

# ACQUISIZIONE DI SEGNALI AUDIO MULTICANALE MEDIANTE SISTEMI EMBEDDED PER RILEVAZIONE DELLA DIREZIONE DI ARRIVO

---

Francesco Pegoraro

Relatore: Fabrizio Argenti

Co-Relatore: Francesco Guidi

*Corso di Laurea Triennale Ingegneria Informatica*

*Università degli Studi di Firenze*

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione*



# Sommario della Presentazione

1. Introduzione e obiettivi della tesi
2. Metodi di stima della Direction of Arrival (DOA)
3. Realizzazione del sistema di acquisizione di segnali audio multicanale
4. Risultati Sperimentali
5. Conclusioni

# INTRODUZIONE E OBIETTIVI DELLA TESI

---

## **Array Signal Processing**

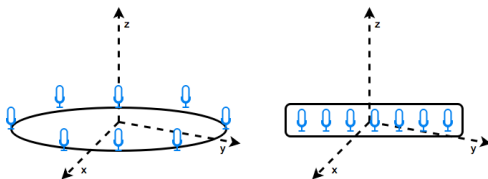
Area di studio di segnali attraverso particolari formazioni di sensori.

- Acquisizione multicanale
- Analisi ed elaborazione dei segnali per estrazione parametri di interesse
- Possibilità di applicazioni in ambiti diversi come radar, sonar e audio

## Obiettivo del progetto di tesi

Sistema **embedded** in grado di acquisire un segnale audio multicanale e stimarne la direzione di arrivo.

- Costruzione di array per acquisizione



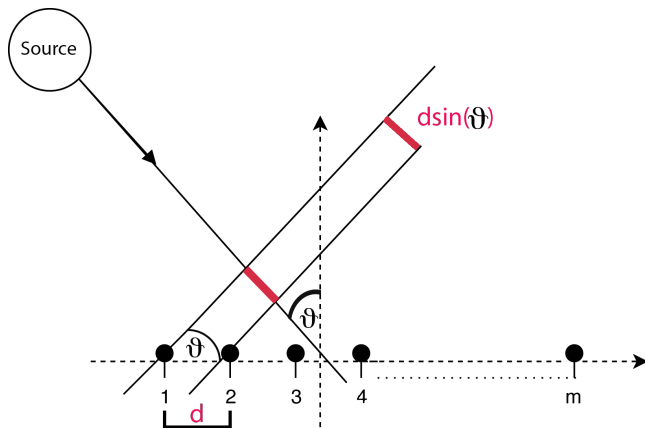
- Scelta della piattaforma Hardware e Software
- Implementazione metodo per estrazione della direzione di arrivo

# METODI DI STIMA DELLA DIRECTION OF ARRIVAL (DOA)

---

# Direction of Arrival Estimation - ULA

È la stima della direzione da cui un'onda che si propaga arriva in un punto dove sono posti dei sensori.

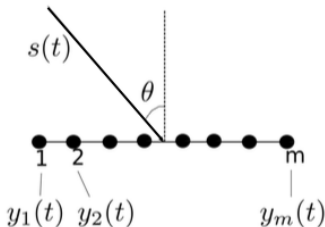


# Direction of Arrival Estimation

- Il ritardo (relativamente al sensore estremo a sinistra) è

$$\tau_k = (k-1) \frac{d \sin(\theta)}{c} \Rightarrow e^{-j\omega \tau_k} = e^{-j(k-1)\omega \frac{d \sin(\theta)}{c}} = e^{-j(k-1)\omega_s}$$

- Con un segnale narrowband  $s(t)$  alla frequenza  $\omega$ :



$$\begin{bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ \dots \\ y_m(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{-j\omega_s} \\ \dots \\ e^{-jm\omega_s} \end{bmatrix} s(t) + \begin{bmatrix} n_1(t) \\ n_2(t) \\ \dots \\ n_m(t) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{a}(\theta)s(t) + \mathbf{e}(t)$$

- $L$  sorgenti

$$\mathbf{y}(t) = \sum_{j=0}^L \mathbf{a}(\theta_j)s_j(t) + \mathbf{e}(t) = \mathbf{A}(\theta)\mathbf{s}(t) + \mathbf{e}(t)$$

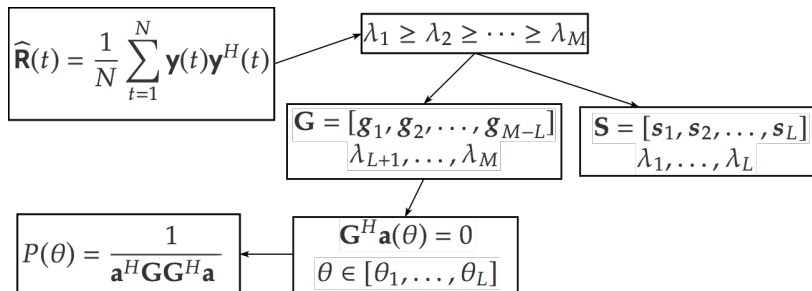


# DOA - MUSIC (Multiple Signal Classification)

- Matrice di covarianza spaziale

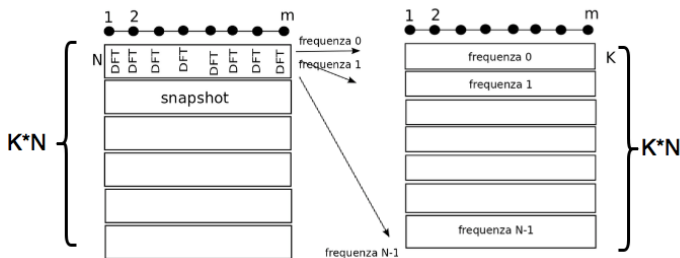
$$\mathbf{R} = E[\mathbf{y}(t)\mathbf{y}^H(t)] = \mathbf{A}E[\mathbf{s}(t)\mathbf{s}^H(t)]\mathbf{A}^H + E[\mathbf{e}(t)\mathbf{e}^H(t)] = \mathbf{A}\mathbf{P}\mathbf{A}^H + \sigma^2\mathbf{I}$$

- L'algoritmo usato è il **MUSIC**:



# DOA - Estensione al WideBand

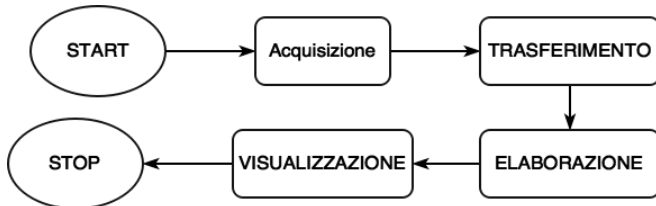
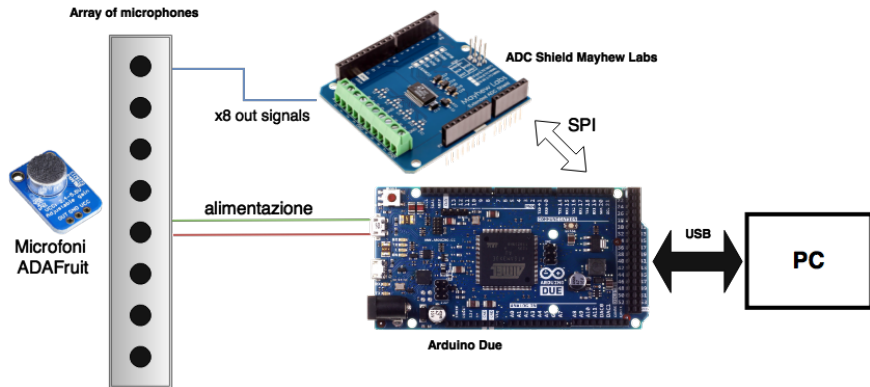
- Se il segnale è *wideband*, il ritardo di fase è diverso per ogni frequenza componente il segnale di ingresso
- Il metodo visto per il caso narrowband può essere esteso al caso wideband scomponendo il segnale di ingresso in componenti passa-banda



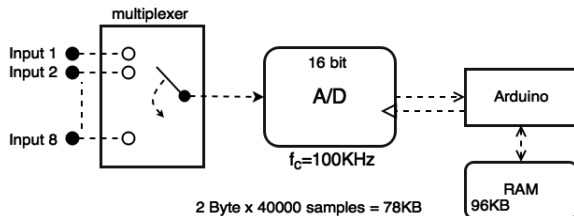
# REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DI SEGNALI AUDIO MULTICANALE

---

# Realizzazione - Schema



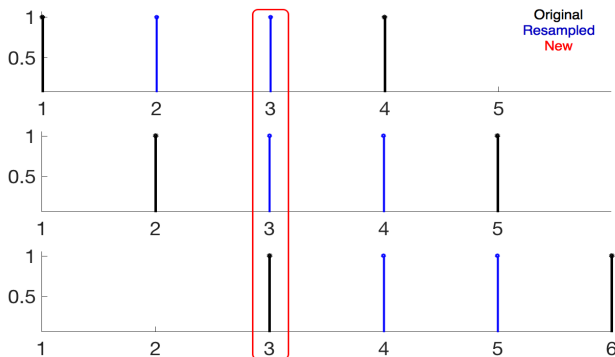
## ○ Multiplexing e Memorizzazione



- Campionamento del segnale **non simultaneo**
- Shift di 1/8 del tempo di campionamento

# Realizzazione - Trasferimento ed Elaborazione

- Tramite la **comunicazione seriale (USB)**
- **Comma-Separated Values**
- Ricampionamento



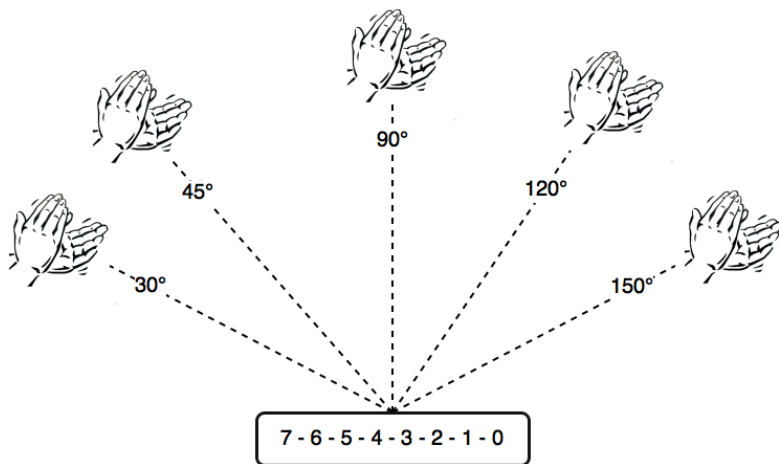
- Si applicano i metodi di rilevazione della direzione di arrivo descritti precedentemente

## RISULTATI SPERIMENTALI

---

# Risultati Sperimentali - Ambiente di Prova

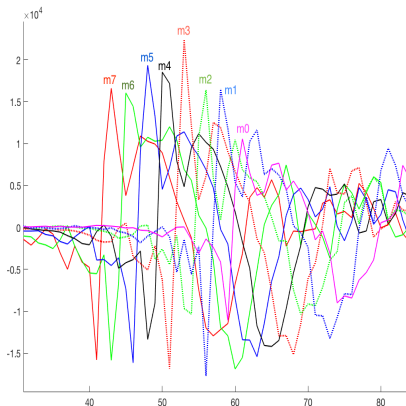
- Outdoor - riduzione riflessione sonora



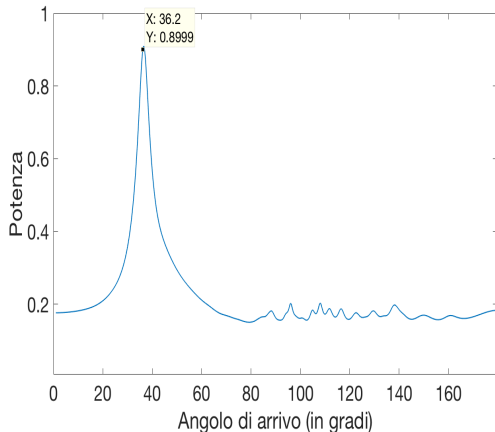


# Risultati Sperimentali

○ Sorgente segnale a  $30^\circ$

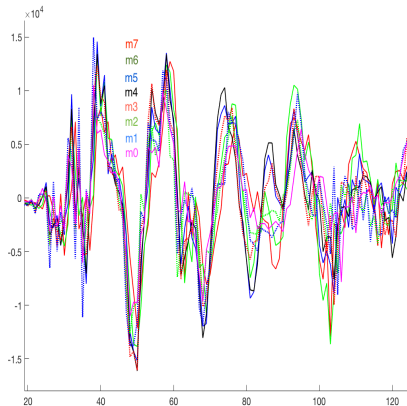


○ Risultato:  $36^\circ$

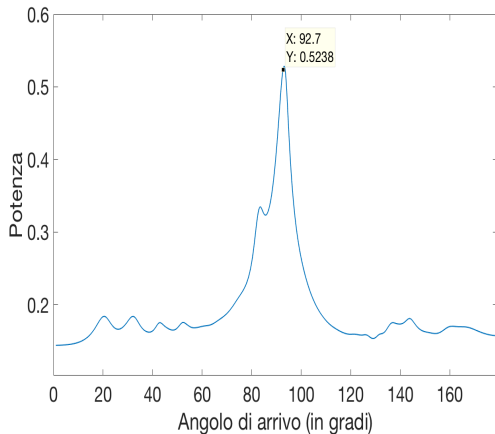


# Risultati Sperimentali

○ Sorgente segnale a  $90^\circ$



○ Risultato:  $92^\circ$

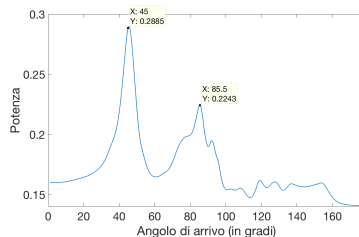
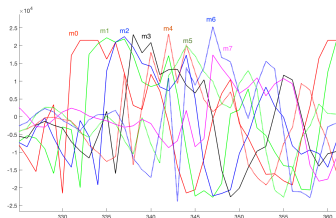
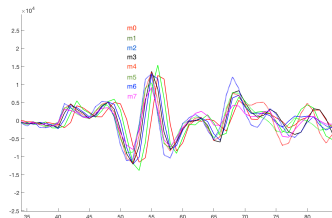
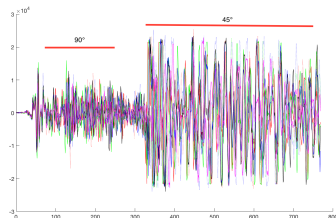


**Tabella dei risultati**

Sorgente	Risultato Stima	Errore
30°	36°	6°
45°	48°	3°
90°	92°	2°
120°	126°	6°
150°	156°	6°

# Risultati Sperimentali

○ Doppia Sorgente a  $45^\circ$  e  $90^\circ$



## CONCLUSIONI

---

Il sistema realizzato rappresenta:

- Struttura accessibile e dai costi contenuti
- Unione di diverse tecnologie integrate tra loro
- Ottima base per studi ed applicazioni future come piattaforma di sistemi embedded

Grazie per l'attenzione

# ACQUISIZIONE DI SEGNALI AUDIO MULTICANALE MEDIANTE SISTEMI EMBEDDED PER RILEVAZIONE DELLA DIREZIONE DI ARRIVO

---

Francesco Pegoraro

Relatore: Fabrizio Argenti

Co-Relatore: Francesco Guidi

*Corso di Laurea Triennale Ingegneria Informatica*

*Università degli Studi di Firenze*

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione*

