

Body Position Tracker

Applicazione indossabile IoT - Mappatura percorso escursionistico

Body Position Tracker è un sistema **indossabile IoT** (Internet of Things), basato su Arduino MKR1000, abbinato a sensori e moduli, che rileva, elabora, visualizza ed invia ad un **Cloud** i seguenti dati:

- **Geografici** - Latitudine, Longitudine, altitudine, direzione e velocità di spostamento, numero di satelliti captati
- **Ambientali** - Pressione atmosferica, temperatura, umidità, Punto di rugiada, indice di calore, Indice raggi UV, qualità dell'aria
- **Fisiologici** - Temperatura corporea , Battito del cuore, ossigenazione del sangue

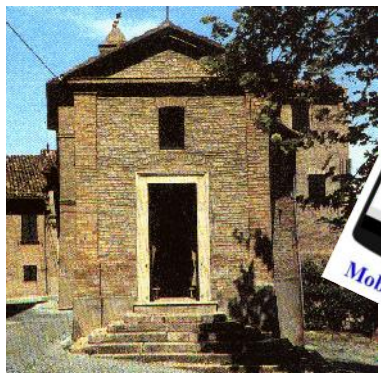
A.S. 2019-2020

Classe: 4A_IPAI

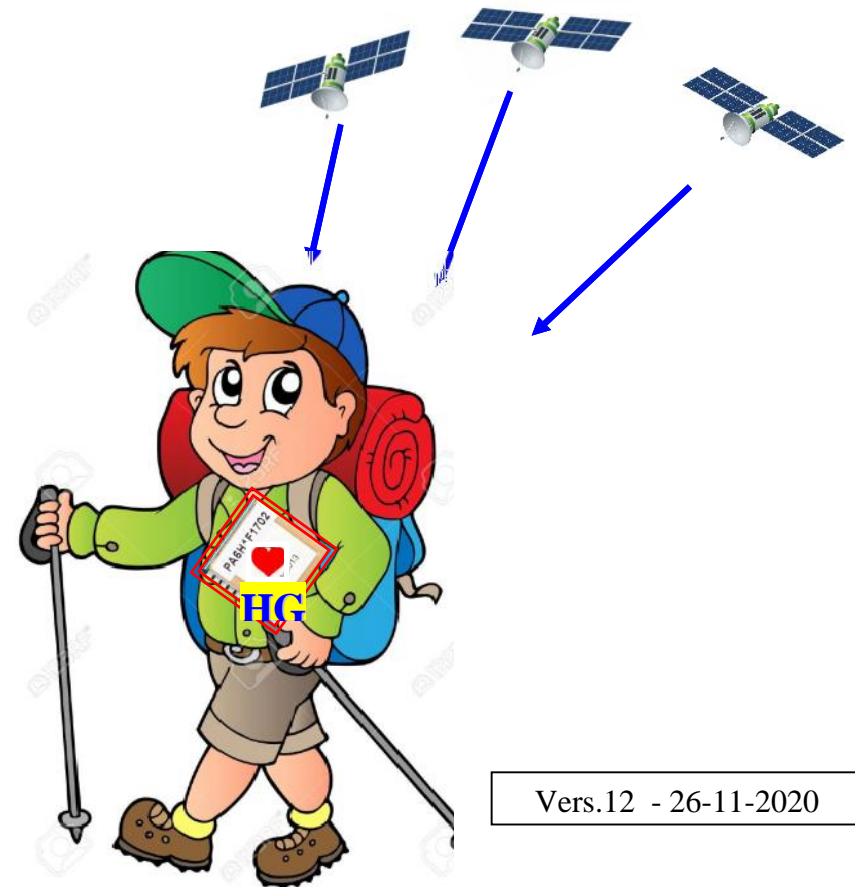
A.S. 2020-2021

Classe: 5A_IPAI


Ref. Prof. Franco Tufoni - Prof. Enrico Ruggieri



Computer Browser



Vers.12 - 26-11-2020

Indice	Pag.
Descrizione	2
Schema a blocchi - Fig.1	3
Schema elettrico - Fig. 2a	4
Prototipo - Fig. 2b	5
Mappatura gilet - Fig.3	6
Foto gruppo classe - Fig.4	7
 Description	8
Elenco sezioni	9
Descrizione delle sezioni con relativi approfondimenti sulle grandezze acquisite/elaborate	
1) Elaborazione - Arduino MKR1000 (Sistema di sviluppo programmabile)	10
2) Geografica - Modulo GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates V.3.0	14
<i>Approfondimento:</i> GPS e coordinate geografiche	16
3) Ambiente - BME 680 (Pressione Atmosferica, Temperatura, Umidità, Punto di rugiada, Indice di calore)	24
GUVVA 12SD (Raggi ultravioletti), CCS811 (Qualità dell'aria (eCO2 e TVOC))	26-28
<i>Approfondimento:</i> Temperatura Ambiente, Umidità relativa, Pressione atmosferica, Punto di rugiada (Dew Point), Indice di Calore, Raggi ultravioletti Anidride carbonica equivalente (eCO2) - Sostanze volatili (TVOC)	29
4) Fisiologica - Max30205 (Temperatura corporea), Max30102 (Battito del cuore, ossigenazione del sangue (SPO2))	38
<i>Approfondimento:</i> Temperatura corporea, Battito del cuore, ossigenazione del sangue (SPO2)	42
5) Visualizzazione e memorizzazione - Display TFT 3,5" 320x480 con MicroSD	45
Visualizzazione dati acquisiti/elaborati e memorizzazione su MicroSD	
6) Cloud - Access point mobile - Connessione Internet per la trasmissione dei dati al Cloud ThingSpeak	48
Cloud Thingspeak - Memorizzazione dati e grafici	
7) Collaudo	49
8) Software di gestione	53
9) Upgrade - Misura temperatura corporea a distanza con MLX94614	62
Rilevazione concentrazione polveri sottili (PM1.0, PM2.5 e PM10.0)	
Ottimizzazione rilevazione ed elaborazione parametri fisiologici	
10) Sitografia	62

Body Position Tracker - Applicazione indossabile IoT - Mappatura percorso escursionistico

Descrizione

Body Position Tracker è un sistema **indossabile IoT** (Internet of Things), basato su Arduino MKR1000, abbinato a sensori e moduli che rileva, elabora, visualizza ed invia ad un **Cloud** i seguenti dati:

- **Geografici** - Latitudine, Longitudine, altitudine, direzione e velocità di spostamento, numero di satelliti captati;
- **Ambientali** - Pressione atmosferica, temperatura, umidità, Punto di rugiada, indice di calore, Indice raggi UV, qualità dell'aria;
- **Fisiologici** - Temperatura corporea, Battito del cuore, ossigenazione del sangue;

Body Position Tracker è assemblato su un **gilet**, in fig. 4 è riportata la mappatura dell'elettronica indicata nello schema a blocchi di fig.1.

Il progetto ha coinvolto le classi 4 e 5 di elettronica, iniziato nell'AS 2019-2020 si concluderà nell'AS 2020-2021 con l'Esame di Stato.

L'iniziativa ha una forte valenza didattica multidisciplinare ed ha coinvolto diversi ambiti:

) Elettronica	-	Elaborazione prototipo e programmazione
) Italiano	-	Stesura documento cartaceo e pagina Web
) Fisica	-	Parametri ambientali e geografici
) Inglese	-	Traduzione descrizione progetto, consultazione datasheet
) Salute	-	Monitoraggio della qualità dell'aria
) Scienze motorie	-	Parametri fisiologici ed importanza dell'attività di trekking
) Cloud e IoT	-	Registrazione dati su un server per la consultazione da remoto con un dispositivo mobile (Cell, tablet)

Il collaudo, periodo Aprile/Maggio 2021, permetterà di conoscere e valorizzare i punti storici del percorso previsto (Sentiero della fede), Rocca di Monte Cretaccio, i luoghi di San Giacomo della Marca (Santuario, Convento e Casa natale), monumenti di recente ristrutturazione del comune di Montepreandone (Il vecchio lavatoio e Fonte vecchia).

Obiettivi

- Conoscenze di base del sistema GPS, telecomunicazioni, automazione, sensoristica.
- Conoscenza di base dei dati geografici rilevati tramite sistema GPS.
- Sensibilizzare gli allievi ai problemi ambientali e al rispetto della natura.
- Valutare e comprendere i parametri fisiologici durante l'attività fisica.

Percorso previsto per il collaudo

Sentiero della FEDE - Vecchio sentiero percorso dai fedeli per visitare i luoghi di San Giacomo della Marca.

Partenza Zona Ragnola (San Benedetto del Tronto (AP)) - Arrivo a Montepreandone (AP)

Tappe fondamentali: Ragnola, Rocca di Monte Cretaccio, Santuario/Convento San Giacomo della Marca, centro storico di Montepreandone, Casa natale di San Giacomo della Marca, vecchio lavatoio, Fonte vecchia

Nota: Causa emergenza Covid-19 il collaudo sul campo sarà effettuato nel periodo aprile/maggio 2021

In **fig. 1** lo schema a blocchi, in **fig. 2a** lo schema elettrico, in **fig. 2b** la foto del prototipo, in **fig 3** la mappatura su un gilet e cappellino, **fig.4** la foto del gruppo classe.

Body Position Tracker

Fig.1 - Schema a blocchi

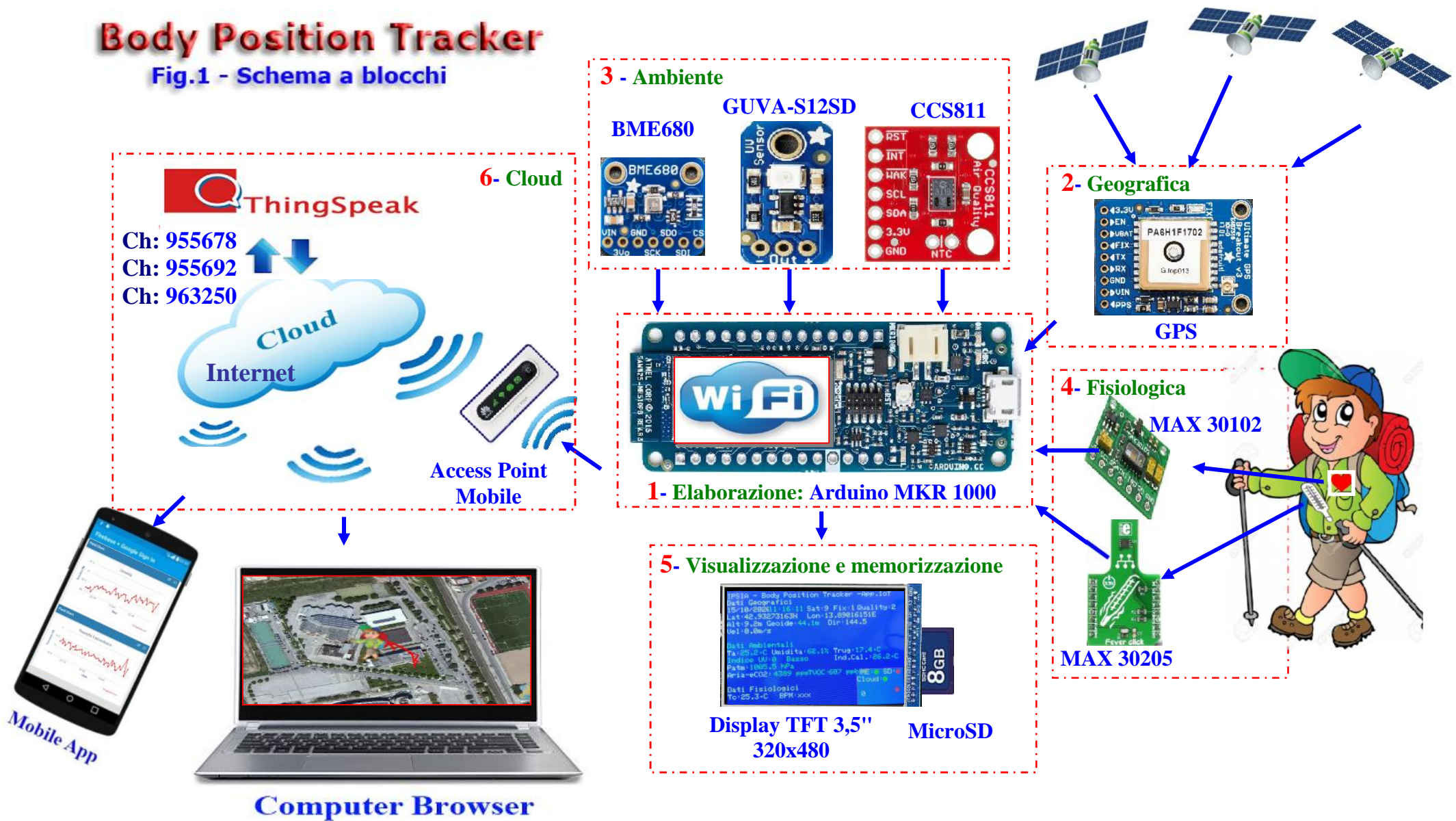


Fig. 1 Schema a blocchi

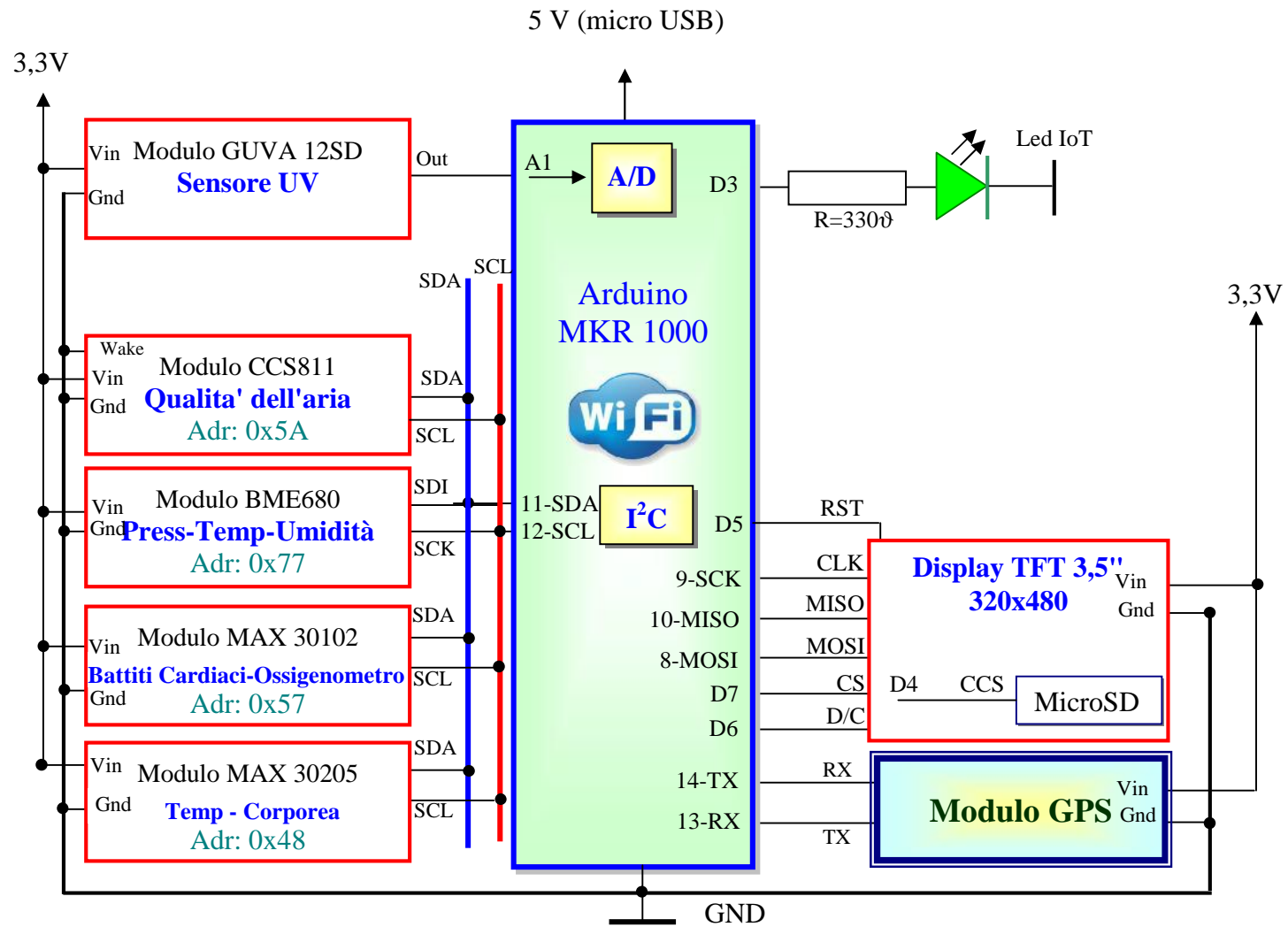


Fig. 2a - Schema Elettrico

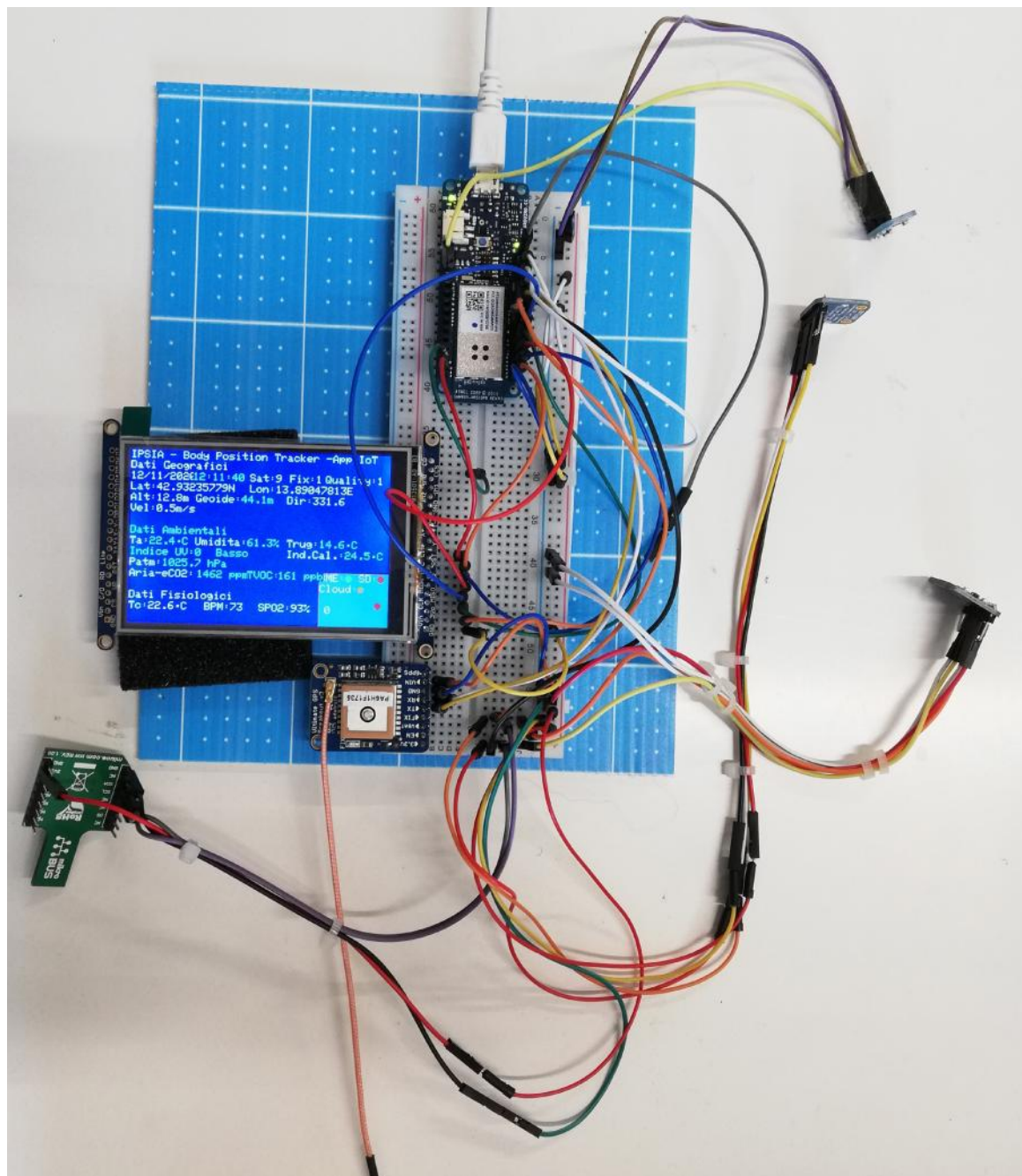
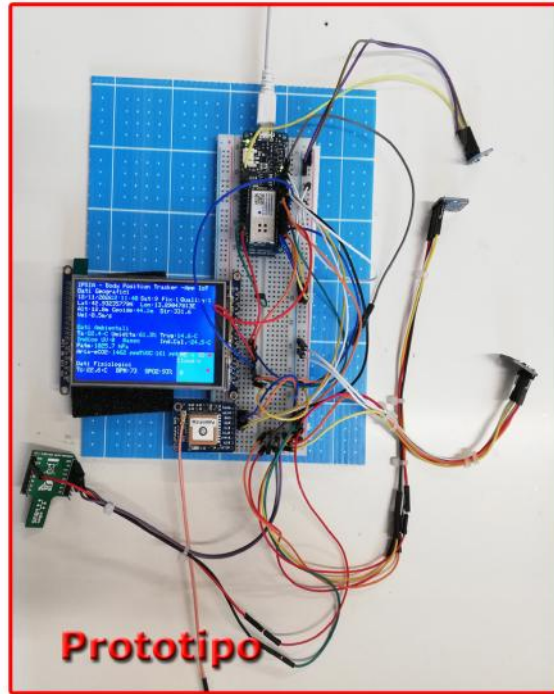


Fig. 2b - Prototipo



- ①  **Elaborazione:**
Arduino MKR 1000
- ②  **Geografica:**
RX GPS
- ③  **Ambiente**
BME680-GUVA-CCS811
- ④  **Fisiologica**
Max30102-Max30205
- ⑤  **Visualizzazione**
Memorizzazione
Display-SD
- ⑥  **Access Point Mobile**
- ⑦  **Batteria**

Body Position Tracker
Fig.3 - Mappatura gilet



Fig.4 - Foto del gruppo classe

Body Position Tracker - IoT Wearable Application – Mapping tracking for Hicking

Description

Body Position Tracker is a **wearable Iot** system (Internet of Things), based on Arduino MKR1000, which combined with sensors and modules, is able to track, develop, display and send the following data to a **Cloud**:

- **Geographical**- Latitude, Longitude, altitude, direction and speed of travel, number of satellites picked up;
- **Enviromental data** - Air Pressure, temperature, humidity, dew point, heat index, UV rays, air quality;
- **Physiological** - Body temperature, Heartbeat, blood oxygenation;

Body Position Tracker is assembled on a **vest**, in picture 4 is given the mapping of the electronics shown in the block diagram of picture 1.

The project which has involved classes 4 and 5 of the Electronics course, started in the school year 2019-2020 and will be ended in the school year 2020-2021 with the State Examination.

The initiative with its undiscussed deep multidisciplinary approach and value, has involved several subjects:

-) Electronics - Prototype processing and programming
-) Italian - Writing of a paper document and a Webpage
-) Physics - Enviromental and geographical Parameters
-) English - Translation of the project description, datasheet look-up
-) Health - Monitoring air quality
-) Physical education - Physiological parameters and importance of trekking activity
-) Cloud and IoT - Data Registration on a server for the look-up from remote with mobile devices (mobile phones, tablets)

The testing, which has to be performed within April-May 2021 will allow to know and enhance the historical places of the planned route Sentiero della fede (path of faith), the Fortess of Mount Cretaccio, the Sanctuary, Monastery and Birth House of St. Giacomo della Marca, the monuments which have recently been renovated in Monteprandone.

Objectives

-) Basic knowledge of GPS system, telecommunication, automation, sensors technology.
-) Basic knowledge of geographical data detected from GPS system
-) To raise awareness among the students as far as the environmental problems and the respect for nature are concerned.
-) To evaluate and understand the physiological parameters during physical activity.

Planned route for the testing

Sentiero della FEDE – Ancient pathways used by pilgrims in order to visit the places of Saint Giacomo della Marca.

Departure: Ragnola Area (San Benedetto del Tronto (AP)) - Arrival in Monteprandone (AP)

Milestones: Ragnola, Fortress of Mount Cretaccio, Sanctuary Saint Giacomo della Marca, historical centre of Monteprandone, Birth house of Saint Giacomo della Marca, ancient wash-house, old fountain.

Memo: Due to the **Covid-19 Emergency the field test will be performed within the period of April/May 2021.**

Il progetto è suddiviso in sezioni:

Sezione	Descrizione
1) Elaborazione	Arduino MKR1000 (Sistema di sviluppo programmabile)
2) Geografica	Modulo GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates V.3.0 <i>Latitudine, Longitudine, altitudine, direzione e velocità di spostamento, numero di satelliti captati</i>
3) Ambiente	a) BME 680: <i>Pressione Atmosferica, Temperatura, Umidità Punto di rugiada, Indice di calore</i> b) GUVVA 12SD: <i>Raggi ultravioletti</i> c) CCS811: <i>Qualità dell'aria (eCO2 e TVOC)</i>
4) Fisiologica	a) Max30205: <i>Temperatura corporea</i> b) Max30102: <i>Battito del cuore, ossigenazione del sangue</i>
5) Visualizzazione e memorizzazione	Display TFT 3,5" 320x480 con MicroSD <i>Visualizzazione dati acquisiti/elaborati e memorizzazione su MicroSD</i>
6) Cloud	a) Access point mobile - Connessione Internet per la trasmissione dei dati al Cloud ThingSpeak b) Cloud Thingspeak - Memorizzazione dati e grafici
7) Software	Software - <i>Gestione del sistema di elaborazione</i>

Di seguito è riportata la descrizione delle sezioni con relativi approfondimenti sulle grandezze acquisite/elaborate.

Descrizione delle sezioni

1) Sezione Elaborazione

La sezione elaborazione è formata dal sistema di sviluppo programmabile **Arduino MKR1000**.

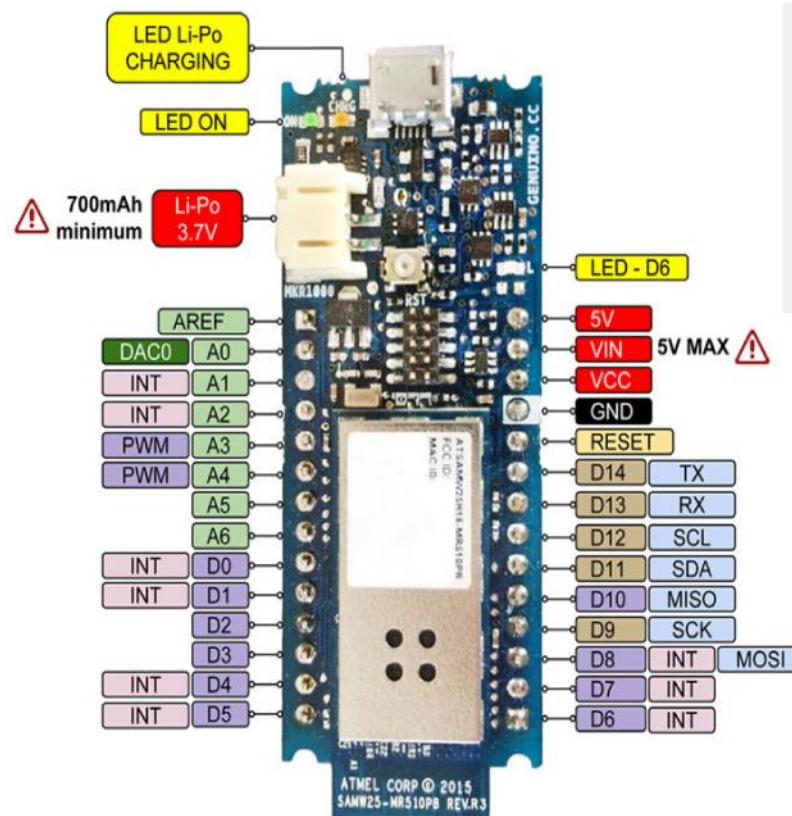
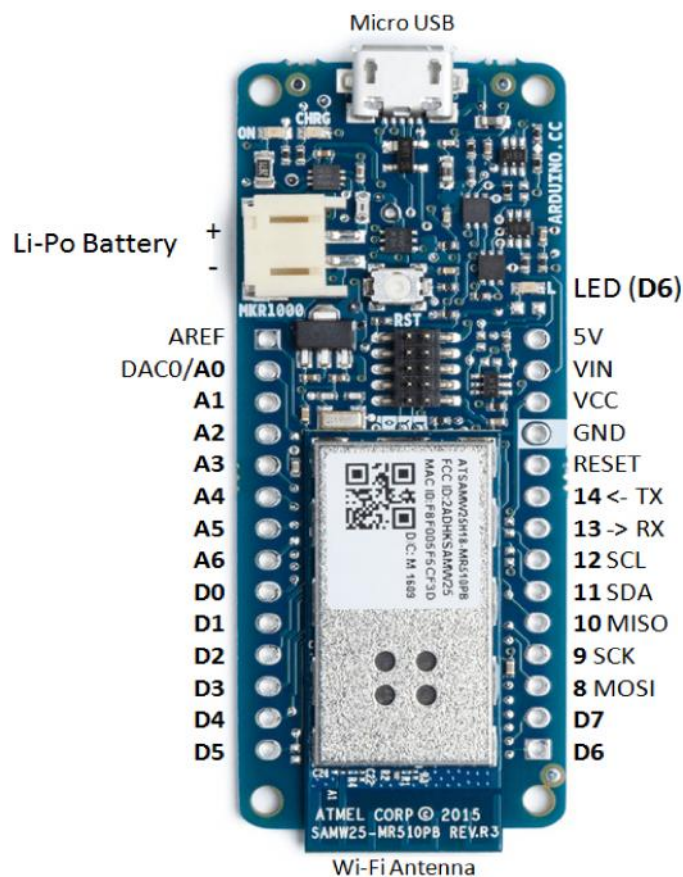
Il sistema tramite software memorizzato al suo interno gestisce le seguenti funzioni

- acquisisce i dati dai moduli/Sensori;
- tramite algoritmi elabora i dati acquisiti, visualizza sul display il risultato dell'elaborazione e li memorizza su una micro SD
- invia i dati al Cloud ThingSpeak

Arduino MKR1000 (Sistema di sviluppo programmabile)

Arduino MKR1000 è una scheda basata sull'Atmel ATSAMW25 SoC della serie SmartConnect; dispone di un modulo WiFi WINC1500 e di un chip per la Crypto-Autenticazione; **ideale per gestire i progetti IoT**.

Il mondo dell'IoT (Internet of Things) sta prendendo sempre più piede nel mondo che ci circonda. Rimaniamo sempre più affascinati da questo mondo fatto di sensori e microprocessori che si interfacciano sempre di più nel nostro vivere quotidiano.



Analog Input = ADC 8/10/12 bit
Analog Output = DAC 10 bit

DC Current per I/O Pin = 7 mA

Flash Memory = 256 KB
SRAM = 32 KB



Il chip ATSAMW25 è composto da un'antenna PCB stream 1x1 e da tre blocchi principali:

- J microcontrollore a bassa potenza ARM SAMD21 Cortex-M0+ a 32bit;
- J controller di rete a bassa potenza WINC1500 da 2.4GHz, con protocollo WiFi IEEE® 802.11 b/g/n;
- J dispositivo di crypto-autenticazione ECC508.

La scheda Arduino MKR1000 WiFi è caratterizzata da dimensioni molto compatte e da caratteristiche che la rendono la scelta preferita per la creazione di progetti IoT alimentati da batteria. Dispone infatti dei seguenti elementi:

- J una MCU simile a quello della Arduino Zero;
- J la tipica ampia serie di interfacce di I/O delle schede Arduino;
- J un modulo WiFi che supporta il protocollo SHA-256, con chip di Crypto-autenticazione per la comunicazione protetta.

Alimentazione Arduino MKR1000 WiFi

La Arduino MKR1000 WiFi integra un circuito di carica per batterie Li-Po che permette alla scheda di essere alimentata sia da una fonte esterna con tensione di alimentazione di 5V tramite porta USB, che da una batteria; il passaggio da un tipo di alimentazione piuttosto che l'altro avviene automaticamente.

Le batterie Li-Po vengono caricate con una tensione fino a 4.2V e con una corrente che normalmente corrisponde alla metà della capacità nominale. La scheda Arduino MKR1000 WiFi dispone di un particolare chip che fornisce una corrente di ricarica preimpostata di 350mAh; ciò significa che la capacità MINIMA della batteria da utilizzare con la MKR1000 WiFi deve essere di 700mAh. Batterie con capacità inferiore potrebbero venire danneggiate e subire surriscaldamenti o esplosioni; al contrario, una batteria con capacità superiore necessita di un tempo di ricarica maggiore, ma non è soggetta ad alcuno dei suddetti rischi. E' pertanto strettamente consigliato l'uso di una batteria Li-Po con ALMENO 700mAh di capacità.

ATTENZIONE

NON COLLEGARE al connettore JST presente sulla scheda alcun dispositivo diverso dal tipo di batteria indicato.

NON alimentare il pin VIN con una tensione maggiore di 5V.

La batteria Li-Po da utilizzare deve disporre di connettore JST PHR2 2-pin femmina. I pin di riferimento sulla Arduino MKR1000 WiFi sono il pin Left (polarità Positiva) e il pin GND (Polarità Negativa). Il circuito di ricarica è impostato per un ciclo di ricarica di circa 4 ore, dopo il quale entra automaticamente in modalità Sleep; questo fa sì che la capacità di ricarica sia al massimo di 1400mAh per ogni ciclo.

N.B.: a differenza della maggior parte delle schede Arduino, la MKR1000 WiFi opera con una tensione di alimentazione pari a 3.3V; se si applicano tensioni maggiori su uno qualsiasi dei pin di I/O, si potrebbe danneggiare la scheda. Mentre è possibile fornire la tensione di 5V ai dispositivi digitali, la comunicazione bidirezionale con dispositivi a 5V necessita di un'appropriata variazione di tensione.

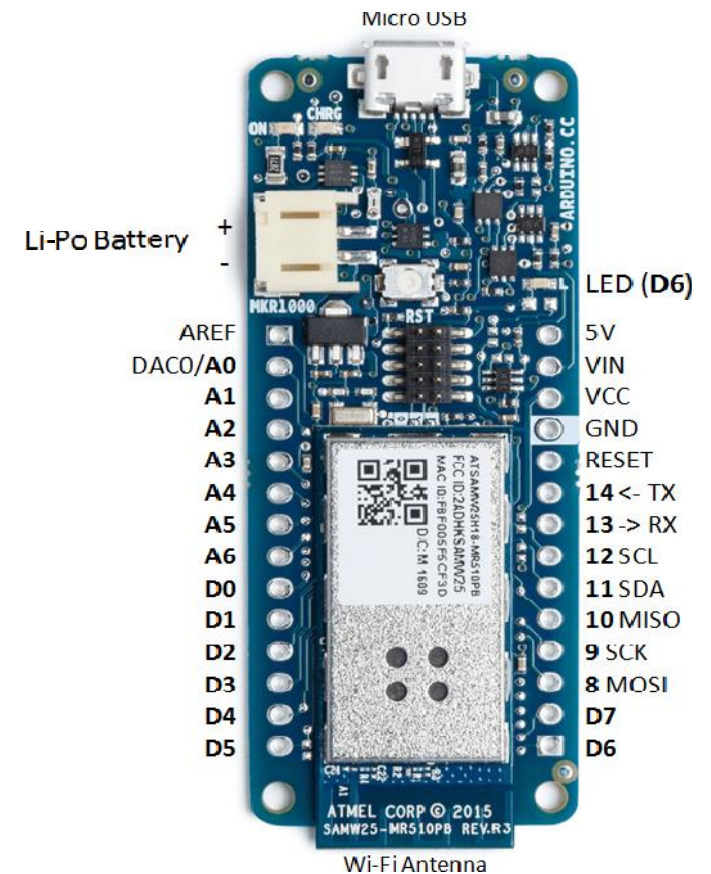
Specifiche dei pin

- J **VIN (pin di input):** tensione di ingresso della scheda Arduino MKR1000 WiFi; la tensione fornita tramite questo pin deve essere di 5V regolata. Se l'alimentazione è fornita tramite questo pin, la porta USB è disconnessa. La tensione di alimentazione fornita alla scheda Arduino MKR1000 WiFi deve essere compresa in un range 5V~6V; l'utilizzo di questo pin è il solo modo di fornire una tensione di 5V, in alternativa all'utilizzo della porta USB.

5V (pin di output): tensione di alimentazione utilizzata per il funzionamento del microcontrollore e degli altri componenti della scheda; la tensione disponibile su questo pin NON viene regolata ma proviene direttamente dal pin VIN o dalla porta USB. Quando la scheda è alimentata da una batteria, il pin fornisce circa 3.7V. Questo è un pin di uscita e non deve essere utilizzato come un pin di input.

- J **VCC**: questo pin fornisce una tensione pari a 3.3V generata dal regolatore incorporato sulla scheda a partire da una qualsiasi delle tre fonti di alimentazione utilizzata (porta USB, pin VIN o batteria).
- J **LED ON**: indicatore LED per lo stato di accensione della scheda; il LED è collegato al pin 5V solo se la scheda viene alimentata dalla porta USB o dal pin VIN; ciò significa che il LED indica lo stato di accensione della scheda quando la stessa viene alimentata tramite porta USB o pin VIN, al contrario non si accende se l'alimentazione proviene dalla batteria. Questo permette di massimizzare l'uso della batteria; è pertanto normale che il LED rimanga spento se la scheda viene alimentata tramite batteria.
- J **CHARGE LED**: indicatore LED per lo stato di ricarica; il LED è collegato al circuito di ricarica presente sulla Arduino MKR1000 WiFi e monitorizza l'assorbimento di corrente durante il ciclo di carica. Normalmente il LED si accende quando la scheda riceve la tensione di alimentazione di 5V dal pin VIN o dalla porta USB e il chip inizia a caricare la batteria Li-Po collegata al connettore JST presente sulla scheda. In alcuni casi, il LED inizia al lampeggiare con una frequenza di circa 2Hz e ciò accade se le condizioni elencate di seguito perdurano per un periodo di tempo che va dai 20 ai 70 minuti:
 - il connettore JST non è collegato ad alcuna batteria;
 - la batteria collegata al connettore è in sottoscarica o danneggiata e non è possibile effettuare la ricarica;
 - ad una batteria a piena carica viene applicato un ciclo di ricarica non necessario; questo accade disconnettendo e riconnettendo il pin VIN o la batteria stessa se la scheda è alimentata tramite pin VIN.
 - **Onboard LED**: a differenza delle altre schede, sulla Arduino MKR1000 WiFi il LED Onboard è connesso al pin D6 e non al D13; il codice di esempio va pertanto modificato per funzionare correttamente.

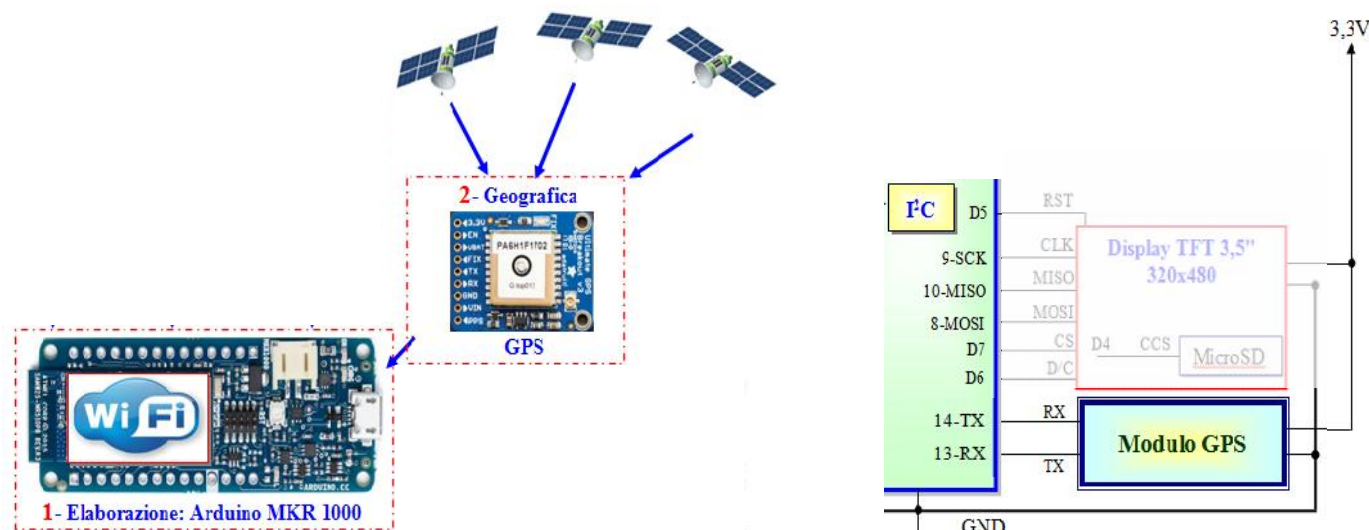
Specifiche tecniche	
Microcontrollore:	SAMD21 Cortex-M0+32bit low power ARM MCU
Tensione di alimentazione:	5V
Alimentazione:	Porta USB/pin VIN
Batteria supportata:	Li-Po 3.7V, minimo 700mAh
Tensione Operativa:	3.3V
Pin digitali di I/O:	8
Pin PWM:	12(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,A3(o18),A4(o19))
Porta UART:	1
Porta SPI:	1
Porta I2C	1
Pin analogici di input:	7(ADC a 8/10/12bit)
Pin analogici di output:	1(DAC a 10 bit)
Corrente DC(per singolo pin di I/O):	7mA
Memoria flash (Programma):	256KB
SRAM (dati):	32KB
EEPROM:	NON presente
Velocità di clock:	32.768KHz (RTC), 48Mhz
USB:	Full Speed, Host integrato
Dimensioni:	63x25x7mm
Peso:	30g (intera confezione)



2) Sezione Geografica

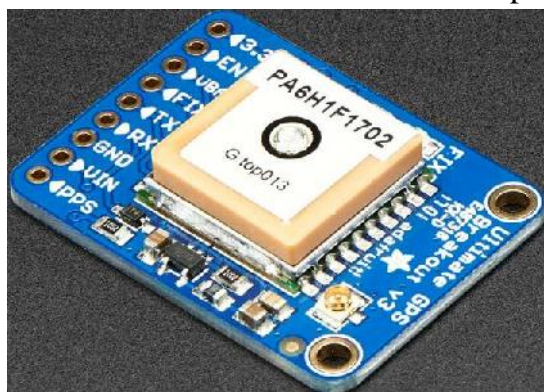
La sezione geografica è formata dal ricevitore **GPS**.

Il modulo riceve i dati dai satelliti del sistema **GPS** e li invia alla sezione di elaborazione. La comunicazione avviene tramite i pin **RX** e **TX**, come indicato in figura (RX del GPS al pin 14 (TX), TX del GPS al pin 13 (RX)).



Adafruit Ultimate GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates - Version 3

Il breakout è costruito attorno al chipset MTK3339, un modulo GPS di alta qualità, che può tracciare fino a 22 satelliti su 66 canali, ha un eccellente ricevitore ad alta sensibilità (-165 dB di tracciamento!) e un'antenna integrata.



Può eseguire fino a 10 aggiornamenti di posizione al secondo per la registrazione o il tracciamento ad alta velocità e alta sensibilità, basso consumo, solo 20 mA durante la navigazione.

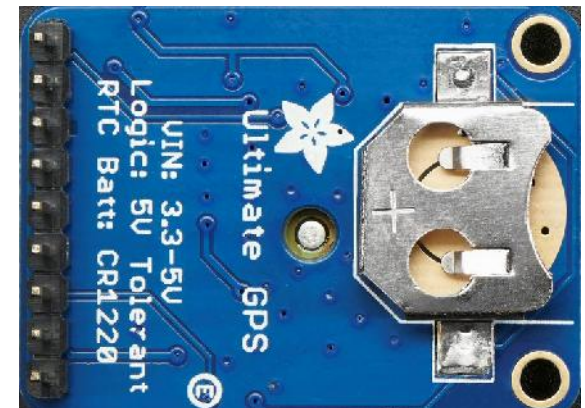
L'altra caratteristica interessante del nuovo modulo basato su MTK3339 è la capacità integrata di registrazione dei dati. Il modulo contiene un microcontrollore con una memoria FLASH vuota, il firmware consente di inviare comandi per eseguire il logging interno sulla memoria FLASH.

La registrazione può essere attivata tramite un comando di Arduino, dopo l'avvio la registrazione prosegue senza l'intervento di Arduino stesso. L'ora, la data, la longitudine, la latitudine e l'altezza vengono registrate ogni 15 secondi e solo quando c'è una correzione. La memoria FLASH interna può memorizzare circa 16 ore di dati. Non è possibile modificare ciò che viene registrato.

Il modulo viene gestito tramite una libreria fornita dal fornitore Adafruit

Specifiche tecniche

- J Satelliti: 22 tracce, 66 ricerche
- J Patch Antenna Dimensioni: 15mm x 15mm x 4mm
- J Frequenza di aggiornamento: da 1 a 10 Hz
- J Precisione di posizione: <3 metri (tutta la tecnologia GPS ha circa 3 m di precisione)
- J Precisione della velocità: 0,1 metri / s
- J Compatibile con batterie RTC
- J Registrazione dati integrata
- J Uscita PPS su correzione
- J Start: 34 secondi
- J Sensibilità di acquisizione: -145 dBm
- J Sensibilità di tracciamento: -165 dBm
- J Velocità massima: 515m / s
- J Antenna patch interna + connettore u.FL per antenna attiva esterna
- J Fix LED di stato
- J Gamma Vin: 3,0-5,5 VDC (regolatore interno a 3,3V)
- J MTK3339 Corrente di funzionamento: tracciamento 25 mA, navigazione 20 mA
- J **Uscita: NMEA 0183, 9600 baud default, 3 V log level level, 5V-safe input**
- J pin ENABLE per spegnere il modulo
- J Supportato DGPS / WAAS / EGNOS
- J Conformità FCC E911 e supporto AGPS (modalità offline: EPO valido fino a 14 giorni)
- J Fino a 210 canali PRN
- J Rilevazione e riduzione jammer
- J Rilevamento e compensazione multi-path
- J Slot per l'inserimento della batteria tampone - Gestione RTC interno . La batteria CR1220 permette di mantenere RTC in funzione e consentire avviamenti a caldo e un minuscolo LED rosso acceso. Il LED lampeggia a circa 1 Hz mentre cerca i satelliti e lampeggia una volta ogni 15 secondi quando si trova una soluzione per risparmiare energia. Se si desidera avere un LED acceso tutto il tempo, è disponibile il segnale FIX su un pin in modo da poter inserire un LED esterno.



Approfondimento

GPS e coordinate geografiche

Come nasce il GPS

GPS è l'acronimo di **Global Positioning System**. Si tratta di un sistema realizzato dal Ministero della Difesa Statunitense in grado di rilevare le proprie coordinate planimetriche ed altimetriche per chiunque disponga di uno strumento ricevente un segnale GPS.



Il sistema GPS nasce da un progetto top-secret americano realizzato durante gli ultimi anni della guerra fredda che serviva a fornire un supporto attivo ai missili balistici Cruise e Tomahawk e di coordinare al meglio le truppe sul territorio, solo dopo la guerra intorno al 1980 il governo statunitense rende pubblico questo progetto. Il sistema GPS si rivelò molto più preciso di quanto gli Stati Uniti avrebbero voluto, arrivò nell'ordine di grandezza dei 30 metri con l'introduzione del II blocco di satelliti. Per questo motivo il governo statunitense fece sviluppare ed implementare un programma nei nuovi satelliti in modo da degradare le prestazioni del sistema nell'ordine dei 100 metri, questo programma venne chiamato Selective Availability (SA).

Storia del GPS

Le date più recenti della storia del GPS sono:

- 1991: gli USA aprono al mondo il servizio GPS con specifiche differenziate da quello militare. Vengono introdotti errori intenzionali nei segnali satellitari allo scopo di ridurre l'accuratezza della rilevazione, con una precisione sull'ordine dei 100m.
- 2000: la degradazione del segnale viene disabilitata, mettendo così a disposizione la precisione attuale di circa 10-20m. Nei modelli per uso civile è presente un dispositivo che limita velocità ed altezza per la sicurezza.

Ma l'intuizione teorica del posizionamento satellitare globale è datata 1940, in piena guerra mondiale e diciassette anni prima della messa in orbita dello Sputnik 1, il primo satellite artificiale della storia.

La progettazione del sistema GPS parte ufficialmente nel 1963, ma già nel 1957-1958 si trovano tracce dei primi esperimenti doppler svolti a terra. Il progetto, finanziato dal Dipartimento della Difesa USA e classificato top secret per 15 anni, prende quindi il via in maniera consistente durante la Guerra Fredda per scopi esclusivamente militari. La sola fase di progettazione del sistema GPS ha richiesto quasi 16 anni, fondamentalmente a causa del fatto che, a quell'epoca, i progettisti avevano individuato soluzioni tecnologiche ed infrastrutturali molto evolute, ma che nella realtà non erano ancora state sviluppate o affinate. Il primo satellite GPS viene messo in orbita nel 1978.

La principale necessità che ha dato il vero impulso ai progetti di posizionamento satellitare è stata quella di elevare la precisione dei missili a medio raggio, è proprio a questa tecnologia che nascono i cosiddetti "bombardamenti chirurgici", altri scopi primari erano quelli di coordinare i movimenti delle truppe sul territorio nemico, e guidare le segretissime testate atomiche "fantasma", che durante la guerra fredda erano alloggiati in appositi silos in costante movimento negli oceani.

Nell'anno 1994, con il completamento della seconda versione del GPS (denominata "Block Two" 1989-1994), il governo USA decide di rendere pubblici i parametri di accesso, per sfruttare il sistema a livello civile sul solo canale radio L1 (altresì noto come canale civile GPS 1,57Ghz).

Il 1994 segna quindi l'inizio ufficiale della grande esperienza del GPS civile, con ogni probabilità il più vasto, sofisticato e complesso sistema tecnologico sociale permanente mai creato dal genere umano, e punto di svolta epocale nella sicurezza aerea e marittima.

L'investimento complessivo connesso alla progettazione e all'avvio del sistema GPS è stato stimato nell'ordine dei 28.000 miliardi di vecchie lire (non attualizzate). All'investimento iniziale vanno poi aggiunti 400 milioni di euro all'anno per la gestione ordinaria effettuata da terra, ed i 7 miliardi di euro necessari al completo rinnovo della costellazione satellitare circa ogni sette anni e mezzo.

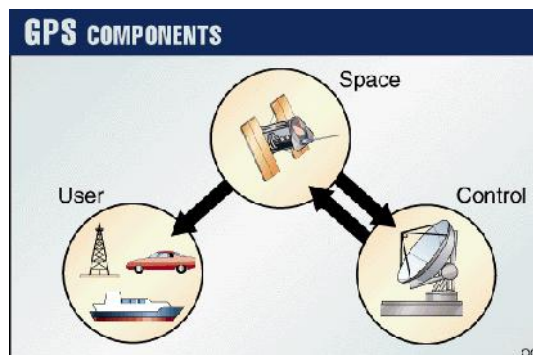
Come funziona il GPS

Il sistema NAVSTAR-GPS si basa sulla misurazione delle distanze dai satelliti GPS. Questo significa che calcoliamo la nostra posizione sulla terra misurando la nostra distanza da un gruppo di satelliti nello spazio che vengono utilizzati come punti di riferimento, questo metodo si chiama **trilaterazione**.

Il GPS è un sistema satellitare basato su una costellazione nominale di 24 satelliti orbitanti ad una quota di 20.200 Km e con un periodo orbitale di circa 12 ore. La distribuzione dei satelliti nello spazio è tale che in qualsiasi punto della Terra si possono ricevere contemporaneamente i segnali da non meno di 5 satelliti.

Oltre al "segmento spaziale" (satelliti) e al "segmento utente" (il ricevitore GPS) il sistema si completa con un "segmento terrestre", composto da cinque stazioni di controllo a terra delle orbite dei satelliti.

1. Segmento spaziale (Space Segment): 24 satelliti (trasmettitori)
2. Segmento di controllo (Control Segment): 5 stazioni di controllo e coordinamento a terra
3. Segmento utente (User Segment): milioni di ricevitori GPS



Segmento spaziale

Il segmento spaziale consiste di 24 satelliti (trasmettitori) in orbita attorno alla Terra, equipaggiati con orologi di elevata precisione e stabilità (orologi atomici) sincronizzati. Attualmente ci sono 31 satelliti attivi.

Caratteristiche dei satelliti:

- Orbite non geostazionarie circolari di 20.200 km di raggio (disposti su 6 piani orbitali inclinati di 55°, con almeno 4 satelliti ciascuno) con periodi di rivoluzione di 12 ore;
- Distribuzione dei satelliti tale da garantire la visibilità di almeno 6 satelliti in qualsiasi momento e da qualsiasi parte del pianeta.
- Equipaggiamento con orologi atomici al cesio ad elevata precisione.
- Invio continuo di un segnale radio che contiene dati "tempo" e "posizione", su due diverse bande.

Segmento di controllo

Il segmento di controllo è composto da 5 stazioni ospitate da basi militari USA:

- 1 centro di controllo principale che presiede al governo del sistema (Master Control Station) a Colorado Springs (USA);
- 4 stazioni di monitoraggio secondarie (Monitor Stations), che hanno la funzione di coordinare e verificare continuamente l'affidabilità dei dati trasmessi dai satelliti, disposte in modo da garantire che ogni satellite sia "visibile" da almeno una stazione in ogni momento :
 - isole Hawaii (Oceano Pacifico),

- isola di Ascensione (Oceano Atlantico),
- isola Diego Garcia (Oceano Indiano),
- isola di Kwajalein (Oceano Pacifico).

Le stazioni ricevono e trasmettono ai satelliti i parametri necessari per la correzione di ciascuna orbita (effemeridi). Tali parametri sono calcolati a terra dalle stazioni di controllo stesse per poter essere ritrasmessi agli utenti.

Segmento utente

Il Segmento Utente consiste nel ricevitore GPS, che in base ai dati ricevuti effettua il calcolo della sua posizione sul globo terrestre.

Ogni ricevitore GPS è equipaggiato con:

- antenna, in grado di captare il segnale radio trasmesso dai satelliti
- processore dei dati ricevuti dai satelliti
- orologio ad alta precisione

Trilaterazione

La trilaterazione è una tecnica che permette di calcolare distanze fra punti sfruttando le proprietà dei triangoli.

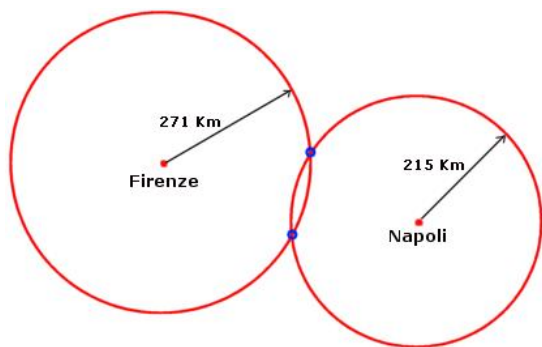


Per capire cosa si intende facciamo un esempio molto semplice: supponiamo di esserci persi e di voler capire qual'è la nostra posizione ci troviamo esattamente a 215 Km da Napoli. Possiamo rappresentare questa informazione nel modo seguente:

Se Napoli è al centro, significa che possiamo essere su un qualsiasi punto della circonferenza visto che ogni punto si trova proprio a 215 Km.

Tramite delle ricerche su Internet scopriamo che siamo esattamente a 271 Km da Firenze". Rappresentando graficamente anche questa informazione avremo la seguente situazione:

Considerando le due informazioni, possiamo essere sicuri di essere in un punto che dista 271 Km da Firenze e 215 da Napoli. Come si vede nella figura, solo 2 punti (quelli cerchiati in blue) rispondono a queste caratteristiche. Per capire in quale dei due punti effettivamente mi trovo ho bisogno quindi di una terza informazione.



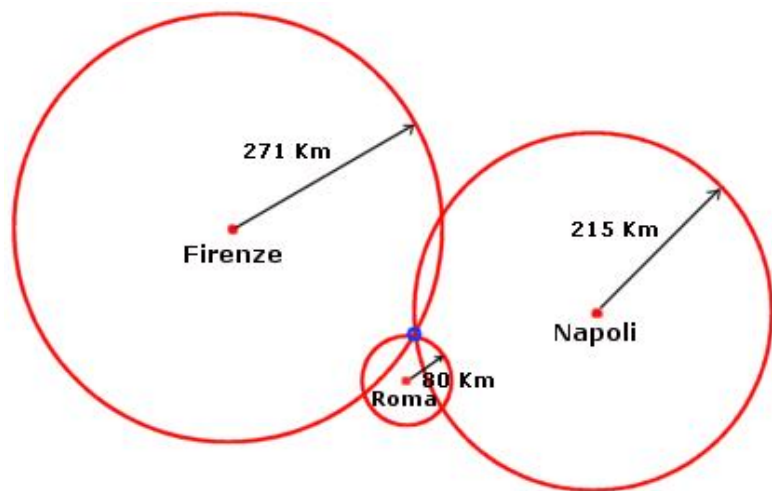
Inoltre "Ti trovi esattamente a 80 Km da Roma" e possiamo a questo punto capire senza il minimo dubbio dove mi trovo, nell'unico punto al mondo che dista 271 Km da Firenze, 215 da Napoli e 80 da Roma (precisamente a Rieti)

Nella realtà, il calcolo viene fatto nello spazio tridimensionale (e usando 4 misurazioni) per cui invece dei **cerchi** dobbiamo immaginare **delle sfere** che si intersecano tra loro fino ad identificare un unico punto.

Riportando l'esempio precedente alla realtà, avremo in pratica un receiver GPS che riceve dai satelliti (almeno 4) la loro distanza con cui è in grado di ricavare la propria posizione.

Il GPS riesce a comunicare con i satelliti analizzando le alte frequenze con cui essi trasmettono segnali a terra (le bande usate sono 1575.42 Mhz e 1227.60 Mhz). Per capire la distanza tra il receiver ed il satellite viene misurato il tempo che un segnale impiega per arrivare a terra.

La cosa sembra semplice ma in realtà non lo è. Ecco come avviene il processo di misurazione.



Ad un ora prestabilita (supponiamo le 12:00) il satellite genera un codice (detto pseudo random code) e lo invia sulla terra. Sempre alle 12:00 anche il receiver GPS genera lo stesso identico codice per cui, quando il segnale dal satellite arriva a terra e viene letto dal receiver, questo lo riconosce ed è in grado di misurare quanto tempo ha impiegato il segnale per arrivare.

Moltiplicando il tempo per la velocità della luce (300.000 km/s) otterremo la distanza tra il satellite ed il receiver GPS.

Il calcolo matematico è ovviamente abbastanza semplice. Tutto quello che dobbiamo sapere è quando esattamente il segnale è partito dal satellite. E lo dobbiamo sapere con una precisione estrema visto che un solo millesimo di secondo di differenza potrebbe penalizzare la rilevazione con un errore nell'ordine dei 300 Km!

Per ottenere una precisione del genere, ogni satellite imbarca quattro costosissimi orologi atomici (del costo di circa 160.000 Euro), che sfruttano le oscillazioni degli

atomi di cesio e rubidio e che garantiscono uno standard di precisione assoluto (addirittura la possibilità di errore è di un secondo ogni 30000 anni).

E' ovvio che in un sistema così preciso anche il receiver deve avere degli standard di un certo livello. Considerando che un ricevitore non può montare orologi atomici da 160.000 Euro, si è pensato di usare orologi capaci di mantenere un'estrema precisione per brevi periodi che però nel tempo vanno spesso corretti sfruttando direttamente i segnali dei satelliti.

Il sistema GPS è disponibile in due versioni, PPS (Precision Positioning Service) e SPS (Standard Positioning Service).

Il sistema PPS, secondo i dati ufficiali ha un'accuratezza nell'ordine dei 30 metri. Il sistema SPS, potrebbe tranquillamente arrivare agli stessi risultati se non fosse per la cosiddetta disponibilità selettiva.

La disponibilità selettiva non è altro che un errore nella misurazione indotto dal Ministero della Difesa degli Stati Uniti. In pratica viene intenzionalmente modificata l'accuratezza dell'orologio a scapito della precisione della misurazione.

Il motivo di questo comportamento da parte degli Stati Uniti è incomprensibile ma ufficialmente il governo ha ribadito che i motivi sono legati alla sicurezza del paese.

GLONASS

Il **GLONASS** (GLObal NAVigation Satellite System) è un sistema satellitare di individuazione della posizione realizzato dall' Unione Sovietica più o meno in concomitanza con quello americano.

Anche questo sistema è dotato di 24 satelliti, ma suddivisi in tre orbite distanti 120 fra loro e ad una quota leggermente maggiore di quella dei satelliti GPS.

Nonostante le considerevoli differenze tecniche tra GPS e GLONASS, esistono alcuni ricevitori GPS in grado di ricevere informazioni da entrambi i sistemi e riuscendo così ad ottenere una precisione complessiva con uno scarto di appena 50 cm!

Una volta che il GPS receiver ha effettuato i suoi calcoli, può determinare le seguenti informazioni:

-) Longitudine
-) Latitudine
-) Altitudine
-) Altre informazioni (direzione e velocità di spostamento, numero di satelliti captati, ecc)

Usando queste informazioni su una mappa è possibile capire perfettamente dove ci si trova, in quale città, in quale strada e perfino in quale senso di marcia si sta andando.

Non a caso, una delle applicazioni più frequenti della tecnologia GPS è proprio nel campo della navigazione guidata. Piccoli computer portatili dotati di memoria possono infatti contenere migliaia di mappe ed essere usati addirittura per ricevere suggerimenti vocali sull'itinerario da seguire.



Esempio di navigatore GPS

Un'altra applicazione del GPS è nella telesorveglianza, usata soprattutto a protezione dei TIR.

Il TIR viene dotato di un ricevitore satellitare GPS (accuratamente nascosto) che ne determina istante per istante la posizione ritrasmettendola continuamente alla centrale operativa antirapina che ha il compito di verificarla e di gestire eventuali problemi.

Il Protocollo NMEA 0183

Il protocollo **NMEA 0183** è uno standard di comunicazione usato dai **GPS** per comunicare i dati di posizione e tempo, ma anche in applicazioni nautiche per condividere con vari strumenti le informazioni come ad esempio la velocità dell'imbarcazione, la profondità del fondale o la posizione e il nome delle imbarcazioni limitrofe.

Lo standard è stato sviluppato dal **National Marine Electronics Association**, una associazione fondata nel 1957 da costruttori di dispositivi elettronici in ambito navale. La prima versione del protocollo risale a marzo 1983, successivamente è stata migliorata ed ampliata negli anni.

Attualmente l'ultima versione è la 4.1 che ha introdotto ad esempio, le **sentence** (stringhe propriamente codificate) per il sistema di posizionamento **Galileo** e l'**AIS** (Automatic Identification System) ovvero il sistema di identificazione automatica comunemente conosciuto come transponder.

Un solo talker, uno o più listeners

Il protocollo NMEA 0183 prevede che un solo dispositivo, detto **talker**, possa trasmettere dati, tutti gli altri dispositivi invece, detti **listeners**, possono esclusivamente riceverli. Per combinare più talkers assieme, come ad esempio un GPS, un anemometro, un ricevitore AIS, è necessario collegare questi dispositivi a un **Multiplexer** (o combinatore) che gestisce in input queste informazioni e le serializza in modo che non vi siano conflitti di trasmissione simultanea.

Il multiplexer può fare solo da "tramite" dei messaggi oppure li può filtrare o definirne una priorità maggiore. Un'altra funzionalità di alcuni modelli è quella di convertire i segnali Nmea 0183 in segnali a velocità maggiore (es. **NMEA 0183-HS** che introdurremo più avanti) o cambiare proprio mezzo e protocollo passando a segnali come ad esempio **NMEA 2000**, Wifi, Ethernet, Bluetooth, Usb.

Principali caratteristiche elettriche del protocollo NMEA 0183

A livello elettrico, la comunicazione è di tipo **seriale asincrona monodirezionale**. La velocità di trasmissione è definita a **4800bps** (bit al secondo), 8 bit di dati, un bit di stop e nessun bit di parità né di handshaking. (comunemente conosciuto come **8N1**)

Prima della versione 2.0 dello standard (rilasciata nel 1992) l'interfacciamento è stato di tipo "single ended" e richiede due fili:

- J Una linea di trasmissione (**TX**)
- J Un riferimento a massa (**GND**)

I dispositivi costruiti prima della versione 2.0 del protocollo rilevano gli uni e gli zeri in riferimento alla differenza di tensione che c'è tra il filo TX e il GND.

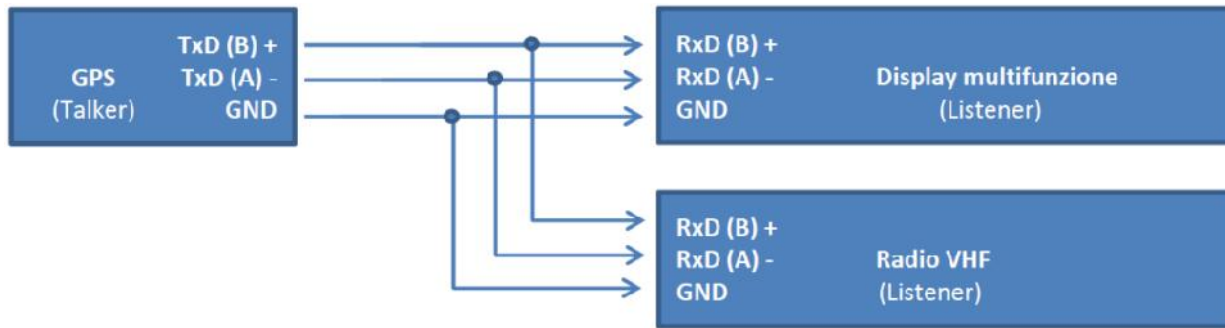
Dalla versione 2.0 in poi invece il protocollo passa da una connessione "single ended" **RS232**, più sensibile ai disturbi, ad una connessione "**double ended**" basata sullo standard **RS422**.

Lo standard **RS422** utilizza tre fili (A, B e GND). Due fili (A e B) sono adibiti alla trasmissione e uno (GND) fa da riferimento comune a massa.

La trasmissione mediante una coppia di fili permette di implementare un invio differenziale dei segnali elettrici. Questa modalità di trasmissione permette di ottenere una **alta immunità ai disturbi** permettendo collegamenti a 1200m di distanza ad una velocità di 100Kbps.

Interfacciamento a 3 fili.

- J TxD (B) +
- J TxD (A) -
- J Un riferimento a massa (GND)



Dalle informazioni reperite sul web, sembra possibile collegare dispositivi con segnali TTL a due fili “single ended” con dispositivi a tre fili “double ended” collegando il **TX** alla linea **RxD B +** *NMEA 0183 e NMEA 0183-HS*

Dalla terza versione, definita nel 2001, è stata introdotta una variante del protocollo ad alta velocità, chiamata **NMEA 0183-HS** (dove “HS” stà per “high speed”). La sostanziale differenza rispetto alla versione Nmea 0183 è la velocità di comunicazione che passa da 4800bps a **38400bps**.

La sintassi delle frasi (sentence)

I dispositivi comunicano attraverso delle frasi (dette **sentence**).

Le frasi sono limitate a **80 caratteri** e hanno i rispettivi caratteri di inizio e fine messaggio.

I parametri del messaggio sono delimitati dal carattere virgola e l’ultimo parametro è un codice di verifica della trasmissione preceduto da un asterisco “*”.

Riassumendo abbiamo:

-) Inizio messaggio:\$
-) Delimitatore: carattere virgola “,”
-) Delimitatore Checksum “*”
-) Fine messaggio:**CR LF**

L’indirizzo della frase

Il primo parametro racchiuso tra l’inizio messaggio e la prima virgola è **l’indirizzo** della frase e specifica la natura del talker.

L’indirizzo è a sua volta composto da due elementi:

-) due lettere che identificano il talker (Es. Gps, Bussola..)
-) tre lettere che identificano il messaggio specifico del talker.
-) Il controllo d’errore (checksum)

L’ultimo parametro è il checksum e serve per verificare che il messaggio sia privo da errori. Il checksum è racchiuso tra un carattere asterisco “*” e il CR LF (ovvero il ritorno di carrello e nuova linea).

Il checksum è composto da due caratteri alfanumerici ed è calcolato tramite l’algoritmo Exclusive OR a 8 bit

Le frasi sono in totale più di 50, la maggior parte proprietarie di ciascun dispositivo. Le frasi standard e più comuni del protocollo sono:

-) \$GPRMC
-) \$GPRMB
-) \$GPGGA
-) \$GPGSA
-) \$GPGLL
-) \$GPGSV
-) \$GPRTE

Seguono alcuni esempi di messaggi:

\$GLGSV,2,2,07,84,16,144,14,85,71,153,31,71,45,229,25*5A

Descrive il numero di satelliti GLONASS e la loro posizione

\$GPGSA,A,3,01,03,08,10,11,14,17,22,23,27,28,32,1.0,0.7,0.7*34

Descrive i satelliti usati per il punto, se quest'ultimo è 2D o 3D e la relativa accuratezza

\$GPVTG,,T,,M,0.0,N,0.0,K,A*23

Descrive velocità e direzione

\$GPRMC,155902,A,4501.502642,N,01434.102644,E,0.0,,150817,1.2,E,A*36

Fornisce l'ora UTC, in questo caso sono le ore 15:59:02. la "A" indica che il fix è valido e la posizione espressa in DD mm.mmmm è 45°01.502642N e 14°34.102644E. è presente la velocità e la direzione, la data (in questo caso 15/08/2017) e la variazione magnetica.

\$GPGGA,155902,4501.502642,N,01434.102644,E,1,12,0.7,15.0,M,44.0,M,,*78

Anche questa frase fornisce informazioni sull'ora e la posizione, ma a differenza del messaggio precedente qui abbiamo informazioni sull'altezza e un calcolo del possibile errore della posizione

3) Sezione Ambiente

Pressione atmosferica, temperatura, umidità, temperatura di rugiada, indice di calore, qualità dell'aria, indice raggi ultravioletti

Le grandezze Pressione atmosferica, temperatura, umidità, qualità dell'aria, indice raggi ultravioletti vengono rilevate ed acquisite con dei moduli specifici mentre la temperatura di rugiada e l'indice di calore vengono determinate con due algoritmi.

La sezione è composta dai seguenti sensori/moduli

a) BME 680: *Pressione Atmosferica, Temperatura, Umidità*

b) GUA 12SD: *Raggi ultravioletti*

c) CCS811: *Qualità dell'aria (eCO2 e TVOC)*

a) BME 680: *Temperatura, Umidità, Pressione Atmosferica*

Il modulo viene utilizzato per il rilevamento ed acquisizione delle seguenti grandezze

1) Pressione Atmosferica, Temperatura, Umidità - *rilevamento diretto*

2) Temperatura di rugiada, indice di calore - *calcolo tramite algoritmi*

Descrizione BME680

Il Sensore di Gas Pressione Temperatura Umidità BME680 è in grado di rilevare diversi parametri ambientali come la temperatura, l'umidità, la pressione barometrica ed i composti organici volatili (VOC).

Questo sensore è in grado di misurare l'umidità con precisione del $\pm 3\%$, la pressione barometrica con precisione assoluta di ± 1 hPa e la temperatura con precisione di ± 1.0 °C, poiché la pressione cambia con l'altitudine è anche possibile utilizzare il sensore come altimetro con una precisione di ± 1 metro.

Il BME680 contiene anche un piccolo sensore MOX, che cambia la propria resistenza in funzione dei composti organici volatili (VOC) presenti nell'aria.

Come tutti i sensori VOC dovrà essere calibrarlo utilizzando una fonte note per ottenere misurazioni precise

Al primo utilizzo è consigliabile stabilizzare il sensore lasciandolo acceso per 48 ore e poi per 30 minuti nella modalità desiderata ogni volta che viene utilizzato, questo perché i livelli di sensibilità del sensore cambieranno durante l'uso iniziale e la resistenza aumenterà lentamente nel tempo man mano che il MOX si scalda fino alla sua lettura di base.

Il sensore può essere alimentato con una tensione compresa tra 3,3Vcc e 5Vcc, i dati in uscita sono disponibili sia su I2C sia su SPI.

BME680 è un sensore ambientale integrato sviluppato in modo specifico per applicazioni mobili e dispositivi indossabili in cui le dimensioni e il basso consumo energetico sono requisiti fondamentali.



Caratteristiche:

-] Alimentazione compresa tra 3,3Vcc e 5Vcc
-] Uscita I2C o SPI
-] Caratteristiche sensore di umidità: precisione $\pm 3\%$, tempo di risposta 8s
-] Caratteristiche sensore di pressione: campo di misura compreso tra 300 hPa e 1100 hPa, precisione ± 1 hPa (da 950 hPa a 1050 hPa @25°C)
-] Caratteristiche sensore di temperatura: campo di misura compreso tra -40°C e +85°C, precisione $\pm 1^\circ\text{C}$ (da 0°C a +65°C)
-] Caratteristiche sensore di gas: tempo di risposta 1s

Applicazioni

Misurazione della qualità dell'aria

Stazione meteo personalizzata

Consapevolezza del contesto, ad esempio rilevamento dell'umidità della pelle, delle variazioni nell'ambiente

Monitoraggio fitness/benessere

Avvertimento in caso di aria secca o temperature elevate

Misurazione del volume e del flusso d'aria

Controllo automazione domestica (ad es. HVAC)

Potenziamento del GPS (ad es., miglioramento del Time To First Fix (TTFF), determinazione del punto stimato, rilevazione di pendenza)

Pin di alimentazione:

-] **Vin** : Pin alimentazione. Poiché il chip del sensore utilizza 3 VCC, abbiamo incluso un regolatore di tensione a bordo che prenderà 3-5 VCC e lo convertirà in sicurezza. Per alimentare la scheda, fornisci la stessa potenza del livello logico del tuo microcontrollore - ad es. Per un micro 5V come Arduino, usa 5V
-] **3Vo** - uscita 3.3V del regolatore di tensione interno (max 100mA)
-] **GND** - questo è il pin di messa a terra dell'alimentazione e del segnale.

Pin logici SPI:

Tutti i pin che entrano nel breakout hanno circuiti di spostamento di livello per renderli sicuri a livello logico 3-5V. Usa qualunque livello logico su **Vin!**

-] **SCK** - Questo è il pin **Clock** , è un input per il chip
-] **SDO** - questo è il **Serial Data Out / Master In Slave Out** pin, per i dati inviati dal BME680 al tuo processore
-] **SDI** - questo è il **Serial Data In / Master Out Slave In** pin, per i dati inviati dal processore al BME680
-] **CS** - questo è il **Chip Select** pin, livello basso per avviare una transazione SPI. È un input per il chip

Se si desidera collegare più BME680 a un microcontrollore, farli condividere i pin SDI, SDO e SCK. Quindi assegnare a ciascuno un pin CS univoco.

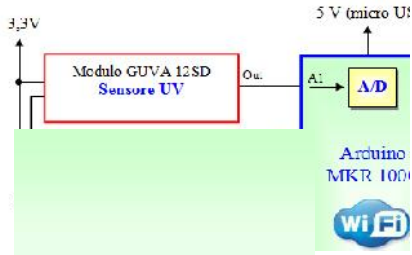
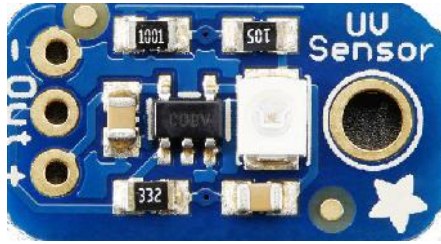
Pin logici I2C: **Adr: 0x77**

-] **SCK** - Pin di clock I2C, corrisponde al segnale SCL.
-] **SDI** - Pin dati I2C, corrisponde al segnale SDA.

b) GUYA 12SD: Raggi ultravioletti

Il Modulo Sensore UV basato sul diodo GUYA-S12SD consente di misurare la radiazione ultravioletta della luce solare nel range 200nm-370nm (nanometri).

Nota: Le radiazioni UV si basano su un fotodiiodo UV coprendo una lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nanometri ovvero l'intero spettro UVB e la maggior parte degli UVA e si dividono in tre categorie: UVC (100-280 nm) UVB (280-315 nm) UVA (315-400 nm).



In Fig 3 è riportato lo schema elettrico suddiviso in quattro parti.

- 3a) Diodo GUYA-S12SD e circuito di condizionamento con l'amplificatore operazionale SGM8521.
- 3b) Amplificatore a guadagno regolabile con l'amplificatore operazionale LM358
- 3c) Diodo Power Led L2
- 3d) Connettore H1 (Vcc, GND, Aout)

Il modulo fornisce un'uscita analogica proporzionale all'intensità UV misurata (mW/cm2) compatibile con l'indice internazionale UV= 0 ÷11.

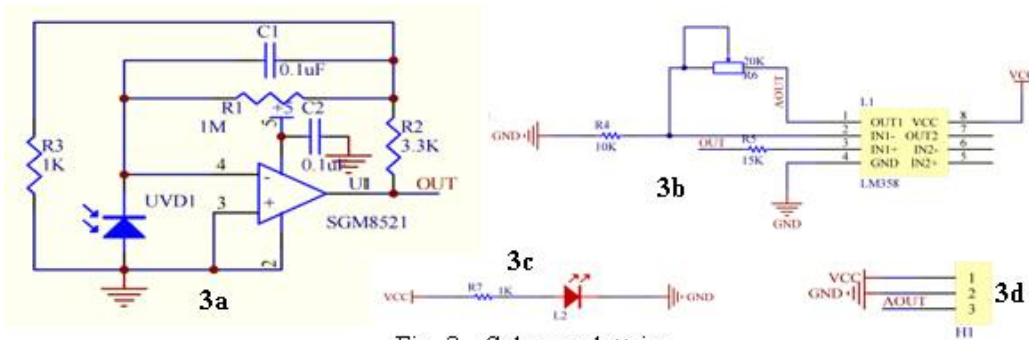


Fig. 3 - Schema elettrico

$$A_{out} = 0V \div 1,17V \implies \text{Indice UV} = 0 \div 11$$

In Fig 4 e riportato il grafico tensione di uscita in funzione dell'indice UV.

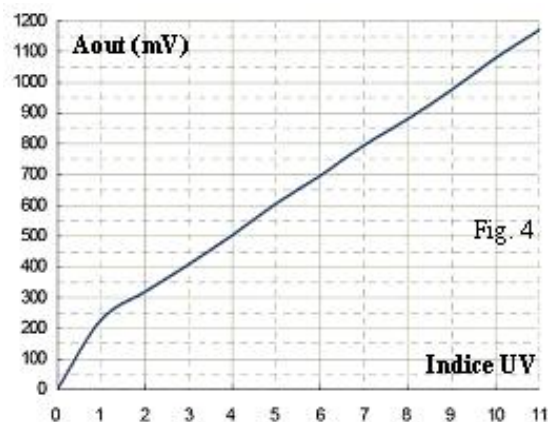


Fig. 4

Dal

Tabella 2												
Indice UV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 ⁺
Aout(mV)	<50	227	318	408	503	606	696	795	881	976	1079	1170
A/D	<10	46	65	83	103	124	142	162	180	200	221	240
Livello	BASSO			MODERATO			ALTO		MOLTO ALTO		ESTREMO	
Protezione	Nessuna protezione Esposizione al sole senza rischi			Richiesta protezione Rimanere all'ombra nelle ore attorno a mezzogiorno. Utilizzare maglietta, crema solare e cappello.				Protezione Extra Evitare di uscire nelle ore attorno a mezzogiorno. Stare all'ombra Indispensabile maglietta, crema solare e cappello.				

grafico si nota che la risposta non è perfettamente lineare. Il segnale analogico viene inviato all'ingresso A1 (Ch1 del Conv. A/D a 10 bit interno) e convertito in digitale. Nella tabella 2 sono riportati i valori in funzione dell'indice UV con i rispettivi colori che indicano il livello di pericolosità.

$$A/D = \frac{A_{out}}{q} \quad q = \text{Risoluzione analogica del A/D (10bit)} \quad q = \frac{V_{fs}}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 4,88mV$$

c) CCS811: Qualità dell'aria (eCO2 e TVOC)

Il modulo viene utilizzato per il rilevamento ed acquisizione delle seguenti grandezze

a) **eCO2** *Anidride Carbonica Equivalente* **Range:** 400 ÷ 8192 ppm

b) **TVOC** *Sostanze volatili* **Range:** 0 ÷ 1187 ppb (*alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, ammine, idrocarburi alifatici e aromatici*)

Descrizione CCS811

Il Sensore di Qualità dell'Aria con CCS811 è un sensore di gas che può rilevare un'ampia gamma di composti organici volatili (VOC) ed è destinato al monitoraggio della qualità dell'aria interna.

Dopo essere stato collegato al microcontrollore tramite una interfaccia I2C restituirà una lettura totale dei composti organici volatili (TVOC) e una lettura dell'anidride carbonica equivalente (eCO2).

All'interno del Il CCS811 sono presenti il sensore e un piccolo microcontrollore che controlla l'alimentazione, si occupa della conversione analogico-digitale e fornisce l'interfaccia I2C.

Il sensore misura la concentrazione eCO2 (*Anidride Carbonica Equivalente*) entro una gamma compresa tra 400 e 8192 parti per milione (ppm) e la concentrazione TVOC (Totale del composto organico volatile) entro una gamma compresa tra 0 e 1187 parti per miliardo (ppb).

Secondo il foglio informativo fornito dal produttore il sensore può rilevare *alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, ammine, idrocarburi alifatici e aromatici*.

Come ogni sensore di gas è necessaria la calibrazione per ottenere misure precise, inoltre il costruttore raccomanda di tenere acceso il sensore nuovo per 48 ore prima di utilizzarlo, durante l'utilizzo normale occorrerà attendere 20 minuti per la stabilizzazione del sensore prima di effettuare una misura. Il Sensore di Qualità dell'Aria con CCS811 dispone di un pin di interrupt configurabile che può essere attivato quando è pronta una conversione oppure quando una lettura supera la soglia impostata dall'utente. Il sensore CCS811 può effettuare una misura ogni 250 millisecondi, ogni 1

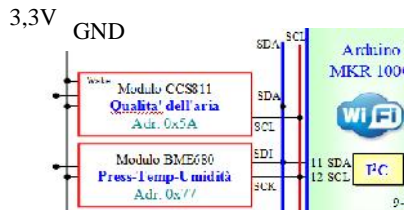
secondo, ogni 10 secondi e ogni 60 secondi. Nel modulo è presente un regolatore di tensione da 3,3V, e **viene gestito tramite una libreria.**

Pin di alimentazione:

- J **Vin** pin di alimentazione. 3,3V÷5V
- J **3Vo** uscita 3,3V del regolatore di tensione(max 100mA)
- J **GND** terminale di massa

Pin di logici:

- J **SCL** Clock del I2C con un resistore di 10K di pullup
- J **SDA** Linea dati delI2C con resistore di pullup di 10K
- J **INT** Uscita di interrupt, logica a 3 V, usata per rilevare quando una nuova lettura è pronta o quando è troppo alta o troppo bassa.
- J **WAKE** Pin attivazione del sensore. Livello basso per attivare il sensore.
- J **RST** Pin di Reset . Livello basso per il Reset del sensore



Approfondimento Temperatura Ambiente



La **temperatura** di un corpo può essere definita come una misura dello stato di agitazione delle entità molecolari delle quali è costituito. In altre parole, la temperatura è una proprietà fisica intensiva, definibile per mezzo di una grandezza fisica scalare (ovvero non dotata di direzione e verso), che indica lo stato termico di un sistema.

Essa inoltre può essere utilizzata per prevedere la direzione verso la quale avviene lo scambio termico tra due corpi. Infatti la differenza di temperatura tra due sistemi, che sono in contatto termico, determina un flusso di calore in direzione del sistema meno caldo (o più freddo), che continua finché non si sia raggiunto l'equilibrio termico, in corrispondenza del quale i due sistemi hanno la stessa temperatura.

L'espressione **temperatura ambiente** (talvolta abbreviata come TA o Tamb) si riferisce in generale al valore della temperatura nell'aria circostante.

Tale espressione può essere utilizzata con vari significati:

- per indicare precisamente il valore della temperatura in un determinato istante e luogo (ad esempio come temperatura di riferimento durante misurazioni di laboratorio);
- per indicare approssimativamente delle condizioni piuttosto ampie di temperatura che possono avere luogo in generale sulla superficie terrestre (ad esempio per informare sullo stato di una sostanza chimica quando questa non sia stata sottoposta a raffreddamento o riscaldamento);
- per indicare un determinato valore di temperatura (ad esempio in chimica si intende un valore di 25 °C alla pressione di 1 atm).

Nel linguaggio comune tale espressione ha assunto il significato di una temperatura che oscilla attorno ai 20 °C, soprattutto nel campo della conservazione dei cibi, nell'enologia e nelle scienze naturali.

La **misura della temperatura** dipende dalla scala termometrica utilizzata. Le principali scale termometriche sono tre:

- Scala Celsius o centigrada
- Scala Kelvin (utilizzata nel S.I.)
- Scala Fahrenheit

Scala Celsius:

unità di misura grado Celsius (°C)

$t = 0$ °C temperatura ghiaccio fondente a pressione atmosferica

$t = 100$ °C temperatura acqua bollente a pressione atmosferica

Scala Fahrenheit:

unità di misura grado Fahrenheit (°F)

$T = 32$ °F temperatura congelamento acqua a pressione atmosferica

$T = 212$ °F temperatura ebollizione acqua a pressione atmosferica

Scala Kelvin:

unità di misura grado Kelvin (K) (utilizzata nel S.I.)

La scala Kelvin va da 0° a 373,16°.

Lo **0, detto assoluto**, si riferisce alla temperatura registrata quando non esiste più alcuna attività delle molecole.

Formule di conversione per la temperatura

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = T \text{ (K)} - 273,15$$

$$T \text{ (K)} = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 273,15$$

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = (t \text{ (}^\circ\text{F)} - 32) / 1,8$$

$$t \text{ (}^\circ\text{F)} = (t \text{ (}^\circ\text{C)} + 32) / 1,8$$

Umidità relativa

L'**umidità relativa** è la quantità di vapore acqueo presente nell'aria rispetto alla quantità massima che può essere contenuta a una determinata temperatura. L'aria calda può contenere una quantità maggiore di vapore rispetto a quella fredda, quindi con una diminuzione di temperatura c'è un aumento di umidità relativa e viceversa. L'umidità relativa è maggiore nelle ore notturne e minima verso mezzogiorno.



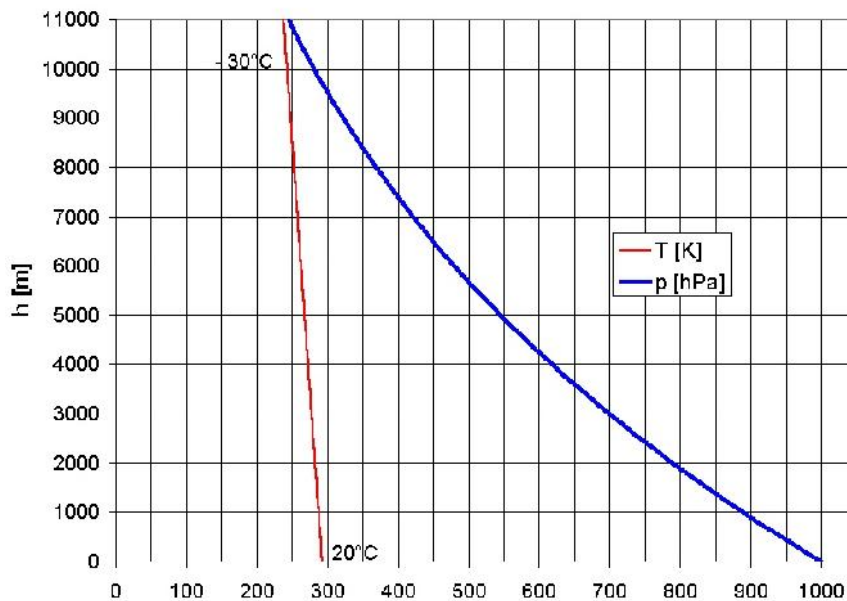
L'aria si definisce **satura** quando contiene la quantità massima di vapore che può contenere a quella temperatura. Quando è pura e non ci sono nuclei di condensazione, può contenere una quantità di vapore superiore al limite di saturazione e si definisce **soprassatura**.

Pressione atmosferica

La **pressione atmosferica** equivale al peso di una colonna d'aria alta quanto l'atmosfera su una superficie di 1 cm²; a livello del mare, a 45° di latitudine e a 0 °C, essa è pari alla pressione che esercita una colonna di mercurio (Hg) alta 760 mm e della sezione di 1 cm²: si dice, perciò, che vale 760 mm Hg.

La pressione atmosferica varia in rapporto all'altitudine, alla temperatura e all'umidità dell'aria.

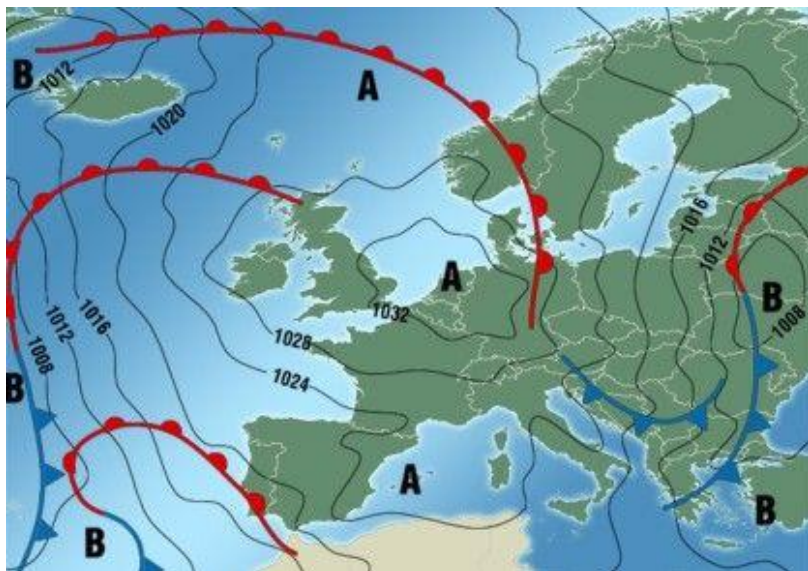
La **pressione diminuisce all'aumentare dell'altitudine** perché in corrispondenza diminuisce sia l'altezza della colonna d'aria sovrastante, sia la densità dell'aria.



La **pressione diminuisce all'aumentare della temperatura** perché, riscaldandosi, l'aria si dilata, diventa meno densa e quindi più leggera. Per questo motivo, le masse d'aria calda hanno una pressione più bassa di quelle d'aria fredda, pertanto le prime tendono a salire, le seconde a scendere verso il basso.

La **pressione diminuisce all'aumentare dell'umidità atmosferica**, cioè del suo contenuto di vapore acqueo, in quanto quest'ultima ha una densità minore dell'ossigeno e dell'azoto, i gas presenti in maggior quantità nell'atmosfera. Pertanto, l'aria umida è più leggera dell'aria secca e tende a salire verso l'alto, mentre la seconda tende a scendere verso il basso.

È possibile rappresentare su una carta geografica la distribuzione della pressione atmosferica mediante le **isobare**, linee concentriche che uniscono tutti i punti caratterizzati da uguale pressione atmosferica, al livello del mare e alla temperatura di 0 °C. Le isobare delimitano aree di pressione più alta da aree di pressione più bassa. (Il numero sulla linea indica la pressione in ettoPascal, Es. 1024 hPa)

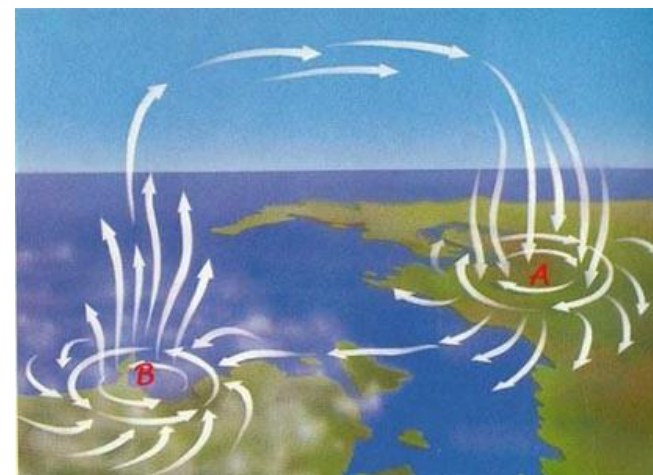


Un'area di alta pressione (**A**) è detta **area anticiclonica**: in essa l'aria è più densa e tende quindi a spostarsi verso il basso e a dirigersi verso le zone di bassa pressione circostanti. Un'area di bassa pressione (**B**) è detta **area ciclonica**: in essa l'aria è meno densa e tende quindi a spostarsi verso l'alto, convergendo verso il centro.

La pressione atmosferica è misurata attraverso i **barometri**. Esistono **barometri a mercurio**, analoghi al dispositivo ideato nel 1643 da E. Torricelli (1608-1647), costituito da un tubo di vetro alto 1 m e della sezione di 1 cm², chiuso a una estremità, riempito di mercurio e capovolto in una vaschetta pure contenente mercurio: all'interno del tubo, la colonna di mercurio si abbassa finché viene raggiunto l'equilibrio tra la sua forza peso e la pressione atmosferica che grava sulla superficie libera del mercurio contenuto nella vaschetta.

L'**unità di misura** della pressione atmosferica del Sistema Internazionale è il **Pascal (Pa)**; altre unità sono: l'**atmosfera (atm)**, che corrisponde a 760 mm Hg, il **bar** e un suo sottomultiplo, il **millibar (mb)**. Il valore medio della pressione a livello del mare è fissato a 1 atm (760 mm Hg), corrispondenti a 1013 mb e a 101 325 Pa.

Nella meteorologia si usa l'ettoPascal (hPa), pari a 100 Pascal, pari a 1 Millibar.



Punto di rugiada (Dew Point) o Temperatura di rugiada

(Il **Dew Point** è un parametro meteorologico di cui non si parla spesso data la sua estrema tecnicità, eppure la sua importanza è molto elevata in meteorologia. Scopriamo perché e come si calcola.

Il Dew Point (detto anche **punto di rugiada**) è un parametro meteorologico che indica la temperatura alla quale, a pressione costante, l'aria (o, più

Temp. amb.	Il punto di rugiada dell'aria in °C in funzione dell'umidità relativa										
°C	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
2°C	-7.77	-6.56	-5.43	-4.40	-3.16	-2.48	-1.77	-0.98	-0.26	0.47	1.20
4°C	-6.11	-4.88	-3.69	-2.61	-1.79	-0.88	-0.09	0.78	1.62	2.44	3.20
6°C	-4.49	-3.07	-2.10	-1.05	-0.08	0.85	1.86	2.72	3.62	4.48	5.38
8°C	-2.69	-1.61	-0.44	0.67	1.80	2.83	3.82	4.77	5.66	6.48	7.32
10°C	-1.26	0.02	1.31	2.53	3.74	4.79	5.82	6.79	7.65	8.45	9.31
12°C	0.35	1.84	3.19	4.46	5.63	6.74	7.75	8.69	9.60	10.48	11.33
14°C	2.20	3.76	5.10	6.40	7.58	8.67	9.70	10.71	11.64	12.55	13.36
15°C	3.12	4.65	6.07	7.36	8.52	9.63	10.70	11.69	12.62	13.52	14.42
16°C	4.07	5.59	6.98	8.29	9.47	10.61	11.68	12.66	13.63	14.58	15.54
17°C	5.00	6.48	7.92	9.18	10.39	11.48	12.54	13.57	14.50	15.36	16.19
18°C	5.90	7.43	8.83	10.12	11.33	12.44	13.48	14.56	15.41	16.31	17.25
19°C	6.80	8.33	9.75	11.09	12.26	13.37	14.49	15.47	16.40	17.37	18.22
20°C	7.73	9.30	10.72	12.00	13.22	14.40	15.48	16.46	17.44	18.36	19.18
21°C	8.60	10.22	11.59	12.92	14.21	15.36	16.40	17.44	18.41	19.27	20.19
22°C	9.54	11.16	12.52	13.89	15.19	16.27	17.41	18.42	19.39	20.28	21.22
23°C	10.44	12.02	13.47	14.87	16.04	17.29	18.37	19.37	20.37	21.34	22.23
24°C	11.34	12.93	14.44	15.73	17.06	18.21	19.22	20.33	21.37	22.32	23.18
25°C	12.20	13.83	15.37	16.69	17.99	19.11	20.24	21.35	22.27	23.30	24.22
26°C	13.15	14.84	16.26	17.67	18.90	20.09	21.29	22.32	23.32	24.31	25.16
27°C	14.08	15.68	17.24	18.57	19.83	21.11	22.23	23.31	24.32	25.22	26.10
28°C	14.96	16.61	18.14	19.38	20.86	22.07	23.18	24.28	25.25	26.20	27.18
29°C	15.85	17.58	19.04	20.48	21.83	22.97	24.20	25.23	26.21	27.26	28.18
30°C	16.79	18.44	19.96	21.44	23.71	23.94	25.11	26.10	27.21	28.19	29.09
32°C	18.62	20.28	21.90	23.26	24.65	25.79	27.08	28.24	29.23	30.16	31.17
34°C	20.42	22.19	23.77	25.19	26.54	27.85	28.94	30.09	31.19	32.13	33.11
36°C	22.23	24.08	25.50	27.00	28.41	29.65	30.88	31.97	33.05	34.23	35.06
38°C	23.97	25.74	27.44	28.87	30.31	31.62	32.78	33.96	35.01	36.05	37.03
40°C	25.79	27.66	29.22	30.81	32.16	33.48	34.69	35.86	36.98	38.05	39.11
45°C	30.29	32.17	33.86	35.38	36.85	38.24	39.54	40.74	41.87	42.97	44.03
50°C	34.76	36.63	38.46	40.09	41.58	42.99	44.33	45.55	46.75	47.90	48.98

Punto di rugiada = la temperatura alla quale inizia a crearsi la condensazione.
 La condensazione si crea in funzione dell'umidità relativa e della temperatura dell'aria.
Per esempio: Per un ambiente con temperatura interna di +20 °C e un'umidità relativa del 55%, il punto di rugiada si trova a +10.7 °C. Se la temperatura di superficie della parete è inferiore a 13.7 °C (10.7 °C + 3 °C fattore di sicurezza) si consiglia di applicare i pannelli Superwand DS.

precisamente, la miscela aria-vapore) diventa satura di vapore acqueo.

Pertanto esso indica anche la temperatura alla quale deve essere portata una massa d'aria affinché condensi in rugiada; ne consegue che se questo punto cade al di sotto degli 0°C esso prenderà il nome di brina.

Ulteriori eccedenze di vapore acqueo si trasformeranno allo stato liquido sottoforma di condensa, rugiada.

Parimenti, il punto di rugiada rappresenta anche quella temperatura a cui una massa d'aria deve essere raffreddata, a pressione costante, affinché diventi satura (ovvero quando la percentuale di vapore acqueo raggiunge il 100% della quantità possibile nell'aria a quella temperatura) e quindi possa cominciare a condensare nel caso perdesse ulteriormente calore.

Ciò comporta la formazione di brina, rugiada o nebbia a causa della

presenza di minuscole goccioline di acqua in sospensione.

Il punto di Rugiada può essere determinato tramite la seguente formula

Temperatura del Punto di Rugiada
Approssimazione di August-Roche-Magnus

$$T_D = \frac{b \cdot \gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)}$$

$a = 17,271$

$b = 237,7 \text{ °C}$

$$\gamma(T, RH) = \frac{a \cdot T}{b + T} + \ln\left(\frac{RH}{100}\right)$$

Valida per:
 0 °C < T < 60 °C
 1% < RH < 100%
 0 °C < T_D < 50 °C



Indice di Calore

L'Indice di Calore, chiamato anche "Heat Index" (HI) o "Apparent Temperature" (AT), è un indice per stimare, come altri indici "cugini", il disagio fisiologico causato dalla presenza di alte temperature ed elevati tassi di umidità. Come sempre infatti, il punto chiave da ricordare è che tanto più è alta l'umidità (relativa) tanto più l'organismo ha difficoltà nello smaltire il calore (perché è più difficoltosa l'evaporazione del sudore). Lo strato d'acqua che rimane sulla pelle ostruisce i pori e forma una specie di isolamento tra il corpo e l'ambiente e si può arrivare, nei casi più estremi, al colpo di calore.

Anche in questo caso esiste un intervallo di applicabilità dell'Indice di Calore, valido solo per temperature ≥ 80 °F (27°C) ed umidità relativa $\geq 40\%$, senza tener conto della radiazione solare diretta, né del vento. Di solito si percepisce una gradevole sensazione in presenza di un vento leggero, ma non sempre si ha un effetto positivo. Per esempio d'estate i venti "migliori" sono quelli caldi e secchi piuttosto che caldi e umidi.

L'indice di calore (HI) può essere determinato tramite la seguente formula (Risultato in gradi Fahrenheit (°F))

$$HI = -42.379 + 2.04901523 * T + 10.14333127 * U - 0.22475541 * T * U - 0.00683783 * T^2 - 0.05481717 * U^2 + 0.00122874 * T^2 * U + 0.00085282 * T * U^2 - 0.00000199 * T^2 * U^2$$

HI = Indice di calore (°F), T = Temperatura (°F), U = Umidità relativa (%)

Formula per la trasformazione da °C a °F.

$$Ta (°F) = 1,8 * Ta (°C) + 32$$

Formula per la trasformazione da °F. a °C

$$Ta (°C) = (Ta (°F) - 32) / 1,8$$

Nella formula ci sono molti coefficienti numerici. Essi sono stati ottenuti da ulteriori calcoli che tengono conto di:

pressione di vapore, velocità effettiva del vento, dimensioni di un uomo, temperatura interna del corpo, tasso di sudorazione.

La tabella riepiloga il range dei valori assunti dall'Indice di Calore con le corrispondenti categorie e i possibili disturbi per le persone a rischio:

Categoria	Indice di calore (HI)	Possibili disturbi da calore per persone che rientrano nelle categorie ad elevato rischio
Benessere	26,2°C HI < 26,6°C	
Cautela	27°C HI < 32°C	Possibile stanchezza in seguito a prolungata esposizione al sole e/o attività fisica
Estrema cautela	32°C HI < 40°C	Possibile colpo di sole, crampi da calore con prolungata esposizione e/o attività fisica
Pericolo	41°C HI < 54°C	Probabile colpo di sole, crampi da calore o spossatezza da calore, possibile colpo di calore con prolungata esposizione al sole e/o attività fisica
Elevato pericolo	HI ≥ 54 °C	Elevata probabilità di colpo di calore o colpo di sole in seguito a continua esposizione

		Temperatura °C																			
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Umidità relativa (%)	35	26,6	27,4	28,2	29,2	30,3	31,5	32,8	34,3	35,8	37,5	39,3	41,3	43,3	45,5	47,8	50,3	52,8	55,5	58,3	
	40	26,2	27,7	28,6	29,7	30,9	32,3	33,8	35,4	37,2	39,1	41,2	43,4	45,8	48,3	50,9	53,7	56,6	59,6		
	45	26,4	27,1	28	29,1	30,3	31,7	33,2	34,9	36,8	38,8	41	43,4	45,9	48,5	51,3	54,3	57,5	60,8		
	50	26,6	27,4	28,4	29,7	31	32,6	34,4	36,3	38,4	40,7	43,1	45,8	48,6	51,6	54,8	58,1				
	55	26,7	27,7	28,9	30,3	31,9	33,7	35,6	37,8	40,2	42,7	45,5	48,5	51,6	55	58,5					
	60	26,9	28,1	29,4	31	32,8	34,8	37,1	39,5	42,2	45,1	48,1	51,4	55	58,7						
	65	27,1	28,5	30	31,8	33,9	36,2	38,7	41,4	44,4	47,6	51	54,7	58,6							
	70	27,3	28,9	30,7	32,7	35	37,6	40,4	43,5	46,8	50,3	54,2	58,2								
	75	27,5	29,3	31,4	33,7	36,3	39,2	42,3	45,7	49,4	53,3	57,5									
	80	27,7	29,7	32,1	34,7	37,7	40,9	44,4	48,1	52,2	56,5										
85	27,9	30,2	32,9	35,9	39,1	42,7	46,6	50,8	55,2	60											
90	28	30,7	33,7	37,1	40,7	44,7	49	53,5	58,4												
95	28,2	31,3	34,7	38,4	42,4	46,8	51,5	56,5													
100	28,4	31,8	35,6	39,7	44,2	49	54,2	59,7													

Estremo pericolo
Pericolo
Estrema cautela
Cautela
Benessere

Anidride carbonica equivalente (eCO2)

Quando si parla di **gas serra**, emissioni e protocollo di **Kyoto** sentiamo sempre riferimenti ai possibili modi di riduzione della CO2. Ciò che però viene spesso ignorato sono due aspetti dell'anidride carbonica. Il primo è che essa, come l'ozono, è in realtà fondamentale per la vita sul nostro pianeta. Infatti l'anidride carbonica, o biossido di carbonio, è il principale gas di scambio assieme all'ossigeno, nella respirazione.

Tutti gli animali (dal gatto al lombrico, dalla pecora alla zanzara, dall'elefante al cavalluccio marino, noi compresi) inspirano ossigeno ed espirano anidride carbonica. Le piante e tutti gli organismi vegetali fanno l'opposto [1] tramite la fotosintesi clorofilliana, prendendo CO2 dall'atmosfera e rilasciando O2. Quindi l'anidride carbonica permette a tutti noi di respirare e di vivere.

L'atmosfera terrestre è composta al 78% di azoto (N2), al 21% di ossigeno e il restante 1% di tutti gli altri gas, di cui l'anidride carbonica è circa lo 0,04% o 400 ppm.

L'altro aspetto che viene ignorato dal pubblico quando si parla di emissioni in aria è che l'anidride carbonica non è l'unico gas ad effetto serra rilasciato dall'attività antropica; anzi, non è nemmeno il più pericoloso anche se è il più abbondante. I giornalisti più attenti parlano infatti di CO2 equivalente (eq). I gas principalmente considerati sono:

-)] la CO2, ovviamente, prodotta dal consumo dei combustibili fossili nelle attività energetiche e industriali oltre che nei trasporti;
-)] il CH4 (metano), prodotto dalle discariche dei rifiuti, dagli allevamenti zootecnici e dalle coltivazioni di riso;
-)] l'N2O (protossido di azoto), rilasciato dal settore agricolo e dalle industrie chimiche;
-)] gli HFC (famiglia degli idrofluorocarburi), impiegati nelle industrie chimiche e manifatturiere;
-)] i PFC (famiglia dei perfluorocarburi), impiegati nelle industrie chimiche e manifatturiere;
-)] l'SF6 (esafluoruro di zolfo), impiegato nelle industrie chimiche e manifatturiere.

POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE DI ALCUNI GAS SERRA

GAS	GWP - 20 ANNI	GWP - 100 ANNI	GWP - 500 ANNI
Biossido di carbonio (CO2)	1	1	1
Metano (CH4)	72	25	7,6
Protossido d'azoto (N2O)	289	298	153
Idrofluorocarburo (HFC-23)	12.000	14.800	12.200
Idrofluorocarburo (HFC-125)	6.350	3.500	1.100
Perfluorocarburo (PFC-14)	5.210	7.390	11.200
Perfluorocarburo (PFC-116)	8.630	12.200	18.200
Esafluoruro di zolfo (SF6)	16.300	22.800	32.600

Fonte: IPCC (2007)

Ciascuno di essi ha un valore corrispondente alla "capacità di effetto serra" chiamato Global Warming Potential GWP, in relazione alla CO2 che è considerato il gas di riferimento e che avrà quindi GWP=1. Il metano, per esempio, secondo le più recenti analisi (dati 2013), ha un GWP pari a 32, ciò significa per ogni molecola di CH4 rilasciata in atmosfera ha una capacità ad effetto serra equivalente a 32 molecole di anidride carbonica.

Anche se tutti gli altri gas hanno un potenziale maggiore, l'anidride carbonica è comunque il gas più abbondante, contribuendo per oltre il 55% all'effetto serra attuale, addizionato a quello antropico. Quindi quando si parla di emissioni di CO2 eq., non si parla solo del semplice biossido di carbonio (CO2).

Per CO2 equivalente (eCO2) si intende la concentrazione di CO2 che provocherebbe lo stesso livello di forzatura radiativa di un dato tipo e concentrazione di gas serra.

La misura di eCO2 è quindi una misura derivata dalle reazioni di tutte queste sostanze nell'aria con il substrato di ossido di metallo nel sensore. Il limite di eCO2 inizia a 400 ppm (attuale CO2 di fondo, purtroppo) e può raggiungere diverse migliaia.

Total Volatile Organic Compounds (TVOC)

Composti organici volatili totali, o **TVOC**, è un termine usato per descrivere un gruppo di composti presenti nelle emissioni o nell'aria ambiente. Le proprietà chimiche dei TVOC variano ampiamente. Sono essenzialmente una miscela complessa di centinaia di composti organici volatili (COV) di basso livello. Hanno un impatto sulla qualità dell'aria di luoghi come ospedali, edifici per uffici e scuole.

Fonti di TVOC

Le emissioni di TVOC derivano da molte fonti. Materiali da costruzione, attrezzature per la manutenzione e prodotti di custodia. Generalmente, i TVOC sono diluiti dai sistemi di ventilazione e hanno poco o nessun odore. Tuttavia, molti hanno un ordine rilevabile alla fonte. La formaldeide è uno dei VOC più comuni, un gas incolore con un odore acuto. È comune nei materiali da costruzione come compensato, pannelli di particelle e colla.

Altre fonti comuni di TVOC includono:

- Prodotti di consumo: le emissioni di TVOC provengono da un'ampia gamma di prodotti e articoli per la casa.
- Fonti di trasporto: gli scarichi dei veicoli e i serbatoi di carburante producono TVOC.
- Fonti naturali: i TVOC si trovano naturalmente in un'ampia gamma di processi.

Le fonti di TVOC indoor possono includere:

- Vernici, Tessuti, Colle
- Disinfettanti, Fumo
- Cera per pavimenti, Saponi

Effetti sulla salute dei TVOC

I TVOC sono pericolosi e inalarli può essere dannoso per la salute. Gli effetti dei TVOC dipenderanno dalla loro composizione chimica, dalla quantità di esposizione e dalla ventilazione circostante.

Gli effetti generali possono includere:

- Irritazione agli occhi, al naso e alla gola
- Perdita di coordinazione, mal di testa e nausea
- Danno interno al fegato, ai reni e al sistema nervoso centrale

Alcuni COV possono causare il cancro negli animali e alcuni sono noti per causare il cancro negli esseri umani. Un accumulo di TVOC negli ambienti interni è stato associato alla " sindrome dell'edificio malato ".

Protezione dell' aria dai TVOC

Il modo migliore per proteggere l'aria dai TVOC è evitare i prodotti chimici e aumentare la ventilazione quando possibile.

Esempi di misure preventive includono:

- Optare per prodotti che utilizzano fibre naturali (come tende da doccia e biancheria da letto)
- Conservare prodotti potenti (detergenti, solventi, vernici, ecc.) In aree con una buona ventilazione
- Ridurre l'uso di prodotti profumati (come candele, aerosol e deodoranti)
- Scegliere contenitori di vetro (piuttosto che di plastica) per conservare il cibo

Raggi ultravioletti

Informazioni generali

Tutte le persone sono esposte quotidianamente a una certa dose di radiazioni ultraviolette (UV), in gran parte derivanti dal Sole, ma anche da fonti artificiali in campo industriale, commerciale o nel tempo libero. Le radiazioni UV coprono quella porzione dello spettro elettromagnetico con una lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nanometri (nm) e si dividono in tre categorie principali:

- J UVA (315-400 nm)
- J UVB (280-315 nm)
- J UVC (100-280 nm)

In generale, la capacità di penetrazione e quindi la “pericolosità” per l'uomo dei raggi UV aumenta al diminuire della lunghezza d'onda e, di conseguenza, all'aumentare della frequenza.

La maggior parte dei raggi UV che raggiungono la superficie terrestre sono UVA e, in piccola parte, UVB, mentre gli UVC sono totalmente assorbiti dall'atmosfera. Inoltre, i livelli di UV sono più alti al crescere dell'altitudine (ogni 1000 m di altezza i livelli di UV crescono del 10-12%) e dell'altezza del Sole (specialmente verso mezzogiorno nei mesi estivi) e al diminuire della latitudine e della nuvolosità.

Altri fattori ambientali che influenzano i livelli di UV sono lo strato di ozono e la capacità riflettente della superficie terrestre (per esempio, la neve riflette circa l'80% delle radiazioni UV, la sabbia asciutta della spiaggia circa il 15% e la schiuma del mare il 25%).

I danni da UV

Sulla base della letteratura scientifica, l'Oms ha identificato nove malattie strettamente legate all'esposizione a radiazioni ultraviolette:

- J melanoma cutaneo, tumore maligno dei melanociti, cellule della pelle che producono il pigmento cutaneo (melanina)
- J carcinoma squamoso della pelle, tumore maligno che, rispetto al melanoma, ha un'evoluzione più lenta ed è associato a minore morbilità e mortalità
- J carcinoma basocellulare (basalioma), tumore cutaneo che si sviluppa prevalentemente in età avanzata e si diffonde lentamente e localmente
- J carcinoma squamoso della cornea o della congiuntiva, raro tumore oculare
- J cheratosi, malattie croniche della pelle che in rare occasioni possono generare lesioni pretumorali
- J scottature
- J cataratta corticale, degenerazione del cristallino, che diventa sempre più opaco fino a compromettere la vista e che, in certi casi, può portare anche alla cecità
- J pterigio, inspessimento della congiuntiva che porta a opacizzazione della cornea o a una limitazione dei movimenti oculari
- J riattivazione dell'herpes labiale, a causa dell'immunosoppressione indotta dall'eccesso di UV.

Prevenzione

- J Limitare il più possibile l'esposizione alla luce solare nelle ore più calde, tra le 10 e le 14.
- J Stare all'ombra nelle ore più calde, ricordando che alberi, ombrelli e tettoie non proteggono completamente dalla luce solare.
- J Indossare vestiti protettivi: un cappello a falda larga protegge adeguatamente occhi, orecchie, faccia e retro del collo; gli occhiali da sole ad alta protezione riducono enormemente i rischi per gli occhi; abiti aderenti e coprenti offrono un'ulteriore protezione dalla luce solare.

- J Usare creme solari protettive (almeno +15), applicandole nuovamente ogni due ore oppure dopo aver lavorato, nuotato, fatto attività fisica all'aperto. Ricordare che le creme solari non servono per stare di più al Sole, ma per proteggersi quando l'esposizione è inevitabile.
- J Evitare l'uso di lampade o lettini abbronzanti, soprattutto prima dei 18 anni.
- J Tenere conto dell'indice UV, scala internazionale che correla il livello di radiazione UV con il grado di rischio: quando l'indice è superiore a 3, occorre mettere in atto le misure preventive.
- J Proteggere in particolar modo i bambini, perché sono più a rischio degli adulti: uno degli elementi chiave in proposito è l'educazione sanitaria a scuola.

Tabella 2												
Indice UV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 ⁺
Aout(mV)	<50	227	318	408	503	606	696	795	881	976	1079	1170
A/D	<10	46	65	83	103	124	142	162	180	200	221	240
Livello	BASSO			MODERATO			ALTO		MOLTO ALTO			ESTREMO
Protezione	Nessuna protezione Esposizione al sole senza rischi			Richiesta protezione Rimanere all'ombra nelle ore attorno a mezzogiorno. Utilizzare maglietta, crema solare e cappello.				Protezione Extra Evitare di uscire nelle ore attorno a mezzogiorno. Stare all'ombra Indispensabile maglietta, crema solare e cappello.				

Effetti positivi degli UV

L'esposizione ai raggi UV non ha però soltanto effetti negativi. Queste radiazioni hanno infatti un ruolo importante nella sintesi organica di vitamina D, sostanza coinvolta nello sviluppo dello scheletro e in grado di proteggere le ossa da malattie quali il rachitismo, l'osteomalacia e l'osteoporosi. In generale, basta una minima esposizione ai raggi UV per ottenere questi effetti protettivi.

Le persone più a rischio di sviluppare una carenza di vitamina D legata a una scarsa esposizione alla luce solare sono:

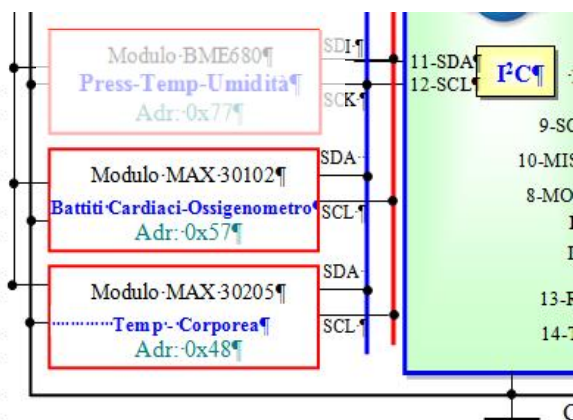
- J carcerati
- J persone dalla pelle molto chiara che vivono ad alte latitudini
- J persone che per motivi religiosi o culturali girano completamente coperte.

Questi soggetti dovrebbero assumere integratori di vitamina D, dietro consiglio del medico.

4) Sezione Fisiologica

Temperatura corporea (°C), Battito cardiaco (BPM), Ossigenazione del sangue (SPO2)

Le grandezze Temperatura corporea (°C), Battito cardiaco (BPM) e Ossigenazione del sangue (SPO2) vengono rilevate ed acquisite con dei moduli specifici



La sezione è composta dai seguenti sensori/moduli

a) Modulo con MAX30205: *Temperatura corporea (°C)*

b) Modulo con MAX30102: *Battito cardiaco (BPM), Ossigenazione del sangue (SPO2)*

a) Modulo con MAX30205: *Temperatura corporea (°C)*

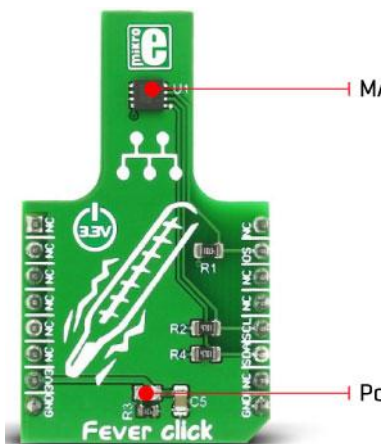
Il modulo utilizza il sensore di temperatura corporea MAX30205, un sensore di temperatura corporea integrato di Maxim Integrated con il grado di precisione conforme alle specifiche di termometria clinica dello standard ASTM E1112. Inoltre, il sensore offre un'uscita di interruzione programmabile a drain aperto e utilizza l'interfaccia I2C standard del settore, applicata con la funzione di timeout aggiuntiva, che impedisce il blocco del bus I2C.

Esso include alcune altre caratteristiche pure, come la polarità programmabile pin interrupt, maggiore precisione nel range tra 37,5 C e 40 C, con il minimo errore medio in quest'area, basso consumo di energia caratteristica, e altro ancora.

La precisione complessiva del sensore è fortemente influenzata dalla temperatura del PCB stesso poiché il sensore misura la sua temperatura dello stampo. Pertanto, il PCB del modulo ha una forma tale che il sensore viene fisicamente allontanato da qualsiasi altra fonte termica e il PCB sotto il sensore è abbastanza piccolo, riducendo l'inerzia termica complessiva.

La temperatura viene campionata con il convertitore A/D a 16 bit e i dati termici vengono inviati tramite il bus I2C, con 0,00390625 °C per LSB

Queste caratteristiche, insieme al comodo design della Click board™ che mantiene il sensore stesso lontano da qualsiasi fonte termica PCB, consentono un semplice utilizzo del dispositivo e un facile sviluppo di varie applicazioni. Il è una soluzione perfetta per lo sviluppo di



applicazioni legate alla salute, specialmente se combinato con altre schede relative alla salute. Può essere utilizzato per il monitoraggio della temperatura corporea, oppure può essere semplicemente impostato per avvisare degli stati di "febbre - nessuna febbre": condizione del corpo umano quando la temperatura è superiore a 37,5 C, è considerata una febbre.

Click board™ espone l'interfaccia I2C e il pin del sistema operativo su mikroBUS™, rendendolo molto semplice da usare. I pin I2C vengono instradati ai pin I2C appropriati di mikroBUS™, dotati delle resistenze pull-up richieste. Il pin del sistema operativo è anche un'uscita di drain aperta, che può funzionare in due modalità: può essere utilizzata come interruzione o come termostato / comparatore.

Quando si opera come un interrupt, il pin del sistema operativo verrà affermato una volta superata la temperatura di soglia programmata (registro TOS). Non verrà disattivato finché nessuno dei registri viene letto dall'MCU host. Ancora una volta, verrà affermato la prossima volta che viene superata la soglia, ripristinata quando viene letto un registro e così via.

Quando si lavora come comparatore / termostato, il pin del sistema operativo verrà affermato una volta superata la soglia termica programmata (TOS), ma verrà disattivato quando la temperatura scende al di sotto dell'isteresi, impostata nel registro THYST. La natura di questa modalità è simile al funzionamento di un termostato, quindi questa modalità può essere utilizzata per avviare ventole di raffreddamento, condizionamento automatico dell'aria e così via.

La modalità pin del sistema operativo è determinata dallo stato del bit CMP / INT nel registro di configurazione. Uno 0 logico imposterà la modalità comparatore. La polarità del sistema operativo può anche essere programmata ed è determinata dal bit POLARITY OS del registro di configurazione. Un contatore di errori speciale viene utilizzato per evitare comportamenti irregolari vicino all'intervallo di soglia. Il numero di guasti (condizioni in cui la temperatura supera i valori di soglia) è determinato da due bit nel registro di configurazione. Il pin del sistema operativo verrà affermato solo quando viene raggiunto il numero programmato di guasti, fungendo efficacemente da filtro, prevenendo false situazioni di innesco. Il pin del sistema operativo viene instradato al pin mikroBUS™ INT, etichettato come sistema operativo.

Il consumo di energia è una caratteristica importante durante la creazione di applicazioni integrate. Pertanto, questo sensore consente di utilizzare la modalità ONE SHOT, riducendo il consumo energetico complessivo. Ciò consente al dispositivo di funzionare rimanendo in modalità SPEGNIMENTO. La scrittura della logica 1 su un bit appropriato del registro di configurazione riattiverà il dispositivo dalla modalità SHUTDOWN, eseguirà una conversione della temperatura e ripristinerà il sensore in modalità SHUTDOWN. Questa modalità è molto utile se l'applicazione consente di prelevare meno campioni di misurazione per intervallo di tempo.

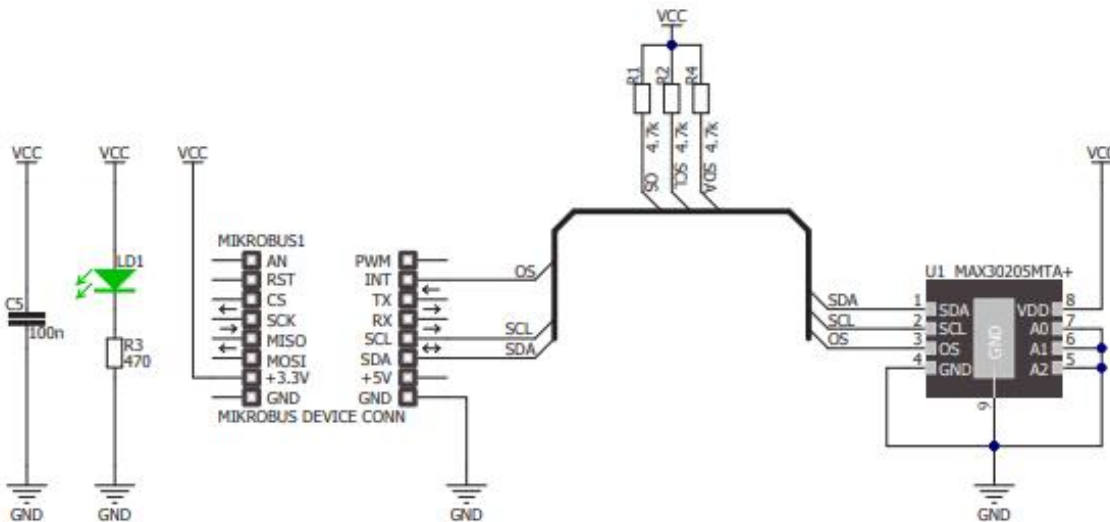
Come accennato in precedenza, il bus I2C ha la funzione di timeout. Uno 0 logico abiliterà la funzione di timeout, impedendo al pin SDA di rimanere al livello logico BASSO per più di 50 ms. Inoltre, il bus I2C ha i filtri passa-basso applicati ai suoi pin, evitando che EMI eccessivi influiscano sulla comunicazione. Unito all'attenta disposizione del PCB, aiuta a ridurre la sensibilità al rumore digitale della Click board™. Questo rende una solida interfaccia I2C, immune alle interferenze che è in grado di funzionare anche in ambienti ragionevolmente rumorosi.

In tabella è riportato il pinout del modulo

Notes	Pin	mikro™ BUS			Pin	Notes
	NC	1	AN	PWM	16	NC
	NC	2	RST	INT	15	OS Interrupt/Comparator
	NC	3	CS	TX	14	NC
	NC	4	SCK	RX	13	NC
	NC	5	MISO	SCL	12	SCL I2C
	NC	6	MOSI	SDA	11	SDA I2C
Power supply	+3.3V	7	3.3V	5V	10	NC
Ground	GND	8	GND	GND	9	GND Ground



In Figura lo schema elettrico del modulo



Specifiche del A/D (16 bit)

Description	Min	Typ	Max	Unit
Conversion time		44	50	ms
Thermal accuracy (depends on the temperature range)		5		mA
Resolution		0.00390625		°C/LSB

Il modulo viene gestito tramite libreria

Librerie disponibili:

<https://www.arduino-libraries.info/libraries/closed-cube-max30205>

oppure

<https://www.arduino-libraries.info/libraries/proto-central-max30205-body-temperature-sensor-library>

b) Modulo con MAX30102: *Battito cardiaco (BPM), Ossigenazione del sangue (SPO2)*

Piccolo modulo I2C basato sul sensore per pulsossimetria MAX30102 in grado di misurare, in maniera non invasiva, la quantità di emoglobina legata nel sangue. È composto da due diodi LED (uno a luce rossa da 660 nm e l'altro a infrarossi da 880 nm), un fotodiodo che riceve la luce riflessa dai tessuti per determinare la percentuale di emoglobina saturata dall'ossigeno.



Dispone inoltre di una funzione di prossimità per risparmiare energia e ridurre l'emissione di luce visibile quando il dito dell'utente non è sul sensore.

Il modulo può essere spento tramite software. In standby il consumo di corrente è quasi pari a zero (0,7 μ A).

Interfaccia di comunicazione I2C, alimentazione da 2,5 a 5,5 VDC, temperatura di funzionamento: da -40°C a +85°C, dimensioni (mm): 12,7x12,7x4.

CARATTERISTICHE

- Cardiofrequenzimetro e sensore pulsossimetro in una soluzione riflettente a LED
- Piccolo modulo ottico a 14 pin da 5,6 mm x 3,3 mm x 1,55 mm
- Vetro di copertura integrato per prestazioni ottimali e robuste
- Funzionamento a bassissima potenza per dispositivi mobili
- Frequenza di campionamento programmabile e corrente LED per risparmio energetico
- Cardiofrequenzimetro a bassa potenza (<1mW)
- Corrente di spegnimento ultrabassa (0,7 μ A tip.)
- Rapida capacità di output dei dati
- Frequenze di campionamento elevate
- Solida resilienza agli artefatti da movimento
- SNR alto
- Da -40 ° C a + 85 ° C intervallo di temperatura di funzionamento

Approfondimento

Temperatura corporea

Nell'uomo, la temperatura corporea media viene generalmente fissata, per convenzione, a 37° °C. Si tratta comunque di un valore approssimativo, dal momento che la temperatura può variare sensibilmente da individuo ad individuo, ma anche nello stesso soggetto.

L'uomo è un animale omeotermo e come tale ha la capacità di mantenere relativamente costante la propria temperatura corporea, nonostante le variazioni climatiche del mondo esterno (ovviamente entro certi limiti). Tale equilibrio viene mantenuto grazie al fine bilanciamento dei processi di produzione, assorbimento ed eliminazione di energia termica.

Tra le principali cause di termogenesi (produzione di calore) ricordiamo il metabolismo basale, l'azione dinamica specifica degli alimenti, l'attività muscolare, la liberazione di sostanze pirogene e lo stress emotivo. La dispersione del calore avviene per convenzione, conduzione ed irradiazione, ossia tramite sudorazione, respirazione, perspiratio insensibilis «traspirazione insensibile» e condizionamento dell'ambiente.

Battito Cardiaco

La frequenza cardiaca è il numero di battiti del cuore al minuto (bpm). Insieme alla temperatura corporea, la pressione sanguigna e il ritmo respiratorio, è una delle funzioni vitali.

A riposo la frequenza cardiaca di un essere umano adulto è di circa 70 bpm nell'uomo e di circa 75 bpm nelle donne, mentre nei neonati la frequenza a riposo è di circa 100-180 bpm.

Età	Frequenza cardiaca normale a riposo
Neonati	da 90 a 180
Bambino	da 80 a 100
Adolescenti	da 70 a 120
Adulti	da 60 a 90

Il cuore sotto sforzo aumenta la sua frequenza fino a un valore massimo. Tale valore può essere determinato in modo diretto solo mediante una specifica prova sotto sforzo.

In alternativa alla misura diretta, la frequenza cardiaca massima può essere stimata con la formula di Cooper:

FC_max = 220 - età, oppure con una formula più precisa (Tanaka H, Monahan, Seals)[2], secondo cui: **FC_max = 208 - (0,7 × età)**.

La frequenza cardiaca massima è correlata ad altri parametri come la gittata sistolica, e la quantità massima di ossigeno che un individuo può utilizzare nell'unità di tempo. I valori massimi sono in riferimento ad attività continuative, potendosi reggere il carico massimo per un tempo indicativo di 10 minuti, che si riduce sensibilmente da persona a persona.

Ossigenazione del sangue

La saturazione di ossigeno è un indice ematico che riflette la percentuale di emoglobina satura di ossigeno rispetto alla quantità totale di emoglobina presente nel sangue.

In condizioni normali, durante il passaggio nei polmoni, i globuli rossi ricchi di emoglobina si caricano o saturano di ossigeno, che verrà poi trasportato e ceduto ai vari tessuti dell'organismo.

La saturazione di ossigeno è un parametro che riflette la percentuale di molecole di ossigeno legate all'emoglobina (ossi-emoglobina), permettendo così di stabilire lo stato di ipossia (ridotta quantità di O₂ disponibile nel sangue).

La saturazione di ossigeno si misura con uno strumento elettromedicale transcutaneo, chiamato saturimetro, dalla forma simile a quella di una molletta.



Questo dispositivo è dotato di una sonda e di due diodi foto-emittenti (sensori che emettono raggi luminosi di lunghezze d'onda diverse fra loro e comunicano con una fotocellula). L'indice ematico viene quindi stimato tramite l'assorbimento della luce emessa dal saturimetro applicato su un dito della mano o un lobo dell'orecchio (regioni anatomiche ricche di capillari).

L'elemento utile per la valutazione della saturazione dell'ossigeno è il colore del sangue, che, quando è ossigenato, è di una tinta rosso brillante, viceversa, è più scuro.

Il monitoraggio non invasivo dei valori di saturazione d'ossigeno è importante sia in ambito domestico, sia in corso di emergenze sanitarie, per valutare rapidamente la necessità di ricorrere alla ventilazione assistita.

Il monitoraggio dei valori di saturazione di ossigeno non è importante a soli fini diagnostici, ma risulta essenziale anche per valutare l'efficacia delle terapie farmacologiche o di altri trattamenti intrapresi per riportare la saturazione di ossigeno a valori normali, o per curare la malattia sottostante (ad es. broncodilatatori).

Valori normali

La saturazione di ossigeno è considerata nella norma quando i valori risultano superiori al 95%, mentre inizia a diventare patologica se pari o inferiore al 90%. Se il saturimetro evidenzia indici inferiori al 95%, si parla di ipossia, che può essere lieve (tra 91-94%), moderata (tra 86-90%) e grave (pari o inferiori all'85%).

Saturazione di Ossigeno Alta

Alti livelli di saturazione di ossigeno non sono associati, di solito, a problemi di tipo medico e/o a conseguenze patologiche, pertanto non vengono considerati clinicamente rilevanti.

Saturazione di Ossigeno Bassa

L'ipossia, caratterizzata da bassi valori di saturazione d'ossigeno, è tipica di varie malattie:

Anche l'altitudine e l'anemia si associano a quadri di ipossia, per esempio tra i 5.000 e i 5.500 m di altitudine, la saturazione di ossigeno scende intorno all'85%.

L'ipossia si osserva anche nei pazienti con aterosclerosi, angina, infarto, ictus, trauma cranico e fratture costali. Inoltre, una carenza di ossigeno può verificarsi in caso di un'intossicazione da farmaci, da monossido di carbonio o da metalli pesanti (come il mercurio).

Come si misura

La saturazione di ossigeno può essere determinata su un campione di sangue arterioso, in genere prelevato dall'arteria radiale del polso.

L'esame non è doloroso, anche se alcuni pazienti lo considerano un po' più fastidioso rispetto ai classici prelievi venosi da una vena dell'avambraccio.

La saturazione di ossigeno può essere misurata anche in maniera non invasiva attraverso apparecchi portatili chiamati pulsossimetri (od ossimetri o saturimetri), che permettono di stimare rapidamente la quantità di emoglobina legata all'ossigeno applicando l'apposito sensore a un dito della mano o al lobo di un orecchio.

Preparazione

La misurazione della saturazione di ossigeno si effettua ambulatorialmente e non richiede una particolare preparazione.

La rimozione dello smalto dalle unghie prima dell'esame è importante, per non alterare i risultati.

L'ampiezza del segnale del pulsossimetro può essere condizionata da aritmie, ipotensione o profonda vasocostrizione sistemica.

Interpretazione dei Risultati

La saturimetria permette di sapere se i valori di ossigenazione del sangue sono normali o inferiori alla norma. I risultati permettono di individuare se vi è un'insufficienza respiratoria e di quale entità, per impostare un'eventuale ossigenoterapia.

Una ridotta quantità di ossigeno nel sangue può determinare l'ipossiemia. Tale condizione comporta manifestazioni quali pallore della cute e delle mucose (cianosi), iperventilazione e dispnea, oltre a generare uno stato di confusione e spaesamento. Spesso, l'ipossiemia si associa ad ipossia, cioè a una carenza di ossigeno disponibile nei tessuti.

Le cause sono attribuibili a disturbi di ventilazione e di ossigenazione, quali apnee notturne, polmonite, embolia polmonare ed insufficienza respiratoria. Queste condizioni patologiche comportano, infatti, un'ipoventilazione alveolare, ossia l'aria che lascia i polmoni è meno ricca di ossigeno rispetto alla norma. Ciò può accadere anche quando le alte vie respiratorie sono occluse, quindi impediscono il passaggio dell'ossigeno. Chiaramente, tale deficit provoca un danno correlato alla durata dello stesso evento ipossico: dalla diminuita sintesi di ATP, alla morte cellulare.

Valori Normali e Patologici

La percentuale di emoglobina satura di ossigeno in condizioni normali è maggiore del 95%, con valori ottimali intorno al 97-98%.

Tuttavia, in presenza di alcune malattie, principalmente polmonari, una percentuale inferiore di globuli rossi lega e trasporta ossigeno all'organismo; di conseguenza, la saturazione d'ossigeno scende al di sotto del 95% e, raggiunti valori inferiori al 90%, si parla di ipossiemia, ovvero di una ridotta quantità di ossigeno nel sangue.

Un valore inferiore all'80% testimonia uno stato ipossico grave.

5) Visualizzazione e memorizzazione

La sezione è composta dai seguenti moduli:

a) Modulo Display TFT 3,5" 320x480:

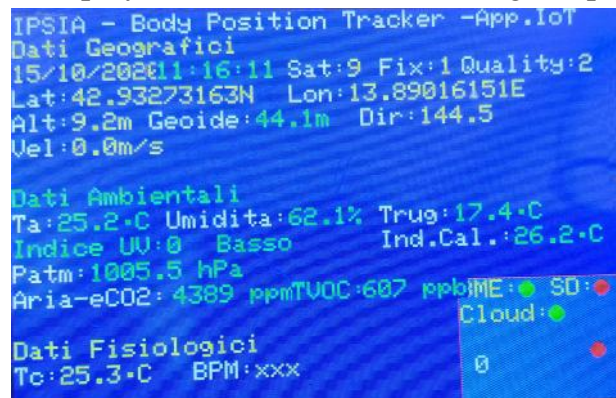
Visualizzazione dati acquisiti/elaborati

b) Modulo MicroSD:

Memorizzazione dati acquisiti/elaborati su MicroSD

a) Display TFT 3,5" 320x480

Il display, come evidenziato nella figura, permette la visualizzazione dei dati suddivisi in tre sezioni:



1) Geografici

- Data, Ora, Sat, Fix, Quality
- Latitudine, Longitudine, Altitudine, Geoide, Direzione, Velocità

2) Ambientali

- Temperatura, Umidità, Temperatura di rugiada, Indice di calore
- Indice UV, Pressione atmosferica, ECO2, TVOC

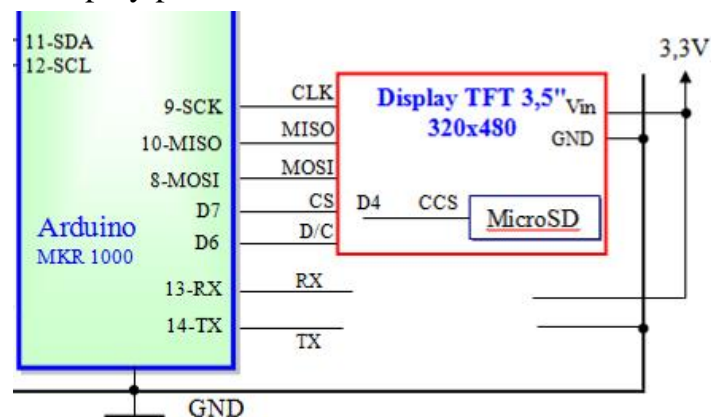
3) Fisiologici

- Temperatura corporea, Battito cardiaco, SPO2

Display a colori TFT da 3,5", risoluzione 320x480 pixel con controllo pixel RGB individuale, retroilluminato con 6 LED bianchi.

Questo display ha un controller incorporato HXD8357D con buffer RAM, in modo da non impegnare il microcontrollore.

Il display può essere utilizzato in due modalità: 8 bit o SPI.



- **8 bit:** questa modalità richiede 8 linee dati digitali e 4 o 5 linee di controllo digitali per leggere e scrivere sul display (12 righe in totale).
- **SPI:** questa richiede solo 5 pin in totale (MISO, MOSI, Clock, CS e D/C) ma è più lento della modalità a 8 bit. Inoltre, sono necessari 4 pin per il touch screen (2 digitali, 2 analogici).

Nel progetto in esame viene utilizzato in modalità SPI come indicato in figura.

Il modulo display incorpora lo slot ed il relativo circuito di gestione per una MicroSD

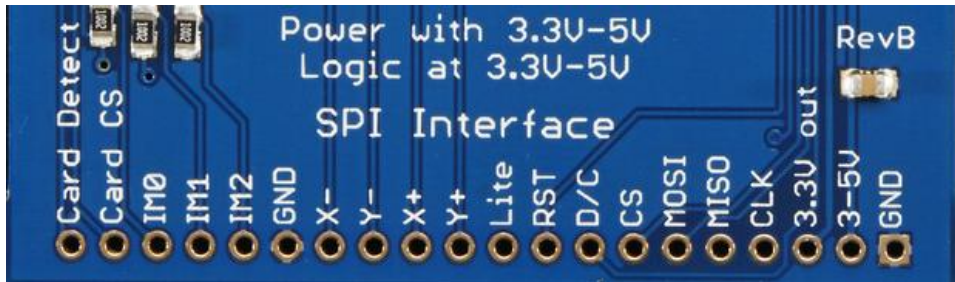
Tutti i pin logici sono compatibili a livelli logici 3-5 V, il chip 74LVX245 sul retro effettua una traslazione di livello in modo da poter utilizzare entrambi i livelli logici. Se ci sono dati in uscita, i livelli sono a 3,3V.

Specifiche tecniche:

- J Display TFT LCD diagonale da 3,5 ", schermo: 56 mm x 85 mm x 4 mm,
- J Risoluzione 320x480, colori a 18 bit (262.000) - Libreria con codice a 16 bit.
- J Interfaccia digitale: 8 bit oppure SPI.
- J Compatibile 5V! Utilizzare con logica 3.3V o 5V, regolatore LDO integrato da 3,3 V a 150 mA
- J Retroilluminazione con 6 LED bianchi con boost di corrente costante CC/CC. Disattivazione retroilluminazione con PWM
- J Touchscreen resistivo a 4 fili
- J Slot MicroSD

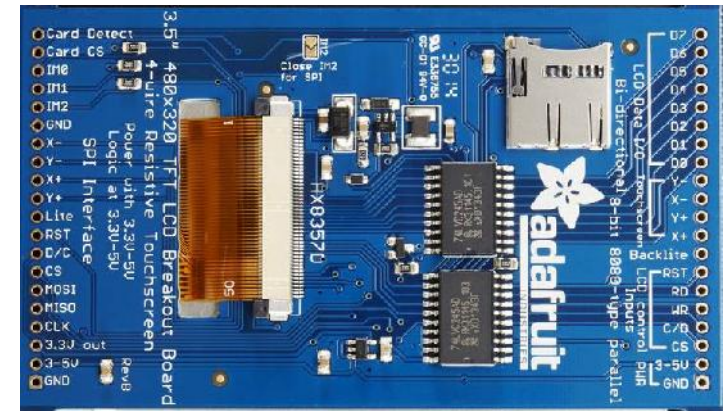
J Modalità SPI

Questa modalità richiede solo 5 pin in totale (MISO, MOSI, CLK, CS e D/C).



Descrizione pin

- J **GND**: questo è il pin di messa a terra dell'alimentazione e del segnale.
- J **3-5 V / VIN** : questo è il pin di alimentazione, collegato a 3-5 Vcc: ha la protezione contro l'inversione di polarità.
- J **3.3 Vout** - questo è l'output 3.3V.
- J **CLK** : questo è il pin di clock SPI.
- J **MISO** - SPI Master In Slave Out, utilizzato principalmente per la scheda SD e per il debug del display TFT. **Non è necessario per l'utilizzo del display TFT che è di sola scrittura**
- J **MOSI** - SPI Master Out Slave In, è usato per inviare dati dal microcontrollore alla scheda SD e / o TFT
- J **CS** : selezione del chip.
- J **D / C** - selezione dati o comando.
- J **RST** : Reset. Per resettare il TFT va connesso a massa.
- J **Lite** : ingresso PWM per il controllo della retroilluminazione. Di default è a livello alto (retroilluminazione attiva). A livello basso spegne la retroilluminazione.



Inoltre, sono necessari 4 pin per il touch screen (2 digitali, 2 analogici). Consente inoltre di utilizzare un socket per scheda microSD sullo stesso bus SPI.

Tuttavia, è più lento della modalità parallela a 8 bit perché è necessario inviare ogni bit alla volta anziché 8 bit alla volta.

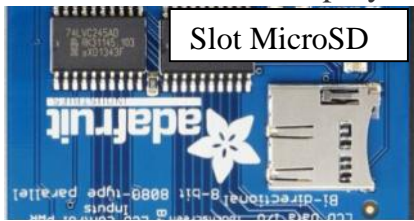
- J **Y + X + Y- X-** questi sono i 4 pad resistivi touch screen, che possono essere letti con pin analogici per determinare i punti di contatto. Sono completamente separati dal elettricamente TFT.
- J **IM2 IM1 IM0** - questi sono i pin impostati per il controllo dell'interfaccia. In generale non vengono utilizzati. Invece i jumper integrati vengono utilizzati per passare dall'interfaccia SPI a quella 8 bit.
- J **Card CS / CCS:** pin di selezione della scheda SD.
- J **Card Detect / CD:** questo è il pin di rilevamento della scheda SD ed è collegato a terra quando la scheda non è inserita. Non lo usiamo nel nostro codice ma è possibile utilizzarlo come interruttore per rilevare se una scheda SD è installata senza tentare di interrogarla elettricamente.

Non dimenticare di usare un resistore di pullup.

Il modulo viene gestito tramite una libreria fornita dal fornitore Adafruit

b) Modulo MicroSD

Nel modulo del Display TFT 3,5" 320x480 è presente uno slot microSD che consente, tramite la libreria sd.h, di registrare i dati acquisiti/elaborati su una microSD.



La microSD (contrazione di Micro Secure Digital, in precedenza TransFlash o T-Flash) è una scheda di memoria dalle dimensioni estremamente ridotte, ancora più contenute delle MiniSD Card.

Sono state realizzate pensando soprattutto ad espandere la memoria dei telefonini di nuova generazione con funzioni multimediali e forti esigenze di leggerezza e bassi consumi. Possono essere comunque ritrovate nella maggior parte dei dispositivi elettronici più disparati. Inoltre, grazie ad appositi adattatori possono essere impiegate negli apparecchi compatibili con le schede SD della dimensione standard.



6) Cloud

La sezione è composta da:

- a) Access point mobile - *Connessione Internet per la trasmissione dei dati al Cloud ThingSpeak*
- b) Cloud Thingspeak - *Memorizzazione dati e grafici*

a) Access point mobile



Tramite il modulo Access Point Mobile viene effettuata la connessione tra Arduino MKR1000 ed Internet e di conseguenza la trasmissione dei dati acquisiti/elaborati al *Cloud ThingSpeak*

b) Cloud Thingspeak

Il *Cloud ThingSpeak* ricevi i dati da li memorizza e li rappresenta in grafici.

Di seguito sono riportati i canali ed i rispettivi link per la consultazione dei dati

Canale	Descrizione dati	Link
955678	Geografici	https://thingspeak.com/channels/955678
955692	Ambientali	https://thingspeak.com/channels/955692
963250	Fisiologici	https://thingspeak.com/channels/963250

Per la consultazione tramite **cellulare** oppure **tablet** si deve scaricare un App ThingSpeak Viewer, ad esempio **ThingView** e configurarla con i canali indicati.

Tramite il seguente link è possibile visionare il tracciato del percorso, un riepilogo dei dati acquisiti/elaborati e tutte le specifiche del progetto

link: <http://www.ipsiaplcarduinolab.altervista.org/index.php/arduino-plc-news/90-grafici>

7) Collaudo *(da completare)*

Il collaudo è stato suddiviso in quattro fasi:

- 1) Test dei singoli moduli: effettuato con esito positivo nell'AS 2019/2020
- 2) Test del prototipo: effettuato con esito positivo in laboratorio all'inizio dell'AS 2020/2021
- 3) Assemblaggio del prototipo sul **gilet** come indicato nella **fig.3** di **pag.5** e test in laboratorio. Fase da effettuare nel periodo Dic 2020 -Gen 2021
- 4) Collaudo finale con una escursione sul sentiero della Fede. Vecchio sentiero percorso dai fedeli per visitare i luoghi di San Giacomo della Marca con partenza Zona Ragnola (San Benedetto del Tronto (AP)) e Arrivo a Montepandone (AP) toccando le seguenti tappe fondamentali: Ragnola, Rocca di Monte Cretaccio, Santuario/Convento San Giacomo della Marca, centro storico di Montepandone, Casa natale di San Giacomo della Marca, vecchio lavatoio, Fonte vecchia. Escursione prevista per Apr/Mag 2021.

Tramite il seguente [link](#) è possibile visionare il percorso previsto in cui sono riportati i punti storici da raggiungere. Percorso di circa 4 Km con un tempo di percorrenza di circa 4 ore. Sono previste soste di 10 min nei punti indicati.

- [link percorso previsto](#) -

A tale iniziativa parteciperà l'attuale classe 5A_IPAI, ad ogni alunno/gruppo sarà assegnato un compito ben preciso:

- a) un alunno indosserà il gilet per tutto il percorso;
- b) un alunno controllerà tramite tablet i dati acquisiti/elaborati;
- c) un alunno controllerà tramite cellulare i dati acquisiti/elaborati;
- d) cinque alunni, a turno, una volta raggiunto il punto stabilito illustrerà la sua storia.
- e) altri alunni si occuperanno della documentazione video e fotografica dell'escursione.

Per approfondimenti e valorizzazione si cercherà di coinvolgere:

- 1) Presidente della Lega Ambiente di San Benedetto del Tronto (AP)
- 2) Priore del Convento di San Giacomo
- 3) Sindaco di Montepandone (AP)
- 4) Media locali

Di seguito è riportata una breve descrizione dei punti da raggiungere durante l'escursione.

Rocca di Monte Cretaccio



Rocca di frontiera tra gli stati ascolano e fermano, sorgeva sopra Porto D'Ascoli nel 1023, sulla sommità spianata di un colle. Nel 1039 l'ultima porzione del possedimento viene però donata all'abbazia farfense di Santa Vittoria in Matenano e questa situazione rimarrà invariata fino all'arrivo di Federico II di Svevia, nel 1239. L'imperatore, dopo aver assaltato Ascoli, si accamperà nei pressi del castello per poi dirigersi verso Fermo e, con la dipartita di Federico II, nella città ritornò presto al potere lo sconfitto partito Guelfo, sostenitore del papato. Fu così che nel 1242, per punire la città, il luogotenente dell'imperatore Antonio Cicala assediò nuovamente Ascoli, che venne data alle fiamme. Tornati al potere i ghibellini nel capoluogo ascolano, come indennizzo dei danni subiti, ricevono da Federico II i diritti sul tratto di costa tra San Benedetto e la foce del Tronto ed il castello di Monte Cretaccio, nel 1245. La cosa non piacque molto agli abitanti del castello, che da sempre preferivano il governo farfense, dunque contrastarono in ogni modo i ghibellini ascolani che stanchi delle continue insurrezioni, decisero di intervenire

distruggendo il castello nel 1249. Il castello sarà ricostruito dagli ascolani e nelle vicinanze, sul colle di Santa Maria di Sculcula, dove all'epoca emergevano ancora i ruderi della chiesa farfense, costruirono una rocca a controllo e difesa dell'abitato.

Santuario/Convento San Giacomo della Marca



Il primo conventino fu voluto da San Giacomo della Marca, che ottenne il permesso di costruirlo dal Papa Nicolò V, con la bolla del 22 agosto 1449. Iniziarono i lavori e a nord del piccolo convento fu edificata anche la chiesa che il Santo volle dedicare alla Madonna delle Grazie. Portandoci al centro della chiesa, possiamo ammirare tre pezzi artistici di grande valore: un bellissimo crocifisso ligneo del sec. XVI (attribuito a Cola dell'Amatrice) e al suo fianco la Madonna e San Giovanni evangelista, tavole sagomate e dipinte da Vincenzo Pagani intorno al 1540.

Entriamo nella cappella di San Giacomo, appena superato il cancello di ferro, nel vano che precede la cappella notiamo quattro pitture di Mario Pesarini (1956) che ricordano la protezione che il santo ha concesso ai monteprandonesi durante la seconda guerra mondiale: Il popolo invoca protezione dalla

Madonna e da San Giacomo per i propri mariti; i tedeschi rastrellano i giovani; la gioia delle mamme espose per la partenza dei tedeschi; la processione di ringraziamento per lo scampato pericolo. La capella della Madonna delle Grazie conserva il quadretto della Vergine donato al santo dal Cardinale Francesco della Rovere nel 1468 o 1469. San Giacomo lo portò religiosamente da Roma e lo lasciò al convento del suo paese.

Centro storico di Monteprandone



Monteprandone (Munneprannù in dialetto monteprandonese) è un comune italiano di 12 875 abitanti della provincia di Ascoli Piceno nelle Marche.

Centro del subappennino marchigiano, posto nell'immediato entroterra di San Benedetto del Tronto, a soli 5 km dal mare Adriatico, sulla cresta di una breve dorsale che divide la valle del torrente Ragnola (a nord) da quella del fiume Tronto (a sud).

L'unica frazione del comune, Centobuchi, si trova sulla via Salaria ed è oggetto di una grande espansione demografica legata alla vicinanza con le grandi vie di comunicazione e con l'urbanizzazione di tutto l'asse che dalla periferia di San Benedetto del Tronto porta a quella del capoluogo di provincia Ascoli Piceno, che dista 20 km circa.

La leggenda vuole che il castello sia stato eretto nel IX secolo da un cavaliere franco a seguito di Carlo Magno. Il suo nome sarebbe stato Brandone o Prandone, da cui il nome del castello e del

paese.

Il primo documento storico riguardante Monteprandone risale al 1039 quando un certo Longino insieme a un tale Guido Massaro fecero dono del borgo e della chiesa di San Nicola di Bari al Monastero di Santa Maria di Farfa nella Sabina, che lo tenne fino al 1292 quando, spontaneamente, la popolazione per motivi di sicurezza decise di passare sotto la protezione di Ascoli. Il legame con Ascoli si fece ancora più saldo grazie a papa Giovanni XXII che con la bolla del 13 maggio 1323 concesse in feudo perpetuo ad Ascoli "per la fedeltà e i servizi resi e in ritorsione alla ribelle Fermo" il tratto di territorio tra il Tronto e il Ragnola, garantendo quello sbocco a mare strategico per gli ascolani e annettendo alla giurisdizione di Monteprandone quel Montecretaccio sotto il quale si sarebbe dovuto costruire il porto suddetto (Porto d'Ascoli).

Il castello di Monteprandone era inidoneo alla qualifica di "città" e come comunità era rimasta sempre nel limbo del contado Ascolano e quindi non poteva far generare "nobiltà civica". Pur tuttavia la nomina del "podestà" era lasciata alla comunità di Monteprandone in una terna di tre nobili ascolani. Le famiglie notabili della comunità di Monteprandone furono: Allegretti, Aloysi, Amedei, Amici, Aureli, Blasocchi, Campanelli, Cappella, Carota, Castellani o Castellani Boccabianca, Corazza, Crocetta, Malfanti, Marozzi, Massi, Merlini, Nicolaj, Pallotta, Parissi, Pellili, Peroni (ora Pirri Salimei), Romandini, Rosati (poi Rosati di Monteprandone de Filippis Delfico) Rossi, Santomi o Santoni, Sari (estinti in un ramo dei Rosati, quello del col. Leopoldo), Serroni, Uriali, Zazza.

Tra il XIV e il XV secolo vennero annessi altri tre colli: Montetinello, Monterone e Monticelli, arrivando così ai cinque colli che vediamo oggi rappresentati nello stemma comunale.

Nel 1935 un decreto regio annette, dopo molti tentativi avvenuti negli anni precedenti, la frazione Porto D'Ascoli, staccandola dal comune di Monteprandone, per motivi di convenienza territoriale in quanto San Benedetto è in piena espansione e necessita di spazio, e su richiesta dei cittadini stessi.

Vecchio lavatoio



L'antico lavatoio viene restituito alla comunità di Monteprandone. Si tratta dell'antico lavatoio comunale. La cerimonia del taglio del nastro si è svolta sabato 22 giugno in via Borgo da Sole a Monteprandone. Dopo la benedizione di rito impartita da Don Gianluca Pelliccioni parroco della chiesa San Niccolò. L'intervento di restauro e risanamento è un investimento complessivo di 90.000 euro. Oltre al sindaco Sergio Loggi, agli assessori e ai consiglieri comunali, alla cerimonia erano presenti il consigliere regionale Fabio Urbinati, il consigliere provinciale Maria Rita Moranti, il presidente del BIM Tronto Luigi Contisciani, l'architetto Mirco Assenti progettista dell'opera, tanti cittadini e un nutrito gruppo di turisti di Verano Brianza guidati dal primo cittadino Massimiliano Chiolo, in visita in questi giorni a Monteprandone. La cerimonia si è

aperta con la solenne benedizione di rito all'opera e a tutti i presenti da parte di Don Gianluca Pelliccioni parroco. A seguire il sindaco Sergio Loggi ha portato il saluto ai presenti. “ Con il restauro del lavatoio comunale, un'opera di valenza storica che risale al 1908, recuperiamo un nuovo pezzo di memoria della nostra comunità. Ricordo quando anche i miei nonni venivano qui a lavare i panni. Spero che questo luogo, un tempo utilizzato per fini sociali, oggi possa diventare luogo della cultura. Dopo la fonte Vecchia e il lavatoio comunale intendiamo recuperare la fontana situata lungo la provinciale all'incrocio con Colle Sant'Angelo”. Nel suo intervento il consigliere Fabio Urbinati, ha sottolineato che restituire ad una comunità il suo vecchio lavatoio pubblico equivale a ricordare la fatica e il sacrificio delle lavandaie, le storie di vita, le gioie e le malinconie che hanno attraversato migliaia di famiglie. E' un luogo che dovrà rivivere attraverso qualche progetto che faccia riscoprire le tradizioni e i sacrifici che la comunità di Monteprandone ha fatto per donare ai propri figli quello che hanno oggi “. Anche il sindaco Massimiliano Chiolo si è complimentato con Loggi e “la comunità laboriosa di Monteprandone” e ha detto che prenderà esempio da qui per il restauro di un lavatoio che si trova nella cittadina Brianzola da lui amministrata. La cerimonia si è conclusa con una degustazione tipicità enogastronomiche del territorio.

Fonte vecchia di Monteprandone



Il manufatto è una fontana pubblica con annesso abbeveratoio, una costruzione in muratura portante in laterizio con vasche di contenimento dell'acqua in lastre di travertino, collocata ai piedi di una scarpata, che versava in stato di abbandono da diversi decenni a causa di smottamenti del terreno.

Nel 1789 il consiglio comunale decise di riservare l'acqua per “l'abbeverata del bestiame e per la lavatura dei panni” successivamente nel maggio 1831 si decise, su progetto dell'ingegner Nardini, di strutturare la fontana dotandola di un abbeveratoio e lavatoio in pietra e a questo si aggiunse la sistemazione della strada portando gli scoli delle acque verso il torrente Ragnola.

Il toponimo di “Fonte Vecchia” è di origine piuttosto recente, sicuramente è nato dopo la costruzione del nuovo Acquedotto dell'Ascensione, che portò abbondanza di acqua all'intero territorio, compresa la frazione di Porto d'Ascoli.

7) Software

Di seguito è riportato un estratto del software (Sketch) di gestione

```
/*
 * Body Position Tracker 10.0
 *
 */
#include <WiFi101.h>           // Libreria Wi-Fi
#include "ThingSpeak.h"       // Libreria Cloud ThinSpeak
#include <SPI.h>              // Libreria gestione Seriale
#include <SD.h>               // Libreria gestione SD
#include "Adafruit_GFX.h"     // Libreria Display TFT
#include "Adafruit_HX8357.h"  // Libreria Display TFT
#include <Wire.h>            // Libreria Display I2C
#include <Adafruit_Sensor.h>  // Libreria Sensori Adafruit
#include "Adafruit_BME680.h"  // Libreria Sensore Pressione, temperatura, umidità
#include "ClosedCube_MAX30205.h" // Libreria temperatura corporea
#include "Adafruit_CCS811.h"  // Libreria Mod. CCS811 - Qualità aria
Adafruit_CCS811 ccs;        // Def. oggetto CCS811

//char ssid[] = "WIND-WiFi-D552"; // Wi-Fi SSID WIND
//char pass[] = "j7e1tm7r";      // Wi-Fi Password WIND

char ssid[] = "IPSIA_NEW";      // Wi-Fi SSID IPSIA
char pass[] = "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"; // Wi-Fi password IPSIA
int status = WL_IDLE_STATUS;
WiFiClient client;
File myFile; // Oggetto per chiamata file su SD
unsigned long canale1 = 955692; const char * WriteAPIKey1 = "N5OXC5OQHKA1VPPA";
unsigned long canale2 = 955678; const char * WriteAPIKey2 = "7KN5P4SEYDSUKIIL";
unsigned long canale3 = 963250; const char * WriteAPIKey3 = "6R8JZ3X440H9I1CL";
unsigned long canale4 = 1165858; const char * WriteAPIKey4 = "302DAXVB7SS1XOZK";
boolean DEBUG = true;
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
int BE,SDM;
float pat,tam,u, tr, tf, ic,qa;
String tutruv, B;
byte uv [13]={0,46,65,83,103,124,142,162,180,200,221,240,254};
byte iuv;int vuv;
Adafruit_BME680 bme; // I2C
// These are 'flexible' lines that can be changed
Sd2Card card;
SdVolume volume;
SdFile root;
```

```

#define TFT_CS 7
#define TFT_DC 6
#define TFT_RST 5 // RST can be set to -1 if you tie it to Arduino's reset
#define MOSI 8
#define SCK 9
#define MISO 10
#define CS_SD 4 //Pin ChipSelect modulo SD
Adafruit_HX8357 tft = Adafruit_HX8357(TFT_CS, TFT_DC, TFT_RST);
#include <Adafruit_GPS.h>
// Color definitions
#define BLACK 0x0000
#define BLUE 0x001F
#define RED 0xF800
#define GREEN 0x07E0
#define CYAN 0x0CFF
#define MAGENTA 0xF81F
#define YELLOW 0xFFE0
#define WHITE 0xFFFF
ClosedCube_MAX30205 max30205;
// what's the name of the hardware serial port?
#define GPSSerial Serial1 // Nome Serial Port

Adafruit_GPS GPS(&GPSSerial);

#define GPSECHO false

uint32_t timer = millis();

void setup()
{
  analogReadResolution(10);
  ThingSpeak.begin(client);
  pinMode(CS_SD,OUTPUT); // ChipSet Modulo SD
  pinMode(SS,OUTPUT); // ChipSet Modulo SD

  max30205.begin(0x48);

while (status != WL_CONNECTED) {
  status = WiFi.begin(ssid, pass);String ID=WiFi.SSID();

  delay(4000);
}
//while (!Serial); // uncomment to have the sketch wait until Serial is ready

// connect at 115200 so we can read the GPS fast enough and echo without dropping chars

```

```

// also spit it out
tft.begin();
tft.setRotation(1);tft.fillScreen(HX8357_BLUE);
tft.setCursor(1, 1);tft.setTextColor(HX8357_WHITE); tft.setTextSize(2);
tft.println("IPSIA - Body Position Tracker -App.IoT");
tft.println("ATTENDERE configurazione sensori:");
tft.fillRect(350, 220, 479,319, CYAN); tft.drawRect(350, 220, 479,319, RED);
Serial.begin(115200);
// Serial.println("Adafruit GPS library basic test!");

// 9600 NMEA is the default baud rate for Adafruit MTK GPS's- some use 4800
GPS.begin(9600);
// uncomment this line to turn on RMC (recommended minimum) and GGA (fix data) including altitude
GPS.sendCommand(PMTK_SET_NMEA_OUTPUT_RMCGGA);
GPS.sendCommand(PMTK_SET_NMEA_UPDATE_1HZ); // 1 Hz update rate

if (!bme.begin())
{
  BE=0xF800;
}
else
{
  BE=0x07E0;
}

if (!SD.begin(CS_SD))
{
  SDM=0xF800;
}
else
{
  SDM=0x07E0;
}
tft.setCursor(352, 222);tft.setTextColor(YELLOW,CYAN);tft.print("BME:");tft.fillCircle(405,230, 6, BE);
tft.setCursor(425, 222);tft.setTextColor(YELLOW,CYAN);tft.print("SD:");tft.fillCircle(465,230, 6, SDM);

// Set up oversampling and filter initialization
bme.setTemperatureOversampling(BME680_OS_8X);
bme.setHumidityOversampling(BME680_OS_2X);
bme.setPressureOversampling(BME680_OS_4X);
bme.setIIRFilterSize(BME680_FILTER_SIZE_3);
bme.setGasHeater(320, 150); // 320*C for 150 ms

//GPS.sendCommand(PGCMD_ANTENNA); //Stato antenna

```



```

    delay(1000);
if(!ccs.begin()){
    Serial.println("Failed to start sensor! Please check your wiring.");
    //while(1);
}
//calibrazione CCS811
while(!ccs.available());
float temp = ccs.calculateTemperature();
ccs.setTempOffset(temp - 25.0);
}

void loop()
{
    char c = GPS.read(); // Lettura dati GPS
    // if you want to debug, this is a good time to do it!
    if (GPSECHO)
        if (c) Serial.print(c);
    // if a sentence is received, we can check the checksum, parse it...
    if (GPS.newNMEAreceived()) {
        // a tricky thing here is if we print the NMEA sentence, or data
        // we end up not listening and catching other sentences!
        // so be very wary if using OUTPUT_ALLDATA and trying to print out data
        Serial.println(GPS.lastNMEA()); // this also sets the newNMEAreceived() flag to false
        if (!GPS.parse(GPS.lastNMEA())) // this also sets the newNMEAreceived() flag to false
            return; // we can fail to parse a sentence in which case we should just wait for another
    }
    // if millis() or timer wraps around, we'll just reset it
    if (timer > millis()) timer = millis();

    // approximately every 4 seconds or so, print out the current stats
    if (millis() - timer > 4000)

    {
        if (! bme.performReading())
        {
            Serial.println("Failed to perform reading :(");
            return;
        }
        timer = millis(); // reset the timer

        // Dati Geografici - GPS
        if (GPS.fix)
            {

```

```

tft.setCursor(1, 60); tft.fillRect(0, 17, 480,319, HX8357_BLUE);
tft.setCursor(1, 1); tft.setTextColor(HX8357_WHITE); tft.setTextSize(2);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE); tft.setTextSize(2);
tft.setCursor(1, 1); tft.setTextColor(YELLOW);
tft.setCursor(1, 20);tft.print("Dati Geografici");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(1, 40);tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print(GPS.day,DEC);tft.print('/');
tft.print(GPS.month,DEC);tft.print("/20");tft.print(GPS.year,DEC);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(115, 40);tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(GPS.hour+1,
DEC);tft.print(':');tft.print(GPS.minute,DEC);tft.print(":");tft.print(GPS.seconds,DEC);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(208, 40);tft.print(" Sat:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print((int)GPS.satellites);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(282, 40);tft.print(" Fix:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print((int)GPS.fix);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(360, 40);tft.print("Quality:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print((int)GPS.fixquality);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(1, 60);tft.print("Lat:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print(GPS.latitudeDegrees,
8);tft.print(GPS.lat);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(220, 60);tft.print("Lon:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print(GPS.longitudeDegrees,
8);tft.println(GPS.lon);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(1, 80);tft.print("Alt:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print(GPS.altitude,1);tft.print("m");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.print(" Geoid:");tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(GPS.geoidheight,1);tft.print("m");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.print(" Dir:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print(GPS.angle,1);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
float vel=GPS.speed*0.5144; // Velocità da nodi a m/s
tft.setCursor(1, 100);tft.print("Vel:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print(vel,1);tft.print("m/s");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);

//Scrittura dati sul canale 955678 (Dati Geografici) di ThingSpeak
ThingSpeak.setField(1, GPS.latitudeDegrees); ThingSpeak.setField(2, GPS.longitudeDegrees);
ThingSpeak.setField(3, GPS.altitude); ThingSpeak.setField(4, GPS.satellites);
//ThingSpeak.setField(5, GPS.geoidheight);
ThingSpeak.writeFields(canale1, WriteAPIKey1);
Scrittura_dati_geo_amb_SD();

//Scrittura dati sul canale 1165858 (Riepilogo Dati Geografici) di ThingSpeak
//ThingSpeak.setField(1, GPS.latitudeDegrees); ThingSpeak.setField(2, GPS.longitudeDegrees);
// ThingSpeak.setField(3, GPS.altitude);

```

```

//ThingSpeak.writeFields(canale4, WriteAPIKey4);

// -----
}
// Dati Ambientali BME 680 (Temperatura, Umidità, pressione atmosferica, Punto di rugiada, Indice di calore)
tft.fillRect(350, 220, 479,319, CYAN); tft.drawRect(350, 220, 479,319, RED);
tft.setCursor(352, 222);tft.setTextColor(YELLOW,CYAN);tft.print("BME:");tft.fillCircle(405,230, 6, BE);
tft.setCursor(425, 222);tft.setTextColor(YELLOW,CYAN);tft.print("SD:");tft.fillCircle(465,230, 6, SDM);
tft.setCursor(352, 242);tft.setTextColor(YELLOW,CYAN);tft.print("Cloud:");tft.fillCircle(428,250, 6, RED);

pat=bme.pressure / 100.0; // Lettura pressione atmosferica
tam=bme.temperature; // Lettura temperatura ambiente
u=bme.humidity; // Lettura umidità relativa ambiente
qa=bme.gas_resistance / 1000.0;// Lettura Resistenza Qualità dell'aria
tft.setTextColor(GREEN); tft.setTextSize(2);
tft.setCursor(1, 140);tft.print("Dati Ambientali");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(1, 160);tft.print("Ta:");tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(tam,1);tft.print(char(248));tft.print("C");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.print(" Umidita:");tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(bme.humidity,1);tft.print("% ");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tr=dewPointFast(tam, u); // Funzione calcolo punto di rugiada (Dew Point)
tft.setCursor(290,
160);tft.print("Trug:");tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(tr,1);tft.print(char(248));tft.print("C");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
// Calcolo Indice di calore
tf = tam*9.0/5.0 + 32.0; // Temperatura ambiente in Fahrenheit (°F)
// Formula Indice di calore in Fahrenheit (°F)
ic=-42.379+2.04901523*tf+ 10.14333127*u-0.22475541*tf*u-0.00683783*tf*tf-0.05481717*u*u+0.00122874*tf*tf*u+0.00085282*tf*u*u-
0.00000199*tf*tf*u*u;
ic=(ic-32)/1.8;// Indice di calore in °C
tft.setCursor(290,
180);tft.print("Ind.Cal.:");tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(ic,1);tft.print(char(248));tft.print("C");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
tft.setCursor(1, 200);tft.print("Patm:");tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(bme.pressure / 100.0,1);tft.print("
hPa");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);

// Qualità dell'aria

if(ccs.available()){
float temp = ccs.calculateTemperature();
if(!ccs.readData()){

```

```

Serial.print("CO2: ");
Serial.print(ccs.getCO2());
Serial.print("ppm, TVOC: ");
Serial.print(ccs.getTVOC());
Serial.print("ppb");

tft.setCursor(1, 220);tft.print("Aria-eCO2:");
tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.setCursor(125, 220);tft.print(ccs.getCO2());tft.print(" ppm");
tft.setCursor(218, 220);tft.print("TVOC:");
tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.setCursor(275, 220);tft.print(ccs.getTVOC());tft.print(" ppb");

}

}

//-----

// Raggi UV (Ultravioletti)
vuv=analogRead(A1);
for (byte x=0;x<12;x++)
{
  if (vuv>=uv[x] && vuv<uv[x+1]){iuv=x;}
}
if (iuv>=0 && iuv<=2) {B="Basso  ";}
if (iuv>2 && iuv<=5) {B="Moderato "};
if (iuv>5 && iuv<=7) {B="Alto    "};
if (iuv>7 && iuv<=10) {B="Molto Alto"};
if (iuv>10)          {B="Estremo  "};
tft.setCursor(1, 180);tft.print("Indice UV:");tft.setTextColor(GREEN,HX8357_BLUE);tft.print(iuv,DEC);
tft.setCursor(160, 180);tft.print(B);
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
Scrittura_dati_amb_SD();

//-----
// Dati Fisiologici
tft.setTextColor(YELLOW); tft.setTextSize(2);
tft.setCursor(1, 260);tft.print("Dati Fisiologici");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);
// Temperatura corporea
tft.setCursor(1,
280);tft.print("Tc: ");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print(max30205.readTemperature(),1);tft.print(char(248));tft.print(
"C");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);

```



```

tft.setCursor(140, 280);tft.print("BPM:");tft.setTextColor(YELLOW,HX8357_BLUE);tft.print("xxx");
tft.setTextColor(HX8357_WHITE);

//Scrittura dati sul canale 955692 (Dati Ambientali) di ThingSpeak
tft.setCursor(352, 242);tft.setTextColor(YELLOW,CYAN);tft.print("Cloud:");tft.fillCircle(428,250, 6, GREEN);
ThingSpeak.setField(1, pat); ThingSpeak.setField(2, bme.temperature);
ThingSpeak.setField(3, bme.humidity);ThingSpeak.setField(4, iuv);
ThingSpeak.setField(5, tr);ThingSpeak.setField(6, ic);
ThingSpeak.setField(7, ccs.geteCO2());ThingSpeak.setField(8, ccs.getTVOC());
ThingSpeak.writeFields(canale2, WriteAPIKey2);
//Scrittura dati sul canale 963250 (Dati Fisiologici) di ThingSpeak
ThingSpeak.setField(1, max30205.readTemperature());
ThingSpeak.writeFields(canale3, WriteAPIKey3);
//Scrittura dati sul canale 1165858 (Riepilogo Dati Ambientali e Fisiologici) di ThingSpeak
ThingSpeak.setField(1, GPS.latitudeDegrees); ThingSpeak.setField(2, GPS.longitudeDegrees);
ThingSpeak.setField(3, GPS.altitude);
ThingSpeak.setField(4, pat); ThingSpeak.setField(5, bme.temperature);
ThingSpeak.setField(6, bme.humidity);ThingSpeak.setField(7, ccs.getTVOC());
ThingSpeak.setField(8, ccs.geteCO2());
ThingSpeak.writeFields(canale4, WriteAPIKey4);

tft.setCursor(352, 242);tft.setTextColor(YELLOW,CYAN);tft.print("Cloud:");tft.fillCircle(428,250, 6, RED);

}

}

// Funzioni
// Calcola il punto di rugiada (Dew Point)
double dewPointFast(double tam, double u)
{
    double a = 17.271;
    double b = 237.7;
    double temp = (a * tam) / (b + tam) + log(u/100);
    double Td = (b * temp) / (a - temp);
    return Td;
}

// Scrittura dati ambientali sulla SD - File ambiente.csv
void Scrittura_dati_amb_SD()
{
    File myFile = SD.open("ambiente.csv", FILE_WRITE);
    tft.setCursor(362, 282); tft.print(myFile);
    if (myFile)

```

```

{
  tft.fillCircle(460,280, 6, GREEN);
  myFile.print(tam,1); myFile.print(",") ;myFile.print(u,1) ;myFile.print(",");
  myFile.print(tr,1); myFile.print(",") ;myFile.print(ic,1) ;myFile.print(",");
  myFile.print(iuv,DEC); myFile.print(",") ;myFile.print(pat,1) ;myFile.print(",");
  myFile.println(qa,2);
  delay (10);
  myFile.close();// close the file
}
tft.fillCircle(460,280, 6, RED);
}
// Scrittura dati geografici-ambientali sulla SD - File geoamb.csv
void Scrittura_dati_geo_amb_SD()
{
  File myFile = SD.open("geoamb.csv", FILE_WRITE);
  tft.setCursor(352, 282); tft.print(myFile);
  if (myFile)
  {
    tft.fillCircle(460,280, 6, GREEN);
    myFile.print(GPS.day,DEC) ;myFile.print("/");myFile.print(GPS.month,DEC) ;myFile.print("/20");
    myFile.print(GPS.year,DEC);myFile.print(",");myFile.print(GPS.hour+1, DEC); myFile.print(":");
    myFile.print(GPS.minute,DEC); myFile.print(":");myFile.print(GPS.seconds,DEC);myFile.print(",");

    myFile.print(GPS.latitudeDegrees, 8);myFile.print(",");
    myFile.print(GPS.longitudeDegrees,8);myFile.print(",") ;
    myFile.print(GPS.altitude,1);myFile.print(",") ;
    myFile.print(GPS.geoidheight,1);myFile.print(",") ;

    myFile.print(tam,1); myFile.print(",") ;myFile.print(u,1) ;myFile.print(",");
    myFile.print(tr,1); myFile.print(",") ;myFile.print(ic,1) ;myFile.print(",");
    myFile.print(iuv,DEC); myFile.print(",") ;myFile.print(pat,1) ;myFile.print(",");
    myFile.println(qa,2);
    delay (10);
    myFile.close();// close the file
  }
tft.fillCircle(460,280, 6, RED);
}

```

8) Upgrade

1) Misura temperatura corporea a distanza con MLX94614



2) Rilevazione concentrazione polveri sottili (PM1.0, PM2.5 e PM10.0)



3) Ottimizzazione rilevazione ed elaborazione parametri fisiologici

9) Sitografia

1) www.arduino.cc

2) www.festo-didactic.com

3) www.adafruit.com

4) www.sparkfun.com

5) <http://sostenibilitadelcastoro.altervista.org/>

6) <https://www.reteclima.it/co2/>

7) <https://www.greenscience.it/quali-sono-i-livelli-accettabili-dei-tvoc-nellaria/>

8) <https://www.epicentro.iss.it/uv/>

9) <https://learn.kaiterra.com/en/air-academy/total-volatile-organic-compounds>