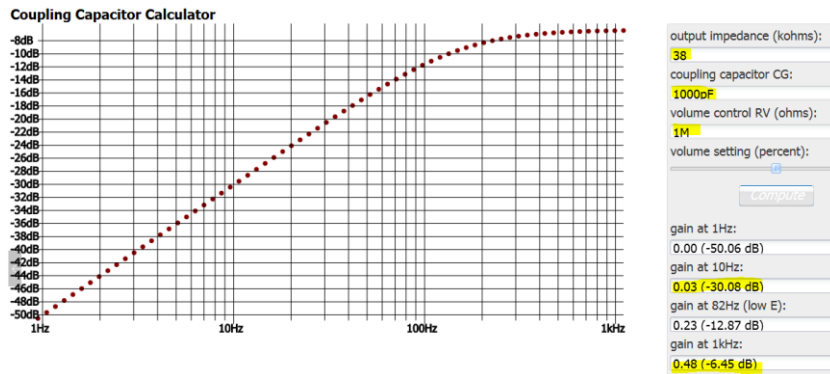
$$C = 1 / (2 * 3.14 * 1 * 1)$$

$$= 0,159 \text{ uF of } \mathbf{159 \text{ nF (400V)}}$$

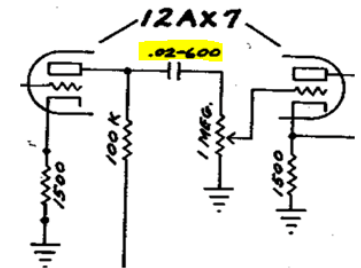
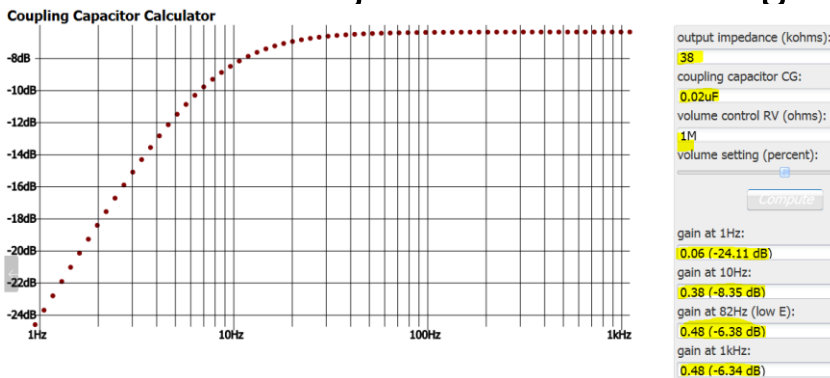


Bepalen van de koppelcondensator C_g via Internet

- <http://www.ampbooks.com/home/amplifier-calculators/coupling-capacitor/>
- **Geg :** $Z_o = 38,4 \text{ K}\Omega$ en $R_v = 1 \text{ M}$ en **$C_g = 1 \text{ nF}$** zien duidelijk

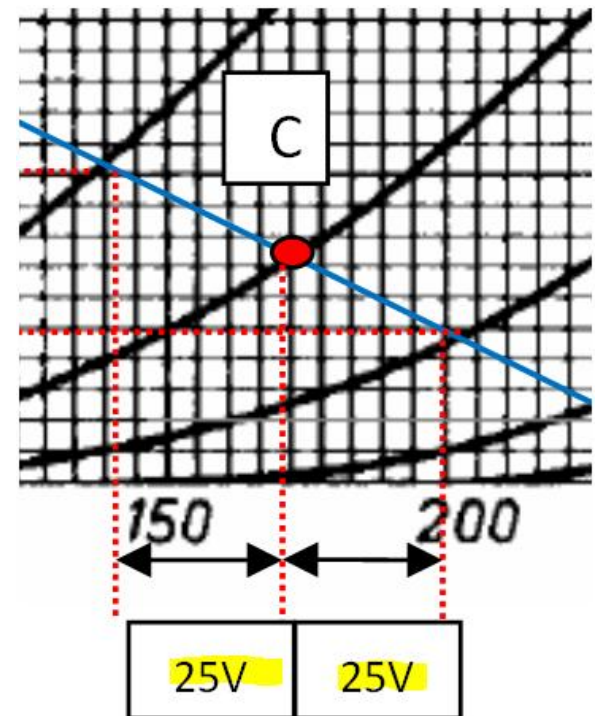


- We zien duidelijk dat 1 nF te weinig is, vandaar dat we **20 nF** nemen bij bv. de **FENDER 5F1** (wel 600V type !)



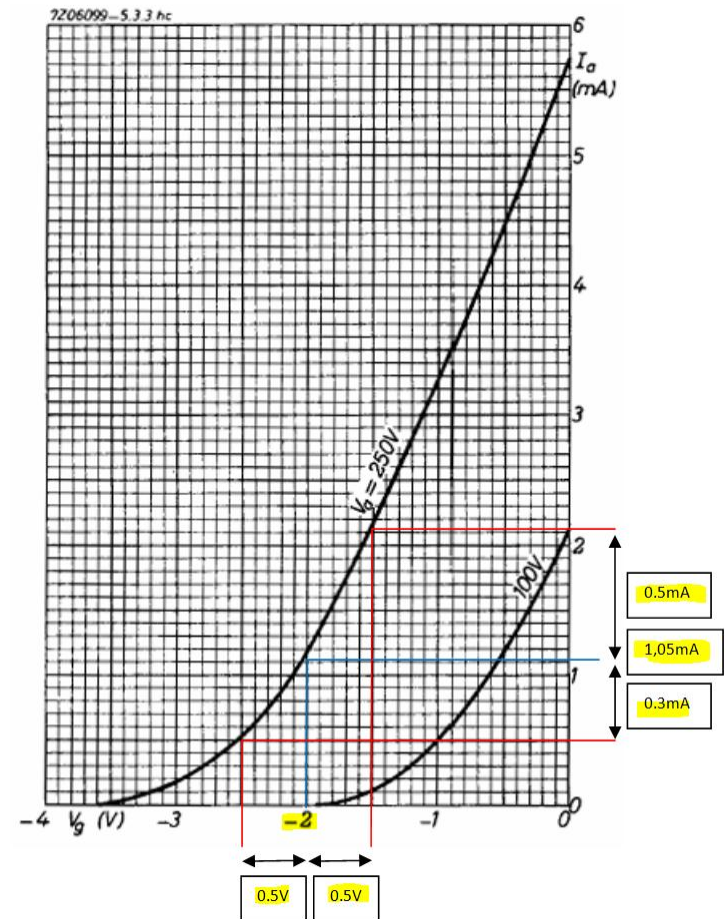
Detail instelling bij -2V

- We zien hier bij deze instelling van punt C bij een negatieve roosterspanning van **-2V** de buis mooi de bovenkant en de onderkant van onze sinus toon gaat versterken. In dit geval **zal er hier dus geen vervorming ontstaan**.
- Het voor deel hier is ook dat we werken met een zeer lage BIAS stroom van 0.5mA waardoor de buis **zeer lang zal mee gaan**.



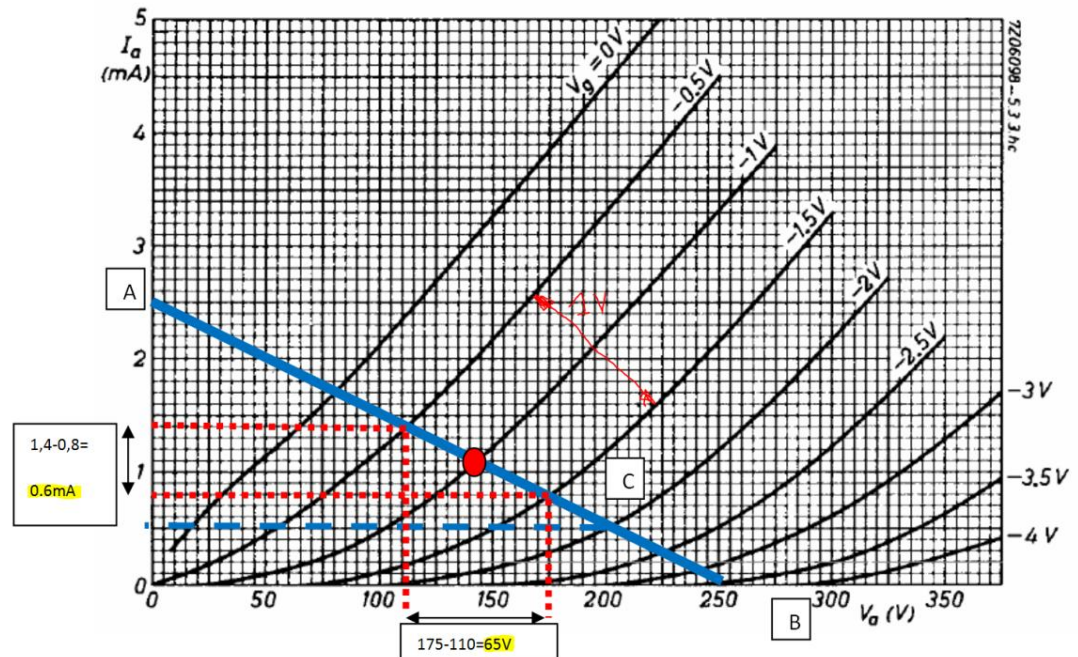
Ingang bekijken bij -2V

- Ook de ingangskarakteristiek heeft zijn invloed op de werking van de buis. We zien hier dat bij -2V negatief op het stuurrooster we een **BIAS** stroom van **1.05 mA** krijgen
- Om die **-2V** te bekomen zullen we een R_k moeten nemen van : $U_k/I_a = 2/1.05 = 1,9 \text{ K}$ of **1,8 K Ω**
- We zien ook dat enen helft van de sinustoon bij een variatie van 0.5Vpp een variatie geeft van 0.3mA, terwijl de andere helft een variatie geeft van 0.5mA. Dit heeft als gevolg dat er hierdoor vervorming van de 2° orde (IM2) zal ontstaan, waardoor we een warmere klank gaan verkrijgen
- Hoe kleiner de BIAS stroom, hoe dichter we naar **KLAS AB** gaan, en hoe minder lineair onze buis ingestelde is, moesten we instellen op -4V dan zou de buis in **klas C** staan, en nog meer vervormen, omdat er geen BIAS stroom vloeit !
- Bij lagere BIAS stroom is de versterking lager



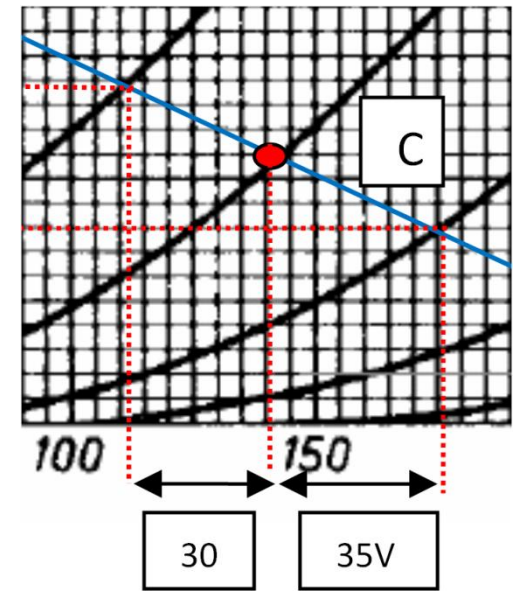
Zelfde berekening bij -1V roosterspanning

- Hier staat er op het rooster een spanning van – 1V negatief.
- We brengen terug een toon aan van 1Vpp uit onze gitaar
- Dit zorgt ervoor dat onzer anodespanning een variatie maakt van 65V
- **Dus 1V pp aan de ingang geeft ons 65Vpp aan de uitgang !**
- De spanningsversterking
 $A_v = V_{out} / V_{in}$
 $A_v = 65 / 1$
 $A_v = 65$
- Door R_k (kathode weerstand) te verlagen zal zullen we van -2v naar -1V gaan en gaat de versterking stijgen. De BIAS stroom I_a gaat hierdoor ook vergroten, en de buis gaat ook sneller verouderen



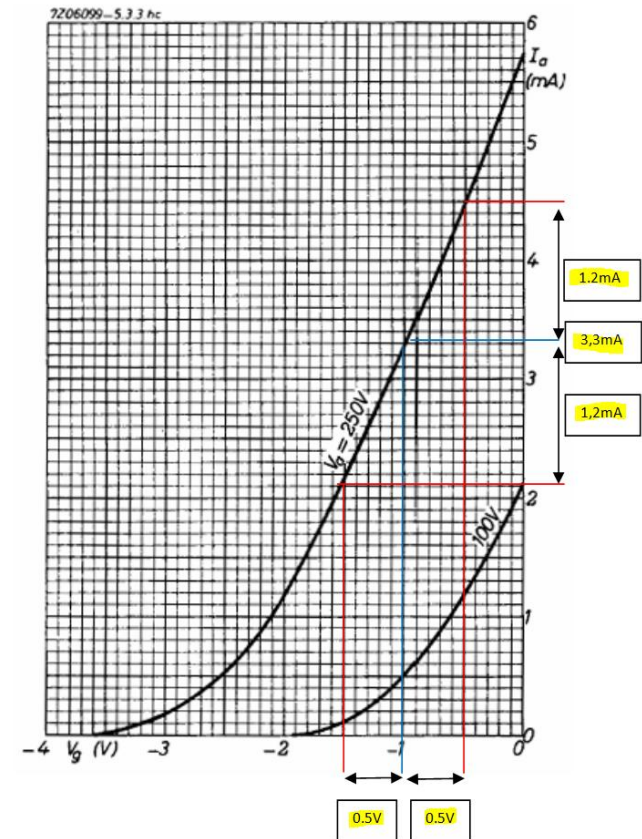
Detail instelling bij -1V

- Wanneer we in detail gaan kijken dan zien we dat de ene helft van onze toon 30V is en de andere helft 35V is. Dit geeft als gevolg dat er een vervorming ontstaat bij deze instelling.
- Deze vervorming noemen we IM2, vervorming van de 2^o graad. Dit is de vervorming die we graag hebben om aan een warme klank te geraken.
- Dus door de buis een andere BIAS stroom te geven, of door de kathode weerstand te gaan veranderen, zodat de roosterspanning een andere negatieve waarde gaat aannemen, kunnen we de sound van onze versterker iets aanpassen.
- Zelfde gaat ook gebeuren, als we aan de instelling niets veranderen, maar wel een ander merk van buis gaan gebruiken die een andere karakteristiek heeft bij deze instelling.



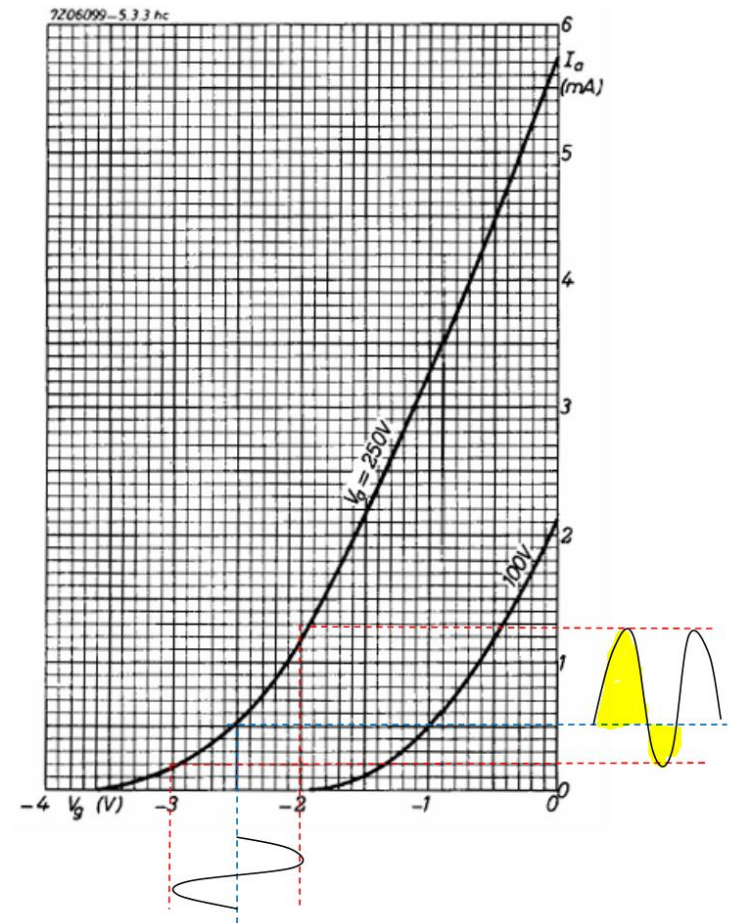
Ingang bekijken bij -1V en 250V Va

- Hier hebben we een echte **KLAS A** instelling
- Een goeie **BIAS** stroom van **3.3 mA**
- Buis zal vlugger verouderen, regelmatig vervangen
- Een spanning van **1V** over de kathode weerstand
- Symmetrische versterking = geen vervorming, omdat we in het rechte gedeelte van de grafiek zitten te werken
- **Maximale versterking** doordat er maximale variatie is van stroom **I_a** door de anode weerstand



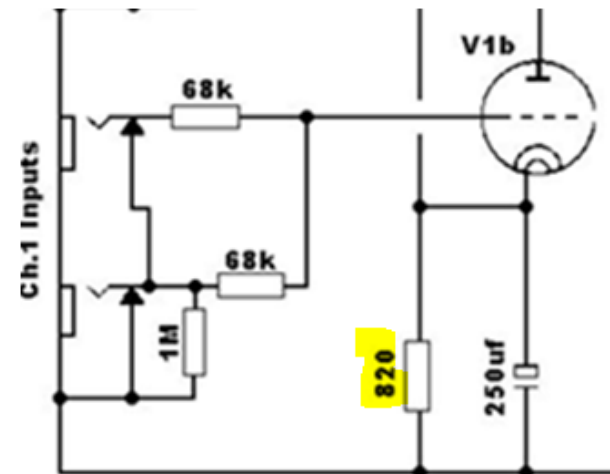
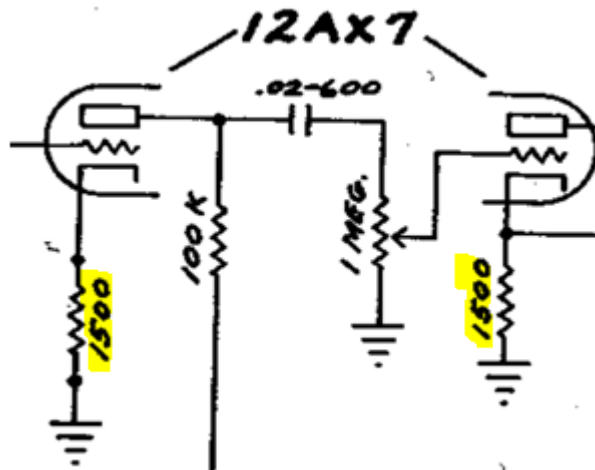
Ingang bekijken bij -2.5V en 250V V_a

- We zien hier duidelijk hoe méér we naar Klas AB over gaan, hoe méér vervorming van de 2^o orde zal ontstaan. Voor Hifi is dit een probleem, maar voor een gitarist is dit een aangename ervaring.



Vergelijking versterkers voor R_k

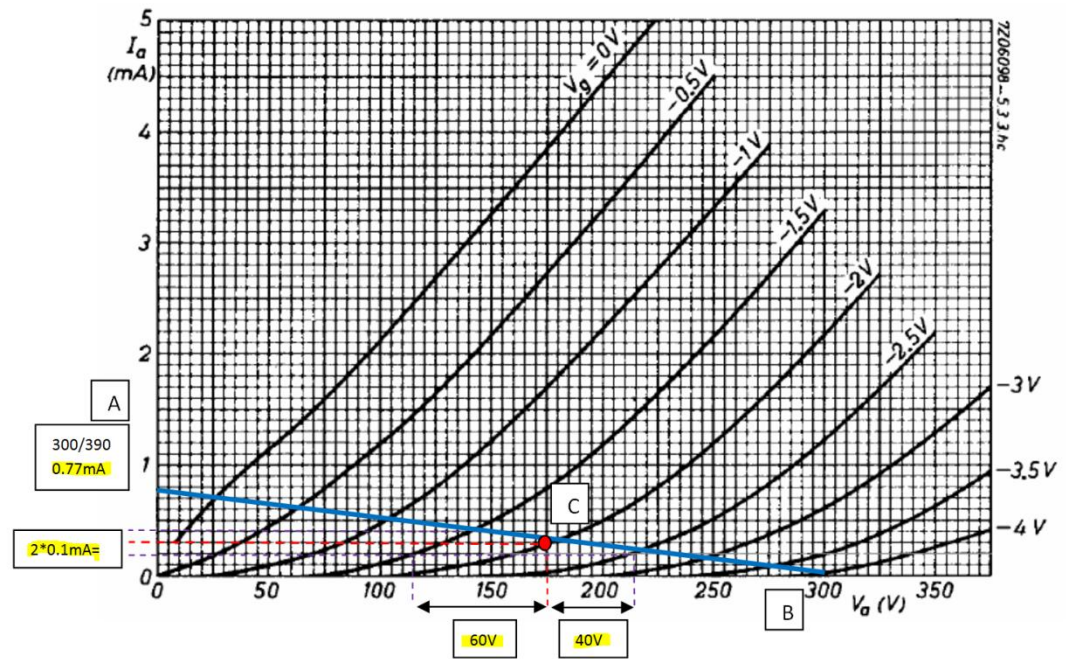
- Fender 5F1: $R_k=1500\Omega$ Fender Bassman en Marshall MJT45: $R_k=820\Omega$



- Afhankelijk van het type versterker gaat de fabrikant 820 Ω of 1500 Ω gebruiken voor R_k , waardoor de negatieve spanning de ene keer ongeveer -1V gaat zijn en de andere keer -2V zal zijn, waardoor de ene versterker meer kan vervormen (IM2maken) dan de andere

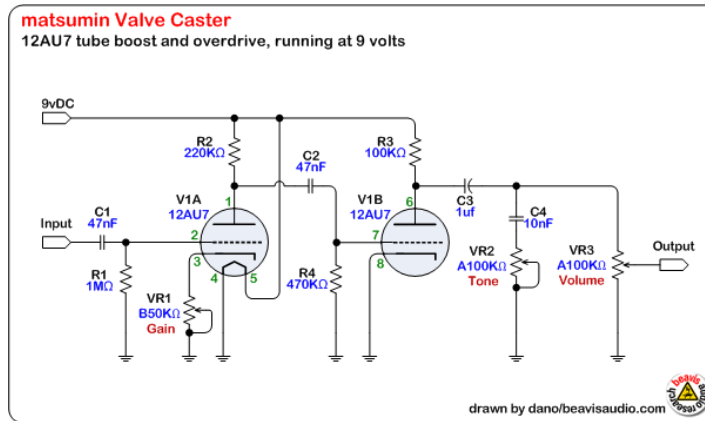
Test met $R_a = 4 R_i$

- We hebben gezien dat R_a max. $4 * R_i$ mag zijn voor max. spanningsversterking A_v . We gaan eens kijken wat er gebeurt als we R_a vergroten tot $6 * R_i$. We weten dat $R_i = 62,5K$, dus nemen we $R_a = 4 * 62.5 = 375K$, of als praktische waarde **390K**
- Wanneer we de belastingslijn uitzetten, dan zien we dat we bij een ingangstoon van 1Vpp, op de uitgang een toon van 100Vpp terug vinden, wel is waar met een sterk vervormd IM2 gedrag !
- **Dus 1V pp aan de ingang geeft ons 100Vpp aan de uitgang !**
- **De spanningsversterking**
 $A_v = V_{out} / V_{in}$
 $A_v = 100 / 1$
 $A_v = 100$

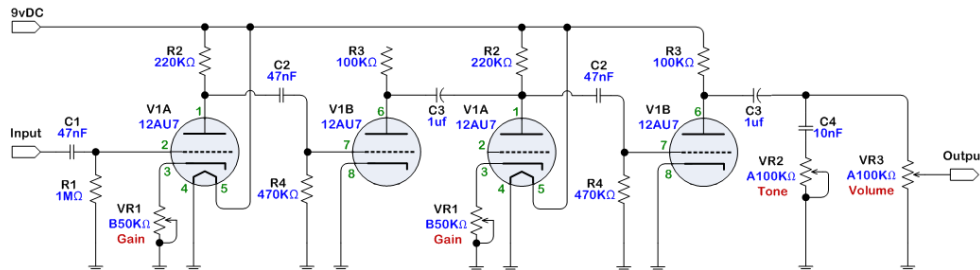


Speciale VV op 12V

- <http://www.beavisaudio.com/projects/ValveCaster/>

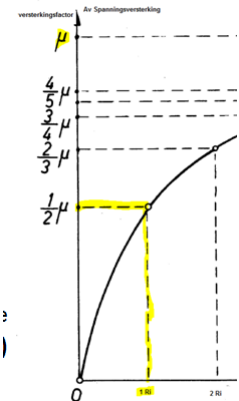
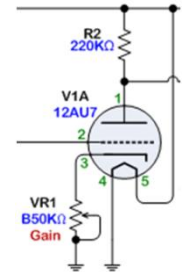
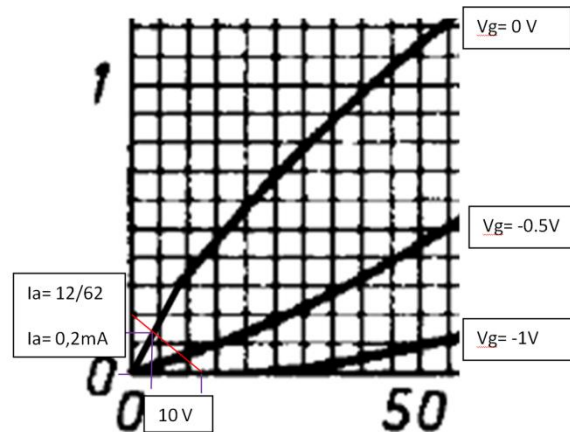


- <http://www.diystompboxes.com/smfforum/index.php?topic=63479.100>



Belastingslijn op 12V

- We gaan deze schakeling eens proberen uit te zetten in de belastingslijn
- Daar we met een lage spanning zitten zou ik voorstellen om R_a geen 100K te nemen zoals in het schema, want dan zou $I_a = 12/100 = 0.12\text{mA}$
- Wanneer we R_a bepalen via de grafiek, dan zien we dat we bij een R_a van **62K**, $AV = \frac{1}{2} \mu = 100/2 = 50$
- $I_a = 12/62 = 0.2\text{mA}$
- Berekening op de grafiek zou met R_a van 68K, $AV = 10$
- De praktijk zal ergens hier tussen liggen, maar dit is toch **20 dB** !
- Dat deze schakeling voor vervorming zal zorgen is zeker een feit, we zullen zeker IM2 klanken kunnen maken, en het uitwisselen van verschillende buizen zal zeker voor verschillende resultaten kunnen zorgen.
- Daar we $V_g = -0.5\text{V}$ instellen zal: $R_k = 0.5/0.2 = 2\text{k}\Omega$, eventueel regelbaar met 50k pot.



- Vb.: Bij een ECC83 is de **versterking $A_v = 40$** dan is dit volgens de tabel een versterking van **32 dB**

dB	Rapport de tensions	dB	Rapport de tensions	dB	Rapport de tensions	dB	Rapport de tensions	dB	Rapport de tensions	dB	Rapport de tensions	dB	Rapport de tensions
0	1,000	4,0	1,585	8,0	2,512	12,0	3,981	16,0	6,310	20	10,0	60	1 000
0,1	1,012	4,1	1,603	8,1	2,541	12,1	4,027	16,1	6,383	21	11,2	61	1 122
0,2	1,023	4,2	1,622	8,2	2,570	12,2	4,074	16,2	6,457	22	12,6	62	1 260
0,3	1,035	4,3	1,641	8,3	2,600	12,3	4,121	16,3	6,531	23	14,1	63	1 413
0,4	1,047	4,4	1,660	8,4	2,630	12,4	4,169	16,4	6,607	24	15,9	64	1 585
0,5	1,059	4,5	1,679	8,5	2,661	12,5	4,217	16,5	6,683	25	17,8	65	1 780
0,6	1,072	4,6	1,698	8,6	2,692	12,6	4,266	16,6	6,761	26	20,0	66	2 000
0,7	1,084	4,7	1,718	8,7	2,723	12,7	4,315	16,7	6,839	27	22,4	67	2 240
0,8	1,096	4,8	1,738	8,8	2,754	12,8	4,365	16,8	6,918	28	25,1	68	2 510
0,9	1,109	4,9	1,758	8,9	2,786	12,9	4,416	16,9	6,998	29	28,2	69	2 820
1,0	1,122	5,0	1,778	9,0	2,818	13,0	4,467	17,0	7,079	30	31,6	70	3 160
1,1	1,135	5,1	1,799	9,1	2,851	13,1	4,519	17,1	7,161	31	35,5	71	3 550
1,2	1,148	5,2	1,820	9,2	2,884	13,2	4,571	17,2	7,244	32	40,0	72	4 000
1,3	1,161	5,3	1,841	9,3	2,917	13,3	4,624	17,3	7,328	33	44,7	73	4 470
1,4	1,175	5,4	1,862	9,4	2,951	13,4	4,677	17,4	7,413	34	50,1	74	5 010
1,5	1,189	5,5	1,884	9,5	2,985	13,5	4,732	17,5	7,499	35	56,2	75	5 620
1,6	1,202	5,6	1,905	9,6	3,020	13,6	4,786	17,6	7,586	36	63,1	76	6 310
1,7	1,216	5,7	1,928	9,7	3,055	13,7	4,842	17,7	7,674	37	70,8	77	7 080
1,8	1,230	5,8	1,950	9,8	3,090	13,8	4,898	17,8	7,762	38	79,4	78	7 940
1,9	1,245	5,9	1,972	9,9	3,126	13,9	4,955	17,9	7,852	39	89,1	79	8 910
2,0	1,259	6,0	1,995	10,0	3,162	14,0	5,012	18,0	7,943	40	100,0	80	10 000
2,1	1,274	6,1	2,018	10,1	3,199	14,1	5,070	18,1	8,035	41	112,2	81	11 220
2,2	1,288	6,2	2,042	10,2	3,236	14,2	5,129	18,2	8,128	42	126,0	82	12 600
2,3	1,303	6,3	2,065	10,3	3,273	14,3	5,188	18,3	8,222	43	141,3	83	14 130
2,4	1,318	6,4	2,089	10,4	3,311	14,4	5,248	18,4	8,318	44	158,5	84	15 850
2,5	1,334	6,5	2,113	10,5	3,350	14,5	5,309	18,5	8,414	45	178,0	85	17 800
2,6	1,349	6,6	2,138	10,6	3,388	14,6	5,370	18,6	8,511	46	200,0	86	20 000
2,7	1,365	6,7	2,163	10,7	3,428	14,7	5,433	18,7	8,610	47	224,0	87	22 400
2,8	1,380	6,8	2,188	10,8	3,467	14,8	5,495	18,8	8,710	48	251,0	88	25 100
2,9	1,396	6,9	2,213	10,9	3,508	14,9	5,559	18,9	8,811	49	282,0	89	28 200
3,0	1,413	7,0	2,239	11,0	3,548	15,0	5,623	19,0	8,913	50	316,0	90	31 600
3,1	1,429	7,1	2,265	11,1	3,589	15,1	5,689	19,1	9,016	51	355,0	91	35 500
3,2	1,445	7,2	2,291	11,2	3,631	15,2	5,754	19,2	9,120	52	400,0	92	40 000
3,3	1,462	7,3	2,317	11,3	3,673	15,3	5,821	19,3	9,226	53	447,0	93	44 700
3,4	1,479	7,4	2,344	11,4	3,715	15,4	5,888	19,4	9,333	54	501,0	94	50 100
3,5	1,496	7,5	2,371	11,5	3,758	15,5	5,957	19,5	9,441	55	562,0	95	56 200
3,6	1,514	7,6	2,399	11,6	3,802	15,6	6,026	19,6	9,550	56	631,0	96	63 100
3,7	1,531	7,7	2,427	11,7	3,846	15,7	6,095	19,7	9,661	57	708,0	97	70 800
3,8	1,549	7,8	2,455	11,8	3,890	15,8	6,166	19,8	9,772	58	794,0	98	79 400
3,9	1,567	7,9	2,483	11,9	3,936	15,9	6,237	19,9	9,886	59	891,0	99	89 100