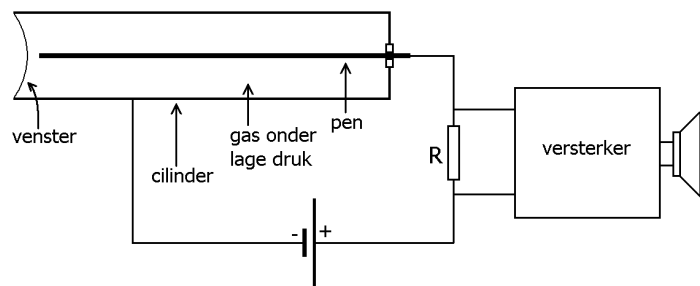


Eenvoudige schakeling van een geigerteller

Geigerteller

Een veel gebruikte stralingsdetector is een geigermüllerteller (GM-teller) of kortweg geigerteller. Met een GM-teller kun je radioactieve stoffen opsporen. Een schematische opbouw van een GM-teller is hiernaast afgebeeld. Het hart van een GM-teller is de GM-buis. Deze bevat een metalen cilinder en een metalen pen.



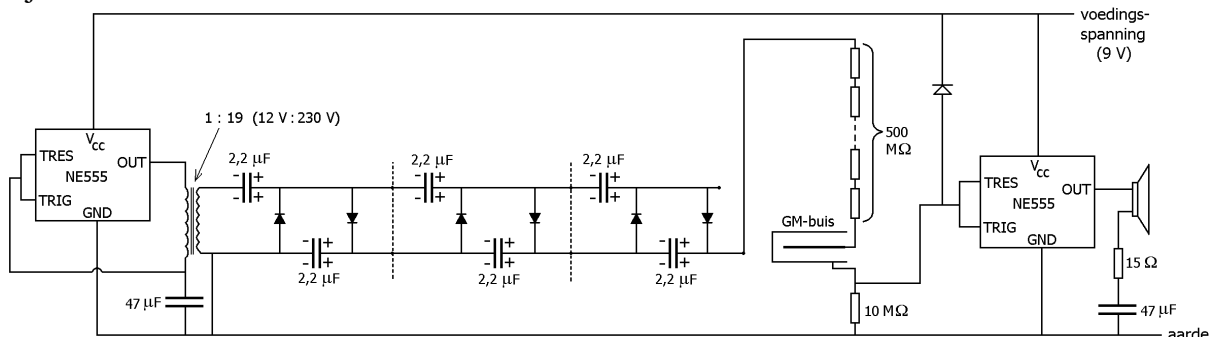
De cilinder is gevuld met een inert gas (vaak argon) onder lage druk. De pen is aangesloten op de pluspool van een spanningsbron en de cilinder op de minpool. Deze spanningsbron levert een spanning van rond de 500 V. In de schakeling is ook een weerstand R opgenomen.

Als een ioniserend deeltje (bijvoorbeeld een alfadeeltje) via het venster de GM-buis binnendringt, ioniseert het een aantal gasatomen in de GM-buis. De losgeraakte elektronen worden naar de (positieve) pen getrokken en de overgebleven gasionen naar de (negatieve) cilinder. Vanwege de kleine massa van de elektronen, krijgen zij op hun weg naar de pen een enorme snelheid. Als deze snelle elektronen (op hun weg naar de pen) tegen gasatomen botsen, kunnen zij deze atomen op hun beurt ook ioniseren. Zodoende neemt het aantal vrije elektronen toe. Er zal uiteindelijk een lawine van elektronen de pen bereiken. Overigens zijn de geïoniseerde gasatomen te zwaar om grote snelheden te bereiken.

Uit de bovenstaande tekst volgt dat de GM-buis, vlak na het binnenkomen van een ioniserend deeltje, korte tijd geleidend wordt. In deze tijd loopt er dus een elektrische stroom door de stroomkring. Het gevolg is een korte spanningspiek over weerstand R. De elektronica in de versterker versterkt deze piek en voert deze vervolgens toe aan een luidspreker. Je hoort dan een korte tik.

Voorbeeld van een (zeer eenvoudige) elektronische schakeling

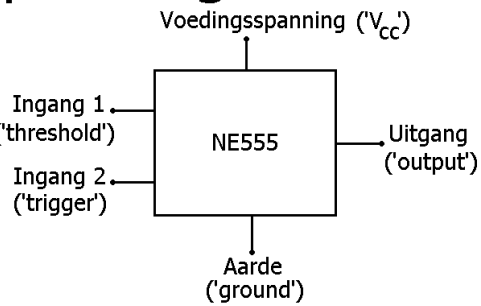
Met de onderstaande schakeling kunnen de ionisaties in een GM-buis hoorbaar gemaakt worden. Afhankelijk van de gebruikte GM-buis zullen aanpassingen van de schakeling nodig zijn.



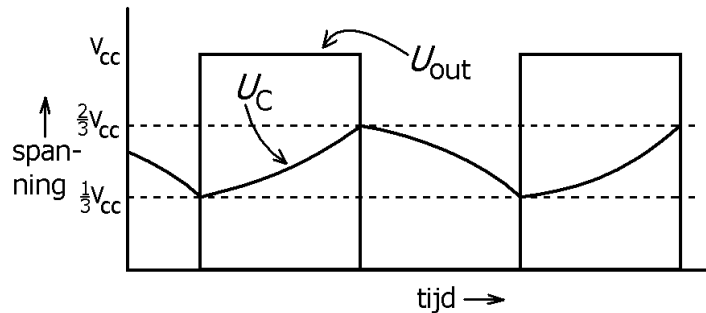
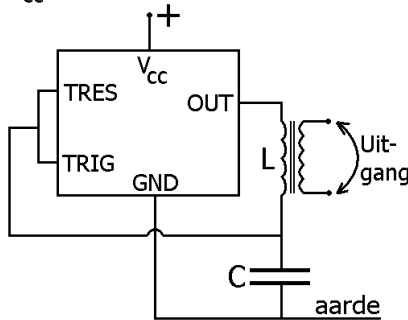
De schakeling bestaat globaal uit drie onderdelen namelijk een generator van wisselspanning, een generator van een hoge gelijkspanning (die nodig is om de GM-buis te laten werken), en een generator van hoorbare tikjes. Hieronder volgen toelichtingen op deze onderdelen.

Generator van wisselspanning

Een wisselende spanning kan eenvoudig verkregen worden met de NE555, een geïntegreerde schakeling (ic). Van de 8 aansluitklemmetjes zijn er hiernaast 5 getekend. Als ingang 1 boven $2/3$ van de voedingsspanning komt, wordt de uitgang laag (0 V t.o.v. aarde). Als ingang 2 onder $1/3$ van de voedingsspanning komt, wordt de uitgang hoog (de voedingsspanning).



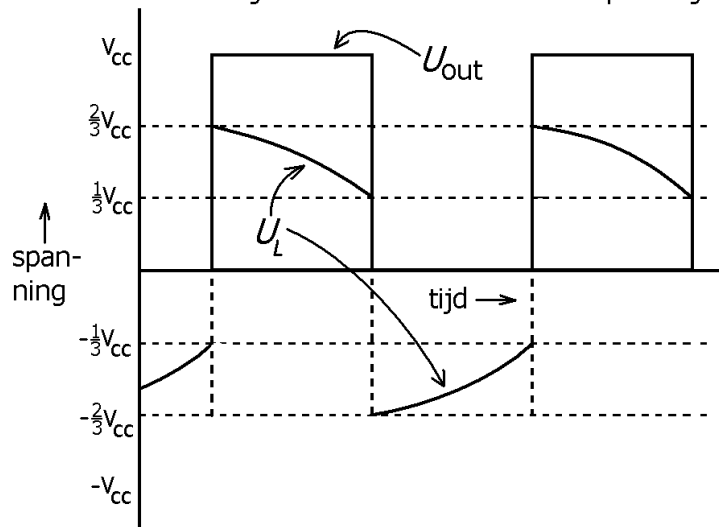
De onderstaande figuur toont de schakeling van de wisselspanningsbron. Doordat de uitgang van de NE555 teruggekoppeld is naar de ingang, wisselt de uitgang van de NE555 periodiek tussen 0 V en de voedingsspanning (V_{cc}). Het doel van de transformator is om de wisselspanning aanzienlijk te verhogen.



De condensator C wordt via de primaire spoel L van de transformator voortdurend opgeladen en ontladen. Zijn spanning varieert tussen $1/3$ en $2/3$ van de voedingsspanning. Zie het bovenstaande diagram waarin het tijdsverloop van de condensatorspanning en de uitgangsspanning van de NE555 is getekend.

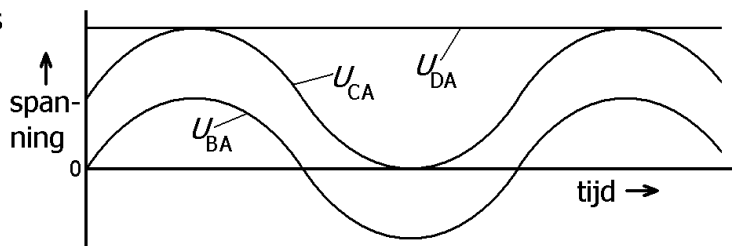
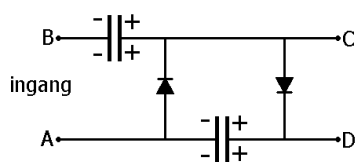
Laten we gemakshalve eerst even kijken naar de situatie waarin de primaire spoel van de transformator zuiver inductief is (dus zonder ohmse verliezen en met een constante zelfinductie L). Binnen elk tijdsinterval tussen twee 'omklapmomenten' van U_{out} is er dan sprake van een oscillerend LC-netwerk met een oscillatieperiode van $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Voor onze schakeling betekent dit dat de omklapmomenten elkaar sneller opvolgen als L en C kleiner zijn. In werkelijkheid hebben de windingen van de primaire spoel wél weerstand. Bovendien hangt de (schijnbare) zelfinductie L van de belasting af van de secundaire spoel. Hoe groter de belasting is (dus hoe groter de opgewekte stroom door de secundaire spoel is), des te kleiner L is en des te sneller de omklapmomenten elkaar opvolgen. Dit is een voordeel want daarmee wordt de energieoverdracht naar de secundaire spoel vergroot.

In het diagram hiernaast staat het tijdsverloop van de spanning over de primaire spoel en de uitgangsspanning van de NE555 uitgezet. Een negatieve spanning betekent het omkeren van de polariteit. De spoelspanning varieert tussen $+2/3$ en $-2/3$ van de voedingsspanning.



Generator van een hoge gelijkspanning

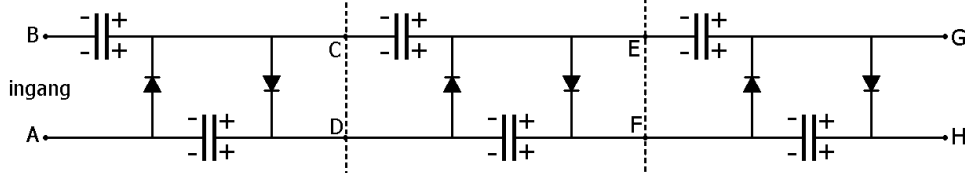
Omzetter van spanningsvariaties naar een hoge gelijkspanning



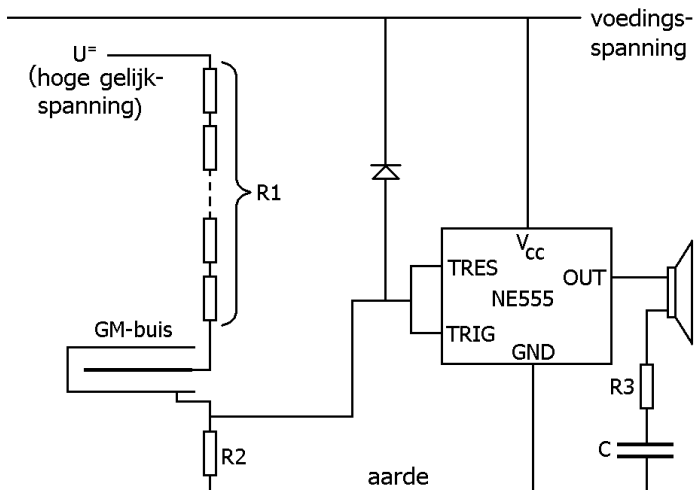
Met de bovenstaande schakeling worden periodieke spanningsvariaties tussen de punten B en A omgezet in een gelijkspanning tussen de punten D en A. Rechts van de schakeling is het spanningsverloop tussen verschillende punten (in de stationaire toestand) weergegeven. Als de spanning tussen B en A bijvoorbeeld varieert tussen +20 V en -20 V, is de spanning tussen D en A 40 V.

Meertraps-schakeling

Als je de bovenstaande schakeling meerdere keren achter elkaar zet, krijg je een veelvoud van de oorspronkelijke gelijkspanning. Dat is mogelijk omdat de spanningsvariaties aan elke volgende trap worden doorgegeven. Zie bijvoorbeeld de onderstaande schakeling. Als de spanning tussen B en A weer varieert tussen +20 V en -20 V, is de spanning tussen H en A $3 \times 40 \text{ V} = 120 \text{ V}$.



Generator van hoorbare tikjes



De GM-buis staat in serie met zeer grote weerstanden (R1 en R2).

Als er geen stroom door de GM-buis loopt, staat de gehele hoge gelijkspanning ($U^=$) over de GM-buis. Als de GM-buis echter geleidt (na ionisaties), wordt de spanning over de GM-buis sterk verkleind. R1 en R2 bepalen de maximale stroomsterkte door de GM-buis.

Na ionisatie van gasatomen in de GM-buis, zal er een kortdurende stroom door en spanning over R2 ontstaan. De NE555 reageert hierop door zijn uitgangsspanning laag te maken. Het gevolg hiervan is dat de condensator C zich ontladend en de luidspreker een hoorbaar tikje geeft.

Weerstand R3 voorkomt dat de stroomsterkte te groot wordt. Eventueel kan R3 vervangen worden door andere luidsprekers.

Dankzij de condensator loopt er geen gelijkstroom door de luidspreker.

De diode voorkomt dat de ingangsspanning van de NE555 boven de voedingsspanning uitkomt.

In theorie kun je de luidspreker op de plek van R2 plaatsen en hoor je tikjes. Veer luidsprekers hebben ongeveer 100 mA nodig om een tik te geven. De stroom door R2 is echter veel kleiner namelijk ongeveer $1 \mu\text{A}$. De NE555 dient dus als versterker.