

# Relazione tecnica Intel Realsense D435i

## Indice

1. Descrizione del sistema .....	2
1.1 Caratteristiche principali .....	2
1.2 Applicazioni .....	3
1.3 Vantaggi .....	3
2. Specifiche per il corretto funzionamento .....	4
2.1 Requisiti di sistema .....	4
2.2 Vincoli .....	4
2.3 Altre specifiche .....	5
3. Installazione e messa in opera .....	6
3.1 Utilizzo del SDK (Software Development Kit) .....	6
3.2 Utilizzo del programma di avvio realizzato in linguaggio Python .....	7
4. Istruzioni per l'uso .....	9
5. Descrizione dell'output fornito dal programma .....	10
5.1 Dati dei flussi di profondità e colore .....	10
5.2 Dati dell'accelerometro e del giroscopio .....	10

# 1. Descrizione del sistema

L'Intel RealSense D435i è una telecamera di profondità avanzata progettata per applicazioni che richiedono la percezione tridimensionale dell'ambiente circostante. Questo dispositivo è parte della famiglia RealSense di Intel, nota per le sue capacità di acquisizione di profondità e sensori di movimento. Di seguito, viene fornita una descrizione dettagliata del sistema Intel RealSense D435i:

## 1.1 Caratteristiche principali

### 1) Sensore di profondità:

- Utilizza una configurazione stereo per la misurazione della profondità, composta di due telecamere a infrarossi (IR) che lavorano insieme per calcolare le distanze in modo preciso;
- Il campo visivo (Field of View, FOV) è ampio, con angoli di  $86^\circ \times 57^\circ \times 94^\circ$  (diagonale, orizzontale e verticale), permettendo una copertura spaziale maggiore rispetto a molte altre telecamere di profondità, con una portata che va da 0,2 metri a circa 10 metri e che varia in base alle condizioni d'illuminazione.

### 2) IMU integrata:

- La D435i include un'unità di misurazione inerziale (IMU) che fornisce dati a 6 gradi di libertà (6DoF) su accelerazione e rotazione. Questa funzionalità è particolarmente utile per applicazioni che richiedono la stabilizzazione dell'immagine o la navigazione autonoma, come droni, robotica e realtà aumentata.

### 3) Risoluzione e frame rate:

- La telecamera supporta una risoluzione di profondità stereo fino a  $1280 \times 720$  pixel a 30 fotogrammi per secondo (FPS), e può raggiungere fino a 90 FPS a risoluzioni inferiori, il tutto grazie ai doppi sensori Global Shutter;
- Le immagini RGB possono essere catturate con una risoluzione fino a  $1920 \times 1080$  pixel.

### 4) Tecnologia di elaborazione:

- Utilizza il processore di visione Intel RealSense D4 per gestire il flusso di dati di profondità in tempo reale e garantire prestazioni elevate anche in condizioni d'illuminazione variabili.

### 5) Design e Costruzione:

- Il dispositivo è compatto e leggero, con dimensioni di  $90 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ , rendendolo facile da integrare in diversi sistemi;
- È dotato di una custodia robusta che lo protegge in ambienti difficili, rendendolo adatto per applicazioni all'aperto o in condizioni industriali.

## **1.2 Applicazioni**

Le capacità del RealSense D435i lo rendono ideale per una vasta gamma di applicazioni, tra cui:

- Robotica: per navigazione autonoma, evitamento degli ostacoli e mappatura tridimensionale;
- Realtà aumentata/virtuale: per tracciamento del movimento e interazione immersiva;
- Sicurezza e sorveglianza: per riconoscimento e monitoraggio degli intrusi e analisi dello spazio;
- Salute e benessere: per monitoraggio del movimento per la riabilitazione e assistenza agli anziani;
- Industria e automazione: per controllo di qualità, gestione degli inventari e automazione dei processi.

## **1.3 Vantaggi**

- Precisione e affidabilità, poiché la combinazione di sensori di profondità e IMU garantisce misurazioni accurate e dati di movimento affidabili;
- Versatilità, poiché è adatto per molteplici applicazioni grazie alla sua capacità di operare in ambienti diversi e di integrarsi con varie piattaforme;
- Facilità di utilizzo, giacché il supporto per diversi linguaggi di programmazione e la disponibilità di un SDK completo semplificano lo sviluppo di applicazioni personalizzate.

In sintesi, l'Intel RealSense D435i è una soluzione avanzata e versatile per l'acquisizione di profondità e il tracciamento del movimento, ideale per sviluppatori e aziende che cercano di implementare funzionalità di percezione tridimensionale nei loro prodotti e sistemi.

## 2. Specifiche per il corretto funzionamento

L'Intel RealSense D435i ha alcuni vincoli e requisiti di sistema che devono essere rispettati per garantire il funzionamento ottimale della telecamera di profondità, quali:

### 2.1 Requisiti di sistema

#### 1. Hardware:

- Processore: un processore moderno con prestazioni adeguate è raccomandato per gestire il flusso di dati ad alta velocità e l'elaborazione delle immagini. Si consiglia un processore Intel Core i5 o superiore;
- RAM: almeno 4 GB di RAM, anche se 8 GB o più sono preferibili per garantire un'operatività fluida, soprattutto quando si utilizzano più telecamere o si eseguono elaborazioni complesse;
- Porta USB: una porta USB 3.1 è necessaria per fornire l'alimentazione adeguata e la velocità di trasferimento dati richiesta dalla telecamera, ma è accettabile anche una porta USB 2.0, a scapito di prestazioni peggiori della telecamera.

#### 2. Sistema Operativo:

- Windows: Windows 10 (64-bit), o superiore, è pienamente supportato;
- Linux: Ubuntu 16.04 LTS o superiore, con kernel aggiornato per garantire la compatibilità con i driver necessari;
- macOS: è supportato, ma alcune funzionalità avanzate potrebbero richiedere configurazioni o software specifici.

#### 3. Software:

- Intel RealSense SDK 2.0: questo SDK è essenziale per lo sviluppo di applicazioni che utilizzano il D435i. Include driver, API e strumenti di sviluppo;
- Librerie di Sviluppo: Compatibilità con linguaggi di programmazione come C++, Python, e altre librerie e framework comuni, per esempio OpenCV e ROS per robotica.

### 2.2 Vincoli

#### 1. Condizioni d'illuminazione:

- La telecamera funziona meglio in condizioni d'illuminazione moderata. Sebbene possa operare in condizioni di scarsa illuminazione grazie agli illuminatori a infrarossi integrati, prestazioni ottimali si ottengono con una buona illuminazione ambientale.

#### 2. Distanza di rilevamento:

- Come detto in precedenza, la gamma di distanza operativa ideale per il rilevamento della profondità va da circa 0,2 metri fino a circa 10 metri. Le prestazioni diminuiscono per distanze superiori, specialmente in termini di precisione.

### 3. Temperatura di operatività:

- Il dispositivo è progettato per funzionare in un intervallo di temperatura da 0°C a 35°C. L'uso al di fuori di questo intervallo può compromettere le prestazioni o causare danni al dispositivo.

### 4. Precisione e risoluzione:

- La precisione della profondità può variare in base alla distanza dall'oggetto e della risoluzione impostata. È importante regolare le impostazioni della telecamera in base all'applicazione specifica per ottenere risultati ottimali.

### 5. Interferenze IR:

- In ambienti con molte sorgenti di luce a infrarossi, come altre telecamere a infrarossi o luci IR, possono verificarsi interferenze che possono ridurre la precisione della rilevazione della profondità.

### 6. Ambiente di utilizzo:

- Anche se la D435i ha una costruzione robusta, non è completamente resistente all'acqua o alla polvere. Per l'uso in ambienti estremi o industriali, potrebbe essere necessaria una custodia protettiva aggiuntiva.

## 2.3 Altre specifiche

1. Calibrazione: è spesso necessario calibrare la telecamera per l'ambiente specifico in cui sarà utilizzata per garantire misurazioni accurate;
2. Integrazione con altri sistemi: quando s'integra il D435i con altri sistemi di sensori o attuatori, bisogna considerare la sincronizzazione dei dati e la compatibilità dei protocolli.

Seguire questi requisiti e vincoli assicura che l'Intel RealSense D435i funzioni correttamente e fornisca dati accurati per le applicazioni di percezione tridimensionale.

### 3. Installazione e messa in opera

Per l'installazione e la messa in opera dell'Intel Realsense D435i è necessario svolgere ordinatamente i seguenti passaggi:

#### 3.1 Utilizzo del SDK (Software Development Kit)

1. Scarica e installa il RealSense SDK 2.0:

- Vai alla [pagina ufficiale di Intel RealSense SDK](#);
- Segui le istruzioni specifiche per il tuo sistema operativo.
  1. Per Windows:
    - Scarica il file d'installazione del SDK;
    - Esegui il file .exe e segui le istruzioni d'installazione;
    - Installa i driver necessari se richiesto.
  2. Per Linux:
    - Apri il terminale;
    - Esegui i seguenti comandi per aggiornare il sistema e installare le dipendenze:
      - ✓ `sudo apt-get update`
      - ✓ `sudo apt-get upgrade`
      - ✓ `sudo apt-get install git cmake libssl-dev libusb-1.0-0-dev pkg-config libgtk-3-dev`
    - Clona il repository librealsense:
      - ✓ `git clone https://github.com/IntelRealSense/librealsense.git`
      - ✓ `cd librealsense`
    - Costruisci e installa il SDK:
      - ✓ `mkdir build && cd build`
      - ✓ `cmake ../`
      - ✓ `make -j4`
      - ✓ `sudo make install`
    - Installa i driver:
      - ✓ `sudo ./scripts/setup_udev_rules.sh`
      - ✓ `sudo modprobe uvcvideo`

2. Collega la RealSense D435i al computer utilizzando il cavo USB 3.1 fornito e verifica che il dispositivo sia riconosciuto:

- Su Windows, controlla “Gestione dispositivi” per vedere se la telecamera appare sotto “Controller USB (Universal Serial Bus)” o “Dispositivi di acquisizione immagini”;
- Su Linux, usa il comando “lsusb” per verificare che la telecamera sia elencata.

3. Esegui un test rapido:

- Avvia uno degli strumenti di esempio inclusi nel RealSense SDK, come “Intel RealSense Viewer”, per verificare che la telecamera funzioni correttamente;

- Su Windows, cerca “Intel RealSense Viewer” nel menu Start;
- Su Linux, esegui il comando “realsense-viewer” dal terminale.

4. Integra la telecamera nel tuo progetto:

- Utilizza le API fornite dal RealSense SDK per sviluppare applicazioni personalizzate;
- Esplora gli esempi di codice disponibili nel repository “librealsense” per capire come usare le varie funzionalità della telecamera;
- Puoi programmare in C++, Python, o altri linguaggi supportati.

5. Calibra la telecamera:

- Utilizza gli strumenti di calibrazione inclusi nel RealSense SDK per garantire misurazioni accurate della profondità;
- Segui le istruzioni specifiche per il tuo scenario di utilizzo.

6. Se incontri problemi:

- Consulta la documentazione ufficiale e le FAQ sul sito di Intel RealSense;
- Verifica le connessioni hardware e assicurati che il cavo USB sia collegato correttamente;
- Controlla i forum della comunità RealSense per soluzioni a problemi comuni.

7. Mantieni il software aggiornato:

- Controlla periodicamente gli aggiornamenti del SDK e dei driver sul repository GitHub di librealsense;
- Installa le versioni più recenti per beneficiare delle ultime funzionalità e correzioni di bug.

Con questi passaggi, dovresti essere in grado di installare e mettere in opera l'Intel RealSense D435i correttamente e sfruttarne tutte le potenzialità per le tue applicazioni di percezione tridimensionale.

### **3.2 Utilizzo del programma di avvio realizzato in linguaggio Python**

1. Verifica che Python sia installato, svolgendo i passi elencati nel file “Software di base.txt”;
2. Installa le librerie Python “numpy” e “pyrealsense2”, seguendo il procedimento descritto nel file “Librerie richieste e istruzioni.txt”;
3. Collega la RealSense D435i al computer utilizzando il cavo USB 3.1 fornito e verifica che il dispositivo sia riconosciuto:
  - Su Windows, controlla “Gestione dispositivi” per vedere se la telecamera appare sotto “Controller USB (Universal Serial Bus)” o “Dispositivi di acquisizione immagini”;
  - Su Linux, usa il comando “lsusb” per verificare che la telecamera sia elencata.

#### 4. Esegui il programma Python dalla linea di comando:

- Apri il terminale o il prompt dei comandi;
- Naviga alla directory contenente il file “launcher.py”;
- Esegui il programma con il comando:
  - `python launcher.py`

Puoi aggiungere fino a 3 argomenti al suddetto comando. Dovranno rappresentare:

- Il numero di serie della telecamera, che corrisponde alle prime 12 cifre successive alla dicitura “SN:” nella sezione con i codici a barre della confezione della telecamera;
- La durata della registrazione da eseguire, espressa in secondi;
- Il nome da dare ai file in formato “.csv” che vengono salvati una volta conclusa la registrazione.

Tutti gli argomenti sono riconosciuti dal programma indipendentemente dall’ordine con cui questi vengono passati insieme al precedente comando. La mancanza di uno o più argomenti non pregiudicherà l’esecuzione del programma, ma implicherà all’utente di immettere le informazioni mancanti una volta che questo è in esecuzione.

#### 5. Verifica che la telecamera stia registrando correttamente:

- Dovresti vedere le finestre delle immagini di profondità e a colori. In particolare, dovrebbe essere visibile un punto rosso nella telecamera centrale.

#### 6. Se incontri problemi:

- Verifica che tutte le librerie siano installate correttamente;
- Assicurati che la telecamera sia collegata correttamente e riconosciuta dal sistema;
- Consulta la documentazione di “pyrealsense2” e gli esempi forniti nel repository “librealsense”.

Con questi passaggi, dovresti essere in grado di installare e mettere in opera il tuo programma Python per avviare la registrazione con l'Intel RealSense D435i dalla linea di comando.



## 4. Istruzioni per l'uso

Dopo aver eseguito i passaggi elencati al punto 3.2, durante la registrazione può essere richiesto all'utente di:

- Inserire il numero di serie della telecamera, qualora non sia stato fornito come argomento dalla linea di comando o il numero fornito non risulti essere valido.
  - N.B.: deve essere inserita una sequenza di 12 sole cifre numeriche;
- Inserire il nome dei file in formato “.csv” da salvare, nel caso in cui non sia stato fornito come argomento dalla linea di comando o il nome fornito risulti essere già esistente o non valido.
  - N.B.: deve essere inserita una sequenza testuale o alfanumerica, in altre parole solo lettere o lettere e numeri, a condizione che non sia già stata utilizzata da altri file e che il primo carattere sia una lettera;
- Inserire un carattere tra ‘s’ e ‘n’ per scegliere se decidere autonomamente la durata della registrazione o registrare fino a quando non viene interrotta manualmente, nell'eventualità che il numero dei secondi non sia stato fornito dalla linea di comando o non risulti essere valido.
  - N.B.: deve essere inserita una lettera che sia ‘s’ o ‘n’, senza distinzione tra maiuscolo e minuscolo;
- Inserire la durata della registrazione in secondi, posto che questa non sia stata fornita dalla linea di comando, non risulti essere valida oppure l'utente abbia deciso di scegliere autonomamente la durata della registrazione.
  - N.B.: deve essere inserito un numero maggiore di 0;

Ogni volta che viene erroneamente inserito uno di questi dati, il programma fornirà un messaggio di errore con conseguente nuova richiesta dello stesso.

Se, invece, l'utente fornisce correttamente da linea di comando tutti i dati richiesti, non sarà necessario alcun suo intervento durante l'esecuzione del programma.

## 5. Descrizione dell'output fornito dal programma

Il contenuto dei file in formato “.csv” ottenuti una volta terminata l'esecuzione del programma include informazioni provenienti dai flussi di profondità e colore e dati rilevati dall'accelerometro e dal giroscopio.

### 5.1 Dati dei flussi di profondità e colore

Per quanto riguarda i flussi di profondità e colore, i file denominati “nome\_file depth data” e “nome\_file color data” contengono i seguenti campi:

- Timestamp, che coincide con un marcatore temporale che rappresenta il momento esatto in cui un frame è stato catturato dalla telecamera. Si utilizza per sincronizzare i dati, analizzare il flusso temporale e correlare i frame con eventi o altri dati. Viene espresso nel formato “aaaammgg\_hhmmss\_mmm”, in cui le ultime 3 lettere “m” specificano i millisecondi;
- Numero frame, che raffigura un contatore che incrementa di 1 per ogni frame catturato dalla telecamera;
- Distanza minima, che rappresenta la distanza più breve rilevata tra la telecamera e l'oggetto più vicino nel campo visivo. Viene misurata in millimetri (mm);
- Distanza media, che costituisce la distanza media calcolata tra la telecamera e tutti gli oggetti presenti nel campo visivo. Viene misurata in millimetri (mm);
- Distanza massima, che simboleggia la distanza più lunga rilevata tra la telecamera e l'oggetto più lontano nel campo visivo. Viene misurata in millimetri (mm);
- Bit per pixel, che corrisponde al numero di bit utilizzati dalla telecamera per rappresentare, rispettivamente, la profondità e il colore di ciascun pixel in un frame;
- Byte per pixel, che esprime il numero di byte applicati dalla telecamera per raffigurare, rispettivamente, la profondità e il colore di ogni pixel in un frame;
- Larghezza, che coincide con il numero di pixel lungo l'asse orizzontale del frame;
- Altezza, che costituisce il numero di pixel lungo l'asse verticale del frame;
- Stride in byte, che simboleggia il numero di byte utilizzati per memorizzare una singola riga di pixel nel frame. Può essere uguale o superiore alla larghezza dell'immagine moltiplicata per il numero di byte per pixel.

### 5.2 Dati dell'accelerometro e del giroscopio

Per ciò che concerne l'accelerometro e il giroscopio, i file chiamati “nome\_file accel data” e “nome\_file gyro data” possiedono i seguenti campi, alcuni dei quali in comune con i file in precedenza descritti e comprendenti le medesime informazioni:

- Timestamp;
- Numero frame;
- Distanza minima;
- Distanza media;
- Distanza massima;

- X, che, rispettivamente, raffigura il valore dell'accelerazione e della velocità angolare sull'asse x. Viene misurato in metri al secondo quadrato ( $m/s^2$ ), nel primo caso, e in radianti al secondo (rad/s), nel secondo caso;
- Y, che, rispettivamente, rappresenta il valore dell'accelerazione e della velocità angolare sull'asse y. Viene misurato in metri al secondo quadrato ( $m/s^2$ ), nel primo caso, e in radianti al secondo (rad/s), nel secondo caso;
- Z, che, rispettivamente, esprime il valore dell'accelerazione e della velocità angolare sull'asse z. Viene misurato in metri al secondo quadrato ( $m/s^2$ ), nel primo caso, e in radianti al secondo (rad/s), nel secondo caso;
- Orientamento, che corrisponde all'angolo d'inclinazione del dispositivo rispetto al piano YZ. Questo valore può essere utile per determinare come il dispositivo è inclinato lungo l'asse X. Ad esempio, un valore di 0 indica che il dispositivo è perfettamente parallelo al piano YZ, mentre un valore positivo o negativo indica un'inclinazione in avanti o indietro. Viene misurato in radianti (rad);
- Magnitudine, che, rispettivamente, rappresenta la forza totale dell'accelerazione e la velocità angolare totale del dispositivo. Questo valore include qualsiasi accelerazione dovuta al movimento e quanto velocemente il dispositivo sta ruotando attorno ai tre assi. Viene misurato in metri al secondo quadrato ( $m/s^2$ ), nel primo caso, e in radianti al secondo (rad/s), nel secondo caso.