

Come scegliere dei sensori di gas low-cost



Quando cerchiamo sensori o rivelatori di gas, la prima cosa che troviamo sono i sensori della serie "MQ", che viene utilizzata per rilevare diversi tipi di gas. Essi forniscono un'uscita analogica, quindi possono essere facilmente gestiti dalle schede di sviluppo open-source, come Arduino.

I sensori di gas della serie "MQ" sono prodotti dalla società cinese *Hanwei Electronics*, e costituiscono i più comuni (e anche i più economici e di minor qualità) sensori di gas sul mercato. La loro bassa qualità è, in generale, "compensata" dal loro basso costo. Di seguito vedremo come funzionano e come scegliere questi sensori – o altri basati su differenti tecnologie – per alcune applicazioni prevalentemente *indoor*, ma in alcuni casi per un utilizzo *outdoor* (fisso oppure mobile, ad es. per "mappature").

Ad esempio, con il sensore MQ-2 puoi costruire un allarme per le perdite di gas in casa, che dovrebbe emettere luci, suoni o rumori allarmanti ogni volta che il metano nell'aria supera una soglia da noi impostata. Il sensore MQ-3 può essere usato per controllare il livello di alcool nel respiro. Il sensore MQ-7 di monossido di carbonio può essere usato per l'analisi dei gas emessi dalle auto. Infine, il sensore MQ135 (NH_3 , NO_x , fumo, CO_2 , etc.) può essere usato per l'analisi della qualità dell'aria.

Un determinato sensore di gas MQ è in grado di rilevare uno o più componenti presenti nell'aria, perciò la Hanwei ha progettato un'intera serie di sensori di gas. Hanno nomi simili, per cui è probabile che all'inizio causino confusione. Così nella tabella qui sotto potete trovare le caratteristiche principali e un'indicazione di massima del costo sul mercato. Quelli venduti più comunemente sono circa una decina.

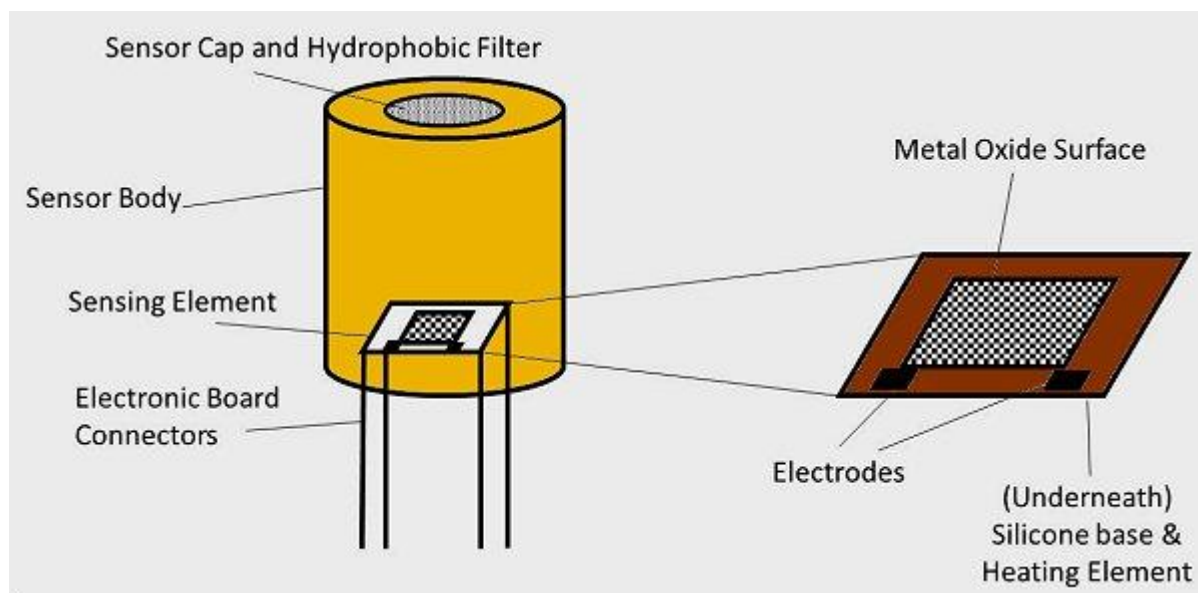
Sensore	Gas rivelati	Tensione riscald.	Costo
MQ-2	Metano, Gpl, Propano, Fumo	5V	4-5 €
MQ-3	Alcool , Etanolo, Benzina	5V	3-4 €
MQ-4	Metano , Gpl	5V	3-4 €
MQ-5	Gpl , Gas naturale	5V	4-5 €
MQ-6	Gpl , Metano	5V	4-5 €
MQ-7	Monossido di carbonio (CO) , Idrogeno	Altern. 5V e 1,4V	7-8 €
MQ-8	Idrogeno	5V	7-8 €
MQ-9	Monossido di carbonio, Metano, Gpl	Altern. 5V e 1,4V	6-9 €
MQ131	Ozono	6V	20-30 €
MQ135	Qualità dell'aria (Ammoniaca, NOx, Benzene, Alcool, Fumo)	5V	3-4 €
MQ136	Acido solfidrico (H2S)	5V	36-42 €
MQ137	Ammoniaca	5V	25-30 €
MQ138	VOC (Benzene, Toluene, Acetone, Alcool, Formaldeide)	5V	34-36 €
MQ214	Metano, Gas naturale	6V	24-26 €
MQ216	Gpl, propano, butano	5V	diff.reper.
MQ303A	Alcool, Etanolo	0,9V	diff.reper.
MQ306A	Gpl, Butano	0,9V	75-100 €
MQ307A	Monossido di carbonio (CO)	Altern. 0,2V e 0,9V	30-32 €
MQ309A	Monossido di carbonio, Metano	Altern. 0,2V e 0,9V	diff.reper.

I gas rilevati dai vari sensori della serie "MQ" della Hanwei. Con il grassetto sono stati evidenziati i sensori più adatti a rivelare un determinato gas.

Inoltre, per comodità del lettore, riportiamo qui di seguito i link alle schede tecniche ufficiali dei vari sensori elencati nella tabella: DATASHEET [MQ-2](#) – [MQ-3](#) – [MQ-4](#) – [MQ-5](#) – [MQ-6](#) – [MQ-7](#) – [MQ-8](#) – [MQ-9](#) – [MQ131](#) – [MQ135](#) – [MQ136](#) – [MQ137](#) – [MQ138](#) – [MQ214](#) – [MQ216](#) – [MQ303A](#) – [MQ307A](#) – [MQ309A](#).

I sensori a semiconduttore e loro limiti

Gli MQ sono sensori del tipo "a semiconduttore", cioè vi è un materiale semiconduttore sensibile al gas, come ad esempio un ossido di metallo. Quando il gas viene a contatto con la superficie di ossido di metallo, quest'ultimo è sottoposto a ossidazione o riduzione. L'assorbimento o il desorbimento del gas sull'ossido di metallo modifica la conduttività o la resistività da un valore di riferimento noto.



Struttura interna di un sensore di gas a semiconduttore.

Questo cambiamento di conduttività o di resistività può essere amplificato e misurato con dei circuiti elettronici. In generale, il cambiamento di conduttività o resistività è in una relazione proporzionale di tipo lineare con la concentrazione di gas. Pertanto, è possibile stabilire una semplice equazione lineare di calibrazione tra resistività / cambiamento di conduttività e concentrazione di un gas.

In pratica, minore è la resistività del sensore e maggiore è la concentrazione del gas. Un esempio di un'equazione di calibrazione per cambiamento di resistività è dato dalla seguente:

$$R_s / R_o = 1 + A \times C_g$$

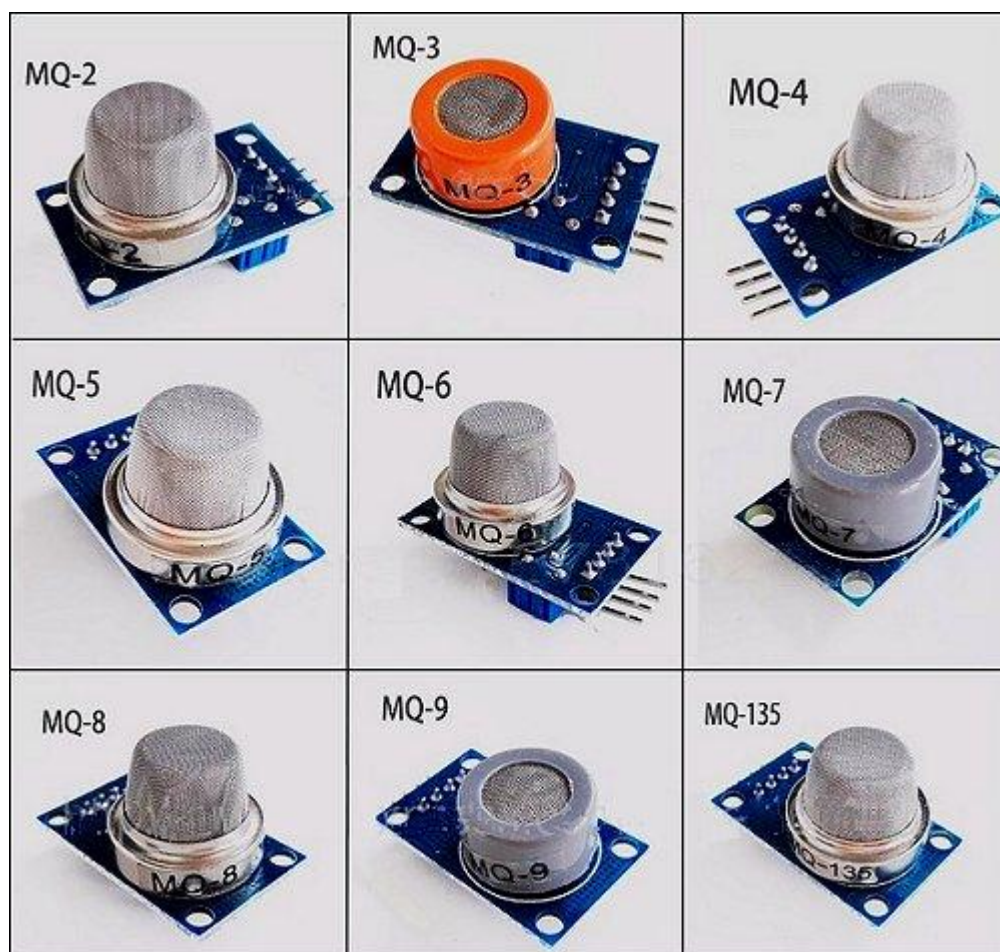
dove R_s è la resistenza del sensore che segue il contatto con un gas, R_o è la resistenza di base, A è una costante e C_g è la concentrazione del gas in questione. La relazione tra R_s / R_o e concentrazione non è però necessariamente lineare e porta a problemi per una calibrazione coerente tra vari sensori.

La superficie dell'ossido di metallo è solitamente un film sottile di un metallo pesante di transizione. Il metallo esatto utilizzato dipenderà dall'applicazione: i sensori della serie MQ, ad esempio, usano di solito il diossido di stagno (SnO_2). Il film si sovrappone a uno strato di silicio e viene riscaldato a una temperatura compresa tra 200 e 400 °C, a seconda delle applicazioni. In tal modo, i processi chimici vengono accelerati e gli effetti delle fluttuazioni delle temperature esterne sono ridotti al minimo.

I sensori a semiconduttore funzionano meglio quando dispongono di un'ampia superficie, perché possono assorbire il più possibile il gas target, specie a basse concentrazioni. Una limitazione dei sensori a semiconduttore è che i gas non bersaglio possono venire assorbiti dalla superficie dell'ossido e fornire false misurazioni. I gas di disturbo importanti includono ozono, acqua e composti organici volatili. Inoltre, tali sensori possono non essere affidabili a elevata umidità relativa ed a temperature variabili.

Nella maggior parte dei sensori MQ, il riscaldatore richiede 5 V di tensione e ha una resistenza di 31 ohm, quindi l'alimentazione deve fornire 200 mA di corrente per il sensore. Inoltre, il sensore

ha un'uscita analogica e digitale, l'uscita analogica (A0) è compresa fra 0 e 5V, l'uscita digitale (D0) passa da Alto a Basso quando viene raggiunto un determinato livello (il livello al quale il pin DO commuta è impostato usando un piccolo potenziometro che si trova sul retro della scheda del sensore).



Alcuni sensori MQ venduti a basso costo su siti come AliExpress. (fonte: AliBaba)

Il riscaldatore dei sensori della serie MQ utilizza di solito un'alimentazione a 5V DC *stabilizzati*, e ciò al fine di non influire sulla tensione in uscita; diversamente, l'alimentazione di alcuni sensori è con impulsi PWM da 2V a 5V di ampiezza, o secondo quanto indicato dal relativo datasheet. Il sensore si riscalda usando questo riscaldatore e il tempo di "preriscaldamento" iniziale prima di ottenere delle misurazioni stabili è di circa 3 minuti, se non diversamente indicato nel datasheet.

Guida pratica alla scelta di un sensore

Un singolo sensore della serie MQ rileva più gas – mostrati da altrettante curve sul grafico di sensibilità del sensore nel relativo datasheet – e di conseguenza non c'è modo di dire quale gas sia. Se si combina più di un sensore, oppure lo si sceglie opportunamente, è possibile però discriminare meglio, o comunque più facilmente, i gas presenti nell'aria che vogliamo analizzare o monitorare.

Il problema di fondo è che sensori diversi della serie MQ possono rilevare lo stesso gas. Ad esempio, MQ-2, MQ-3, MQ-5 e MQ138 possono rilevare tutti l'alcool. Quindi, se si vuole un sensore di alcool, quale conviene scegliere? Sebbene la maggior parte dei sensori di cui sopra siano in grado di rilevare l'alcol, è necessario innanzitutto sapere che hanno una diversa gamma di

sensibilità all'alcool. Ovviamente vogliamo la massima sensibilità, per cui dovremo confrontare le loro schede tecniche (datasheet).

La tabella qui sotto realizzata da *Seeed Studio* riassume, per ogni gas di possibile interesse e rilevabile dai sensori di gas più comuni, la gamma di sensibilità dei vari sensori low-cost ed i relativi costi indicativi. Si noti che la parola "Grove" sulla colonna dei modelli di sensori sta a indicare, semplicemente, che il sensore è già fornito su una basetta con connettori standardizzati per una facile integrazione con Arduino.

GAS	Range	Price	Product Name
CO	200 ~ 10000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
	0.05 ~ 10ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ3)
	200 ~ 10000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ5)
	20 ~ 2000ppm	7.5\$	Grove - Gas Sensor(MQ9)
	0 ~ 1000ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
Alcohol	200 ~ 10000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ5)
	100ppm ~ 2000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
	10 ~ 500ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
	20 ~ 1000ppm	7.9\$	Grove - Alcohol Sensor
	0.05 ~ 10ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ3)
O2	0 ~ 25% VOL (0 ~ 250000ppm)	59\$	Grove - Gas Sensor(O ₂)
HCHO	5 ~ 40ppm	14.9\$	Grove - HCHO Sensor
CH4	200 ~ 10000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ5)
	5000 ~ 20000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
	500 ~ 10000ppm	7.5\$	Grove - Gas Sensor(MQ9)
	> 1000ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
	0.05 ~ 10ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ3)
Hexane	0.05 ~ 10ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ3)
Propane	> 1000ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
	200 ~ 5000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
Butane	3000 ~ 5000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
Benzine	0.05 ~ 10ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ3)
LPG	200 ~ 10000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ5)
	200 ~ 5000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
	500 ~ 10000ppm	7.5\$	Grove - Gas Sensor(MQ9)
	0.05 ~ 10ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ3)
H2	300 ~ 5000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
	1 ~ 1000ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
	200 ~ 10000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ5)
Smoke	200 ~ 10000ppm	6.9\$	Grove - Gas Sensor(MQ2)
N02	0.05 ~ 10ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
NH3	1 ~ 500ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
Iso-butane	> 1000ppm	39.9\$	Grove - Multichannel Gas Sensor
CO2	0 ~ 2000ppm	99.9\$	Grove - CO2 Sensor

Tabella per la scelta di un sensore di gas low cost. (fonte: Seeed Studio)

Si possono quindi individuare i sensori disponibili per misurare i gas: biossido di azoto (NO_2), monossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH_3), fumo, formaldeide (CH_2O), anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4), esano, propano, benzina, gpl, alcool, ossigeno (O_2), idrogeno (H_2).

Dalla tabella appena mostrata, puoi vedere che "Grove – Alcohol Sensor" può rilevare l'alcol a partire da 20 ppm, mentre il sensore MQ-2 può rilevare l'alcool solo a partire da 100 ppm. Quindi, per rilevare l'alcol, devi scegliere "Grove – Alcohol Sensor". Possiamo usare lo stesso metodo per scegliere altri tipi di sensori. Per prima cosa devi sapere che gas vuoi rilevare, quindi visualizza la scheda tecnica, confronta la loro curva di sensibilità, e seleziona una sensibilità elevata e un'ampia gamma di misurazione.

Come si vede dalla tabella, sono presenti anche dei sensori ulteriori, oltre a quelli della serie MQ della Hanwei. Ad esempio, il "*Grove – Multichannel gas sensor*" analizza l'ambiente con il sensore incorporato (di tipo MEMS) MiCS-6814 della *Sensortech*, il quale è in grado di rilevare molti gas nocivi, e tre gas possono venire misurati simultaneamente grazie ai suoi canali multipli. Appartenendo al sistema Grove, puoi collegarlo alla Base shield di Arduino senza fili di collegamento.

Quindi, nella scelta del sensore più adatto per rilevare un determinato gas che ci interessa dovremo guardare innanzitutto alla sua gamma di sensibilità, e poi al fatto che il sensore – se possibile – non riveli altri gas che si potrebbero presentare nell'ambiente in cui lo useremo.

Viceversa, se vogliamo misurare o monitorare molti gas diversi con un unico sensore, come dovremmo sceglierlo? In questo caso, ne cercheremo uno che abbia più gas possibili fra quelli che ci interessano e poi guarderemo alla sua gamma di sensibilità per i vari gas. A tale scopo, può essere di aiuto la seguente tabella creata da *Seeed Studio*, tenendo tuttavia presente che esistono sul mercato anche altri sensori di qualità dell'aria low-cost (cerca "air quality sensor") che potrebbero fare al caso vostro.

Product Name	Price	Measurable Gases	Range
Grove - Multichannel Gas Sensor	39.9\$	CO	0 ~ 1000ppm
		Alcohol	10 ~ 500ppm
		CH4	> 1000ppm
		Propane (丙烷)	> 1000ppm
		N02	0.05 ~ 10ppm
		NH3	1 ~ 500ppm
		Iso-butane	> 1000ppm
		H2	1 ~ 1000ppm
Grove - Gas Sensor (MQ2)	6.9\$	CO	200 ~ 10000ppm
		Alcohol	100 ~ 2000ppm
		CH4	5000 ~ 20000ppm
		Propane	200 ~ 5000ppm
		LPG	200 ~ 5000ppm
		Butane	3000 ~ 5000ppm
		H2	300 ~ 5000ppm
		Smoke	200 ~ 10000ppm
Grove - Gas Sensor (MQ3)	6.9\$	CO	0.05 ~ 10ppm
		Alcohol	0.05 ~ 10ppm
		CH4	0.05 ~ 10ppm
		Hexane	0.05 ~ 10ppm
		Benzine	0.05 ~ 10ppm
		LPG	0.05 ~ 10ppm
Grove - Gas Sensor (MQ5)	6.9\$	CO	200 ~ 10000ppm
		Alcohol	200 ~ 10000ppm
		CH4	200 ~ 10000ppm
		LPG	200 ~ 10000ppm
		H2	200 ~ 10000ppm
Grove - Gas Sensor (MQ9)	7.5\$	CO	20 ~ 2000ppm
		CH4	500 ~ 10000ppm
		LPG	500 ~ 10000ppm

Alcuni esempi di sensori di gas low-cost per la misura di gas "multipli" (fonte: Seeed Studio)

Ci sono molti sensori low-cost disponibili su Internet e molti di essi possono venire acquistati a prezzi molto convenienti dai portali online cinesi. Si noti che alcuni sensori della serie MQ sono molto costosi. Se su dei siti li trovate a prezzi 10 volte inferiori, potrebbe trattarsi di una truffa, perché – come potete vedere dalle figure – l'unica cosa che li differenzia da altri MQ meno costosi è la sigla stampigliata sopra. In caso di dubbio, quindi, acquistateli solo da rivenditori anche esteri ma affidabili.

Altri tipi di sensori di gas esistenti

I più comuni sensori di rilevamento di gas sono quelli a semiconduttore di ossido di metallo, che forniscono ai sensori numerosi vantaggi, come il basso costo e l'alta sensibilità. La temperatura di lavoro dei sensori basati sull' SnO_2 quale ossido (come i sensori della serie MQ della Hanwei) vanno da 25 °C a 500 °C e, come accennato, le migliori temperature di rilevamento per i vari gas sono diverse.

Ciò potrebbe causare potenziali problemi di selettività nelle applicazioni, perché se la temperatura si discosta troppo dal valore ottimale, altre componenti del gas potrebbero essere più reattive nei confronti dell' SnO_2 , portando a una scarsa selettività. Tuttavia, se la differenza tra queste due temperature è elevata, un singolo sensore può venire progettato per rilevare due tipi di gas target contemporaneamente. Ad es., la temperatura di rilevamento ottimale del CH_4 è 400 °C, mentre quella per il CO è 90 °C.

Generalmente, i sensori basati su semiconduttori di ossido di metallo mostrano una sensibilità significativamente maggiore ai gas inorganici come l'ammoniaca e alcuni tipi di composti organici volatili (COV) come l'alcool e la formaldeide. Tuttavia, alcuni altri COV "domestici" che potrebbero causare effetti avversi sulla salute quando la loro concentrazione su una certa soglia non può essere rilevata dai sensori a base di semiconduttori di ossido di metallo, ma richiede materiali sensibili come i polimeri.

Inoltre, per alcuni sensori a semiconduttore, la loro richiesta di temperature operative elevate richiede configurazioni complicate rispetto ad altre che lavorano a temperatura ambiente, il che ne limita lo sviluppo. Per risolvere questo problema, i ricercatori hanno escogitato alcuni metodi, come l'utilizzo di elementi di sensori micro-dimensionati con micro-riscaldatori fabbricati grazie alla tecnologia dei circuiti integrati al silicio, e la modalità operativa degli impulsi di temperatura con intervalli di calore brevi, che facilita l'operazione di sensori con un consumo energetico minimo.

I sensori di gas a semiconduttore tradizionali non sono quindi l'unico tipo di sensore di gas sul mercato. Lo avete probabilmente già intuito in precedenza, quando abbiamo citato un sensore di tipo MEMS. Ad esempio la cinese *Winsen* – leader mondiale nella produzione di sensori di gas – nel suo catalogo ha un'ampia varietà di sensori di gas basati su varie tecnologie: infrarossa; elettrochimica; catalica; a superficie piatta; a semiconduttore; a elettrolita solido; a filo caldo; a conduzione termica; MEMS.

Pertanto, per individuare i principali sensori di gas (e le relative basette di montaggio) esistenti, basta andare nel sito web di *Winsen*, puntare il mouse su "Products" e selezionare il tipo di gas che si desidera misurare o monitorare, fra i seguenti: monossido di carbonio (CO), gas tossici come il biossido di azoto (NO_2) e altri, biossido di zolfo (SO_2), ammoniaca (NH_3), acido solfidrico (H_2S), ozono (O_3), formaldeide (CH_2O), qualità dell'aria (COV), combustibili, idrocarburi come l'etano ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), etc.

Measured Gas		
CO2	O3	H2S
Combustibile	O2	SO2
CO	C2H5OH	Toxic Gas
CH2O	H2	PIR
PM2.5	NH3	Gas Flow Sensor
Air Quality(VOC)	C2H4	Humidity

I gas di cui possiamo trovare vari sensori nel sito della Winsen, un produttore leader.

Verranno a quel punto mostrati tutti i sensori utili allo scopo basati sulle tecnologie citate in precedenza. Per comodità del lettore, pubblichiamo qui sotto una tabella che abbiamo realizzato, la quale elenca i principali inquinanti outdoor e indoor, indicando alcuni possibili sensori per la loro rilevazione.

Inquin. gassosi OUTDOOR Formula		Sensori più specifici
Biossido di azoto	NO ₂	ME3-NO2, ME4-NO2, Grove Multichannel (MiCS6814)
Biossido di zolfo	SO ₂	ME3-SO2, ME4-SO2, ZE12
Ozono	O ₃	MQ131, ZE25-O3, ZE14-O3, ME3-O3
Monossido di carbonio	CO	MQ-7, GM702-B, ME2-CO, ME3-CO, ME4-CO
Benzene	C ₆ H ₆	MQ138, MD61
Ammoniaca*	NH ₃	MQ137, ME3-NH3, ME4-NH3, ZE03
Acido solfidrico**	H ₂ S	GM-602B, ME3-H2S, ME4-H2S, ZE03
<i>*Solo in zone rurali, importante perché precursore di polveri sottili - **Vicino a impianti a biogas</i>		

Inquin. gassosi INDOOR Formula		Sensori più specifici
Qualità dell'aria (vari gas)	---	MP905, MP503, ZP01, ZP07
Composti organici volatili	COV	MQ138, GM-502B, WSP2110, MP901, MP905
Formaldeide*	CH ₂ O	ME2-CH2O, ME3-CH2O, ZE7-CH2O, ZE8-CH2O
Monossido di carbonio	CO	MQ-7, GM702-B, ME2-CO, ME3-CO, ME4-CO
Ozono**	O ₃	MQ131, ZE25-O3, ZE14-O3, ME3-O3
Fumo (compon. gassosa)	---	MQ-2
Biossido di azoto	NO ₂	ME3-NO2, ME4-NO2, Grove Multichannel (MiCS6814)
Biossido di zolfo	SO ₂	ME3-SO2, ME4-SO2, ZE12
Anidride carbonica***	CO ₂	MG811, MG812, MH-Z14(A), MH-Z16, MH-Z19, MH-711A
Metano***	CH ₄	MQ-4, GM-402B, MP4, MC105, MC113, ZP04, MH-440D
<i>*E' un COV - **Se ho purificatori d'aria - ***Non sono inquinanti veri e propri, ma è meglio misurarli</i>		

I sensori di gas più specifici per i vari tipi di inquinanti outdoor e indoor.

Per valutare le prestazioni dei sensori di gas, vanno considerati vari indicatori, fra cui:

(1) *sensibilità*: il valore minimo della concentrazione di volume dei gas target al quale possono essere rilevati; (2) *selettività*: la capacità dei sensori di gas di identificare un gas specifico tra una miscela di gas; (3) *tempo di risposta*: il periodo di tempo dal momento in cui la concentrazione di gas raggiunge un valore specifico a quello in cui il sensore genera un segnale di avvertimento; (4) *consumo di energia*; (5) *costo*.

Riferimenti bibliografici

- How to Chose A Gas Sensor, http://wiki.seeedstudio.com/wiki/How_to_Chose_A_Gas_Sensor
- How to Choose GAS sensor?, <http://www.theorycircuit.com/choose-gas-sensor/>
- Gas sensors, <https://www.mysensors.org/build/gas>
- Hanwei Electronics, <http://www.hwsensor.com>
- Winsen Sensors <http://www.winsen-sensor.com/products>
- Grove – Multichannel Gas Sensor, http://wiki.seeed.cc/Grove-Multichannel_Gas_Sensor/
- The semiconductor gas sensing technique, <http://www.edaphic.com.au/gas-detection-encyclopedia/semiconductor-sensors/>
- Gas Sensors: A Review, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.434.3310&rep=rep1&type=pdf>
- A Survey on Gas Sensing Technology, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3444121/>

Come costruire un misuratore di gas stand-alone



In questo articolo in due parti vedremo come realizzare tre semplici progetti di base, di grande utilità e versatilità, per la rivelazione fai-da-te di gas inquinanti indoor o outdoor: un misuratore di gas stand-alone; un allarme stand-alone per concentrazione di gas eccessiva; un misuratore di gas interfacciato a un PC. Questi ultimi due progetti sono realizzati con Arduino e descritti nella [seconda parte](#).

Come sensori, useremo i più comuni sensori low-cost di gas, acquistabili facilmente online (ad es. trovate un ampio kit a ottimo prezzo [qui](#)): quelli della serie MQ. Essi possono venire comprati separatamente dalla scheda elettronica di amplificazione su cui vengono montati, che dunque può essere usata per montarci qualsiasi sensore della serie. Si noti che spesso i sensori vengono venduti già montati o saldati su questa basetta di amplificazione.

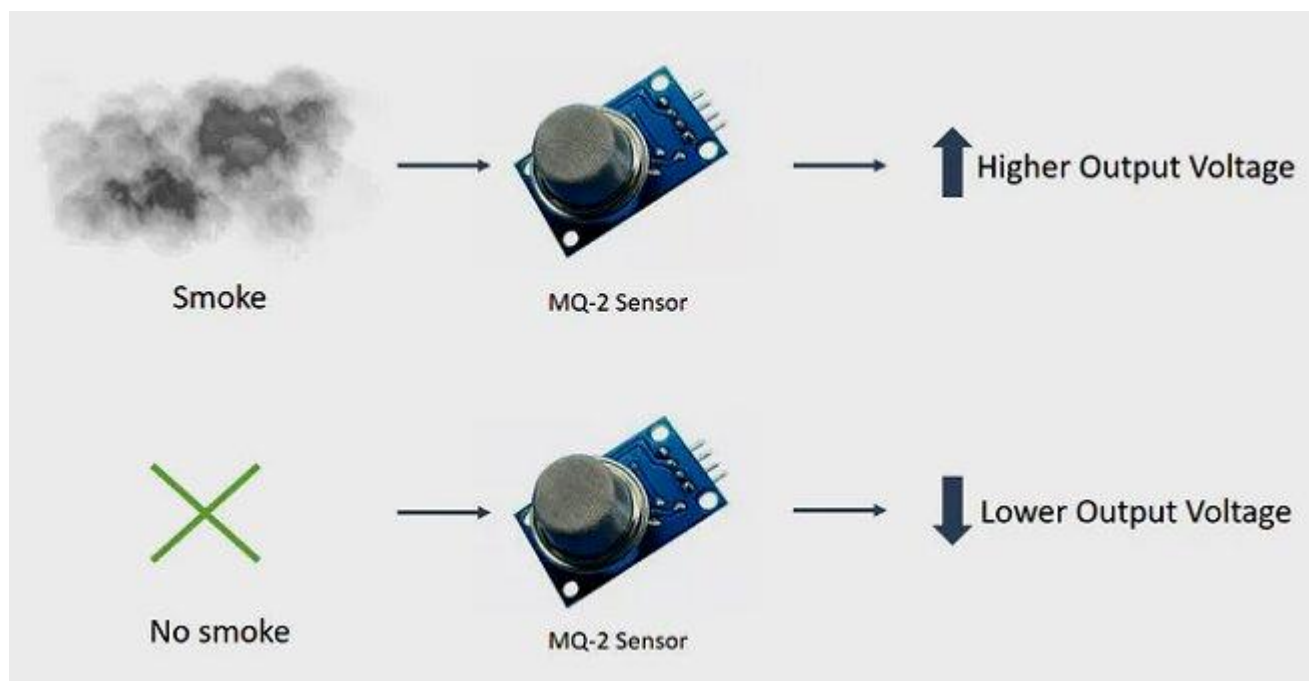
Sensore	Gas rivelati	Tensione riscald.	Costo
MQ-2	Metano, Gpl, Propano, Fumo	5V	4-5 €
MQ-3	Alcool, Etanolo, Benzina	5V	3-4 €
MQ-4	Metano, Gpl	5V	3-4 €
MQ-5	Gpl, Gas naturale	5V	4-5 €
MQ-6	Gpl, Metano	5V	4-5 €
MQ-7	Monossido di carbonio (CO), Idrogeno	Altern. 5V e 1,4V	7-8 €
MQ-8	Idrogeno	5V	7-8 €
MQ-9	Monossido di carbonio, Metano, Gpl	Altern. 5V e 1,4V	6-9 €
MQ131	Ozono	6V	20-30 €
MQ135	Qualità dell'aria (Ammoniaca, NOx, Benzene, Alcool, Fumo)	5V	3-4 €
MQ136	Acido solfidrico (H2S)	5V	36-42 €
MQ137	Ammoniaca	5V	25-30 €
MQ138	VOC (Benzene, Toluene, Acetone, Alcool, Formaldeide)	5V	34-36 €
MQ214	Metano, Gas naturale	6V	24-26 €
MQ216	Gpl, propano, butano	5V	diff.reper.
MQ303A	Alcool, Etanolo	0,9V	diff.reper.
MQ306A	Gpl, Butano	0,9V	75-100 €
MQ307A	Monossido di carbonio (CO)	Altern. 0,2V e 0,9V	30-32 €
MQ309A	Monossido di carbonio, Metano	Altern. 0,2V e 0,9V	diff.reper.

I vari tipi di gas rilevabili con i sensori di gas della serie "MQ" della Hanwei.

I sensori della serie MQ usano un resistore sensibile al gas (fatto di uno strato di SnO_2) per rilevare concentrazioni di gas e avere un elemento riscaldante interno per mantenere il sensore alla giusta temperatura. Dato che essa è un fattore importante nel determinare il valore letto dal sensore, in caso di uso outdoor dei sensori di gas è bene affiancarvi un sensore di temperatura e umidità. Inoltre, il tempo di preriscaldamento di questi sensori è di minimo 24 ore, quindi vanno alimentati h24.

Misuratore stand-alone indoor o outdoor

I sensori MQ forniscono in uscita una piccola tensione (dell'ordine di decine o centinaia di mV), che può venire, ad esempio, inviata a un tester per una semplice lettura, in modo da realizzare un misuratore stand-alone utilizzabile per misurare il livello di un determinato gas indoor o outdoor.



Il funzionamento dei sensori MQ. Si noti che la risposta non è lineare (fonte: Arduino). Potete reperire questi sensori lowcost online, ad esempio [qui](#).

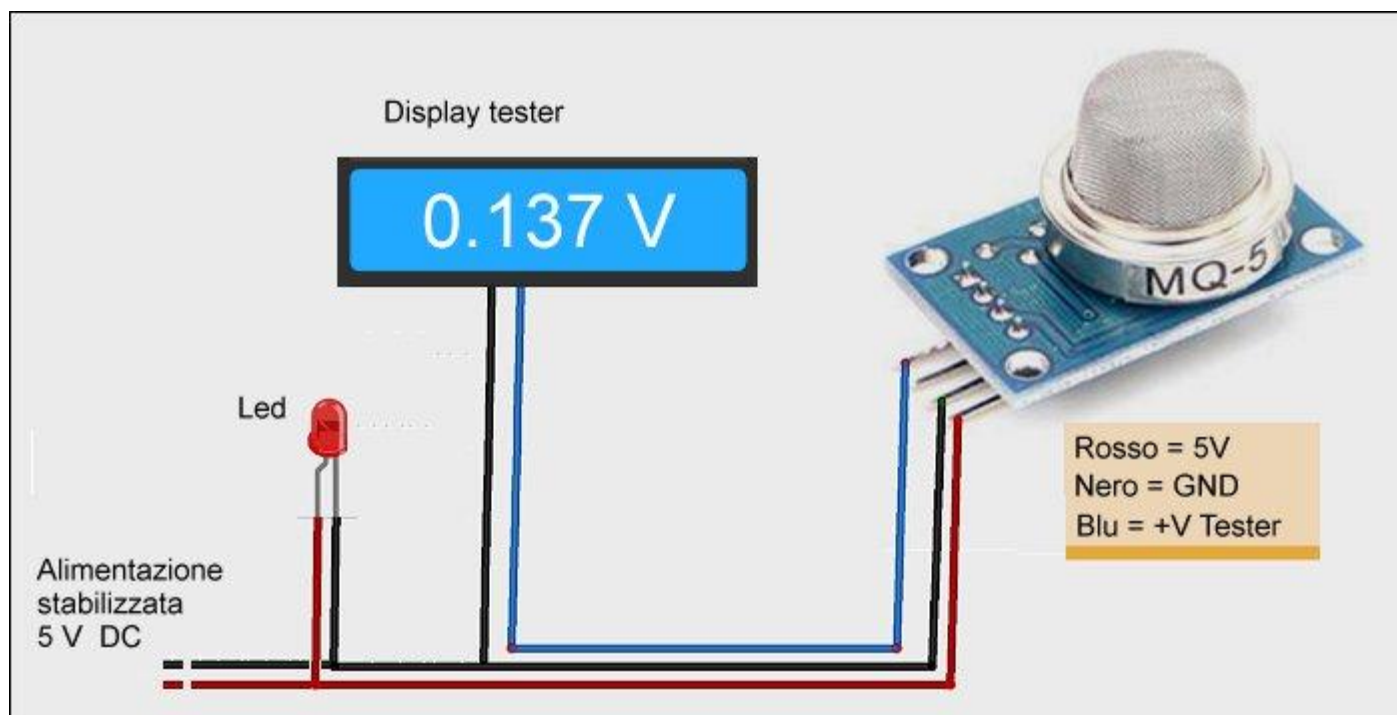
Per stimare, dal valore di tale tensione in uscita, le concentrazioni di gas (in ppm) fornite dai sensori MQ, si possono utilizzare i grafici presenti sui datasheet degli specifici sensori prescelti. Vedremo più avanti in questa stessa pagina come fare.

Per realizzare il semplice misuratore di gas stand-alone da noi progettato, avete bisogno dei seguenti materiali, reperibili con una spesa modesta su qualsiasi sito web specializzato (ad es. *Robotitaly*, *Futura Elettronica*, etc.) o, ancora per meno, su portali cinesi low-cost (ad es. *Bangood*), opzione consigliabile soprattutto per certi sensori MQ più costosi o per quantitativi importanti:

- uno o più sensori di gas della serie MQ
- la relativa scheda di amplificazione su cui va montato (se venduta a parte)
- un diodo led rosso del tipo lampeggiante
- due connettori volanti per batteria da 9 V (uno maschio e uno femmina)
- un contenitore di plastica di forma e dimensioni opportune
- un alimentatore stabilizzato da 5V e minimo 200 mA (per sensore)
- un comune tester (se non lo avete già)

Il diodo lampeggiante non è indispensabile, ed è collegato in modo da lampeggiare, quando riceve corrente, per segnalare che il dispositivo è acceso e funzionante. Per l'alimentazione, è bene usare un alimentatore stabilizzato che eroghi una tensione di 5V, oppure quella (sempre a 5V) stabilizzata e filtrata fornita da una qualsiasi porta USB: ad es. quella di un notebook o di una batteria di emergenza portatile da taschino.

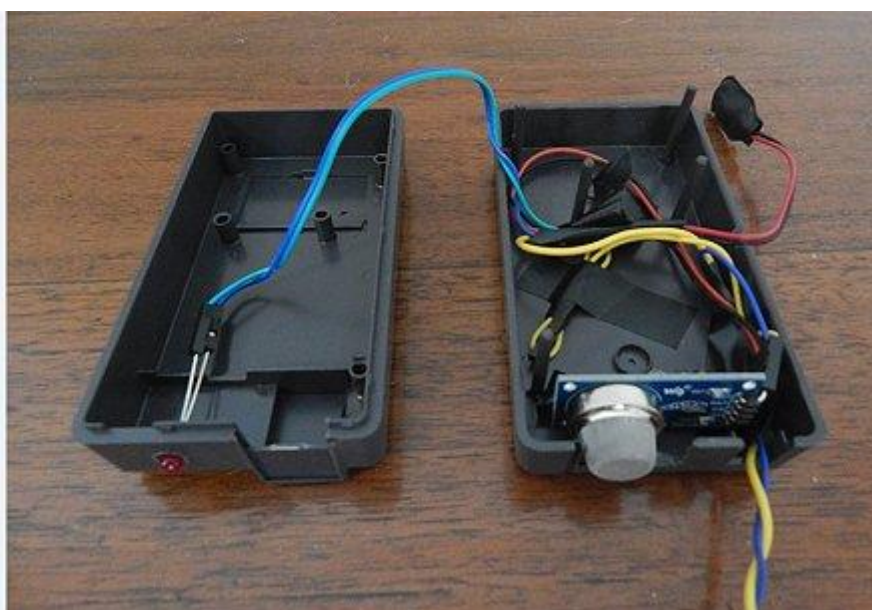
L'elettronica di amplificazione su cui viene montato il sensore MQ ha in uscita 4 pin. Al pin GND va collegato il polo negativo proveniente dall'alimentazione, al pin VCC il polo positivo dell'alimentazione con la tensione di +5V (verificate la polarità con un tester prima di attaccare l'alimentatore). Il led è alimentato in parallelo. Se alimentate con un trasformatore variabile, regolatene l'uscita su 5V.



Schema del nostro misuratore di gas, valido per qualsiasi sensore della serie MQ.

Per quanto riguarda il contenitore (acquistato su *Robotitaly*), dovrete farvi un foro per il led, inizialmente con un trapano, per poi allargarlo ruotandovi una forbice. Inoltre, con delle tronchesi dovrete farvi una piccola finestrella triangolare laterale per i due fili dell'alimentazione. Nel contenitore da noi scelto, c'è già una finestra anteriore per il sensore (che va leggermente allargata) e una per i fili di uscita.

Come tester su cui visualizzare la tensione in uscita dal sensore – cioè ai capi dei due fili, uno proveniente dal pin che fornisce il segnale analogico (A0) in uscita, e l'altro dal GND – potete usare anche un modello economico, come ad es. quelli che trovate per meno di 20 euro da *Leroy Merlin* o su qualsiasi sito web di bricolage (vedi [qui](#)). Impostate come prima portata quella dei 2 V DC e leggete il valore in uscita dal sensore (N.B.: nei primi 3 minuti di preriscaldamento la tensione in uscita può essere superiore a 2 V, per cui impostate una portata più alta).



Naturalmente, la tensione in uscita dal sensore appena descritto può essere usata come ingresso per una scheda programmabile come Arduino, ed a quel punto le applicazioni possibili sono pressoché infinite. Se non siete familiari con l'ambiente Arduino, vi rimandiamo al nostro articolo "Come costruire un rivelatore di particolato PM10 e PM2.5" per una rapida introduzione all'argomento.

Intanto, nel prossimo progetto contenuto nella seconda parte dell'articolo – progetto chiamato "Allarme per concentrazione eccessiva" – potete vedere come effettuare i collegamenti fra il sensore e la scheda Arduino, che vi permetteranno di interfacciare il sensore e la relativa elettronica di amplificazione alla più diffusa scheda Arduino sul mercato. Nel progetto finale della serie, "Misuratore interfacciato a un computer", vedremo invece come graficare il segnale su un PC.

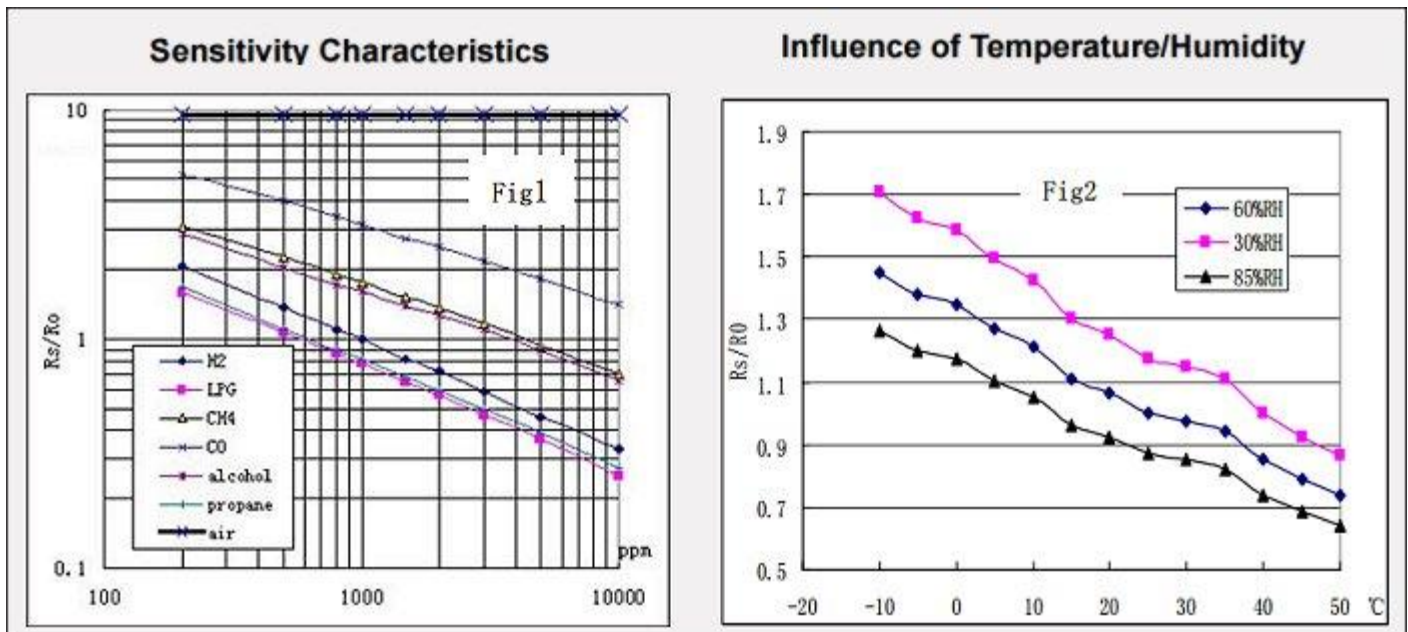
Come convertire la tensione in "PPM"

I valori mostrati ora dal tester sono quelli di tensione in uscita dal sensore. Ma come trasformare in parti per milione (ppm) i valori grezzi forniti dal tester? Normalmente, la calibrazione del sensore con una o più sorgenti standard di concentrazioni note fornisce la formula di conversione della tensione (V) in uscita dal sensore in concentrazione del gas (ppm). Tuttavia, essa non è stabile per lunghi periodi tempo né molto accurata, ed in ogni caso è in genere fuori dalla portata di un dilettante.

Se però non usate il sensore per la sicurezza della vita o della salute, o come unico dispositivo di rilevamento per tale applicazione, per stimare le concentrazioni di gas (tipicamente in ppm), potete utilizzare la curva caratteristica fornita nel datasheet del sensore utilizzato, se siete in grado di farlo. Infatti, il datasheet dei sensori MQ purtroppo non vi dice i mV per ppm. Vedremo tra poco un primo modo per convertire la tensione in concentrazione del gas.

Sappiamo già che maggiore è la concentrazione di gas, maggiore è la tensione di uscita del sensore; più bassa è la concentrazione di gas, più bassa è la tensione di uscita. Tuttavia, questa relazione *non* è lineare, se non in prima approssimazione e per variazioni di pochi punti percentuali. Dunque con il tester potete fare solo rozze misurazioni relative della concentrazione del gas che vi interessa, e comunque queste vanno eseguite in condizioni costanti, o quasi, di temperatura e umidità (in pratica, solo indoor).

Come possiamo quindi trasformare i valori di tensione in uscita dal sensore in concentrazione del gas in parti per milione (ppm) tenendo conto della curva caratteristica mostrata nel datasheet del sensore? Ora vedremo come fare descrivendo un primo possibile modo (un modo più semplice, che usa Arduino, verrà descritto nella seconda parte dell'articolo), ma si tenga presente che anche le misure assolute ottenibili con i vostri sensori non calibrati si possono considerare valide solo in prima approssimazione.



Le curve caratteristiche del sensore MQ-2. (fonte: datasheet)

Il grafico qui sopra mostra diversi gas su una scala logaritmica: 100, 1000, 10000 ppm, etc., pari a una concentrazione dello 0,01%, 0,1% e 1%. Quando questi valori vengono tracciati su un grafico normale, rappresentano una curva esponenziale: infatti, il grafico di una funzione esponenziale su scala logaritmica è una linea retta. La formula di derivazione di tale curva esponenziale a partire dal grafico della curva di sensibilità del sensore fornita nel relativo datasheet è dunque sempre la stessa, e può venire utilizzata per altri tipi di sensori di gas MQ. Essa è la seguente:

Formula In the Coding

```
pow(10,((log(rs_ro_ratio)-pcurve[1])/pcurve[2]) + pcurve[0]))
```

Based on the graph MQ2, the derivation of ppm formula will be:

$$Y - y_1 = m(X - x_1)$$

$$X = (y - y_1)/m + x_1$$

$$X = (R_s/R_o - y_1)/m + x_1$$

$$\log X = (\log(R_s/R_o) - y_1)/m + x_1$$

$$X = 10^{((\log(R_s/R_o) - y_1)/m + x_1)}$$

**Note: X = ppm on the graph*

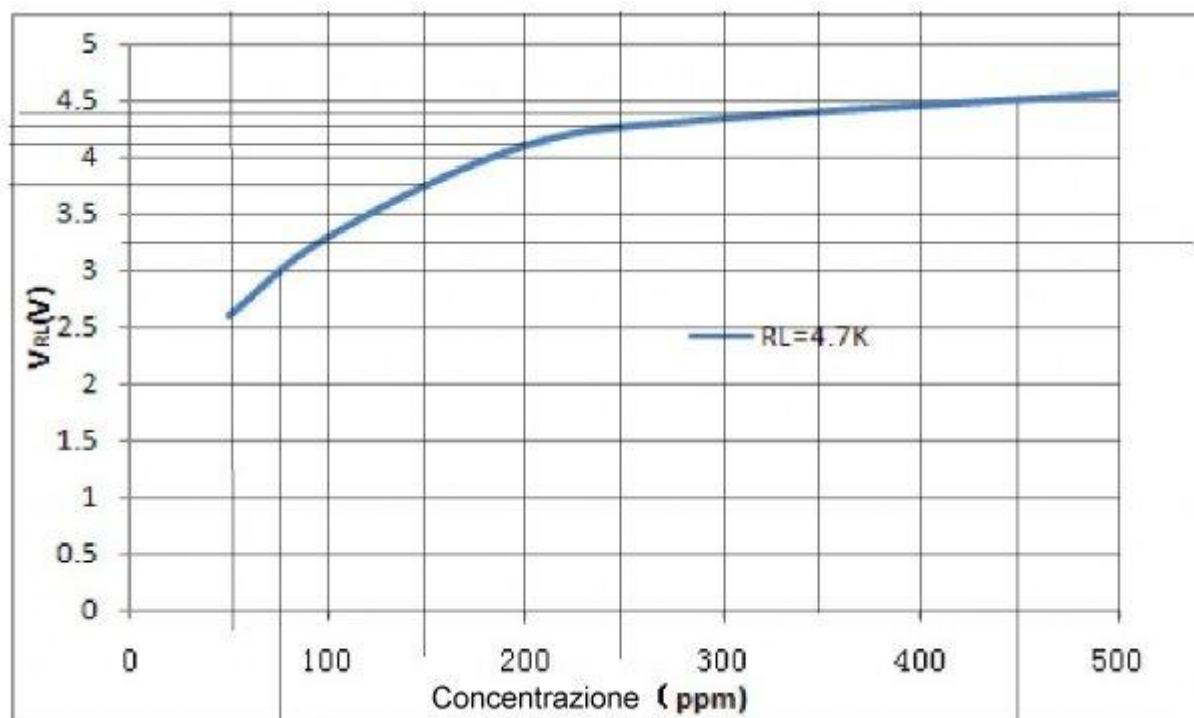
$$Y = R_s/R_o$$

*****The derivation formula are same and can be used for other types of MQ gas sensor.**

La formula di derivazione della curva esponenziale. (fonte: Instructables)

Per ottenere la curva Concentrazione (ppm) vs. Tensione (V), potete ricreare la curva di sensibilità selezionando i punti dati dal citato grafico o utilizzare un software di analisi grafica come *Engauge*

Digitizer. Tracciate i valori in ppm sull'asse y e della tensione del sensore sull'asse x . Questo metodo è abbastanza preciso per identificare i livelli pericolosi di gas pericolosi. Le barre di errore stimate sono circa 20 ppm per i sensori di Gpl e di metano e circa 5 ppm per il sensore di monossido di carbonio (CO).



La curva Concentrazione (ppm) vs. Tensione (V) ottenuta.

A questo punto, fittando i dati potete trovare un'equazione approssimata per la curva Concentrazione (ppm) vs. Tensione (V). Potete fare il *best fit* direttamente con un'esponenziale (cioè con una funzione del tipo $y = e^x$) e ottenere l'equazione cercata. Ad esempio, per i sensori di gas MQ-6 (Gpl), MQ-4 (metano) e MQ-7 (monossido di carbonio) si ottiene, rispettivamente, le seguenti curve:

LPG sensor: $PPM = 26.572 * e^{(1.2894 * V)}$

Methane sensor: $PPM = 10.938 * e^{(1.7742 * V)}$

CO sensor: $PPM = 3.027 * e^{(1.0698 * V)}$

Le curve di best fit determinate per tre sensori della serie MQ.

Approssimando la curva che ci interessa con un polinomio di grado opportuno, potete implementare la conversione automatica da tensione in volt a concentrazione in ppm a livello di software, cioè ad es. in uno *sketch* di Arduino. Ed in merito alle influenze di temperatura e umidità, se si desidera determinare o confrontare con precisione i valori relativi o assoluti, è necessario considerare anche la misurazione di quei parametri per compensare, come mostrato nel relativo grafico del datasheet, e ciò complica le cose.

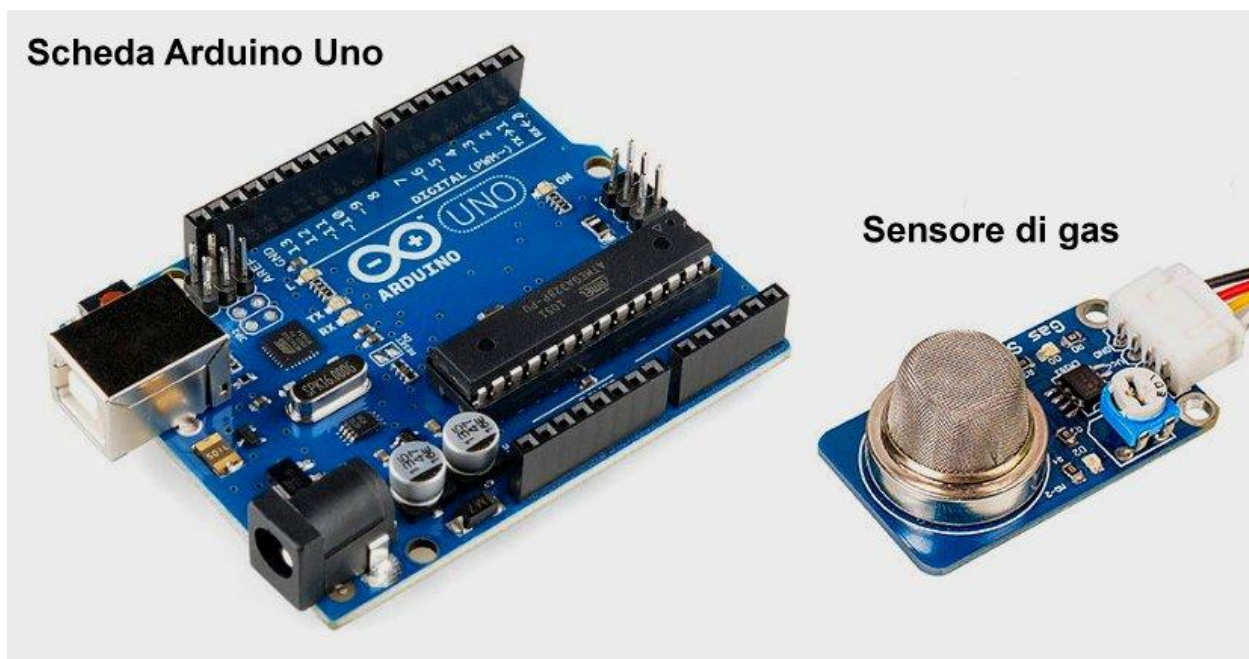
Vai alla seconda parte dell'articolo cliccando [qui](#).

Se incontrate delle difficoltà durante la realizzazione dei progetti, potete rivolgervi al FabLab più vicino oppure alla community di Arduino, che conta migliaia di appassionati in Italia.

Riferimenti bibliografici

- Gas sensors, <https://www.mysensors.org/build/gas>
- How to Detect Concentration of Gas by Using MQ2 Sensor, <http://www.instructables.com/id/How-to-Detect-Concentration-of-Gas-by-Using-MQ2-Se/>
- MQ-4 Gas sensor, <https://www.geekstips.com/mq4-sensor-natural-gas-methane-arduino/>
- Grove – Gas Sensor (MQ-9), http://wiki.seeed.cc/Grove-Gas_Sensor-MQ9/
- Datasheet sensore MQ5, <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/605-00009-MQ-5-Datasheet.pdf>
- Datasheet sensore MQ2, <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>

Come costruire un monitor di gas con Arduino



Questo post è, in realtà, la seconda parte di un articolo in due parti su come realizzare tre semplici progetti di base, di grande utilità e versatilità, per la rivelazione fai-da-te di gas inquinanti indoor o outdoor.

In questa seconda parte dell'articolo, illustriamo, in particolare, come costruire con Arduino un allarme stand-alone per concentrazione di gas eccessiva (primo progetto); e, sempre con Arduino, un misuratore di gas interfacciato a un PC (secondo progetto). Il progetto di un misuratore di gas stand-alone è stato invece illustrato nella prima parte dell'articolo, che trovate cliccando [qui](#).

Tutti i progetti fanno uso dei sensori di gas low-cost della serie MQ. La relazione tra la tensione in uscita da tali sensori e la concentrazione di gas è: maggiore è la concentrazione di gas, maggiore è la tensione di uscita; più bassa è la concentrazione di gas, più bassa è la tensione di uscita. Tuttavia, questa relazione *non* è lineare, se non in prima approssimazione e per variazioni di pochi punti percentuali.

Allarme per concentrazione eccessiva

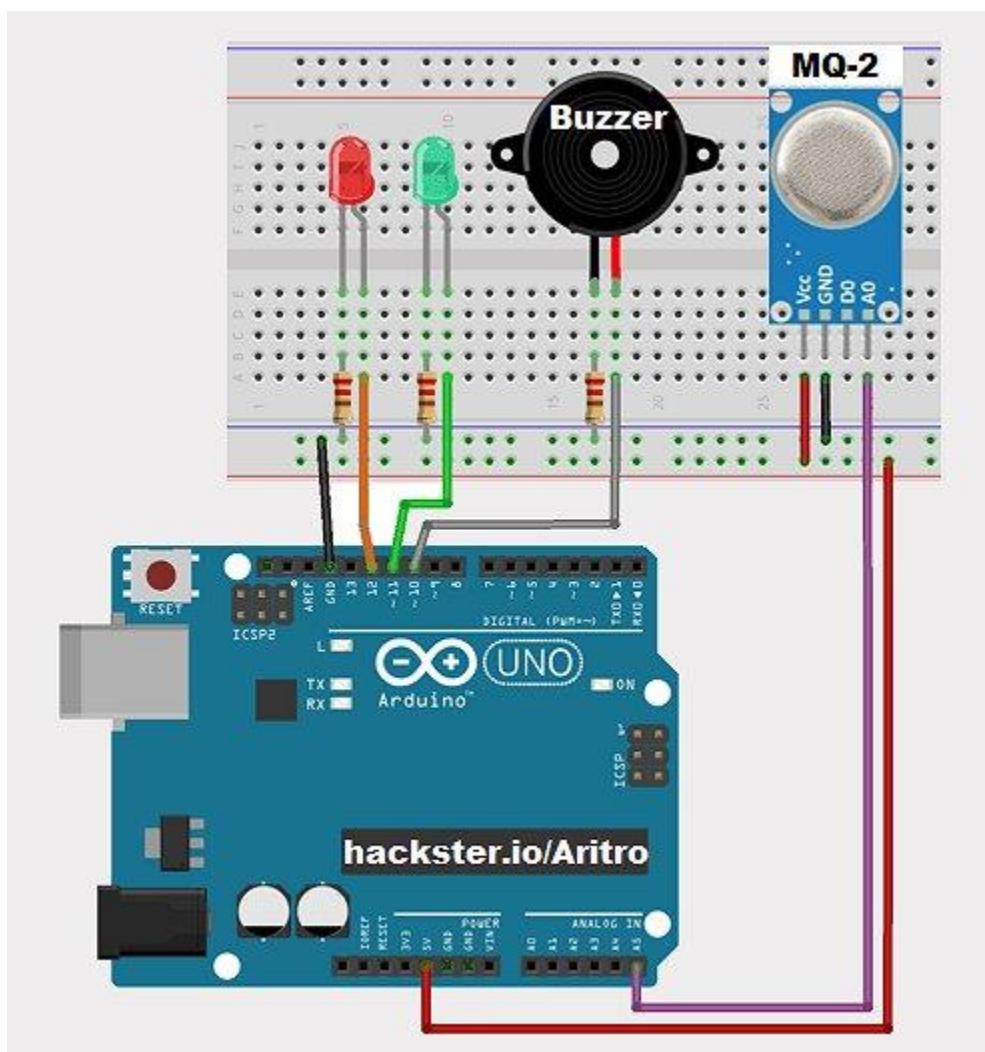
Un allarme ottico e sonoro per livelli indoor eccessivi di un gas può venire realizzato facilmente con Arduino. In pratica, se il livello del gas è al di sotto di una soglia impostata via software, è acceso un led verde, se la supera si accende un led rosso e un buzzer emette un segnale acustico.

Dunque, è possibile realizzare un allarme stand-alone per vari gas con i sensori low-cost della serie MQ (che potete trovare [qui](#)): ad es. per il metano (sensore MQ-5), che non è un inquinante ma a determinate concentrazioni pone il rischio di esplosioni; per il fumo (sensore MQ-2), realizzando così un sensore di fumo con allarme; e così via con altri gas. Un progetto in tal senso, presentato sul sito web *Instructables* e su quello di *Arduino* (link in bibliografia) prevede l'uso di:

- un sensore di gas (ad es. MQ-5: gas naturale, metano, Gpl, etc.)
- la relativa scheda elettronica di amplificazione (a volte venduta a parte)
- una scheda Arduino Uno o Genuino Uno

- un buzzer
- un cavo USB
- due led (uno verde e uno rosso)
- 3 resistenze da 221 ohm
- una breadbord
- cavetti "jumper" maschio-femmina

I collegamenti della scheda su cui è montato il sensore di gas e degli altri componenti del sistema sono molto semplici e sono illustrati dalla figura qui sotto. Una volta effettuati tali collegamenti, basta collegare la scheda Arduino Uno al computer con un cavo USB.



Lo schema di collegamento dei vari componenti del sistema. (fonte: Arduino)

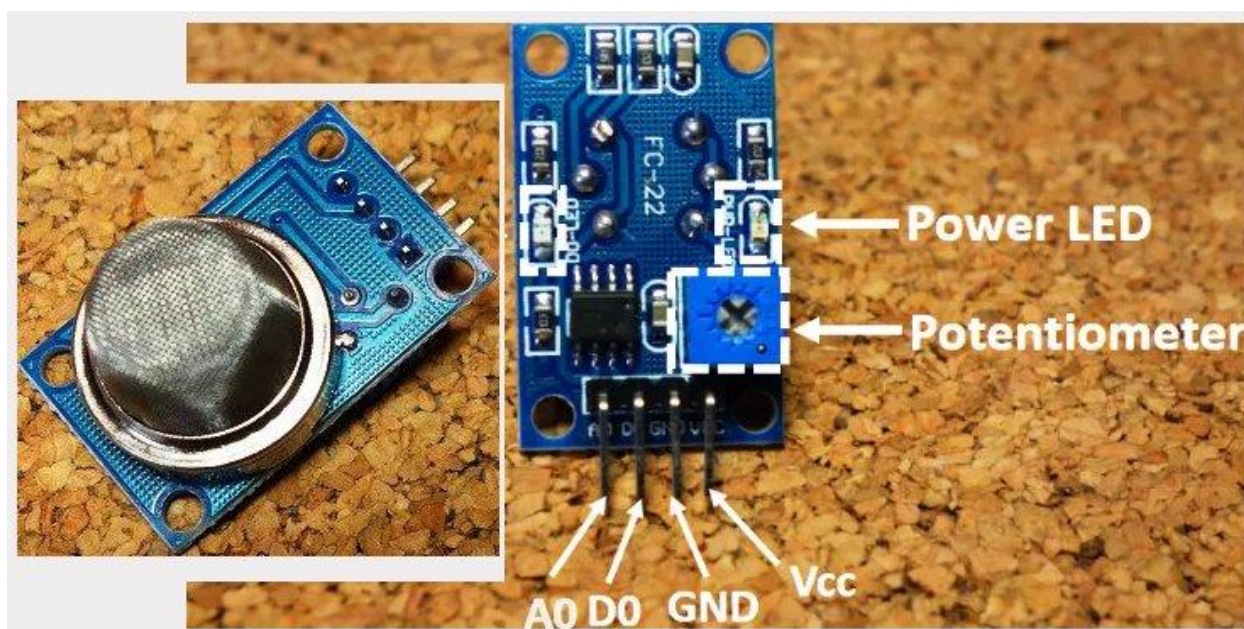
In pratica, l'uscita dalla piccola scheda di amplificazione del segnale su cui è montato il sensore MQ fornisce un segnale analogico (A0), che può essere letto con un ingresso analogico dell'Arduino, o un'uscita digitale, (D0) che può essere letta con un ingresso digitale di Arduino. Nel nostro caso, ci interessa l'uscita analogica, che va inviata a uno dei vari ingressi analogici della scheda Arduino.

A questo punto, occorre caricare sulla scheda Arduino lo "sketch" – ovvero le righe di comando – che trovate sul sito di *Instructables* (per il rivelatore di gas metano e Gpl) e di Arduino (per il rivelatore di fumo) e che potete copiare con un "copia e incolla" in *Arduino IDE*, il software open-source di sviluppo di Arduino, che possiamo scaricare facilmente dal sito di Arduino.

Seleziona la scheda Arduino che stai usando in "Strumenti -> Scheda", altrimenti ti darà un errore durante il caricamento del codice. A volte anche la porta COM selezionata sarà diversa da quella di default quindi vai a "Strumenti -> Porta" e imposta la porta COM del computer che hai collegato alla scheda.

A volte il sensore non fornisce un valore accurato, pertanto prova a cambiare il valore della soglia del gas nel programma. Se si esegue un test con un accendino (senza fiamma), la quantità di butano rilasciata è molto inferiore, quindi potrebbero essere necessari 2 o 3 secondi per rilevarla. Idem se si usa una sigaretta nel caso si voglia testare un sensore di fumo per impostarne la soglia via software o hardware.

Infine come si può notare dalla figura qui sotto, la scheda del sensore ha un potenziometro incorporato che consente di regolare la sensibilità del sensore con cui si desidera rilevare il gas se, invece dell'uscita analogica (A0), si sfrutta quella digitale (D0), in modo tale che ad es. suoni un allarme e/o si accenda un led quando la concentrazione del gas raggiunge una determinata soglia impostata grazie al potenziometro.



Il potenziometro presente su tutte le schede che montano i sensori della serie MQ. Le potete trovare online facilmente insieme ai sensori [qui](#).

Misuratore interfacciato a un computer

A questo punto, non dovrebbe esservi difficile capire come si può realizzare un semplice misuratore di gas inquinanti interfacciato a un computer. Nella sua versione più spartana, avete semplicemente bisogno del sensore e della sua elettronica di amplificazione, di una scheda Arduino o Genuino, di un cavo USB per la connessione al computer e di un po' di cavetti. I collegamenti da fare li conoscete già.

Ciascuno dei sensori di gas emette un valore analogico che può andare da 0 a 1023. Per acquisire questo dato ogni tot secondi e per convertire il valore analogico in tensione, puoi usare uno *sketch* già pronto come quello mostrato nella figura qui sotto creato da *Seeed Studio* (ad es. cercando su *Google* "sketch for mq reading with Arduino") oppure crearne uno da solo, magari modificando uno simile che hai già dalla biblioteca di Arduino o che hai trovato sul web.


```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float sensor_volt;
  float sensorValue;

  sensorValue = analogRead(A0);
  sensor_volt = sensorValue/1024*5.0;

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.print(sensor_volt);
  Serial.println("V");
  delay(1000);
}

```

Sketch per l'acquisizione dei dati dal sensore MQ (fonte Seeed Studio, [link al codice qui](#))

In questo esempio, il sensore è collegato al pin A0 della scheda Arduino. Viene visualizzata la tensione letta dal sensore. Questo valore può essere utilizzato come soglia di riferimento per rilevare qualsiasi aumento / diminuzione della concentrazione di gas che ci interessa (come ad es. nel caso di un allarme).

Una volta che lo *sketch* utilizzato invia i valori di tensione al vostro computer potete – a meno che non sappiate fare un programma per realizzare un grafico in tempo reale – graficare *real-time* con *MegunoLink Pro* i dati forniti dal vostro rivelatore di gas. *MegunoLink*, infatti, è un semplice e utilissimo strumento di interfaccia personalizzabile per fare i grafici con i dati forniti da una scheda Arduino.

La finestra di *MegunoLink* può essere riconfigurata per adattarsi alla propria applicazione. Inoltre, si possono aggiungere dei controlli "virtuali" alla scheda. I grafici possono essere facilmente copiati negli Appunti come immagini. Ed i dati numerici di ogni grafico possono venire esportati in *Excel* o in altro software per ulteriori analisi. Si può scaricare la versione *free* per una prova gratuita.

Nella figura qui sotto si può vedere un grafico che abbiamo ottenuto con *MegunoLink* usando un sensore di gas MQ-5 (propano, butano, etc.). Il picco corrisponde a un accendino che viene premuto per qualche secondo a pochi centimetri dal sensore per far fuoriuscire un po' di gas al quale è sensibile. Come si nota, il grafico fornito da questo software è molto "pulito" e gradevole esteticamente, dunque eccellente come "monitor".

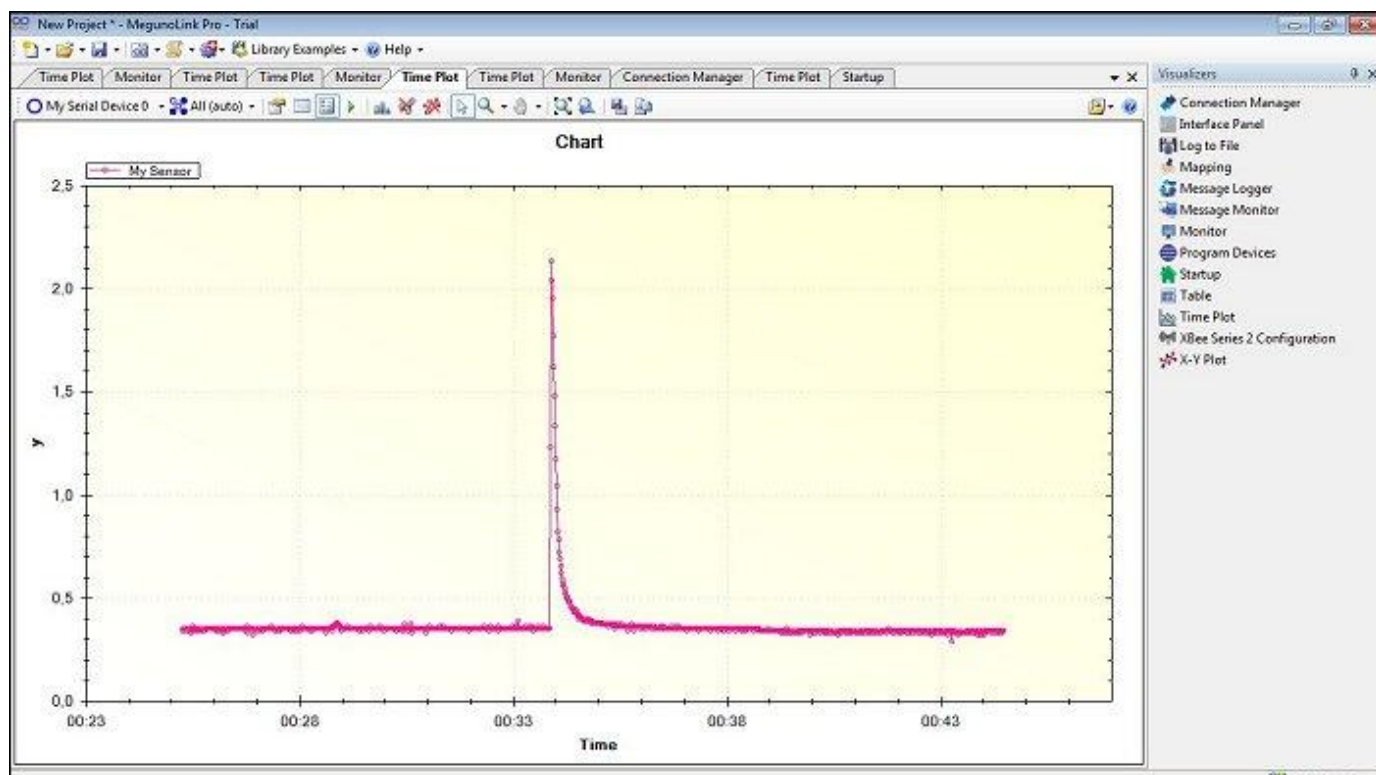


Grafico che abbiamo ottenuto aprendo a pochi cm il gas di un accendino per 1 secondo. L'uscita in tensione dal sensore balza, quasi istantaneamente, da circa 350 mV a oltre 2 V.

La scheda entry-level Arduino *Uno* ha 6 ingressi analogici (mentre la *Mega* ne ha ben 16). Ciò significa che sarà possibile collegarvi altrettanti sensori indoor per misurare altrettanti gas. Nel caso si intendano collegare dei sensori outdoor, invece, occorre lasciare un ingresso libero per collegarvi un sensore di temperatura e umidità per Arduino, che trovate facilmente nei siti web già citati.

Il convertitore analogico-digitale contenuto nella scheda Arduino Uno ha una risoluzione di 10 bit. Ciò vuol dire che ha 2 elevato alla 10 (cioè 1024) divisioni della tensione di riferimento (5V). Perciò, il minimo incremento di voltaggio apprezzabile è dato da $5 : 1024 = 0,0049$ V, o circa 5 mV. Se il sensore da noi usato ha ad es. una tensione di uscita di circa 100 mV, ciò corrisponde a un incremento del 5%.

Tale incremento è senz'altro sufficiente per scopi didattici e per realizzare un allarme per concentrazioni elevate. Potrebbe però non soddisfarci se vogliamo monitorare in modo più preciso i livelli di gas nel tempo. In tal caso, possiamo orientarci in un secondo tempo su una scheda Arduino (o Genuino) con una risoluzione di 12 bit, come ad esempio la Arduino *Due* o la Arduino *Zero*.

Come determinare facilmente le "PPM"

Dunque, il vostro rivelatore di gas è già pronto per fornire delle rozze misure *relative*: ad esempio, per far vedere come i valori di un inquinante aumentino quando ci si avvicina a una sorgente, oppure quando si passi da un ambiente *indoor* a uno *outdoor*, o quando la concentrazione indoor di un determinato gas aumenta per un qualsivoglia motivo. Tuttavia, a livello di valore *assoluto*, non sappiamo nulla.

Infatti, i valori mostrati ora sul grafico sono quelli di tensione in uscita dal sensore. Ma come trasformarli in parti per milione (ppm)? L'esempio che segue mostra un modo per conoscere la concentrazione approssimativa di gas in ppm nel caso del sensore MQ-9. Come dalla scheda tecnica dei sensori MQ-9, le equazioni sottostanti utilizzate sono testate per condizioni standard e non sono calibrate. Il valore fornito può quindi variare in base al cambiamento di temperatura o umidità.

Tenendo il sensore del gas in un ambiente "pulito", carica sul software di sviluppo di Arduino (chiamato Arduino IDE) la *sketch*, o "programma" con le istruzioni per Arduino, mostrata qui sotto – e creata sempre da *Seeed Studio* – facendo naturalmente un semplice "copia e incolla" dal sito che la fornisce:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float sensor_volt;
  float RS_air; // Get the value of RS via in a clear air
  float R0; // Get the value of R0 via in LPG
  float sensorValue;

  /*--- Get a average data by testing 100 times ---*/
  for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)
  {
    sensorValue = sensorValue + analogRead(A0);
  }
  sensorValue = sensorValue/100.0;
  /*-----*/

  sensor_volt = sensorValue/1024*5.0;
  RS_air = (5.0-sensor_volt)/sensor_volt; // omit *RL
  R0 = RS_air/9.9; // The ratio of RS/R0 is 9.9 in LPG gas from Graph (Found using WebPlotDigitizer)

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.print(sensor_volt);
  Serial.println("V");

  Serial.print("R0 = ");
  Serial.println(R0);
  delay(1000);
}
```

Sketch per determinare l'R0 del nostro sensore MQ (fonte Seeed Studio, link al codice [qui](#))

Naturalmente, se il sensore è della serie MQ ma non è l'MQ-9, devi adattare la *sketch*, cosa non difficile se ne capisci la "filosofia" sottostante leggendola: in pratica, devi sostituire il valore "9.9" con uno opportuno, dato dal rapporto RS/R0 per il tipo di sensore MQ usato e relativo all'aria (*Air*). Ad esempio, nel caso del sensore MQ-9 lo si trova "a colpo" guardando l'ultima figura di questa pagina, relativa alla sua curva di sensibilità caratteristica: si vede chiaramente che il rapporto RS/R0 per l'aria è circa 9,9.

A questo punto, apri il monitor seriale di Arduino IDE. Annota il valore di R0 ottenuto, perché questo deve essere usato nel prossimo *sketch*. Si sottolinea di annotare il valore di R0 solo dopo che la lettura si stabilizza. Sostituisci poi la R0 mostrata nel codice qui sotto con il valore di R0 misurato sperimentalmente con la procedura precedente. Esponi infine il sensore a uno dei gas a cui il sensore è sensibile.

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  float sensor_volt;
  float RS_gas; // Get value of RS in a GAS
  float ratio; // Get ratio RS_GAS/RS_air
  int sensorValue = analogRead(A0);
  sensor_volt=(float)sensorValue/1024*5.0;
  RS_gas = (5.0-sensor_volt)/sensor_volt; // omit *RL

  /*-Replace the name "R0" with the value of R0 in the demo of First Test -*/
  ratio = RS_gas/R0; // ratio = RS/R0
  /*-----*/

  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.println(sensor_volt);
  Serial.print("RS_ratio = ");
  Serial.println(RS_gas);
  Serial.print("RS/R0 = ");
  Serial.println(ratio);

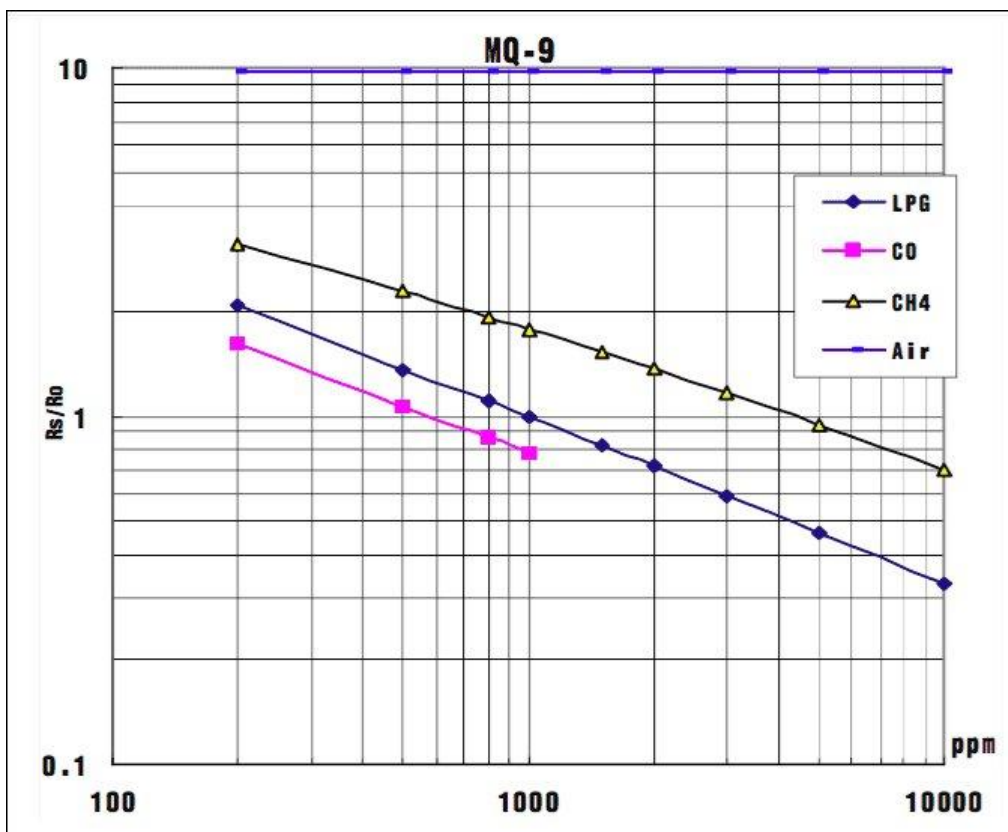
  Serial.print("\n\n");

  delay(1000);
}

```

Sketch per determinare il rapporto $RS/R0$ per il gas di interesse (fonte Seeed Studio, link [qui](#))

Ora possiamo ottenere la concentrazione di gas dalla figura sottostante.



La curva di sensibilità del sensore MQ-9, come fornita dal relativo datasheet.

Secondo la figura, possiamo vedere che la concentrazione minima che possiamo misurare è 200 ppm e quella massima è 10000 ppm; in altre parole, possiamo ottenere una concentrazione di gas tra lo 0,02% e l'1%. Tuttavia, non possiamo fornire "a colpo" una formula neppure approssimata perché la relazione tra il rapporto $RS/R0$ e la concentrazione, evidentemente, *non* è lineare.

Approssimando la curva in figura con un'equazione opportuna, potete implementare la conversione automatica da tensione in volt a concentrazione in ppm a livello di software, cioè ad es. in una *sketch* di Arduino. Ed in merito alle influenze di temperatura e umidità, se si desidera determinare o confrontare con precisione i valori relativi o assoluti, è necessario considerare anche la misurazione di quei parametri per compensare, come mostrato nel relativo grafico del datasheet, e ciò complica le cose.

Vai alla prima parte dell'articolo cliccando [qui](#).

Se incontrate delle difficoltà durante la realizzazione dei progetti, potete rivolgervi al FabLab più vicino oppure alla community di Arduino, che conta migliaia di appassionati in Italia.

Riferimenti bibliografici

- Sito web ufficiale di Arduino, <http://arduino.cc>
- Software MegunoLink Pro, <https://www.megunolink.com>
- Gas Sensor Using Arduino, <http://www.instructables.com/id/Gas-Sensor-Using-Arduino/>
- Smoke Detection using MQ-2 Gas Sensor, <https://create.arduino.cc/projecthub/Aritro/smoke-detection-using-mq-2-gas-sensor-79c54a>
- Grove – Gas Sensor (MQ-9), http://wiki.seeed.cc/Grove-Gas_Sensor-MQ9/
- Datasheet sensore MQ-5, <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/605-00009-MQ-5-Datasheet.pdf>
- Datasheet sensore MQ-2, <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>