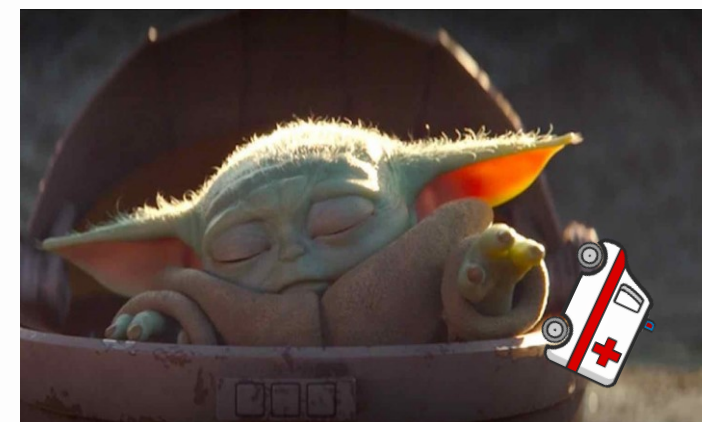




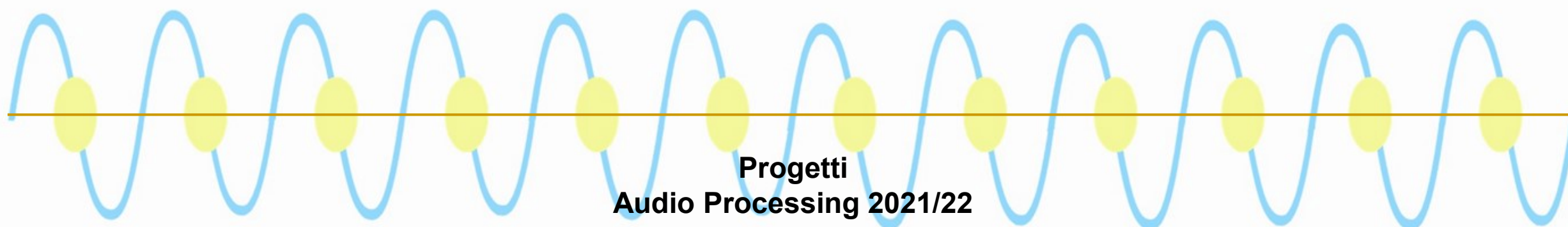
La forza del suono



Cannata Adriana Antonella

Basile Alessandro

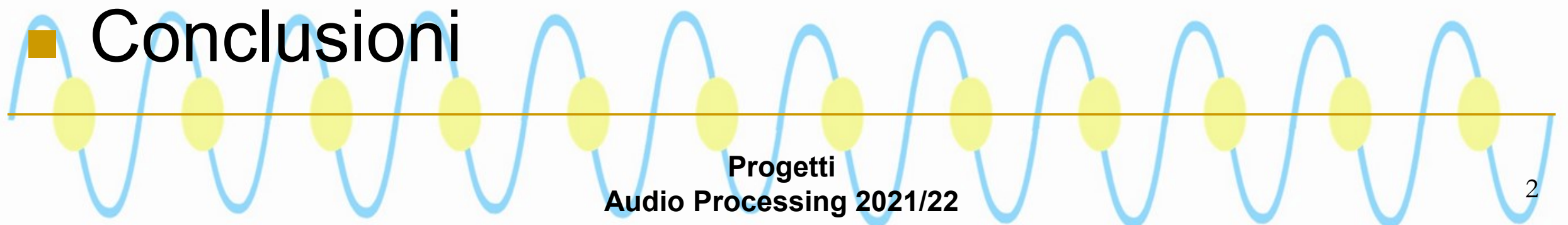
Li Noce Arianna





Indice

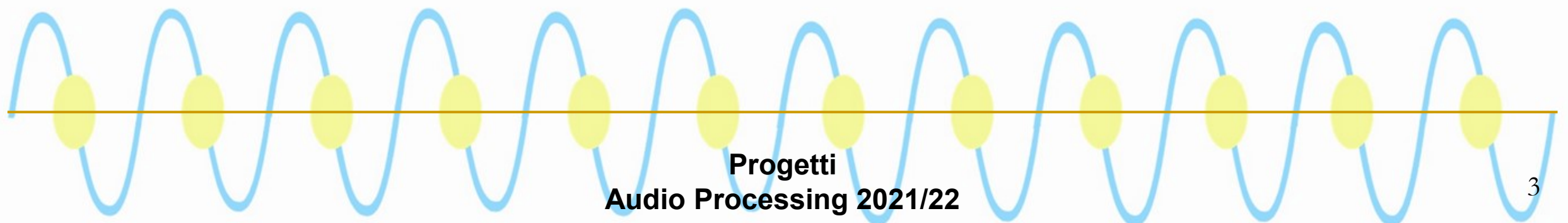
- Cos'è la «forza» del suono?
- Levitatori: tipologie
- Levitatori: funzionamento
- Ologrammi acustici
- Costruzione del levitatore
- Applicazioni della levitazione
- Un esempio pratico
- Conclusioni





Cos'è la «forza» del suono?

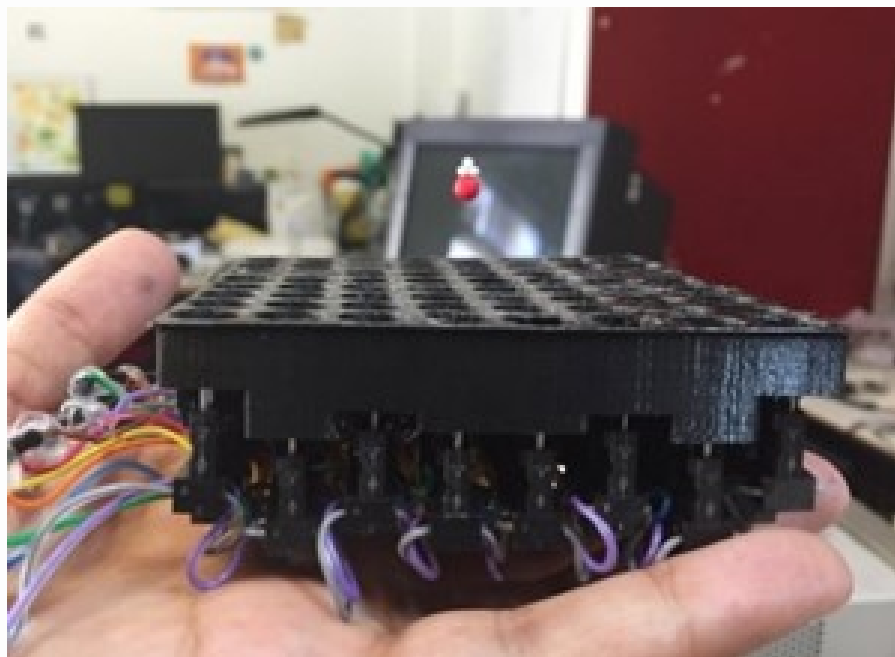
- Il suono è in grado di spostare piccoli oggetti, che forse in futuro saranno sempre più grandi.
- Abbiamo studiato come e perché.
- Parleremo del funzionamento dei levitatori e delle principali applicazioni in campo medico e farmaceutico.



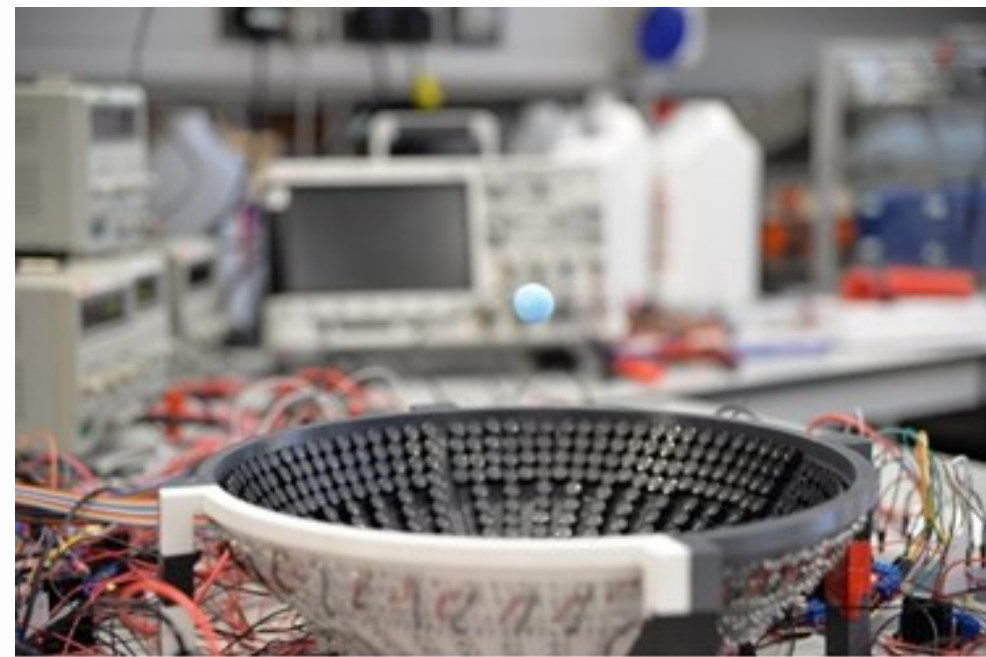


Levitatori: tipologie

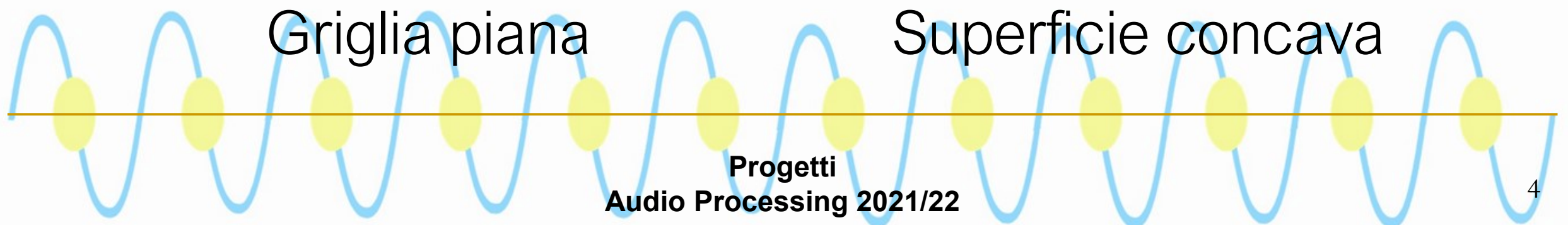
- Si usano speaker che generano onde ad alta frequenza ($\sim 40\text{kHz}$).
- Distinguiamo due configurazioni di levitatori:



Griglia piana



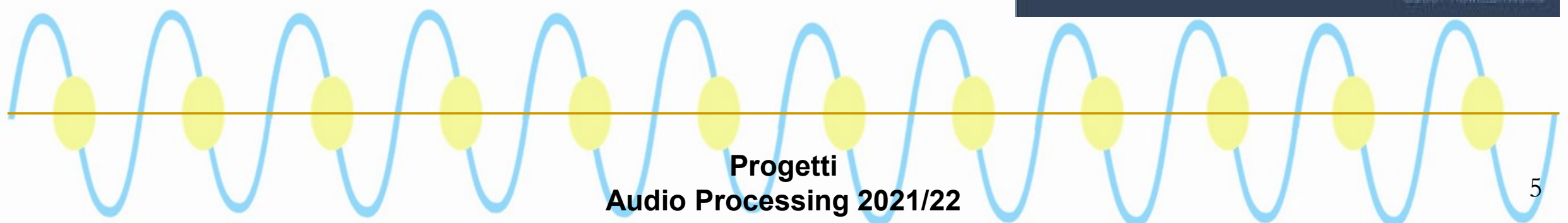
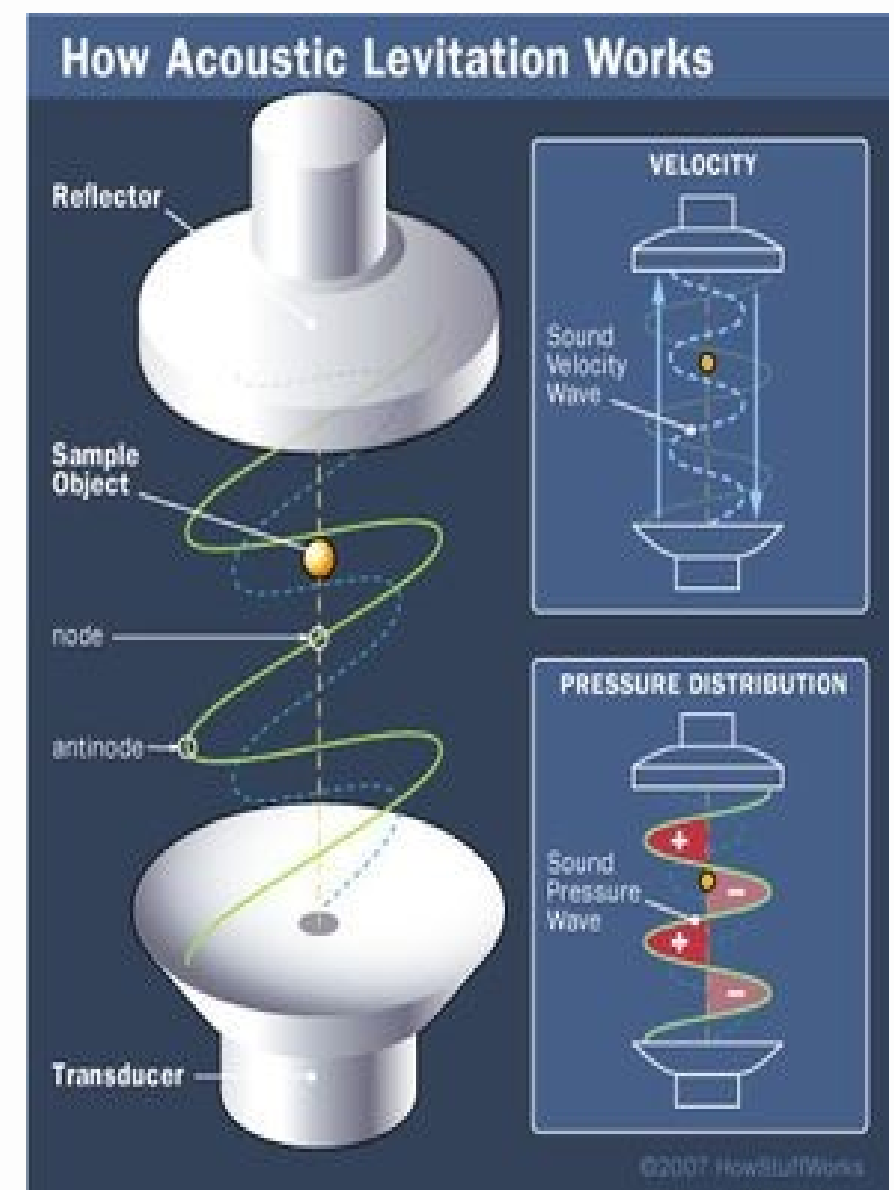
Superficie concava





Levitatori: funzionamento

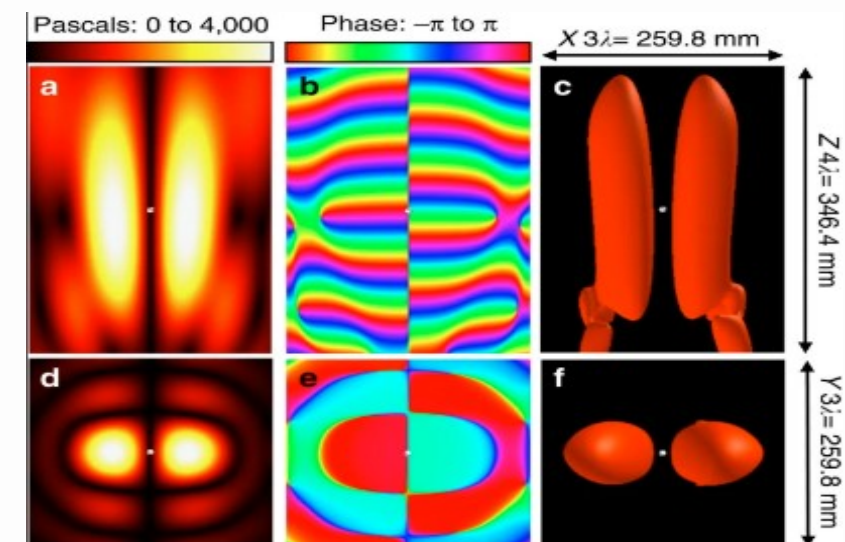
- Se due trasduttori sono posizionati come nell'immagine, uno genera il suono e l'altro ne provoca riflessione: si crea un'onda stazionaria con **nodi** (zone a pressione minima dove l'oggetto orbita) e **antinodi** (zone a pressione massima di equilibrio instabile).



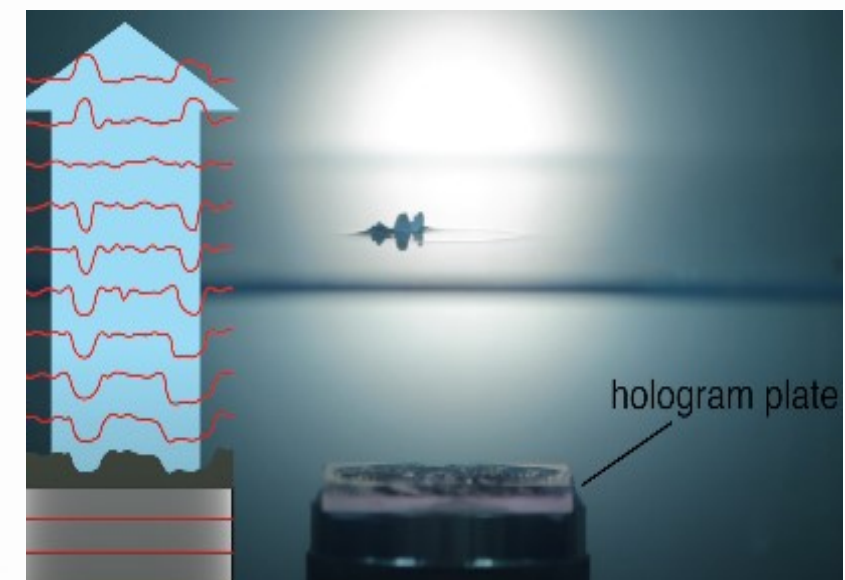


Ologrammi acustici

- Per pattern complessi, le onde generate dagli speaker creano ologrammi acustici che muovono le particelle.
- Si può fare meglio di così, usando una piastra per ologrammi su una singola sorgente sonora e ottenendo un risultato raggiungibile con 20.000 speaker!



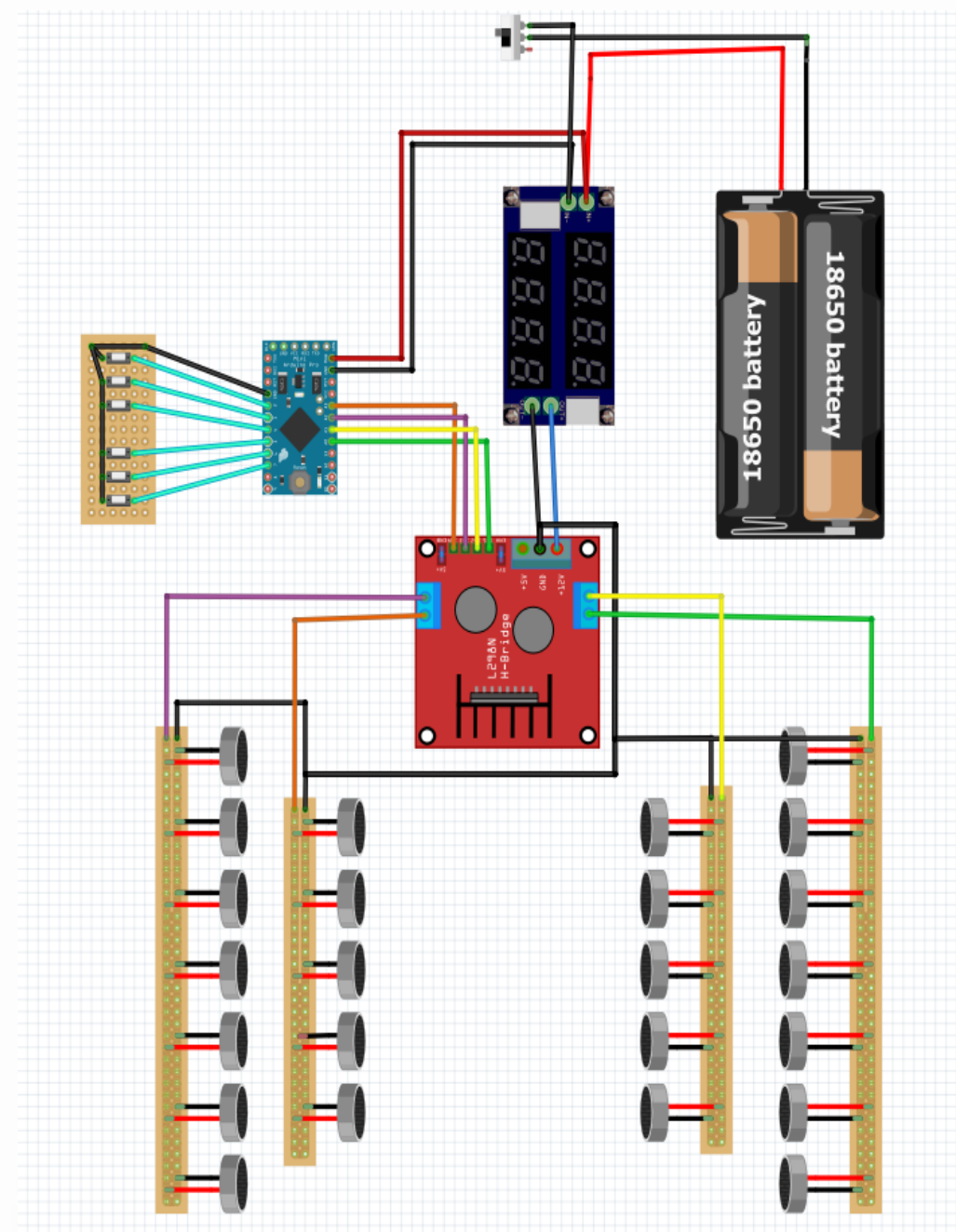
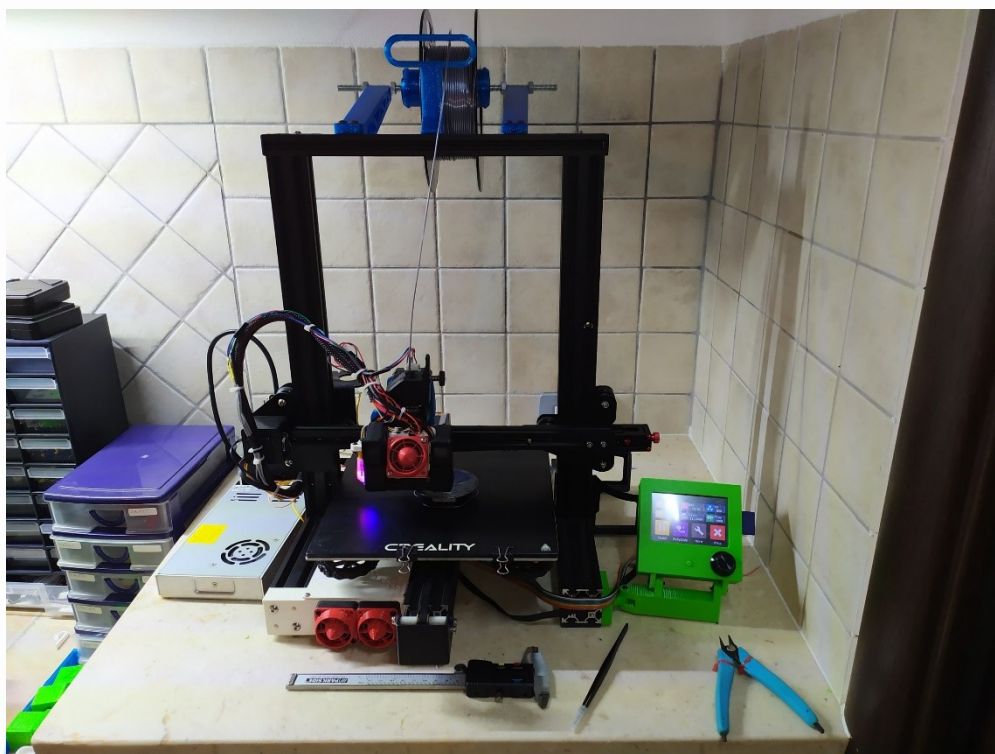
Esempio di ologramma: pinzette





Costruzione del levitatore

- Abbiamo fatto incontrare teoria e pratica e costruito un prototipo!
- I pezzi del levitatore sono stati stampati con la stampante 3D e il circuito è basato sullo schematico in foto.



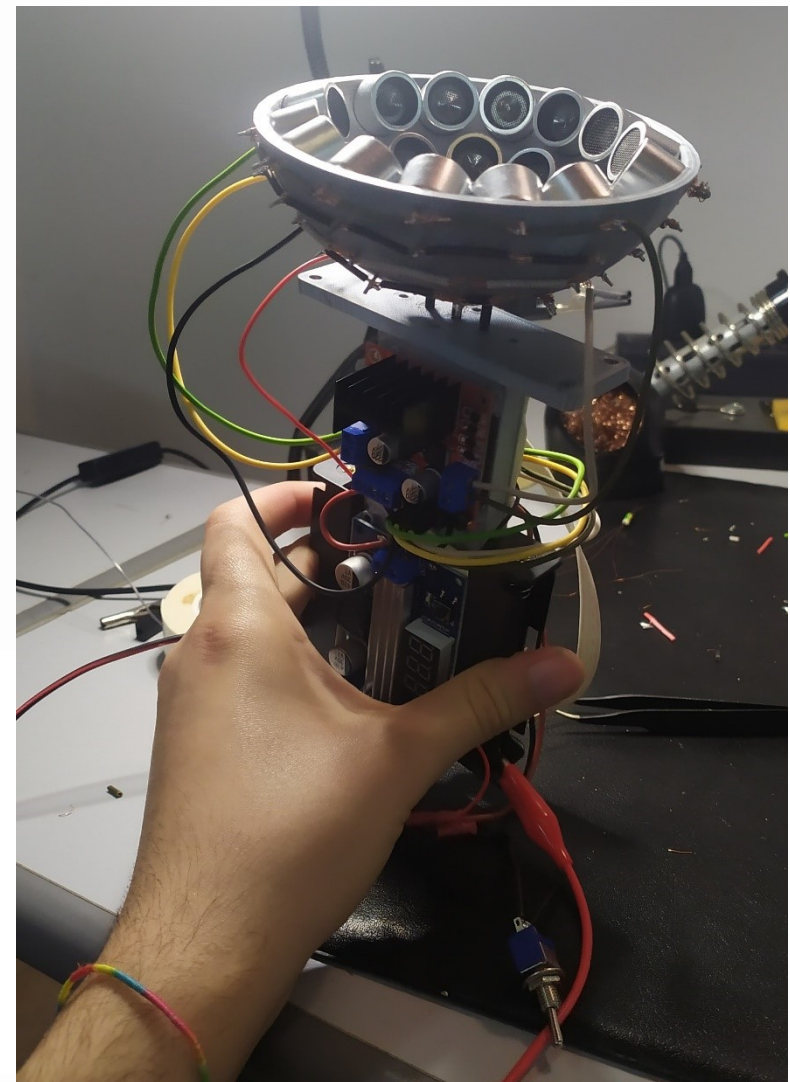


Costruzione del levitatore

Il procedimento di assemblaggio e stagnatura dei 24 trasduttori è stata la parte più lunga.

Bisognava essere veloci per evitare di deformare il materiale stampato con il calore del saldatore.

```
noInterrupts();  
TCCR1A = bit(WGM10) | bit(WGM11) | bit(COM1B1);  
TCCR1B = bit(WGM12) | bit(WGM13) | bit(CS10);  
OCR1A = (F_CPU / 40000L) - 1;  
OCR1B = (F_CPU / 40000L) / 2;  
interrupts();
```



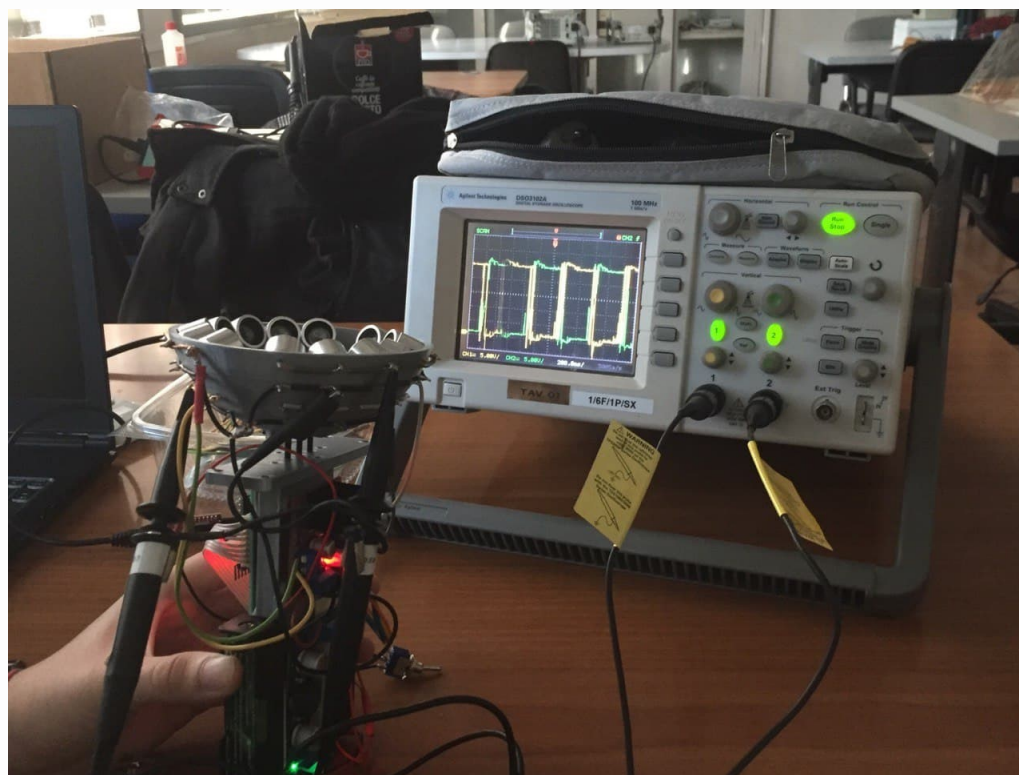
Il codice utilizzato è il figlio illegittimo tra C++ e Arduino, ottimizzato all'osso per il ATmega328P, di non facile comprensione.





Costruzione del levitatore

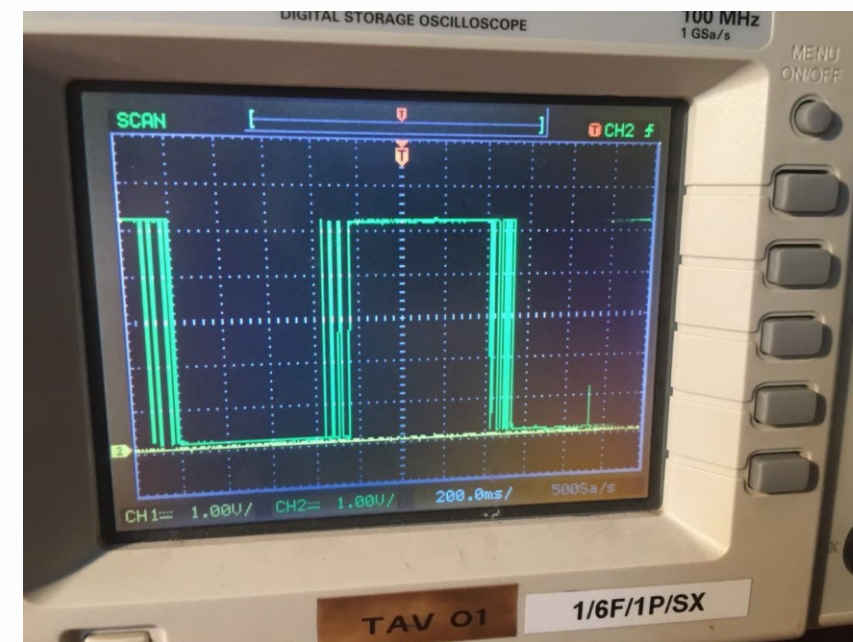
Siamo riusciti a sospendere un piccolo pezzo di polistirolo per un paio di secondi prima che questo venisse sbalzato via dagli stessi ultrasuoni.





Costruzione del levitatore

- Le onde quadre devono essere in concordanza di fase nelle uscite OUT1 e OUT2 (giallo e verde nello schema) e nelle uscite OUT3 e OUT4 (viola e arancione). OUT1 e OUT2 devono essere in opposizione di fase con OUT3 e OUT4.
- Per verificare che la teoria del codice si ritrovi nella realtà del circuito, abbiamo utilizzato un oscilloscopio digitale a due tracce.
- Nelle due foto è riportata l'onda generata dal micro controllore, con ampiezza massima di 5V, e l'onda amplificata, con ampiezza massima di ~25V.
- Osservazione: il suono amplificato dal driver L298N è pieno di disturbi e di picchi di risonanza, causati probabilmente dalla massa comune tra DC-DC, alimentazione del driver e segnale amplificato.



Uscita analogica Arduino

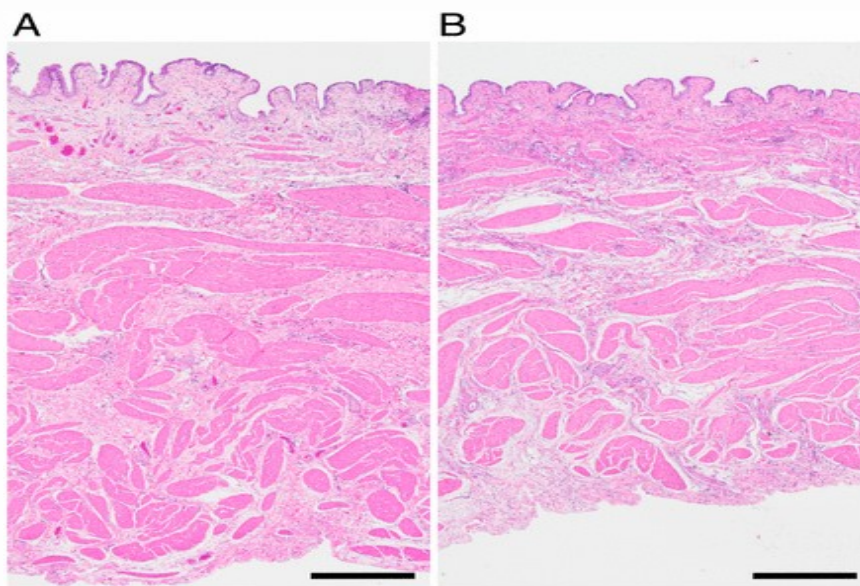


Uscita driver L298N

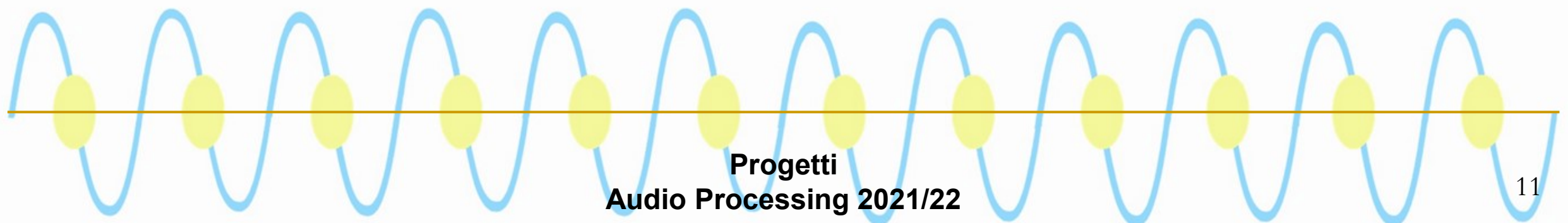


Applicazioni della levitazione

- In alcune applicazioni mediche, è possibile trasmettere un raggio di ultrasuoni attraverso la pelle per manipolare un oggetto solido all'interno del corpo umano. In particolare, fasci di ultrasuoni di forme specifiche sono stati progettati mediante modellazione numerica e prodotti utilizzando un phased array.
- È stato dimostrato che questi fasci levitano e guidano elettronicamente oggetti solidi – sfere di vetro di 3 mm di diametro – lungo percorsi pre programmati, sia in un bagno d'acqua che nelle vesciche urinarie di maiali vivi.



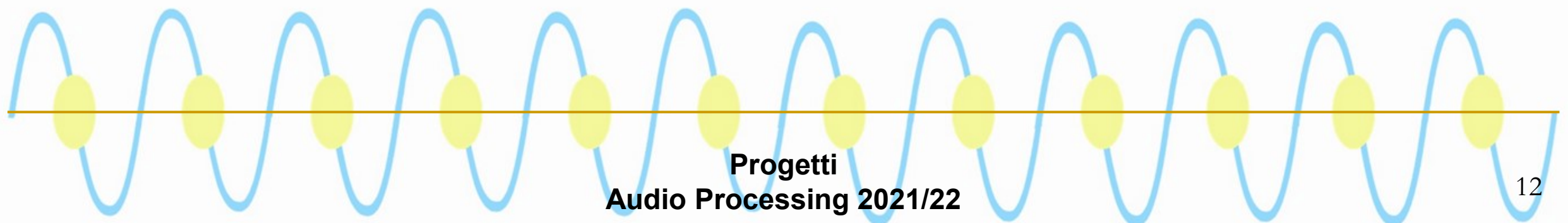
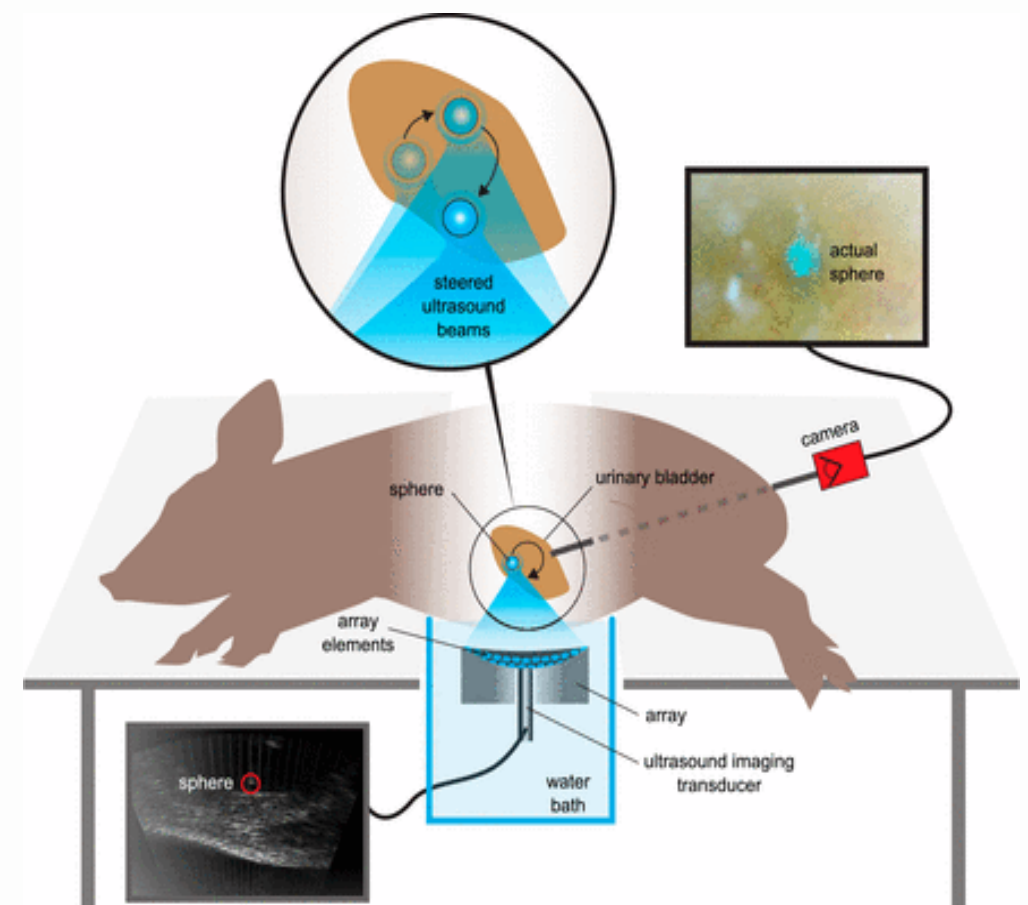
Immagini rappresentative di sezioni trasversali della parete della vescica prelevate da una regione non esposta (A) ed esposta (B). Non sono stati osservati segni di danneggiamento.





Un esempio pratico

- Una sfera di vetro di 3 mm è stata manipolata lungo tre percorsi pre programmati nelle vesciche urinarie di tre suini vivi sottoposti ad anestesia generale. È stato utilizzato il fascio di vortice M4 (3,4 mm) a circa 10 W di potenza. La finestra acustica era attraverso l'addome con il maiale in posizione supina laterale. L'array e la sonda di imaging a ultrasuoni montata al centro sono stati immersi in un serbatoio d'acqua con il lato della sezione mediana del maiale sotto il livello dell'acqua per l'accoppiamento acustico.
- Le sfere sono state spostate con successo in tre percorsi separati in vivo. Dopo l'esposizione agli ultrasuoni, in ogni suino è stato valutato il danno tissutale e nessuna lesione grave è stata osservata alla parete della vescica.





Conclusioni

Magari il potere della forza non esiste e forse neanche i Jedi sono reali. Tuttavia il suono riesce a spostare degli oggetti, quindi, se ci mettessimo dei trasduttori ad alta potenza nei palmi, potremmo essere tutti dei maestri Jedi, come Anakin.



(Non ci assumiamo nessuna responsabilità su eventuali ustioni o folgorazioni)

Progetti
Audio Processing 2021/22





Alessandro Basile – alessandro.basile.sr@gmail.com

Adriana Antonella Cannata - adrianacannata2000@gmail.com

Arianna Li Noce - arianna.linoce@hotmail.it

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

