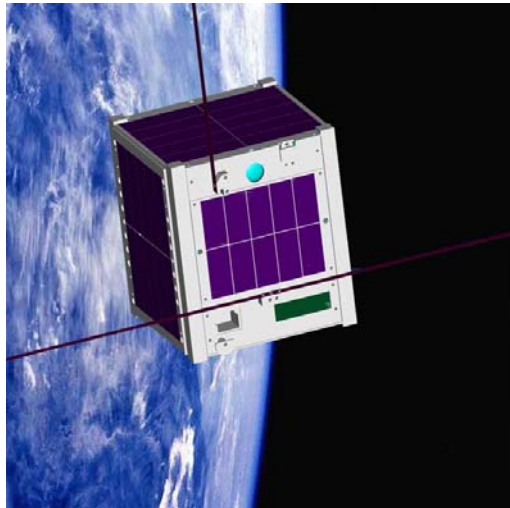


Controllo d'assetto nello spazio



Studente: Marco Molteni

Relatore: Silvano Balemi

Corelatore: Paolo Ceppi



Indice presentazione

- Introduzione
- Obiettivo
- Scelta soluzioni
- Modello passivo
- Modello attivo
- Confronto attivo-passivo
- Conclusioni



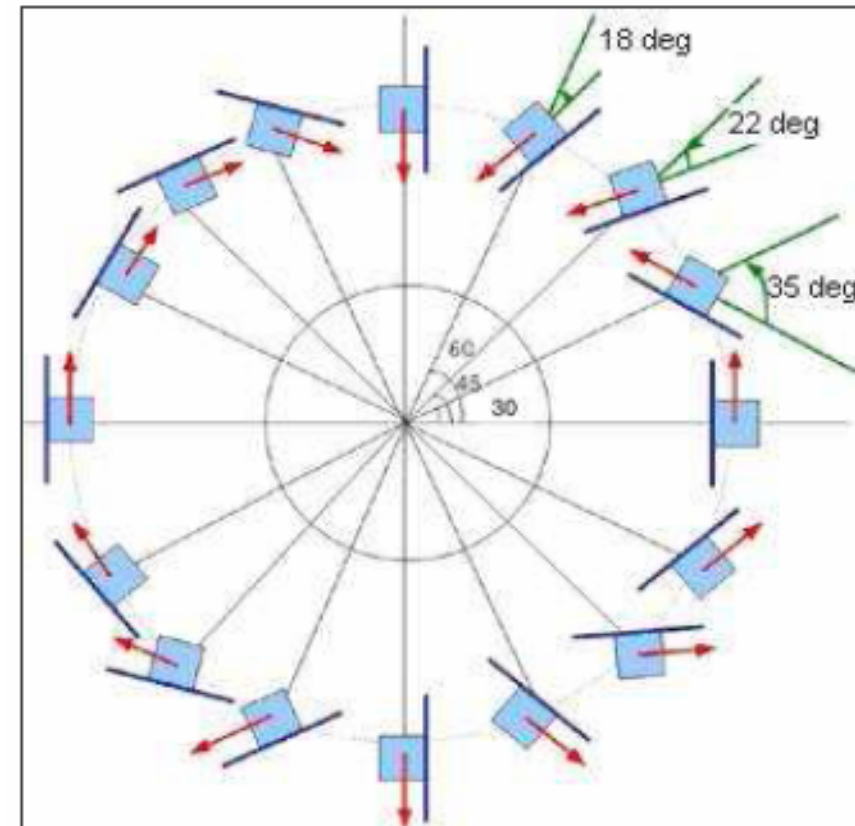
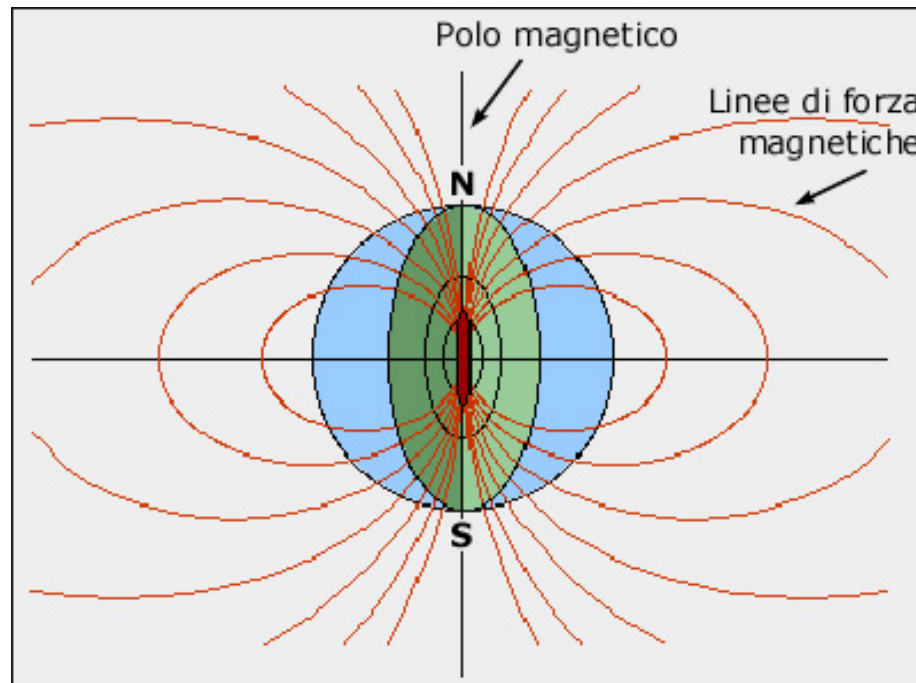
Introduzione

Pianificazione lavoro

- Modello campo magnetico (IGRF)
- Parametri orbitali (NORAD TLE)
- Dinamica del satellite
- Modello di simulazione passivo
- Design controllore
- Modello di simulazione attivo

Obiettivo

Allineamento lungo le linee del campo magnetico





Obiettivo

Vincoli

- **Peso < 150 g**
- **Consumare il meno possibile**
 - **Picco 3 W per 0.5 sec – ogni 5 sec**
 - **A regime 100 mW**



Scelta soluzione

- Metodo passivo
 - 1 Magnete permanente
 - 2 Placche isteretiche

- Metodo attivo
 - 3 Magnetorquer
 - 1 Magnetometro (3 assi)

Scelta soluzione

- Magnete permanente
 - Tendenderà ad allinearsi lungo il campo

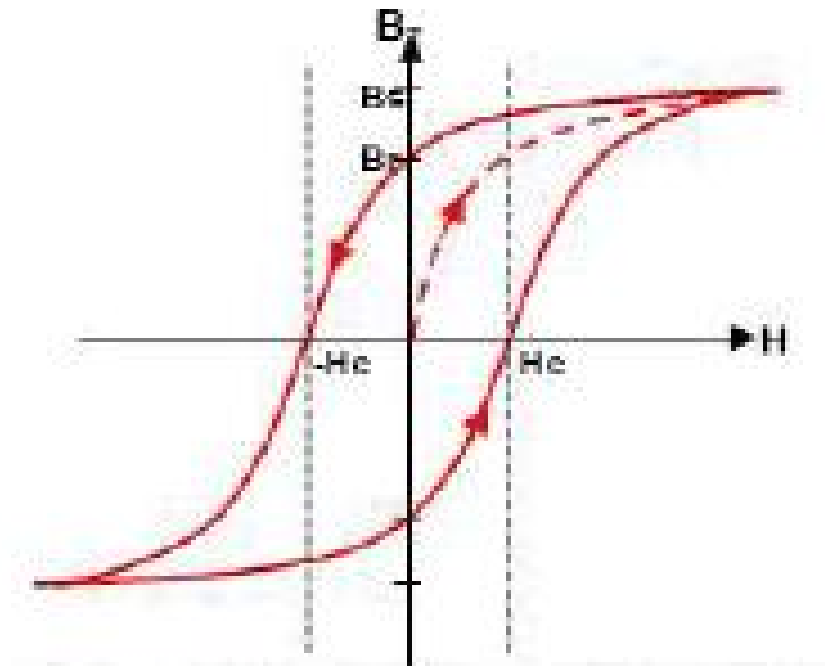
$$\vec{T}_m = \vec{m} \times \vec{B}$$

- m = momento magnetico
- B = campo magnetico
- T = coppia applicata al satellite
- Nessuna dissipazione di energia



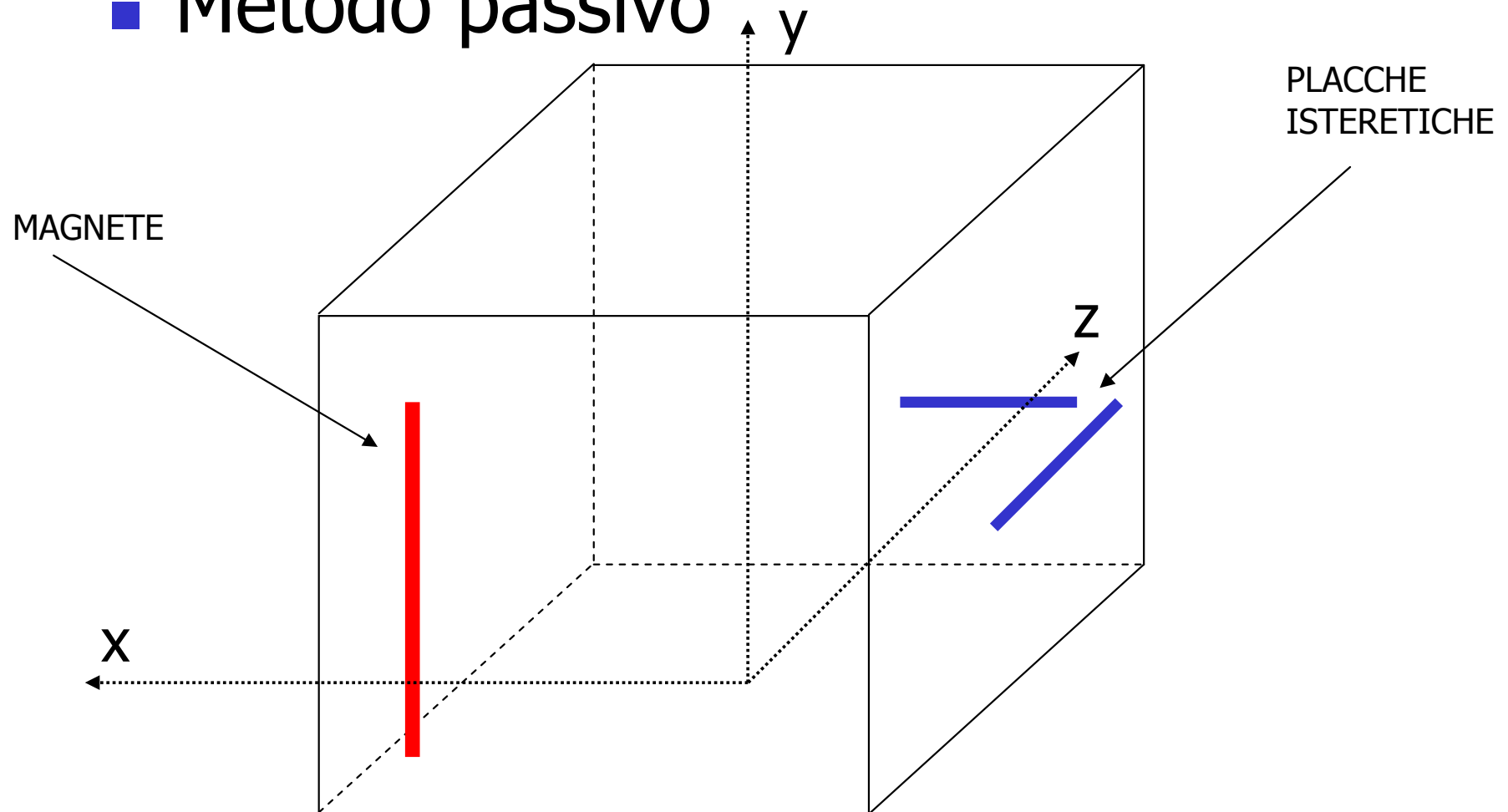
Scelta soluzione

- Placche isteretiche
 - Provoca una dissipazione di energia



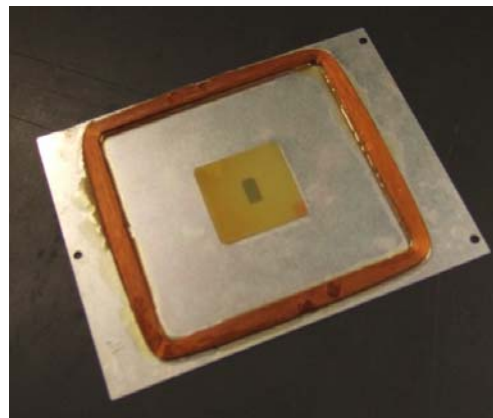
Scelta soluzione

■ Metodo passivo



Scelta soluzione

- Metodo attivo
 - Magnetorquer (spire percorse da corrente)
 - Il più leggero tra agli attuatori visionati
 - Offre buone coppie nelle orbite LEO
 - Da $1 \cdot 10^{-6}$ a $10 \cdot 10^{-6}$ Nm
 - Controllo elettronico relativamente facile



DTI-SUPSI

Scelta soluzione

- Metodo attivo
 - Magnetometro
 - Rileva le componenti del campo magnetico lungo i tre assi del satellite
 - Peso 20 g



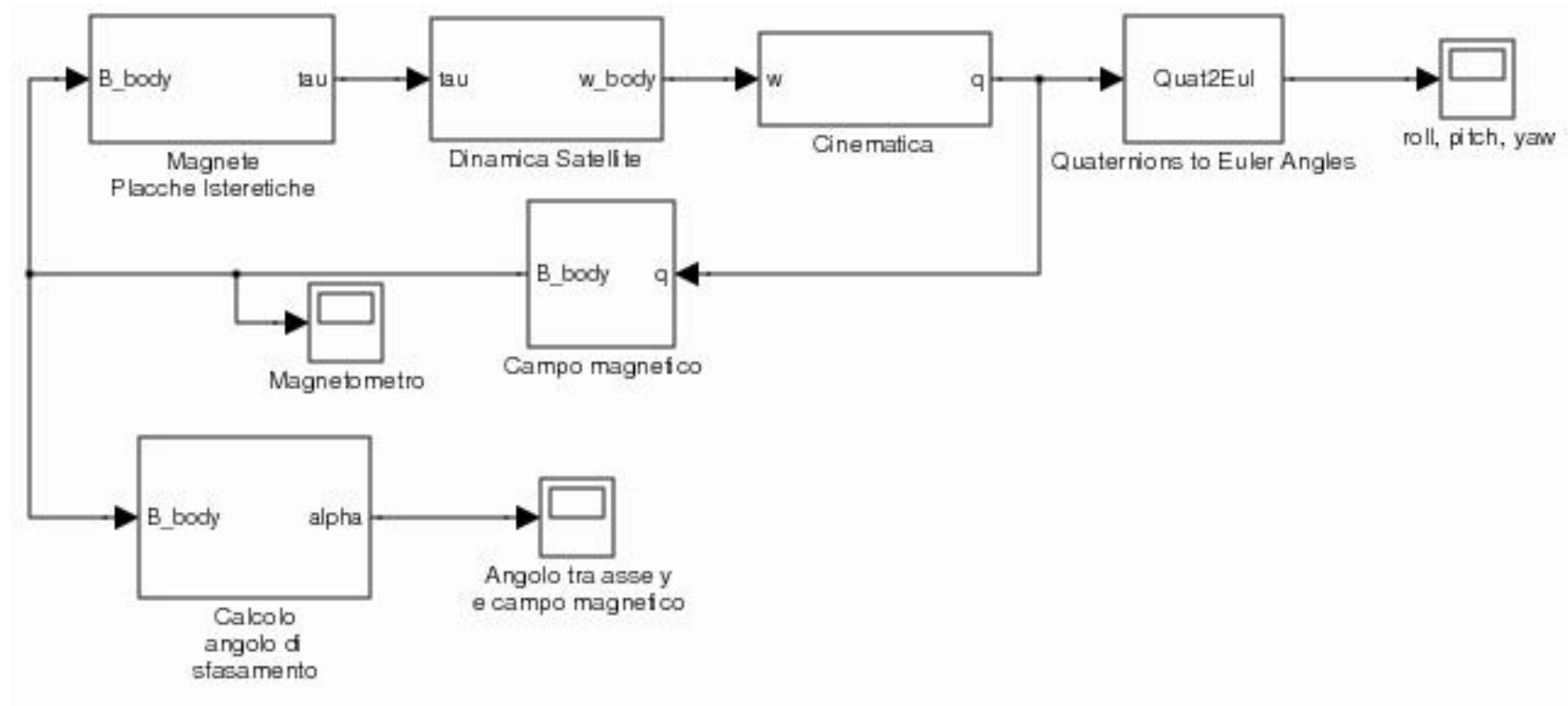


Modello passivo

- Magnete permanente

<i>Neodimio 30 SH</i>	
Caratteristiche	Valori
Induzione residua (B_r)	(1.04 – 1.15) T
Coercitività normale (H_c)	(10100 - 10600) Oe
Temperatura di Curie (T_c)	140 °C
Densità (ρ)	7.4 g/cm ³
Dimensione	[8 – 0.7 – 0.7] cm

Modello Simulink





Modello passivo

- Magnete permanente

$$m = \frac{B_r \cdot V}{\mu_0} = 3.4 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$P = V \cdot \rho = 29 \text{ g}$$



Modello passivo

- Placca isteretica

<i>HyMu 80</i>	
Caratteristiche	Valori
Induzione residua (B_r)	0.35 T
Coercitività normale (H_c)	1000 Oe
Induzione di saturazione (B_s)	0.73 T
Densità (ρ)	8.74 g/cm ³
Volume	1.004 cm ³

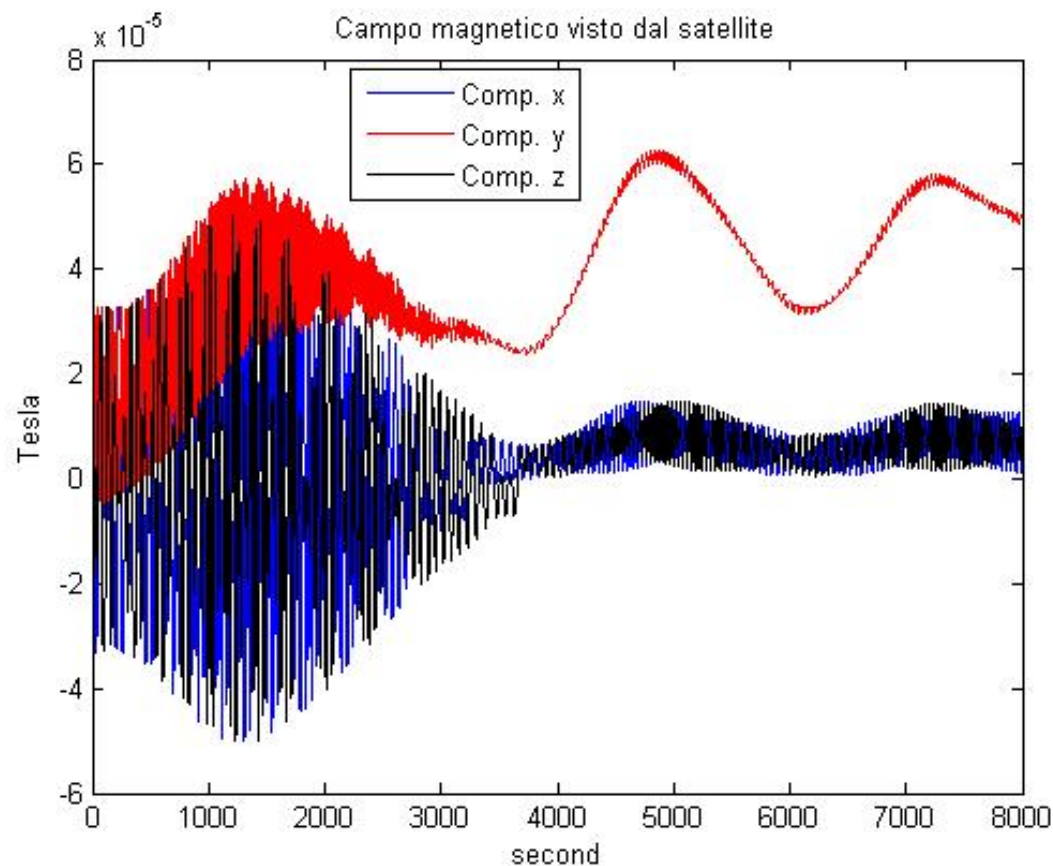


Modello passivo

- Tre simulazioni
 - Asse da regolare perpendicolare a B
 - Asse da regolare quasi in posizione
 - Asse da regolare perpendicolare a B e con velocità iniziali diverse da zero

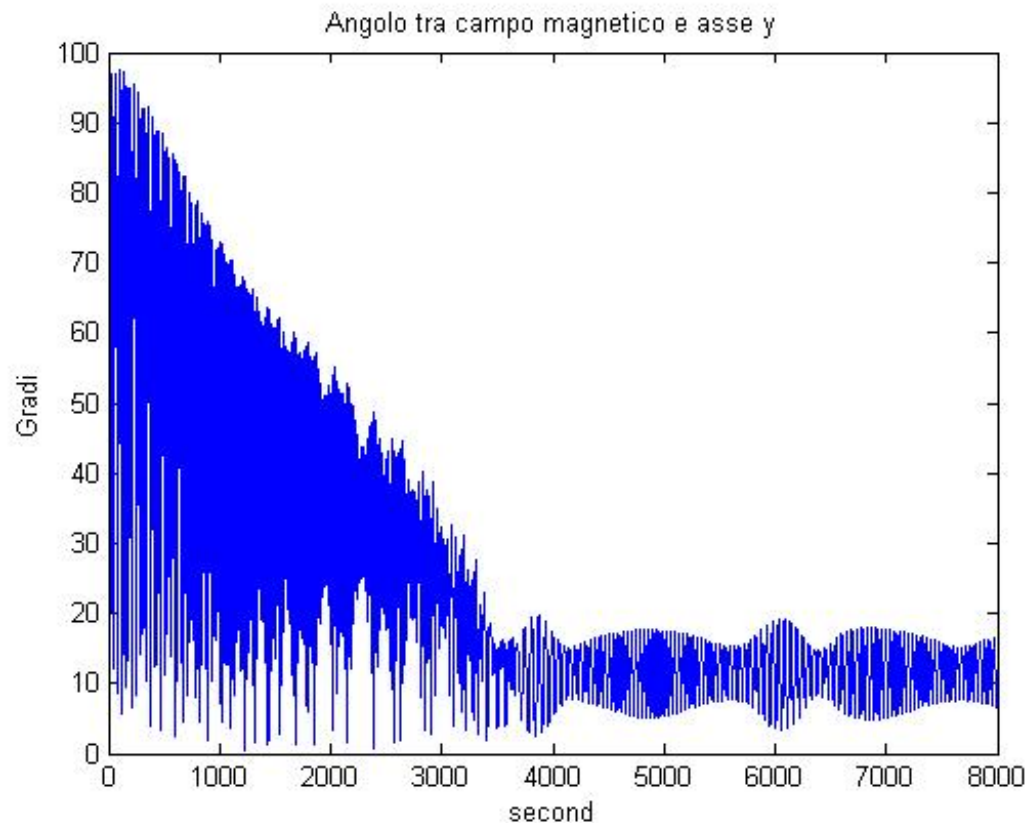
Modello passivo

- Asse da regolare perpendicolare a B



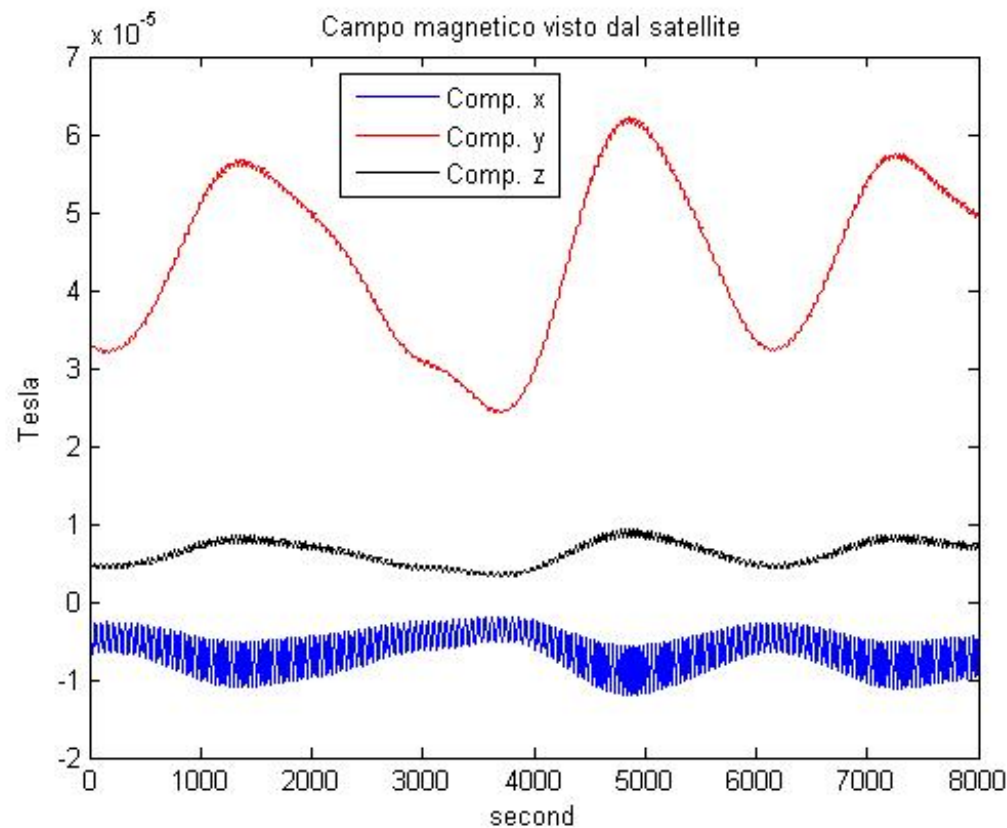
Modello passivo

- Asse da regolare perpendicolare a B



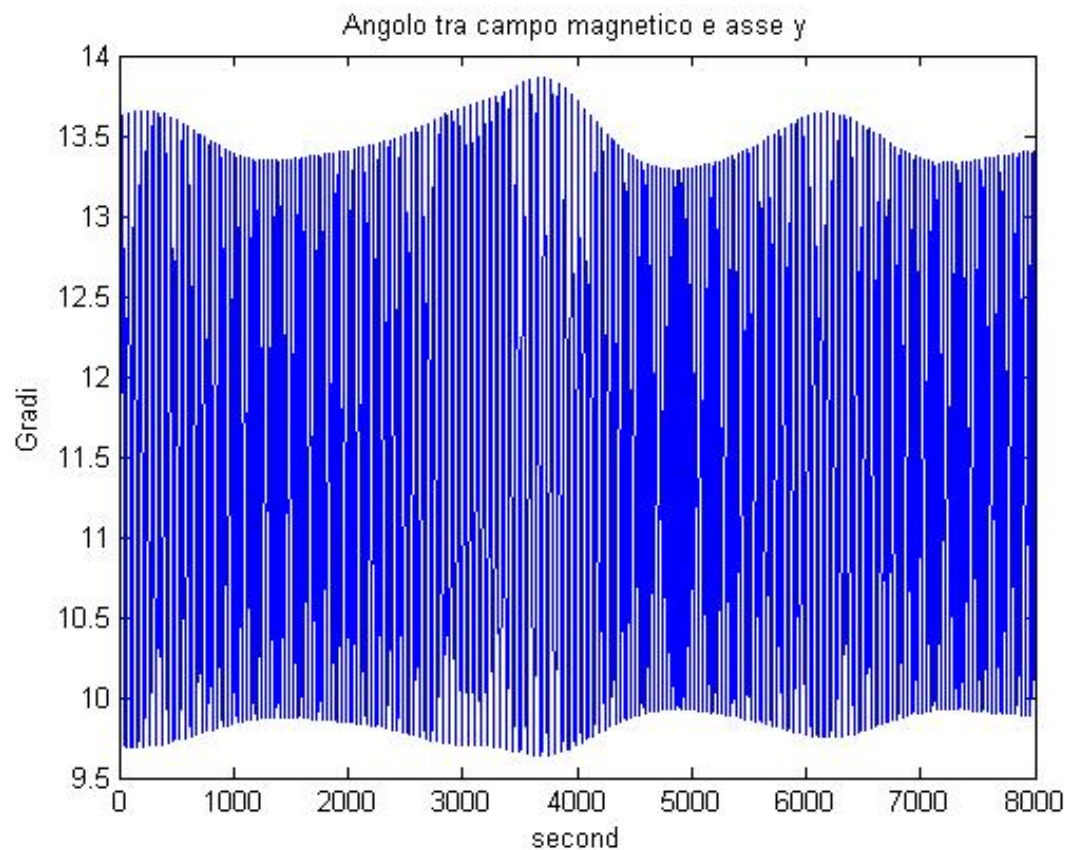
Modello passivo

- Asse da regolare quasi in posizione



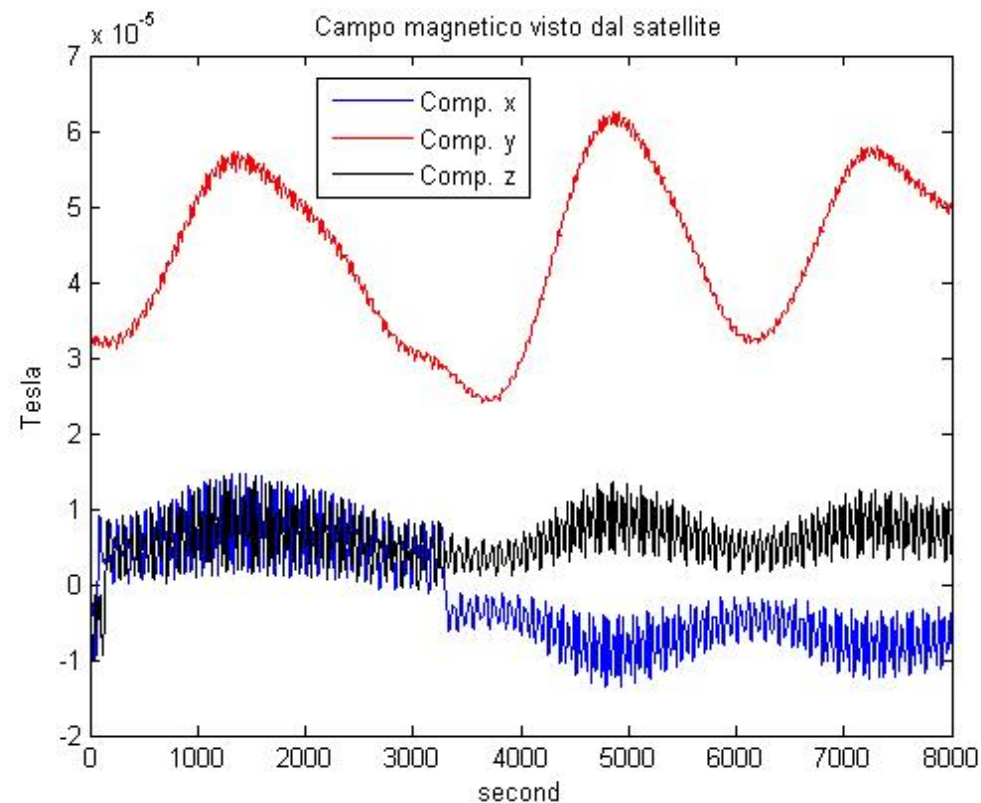
Modello passivo

- Asse da regolare quasi in posizione



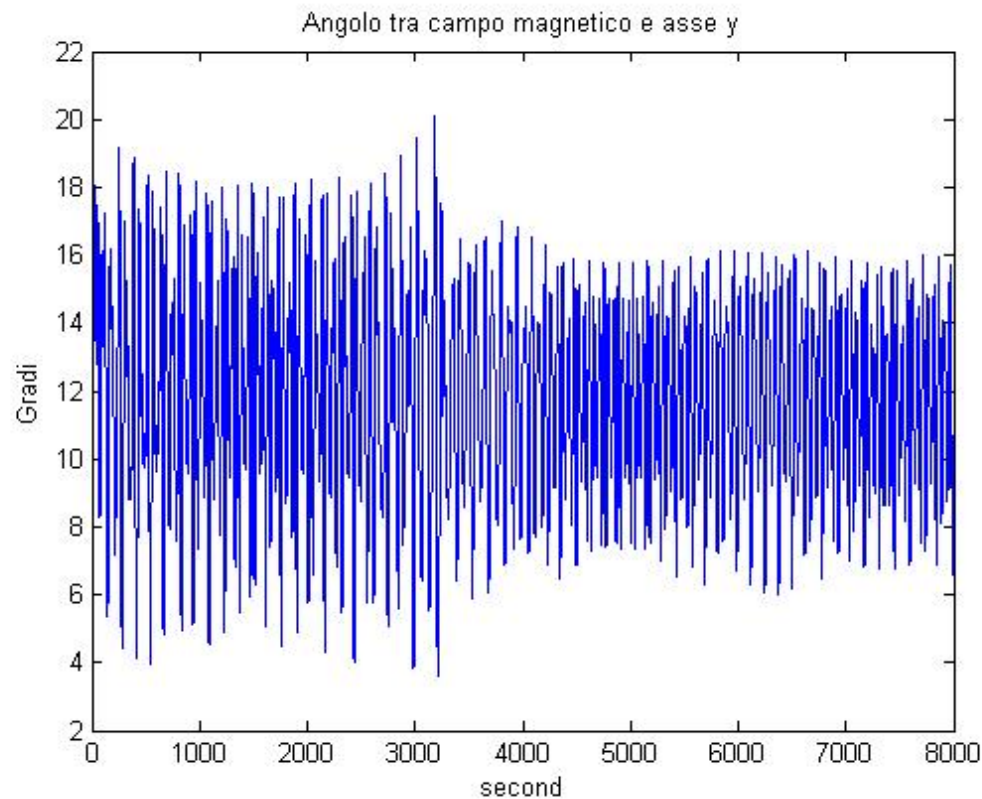
Modello passivo

- Asse da regolare perpendicolare a B e con velocità iniziali diverse da zero



Modello passivo

- Asse da regolare perpendicolare a B e con velocità iniziali diverse da zero





Modello attivo

- Controllore PID
 - Controllo basato sulla andamento dell'angolo tra asse y e B

$$K_P + K_I \cdot \frac{1}{S} + K_d \frac{s}{s + a}$$



Modello attivo

- Controllore PID
 - Il controllore trova l'attuazione
 - La direzione è determinata da

$$\mathit{dir}(T) = (ass \ y) \times B$$

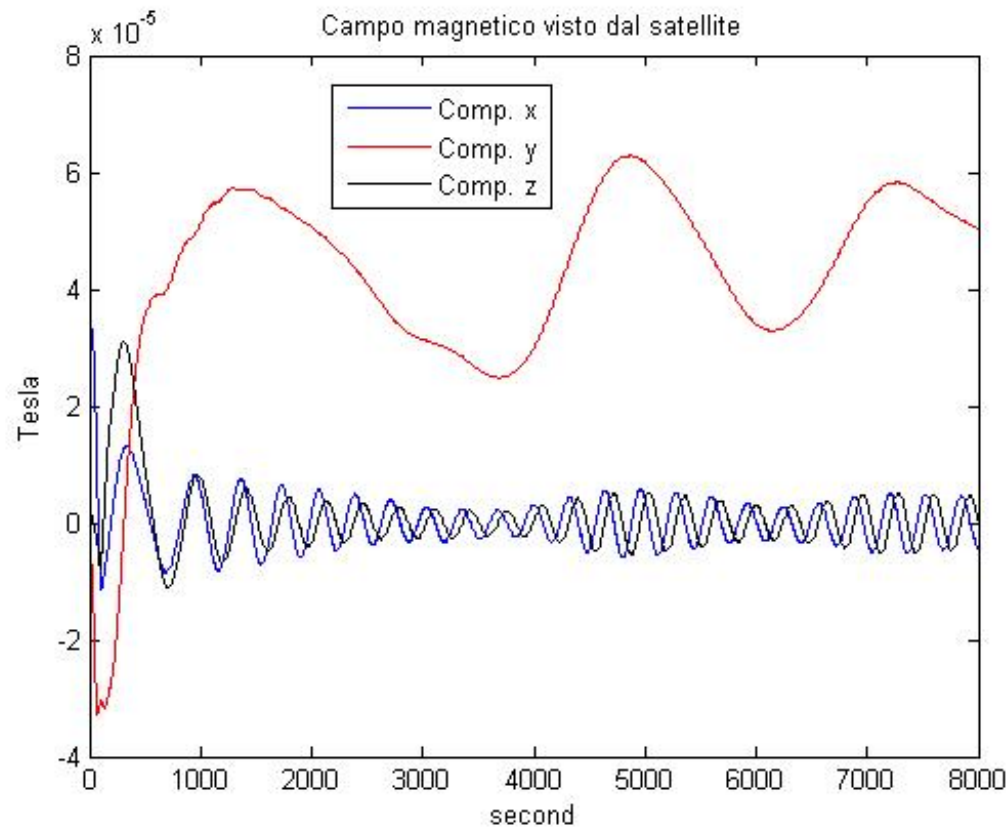


Modello attivo

- Tre simulazioni
 - Asse da regolare perpendicolare a B
 - Asse da regolare quasi in posizione
 - Asse da regolare nella posizione contraria al campo magnetico

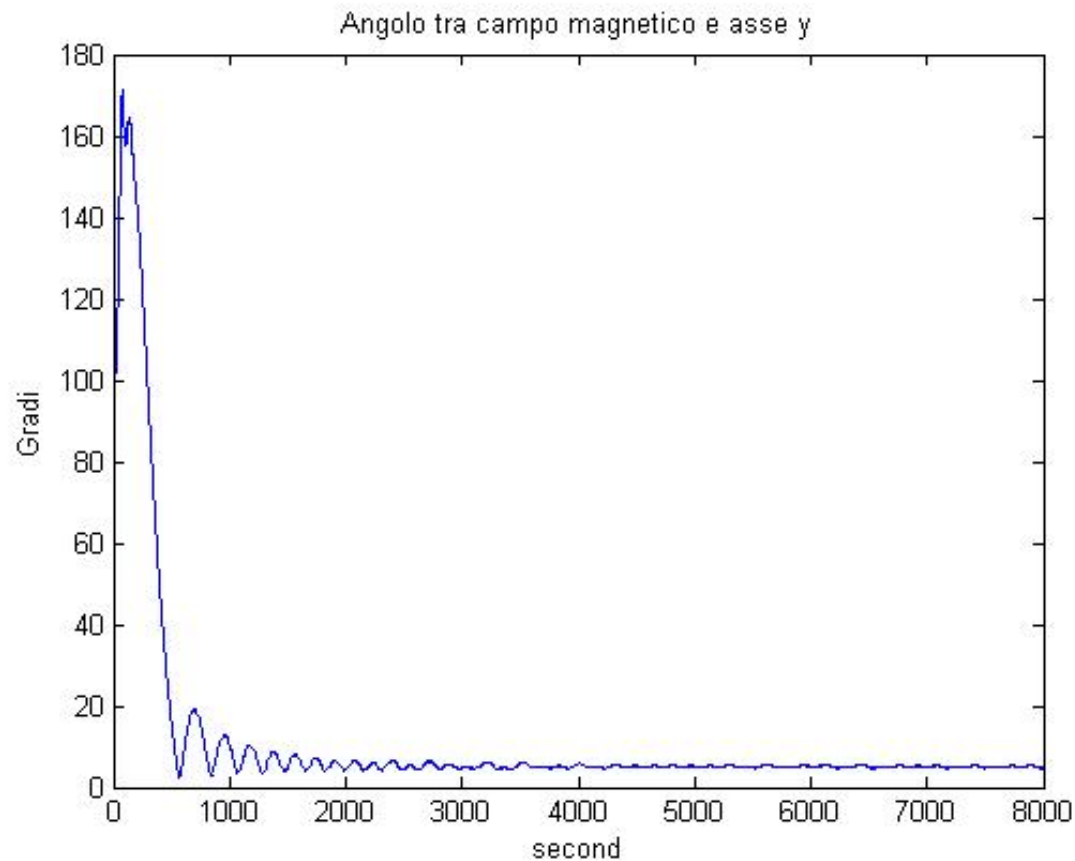
Modello attivo

- Asse da regolare perpendicolare a B



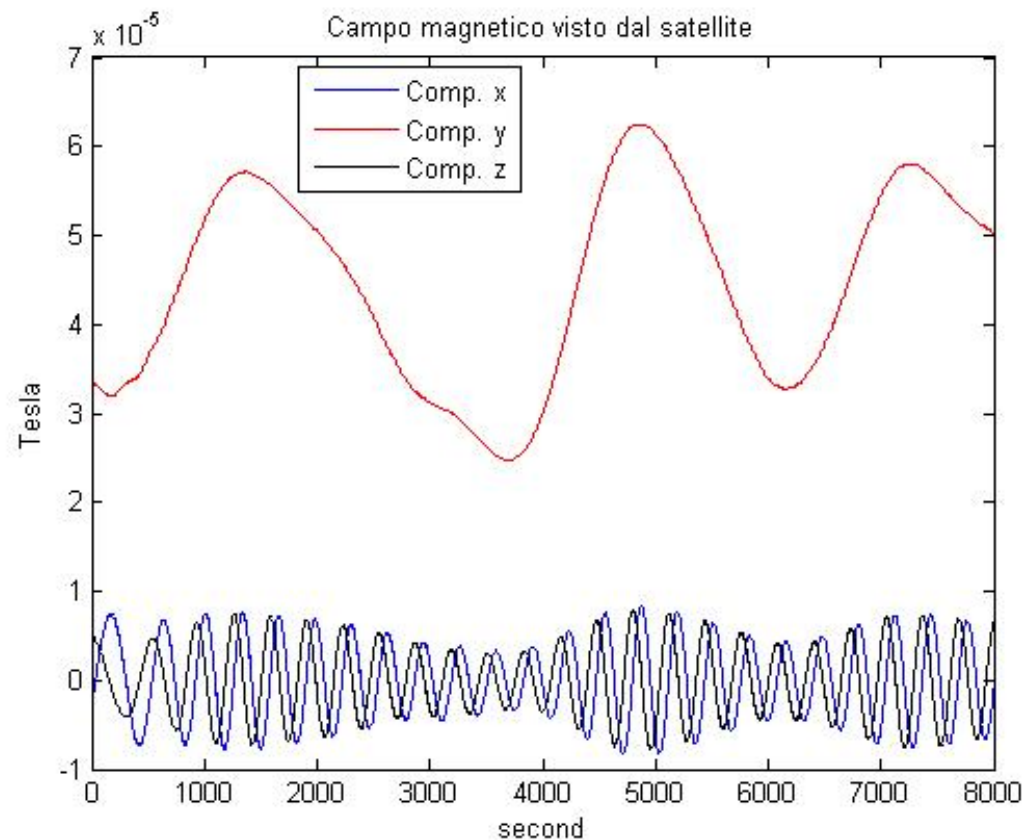
Modello attivo

- Asse da regolare perpendicolare a B



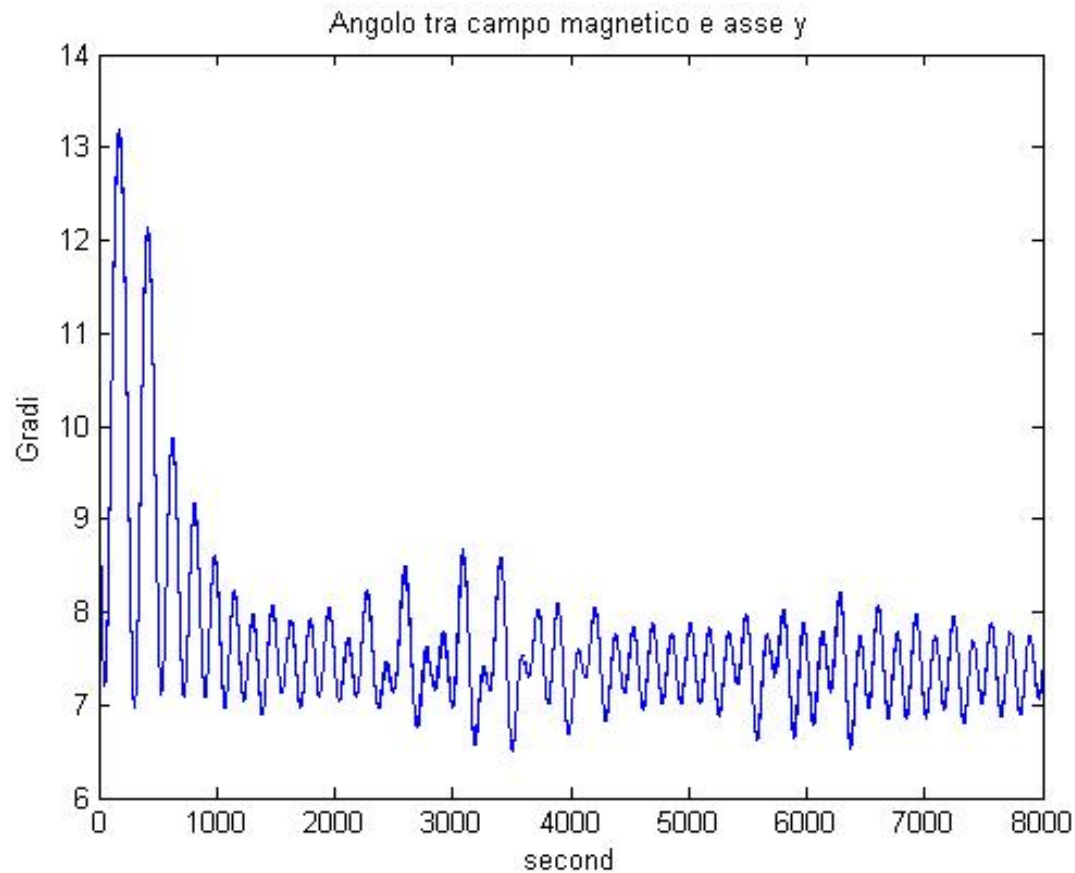
Modello attivo

- Asse da regolare quasi in posizione



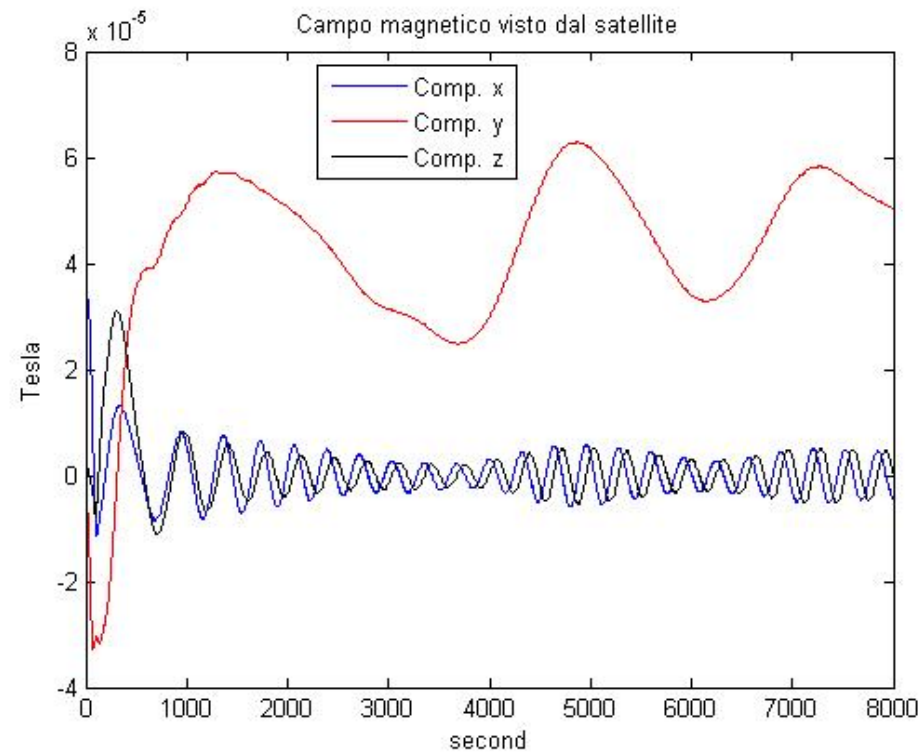
Modello attivo

- Asse da regolare quasi in posizione



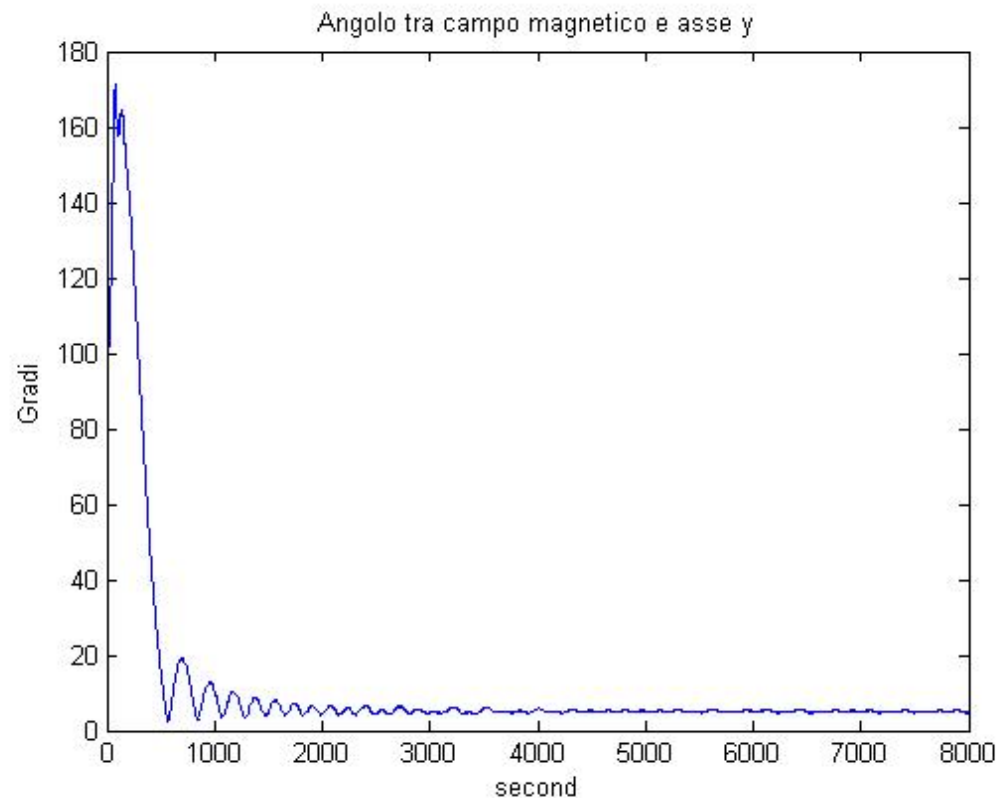
Modello attivo

- Asse da regolare nella posizione contraria al campo magnetico



Modello attivo

- Asse da regolare nella posizione contraria al campo magnetico





Confronto attivo-passivo

	Passivo	Attivo
Peso	46.5 g	80 g
Accuratezza	(10 – 18)°	(3-15)°
Consumo	-	(5-50) mW
Tempo	(100-4000) s	(0 – 800) s



Conclusioni

- Adesso
 - Controllo passivo

- Futuro
 - Controllo attivo
 - Migliorare il controllore
 - Cambiare strategia di controllo