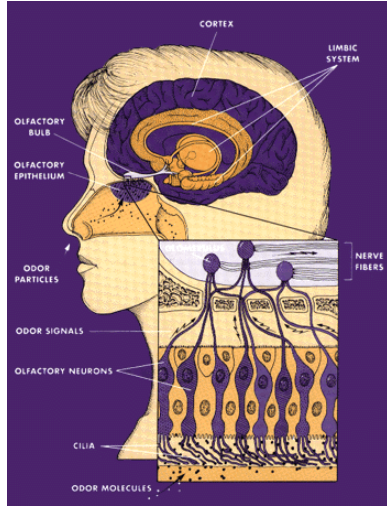


Practicum: de elektronische neus

1) Inleiding



Figuur 1: De reukzenuwen en hersenen

De neus van de mens kan ongeveer 10000 geuren onderscheiden. Geuren zijn in feite kleine moleculen in de lucht die bij inademing in de neus waargenomen kunnen worden. De deeltjes komen de neus binnen waar ze oplossen in het neusslijmvlies, in dit slijmvlies bevinden zich kleine vertakkingen van de hoger gelegen reukcellen. Deze vertakkingen worden door de moleculen geprikkeld waardoor de reukcel een signaal doorgeeft naar de reukzenuw. De reukzenuwen sturen al deze prikkels door naar de hersenen waar de geur geïdentificeerd wordt.

Een “elektronische neus” tracht geuren en gassen te herkennen of te identificeren door gebruik te maken van een matrix van gassensoren. De gassensoren reageren elk op een andere manier op een bepaalde stof, waardoor de echte concentratie van de stof door middel van kalibratie van de verschillende sensoren bepaald kan worden.

Het aantal toepassingen van de elektronische neus is zeer uitgebreid. Zo kunnen ze aangewend worden in de voedingsindustrie voor het opsporen van verderf of voor kwaliteitscontrole. In de cosmetica en parfumindustrie zijn elektronische neuzen interessant om de aroma kwaliteit te controleren. Vanuit een veiligheidsstandpunt kunnen elektronische neuzen ingezet worden voor de detectie van giftige gassen of springstoffen. Andere toepassingen zijn het opsporen van ziektes, meten van de luchtkwaliteit, alcoholcontroles, controle van industriële processen...



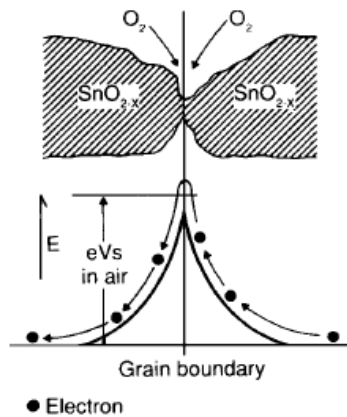
Figuur 2: De elektronische neus gebruikt in de voedingsindustrie

Momenteel zijn er verschillende technologieën op de markt of in ontwikkeling. In dit practicum zal de werking van een enkelvoudige gassensor onder de loep genomen worden, namelijk de metaaloxide gassensor.

2) Metaaloxide gassensor

Compacte commercieel verkrijgbare gassensoren zijn vaak gebaseerd op metaaloxide halfgeleiders zoals tinoxide (SnO_2). Dergelijke metaaloxide lagen zijn bij lage temperaturen slecht geleidend, maar wanneer ze door een nabijgelegen verwarmingselement (= heater) opgewarmd worden, dan daalt hun elektrische weerstand.

Zuurstofmoleculen geabsorbeerd op het oppervlak van het metaaloxide trekken de ladingsdragers van het metaaloxide, in dit geval elektronen, naar zich toe waardoor de elektrische weerstand van het metaaloxide verhoogt. Aan de grensvlakken tussen naburige



Figuur 3: potentiaalbarrières aan de korrelgrenzen, in de afwezigheid van gassen.

SnO_2 kristallen – ook korrelgrenzen (= grain boundaries) genoemd – zullen geabsorbeerde zuurstofmoleculen als het ware een potentiaalbarrière vormen die de vrije beweging van elektronen verhindert. De elektrische weerstand van de gassensor wordt toegewezen aan deze barrière.

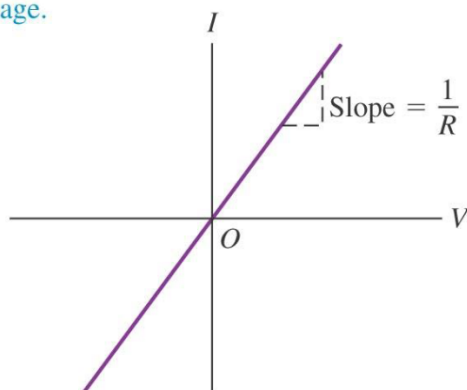
Wanneer er nu geurmoleculen langs het oppervlak van het metaaloxide strijken dan zullen ze de zuurstofmoleculen aan het oppervlak van het metaaloxide verdringen, waardoor er minder elektronen van het metaaloxide onttrokken worden. Hierdoor daalt de elektrische weerstand in een mate die afhankelijk is van het type gas en van de concentratie in de lucht. (Meer uitgebreide Engelstalige beschrijving in bijlage.)

3) De diode

We hebben in de lessen gezien dat componenten die voldoen aan de wet van Ohm, lineair zijn, i.e. er is een lineaire relatie tussen het potentiaalverschil over de component en de stroom die erdoor loopt. Het beste voorbeeld is een gewone Ohmse weerstand waarbij dus de relatie $V = IR$ geldt. Het is echter mogelijk om componenten te maken die niet aan deze relatie voldoen. Een voorbeeld hiervan is een diode, een component opgebouwd uit halfgeleiders. De zogenaamde IV-karakteristiek van deze component staat weergegeven in onderstaande figuur, samen met die van een Ohmse weerstand.

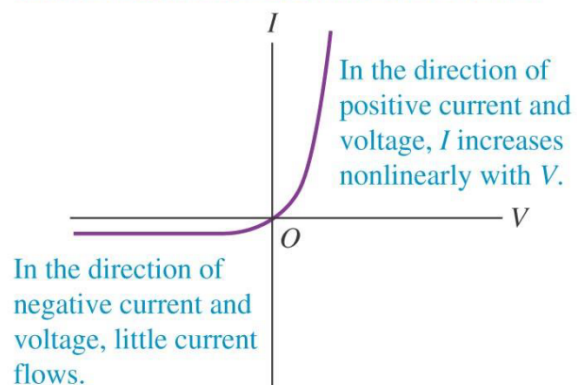
(a)

Ohmic resistor (e.g., typical metal wire): At a given temperature, current is proportional to voltage.



(b)

Semiconductor diode: a nonohmic resistor



Zoals je kan zien, zal er slechts veel stroom vloeien wanneer het potentiaalverschil in een bepaalde richting over de component staat. Bij een Si-diode zal dit typisch 0.7 V zijn. Daarenboven zal de stroom I sneller toenemen dan het potentiaalverschil V , i.e. er is geen lineaire relatie meer tussen beiden, de wet van Ohm is hier niet geldig! Wanneer het potentiaalverschil in de andere richting staat ("negatief" op de figuur), zal er zelfs quasi

geen stroom door de component stromen. Het beetje stroom dat toch vloeit, wordt lekstroom genoemd, en is zéér klein en verwaarloosbaar.

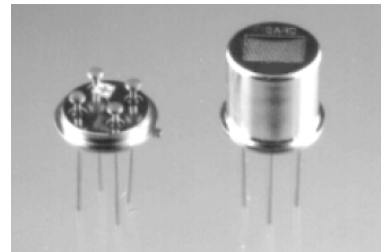
Er zijn verschillende soorten diodes, o.a. de fotodiode en de LED oftewel “Light Emitting Diode”. Bij de eerste diode zal de weerstand, en dus ook de stroom die erdoor loopt, afhankelijk zijn van het licht dat erop valt. Hoe meer licht, hoe beter de diode geleidt. De LED werkt eigenlijk omgekeerd. Hoe meer stroom dat we erdoor sturen, hoe meer licht hij zal geven.

4) De opstelling

In dit practicum zal gebruik worden gemaakt van de gassensor TGS 2620 van FIGARO. Deze gassensor is een all-round gassensor gevoelig voor alcoholen, organische solventen, koolstofmonoxide...

De technische specificaties van deze gassensor worden gegeven in bijlage. Deze gassensor bestaat in feite uit 2 delen die elektrisch van elkaar gescheiden zijn:

- een geurgevoelige laag met elektrische weerstand R_s
- verwarmingselement (heater) met elektrische weerstand R_H



Figuur 4: Een foto van de TGS 2620 gas sensor van FIGARO

Het practicum zal bestaan uit 2 delen:

- Deel 1: kennismaking met elektrische meetapparatuur aan de hand van inleidende metingen op weerstanden, LED's en fotodiodes.
- Deel 2: elektrische karakterisering van de metaaloxide gassensor TGS 2620.

Voor het uitvoeren van de verschillende metingen kan gebruik worden gemaakt van volgende apparatuur:

- 1 spanningsbron
- 2 multimeters
- 1 elektrisch meetbord
- elektrische weerstanden
- een LED
- TGS2620-sensor met 4 draden
- vloeistoffen met verschillend alcoholgehalte

5) Opdrachten

Het verslag bevat de verkregen resultaten en grafieken:

- Voer de opdrachten uit en vul het gevraagde in op de daarvoor voorziene ruimte.
- Geef de grafieken op een correcte manier weer (denk o.a. aan assitels en correcte eenheden)

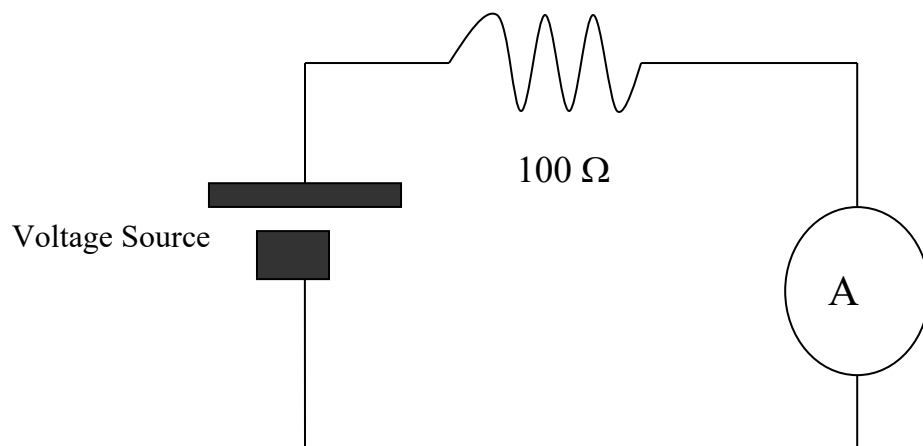
Deel 1 : Kennismaking met elektrische meetapparatuur

Elektrische meting van een weerstand:

Neem een weerstand van 100Ω en meet de weerstandswaarde met behulp van een multimeter (Ω -stand).

$R = \dots 99,0\Omega \dots$;

Bouw met behulp van het elektrisch meetbord een circuit bestaande uit een weerstand van 100Ω , een spanningsbron en een stroommeter (= multimeter in DC-A-mode).



Bepaal de stroom in dit circuit bij een spanning van **+1 V** (controleer de geleverde spanning van de spanningsbron met behulp van een 2^e multimeter in DC-V mode).

$I = \dots 10,01\text{mA} \dots$

Bepaal de stroom in dit circuit bij een spanning van **-1 V** (controleer de geleverde spanning van de spanningsbron met behulp van een 2^e multimeter in DC-V mode).

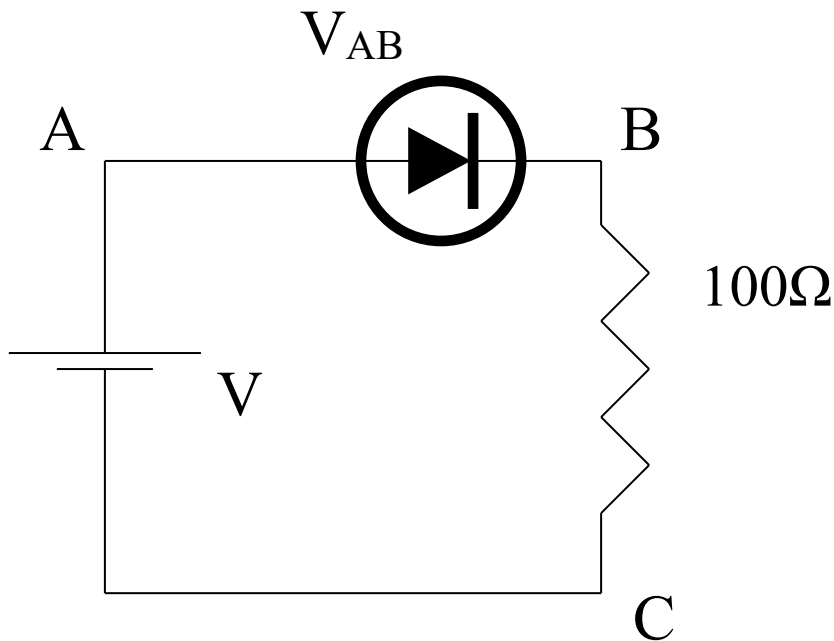
$I = \dots -10,01\text{mA} \dots$

Hoe leg je een negatieve spanning aan?

Je wisselt de polen om, zodat de stroom in de tegengestelde richting, als voorheen, door het circuit stroomt.

IV-meting LED :

Bouw m.b.v. het elektrisch meetbord een circuit bestaande uit een weerstand van $R = 100\Omega$, een spanningsbron en een LED.



Bepaal de stroom-spanning-karakteristiek (IV-curve) voor de LED.

- Spanningsbereik : **0V to -2V** in stappen van 0.2V (controleer de geleverde spanning van de spanningsbron mbv een 2de multimeter in DC-V-mode): meet V_{AB} en V_{BC} , bereken I
- Spanningsbereik: **0V to +2V** in stappen van 0.2V (controleer de geleverde spanning van de spanningsbron mbv een 2de multimeter in DC-V-mode): meet V_{AB} en V_{BC} , bereken I
- Vanaf welke spanning treed lichtemissie op? $V_{AB} = 1.741V$;

Maak een tabel bestaande uit 4 kolommen : V , V_{AB} , V_{BC} en I .

Maak een grafiek met de spanning V op de X-as (van -2V tot +2V) en de stroom I op de Y-as.

Deel 2 : Elektrische karakterisering van de metaaloxide gassensor TGS 2620

De beschikbare metaaloxide gassensor TGS 2620 heeft 4 contactpinnen (zie datablad) die het verwarmingselement en de gasgevoelige laag naar de buitenwereld elektrisch doorverbinden. Voor dit practicum werden de 4 contactpinnen verbonden met 4 draden met verschillende kleurcode. Ga zelf op de data-sheet na met welke component (verwarmingselement R_H of gasgevoelige laag R_S) de contactpinnen verbonden zijn.

- contactpin 1: Zwart : Verbonden met **heater**.....
- contactpin 2: Geel : Verbonden met **sensor electrode (-)**.....
- contactpin 3: Blauw : Verbonden met **sensor electrode (+)**.....
- contactpin 4: Rood: Verbonden met **heater**.....

Meet bij kamertemperatuur, rechtstreeks de weerstandswaarde van het verwarmingselement R_H en van de gasgevoelige laag R_S met behulp van een multimeter.

$R_H =$ **79,2 Ω**

$R_S =$ **4,6 M Ω**

Komt dit overeen met de specificaties? Licht eventueel toe.

Op het datasheet staat vermeld dat R_H op kamertemperatuur gemiddeld 83 Ω , (aangesloten op 5V) dit komt overeen met onze meting (die op niks is aangesloten).

De assistent zei ook dat de R_S waarden correct was en dat deze heel hoog ligt.

Bepaal de stroom-spanning-karakteristiek (IV-curve) voor de weerstand van het verwarmingselement R_H . Spanningsbereik : varieer de spanning van 0V tot 5.5 V in stappen van 500 mV (5 seconden wachten per spanningswaarde) en meet de stroom.

Maak een tabel van de spanning-stroom-koppels en een grafiek met de spanning op de X-as en de stroom op de Y-as. Kan je de verkregen grafiek verklaren ?

We zien dat de grafiek afvlakt, dit kan is te verklaren omdat we met een heater element werken. Wanneer de temperatuur verhoogd (wanneer het voltage verhoogd), verhoogd ook de weerstand. We verkrijgen dus geen rechte (wat je verondersteld met de wet van ohm)

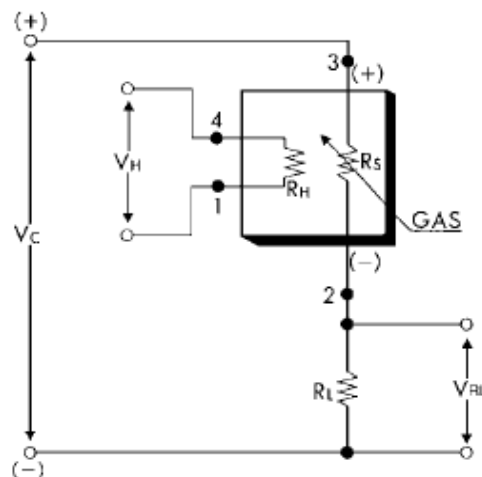
Meet met een multimeter de weerstand R_S van de gasgevoelige laag bij $V_H = 5V$..

$R_S = 65\Omega$

Kies een weerstandswaarde R_L die de waarde van R_S het best benadert.

$R_L = 65\Omega$

Bouw volgend basis meetcircuit op gebruik makende van 1 gemeenschappelijke spanningsbron voor het verwarmingselement en een voor de gasgevoelige laag. Gebruik R_L hierboven bepaald.



Bepaal I_H , R_H , R_S en P_S bij standaard test condities ($V_C = 5V$; $V_H = 5V$; $R_L > 0.45 k\Omega$) in lucht (afwezigheid van vreemde gassen). Maak hiervoor gebruik van de tabel voor I_H en R_H) en de formules uit de datasheets in bijlage (voor R_S en P_S).

$R_H = 116,63\Omega$ $I_H = 0,042A$

$$V_{RL} = 2,720 \text{ V}$$

$$R_S = ((5/2.720) - 1) * 65 * 1000 = 54.485 \text{ k}\Omega \quad P_S = 0.000095 \text{ W}$$

Bepaal R_S en P_S bij standaard test condities ($V_C = 5\text{V}$; $V_H = 5\text{V}$; $R_L > 0.45 \text{ k}\Omega$ in aanwezigheid van het beschikbare alcoholmonster.

$$V_{RL} = 4.960\text{V}$$

$$R_S = ((5/4.960) - 1) * 65000 = 525.19 \text{ }\Omega \quad P_S = 0.0000305 \text{ W}$$

$$R_S (\text{alcohol}) / R_S (\text{lucht}) = 0.009621$$

Tracht met behulp van de beschikbare apparatuur te bepalen welk van de 2 monsters

het alcohol-rijke en het alcohol-arme bier is. Wacht voldoende tijd tussen de 2 metingen.

(Geef in het verslag aan welk symbool bij welk monster hoort.)

$$V_{RL} \text{ bolletje} = 4.840\text{V}$$

$$\text{bolletje } R_S (\text{alcohol rijk}) = ((5/4.840) - 1) * 65000 = 2148\Omega \quad R_S (\text{alcohol rijk}) / R_S (\text{lucht}) = 0.039438$$

$$H \quad R_S (\text{alcohol rijk}) = 32891.56\Omega \quad R_S (\text{alcohol arm}) / R_S (\text{lucht}) = 0.603681$$

$$V_{RL} H = 3.320\text{V}$$