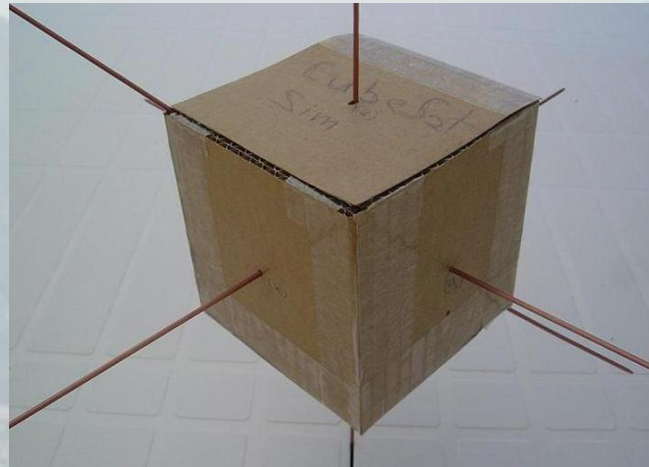


SUPSI – DTI

Progetto di semestre estivo
03 – 05/06 – SE – 03

Sensore orientamento satellite Tlsat-1



Studenti:

**Alessandra Altmann
Igor Benaglio**

Relatore:

Allen Weston

Correlatore:

Renato Pamini

Committente:

SUPSI Space Lab

Data:

13 luglio 2006

Introduzione

- Rilevamento dell'assetto → sensori
- Controllo dell'assetto → attuatori

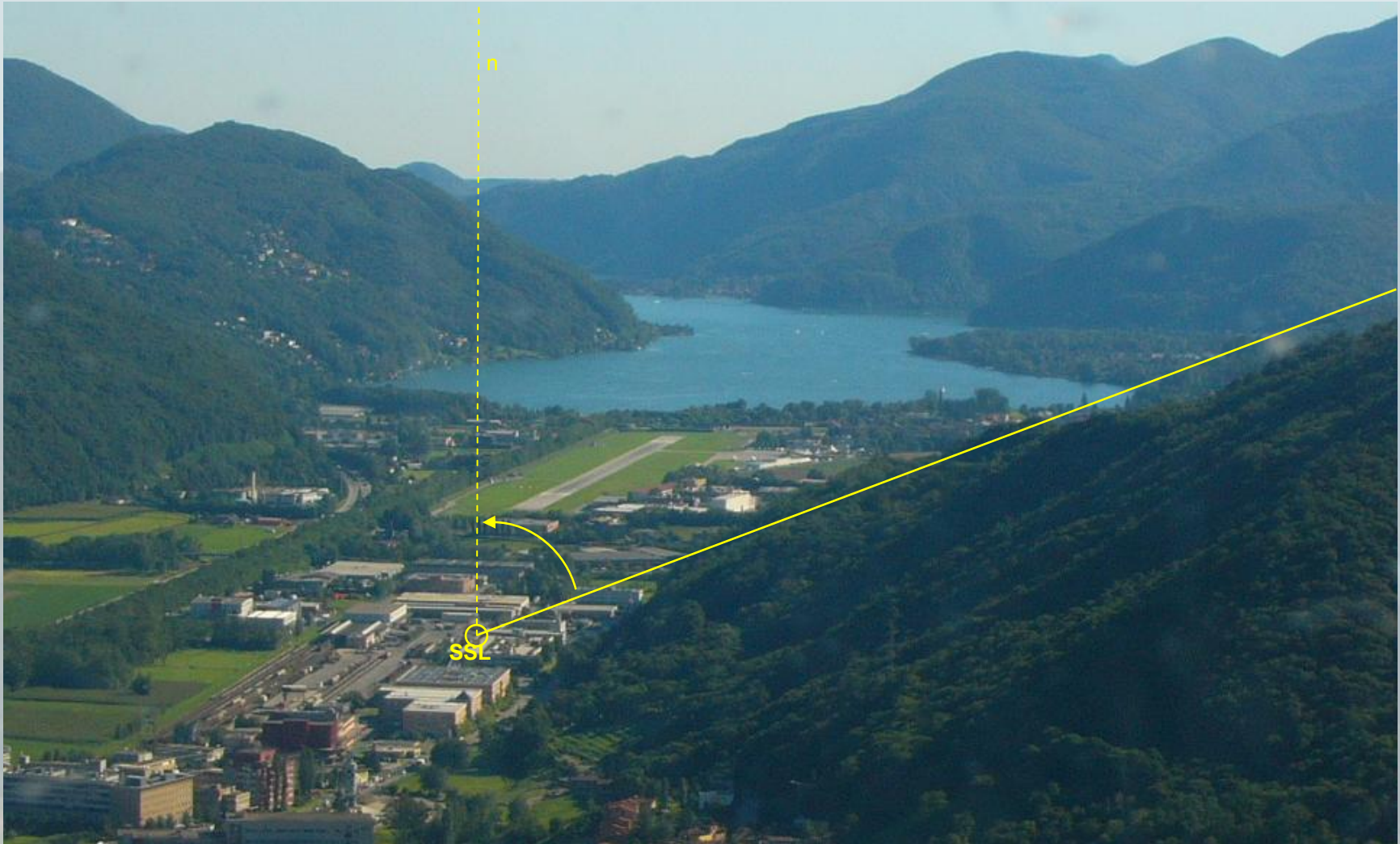
Missione del satellite

Il controllo d'assetto è strettamente connesso al tipo di missione del satellite e ai dati che dovranno essere trasmessi

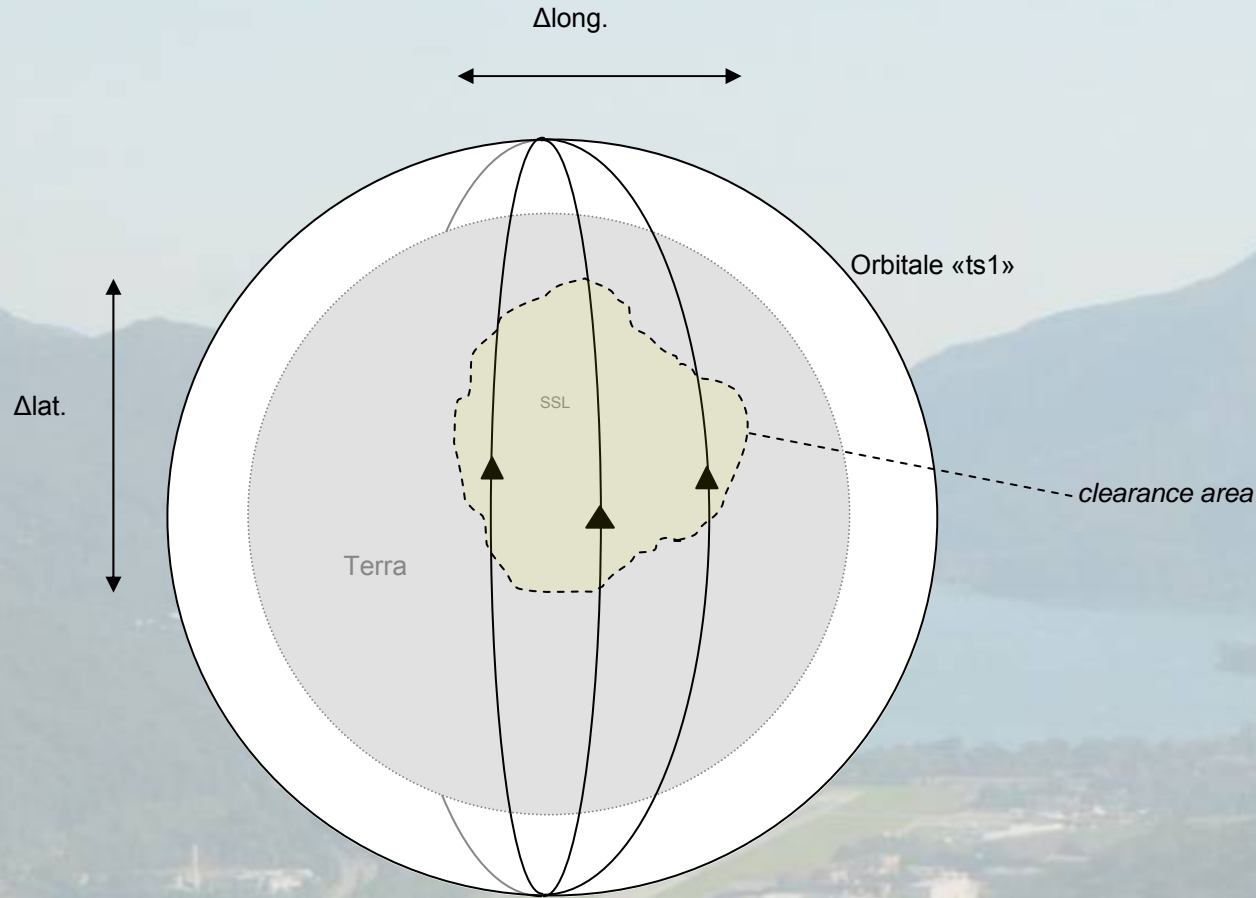
Tipi di trasmissione ipotizzabili:

- parametri di stato del satellite
- ripresa di immagini (per lo più statiche) della Terra e/o del cosmo
- controllo dell'assetto
- controllo di parametri della circuiteria (abilitazioni/ disabilitazioni/ regolazioni)
- ...

Clearance area

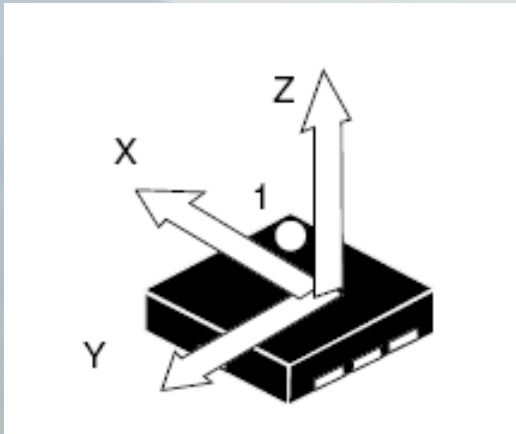


Clearance area



Studio delle soluzioni

Accelerometri



Non determina il senso di rotazione in quanto misura un'accelerazione centrifuga.

Dà una misura delle rotazioni distribuite sui tre assi del satellite.

Sensibilità: esempio specifico

$$0,0005 g = \frac{\omega_{Min}^2 \cdot 0,05 m}{9,81 m/s^2}$$

$$\omega_{Min} = \sqrt{\frac{9,81 m/s^2 \cdot 0,0005 g}{0,05 m}} = 0,313 rad/s \hat{=} 17^{\circ},946$$

Studio delle soluzioni

Resistenza agli shock

$$s(t) = s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$v(t) = \frac{d}{dt} s(t) = s_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$a(t) = \frac{d}{dt} v(t) = -s_0 \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

L'accelerazione è massima per $\sin(\omega \cdot t) = \pm 1$ con $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, dove $f = 100$ Hz e $s_0 = 1$ mm, quindi:

$$a_{vibr.} = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot s_0 = (2 \cdot \pi \cdot 100)^2 \cdot 0,001 = 394 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{394 \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2} \cong 40 \text{ g}$$

Studio delle soluzioni

Magnetometri (p. es. usati nelle bussole elettroniche)

- Rilevano l'intensità di campo magnetico lungo il loro asse
- Posizionati in modo adeguato, uno per ogni asse del satellite, permettono di rilevarne la rotazione
- Problema dei campi magnetici disturbanti

Studio delle soluzioni

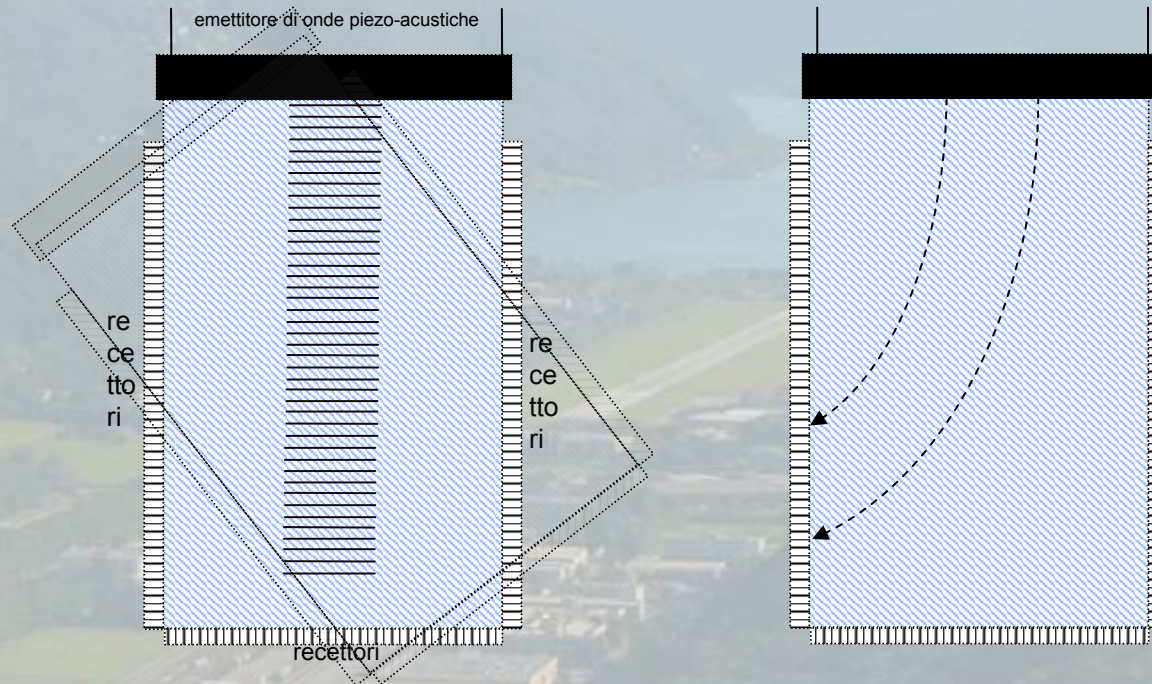
Giroscopi ottici

- il principio della costanza della velocità della luce
- La percorrenza dell'avvolgimento nel senso di rotazione comporta un aumento apparente della lunghezza, una diminuzione nel senso contrario.
- Sfasamento della luce se il giroscopio ruota

Studio delle soluzioni

Giroscopi piezo-acustici

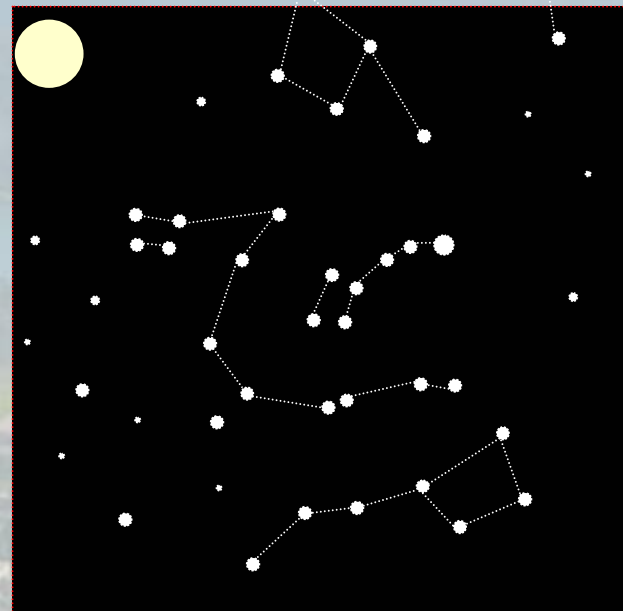
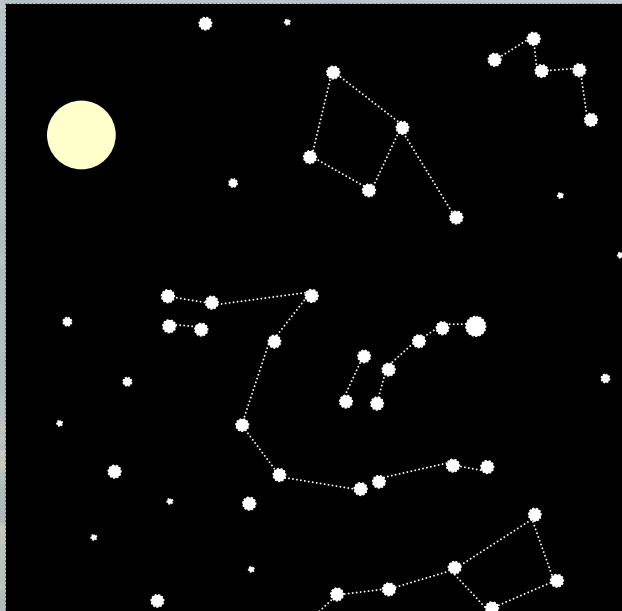
- un onda che si propaga in una certa direzione non cambia la propria direzione assoluta di propagazione se il mezzo si muove



Studio delle soluzioni

Microcamere / Mouse ottici

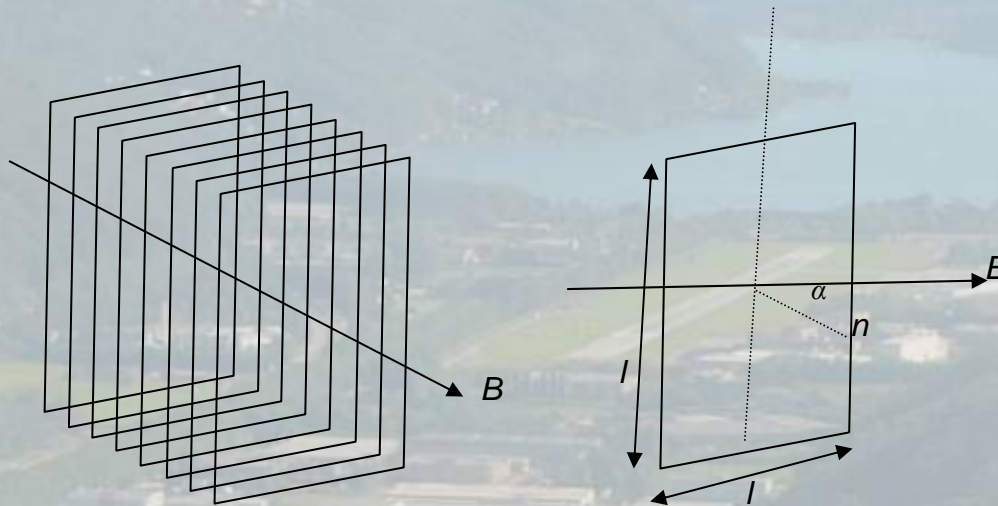
- Elaborazione immagini
- Correlazione



Studio delle soluzioni

Magnetorquers

- Tensione applicata ai capi della bobina
- Si ottiene un momento dato dall'interazione fra il campo magnetico terrestre e quello generato dalla bobina stessa.



Studio delle soluzioni

➤ Tensione, n° di spire e sezione del filo noti → lunghezza filo, resistenza, corrente e momento magnetico generato

$$R = \rho_{cu} \cdot \frac{L}{S}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{\rho_{cu} \cdot L} \cdot S$$

$$N = \frac{L}{4l}$$

$$M = N \cdot l^2 \cdot I \cdot B \cdot \sin(\alpha)$$

$$M = \frac{L}{4l} l^2 \cdot \frac{U}{\rho_{cu} \cdot L} \cdot S \cdot B \cdot \sin(\alpha) = \frac{1}{4} \frac{l \cdot S}{\rho_{cu}} B \cdot U \cdot \frac{2}{\pi}$$

l: lato dell'avvolgimento

L: lunghezza filo

R: resistenza

I: corrente

N: numero spire

M: momento della copia

S: sezione del filo

(avvolgimento quadrato)

α : angolo tra la normale (n) ed il campo magnetico (B)

Studio delle soluzioni

Parametri - U (V) 7,20 ρ (Ω m) 1,68E-08 Lato (m) 0,100 B (T) 4,5E-05

\emptyset filo (mm)	N° spire	L (m)	R (Ω)	I (A)	M (Nm)	m (kg)	\emptyset (mm)	ω_0 (rad/s)	t_1 (s)	t_1	m_f (kg)	t_2 (s)	t_2
0,071	25	10,00	42,4	0,170	1,2E-06	0,000	0,4	0,1	137	0g 0h 2m 17s	0,166	205	0g 0h 3m 24s
0,071	250	100,00	424,3	0,017	1,2E-06	0,004	1,1	1,0	1371	0g 0h 22m 51s	0,166	2049	0g 0h 34m 8s
0,071	500	200,00	848,7	0,008	1,2E-06	0,007	1,6	10,0	13715	0g 3h 48m 34s	0,166	20490	0g 5h 41m 29s
0,071	1250	500,00	2121,6	0,003	1,2E-06	0,018	2,5	100,0	137147	1g 14h 5m 46s	0,166	204898	2g 8h 54m 57s
0,125	25	10,00	13,7	0,526	3,8E-06	0,001	0,6	0,1	44	0g 0h 0m 44s	0,166	66	0g 0h 1m 6s
0,125	250	100,00	136,9	0,053	3,8E-06	0,011	2,0	1,0	442	0g 0h 7m 22s	0,166	661	0g 0h 11m 1s
0,125	500	200,00	273,8	0,026	3,8E-06	0,022	2,8	10,0	4425	0g 1h 13m 44s	0,166	6610	0g 1h 50m 10s
0,125	1250	500,00	684,5	0,011	3,8E-06	0,055	4,4	100,0	44247	0g 12h 17m 26s	0,166	66105	0g 18h 21m 44s
0,170	25	10,00	7,4	0,973	7,0E-06	0,002	0,9	0,1	24	0g 0h 0m 23s	0,166	36	0g 0h 0m 35s
0,170	250	100,00	74,0	0,097	7,0E-06	0,020	2,7	1,0	239	0g 0h 3m 59s	0,166	0	0g 0h 0m 0s
0,170	500	200,00	148,0	0,049	7,0E-06	0,040	3,8	10,0	2392	0g 0h 39m 52s	0,166	3574	0g 0h 59m 34s
0,170	1250	500,00	370,1	0,019	7,0E-06	0,101	6,0	100,0	23922	0g 6h 38m 42s	0,166	35740	0g 9h 55m 40s
0,224	25	10,00	4,3	1,689	1,2E-05	0,004	1,1	0,1	14	0g 0h 0m 13s	0,166	21	0g 0h 0m 20s
0,224	250	100,00	42,6	0,169	1,2E-05	0,035	3,5	1,0	138	0g 0h 2m 17s	0,166	206	0g 0h 3m 25s
0,224	500	200,00	85,3	0,084	1,2E-05	0,070	5,0	10,0	1378	0g 0h 22m 57s	0,166	2059	0g 0h 34m 18s
0,224	1250	500,00	213,2	0,034	1,2E-05	0,176	7,9	100,0	13779	0g 3h 49m 38s	0,166	20585	0g 5h 43m 5s

Range di accettabilità dei valori delle relative colonne di tabella -

1,000	0,750	0,035	10,0	100,0	200000	2g 7h 33m 20s	0,166
↕	↕	↕	↕	↕	↕		↕
0,125	0,000	0,000	0,0	0,0	0	0g 0h 0m 0s	0,000

Studio delle soluzioni

➤ Corrente e resistenza noti: a partire da momento di inerzia, velocità angolare e tempo auspicato d'arresto → momento magnetico, lunghezza filo, sezione e tensione

$$M = \frac{\Delta\omega \cdot J}{\Delta t} \quad J: \text{momento d'inerzia del satellite}$$

$$M = N \cdot l^2 \cdot I \cdot B \cdot \sin(\alpha)$$

$$N = \frac{M}{N \cdot l^2 \cdot I \cdot B \cdot \sin(\alpha)} = \frac{M}{N \cdot l^2 \cdot I \cdot B \cdot \frac{2}{\pi}}$$

$$L = 4 \cdot l \cdot N$$

$$S = \frac{\rho_{cu} \cdot L}{R}$$

$$U = I \cdot R$$

Studio delle soluzioni

Parametri -		I (A) 0,100	ρ (Ωm) 1,68E-08	Lato (m) 0,100	B (T) 4,5E-05							
\emptyset filo (mm)	N° spire	L (m)	R (Ω)	U (V)	M (Nm)	m (kg)	\emptyset (mm)	ω_0 (rad/s)	m_f (kg)	t (s)	t	
0,293	1	0,40	0,1	0,01	2,9E-08	0,000	0,3	1,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
0,093	1	0,40	1,0	0,10	2,9E-08	0,000	0,1	1,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
0,029	1	0,40	10,0	1,00	2,9E-08	0,000	0,0	1,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
0,009	1	0,40	100,0	10,00	2,9E-08	0,000	0,0	1,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
0,066	0	0,04	0,2	0,02	2,9E-09	0,000	0,0	0,1	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
0,207	1	0,40	0,2	0,02	2,9E-08	0,000	0,2	1,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
0,656	10	4,02	0,2	0,02	2,9E-07	0,012	2,1	10,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
2,075	101	40,24	0,2	0,02	2,9E-06	1,213	20,8	100,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s	
0,192	1	0,34	0,2	0,02	2,5E-08	0,000	0,2	1,0	0,142	86400	1g 0h 0m 0s	
0,200	1	0,37	0,2	0,02	2,7E-08	0,000	0,2	1,0	0,154	86400	1g 0h 0m 0s	
0,211	1	0,42	0,2	0,02	3,0E-08	0,000	0,2	1,0	0,172	86400	1g 0h 0m 0s	
0,218	1	0,45	0,2	0,02	3,2E-08	0,000	0,2	1,0	0,184	86400	1g 0h 0m 0s	
0,587	8	3,22	0,2	0,02	2,3E-07	0,008	1,7	1,0	0,166	10800	0g 3h 0m 0s	
0,240	1	0,54	0,2	0,02	3,8E-08	0,000	0,3	1,0	0,166	64800	0g 18h 0m 0s	
0,169	1	0,27	0,2	0,02	1,9E-08	0,000	0,1	1,0	0,166	129600	1g 12h 0m 0s	
0,120	0	0,13	0,2	0,02	9,6E-09	0,000	0,1	1,0	0,166	259200	3g 0h 0m 0s	

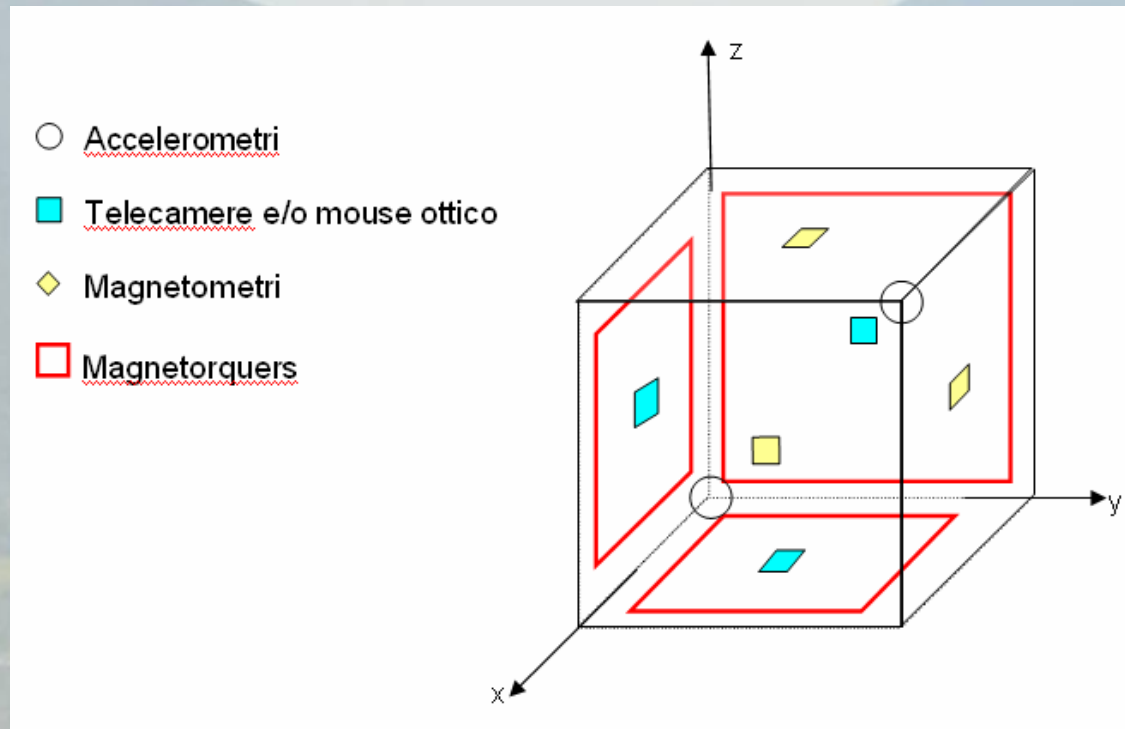
Range di accettabilità dei valori delle relative colonne di tabella -

1,000		7,20		0,035	10,0	100,0	0,166	86400	1g 0h 0m 0s
↕		↕		↕	↕	↕	↕	↕	
0,125		0,00		0,000	0,0	0,0	0,000	0	0g 0h 0m 0s

(dimostrazione)

Design

- Disposizione
- Ridondanze



Conclusioni

- Implementazioni ridotte a fogli di calcolo per *Magnetotorquers*
- Solo un tassello ma speriamo utile, imparato molto
- Purtroppo poco tempo rimasto per ulteriori interessanti sviluppi
- Orgogliosi di aver cooperato a missione spaziale!