

Thermale Aufnahmen

Pia Bereuter

14.10.2025

In der Fernerkundung sind Thermalkameras ein wichtiges Instrument zur Erfassung von Wärmebildern, beispielsweise für die Zählung von Tierbeständen oder auch für Untersuchungen von Gebäudeisolationen. Diese Übung nutzt die MLX90640 Thermalkamera und zeigt wie thermale Aufnahmen mit dem Raspberry Pi gemacht werden können.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	MLX90640 Thermalkamera	2
3	Übungsaufbau	3
4	Aufgabe 1: Punktuelle Temperaturmessung	4
5	Aufgabe 2: Thermale Aufnahme mit LCD Bildschirm	5
	Referenzen	5

1 Einführung

Ziel dieser Übung ist es thermale Kamera mit der MLX90640 Kamera kennen zu lernen und die thermalen Bilddaten auszulesen und testen. Die *MLX90640* ist eine weitwinkel Kamera mit einer Auflösung von 24x32 Pixel. Sie wird über eine I2C Schnittstelle mit dem Raspberry Pi verbunden und kann über eine Python Library angesteuert werden.

Unterlagen: *E05_Thermalkamera.zip*

Vorbereitung

- Schaut folgende von Video von Melexis zur Funktionsweise der MLX90640 Thermalkamera an: [Far Infrared \(IR\) Thermal Sensor Array 32x24 RES \(MLX90640\)](#)
- Studiere das Datenblatt zum VL53L5CX ([Melexis, 2019](#)) und beantworte folgende Fragen:
 - In welchen Temperaturbereichen kann der Sensor eingesetzt werden?
 - Welches ist die höchste Abtastrate für die Distanzfeldmessungen?
 - Was sind Anwendungsgebiete für diesen Sensor?

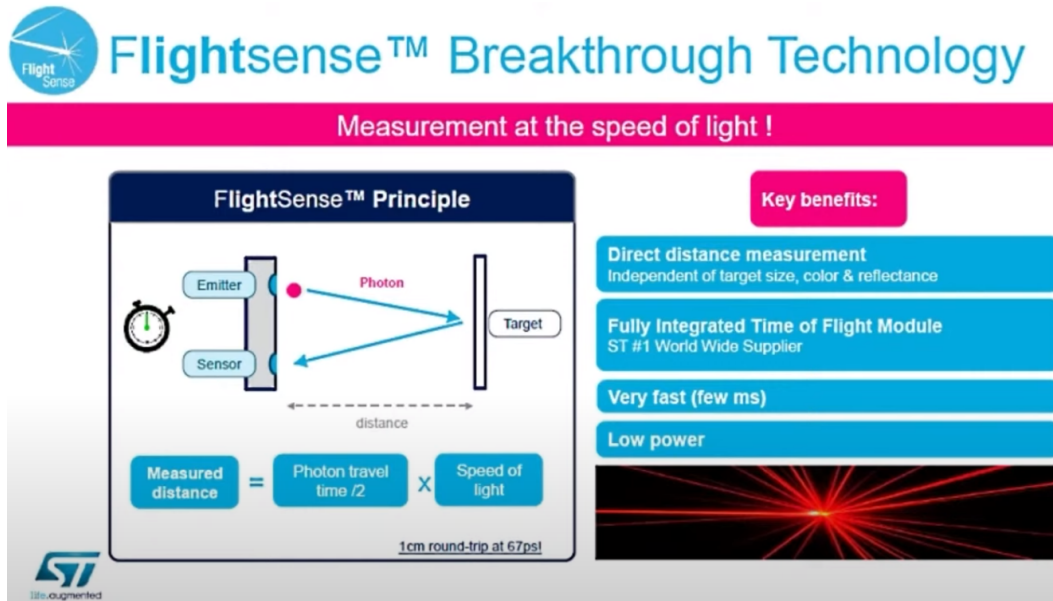


Abb. 1: Far Infrared (IR) Thermal Sensor Array 32x24 RES (MLX90640) [Youtube Video](#)

Unterlagen

Produkt	MLX90640 Breakout
Datenblatt	MLX90640
GitHub	mlx90640-library , Adafruit MLX90640

2 MLX90640 Thermalkamera

Der MLX90640 ist eine Thermalkamera mit einer Auflösung von 32x24 Pixel mit einem Sichtfeld von 55°. Die Kamera misst in einem Temperaturbereich von -40° - 300°C mit einer Genauigkeit von etwa 1°C und mit einer Aufnahmerate von bis zu 64 FPS. Die Anwendungsbereiche sind vielfältig, von der Temperatur der Kaffeetasse, Hitzeentwicklung in elektronischen Geräten bis hin zur Überwachung von Gebäuden und Anlagen.

MLX90640 Thermal Camera

- Melexis MLX90640 far-infrared sensor array
- Brennweite: 55°
- 32x24 pixels
- I2C interface (address 0x33)

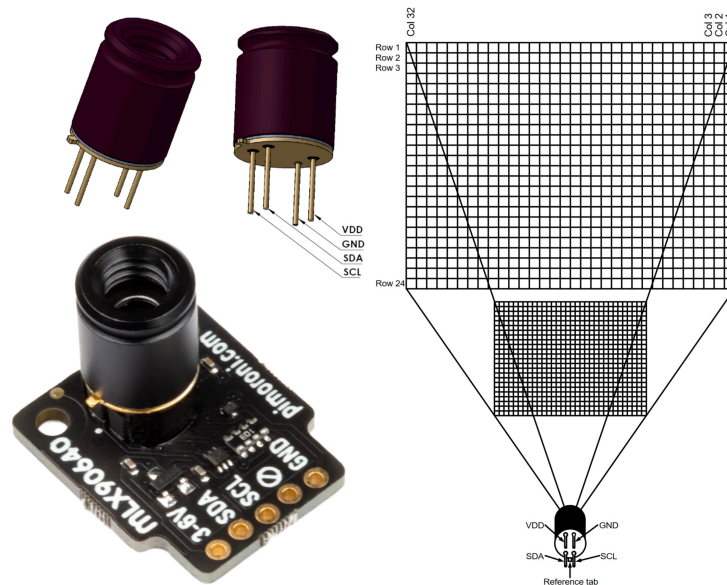


Abb. 2: links: MLX90640 Thermalkamera, oben: schematische Darstellung der Kamera und ihrer Anschlüsse rechts: Pixelpositionsaufbau Quelle: STMicroelectronics (2023)

3 Übungsaufbau

- Schliesse den Raspberry Pi an Monitor, Keyboard und Maus an oder verbinde Dich mit diesem über SSH (und SFTP).
- Erstelle auf dem Raspberry Pi im `Documents` Ordner einen neuen Ordner `MLX90640`, in welchem Du Änderungen und neue Dateien für diese Übung speichern kannst.
- Schliesse den Sensor **MLX90640** an den Raspberry Pi über die Breakout Garden **I2C** Schnittstelle korrekt an (siehe [E01 Luftqualität](#)), so dass die Beschriftung der Anschlüsse am Sensor und bei der Schnittstelle übereinstimmen.
- Kontrolliere mit dem Befehl `i2cdetect -y 1` ob der Raspberry Pi mit dem Sensor verbunden ist. Der Sensor sollte auf der Adresse `0x33` erkannt werden.
- Aktiviere die virtuelle Environment von Python mit `source ~/.env/bin/activate` und kontrolliere, ob die Libraries `adafruit-blinka`, `adafruit-circuitpython-mlx90640` und `RPI.GPIO` installiert sind mit `python -c "import adafruit-blinka"`, `python -c "import adafruit-circuitpython-mlx90640"` und `python -c "RPI.GPIO"`. Bei einer Fehlermeldung müssen die fehlenden Libraries in der aktivierten virtuellen Environment mit `pip install adafruit-blinka adafruit-circuitpython-mlx90640 RPI.GPIO` installiert werden.
- Die Python Scripts für die Thermalkamera werden in den *Unterlagen* zu dieser Übung bereitgestellt.

Wechsle in den Ordner `Documents` und kopiere in diesen den Ordner `MLX90640` mit den Code Beispielen.

4 Aufgabe 1: Punktueller Temperaturmessung

Teste das Beispiel `average_temperature.py` im Ordner *examples*. Dieses Beispiel liest die Werte aus der Matrix der Thermalkamera und gibt den Mittelwert der Temperatur aus. Die Ausgabe sollte in etwa so aussehen (gekürzt):

```
python average_temperature.py
Average MLX90640 Temperature: 23.6C (74.5F)
```

Folgendes Code Snippet zeigt eine gekürzte Version des `average_temperature.py` Python Beispiels für die Ausgabe der Distanzmatrix.

```
import time, board, busio
import numpy as np
import adafruit_mlx90640

i2c = busio.I2C(board.SCL, board.SDA) ①
mlx = adafruit_mlx90640.MLX90640(i2c)
mlx.refresh_rate = adafruit_mlx90640.RefreshRate.REFRESH_2_HZ

frame = np.zeros((24*32,)) ②
while True:
    try:
        mlx.getFrame(frame) ③
        break
    except ValueError: ④
        continue

# print out the average temperature from the MLX90640
print('Average MLX90640 Temperature: {0:2.1f}C ({1:2.1f}F)'.\
      format(np.mean(frame), ((9.0/5.0)*np.mean(frame))+32.0)) ⑤
```

- ① Setup von I2C, Initialisierung des MLX90640 Sensors und Setzen der Abtastrate auf 2 Hz
- ② Numpy Array für das Speichern der 768 Temperaturwerte (24x32 Pixel) erstellen
- ③ MLX Temperaturwerte in das Numpy Array speichern
- ④ Falls ein Fehler eintritt, nochmals versuchen den Sensor auszulesen
- ⑤ Temperaturmittelwert ausgeben

Übung 4.1. Einzelne Temperaturmessung

- Führe das Beispiel `average_temperature.py` aus und beobachte die Messwerte.
- Teste das Script mit unterschiedlichen warmen Objekten (z.B. Kaffeetasse, Hand, etc.).

5 Aufgabe 2: Thermale Aufnahme mit LCD Bildschirm

Folgende Aufgabe nutzt den 1.54" LCD Bildschirm mit einer 240x240 Pixel Auflösung. Der Ordner enthält mehrere Beispiele zur Thermalkamera, die die Temperaturmatrix auf dem Bildschirm anzeigen. Die Beispiele sind im Ordner `MLX90640` zu finden.

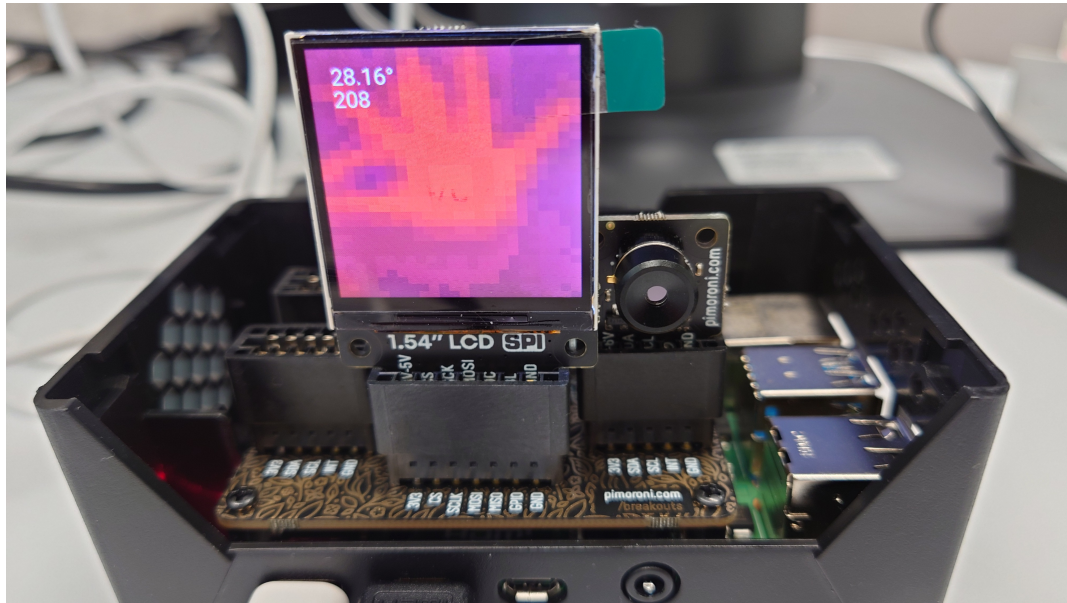


Abb. 3: Aufbau der Versuchsanordnung für die Distanzmessung mit dem LCD Bildschirm montiert im dem *vorderen* SPI Slot

Vorbereitung

- Kontrolliert mit `python -c "import st7789"` ob die Library `st7789` installiert ist. Installiere die Library mit in der aktivierten virtuellen Environment `source ~/.env/bin/activate` mit `pip install st7789`, falls sie nicht installiert ist. Testet auch, ob die Bibliotheken `numpy` und `matplotlib` installiert sind und installiert diese ansonsten mit `sudo apt install python3-matplotlib python3-numpy`.
- Kontrolliere, ob der Raspberry Pi den *Breakout Garden HAT* mit den 2 SPI Anschlüssen und 4 I2C Anschlüssen bestückt ist (Abb. 3).
- Montiere den Bildschirm im vorderen SPI Slot des *Breakout Garden HATs* wie in Abb. 3, oder passe das Script, an so dass die Werte der hinteren SPI Schnittstelle verwendet werden.
- Teste die Beispiele im Ordner `MLX90640` und beobachte die Ausgabe auf dem LCD Bildschirm.

Referenzen

Melexis. (2019). *MLX90640 32x24 IR Array Datasheet*.

STMicroelectronics. (2023). *Description of the Fields of View of STMicroelectronics' Time-of-Flight Sensors*.

Übung 5.1. Experimente mit der Thermalkamera und dem LCD Bildschirm

- Teste mit unterschiedlichen Objekten die Temperaturmessung und beobachte die Ausgabe auf dem LCD Bildschirm.
- Wie gut lassen sich Objekte mit unterschiedlichen Temperaturen unterscheiden?
- Wie gut lassen sich Objekte erkennen, die sich in der Temperatur nur wenig oder stark unterscheiden?
- Studiere den Code der Beispiele und versuche die Funktionsweise zu verstehen.
- Überlege Dir, wie Du die Beispiele erweitern könntest.