

# DIGIMAN

Soluzioni per la  
DIGItalizzazione  
delle aziende  
nel Settore MANifatturiero

## SVILUPPO DI UTENSILI ROTANTI SENSORIZZATI PER APPLICAZIONI DI FRESATURA



*Capofila*  
Laboratorio di ricerca



*Proponente*  
Laboratorio di ricerca



*Proponente*  
Laboratorio di ricerca



Costruttore di  
macchine utensili



Costruttore di  
macchine utensili



Costruttore di  
macchine utensili



Sistemi di misura  
e controllo di  
precisione



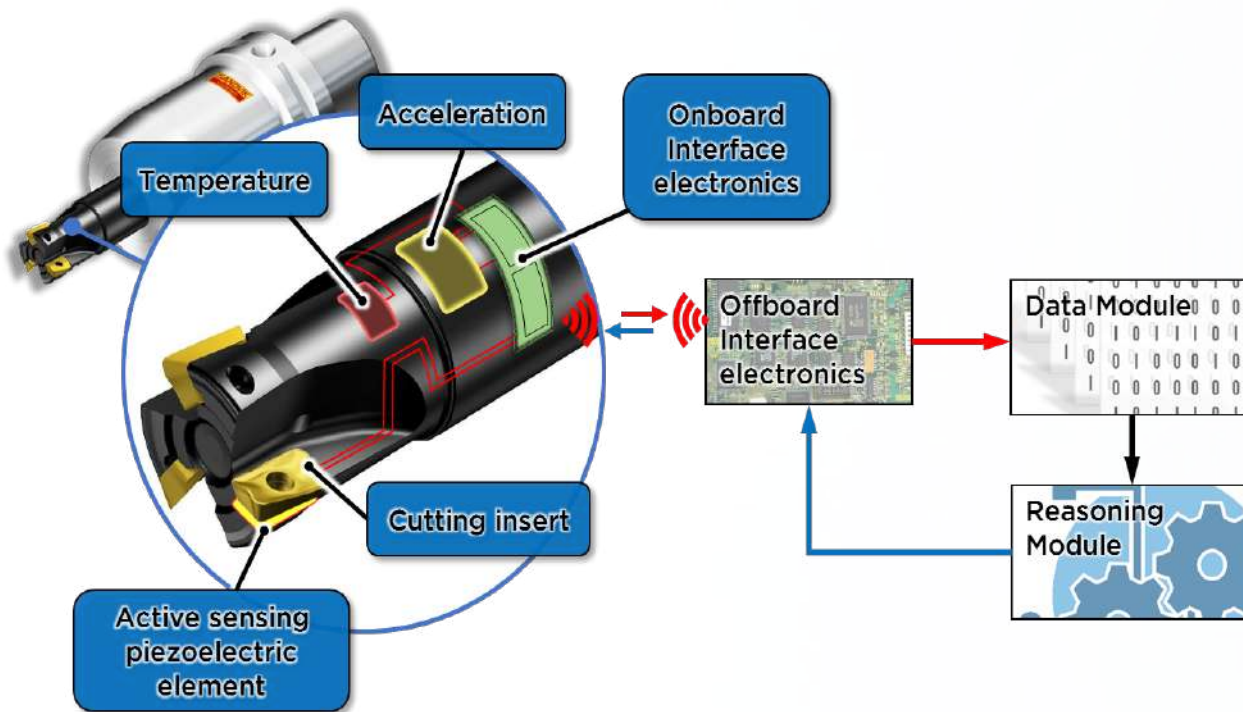
Produzione,  
prototipazione e  
co-design



Realizzazione di  
mandrini e  
portautensili

# DIGIMAN

Result 1: Piezo-sensorized Advanced Tool



## Utensile da fresa

cilindro rotante con inserti taglienti

## Obiettivo

equipaggiarlo con accelerometro e opportuna elettronica, allo scopo di rendere disponibile in real time il profilo vibrazionale della lavorazione in atto

## Punti salienti

- conoscere range accelerazioni in gioco;
- conoscere frequency bandwidth necessaria;
- trasmissione necessariamente wireless.

## Acquisizione dati a scopo esplorativo su TORNIO (*utensile quasi fermo, 1 tagliente solo*)

no wireless

+ semplice, ma stesso tipo

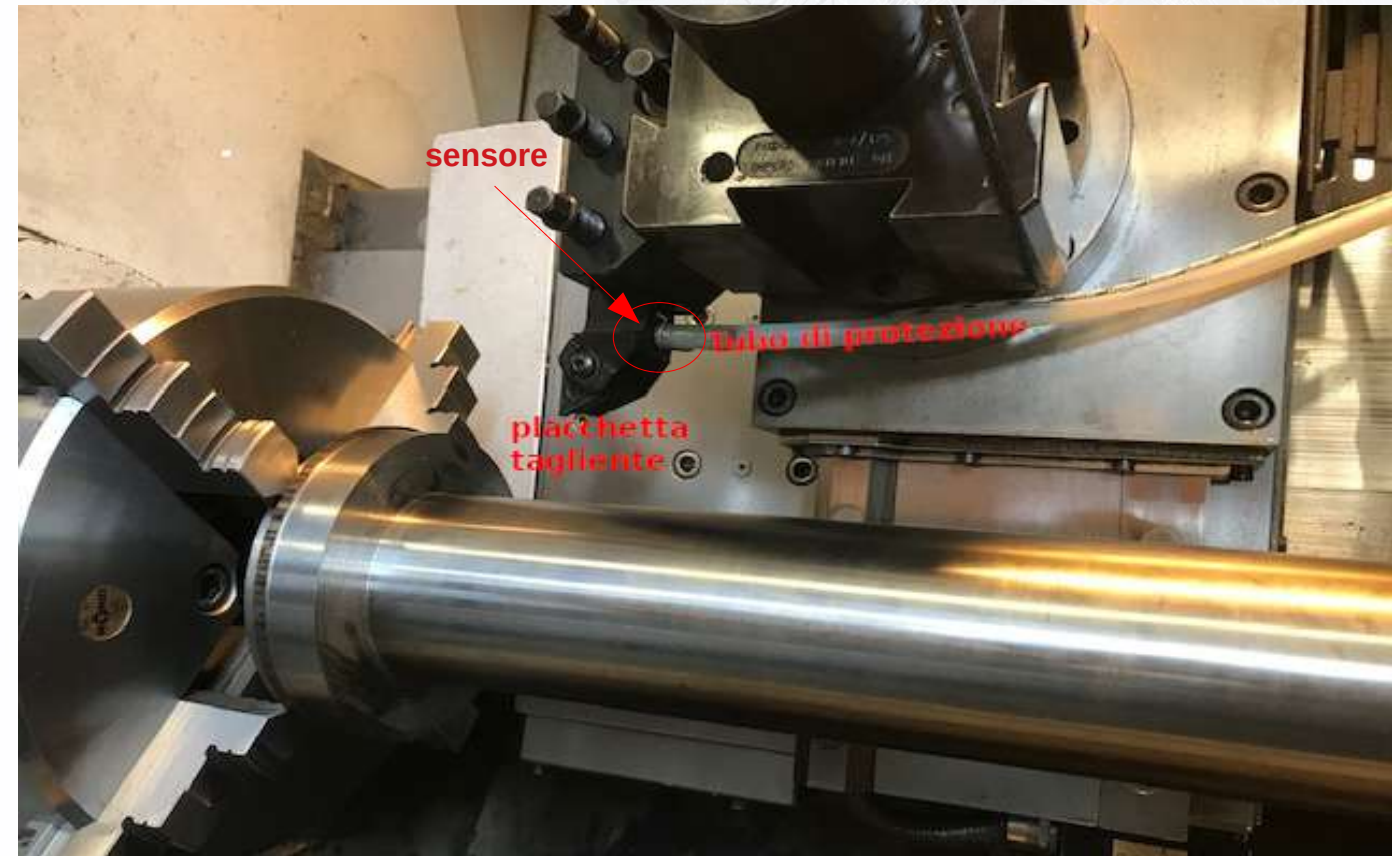
### Strumentazione utilizzata:

- Accelerometro analogico PCB Piezotronics™ 353B18  
{ range  $\pm 500g$ , banda (-3 dB) 0-30 kHz }  
accoppiamento a vite
- Acquisizione verso PC tramite elettronica dedicata  
{ campionamento @ 44100 Hz }
- Risoluzione limite apparato: 0.25 g.

### Regimi testati (velocità di taglio – vel. avanzamento):

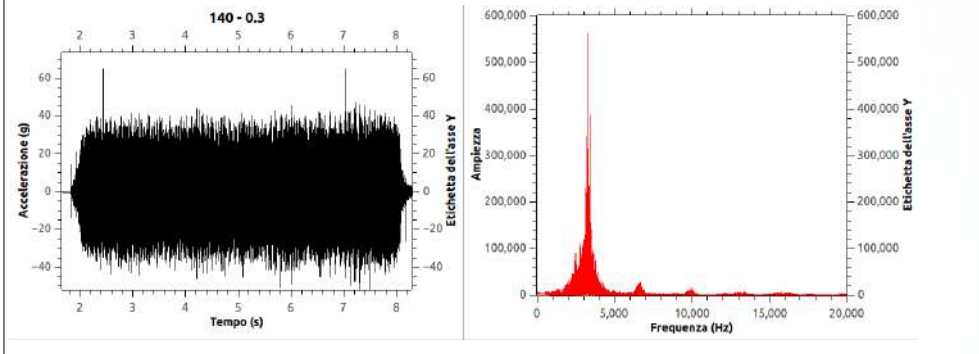
Vcc (m/min) → 140 200 220  
fn (mm/giro) → 0.1 0.2 0.3

anche con placchetta scheggiata ed usurata

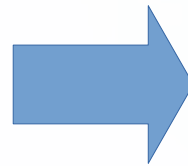
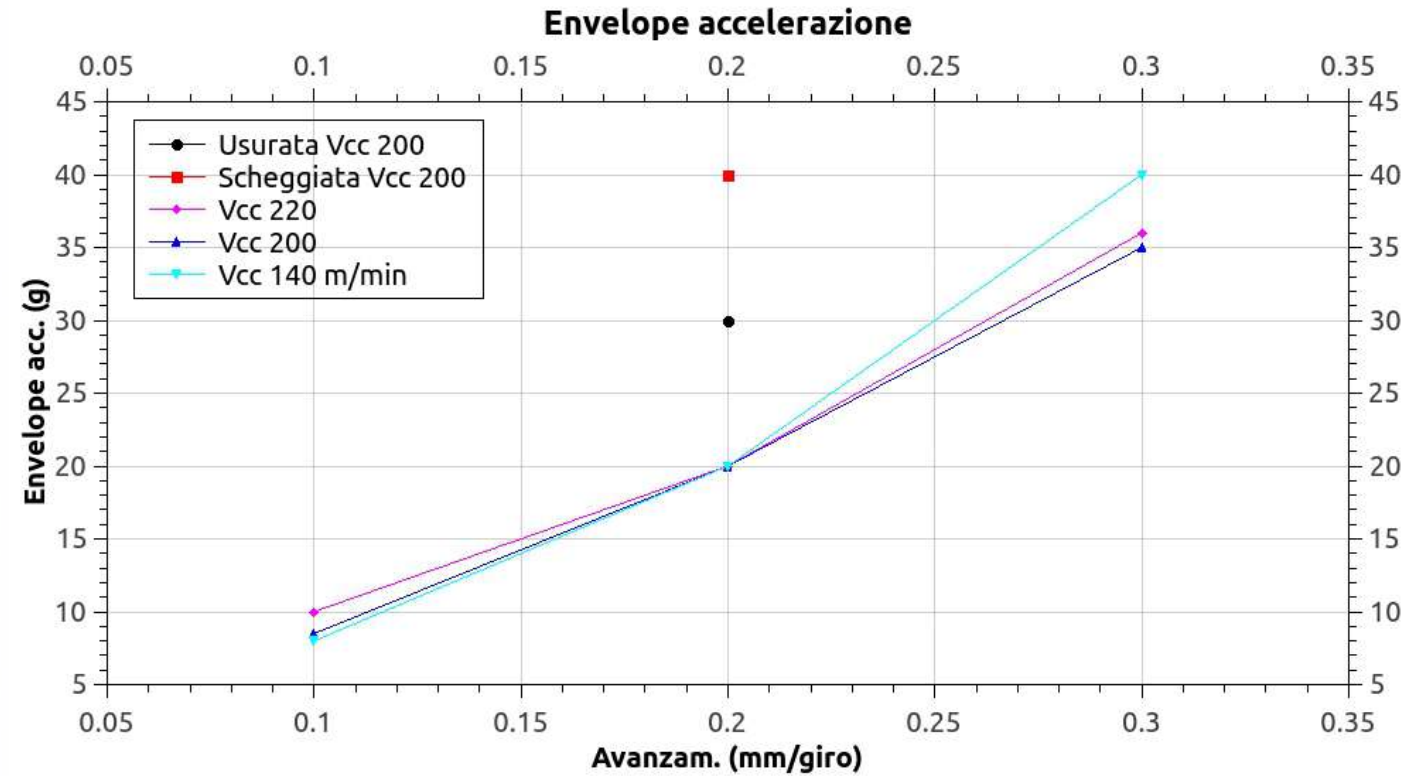
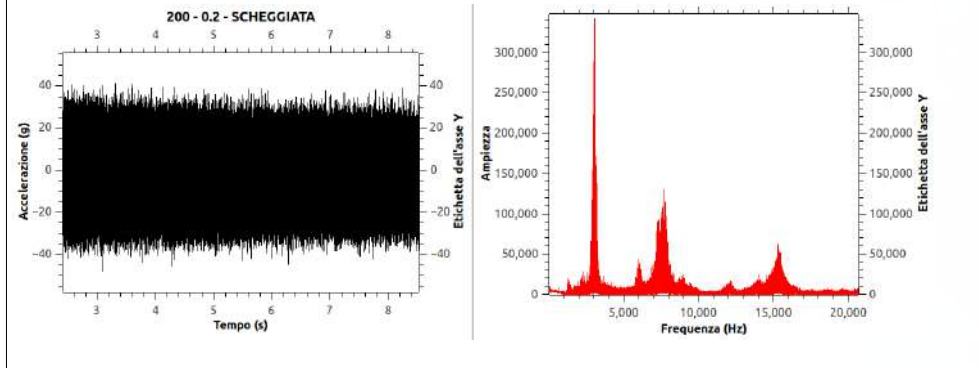


## Acquisizione dati a scopo esplorativo su TORNIO

### Esempio segnale + spettro: Placchetta nuova



### Esempio segnale + spettro: Placchetta scheggiata



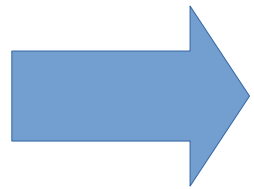
Banda di frequenze di interesse: 0 - 20 kHz  
Range accelerazioni:  $\pm 50$  g

## Definizione specifiche di interesse per gli accelerometri

I risultati ottenuti conducono alle seguenti linee guida per la scelta dell'accelerometro.

Range accelerazione:  $\pm 50$  g in condizioni "normali"  
 $\pm 500$  g se si volesse misurare anche in condizione di chattering

Banda frequenze: 0 – 20 kHz



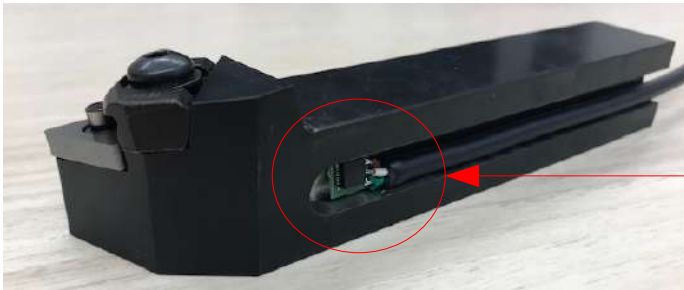
Modello	Acceleration range	Frequency range (3db)	Noise RMS
ADXL 1004	$\pm 500$ g	0-24 kHz	19 mg
ADXL 1003	$\pm 200$ g	0-15 kHz	5.5 mg
ADXL 1005	$\pm 100$ g	0-23 kHz	11 mg

Modelli acquistati  
(analogici)



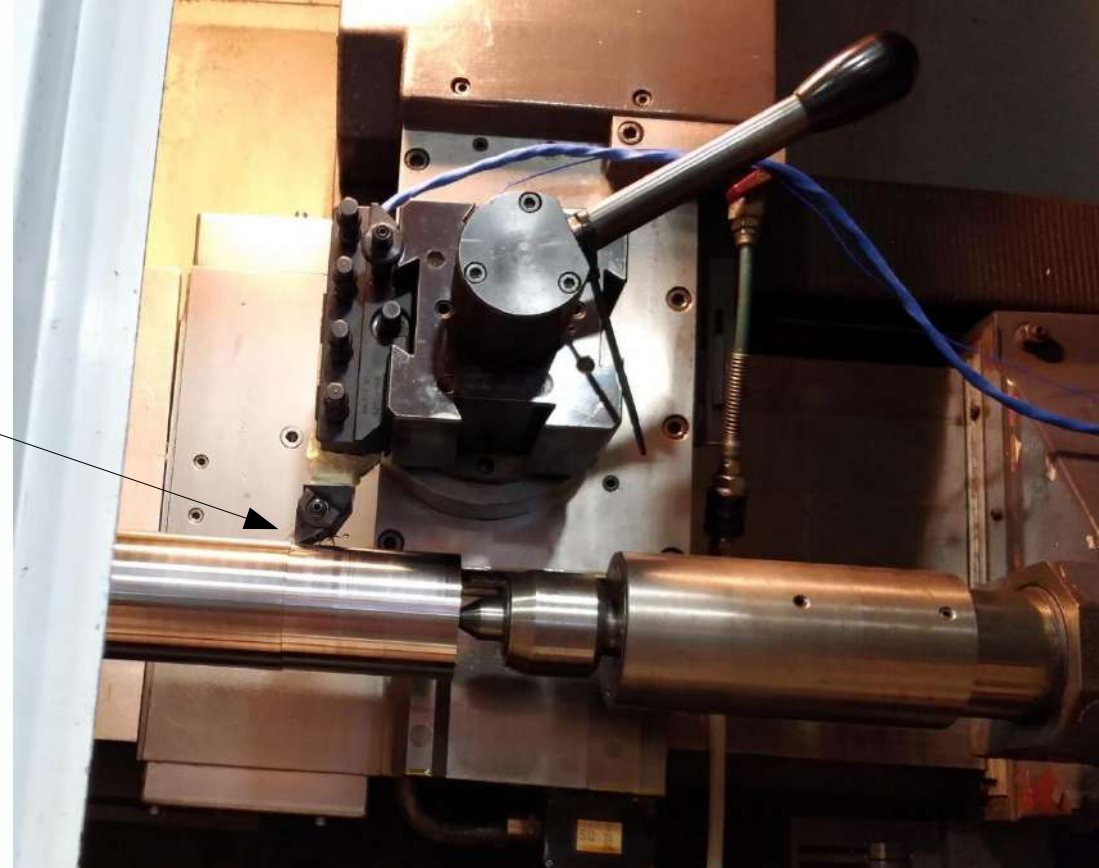
## Messa a punto di un primo prototipo di utensile sensorizzato

Utensile portaplacchette Sandvik → scanalatura lungo la lunghezza per ospitare accelerometro e cavo, poi ricoperta con resina a scopo protezione.



Versione  
accelerometro  
da 500 g

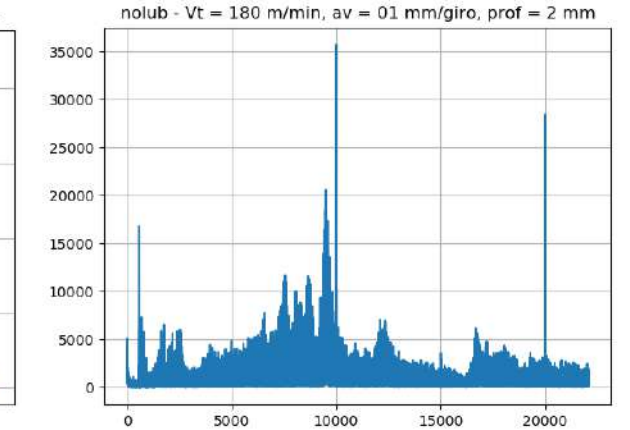
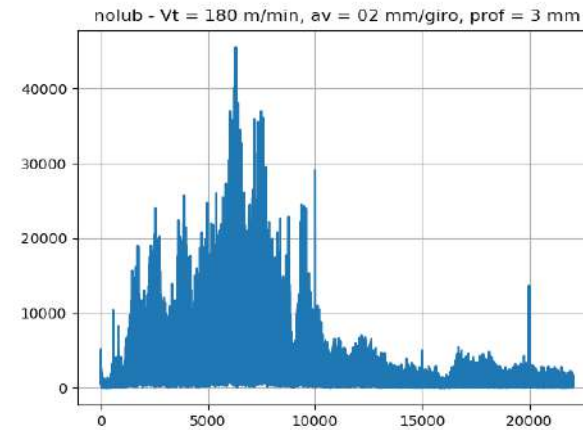
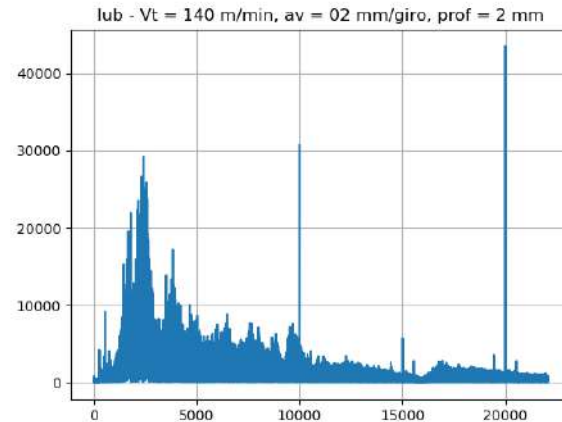
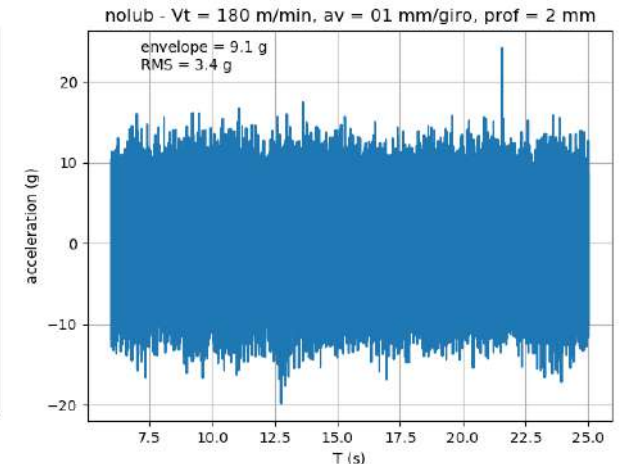
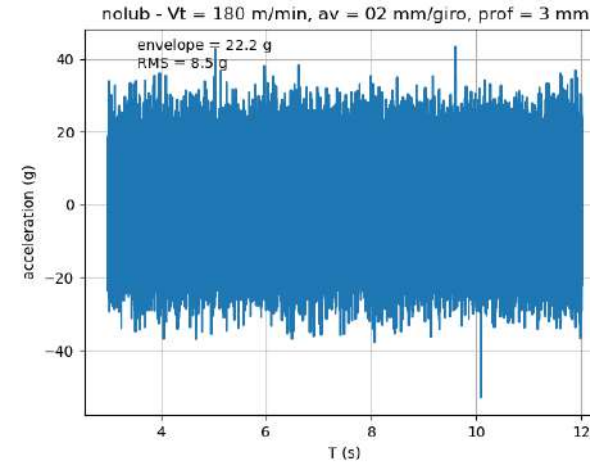
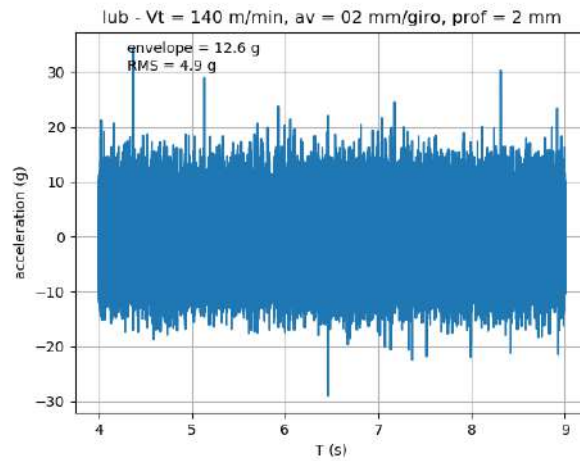
Sulla macchina



## Messa a punto di un primo prototipo di utensile sensorizzato

### Protocollo misure eseguito:

Avanzam	Vel taglio	Prof.
0.1	100	2
0.1	140	2
0.1	180	2
0.2	140	2
0.2	180	2
0.2	180	3
0.2	140	3
0.1	100	2
0.1	140	2
0.1	180	2
0.2	140	2
0.2	180	2
0.2	140	3
0.2	180	3

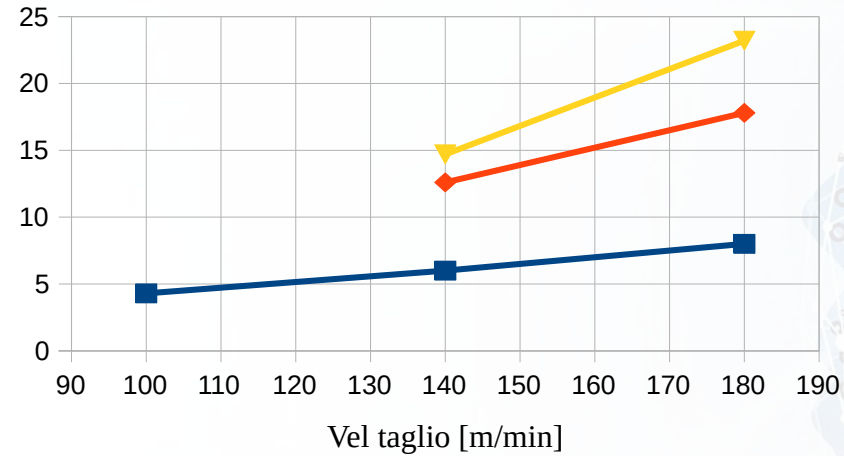


## Messa a punto di un primo prototipo di utensile sensorizzato

### Riepilogo risultati

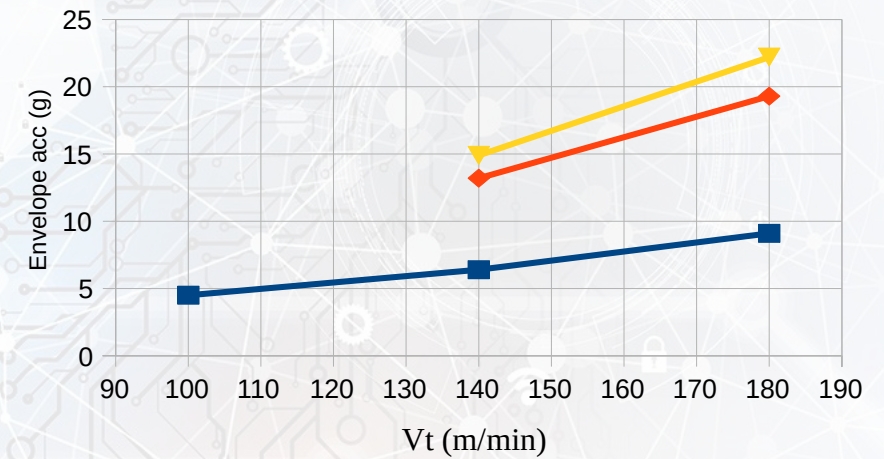
Av	Vt	p	env	rms	
0.1	100	2	4.5	1.7	NO LUB
0.1	140	2	6.4	2.5	
0.1	180	2	9.1	3.4	
0.2	140	2	13.2	5	
0.2	180	2	19.3	7.5	
0.2	180	3	22.2	8.5	
0.2	140	3	14.9	5.5	LUB
0.1	100	2	4.3	1.6	
0.1	140	2	6	2.2	
0.1	180	2	8	3	
0.2	140	2	12.6	4.9	
0.2	180	2	17.8	6.6	
0.2	140	3	14.7	5.5	
0.2	180	3	23.2	8.9	

ENVELOPE ACC. con LUBRIFICANTE



■ av0.1, p2  
◆ av0.2, p2  
▼ av0.2, p3

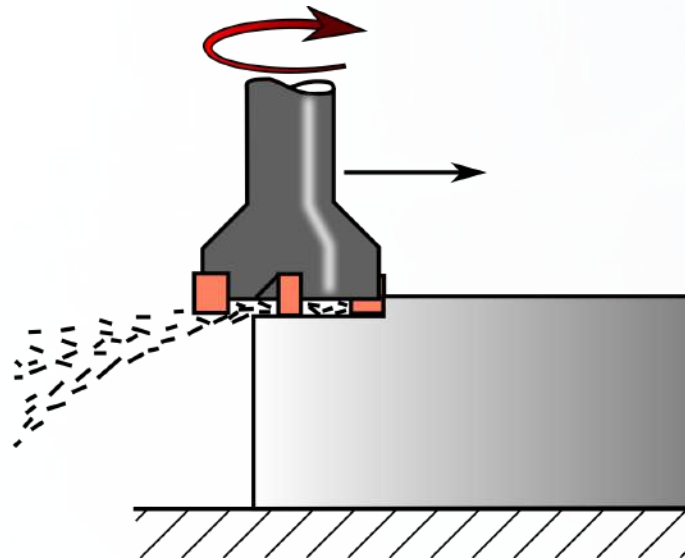
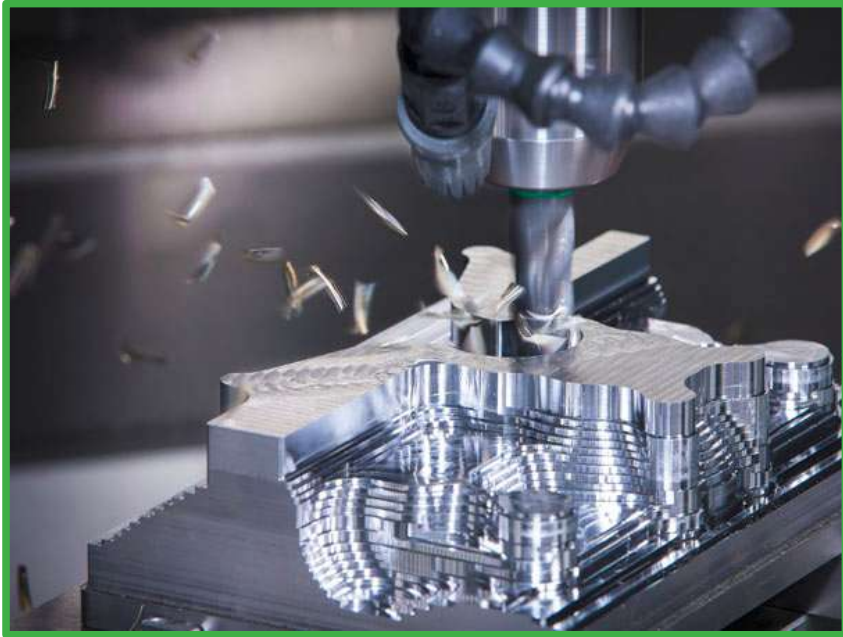
NO LUBRIFICANTE



■ av0.1, p2  
◆ av0.2, p2  
▼ av0.2, p3

**Ultimato un prototipo utensile da tornio definitivo**  
**[accelerometro da 100 g, 0-20 kHz, noise RMS 19 mg]**

## Progettazione dell'utensile da fresa con accelerometro integrato e trasmissione bluetooth



## Progettazione dell'utensile da fresa con accelerometro integrato e trasmissione bluetooth

Pre-prototipo in additive manufacturing: per verifica montaggio modulo bluetooth, sensore, elettronica, batteria



Modulo bluetooth

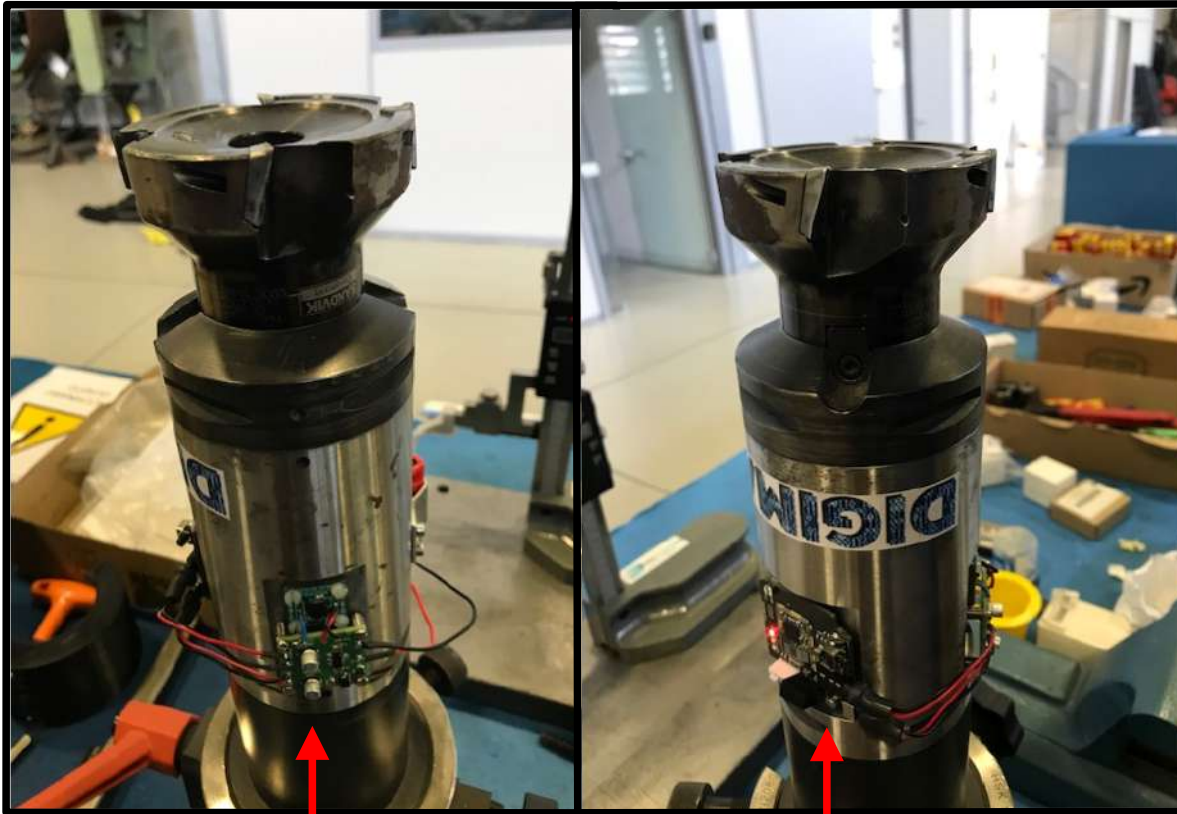


Sensore + elettronica



Batteria

## Realizzazione e prova dell'utensile da fresa con accelerometro integrato e trasmissione bluetooth



modulo sensore  
(equipaggiato con accelerometro  
100 g)

modulo trasmissione

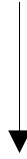
Fresature sulla superficie cilindrica per realizzare zone piane in cui posizionare i moduli hardware



protezione elementi

## Realizzazione e prova dell'utensile da fresa con accelerometro integrato e trasmissione bluetooth

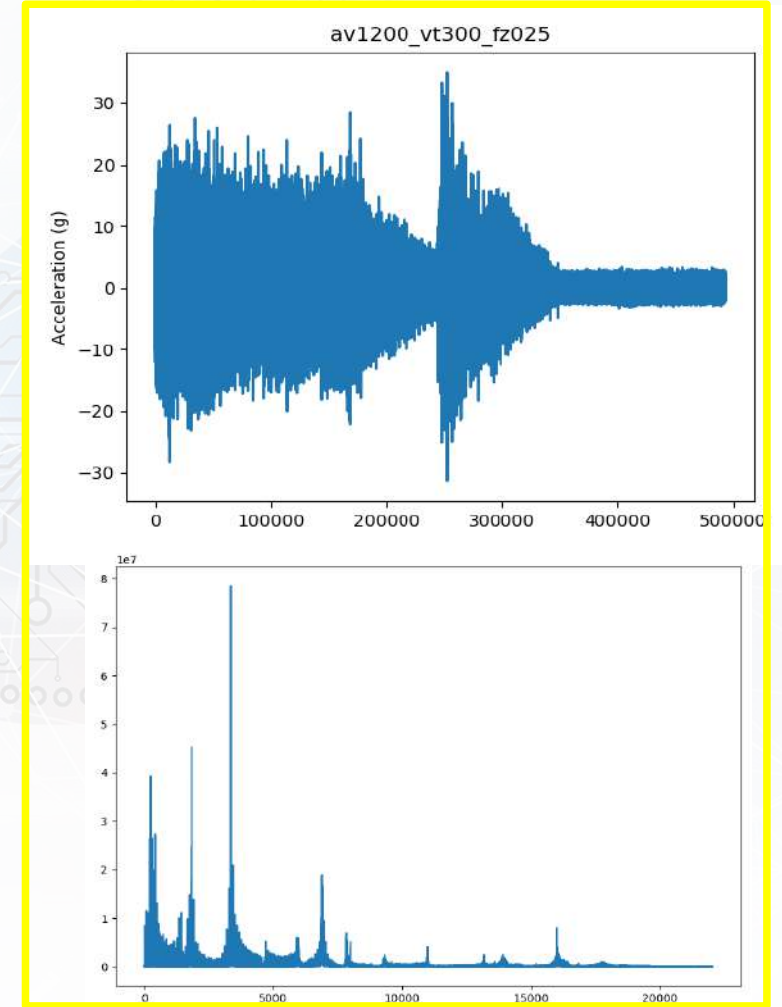
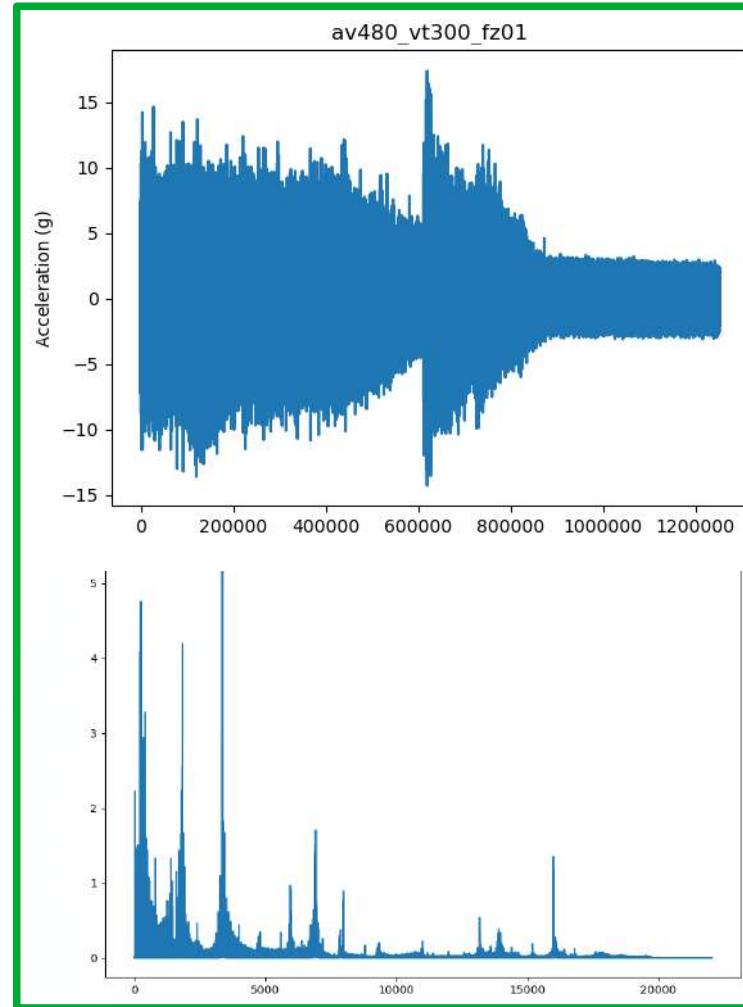
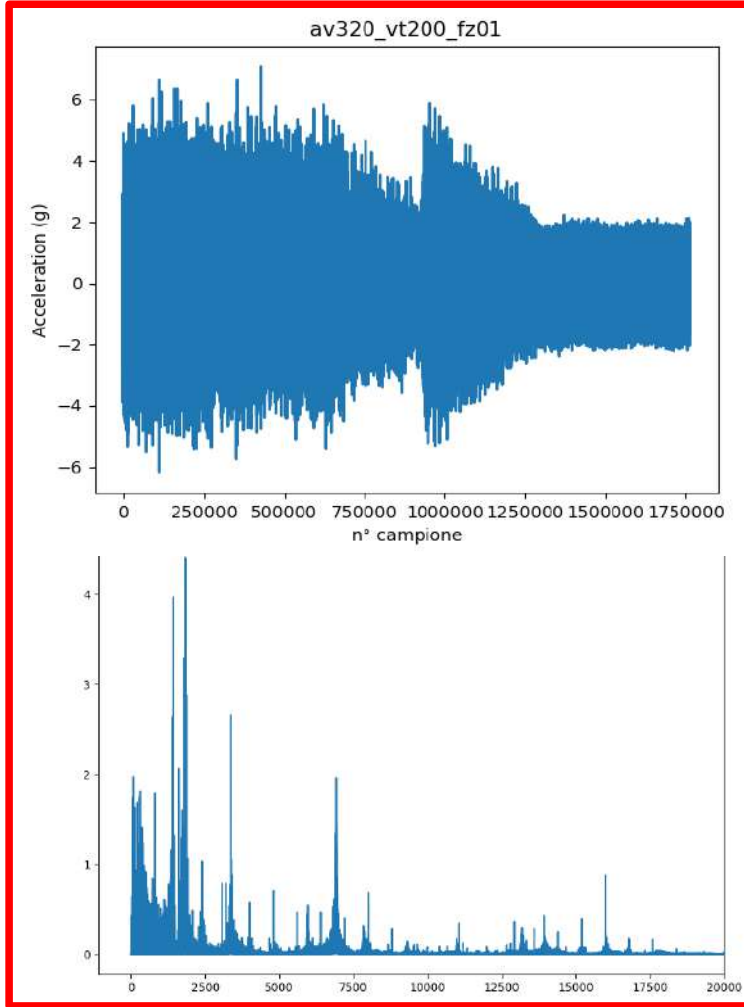
REGIMI TESTATI



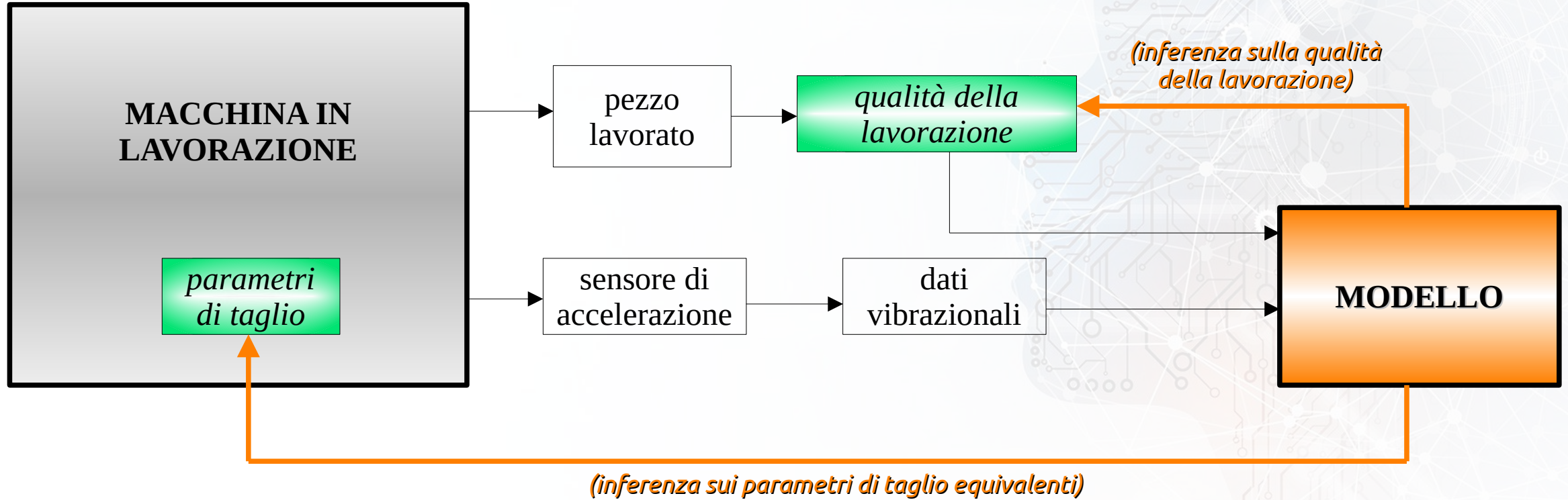
Valori di fz per ogni velocità di taglio e avanzamento		Avanzamento				
		320	480	640	960	1200
vel taglio	200	0.1		0.2		
	300		0.1		0.2	0.25



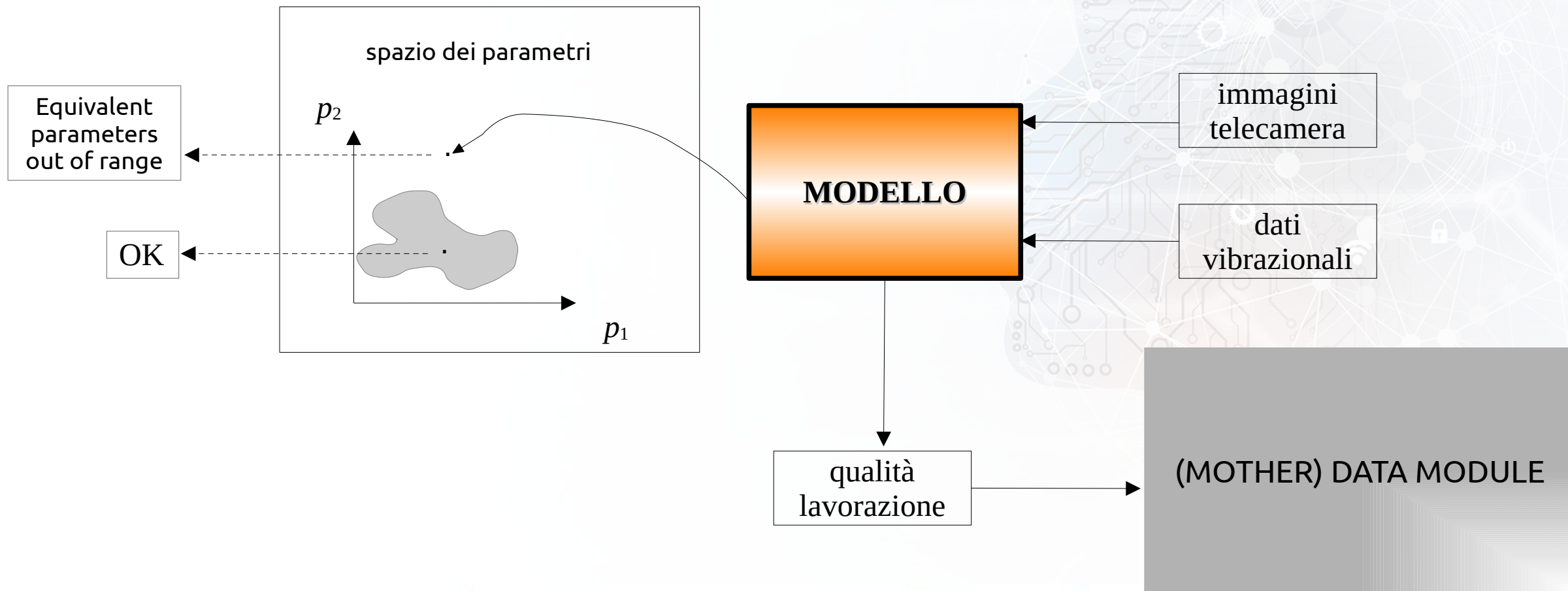
# Realizzazione e prova dell'utensile da fresa con accelerometro integrato e trasmissione bluetooth



## Design di un modello inferenziale basato sui dati vibrazionali



## Design di un modello inferenziale basato sui dati vibrazionali



# Design di un modello inferenziale basato sui dati vibrazionali

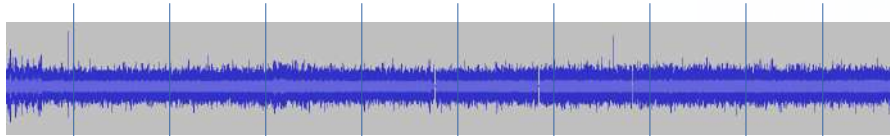
## Real-time operation

- wave chunks sufficientemente brevi (< 1s);
- frequenza di campionamento elevata;

features ricavate da segnale e spettro

vt av fz

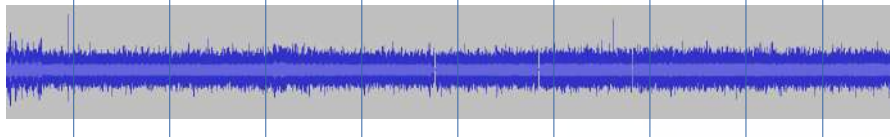
(300, 960, 0.2)



(300, 480, 0.1)



(200, 320, 0.1)



vt	av	fz	
300	960	0.2921875285681933945933317192768192863664964018746973	
300	960	0.2515625908199973499920895951576088633453436921512991	
300	960	0.2703125926284263394728093653825439944636109765976668	
300	960	0.2734375680621999677092088213777954087229556992214298	
300	960	0.24531259761787035356971299313333506677627624047958291	
300	960	0.2703125457052286217480874070455968007244524881563429	
300	960	0.2959375091763974113427189947562002393615624646513511	
300	960	0.2690625604916737046010665435788067436488192188921655	
300	480	0.1421875159012235964197974094885097576914705906685231	
300	480	0.1628125523466132735662453690337933892994267996646553	
300	480	0.1984375671338981669162439061784615028082557194965952	
300	480	0.1015625936564646273211206183972013903504494355814207	
300	480	0.1859375759208932171620242945743677493947904732948928	
300	480	0.1578125953824435753737547987885902594600272712993578	
300	480	0.1203125706684867975639727611608994579569146965636776	
300	480	0.1515625939752695885941048944635593173769906932923799	
300	480	0.154687504092579982863893898932991715691842667372751	
300	480	0.1959375910714466319941905419026868636269765419648603	
200	320	0.1734375645183926651926813945965645364046572630545024	
200	320	0.1046875973153003284262405921712144008613266057307034	
200	320	0.1234375636327754181726144112959965815243092946722155	
200	320	0.1765625223592803219893042453619668501711295722562936	
200	320	0.1540625980748971791083717466443952387236985930376168	
200	320	0.1828125930603029744947053630403055044110814638946664	

## Design di un modello inferenziale basato sui dati vibrazionali

```
class VibModel:

    def __init__(self, name):
        self.name = name # Name, used for saving model
        self.sampleRate = None # Sample rate of the training files
        self.wavelength = None # Number of points of chunks in train data
        self.nBands = None # Number of spectral bands
        self.traindata = None # Pandas dataframe with train data
        self.scaler = None # Preproc. scaler (fitted with train data)
        self.pca = None # PCA instance (fitted with train data)
        self.ncomponents = None # PCA components carrying 99% of variance
        self.estimator = None # The classifier instance (fitted wtd)

    def preprocess(self, df):
        """
        Preprocessing of training data
        """
        vt, av, fz = df['vt'], df['av'], df['fz'] # Target
        X = df.drop(['vt', 'av', 'fz'], axis=1) # Data
        self.scaler = RobustScaler()
```

Il modello, implementato come oggetto, è pronto per interagire con gli altri moduli tramite gli attributi, richiamabili come proprietà dell'oggetto, e i metodi, che eseguono operazioni come training e re-training, predict, save/load model, ecc.

→ oggetto con attributi caratteristici di:

dati di training;

dettagli sulla scelta delle features;

dettagli preprocessing;

...



[www.digiman.tech](http://www.digiman.tech)

**DIGIMAN**

 **POR FESR  
EMILIA-ROMAGNA  
2014/2020**

**FSC**  **Fondo per lo Sviluppo  
e la Coesione**

 **UNIONE EUROPEA**  
Fondo europeo di sviluppo regionale



 **Regione Emilia-Romagna**

 **ART-ER**  
ATTRATTIVITA  
RICERCA  
TERRITORIO