

•Електронни схеми за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

Обикновено методите са косвени, рядко има сензори за конкретна газова смес. По-интересни за нас са тези при които **електрониката е съставна част от метода**.

Повечето методи са универсални, но има и строго специфични;

Основните методи се основават на:

- специфична топлопроводност (Transient hot wire method);
- поглъщане, пропускане или пречупване на светлината;
- електрохимични свойства (галванични елементи - генератори на ток и на напрежение);
- различни ефекти, например парамагнитни свойства, луминесценция;

Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

- горене с помощта на катализатори;
- съпротивление или проводимост;
- диелектрична проницаемост;
- скорост на звука (ултразвук);

Някои от методите се прилагат както за течни така и за твърди среди;

<https://www.analog.com/en/applications/technology/precision-sensor-interface/chemical-sensing.html>

<https://www.digikey.in/en/product-highlight/a/analog-devices/chemical-analysis-and-environmental-monitoring>

<https://www.versaperm.com/sensors.php>

•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност, същност.

Условия (изисквания за точно измерване):

- различна топлопроводност на съставните газове;
- бинарни (псевдо-бинарни) газови смеси;
- постоянна околна температура;
- постоянен газов поток;

Методът е силно зависим от температурата и от

налягането;

Сензорите да са в режим на самонагриване;

- консумация, прекъснат режим на измерване

	Thermal Conductivity at 300 K (W/mK)
Air	0.026
Ar	0.018
CO	0.025
CO ₂	0.017
H	0.182
He	0.151
N ₂	0.026
Ne	0.049
O ₂	0.027

Електронни устройства за измерване и управление

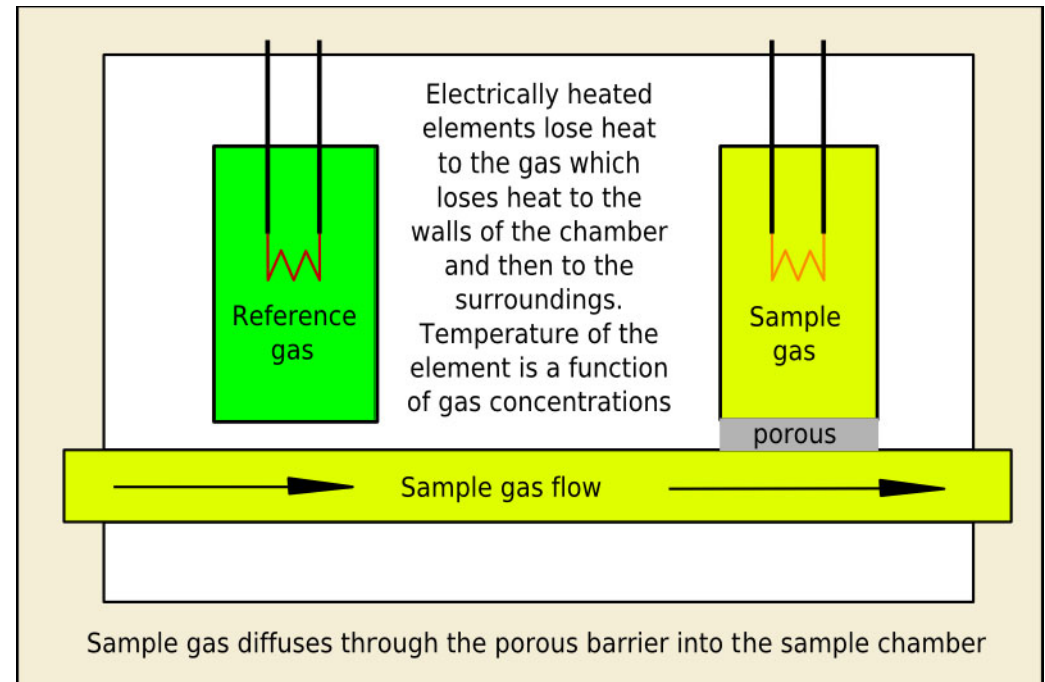
•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност, основен принцип.

При повечето измервания, за да се компенсират околните въздействия, се измерва топлоотдаването и то се сравнява с това на еталонна смес.

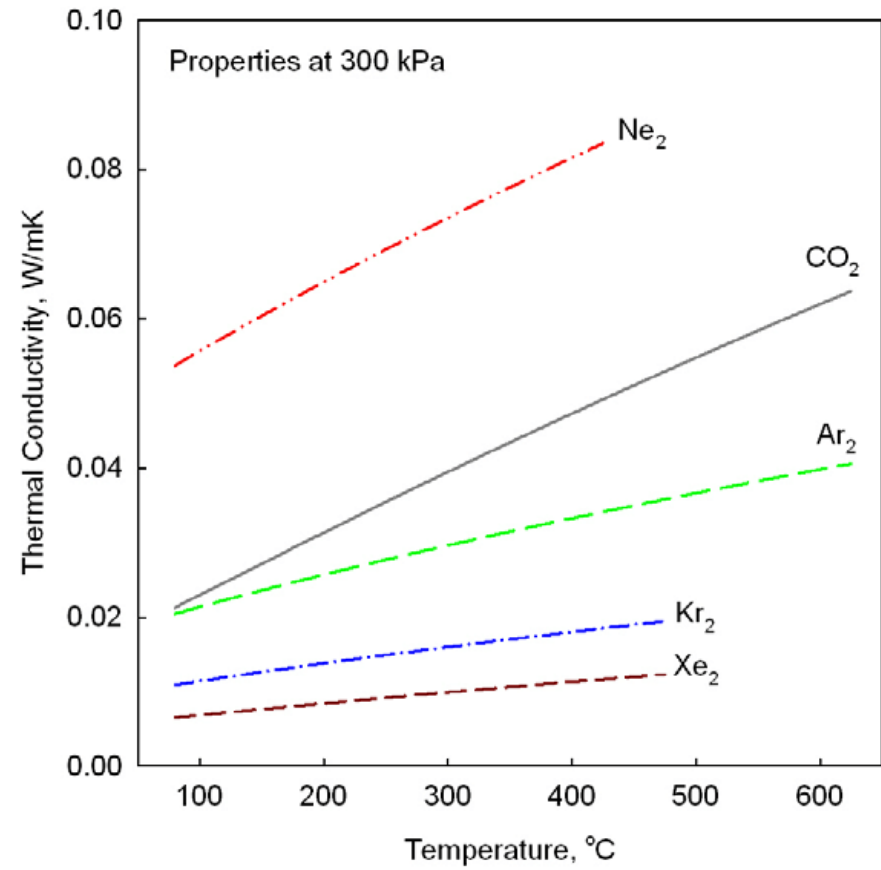
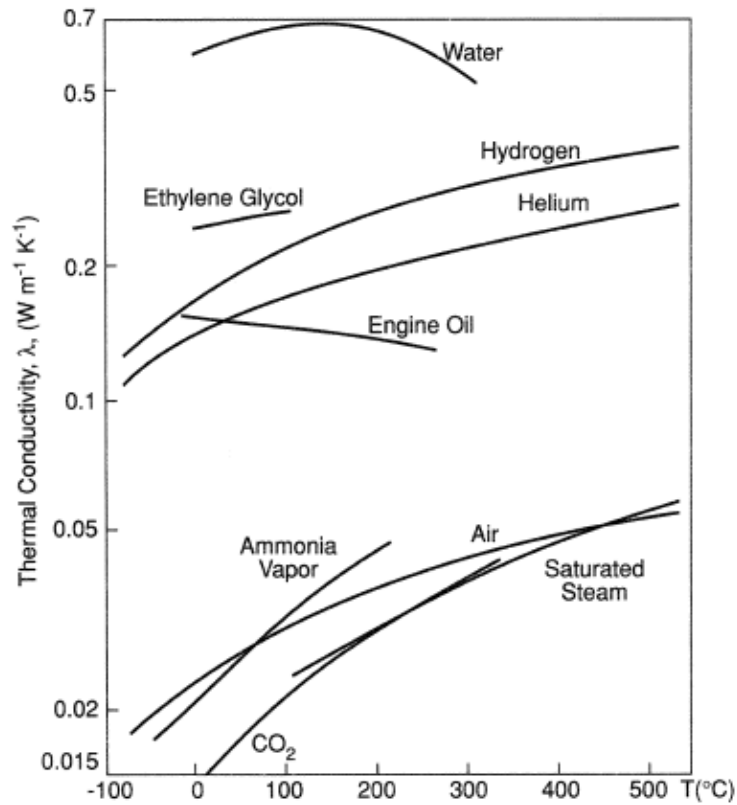
Това се прави при повечето методи на измерване на състава на смеси.

Обикновено **нагревателят и термометърът са един и същ резистор** (Pt или термистор).



•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност от околната температура



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност. Примери на решения. Винаги са **в режим на самонагриване.**

Почти всички уреди за измерване използват еталонен газ за сравнение - синфазните смущение намаляват.

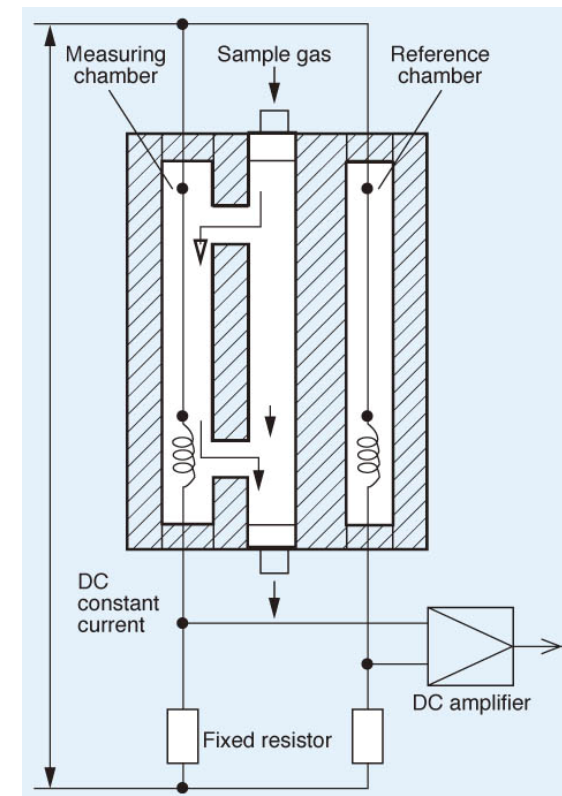
Това е характерно за мостовите измервателни схеми.

Използват се два или четири терморезистора. При 4 резистора чувствителността е по-голяма. За по-точно измерване **потокът на измервания газ трябва да е**

постоянен. Това се реализира с **конструкцията на**

измервателната камера. Методът е силно зависим от

околната температура. **Трябва термостатиране.**



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

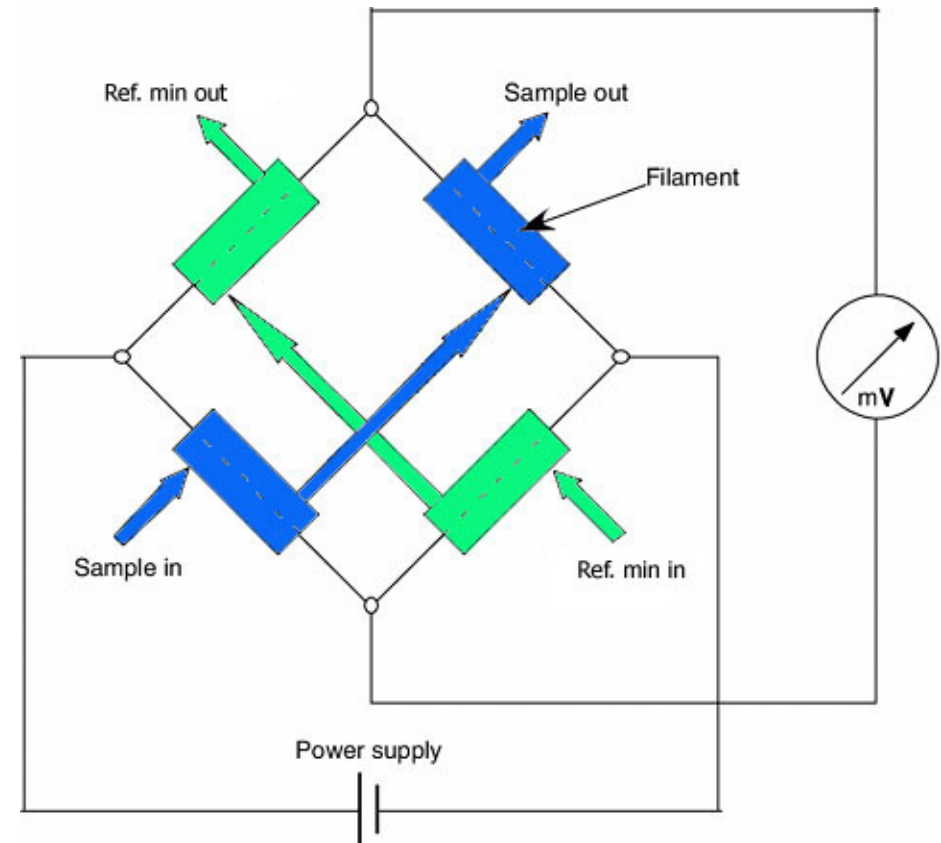
Топлопроводност. Примери на решения.

Мостът е съставен от 4 терморезистора.

Покрай срещуположните резистори, (в режим на самонагриване), се пропуска еталонен газ (смес) и изследван газ.

Различната топлопроводност води до различна температура на резисторите.

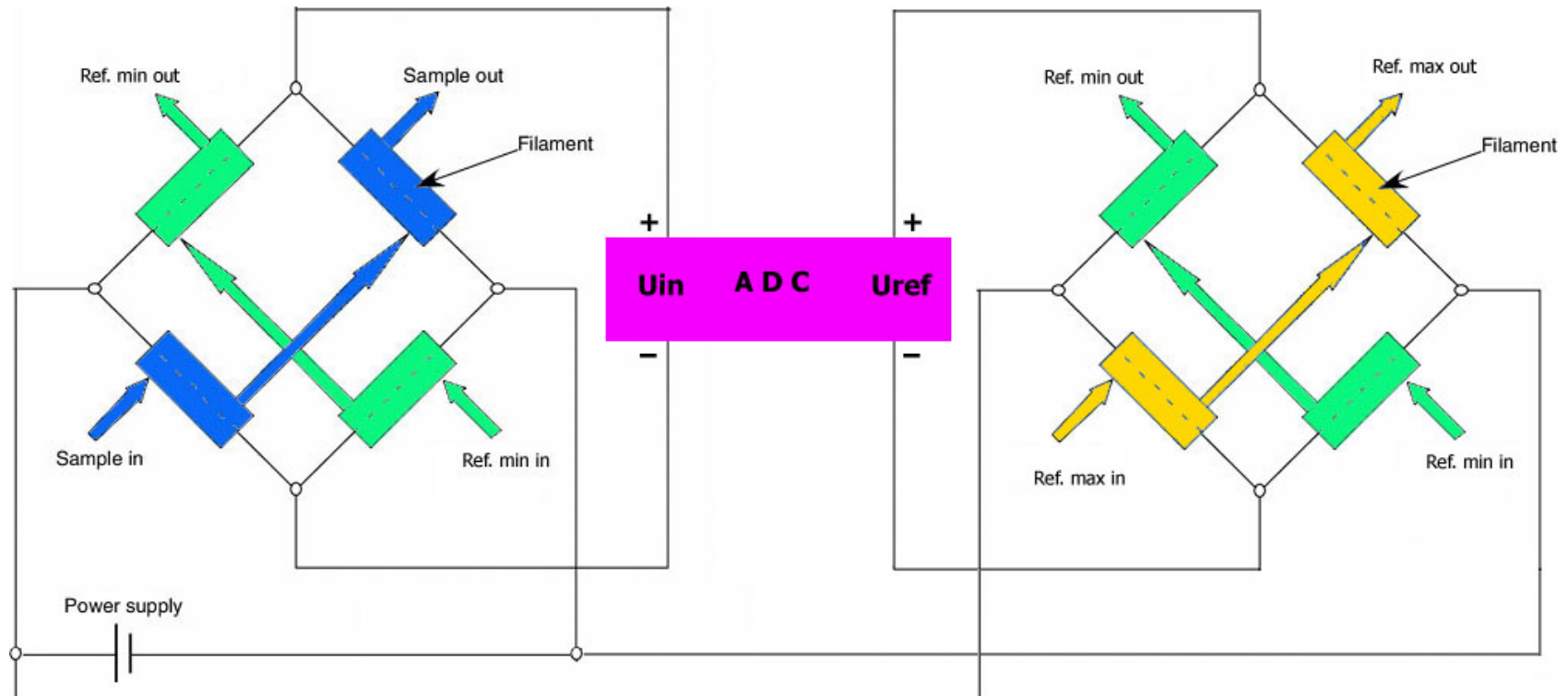
Еталонният газ отговаря на единия край на обхвата. **Може да не е 0 или 100%.**



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

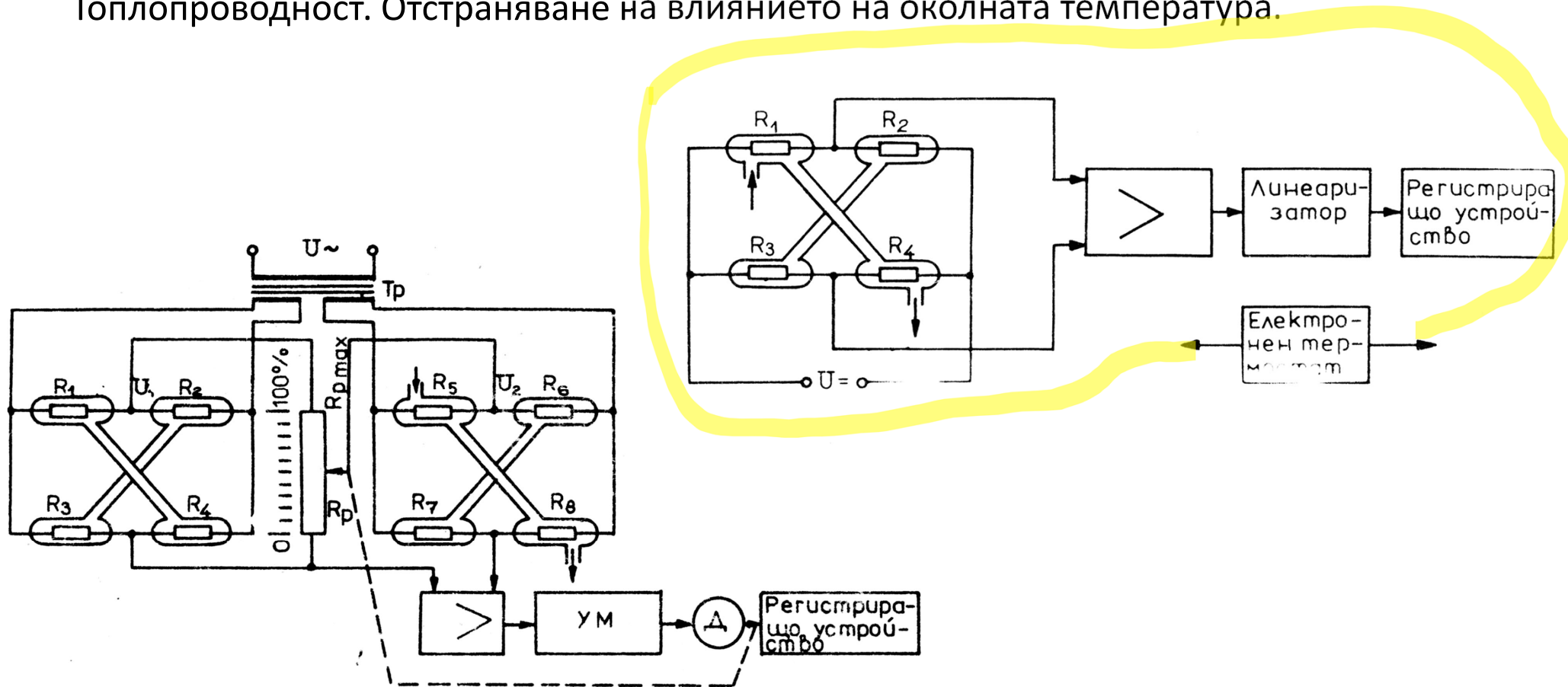
Топлопроводност. Отстраняване на влиянието на околната температура.



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност. Отстраняване на влиянието на околната температура.



•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност. Обобщение.

- резисторите в моста работят в режим на самонагриване;
- методът е силно зависим от условията при които се измерва (околна среда):
 - от температурата;
 - от налягането, същият метод се използва за измерване на налягане;
- винаги при измерването се използва еталонен газ (смес) за сравнение;
- работният температурен обхват определя дали може да се ползват термистори;
- има варианти с използване на термодвойки и отделен нагревател;
- съвременните интегрални сензори също ползват класическите принципи:

<https://xensor.nl/products/thermal-conductivity-gauge>

•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, същност. Условия (изисквания).

Основават се на пречупване, поглъщане, затихване, отражение на светлината;

- дисперсна (с пречупване, разлагане на светлината) спектро-фотометрия;
- недисперсна абсорбция в инфрачервения спектър (**NDIR**);
- недисперсна абсорбция в ултравиолетовия спектър (**NDUV**);

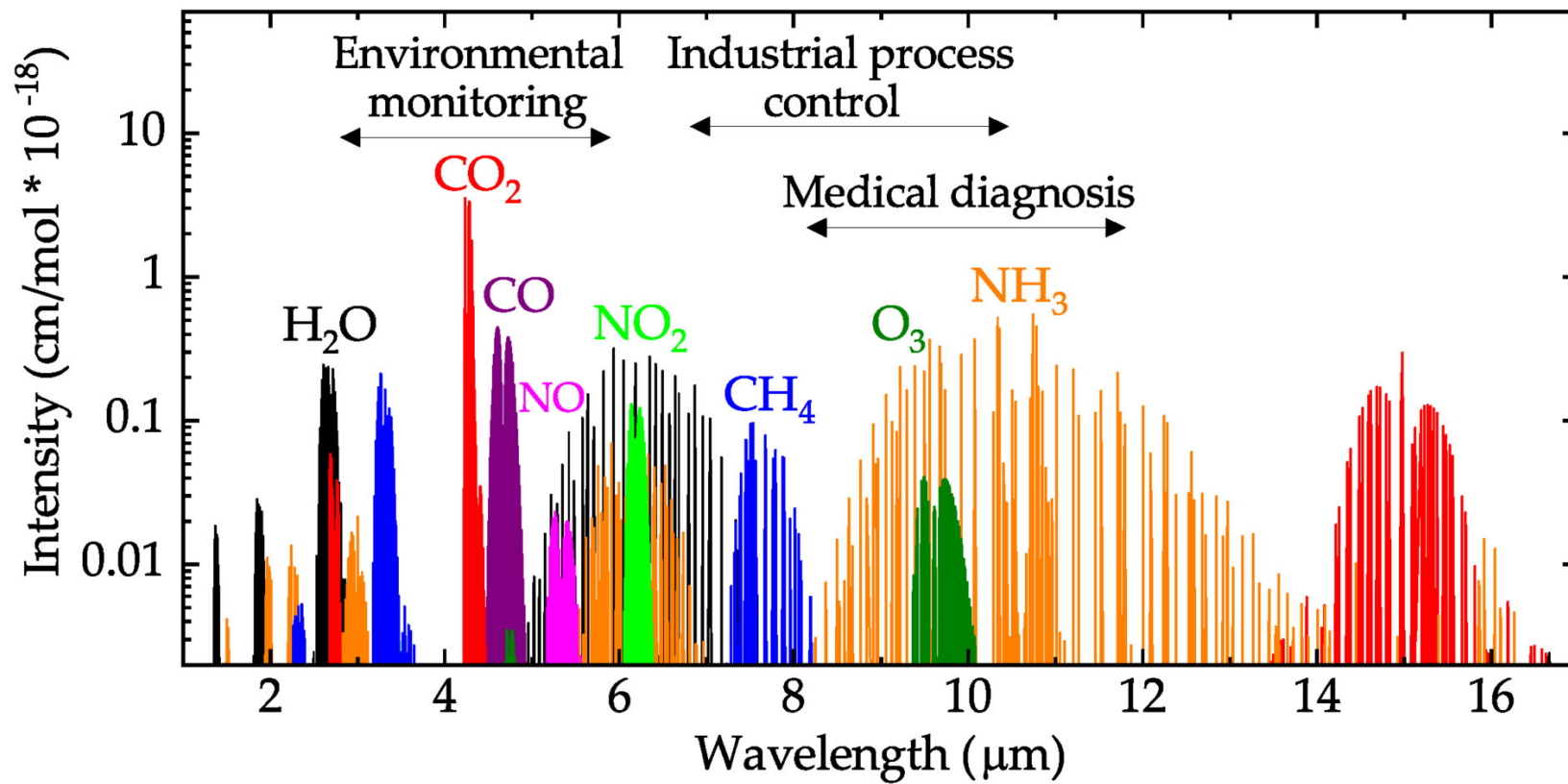
Методите се свеждат до измерване на това, каква част от светлината се поглъща от изследваната газова смес. За вода може да се ползва микровълнова печка.

Изборът на метод за всеки газ се определя от неговата:

- избирателност;
- чувствителност;
- стабилност;

•Измерване на състава на газови смеси

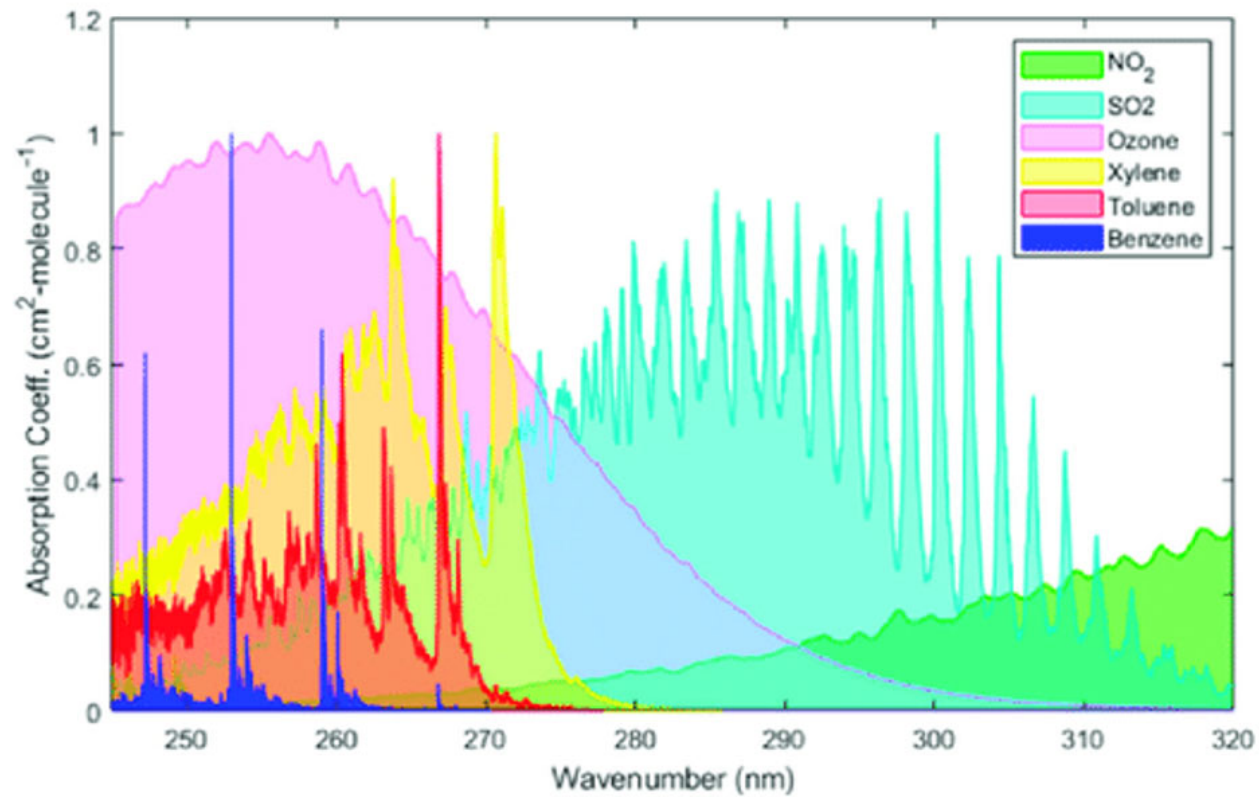
Оптически методи, IR спектър.



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, **UV** спектър.

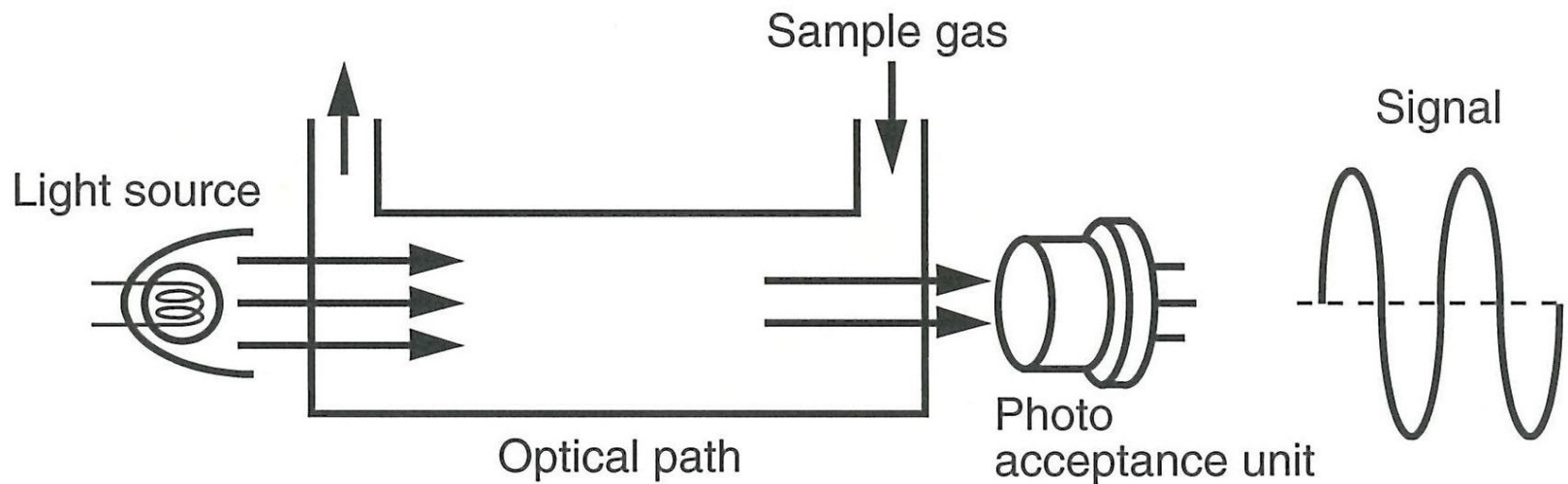


•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, примери.

За компенсиране на нестабилността на източника на светлина и околната среда почти винаги се ползва контролен канал с известен състав на газовата смес;

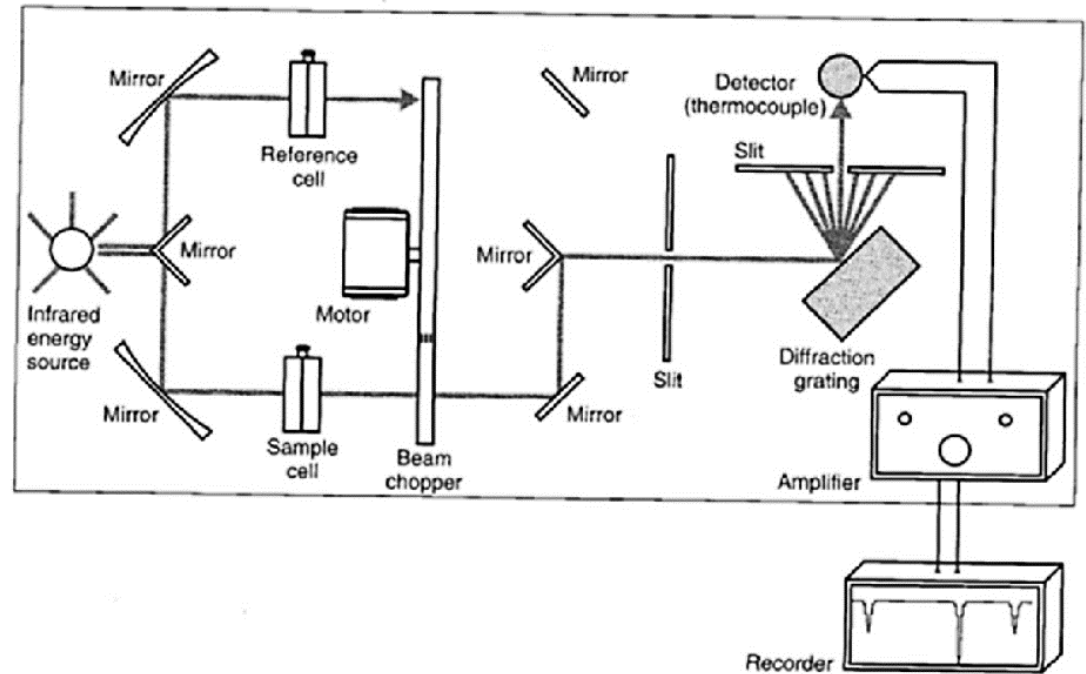
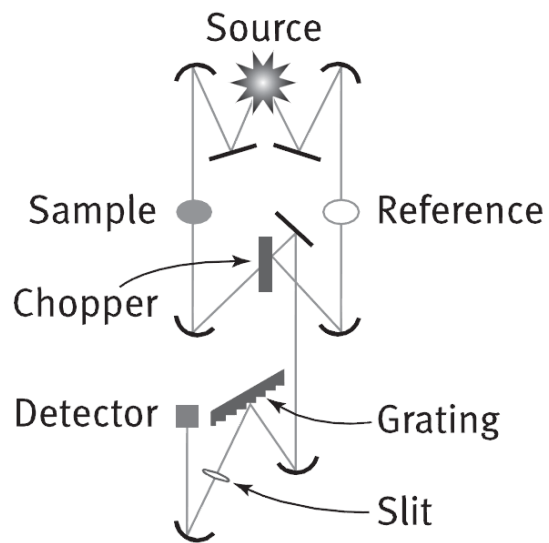
Structure of Non-Dispersive Infrared Absorption Sensor



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

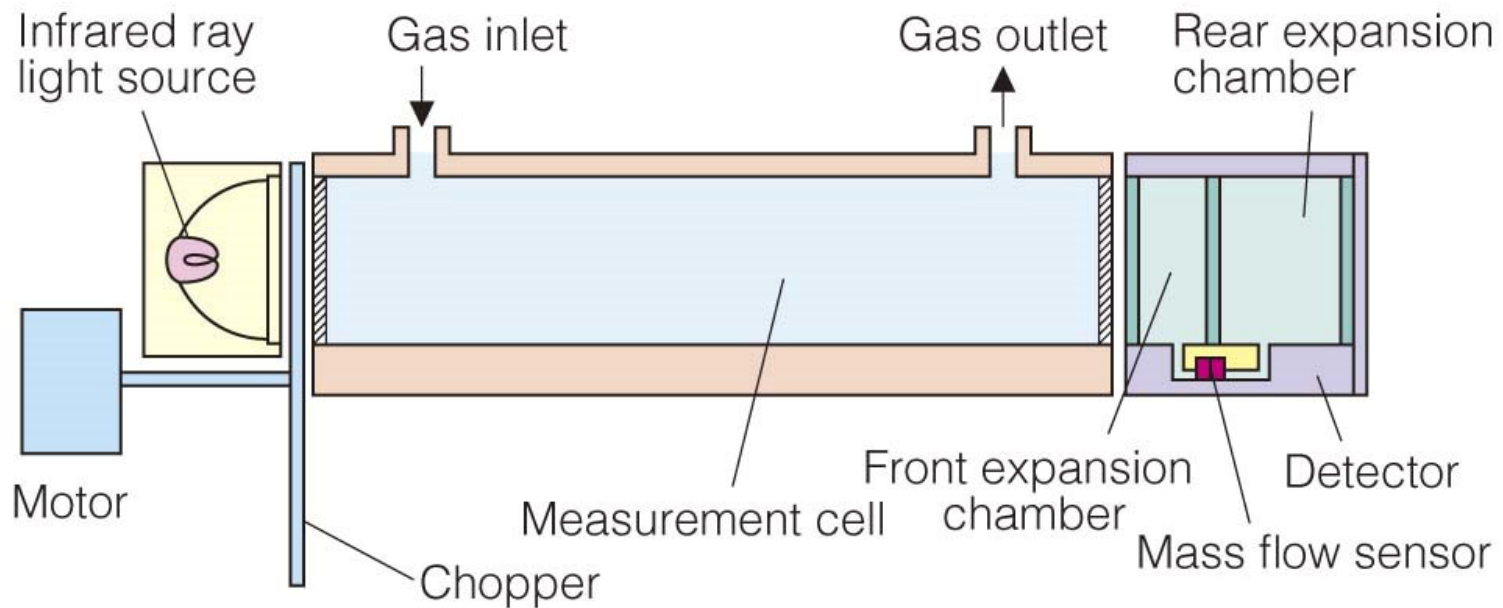
Оптически методи, дисперсен IR спектрометър.



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

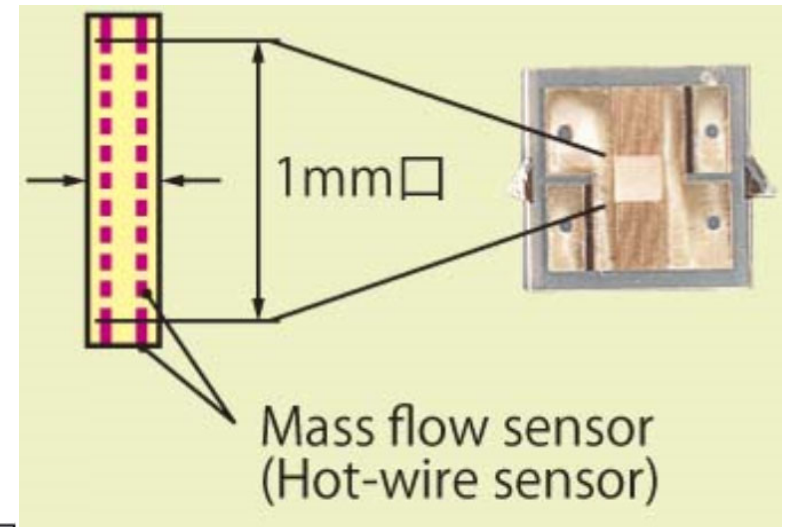
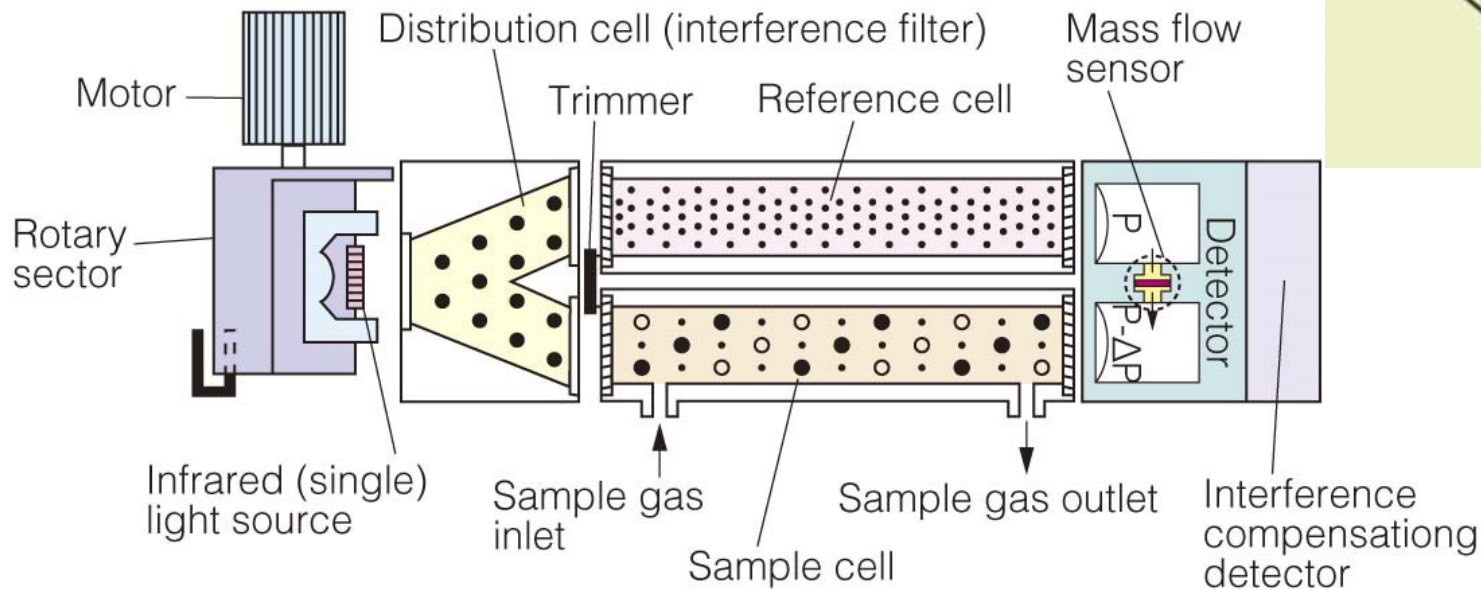
Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор, $P.V = k.T$;



Електронни устройства за измерване и управление

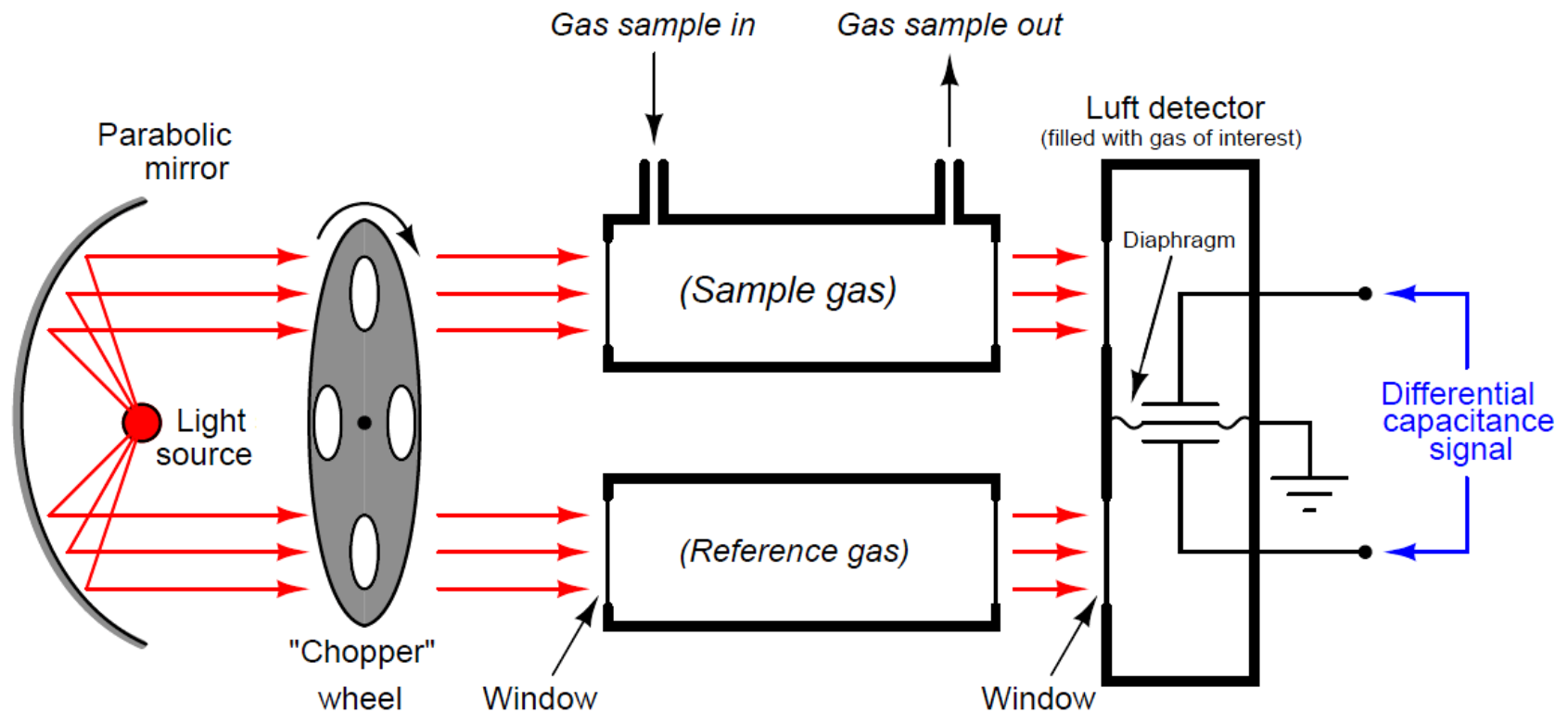
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор.



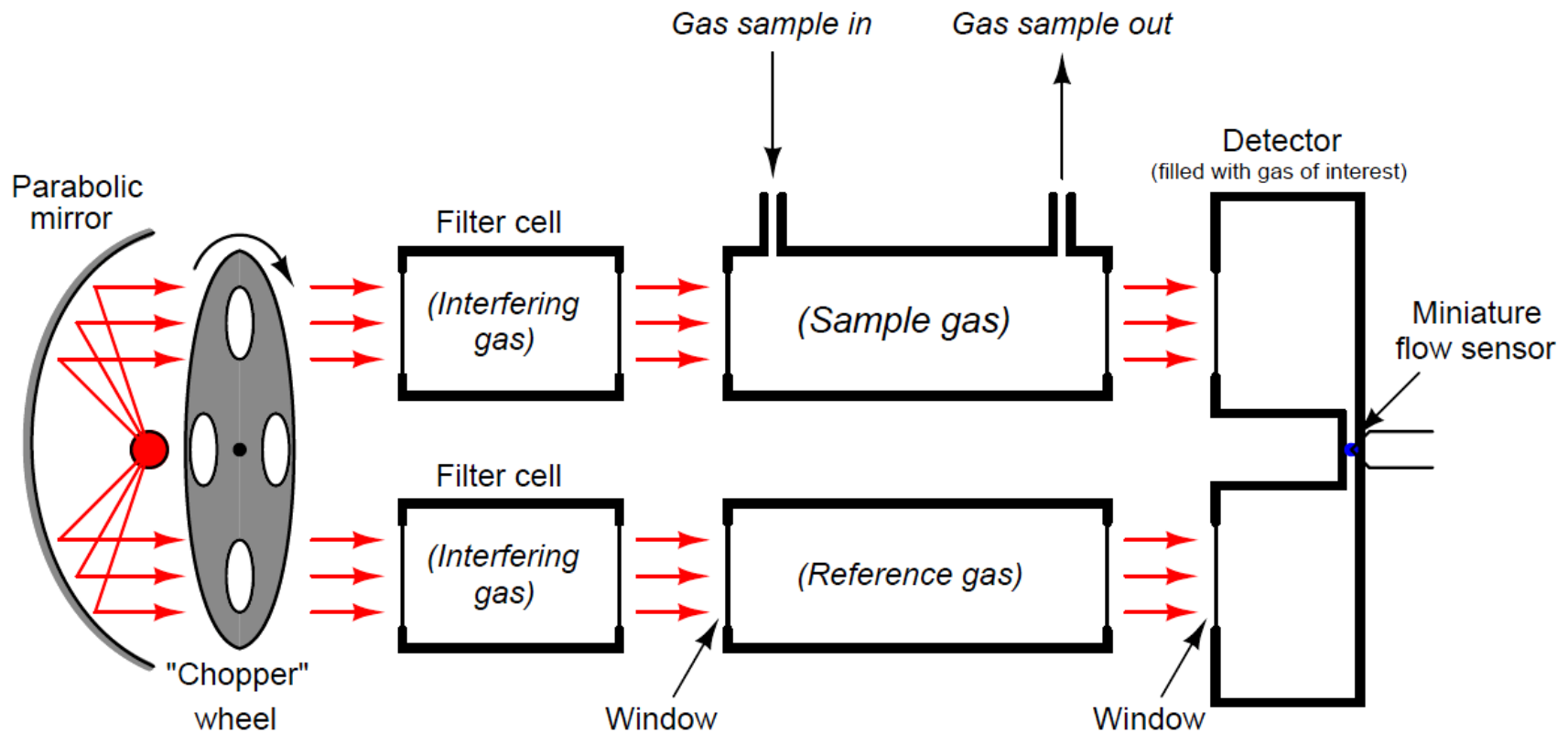
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор.



•Измерване на състава на газови смеси

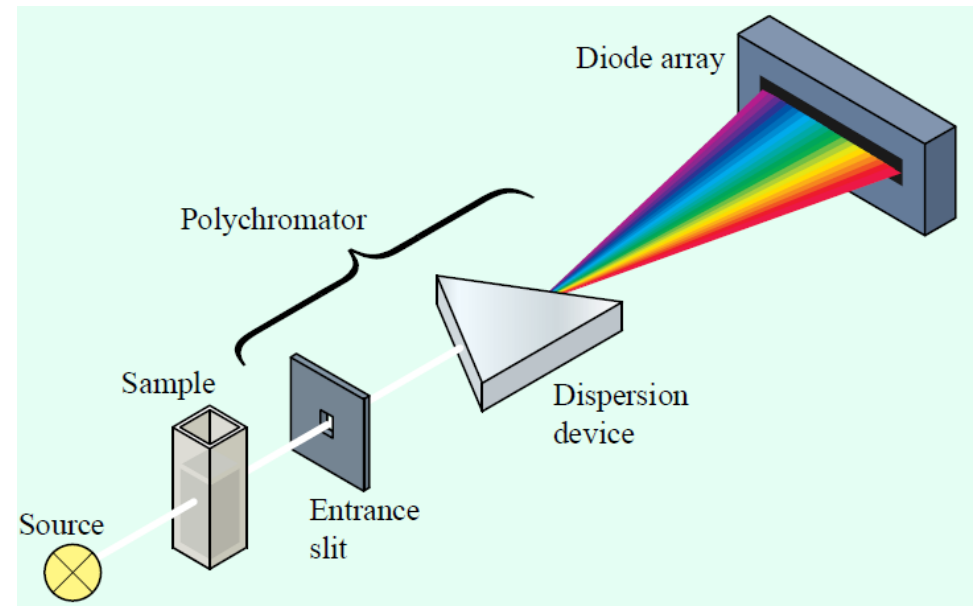
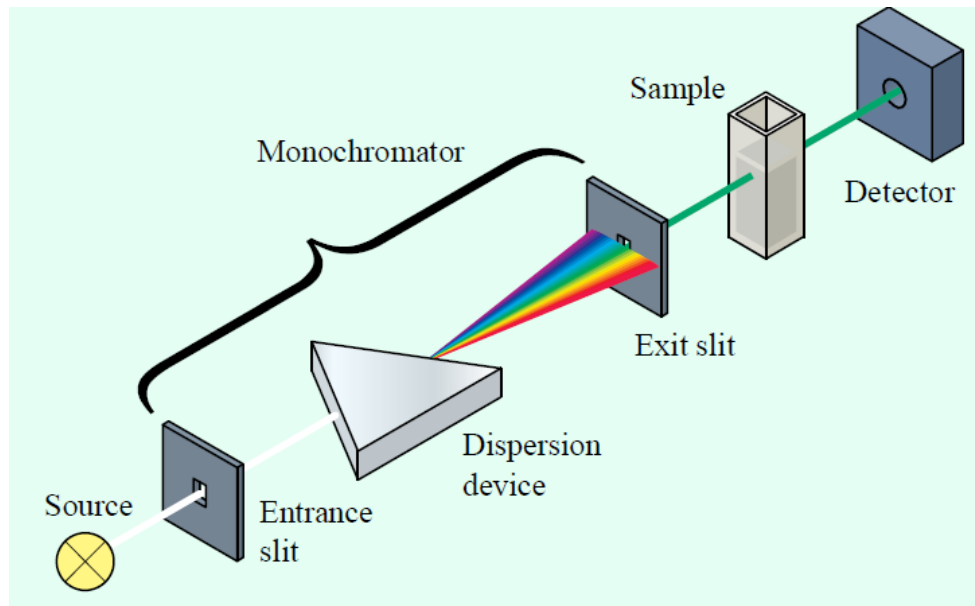
Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор.



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

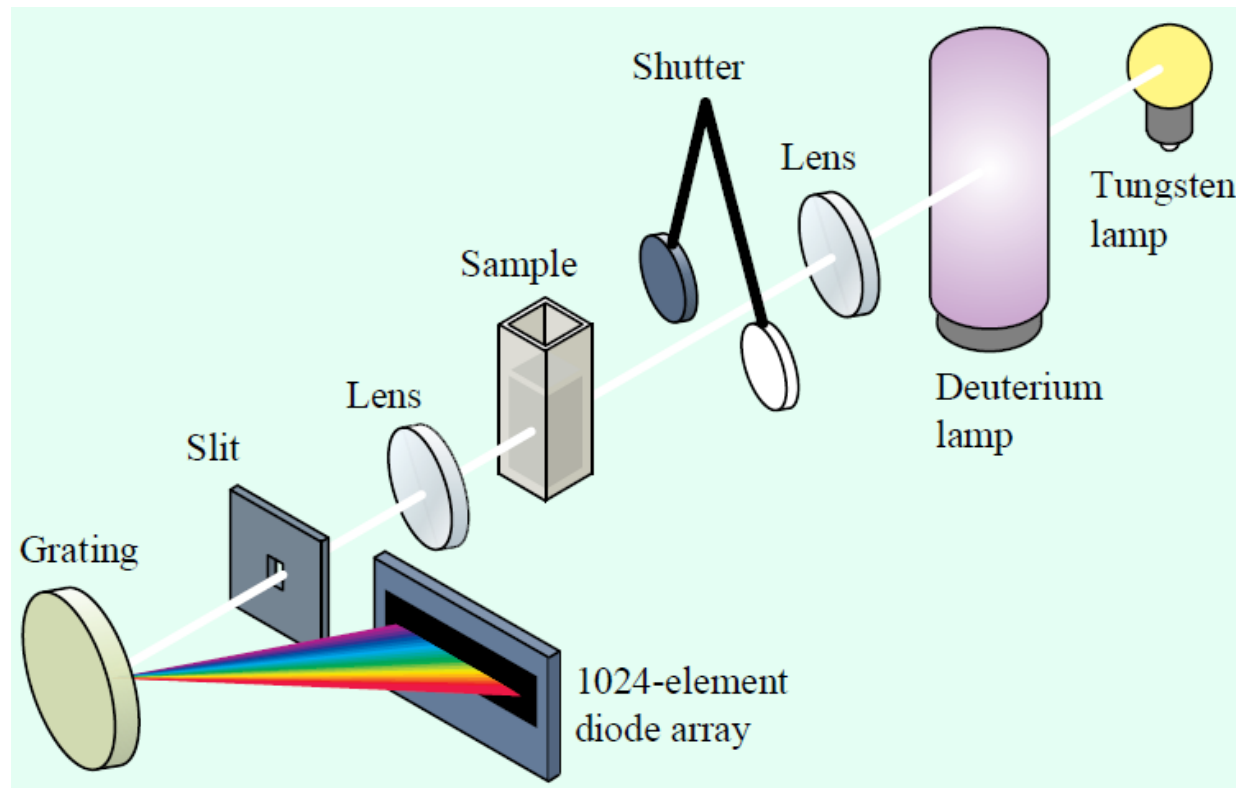
Оптически методи, спектрален газоанализатор.



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

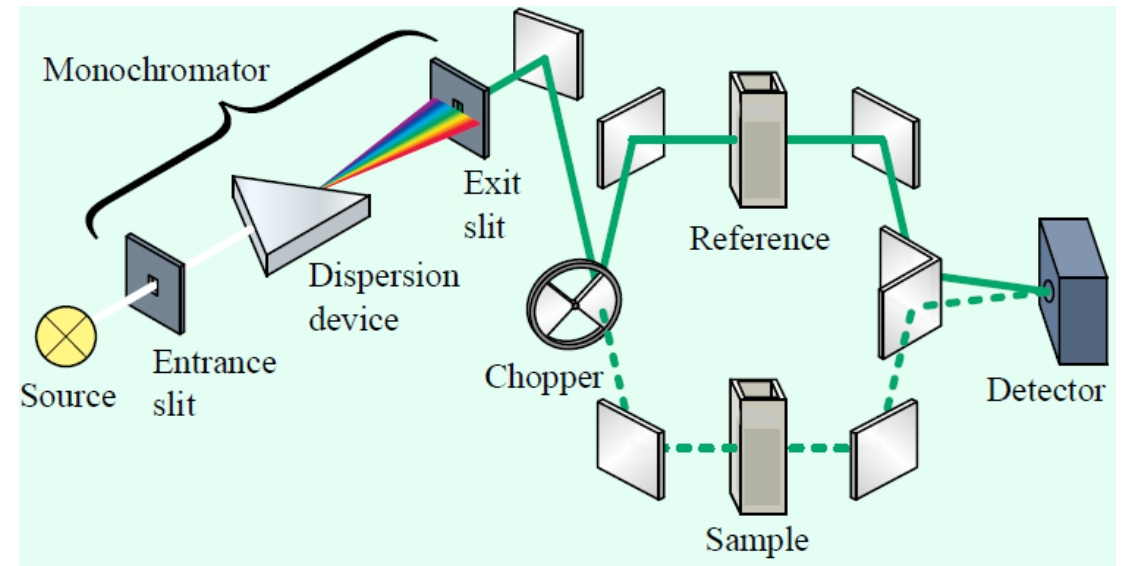
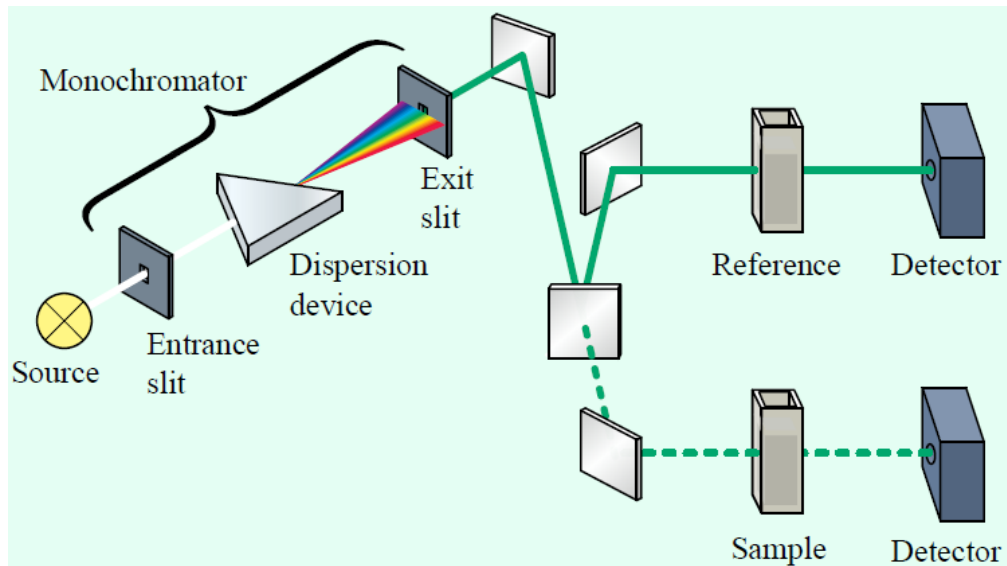
Оптически методи, спектрален газоанализатор.



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, спектрален газоанализатор.



Електронни устройства за измерване и управление

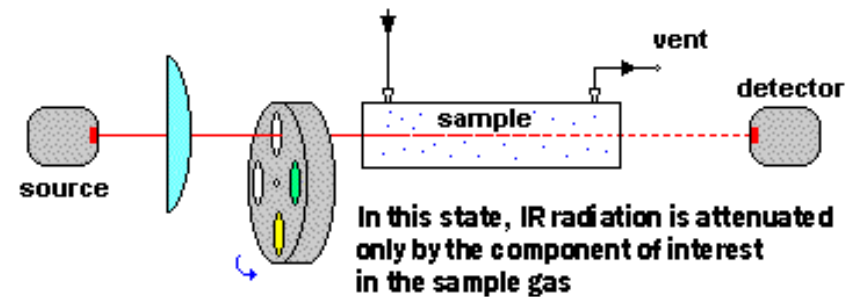
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, газоанализатор
за няколко газа.

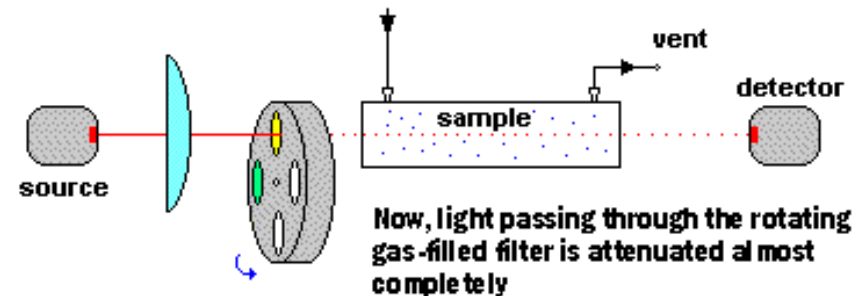
Използват се филтри които
пропускат различен спектър.

Измерването се свежда до
определяне на отношението
между изходните сигнали на
детектора при преминаване
на светлината през различните
филтри. **Синхронизация.**

Gas Filter Correlation Infrared Photometer



Gas filled rotating filters can be used to detect multiple components or correct for high levels of interference gases.



•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, обобщение.

- универсални и специфични. Универсалните са за изследователски лаборатории;
- за текуща работа, сервиси, химични производства (технологии) и др.
- обикновено са за един или 2 ÷ 4 газа;
- рядко са без еталонен канал;
- почти винаги има модулация (механична). Отстранява се Offset на метода;
- в по-прецизните UV се ползват две спектрални линии едната се поглъща, а другата – не. Колкото са по-близки по цвят (дължина на вълната) толкова по-добре.
- поглъщането се измерва или с фотоприемник (с филтър), или като промяна на налягането с кондензатор, или с измерител на поток на газ;

Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, задачи пред електронните устройства.

- да измерва светлината, директно или косвено. При директно измерване се ползва фотодиод или линейка от фотодиоди. При косвени се измерва модулация на капацитет или на поток който охлажда нагорещен проводник;
- да модулира светлината – механично или електрически;
- да синхронизира модулацията с измерването;
- да осигури останалите части на всеки уред – захранване, индикация, запомняне на резултатите, интерфейси и т.н.
- калибриране и периодична проверка на точността на уреда. В случаи когато се измерват параметри на околната среда (газове на автомобили) **контролът е по-строг.**

Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

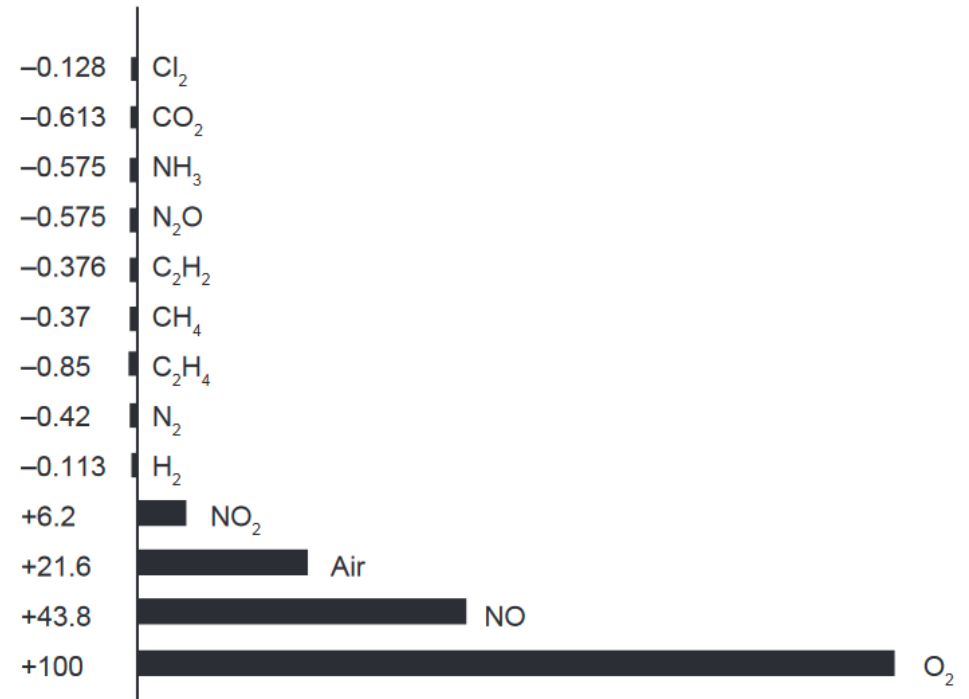
Парамагнитни свойства, същност. Условия (изисквания).

Основава се на парамагнитните свойства

на някои газове (кислород, NO и др.);

Ако в изследваната газова смес има няколко от парамагнитните газове измерването няма да е прецизно;

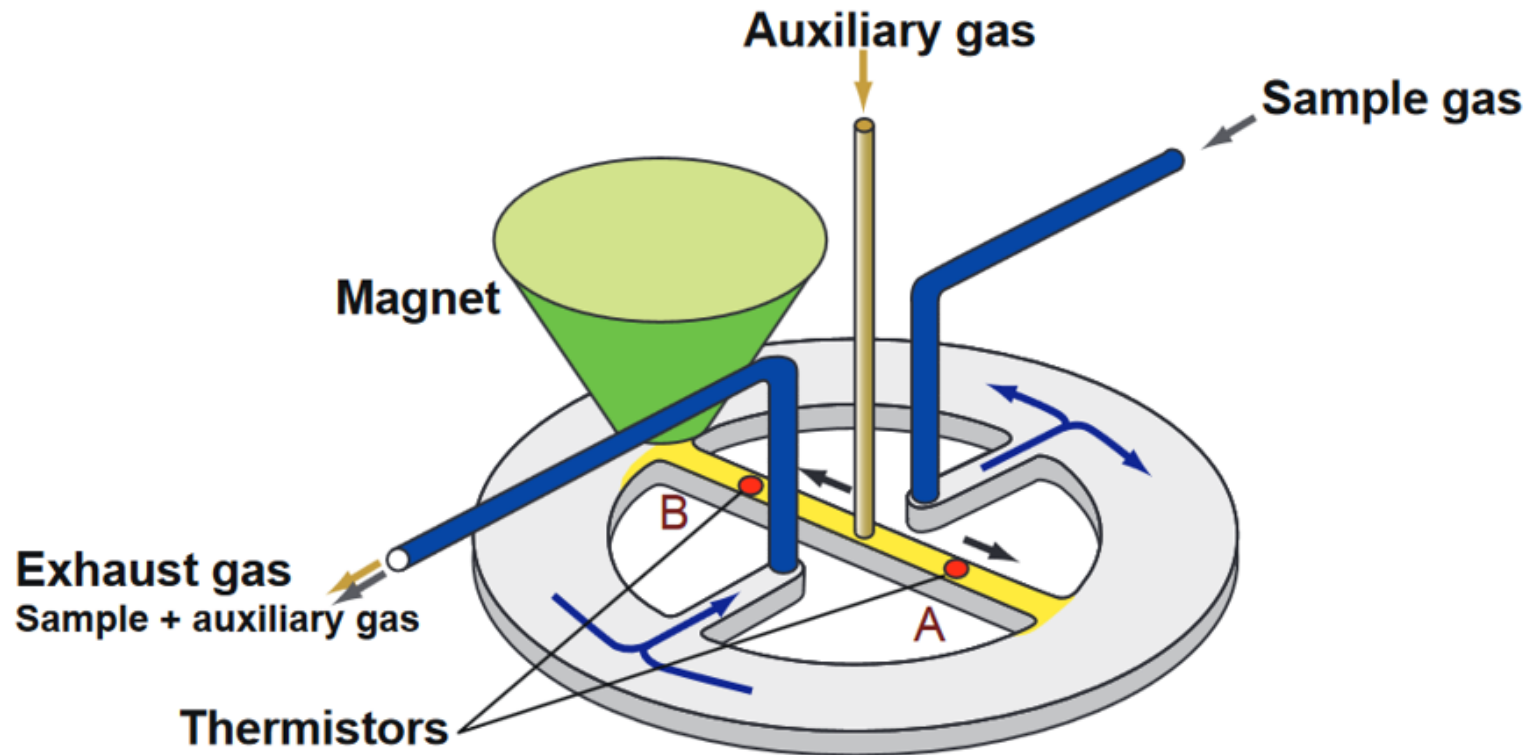
И в този случай може да се ползва еталонна газова смес. Във всички случаи **съставките на изследваната смес трябва да са известни.**



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

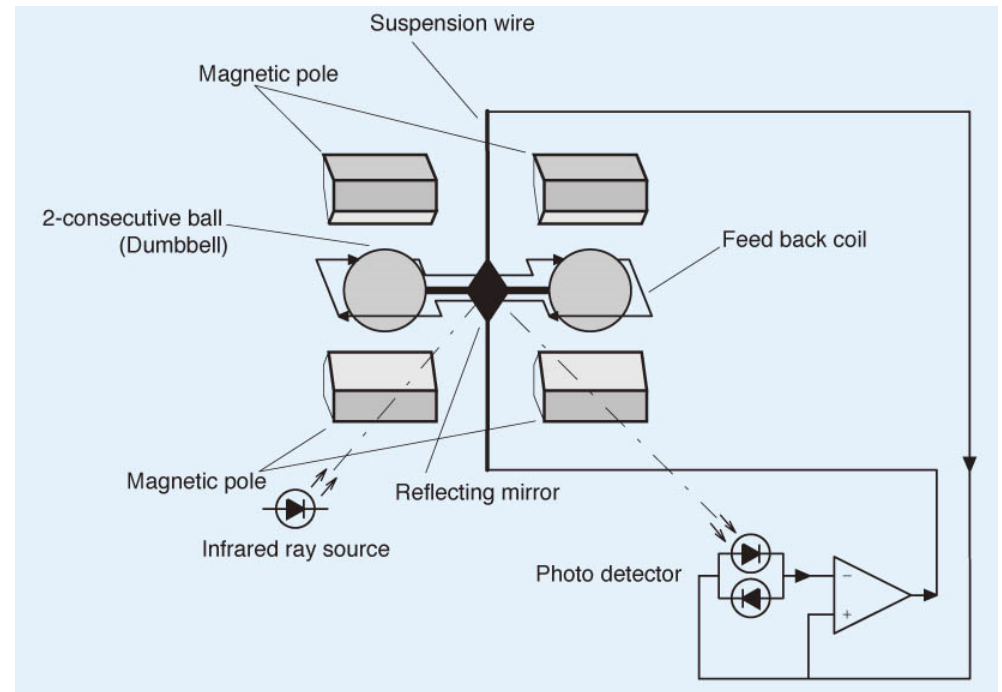
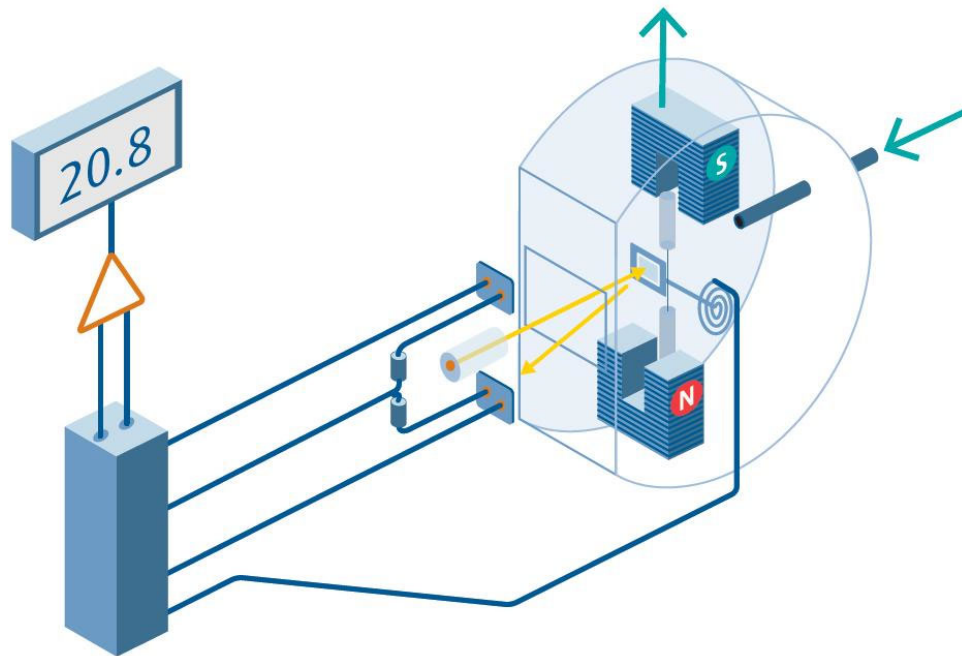
Парамагнитни свойства, примери. Измерва се температурна разлика.



Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

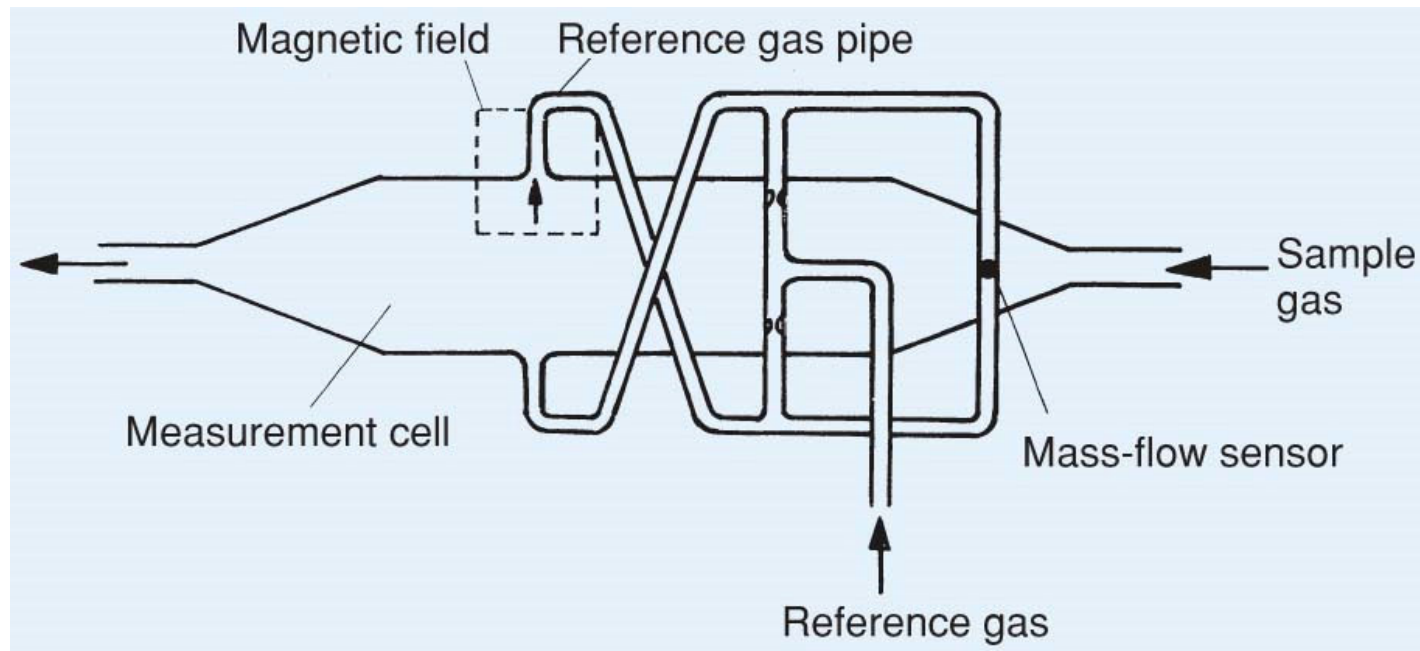
Парамагнитни свойства, примери. Измерва се ток който компенсира завъртане.



•Измерване на състава на газови смеси

Парамагнитни свойства, примери.

Измерва се газов поток (температура).



•Измерване на състава на газови смеси

Парамагнитни свойства, обобщение.

- най-често се използва за измерване на кислород O_2 ;
- съставките трябва да са известни, например O_2 във въздуха;
- неизвестните съставки трябва да са малко (като %), пример с въздуха;
- силна зависимост на ефекта от температурата и налягането;
- периодична калибровка, **апаратурата да е проектирана така**;
- измерването се свежда до измерване на разбалансиране на термочувствителен

мост, на поток или температурна разлика, като се изисква:

- постоянна околна температура или компенсация;
- постоянен газов поток;

Електронни устройства за измерване и управление

•Измерване на състава на газови смеси

Каталитично горене, същност. Условия (изисквания).

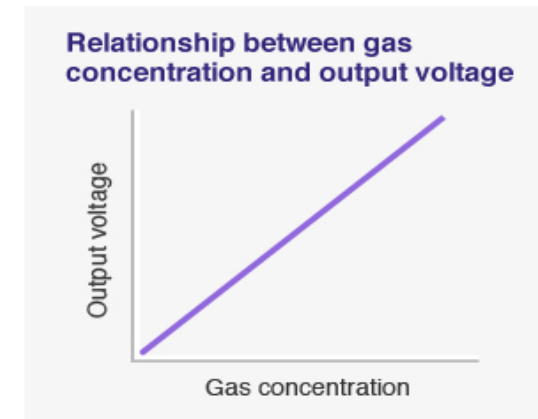
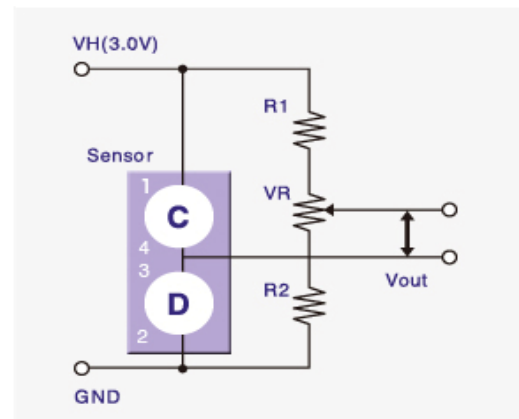
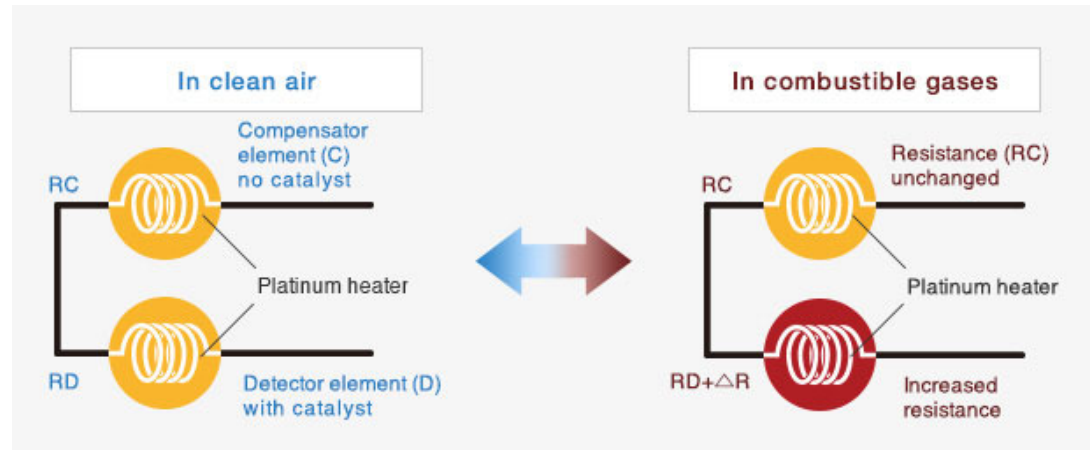
Използват се два елемента от

Pt – измервателен и компенсиращ.

Измервателният елемент е така обработен, че да бъде катализатор.

От захранващото напрежение на моста се загряват до температура при която протича каталитично горене.

Когато има горим газ **за който е катализаторът**, той гори и така се повишава температурата.



Електронни устройства за измерване и управление

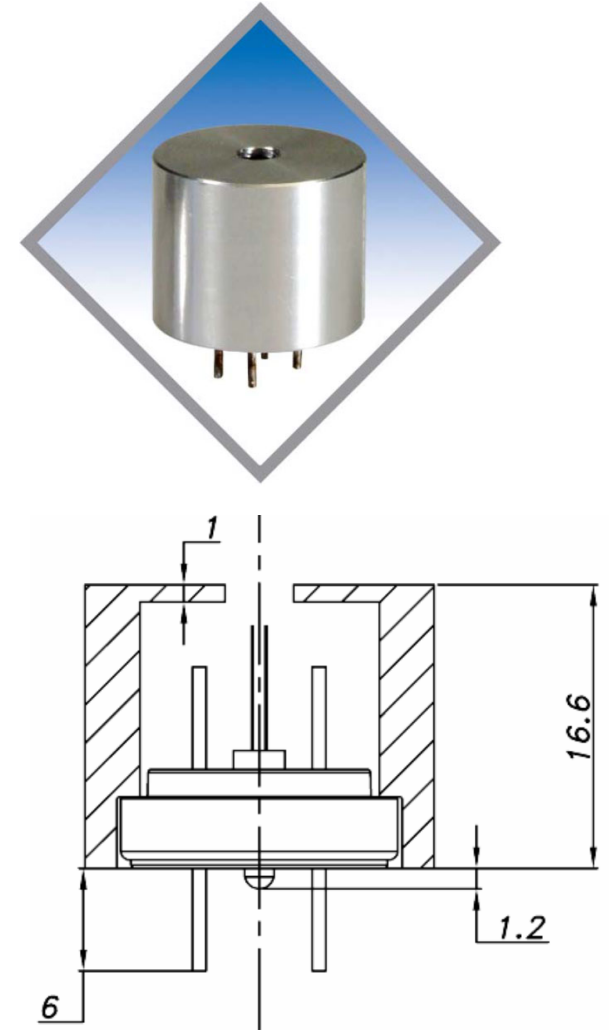
•Измерване на състава на газови смеси

Каталитично горене, пример с миниатюрен сензор.

Принципът е един и същ. Различна е конструкцията и начинът на измерване и отчитане. Катализаторът също е различен за различните газове.

Конкретният пример е за определяне на съдържанието на CO в състава на изгорелите газове. Съвременните сензори имат време на измерване от 10 до 20s и то за достигане на **50% от крайното показание**, а работната температура е от **60 до 130°C** (за разлика от традиционните **250–400°C**).

Уредите с микроконтролери позволяват да се **прогнозира** крайната стойност 5-10 пъти по-бързо.



•Измерване на състава на газови смеси

Електрохимични газови сензори, принцип.

https://wiki.seeedstudio.com/Sensor_gas/

Основават се на галванични елементи (може със сух електролит) с изход ток, напрежение или които променят изходното си съпротивление.

Работната им температура, в повечето случаи, е значително по-висока от околната.

Чувствителните елементи, по състав, са различни за различните газове, по-често **група от газове**. Например повечето от сензорите за алкохол са чувствителни и към други газове, но те **няма как да се намират в изследваната среда** – издишван въздух.

В VME680 чувствителният елемент е слой от калаен двуокис (SnO_2). Той се загрява до над 300°C и вследствие на взаимодействие с **VOC** съпротивлението му спада.

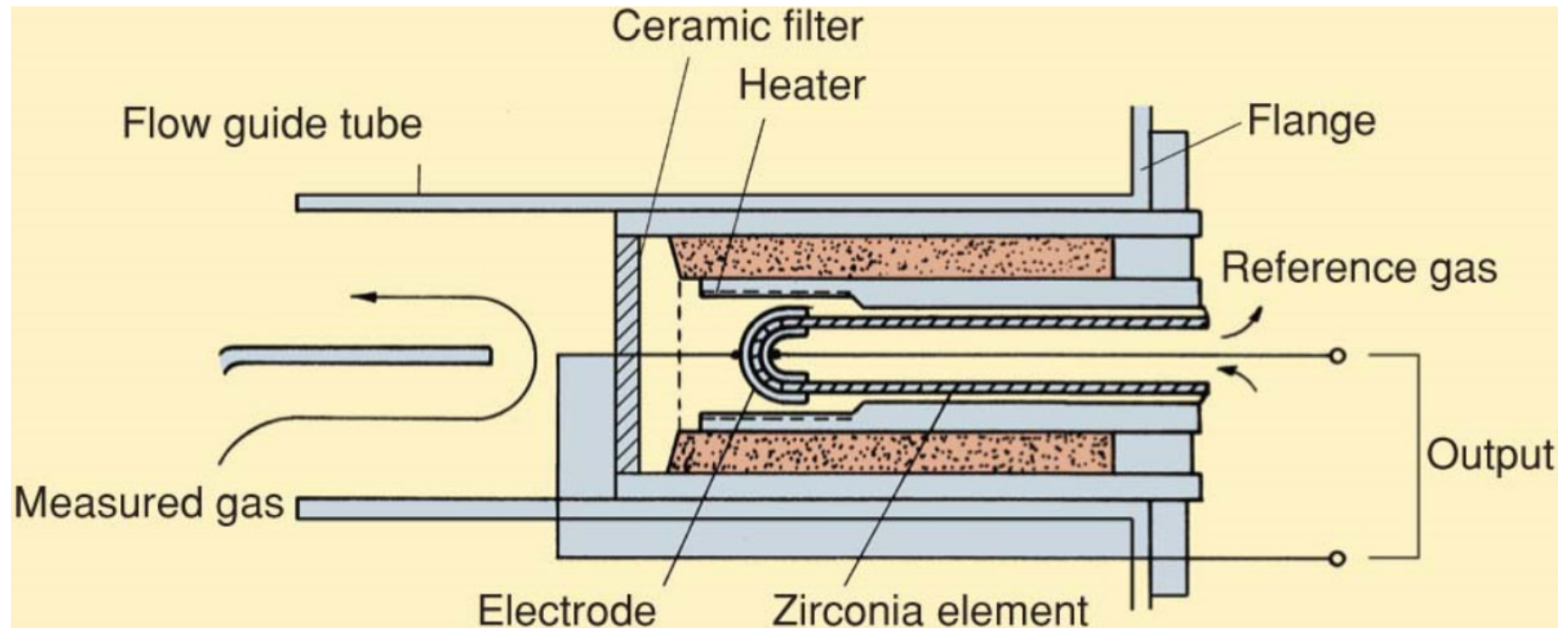
VOC (Volatile Organic Compounds) – летливи органични съединения, разтворители, могат да горят.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на състава на газови смеси**

Електрохимични газови сензори, примери.

Кислороден сензор на базата на ZrO_2 (Zirconium Dioxide) – галваничен елемент;



Електронни устройства за измерване и управление

• Измерване на състава на газови смеси

ZrO₂ е електролитът на галваничния елемент, а кислородните молекули определят напрежението и тока. Работната температура е висока, обикновено е необходимо допълнително нагряване. Показаният сензор (Ламбда (λ) сонда) се използва за определяне на кислородното съдържание в изгорелите газове на автомобила.

Ламбда (λ) сонда, параметри при работна температура 300÷350°C

- при $\lambda = 0,9$ напрежението в изхода $\geq 0,65V$;
- при $\lambda = 1,1$ напрежението в изхода $\leq 0,25V$;
- време за сработване при обеднена горивна смес ≤ 250 ms;
- време за сработване при обогатена горивна смес ≤ 450 ms;
- изходно съпротивление при 300÷350°C ≤ 10 k Ω .

Има Ламбда (λ) сонди които работят и с други електролити (освен с ZrO₂) !

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на състава на газови смеси**

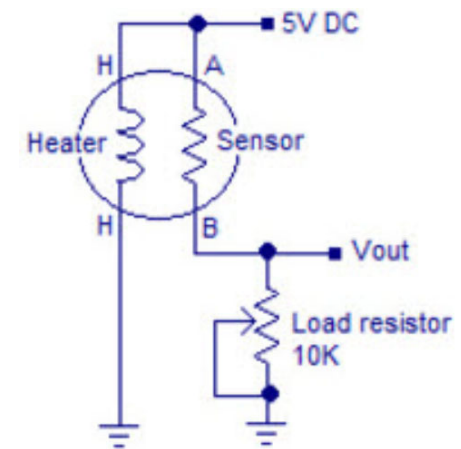
Електрохимични газови сензори, примери.

Това е основната схема на свързване на серия сензори за измерване на газосъдържание – MQ-2 ÷ MQ-9, MQ131, MQ135 ÷ MQ138, MQ214, . . . Те се използват масово за хоби приложения.

Вътрешното им съпротивление се променя от промяната на съдържанието на измервания газ.

Повечето от тях **много силно се влияят** от околната температура и влажност (смущаващи фактори).
Чувствителни са и към други газове освен основния.

<https://www.mysensors.org/build/gas>



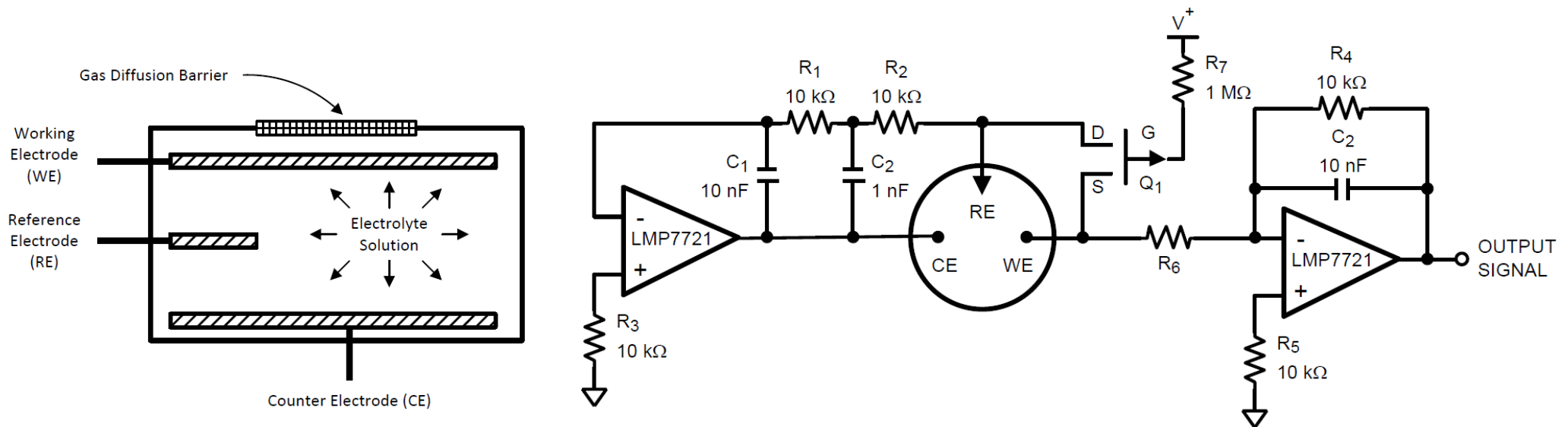
Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на състава на газови смеси**

Схема на **Potentiostat** от Texas Instruments за електрохимични сензори. Измерва O_2 .

Потенциостатът е електронна схема която поддържа постоянно напрежение между WE работен и RE опорен електроди, в случая 0V. Използва се при електро-химични измервания.

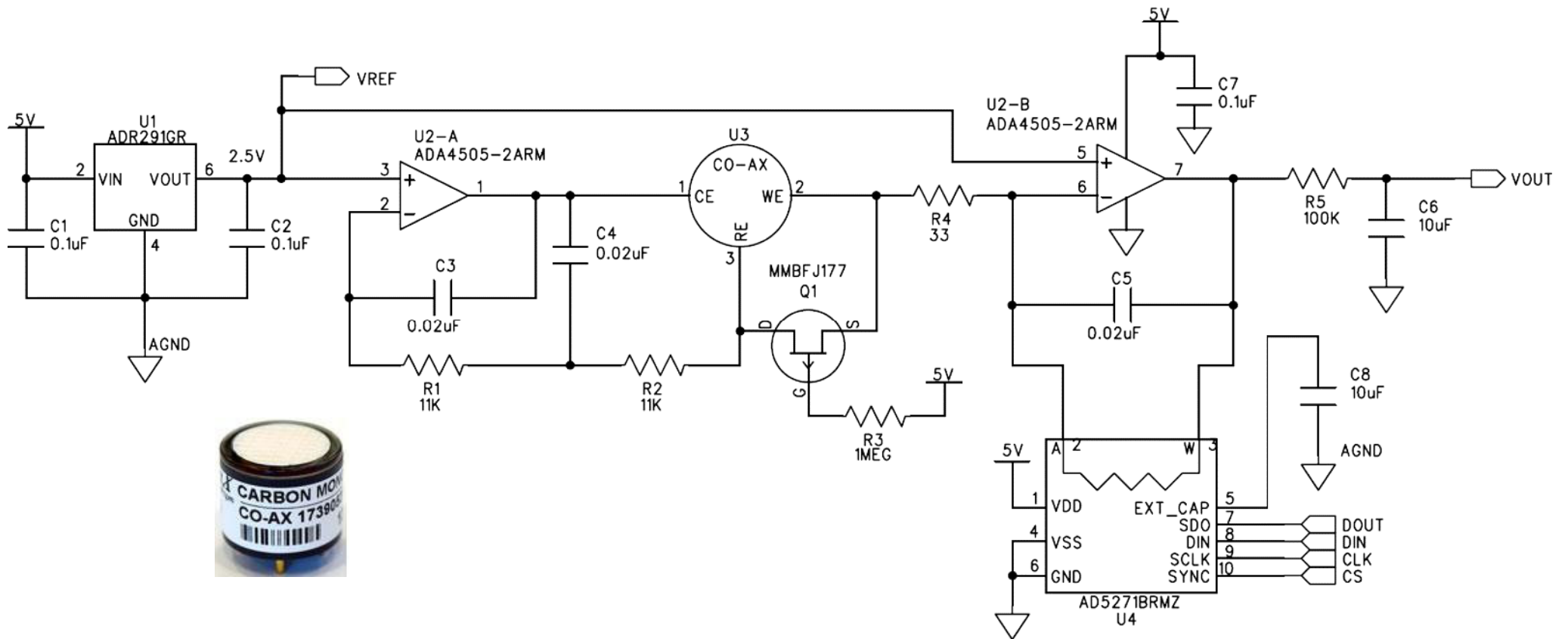
Изходният ток на сензора е много малък (nA), изисквания към ОУ. I_{in} LMP7721 < 1pA при 85°C.



Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на състава на газови смеси

Схема на Potentiostat от Analog Devices. Измерва CO.



Електронни устройства за измерване и управление

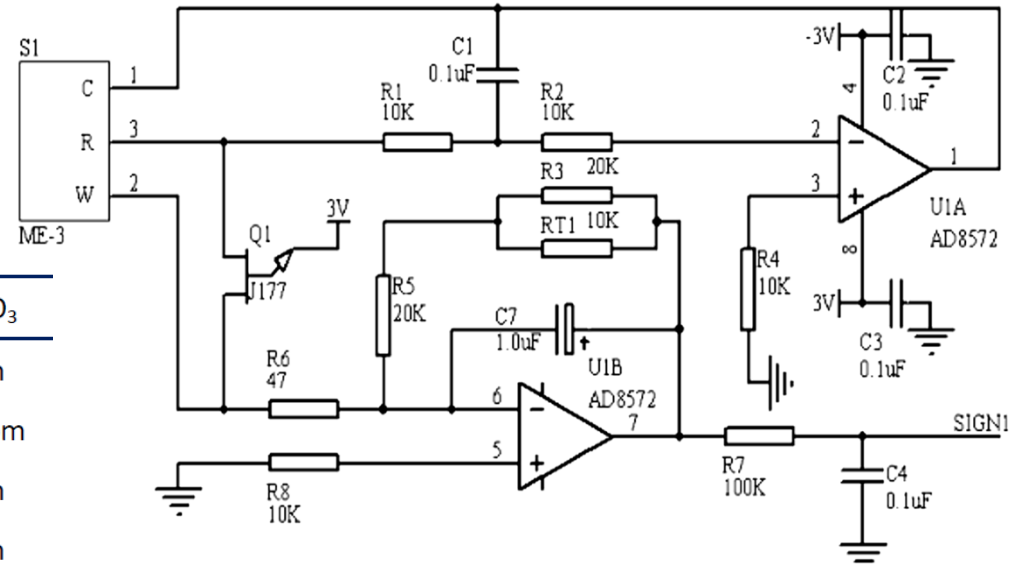
- **Измерване на състава на газови смеси**

Сензор за измерване на **озон** ME3-O₃. Схемата е подобна на предишните две.

Влиянието на други газове е относително слабо.



Gas	Concentration	ME3-O ₃
CL2	3ppm	1ppm
H2S	15ppm	<-1ppm
CO	300ppm	0ppm
SO2	5ppm	0ppm
HCN	10ppm	0ppm
HCL	5ppm	0ppm
NO	35ppm	0ppm

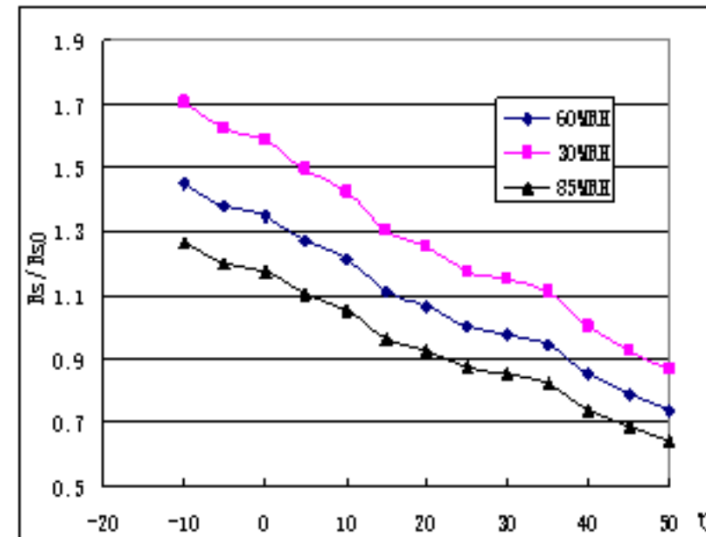
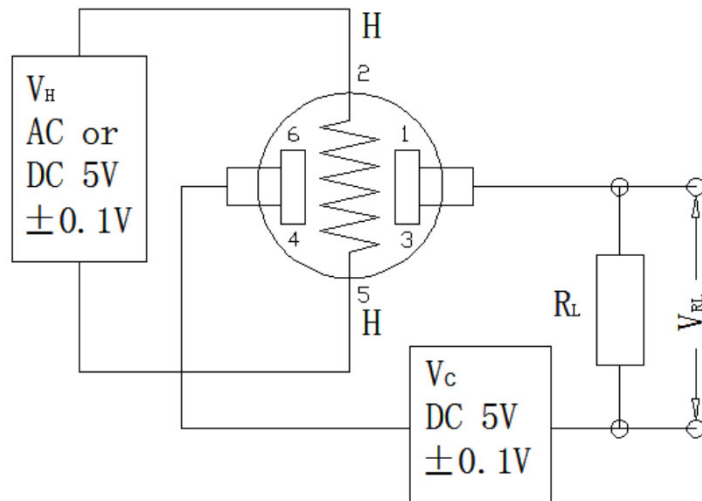


Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на състава на газови смеси**

MQ131 за **озон**. Използва се подобно на другите MQ сензори – има нагревател и променя съпротивлението си от изследвания газ. Консумацията е значителна.

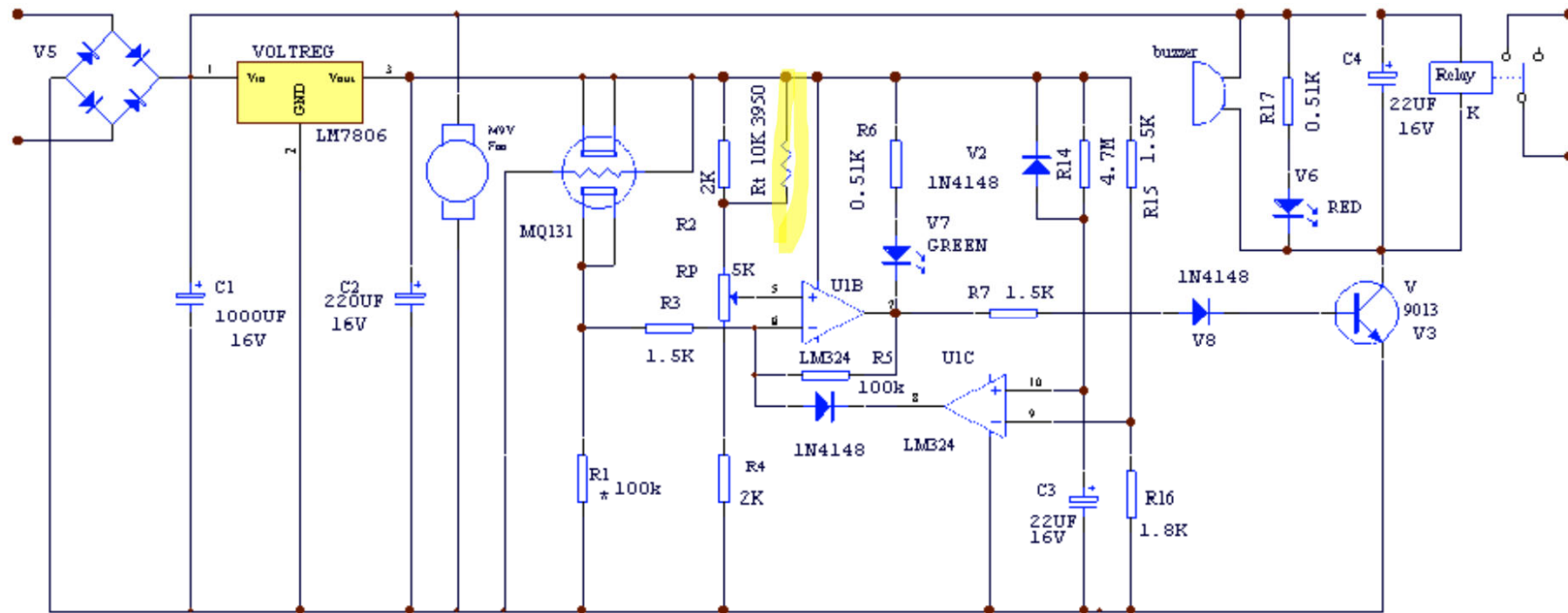
Влиянието на температурата и влажността е значително – на фигурата.



Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на състава на газови смеси**

MQ - 131 за **озон** (различен от MQ131). Сензорът не може да се използва за (точни) количествени измервания без компенсация и периодични калибровки. Удобен е за контрол на средата (аларма) когато се надвишат допустими норми – примерна схема:



Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на състава на газови смеси**

Съвременни сензори и уреди за измерване на газови смеси, обобщение:

- принцип на работа, основава се на известни физически и физико-химически явления;
- изходният сигнал е съпротивление, напрежение или ток (много малък);
- миниатюризация и съвместяване на няколко сензора в един корпус (кристал);
- по-малките размери водят до измерване с по-малко енергия;
- често са интелигентни сензори с предварителна обработка на резултата;
- програмно компенсирани на влиянието на смущаващите фактори – влажност, температура, налягане и т.н.

Електронни устройства за измерване и управление

• Теми за тестови въпроси:

- Методи (сензори) за измерване на газосъдържание. Основни принципи;
- Метод с измерване на топлопроводност. Описание. Предпоставки;
- Влияние на околните фактори (условия)? Компенсация на влиянието;
- Какво означава и защо трябва сензорът да работи в режим на самонагриване?
- Защо (кога) е необходимо термостатиране при измерване на газосъдържание?
- Каква е структурната схема на измервателния уред (някоя от дадените схеми)?
- Правила (подходи) за измерване на газосъдържание на оптически принцип;
- Задачи пред електрониката при измерване на газове на оптически принцип;
- Използване на парамагнитни свойства – основни принципи. Какво се мери?
- Каталитично горене, описание, приложение;
- Електрохимични методи за измерване, особености.
- За всички методи – какво се мери в електронната част на уредите?