

Deel 25:Elektronica bij de gitaar

MAES Frank

0476501034

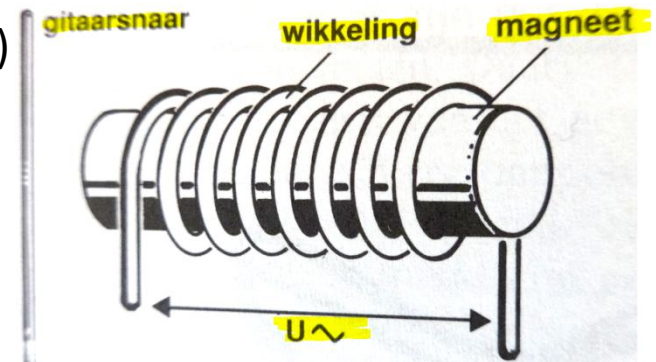
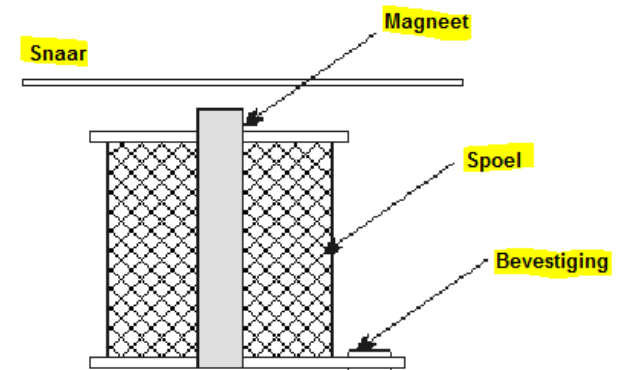
frank.maes6@telenet.be

Inleiding

- Bij de elektrische gitaar is het frequentie bereik naar boven meestal groter dan bij een akoestische gitaar.
- De **hoogste grondtoon bij een gitaar** heeft een frequentie van **1174,1 Hz**.
- Elektrische gitaren hebben **geen klankbord**, en produceren van zichzelf dan ook nauwelijks geluid.
- De **trillingen** van de snaren worden met behulp van een **inductief pickup-element** in een elektrische spanning omgezet.
- De meest gekende pickup-elementen zijn de **Single Coil** die gebruikt worden bij de **Stratocaster** en de **Humbucker** die gebruikt worden bij de **Telecaster**.

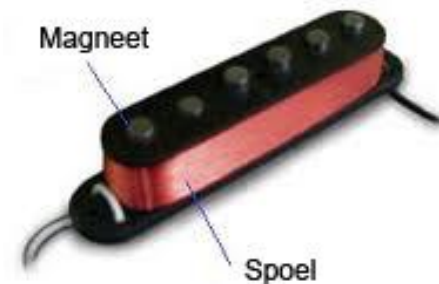
Principe van het element

- Een element bestaat dus uit :
 - Permanente Magneet (staafje)
 - Spoel (gemaakt van zeer fijne koperdraad)
- **Werking :**
 - De magneet wekt een permanent **magneetveld** (magnetisch flux) op.
 - Door de **trillende snaar** wordt deze flux **verstoord**.
 - De zo ontstane variaties van de veldsterkte (Flux) induceren, in de spoelwikkeling een kleine wisselspanning (audiofrequent)



Principe van het element

- Op deze manier ontstaat er dus **een zeer kleine wisselspanning die GEEN vermogen** bezit, daarvoor is de inwendige DC weerstand van 5000 & 10000Ω veel te hoog, en het wisselend magnetisch veld veel te klein (kracht van de magneet en de beweging van de snaar).
- Om deze spanning (audio toon) verder te kunnen bewerken, gaan we op de eerste plaats ervoor moeten zorgen dat we deze spanningsbron zeker niet gaan belasten, waardoor deze kleine spanning gaat zakken in amplitude !
- **We mogen deze bron dus enkel belasten met een zeer hoge weerstand, die 10 talen keren hoger is dan de DC weerstand van de spoel, bv. >100000Ω !!**



Besluit 1

- **Samenstelling: *Spoeltje + Permanente Magneet***
- Door het trillen van de snaar verandert de sterkte van het magnetisch veld.
- Hierdoor verkrijgen we een kleine audio wisselspanning op de aansluitdraden.

EN, deze spanning is hoger naarmate:

- ✓ *de snaar sterker trilt.*
- ✓ *het magnetisch veld sterker is (grotere magneet)*
- ✓ *de spoel méér wikkelingen heeft (lagere resonantie frequentie = minder hoog)*
- ✓ *de afstand tussen de snaar en de magneetpool kleiner is. (heeft bepaalde praktische beperkingen tijdens het aanslaan van een snaar)*

BESLUIT :

- **Bij een elektrische gitaar is het element verantwoordelijk voor de klank van het instrument**
- **Ondertussen beschikken we over 2 type elementen :**
 - **Single Coil**
 - **Humbucker**

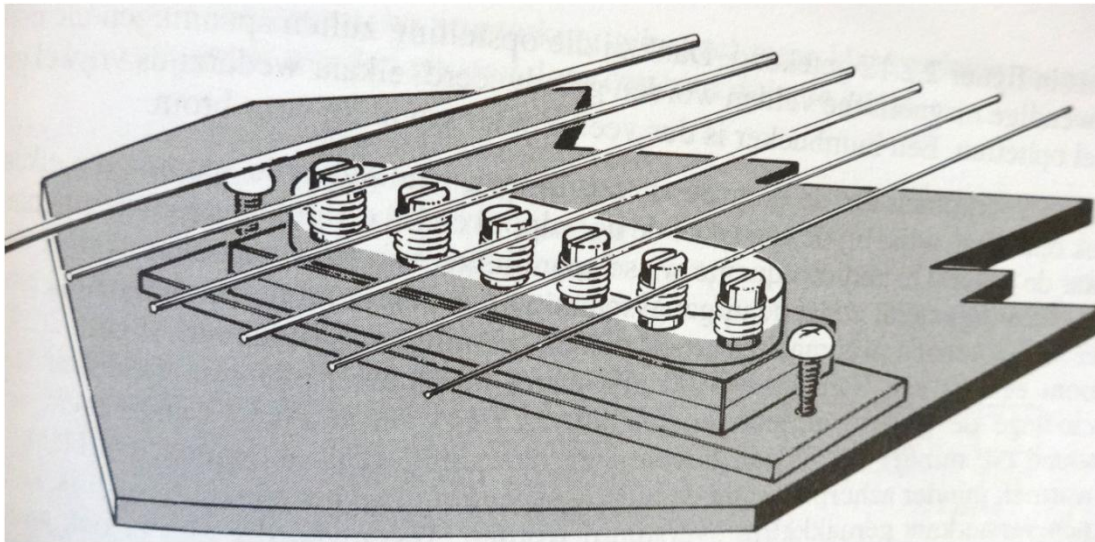
Single coil : model 1

- **Single Coil** betekent "enkele spoel".
- een klos koperdraad van 0,06mm is met ongeveer 7600 wikkelingen om een magneet gewikkeld.
- Bescherming gebeurt met plastic kapje over het element.
- Bij **modellen met 6 losse magneetjes** regelt men de afstand tot c snaar door het **kantelen van het element**
- De snaren moeten wél precies boven de magneten zitten, anders heb je volumeverlies.
- **Single coils** hebben normaal **minder wikkelingen** dan humbuckers
- **Single coils** hebben hierdoor wat **minder output (volume)**.
- **Single coils** hebben een **lagere inwendige weerstand (DC weerstand)**
- Een een **hogere resonantiepiek**.
- **Ze klinken helderder, opener.**
- **Nadeel is de gevoeligheid voor brom !** Soms op te lossen door afscherming
- Output impedantie (DC) gemiddeld tussen **de 5.5 en 6.2 KΩ**

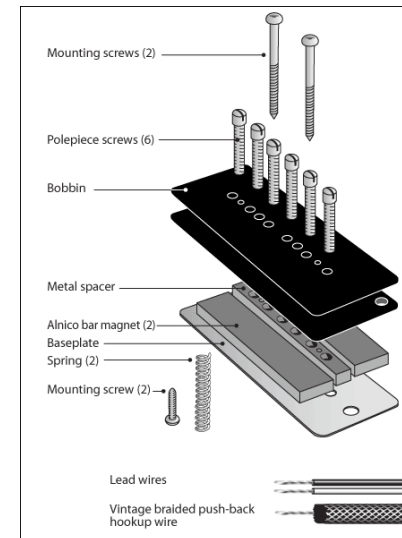


Single coil : model 2

- Bij sommige typen wordt in plaats van 6 losse staafmagneetjes, **één lange platte magneet** gebruikt. Hier wordt onder elke snaar **een schroef ingedraaid**. Hierdoor kan men per snaar de **afstand afzonderlijk instellen**.

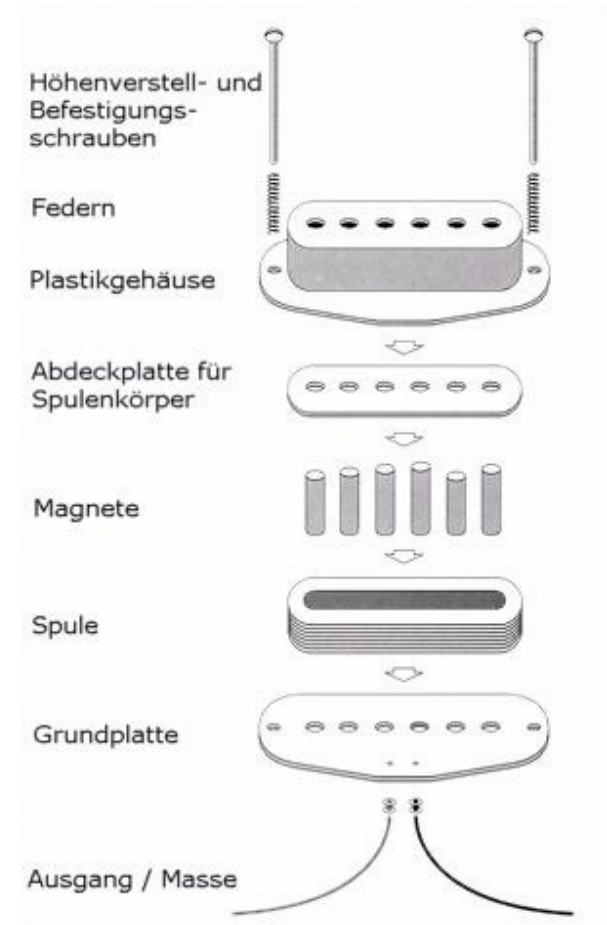
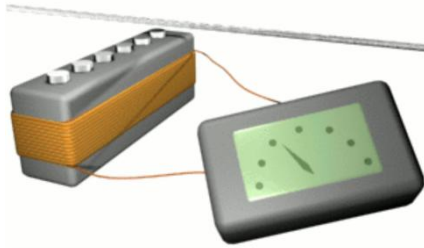
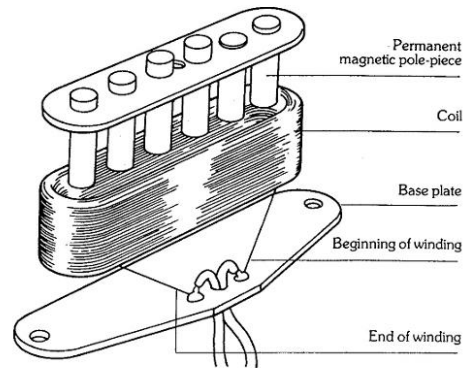


mojotone.com



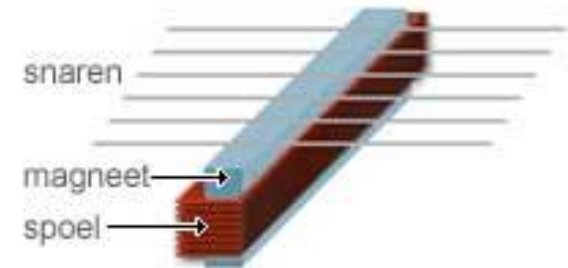
Single coil constructies

- Enkele afbeeldingen



Metalen Single coil elementen

- Deze worden vooral gebruikt bij een Telecaster.
- Ze zouden minder storing 's gevoelig zijn
- Het element bestaat uit een spoel van koperdraad en 1 vaste magneet.



- **Chrome Dome Specs:**

- Weerstand: 6.0k
- Piek Frequentie: 3600Hz
- Inductie: 2.6 Henries

- Resistance: 13.4k
- Piekfrequentie: 3150Hz
- Inductie: 6.1 Henries



- http://www.lacemusic.com/Chrome_Dome.php

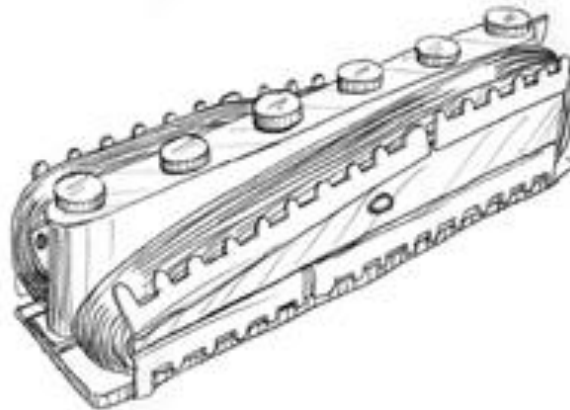
Speciale uitvoeringen single Coil

- **De S-100** is gewikkeld met de traditionele 43 gauge draad en het gebruik van traditionele bochten op een gegoten spoel.
- Weerstand: 4.6k
- Piek Frequentie: 3550Hz
- Inductie: 3,0 Henries
- <http://www.lacemusic.com/S100.php>



- De **Lace Heilige Graal™** is de ultieme hum canceling ,vintage gestemde gitaar pick-up ; de toon van een '54 Strat®

- **Lace Sensor-Holy Grail HG-1000**
- Positie: nek, mid, brug
- Resistance: 10.7k
- Piek Frequentie: 3400hz
- Inductie: 3,0 Henries
- **Lace Sensor-Holy Grail HG-1500**
- Positie: brug
- Resistance: 11.5k
- Piek Frequentie: 3200hz
- Inductie: 3.2 Henries
- http://www.lacemusic.com/Holy_Grails.php



Humbucker

- Een **humbucker** is een element dat uit twee spoelen bestaat, die tegengesteld gewikkeld zijn.
- De ene spoel heeft de zuidpool van de magneet boven, de andere de noordpool
- Het effect is dat het signaal dat ontstaat door de snaartrilling wordt opgeteld en het signaal dat ontstaat door storing van buitenaf wordt afgetrokken.
- Een **humbucker** heeft in het algemeen in totaal **meer windingen** dan een single coil.
- De inwendige weerstand en **impedantie** (wisselstroomweerstand) zijn daardoor **hoger**.
- **Gevolgen zijn:** **meer output** en een geluid met **minder fel hoog, meer midden**, een **warmer** geluid.
- De **resonantiepiek** ligt **lager** dan bij een Single Coil
- Output impedantie tussen de 5.5 en 6.2 K Ω



Combinaties

- om de voor en nadelen van Single coils en Humbuckers te combineren.
- **Een rail humbucker**
- de spoel van een single coil te splitsen in twee spoelen, voor elke drie snaren een, die dan in elkaars verlengde liggen.
- De spoelen zijn dan weer tegengesteld gewikkeld en de magneten zijn ook tegengesteld gepoold.
- Of ook soms een spoel en een magneet per snaar.
- Door de twee spoelen van een humbucker in plaats van in **serie**, zoals normaal, **parallel** te schakelen krijg je een element met de **halve uitgangsspanning** en een **kwart van de impedantie**. De **resonantiepiek** komt een stuk **hoger** te liggen in frequentie. De klank heeft wat weg van een single coil en je hebt geen brom.

Oude elementen hoeven niet beter te klinken 1

- Op internet en aan “den toog” worden soms zeer sterke verhalen verteld over het veranderen en aanpassen van de “**Picup elementen**” om een betere klank te verkrijgen. Of het verhaal dat die oude “elementen” uit de jaren 53’ veel beter zouden klinken dan de moderne elementen ? Als techniker heb ik daar een totaal andere mening over.
- Zowel voor het ontwerpen van een gitaar als het ontwerpen van een gitaarversterker moet je eigenlijk een “**instrumentbouwer**” zijn. Zowel de gitaar als de gitaarversterker bepalen uiteindelijk de sound van het geheel.
- **Oude strats** danken hun toon vooral aan het feit dat er **zeer lang op is gespeeld** s
- Permanente **magneten** van bijvoorbeeld Alnico verliezen 1,2% van hun waarde in de 1e twee jaar, daarna 0,2% in de volgende duizend jaar.
- **Strat-type draad bestaat** niet, welke draad dat Fender vroeger veel gebruikte, en dit zorgt echt niet voor een speciale strat-sound.
- Een gitaar element is nog altijd een “passief” element, bestaande uit een magneet en een koperen spoel, dat was vroeger zo, en dat is nu nog altijd hetzelfde. Het enige dat kan veranderd zijn met vroeger is het machinaal wikkelen t.o.v. het manueel wikkelen, en het aantal wikkelingen, dat is het.

Oude elementen hoeven niet beter te klinken 2

De Sound kan wel veranderen door:

- **Aantal wikkelingen:** Nu telt men elektronisch het aantal windingen machinaal. Vroeger was dit manueel, waardoor de inductie per element verschillend waren, en dus ook de Dc weerstand, en dus ook de uitgangsspanning, en dus ook de hoogste klanken, enz..
- **Manier van wikkelen :** Doordat men manueel de spoel wikkelde lagen de koperen draden nooit mooi evenwijdig naast elkaar, waardoor **meestel de Cpu van vroeger lager was** dan de Cpu van onze moderne elementen. Een lagere Cpu bij eenzelfde Lpu betekend dan ook **een hogere resonantie piek**, en dus **méér hoog** uit het element. Dus de oudere elementen zouden wel eens een hogere resonantie piek kunnen halen dan de moderne nieuwe elementen !
- **Manier van afwerken : Door een slordige afwerking van het geheel kan je soms tot betere muzikale resultaten komen dan met moderne technieken .**

Zelf maken ?

- https://courses.physics.illinois.edu/phys406/Student_Projects/Spring13/Fanshi_Liu_P406_Final_Project_Report_Sp13.pdf

Vrij vertaalde conclusie:

- de zelfgemaakte Fender Stratocaster pickups zijn vrij gelijkaardig aan de originele pickups op de 2010 American Standard Fender Stratocaster. de
- maximale output van self-made pickups op de resonante pieken zijn iets kleiner dan die van de originele pickups.
- In grafieken voor zelfgemaakte pickups, de breedten van de resonanties zijn aanzienlijk breder dan die van de oorspronkelijke pickups, waardoor de elementen meer en meer afhalen van de hogere frets op de gitaar gaan geven

Single-coil Pickup

May 7, 2013

Table 1: Neck Pickup, self-made vs. original

Neck Pickup	DC Resistance (K Ω)	Resonant Frequency (KHz)	Quality Factor (Q)	Z at Resonance (K Ω)
Self-made	6.04	8.215	6.04	869.06
Original	5.99	8.235	8.07	932.42

Table 2: Middle Pickup, self-made vs. original

Middle Pickup	DC Resistance (K Ω)	Resonant Frequency (KHz)	Quality Factor (Q)	Z at Resonance (K Ω)
Self-made	6.03	8.185	5.95	823.98
Original	6.05	7.965	7.41	832.16

Table 3: Bridge Pickup, self-made vs. original

Bridge Pickup	DC Resistance (K Ω)	Resonant Frequency (KHz)	Quality Factor (Q)	Z at Resonance (K Ω)
Self-made	6.01	8.725	5.92	918.73
Original	7.40	6.855	7.03	1141.07

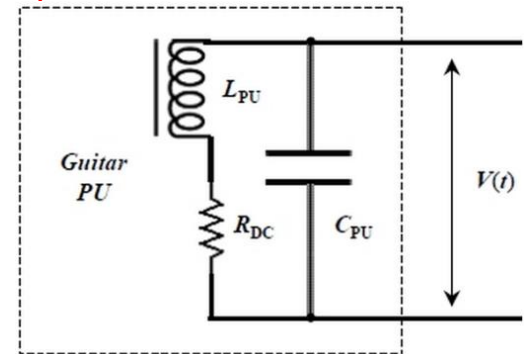
De Resonantiefrequentie ?

- Het hout van een gitaar heeft net als alles om ons heen een eigen frequentie waarop het klinkt: **De resonantiefrequentie**
- Dat geldt ook voor **de pickup**. Op deze **resontiepiek** 'wil' een element het **hardst klinken** .
- En dit is onder andere afhankelijk van de kracht van de magneet en de hoeveelheid wikkelingen (Zelfinductie **Lpu** in Henries + Capaciteit **Cpu** gevormd tussen de draden onderling)
- Hoe de resonantiefrequentie je geluid beïnvloed is erg ingewikkeld, want (de stand van) de potmeters veranderen de frequentie van die resonatiepiek bijvoorbeeld.
- **Hoe hoger** de **resonantiefrequentie**, hoe **meer hoog** er in een element ' overblijft'
- **Voorbeeld:** een **typische P90** heeft een resonantiefrequentie van 4700Hz, klinkt warm en rond; een typische stratpickup zit er een octaaf boven en klinkt open met meer hoog.
- Single-coil pickup Gibson'sP90 (100€) : *een hoge output en bijtende hoge tonen*



Wat is “Resonantie”

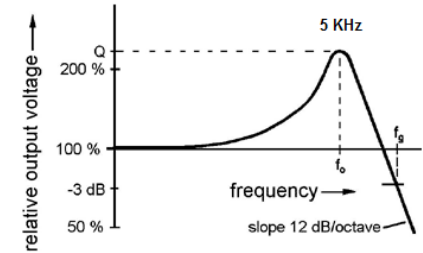
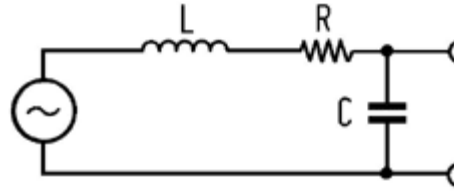
- Een van de meest bepalende factoren voor de klank van een element is de **hoogte en de plaats (frequentie) van de resonantiepiek**.
- Die piek ontstaat door de **combinatie** van de **zelfinductie van de spoel** (gemeten in Henry), de inwendige **DC weerstand** (in Ohm) en de **capaciteit** (in Farad)
- **Single coils** : hogere resonantiepiek > 4000Hz
- **Humbucker** : Lagere resonantiepiek < 4000Hz
- **Vervangschema pickup** : *Spoel L_{PU} met bepaalde inductie H.*
Serie weerstand koperen spoel R_{DC} .
Hoe méér windingen hoe groter R_{DC}
Parallel capaciteit C_{PU} , hoe méér windingen hoe groter ook C_{PU}
- Deze 2 elementen: L_{PU} en C_{PU} vormen samen een afgestemde kring met een resonantie frequentie **F_{res}** die bepaald word door de formule : **$F_{res} = 1/2\pi\sqrt{L_{PU} * C_{PU}}$**
- Over R_{DC} gaan we hier niet spreken, maar die speelt natuurlijk ook een rol in dit verhaal.



Resonantie in de praktijk 1

- **1) Element**

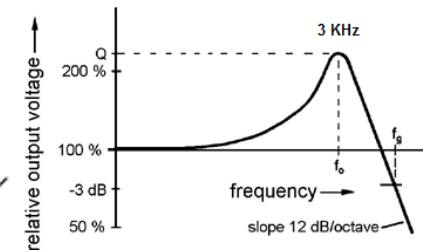
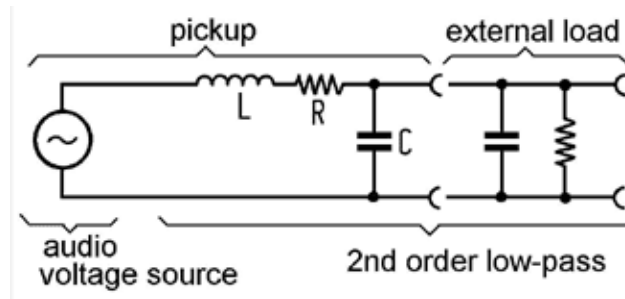
- L tss. de 3H à 6H
- R ongeveer 7 K Ω
- C ongeveer 50 à 100 pF
- Resonantiepiek op bv. 5000 Hz



- <http://www.buildyourguitar.com/resources/lemme/>

- **2) Element + korte gitaarkabel**

- C kabel : 300 pF
- De weerstand is de

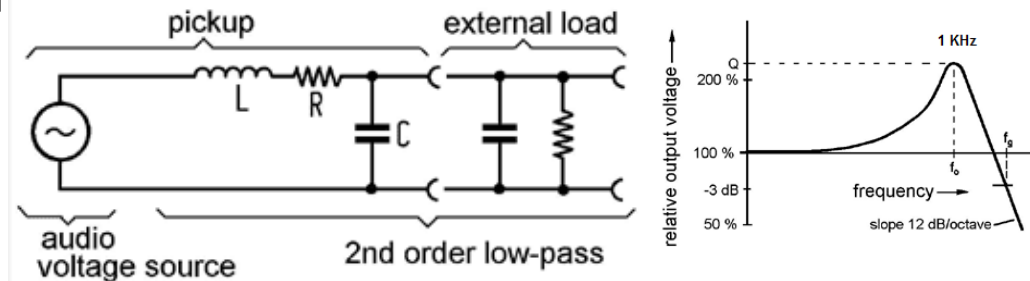


ingangsweerstand van de versterker, en die is meestal zeer groot (1 M Ω)

Resonantie in de praktijk 2

- **3) Element + Lange gitaarkabel**

- C kabel : 2000 pF



- We zien hier duidelijk het wegvallen van de hogere tonen, en zachter klinken van de sound.
- Het **zachter klinken** van de **sound** kunnen we dus bekomen door :
 - Veel capaciteit C door : Veel windingen mooi machinaal naast elkaar te leggen
Een slechte lange gitaarkabel te gaan gebruiken
- Het **helderder klinken** van de sound kunnen we bekomen door :
 - Weinig capaciteit door : weinig windingen, slordig manueel door elkaar te leggen
Een korte goeie gitaarkabel te gebruiken
- Het **luider klinken** van de sound, waardoor je de versterker méér kan oversturen door:
 - Heel veel windingen te leggen op de spoelen, maar beperkt door
 - Element weinig belasten, door gitaaringang met hoge ingangsimpedantie: Hi in gebruiken

Besluit Resonantie :

- We zullen altijd het eindresultaat horen in onze Speaker. T.t.z., vele kleine foutjes zullen dan toch plots niet enkel meetbaar, maar ook hoorbaar worden !
- Het is hier ook de “zwakste schakel” die het eindresultaat zal bepalen !
- Het is zinloos om een standaard element te vervangen door een professionele P90, en dan de gitaar te gaan aansluiten via een goedkope gitaarkabel met een kabel capaciteit van bv. 300pF /m (bv. spiraalkabel). Je zou veel geld geven om een element te kopen met een hoge resonantiepiek, om daarna die hoge resonantiepiek terug omlaag te brengen met het gebruik van een goedkopere gitaarkabel, of door de resonantiepiek omlaag te gaan brengen door het gebruik van een te lange goeie gitaarkabel. Hier in dit geval betekend een toename van Capaciteit een toename van verlies van de hogere heldere tonen.
- En of, je plaatst een P90 om ook meer output te hebben, en dan belast je die uitgangsspanning van die P90 met een lage ingangsweerstand van 10K Ω op een oude transistor versterker, of de LOW ingang 136K Ω van een Fender buizen versterker, waarmee ben je dan bezig ?

Resonantie

- In de formule :
$$F_{res} = 1/2\pi \sqrt{L_{pu} * C_{pu}}$$
- zien we dat onze *wanneer L_{pu} groter word , F_{res} kleiner zal worden*
- zien we dat onze *wanneer C_{pu} groter word , F_{res} kleiner zal worden*
- *Daarnaast kunnen we eigenlijk nog een andere formule maken die we moeten gaan gebruiken als je een gitaarkabel aansluiten op onze gitaar :*
- Complete formule :
$$F_{res} = 1/2\pi \sqrt{L_{pu} * (C_{pu} + C_{kabel})}$$
- *Wanneer we weten dat de capaciteit van onze gitaarkabel hier ook nog eens bij wordt geplaatst, zal onze **resonantie frequentie verlagen bij de aansluiting van de gitaarkabel.***
- *Hoe hoger $C_{pu} + C_{kabel}$, hoe minder hogere harmonischen er naar de versterker kunnen gaan.*

Stratocaster Style elementen

Strat® Style

Pickup Model & Positie	DC weerstand (kOhm)	Inductie (Henry)	Magent Samenstelling
Lollar Special S Series®			
Nek	6.7	3.01	AlNiCo5
Midden	7.1	3.26	AlNiCo5
Brug	7.6	3.6	AlNiCo5
Lollar Vintage Blackface®			
Nek	6.4	2.5	AlNiCo5
Midden	6.5	2.63	AlNiCo5
Brug	6.8	2.78	AlNiCo5
Lollar Vintage Blonde®			
Nek	5.6	2.2	AlNiCo2
Midden	5.8	2.46	AlNiCo2
Brug	6.0	2.68	AlNiCo2
Lollar Vintage Tweed®			
Nek	4.9	1.7	AlNiCo2
Midden	5.3	2.0	AlNiCo2
Brug	5.7	2.3	AlNiCo2
Chicago Steel®for Strat			
Alleen brug	7.0	5.24	Keramisch

Telecaster Style elementen

Telecaster® Style

Pickup Model & Positie	DC weerstand (kOhm)	Inductie (Henry)	Magnet Samenstelling
Lollar Special T Series®			
Nek	6.3	2.5	AlNiCo5
Brug	8.0	3.98	AlNiCo5
Lollar Vintage T			
Nek	5.6	2.1	AlNiCo5
Brug	7.4	3.48	AlNiCo5
Lollar '52 T Series®			
Nek	6.7	2.1	AlNiCo2
Brug	6.7	3.3	AlNiCo2
Lollar Gespreide T			
Nek	7.6	2.35	AlNiCo3
Brug	7.3	4.15	AlNiCo3
Charlie Christian			
Nek	3.2	5.9	AlNiCo2

Humbucker Pickups

Humbucker Pickups

Pickup Model & Positie	DC weerstand (kOhm)	Inductie (Henry)	Magnet Samenstelling
Lollar Imperial®			
Nek	7.6	4.09	AlNiCo2
Brug	8.4	4.80	AlNiCo5
Lage Wind Imperial®			
Nek	7.0	3.61	AlNiCo2
Brug	7.9	4.29	AlNiCo5
High Wind Imperial®			
Nek	8.4	5.0	AlNiCo2
Brug	9.3	5.9	AlNiCo2
Mini Humbucker			
Nek	6.6	3.36	AlNiCo2
Brug	7.2	3.83	AlNiCo5
Firebird®			
Nek	6.1	1.8	AlNiCo5
Brug	7.4	2.31	AlNiCo5
Fleetwood / Groen			
Nek	7.3	3.96	AlNiCo2
Brug	7.9	4.29	AlNiCo5
Imperial® F-afstand van elkaar			
Brug	8.86	5.0	AlNiCo5
Lage Wind F-afstand van elkaar			
Brug	7.9	4.36	AlNiCo2
7-String Humbucker			
Keizerlijke Bridge	9.58	5.56	AlNiCo5

P90

P-90s®

Pickup Model & Positie	DC weerstand (kOhm)	Inductie (Henry)	Magnet Samenstelling
Lollar P-90 / Standard			
Nek	8.2	6.5	AlNiCo5
Brug	9.15	7.4	AlNiCo5
Lollar P-90, '50's wind			
Nek	7.1	5.36	AlNiCo2
Brug	7.4	5.66	AlNiCo2
Lollar P-90 underwound			
Nek	7.8	5.9	AlNiCo5
Lollar P-90, overstuurde			
Brug	9.45	8.65	AlNiCo5
Lollar P-90, 3-delige set			
Midden / Standard	8.73	7.01	AlNiCo5

Informatie via internet

- http://capsulenu.weebly.com/uploads/4/7/7/4/4774272/section_05_pickup_rd.pdf
- http://www.popschoolmaastricht.nl/college_gitaar_elementen_pickups.php
- http://www.guitar-repairs.co.uk/how_guitar_pickups_work.htm
- <http://www.gitaarnet.nl/content.php?612-3-Elementen-uitzoeken-deel-2>
- <http://www.activemusician.com/item--MC.IMP9R-BD>
- <http://www.lollarguitars.com/mm5/merchant.mvc?Screen=technical-info>
- <http://www.buildyourguitar.com/resources/lemme/>

Fender Pickup Specs

- <http://www.guitarhq.com/pickups.html>
- De volgende tabel toont het verschil in pickups door Fender model. Kabelspecificaties (overdruk, isolatie) zijn voor de eerste modellen geproduceerd. Ook dit is een gemiddelde van gegevens van Seymour Duncan.

1954-1967 Fender Stratocaster Pickup Specs							
Jaar	Ohm	Draad OD	Isolatie	Bochten	WD	MP	Wond
1954	5.76k	0,0030 "	Formvar	7956	TL / TG	Noorden	Hand
1955	5.89k	0,0029 "	Formvar	7844	TL / TG	Noorden	Hand
1956	5.98k	0,0029 "	Formvar	8012	TL / TG	Noorden	Hand
1957	6.02k	0,0029 "	Formvar	8105	TL / TG	Noorden	Hand
1958	6.20k	0,0028 "	Formvar	8350	TL / TG	Noorden	Hand
1959	5.95k	0,0030 "	Formvar	7925	TL / TG	Noorden	Hand
1960	6.33k	0,0028 "	Formvar	8293	TL / TG	Zuiden	Hand
1961	6.19k	0,0029 "	Formvar	8119	TL / TG	Zuiden	Hand
1962	6.22k	0,0028 "	Formvar	8220	TL / TG	Zuiden	Hand
1963	6.37k	0,0028 "	Formvar	8319	TL / TG	Zuiden	Hand
1964	6.25k	0,0027 "	Formvar / Enamel	7980	TL / TG	Zuiden	Hand
<i>4 januari 1965, CBS gekocht Fender Musical Instruments.</i>							
1965	5.80k	0,0026 "	Vlakte Enamel	7626	TL / TG	Zuiden	Machin e
1966	5.76k	0,0026 "	Vlakte Enamel	7630	TL / TG	Zuiden	Machin e
1967	5.88k	0,0027 "	Vlakte Enamel	7656	TL / TG	Zuiden	Machin e
Jaar	Ohm	Draad OD	Isolatie	Bochten	WD	MP	Wond

Fender Pickup Specs door model			
Model	Wire Gauge	Isolatie	Gem. Bochten
1000 Pedal Steel	42	Formvar	8000
400 Pedal Steel	42	Formvar	8000
5 String Bass	42	Vlakte Enamel	12.000
Bass VI	42	Formvar	8550
Deluxe 6 lapsteel	42	Formvar	8350
Deluxe 8 lapsteel	42	Formvar	8550
Dual 6 Steel	42	Formvar	8350
Duosonic	42	Formvar	8350
Elektrische 12	42	Vlakte Enamel	12.500
Elektrische mandoline	42	Formvar	8000
Jaquar	42	Formvar	8550
Jazz Bass	42	Formvar	9000
Jazzmaster	42	Formvar	8500
Mustang	42	Formvar	7600
Precision Bass	42	Formvar	10.000
Stratocaster	42	Formvar	8350
Telecaster (lead pu)	42	Formvar	8000
Telecaster (nek pu)	43	Formvar	8000
Model	Wire Gauge	Isolatie	Gem. Bochten