

Energia per Tlsat-1

Studente:
Daniel Facchinetti

Relatore: Paolo Ceppi

Co-relatore: Allen Weston

17 settembre 2007

Un ringraziamento a tutti coloro che mi hanno aiutato durante lo svolgimento del mio lavoro di diploma, in particolare agli assistenti del laboratorio SSL: Stjepan Puseljic, Ivano Bonesana e Andrea Spiga.

Indice

1	Introduzione	7
2	Requisiti e specifiche	8
1	Requisiti	8
2	Specifiche	9
2.1	Specifiche comuni	9
2.2	Specifiche fonte ed accumulo energia per TIsat-1	10
2.3	Specifiche dei sensori di acquisizione	11
2.4	Specifiche salvataggio dei dati	12
2.5	Specifiche gestione energia	12
3	Fonte d'energia	13
1	Introduzione al pannello fotovoltaico	13
2	Funzionamento delle celle fotovoltaiche	13
3	Caratteristiche del pannello fotovoltaico	14
4	Accumulo dell'energia	18
1	Introduzione	18
2	Tipi di accumulatori	18
2.1	Ni-Cd	18
2.2	Ni-MH	18
2.3	Li-Ion	19
2.4	Li-Po	19
3	Scelte e motivazioni	19
5	Sensori di misura	21
1	Tipi di sensori	21
1.1	Sensore di tensione	21
1.2	Sensore di corrente	21
1.3	Sensore di temperatura	21
6	Power budget	22
1	Gestione dell'energia	22
7	Sviluppo	24
1	Sensori di misura	24
1.1	Sensore di tensione	24
1.2	Sensore di corrente	25
1.3	Sensore di temperatura	26
2	Salvataggio su scheda di memoria	27
3	Struttura del programma	28

Elenco delle figure

1.1	Schizzo del sistema	7
3.1	Grafico di $I = U(x)$ per diverse temperature	14
3.2	Grafico di $P = U(x)$ per diverse temperature ed irraggiamenti	15
3.3	Programma scritto in Matlab che simula l'irraggiamento sulle facce del TIsat-1	16
3.4	Circuito elettrico equivalente di una cella fotovoltaica	17
3.5	Modello di efficienza dei pannelli fotovoltaici per TIsat-1	17
6.1	Struttogramma della gestione dell'energia	22
7.1	Sensore di corrente MAX4072 della Maxim	25
7.2	Circuito oscillante	26
7.3	Esempio di salvataggio dati in formato testo	27
7.4	Struttogramma del programma	28

Elenco delle tabelle

2.1	Dalla fonte d'energia all'utilizzatore	9
2.2	Il microcontrollore e la gestione dell'energia	9
2.3	Il microcontrollore e i sensori	9
2.4	Dai sensori al salvataggio sulla scheda di memoria	9
2.5	Studio della fonte d'energia per il TIsat-1	10
2.6	Studio dell'accumulo d'energia per il TIsat-1	10
2.7	Sensore di tensione	11
2.8	Sensore di corrente	11
2.9	Sensore di temperatura	11
2.10	Salvataggio dei dati acquisiti dai sensori	12
2.11	Gestione dell'energia all'interno di TIsat-1	12
4.1	Tabella riassuntiva delle caratteristiche degli accumulatori	20
7.1	Canale ADC e porta corrispondente	24
7.2	Esempio di valori della resistenza di sense	25

Riassunto / Abstract

Riassunto

Il mio lavoro di diploma consiste nello studio dei pannelli fotovoltaici e delle batterie che saranno presenti sul TIsat-1.

Proporre uno schema di gestione del sistema intero, affinché resti sempre in vita.

Inoltre anche la realizzazione di un sistema in grado di acquisire dati dai sensori di misura, come tensione, corrente e temperatura, dove in seguito questi dati raccolti vengono salvati su una scheda di memoria in formato di testo.

Abstract

The target of my project is the study of photovoltaic panels and batteries for the TIsat-1, and the proposal of an entire system management solution for keeping always alive the system.

Moreover I realized a data acquisition system for voltage, current and temperature sensors.

The acquired data is saved in text format to a memory card.

Capitolo 1

Introduzione

Il sistema è composto come da figura 1.1, dove è rappresentato il TIsat-1 su cui sono stati montati per ogni faccia dei pannelli fotovoltaici usati per produrre l'energia, che viene immagazzinata nelle batterie.

Un microcontrollore (MSP430) ha il compito di gestire l'energia di TIsat-1 per fare in modo di non rimanere mai senza ed evitare problemi di carica eccessiva degli accumulatori. Lo stesso microcontrollore misura i parametri necessari tramite i sensori.

Per ogni faccia su cui è montato un pannello fotovoltaico e per le batterie sono presenti dei sensori di temperatura, corrente e tensione.

Le misure acquisite a cadenza regolare vengono salvate in formato testo su una scheda di memoria.

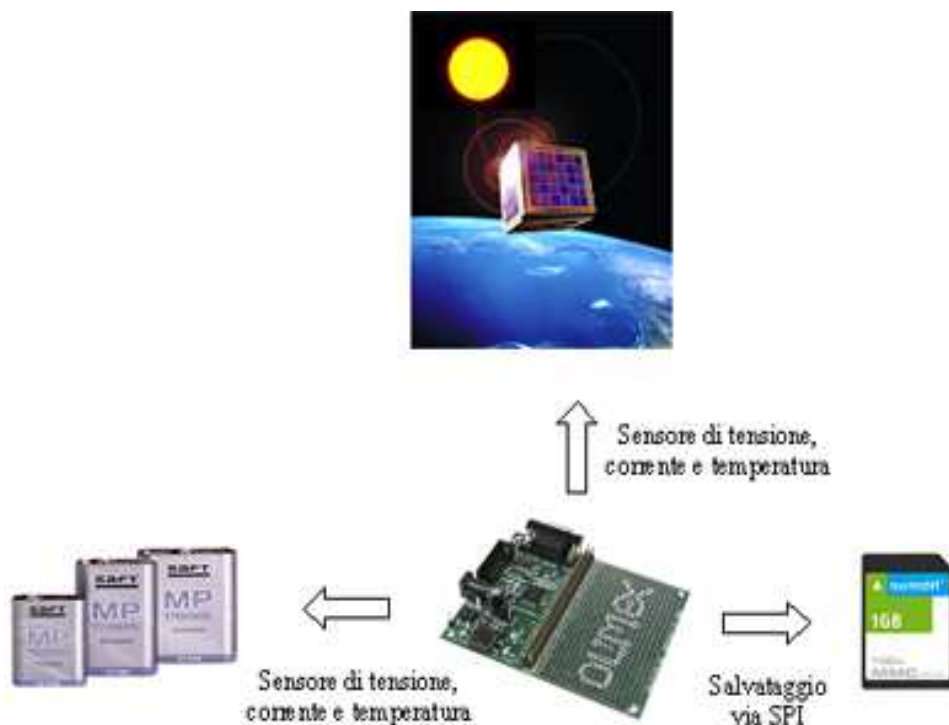


Figura 1.1: Schizzo del sistema

Capitolo 2

Requisiti e specifiche

1 Requisiti

I requisiti espressi sono i seguenti:

1. Studio delle fonti di energia e di accumulo per il TIsat-1
2. Utilizzo del microcontrollore MSP430F169 della Texas Instruments
3. Studio dei sensori per temperatura, corrente e tensione
4. Acquisizione dati dai sensori di temperatura, corrente e tensione
5. Salvataggio dei dati su scheda di memoria (MMC)¹
6. Gestione dell'energia all'interno del TIsat-1

¹MMC: MultiMedia Card

2 Specifiche

2.1 Specifiche comuni

Dalla fonte d'energia all'utilizzatore	
Numeri	1.1
Descrizione	Il sole è la fonte d'energia per TIsat-1. Dei pannelli fotovoltaici trasformano l'energia solare in energia elettrica, che viene immagazzinata in appositi accumulatori.
Valori	
Riferimento	1
Osservazioni	

Tabella 2.1: Dalla fonte d'energia all'utilizzatore

Il microcontrollore e la gestione dell'energia	
Numeri	1.2
Descrizione	Il microcontrollore deve gestire l'energia all'interno del TIsat-1 in modo da non rimanere mai senza ed evitare problemi di carica eccessiva agli accumulatori.
Valori	
Riferimento	2, 6
Osservazioni	

Tabella 2.2: Il microcontrollore e la gestione dell'energia

Il microcontrollore e i sensori	
Numeri	1.3
Descrizione	Il microcontrollore deve gestire l'acquisizione dei sensori di tensione, corrente e temperatura per i generatori e gli accumulatori di TIsat-1.
Valori	
Riferimento	2, 3, 4
Osservazioni	

Tabella 2.3: Il microcontrollore e i sensori

Dai sensori al salvataggio sulla scheda di memoria	
Numeri	1.4
Descrizione	I dati acquisiti tramite i sensori vengono salvati su una scheda di memoria di tipo MMC in formato di testo.
Valori	
Riferimento	4, 5
Osservazioni	

Tabella 2.4: Dai sensori al salvataggio sulla scheda di memoria

2.2 Specifiche fonte ed accumulo energia per TIsat-1

Studio della fonte d'energia per il TIsat-1	
Numeri	2.1
Descrizione	Il TIsat-1 trae energia dal sole, tramite i pannelli fotovoltaici montati su di esso.
Valori	Analisi delle caratteristiche dei pannelli fotovoltaici.
Riferimento	1
Osservazioni	

Tabella 2.5: Studio della fonte d'energia per il TIsat-1

Studio dell'accumulo d'energia per il TIsat-1	
Numeri	2.2
Descrizione	Il TI-sat-1 accumula l'energia fornita dal sole in appositi accumulatori.
Valori	Tipi di accumulatori: Ni-Cd, Ni-HM, Li-ion e Li-Po
Riferimento	1
Osservazioni	

Tabella 2.6: Studio dell'accumulo d'energia per il TIsat-1

2.3 Specifiche dei sensori di acquisizione

Sensore di tensione	
Numeri	3.1
Descrizione	Il sensore di tensione sarà presente su ogni singola faccia e su gli accumulatori del TIsat-1, per poter rilevare la tensione fornita dal pannello fotovoltaico e dagli accumulatori.
Valori	Misura in Volt (V).
Riferimento	3, 4
Osservazioni	

Tabella 2.7: Sensore di tensione

Sensore di corrente	
Numeri	3.2
Descrizione	Il sensore di corrente sarà presente su ogni singola faccia e su gli accumulatori del TIsat-1, per poter rilevare la corrente fornita dal pannello fotovoltaico e dagli accumulatori.
Valori	Misura in Ampere (A).
Riferimento	3, 4
Osservazioni	

Tabella 2.8: Sensore di corrente

Sensore di temperatura	
Numeri	3.3
Descrizione	Il sensore di temperatura sarà presente su ogni singola faccia e su gli accumulatori del TIsat-1, per poter rilevare la temperatura.
Valori	Misura in gradi Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
Riferimento	3, 4
Osservazioni	

Tabella 2.9: Sensore di temperatura

2.4 Specifiche salvataggio dei dati

Salvataggio dei dati acquisiti dai sensori	
Numeri	4.1
Descrizione	Il microcontrollore si deve occupare del salvataggio dei dati acquisiti dai sensori su scheda di memoria di tipo MMC in formato di testo.
Valori	In formato di testo, con possibilità di apertura tramite il programma excel visto che i dati vengono divisi tra di loro dall'operatore tab.
Riferimento	5
Osservazioni	

Tabella 2.10: Salvataggio dei dati acquisiti dai sensori

2.5 Specifiche gestione energia

Gestione dell'energia all'interno di TIsat-1	
Numeri	5.1
Descrizione	La gestione dell'energia all'interno del TIsat-1 deve essere fatta tramite il microcontrollore che decide quale periferiche disattivare e quale tenere attiva a dipendenza dell'energia presente.
Valori	Schema in formato struttogramma.
Riferimento	6
Osservazioni	

Tabella 2.11: Gestione dell'energia all'interno di TIsat-1

Capitolo 3

Fonte d'energia

1 Introduzione al pannello fotovoltaico

La fonte d'energia per TIsat-1 è il sole. La radiazione solare viene trasformata in energia elettrica grazie ai pannelli fotovoltaici montati sul corpo del satellite. L'energia viene poi immagazzinata negli accumulatori, ed usata per alimentare il sistema presente all'interno del TIsat-1.

2 Funzionamento delle celle fotovoltaiche

Il funzionamento del pannello fotovoltaico che è formato da più celle fotovoltaiche si basa sulla conversione fotovoltaica. Questo fenomeno fisico permette di trasformare l'energia solare in energia elettrica. La cella è costituita da materiali semiconduttori. I più utilizzati sono il silicio e l'arseniuro di gallio. Le celle vengono realizzate ad una singola giunzione o a tripla giunzione. Le celle a tripla giunzione hanno un rendimento maggiore. Il rendimento di un pannello fotovoltaico può variare molto, parte da un minimo di 8 % ad un massimo di 28 %.

3 Caratteristiche del pannello fotovoltaico

Dalla figura 3.1 si può vedere il comportamento alla diverse temperature. Con l'aumentare della temperatura la tensione a vuoto (V_{OC}) diminuisce. MPP indica il punto di massima potenza. Si cerca di lavorare in quel punto per poter sfruttare al massimo la disponibilità di potenza.

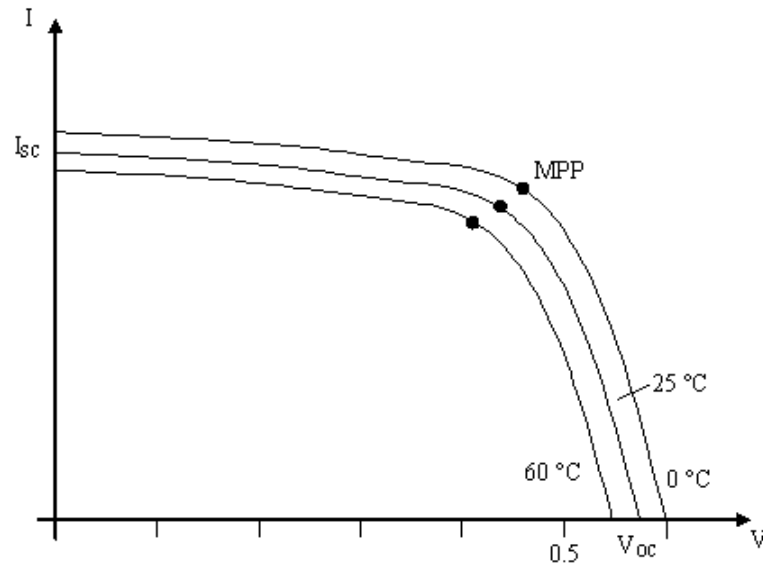


Figura 3.1: Grafico di $I = U(x)$ per diverse temperature

Dalla figura 3.2 possiamo notare come invece la corrente di corto circuito sia proporzionale all'irraggiamento.

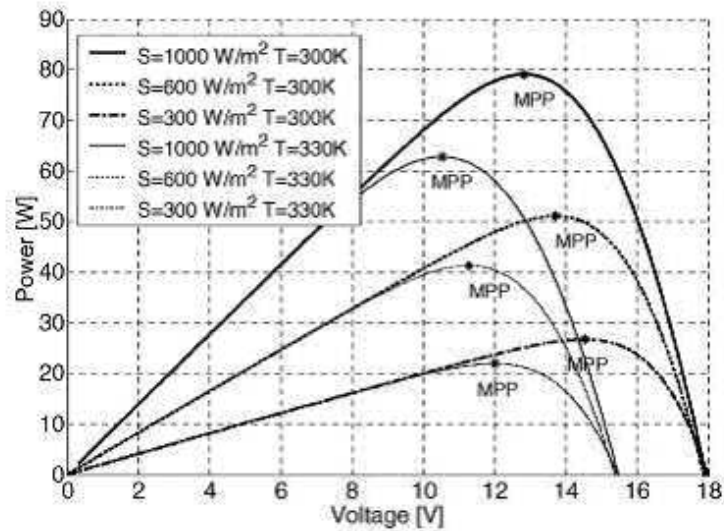


Figura 3.2: Grafico di $P = U(x)$ per diverse temperature ed irraggiamenti

Dalla caratteristica in figura 3.1 e in figura ?? ho potuto riprendere il programma di simulazione realizzato dal professor Paolo Ceppi in Tina, e portarlo sotto forma di linguaggio Matlab. Il programma di simulazione rappresenta l'irraggiamento solare sulle sei facce del Tisat-1, dove ho aggiunto alcuni parametri, per esempio l'inclinazione del Tisat-1 e due diverse modalità di visualizzazione dei risultati.

Dall'esempio di visualizzazione del programma scritto in Matlab in figura 3.3 si può vedere un'immagine raggruppata dell'irraggiamento sulle singole facce e la somma delle due facce opposte. Il programma lo si trova su supporto digitale in allegato.

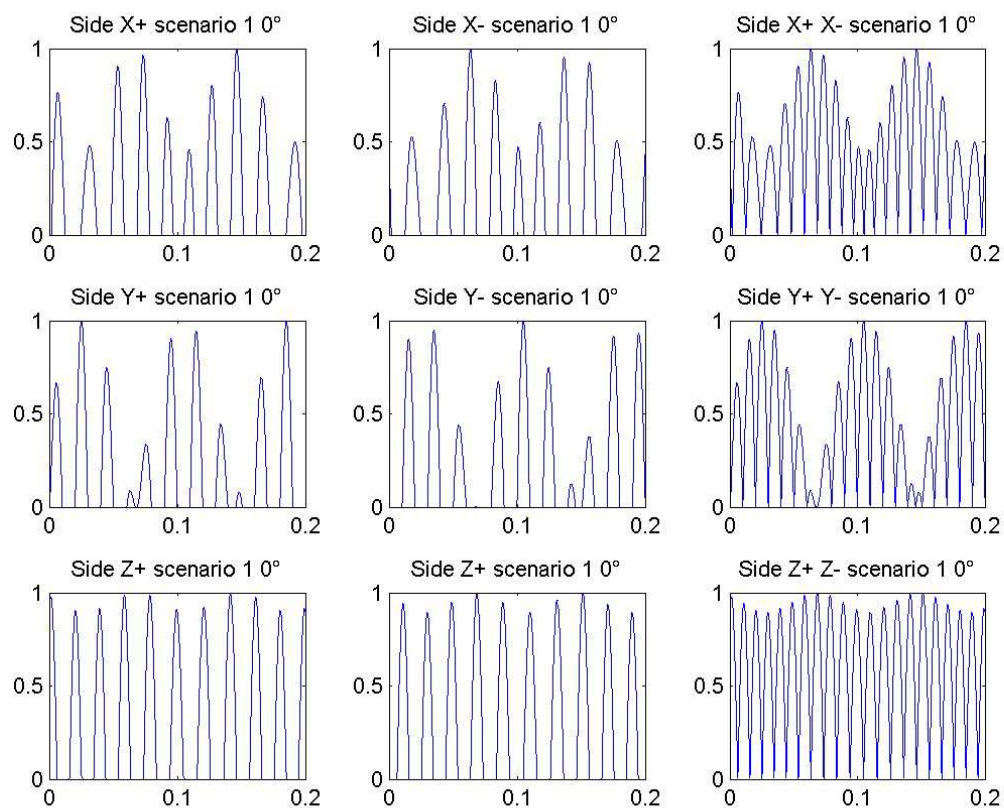


Figura 3.3: Programma scritto in Matlab che simula l'irraggiamento sulle facce del TIsat-1

La cella fotovoltaica possiede un circuito elettrico equivalente come da figura 3.4.

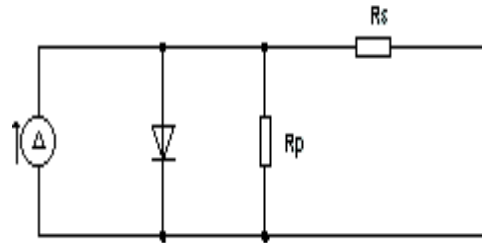


Figura 3.4: Circuito elettrico equivalente di una cella fotovoltaica

Per avere un pannello fotovoltaico si combinano le singole celle in due modi: in serie o in parallelo. La differenza tra le due modalità sta che nel modo in serie si sommano le tensioni di ogni singola cella fotovoltaica mentre nel modo parallelo si sommano le correnti. Questo permette di realizzare il pannello fotovoltaico per le proprie esigenze di tensione e corrente. Da quest'ultima caratteristica e quella precedente ho potuto realizzare un modello in excel (figura 3.5) che mi permette di valutare quale configurazione di matrice è la migliore da montare sulle facce del Tisat-1. Nel modello si possono modificare a piacimento i parametri. Anche il modello calcolo potenza celle si trova su supporto digitale in allegato.

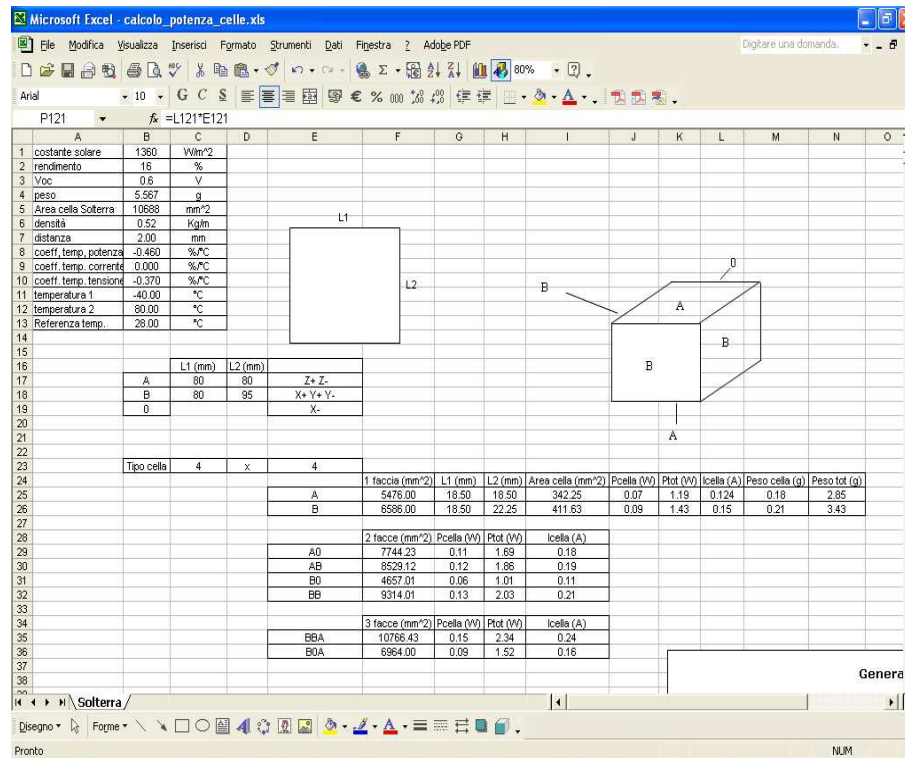


Figura 3.5: Modello di efficienza dei pannelli fotovoltaici per TIsat-1

Capitolo 4

Accumulo dell'energia

1 Introduzione

Le batterie o nel nostro caso gli accumulatori, sono dispositivi che immagazzinano energia sotto forma elettro-chimica. Al loro interno convertono l'energia elettrica in energia chimica per la carica e viceversa in fase di scarica.

L'accumulatore è una batteria la cui carica può essere completamente ristabilita, mediante l'applicazione di un'adeguata energia elettrica. Di questi accumulatori ne esistono di molti tipi, con diverse capacità elettriche, differenti composizioni chimiche, forma e dimensioni. Di seguito verranno elencati e spiegati i tipi comunemente usati in progetti come il nostro.

2 Tipi di accumulatori

2.1 Ni-Cd

Gli accumulatori al Nichel-Cadmio possiedono una buona durata di vita, infatti possono essere ricaricate per ca. 1500 cicli. La tensione nominale per ogni singola cella è di 1.2 V.

I fattori negativi sono:

- la scarsa energia specifica per kg, cioè 50 Wh/kg
- l'effetto memoria degli accumulatori che se non sono stati scaricati completamente alla prossima ricarica perdono capacità di immagazzinare energia
- il contenuto di materiali tossici.

2.2 Ni-MH

Gli accumulatori al Nichel-Metallo-Idruro sono l'evoluzione degli accumulatori al Ni-Cd, infatti hanno il vantaggio di avere un'energia specifica per peso e per volume del 30-40% in più e di aver eliminato l'uso del Cadmio così d'avere un accumulatore che utilizza sostanze meno tossiche.

La tensione nominale per ogni singola cella è uguale a quella degli accumulatori al Ni-Cd, cioè 1.2 V, possiede un piccolo effetto di memoria ed ha lo svantaggio che se non viene utilizzata si scarica molto più in fretta rispetto agli altri 3 tipi di batterie.

2.3 Li-Ion

Gli accumulatori agli ioni di litio possono vantare una maggiore densità energetica rispetto ai due tipi di accumulatori precedenti, hanno anche una tensione nominale per singola cella di 3.7 V ed una durata di vita (cicli carica/scarica) maggiore. L'unico svantaggio è il costo che è maggiore.

2.4 Li-Po

L'ultimo tipo agli ioni di litio-polimero presenta le stesse caratteristiche degli accumulatori agli ioni di litio solo che hanno un'energia specifica per volume un po' più bassa.

3 Scelte e motivazioni

Dalle possibili scelte di accumulatori, effettuate non solo da me, ma già da altri colleghi in lavori di semestre precedenti, si è optato di munire il Tisat-1 di accumulatori a Li-Ion e Li-Po. La scelta è stata fatta in base all'energia specifica per unità di peso ed all'energia specifica per unità di volume, anche per altri fattori rappresentati dalla tabella 4.1 riassuntiva.

Argomento	Unità di misura	Li-Ion	Ni-MH	Ni-Cd	Li-Po
Rapporto energia/peso	[Wh/kg]	150-200	50-60	30-40	150-200
Rapporto energia/volume	[Wh/l]	250-530	180-220	120-150	200-400
Tensione nominale cella	[V]	3.6	1.2	1.2	3.7
Cicli di vita (80% della capacità iniziale)	-	500	500	500	500
Autoscarica (% mese)	-	6	20	15	10
Effetto memoria	-	No	Poco	Si	No
Tolleranza alla sovraccarica	-	Molto poco	Poco	Moderato	Media
Complessità caricatore	-	Media	Facile	Facile	Media
Corrente di scarica a lungo termine	-	< 2C	< 2C	< 2C	< 2C
Resistenza interna a 25 °C	[mΩ]	150-250	150-250	100-200	100-200
Temperatura durante la scarica	[°C]	0 to 45	0 to 45	0 to 45	0 to 45
Temperatura durante la carica	[°C]	-20 to 60	-20 to 60	-20 to 60	-20 to 60

Tabella 4.1: Tabella riassuntiva delle caratteristiche degli accumulatori

Capitolo 5

Sensori di misura

1 Tipi di sensori

1.1 Sensore di tensione

Il sensore di tensione sarà semplicemente un punto dove il microcontrollore andrà a misurare la tensione tramite il convertitore A/D su pannelli fotovoltaici e sugli accumulatori.

1.2 Sensore di corrente

Il sensore di corrente è un componente che misura la corrente in un punto determinato, per esempio dei pannelli solari o degli accumulatori, e restituisce una tensione in base al dimensionamento del componente stesso.

Verrà quindi utilizzato come nel caso del sensore di tensione il convertitore A/D del microcontrollore per misurare la tensione.

1.3 Sensore di temperatura

Il sensore di temperatura sarà inserito all'interno dei pannelli fotovoltaici e sugli accumulatori per poter misurare la temperatura su di essi.

Il sensore sarà composto da una resistenza NTC, la quale farà parte di un sistema oscillante, così da poter risalire alla temperatura mediante la frequenza di oscillazione.

Sfruttando le caratteristiche della resistenza NTC e dimensionando in modo corretto il sistema oscillante si può definire un range di frequenze per poter misurare le temperature nello spazio che vanno da $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Capitolo 6

Power budget

1 Gestione dell'energia

In base ai valori raccolti con i vari sensori il calcolatore potrà gestire il sistema TIsat-1. Per questo ho studiato un sistema sottoforma di struttogramma rappresentato dalla figura 6.1.

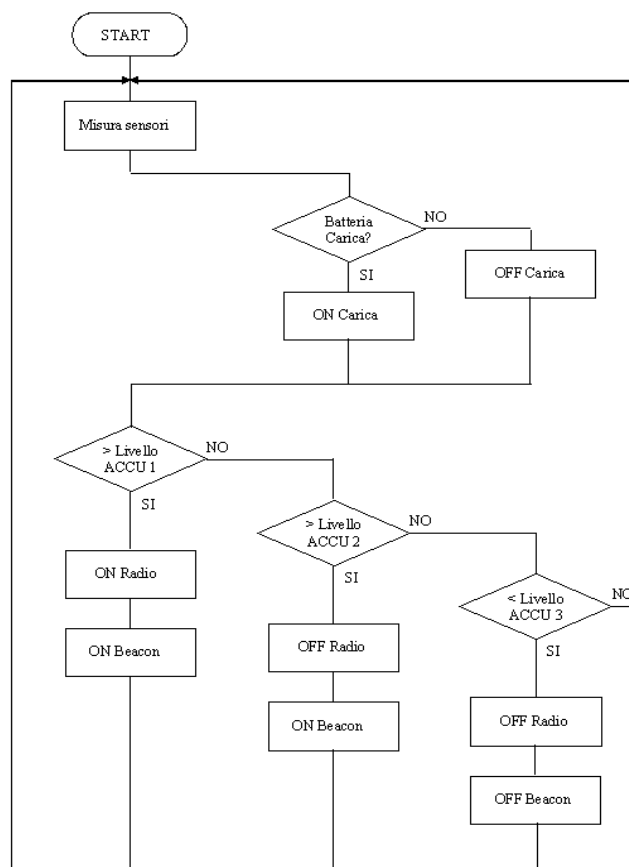


Figura 6.1: Struttogramma della gestione dell'energia

Il sistema di gestione dell'energia comprende tre diversi tipi di livello di carica degli accumulatori. Il primo livello (Livello ACCU 1) è il caso migliore, dove si hanno le batterie cariche al 100 % e quindi si può sfruttare la trasmissione dei dati tramite la radio e il radio-faro beacon.

Il secondo livello (Livello ACCU 2) è la situazione in cui le batterie non possono più reggere la trasmissione dei dati della radio, visto che è il componente dell'intero sistema che consuma più energia, e perciò viene spento per questo motivo ma il radio-faro resta acceso.

Il terzo ed ultimo livello (Livello ACCU 3) si manifesta quando ormai le batterie sono arrivate alla soglia di scarica consentita e quindi la radio e il radio-faro vengono spenti.

Prima del controllo del livello di carica degli accumulatori il sistema misura tramite i sensori i valori di tensione, corrente e temperatura sia degli accumulatori che dei pannelli fotovoltaici, così da poter decidere se mettere in carica o non mettere in carica gli accumulatori.

Le misure dei sensori e l'interpretazione delle misure fatte viene eseguita in modalità low power e solo quando serve.

Il seguente struttogramma permette di non arrivare mai nel caso peggiore, cioè la morte dell'intero sistema.

Infine il microcontrollore deve essere usato in modo da risvegliarsi quando è necessario e di non essere sempre attivo, così da poter risparmiare energia preziosa.

Capitolo 7

Sviluppo

1 Sensori di misura

1.1 Sensore di tensione

Il sensore di temperatura non è un componente ma semplicemente l'entrata del convertitore A/D del microcontrollore MSP430. Quest'ultimo possiede ben 8 canali da cui si può leggere una tensione che va da 0 V a 3.3 V, quindi si deve provvedere all'inserimento di un partitore oppure di un amplificatore non invertente per poter limitare la tensione nel range spiegato per evitare mal funzionamenti.

Per poter misurare la tensione bisogna leggere il registro del canale scelto, per esempio se voglio leggere il canale 0, dovrò leggere dal registro ADC12MEM0 il valore acquisito dal microcontrollore ed eseguire il seguente calcolo:

$$N_{ADC} = 4095 \cdot \frac{V_{in} - V_{R-}}{V_{R+} - V_{R-}}$$

Dove risolvendo si arriva alla seguente equazione:

$$V_{in} = \frac{N_{ADC}}{4095} \cdot (V_{R+} - V_{R-}) + V_{R-}$$

Il parametro che cerco è la V_{in} , che è il valore della tensione che è presente sul pin del canale 0. Dalla tabella 7.1 si possono vedere i vari canali a quale porta del microcontrollore MSP430 corrispondono.

Canale	Porta
0	6.0
1	6.1
2	6.2
3	6.3
4	6.4
5	6.5
6	6.6
7	6.7

Tabella 7.1: Canale ADC e porta corrispondente

1.2 Sensore di corrente

Dai sensori di corrente comandati ho scelto il MAX4072 della Maxim, che permette di settare la referenza da 1 V a 4 V avendo una tensione di alimentazione di 5.1 V. Il sensore inoltre può misurare la corrente nei due sensi, positiva e negativa. La scelta è stata fatta soprattutto in base al passo tra i piedini del componente visto che avevo una piastrina per montare componenti smd che andava bene e per evitare sprechi di tempo ho analizzato questo sensore di corrente, che si comporta nello stesso modo degli altri modelli MAX4069 e MAX4071. Dalla figura 7.1 possiamo vedere la struttura del componente.

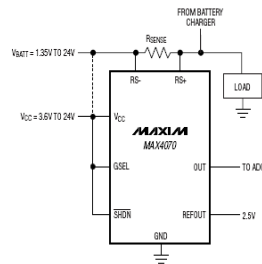


Figura 7.1: Sensore di corrente MAX4072 della Maxim

Per poter utilizzare il sensore di corrente bisogna dimensionare la resistenza di sense in base al range di corrente che si vuole misurare.

Un esempio si può vedere nella tabella 7.2.

Full-scale current (A)	Current-sense resistor ($m\Omega$)	Gain (V/V)	Vsense (mV)	Full-scale output voltage with respect to ref (v)
0.075	1000	50	75	3.75
0.05		100	50	5.0
0.75	100	50	75	3.75
0.5		100	50	5.0
3.75	20	50	75	3.75
2.5		100	50	5.0
7.5	10	50	75	3.75
5.0		100	50	5.0
15.0	5	50	75	3.75
10.0		100	50	5.0

Tabella 7.2: Esempio di valori della resistenza di sense

Per poter scegliere il proprio range di corrente da misurare basta calcolare il seguente calcolo;

$$R_{sense} = \frac{V_{out} - V_{ref}}{I_{mis} \cdot Gain}$$

I_{mis} è il valore della corrente massima che si vuole misurare, mentre se la V_{ref} viene scelta per esempio a 2 V i valori di tensione da 0-2 V servono per misurare la corrente negativa e da 2 V a V_{CC} per le correnti positive.

1.3 Sensore di temperatura

Il sensore di temperatura è stato realizzato tramite una resistenza NTC che fa parte di un sistema oscillante. Sfruttando così le caratteristiche della resistenza NTC che varia la sua resistenza in funzione della temperatura a cui è sottoposta.

Usando le formule tratte dal datasheet della resistenza NTC si possono definire il range di frequenza voluto. Dal seguente calcolo;

$$R_x = R_{25} \cdot e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25}} \right)}$$

Si può calcolare la caratteristica della resistenza NTC misurando due differenti temperatura. Così facendo si troveranno le costanti R_{25} e B per poter calcolare la resistenza a qualsiasi temperatura.

Il circuito oscillante è stato realizzato come in figura 7.2. Una volta che si è scelto il range di frequenze tramite la caratteristica della resistenza NTC si dimensiona il condensatore in questo modo:

$$T_1 = R \cdot C \cdot \ln \left(\frac{V_{T+}}{V_{T-}} \right)$$

$$T_2 = R \cdot C \cdot \ln \left(\frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} \right)$$

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2}$$

Il componente che fa da schmitt-trigger invert è il 74HC14 di tipo Mos.

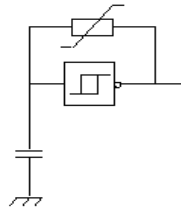
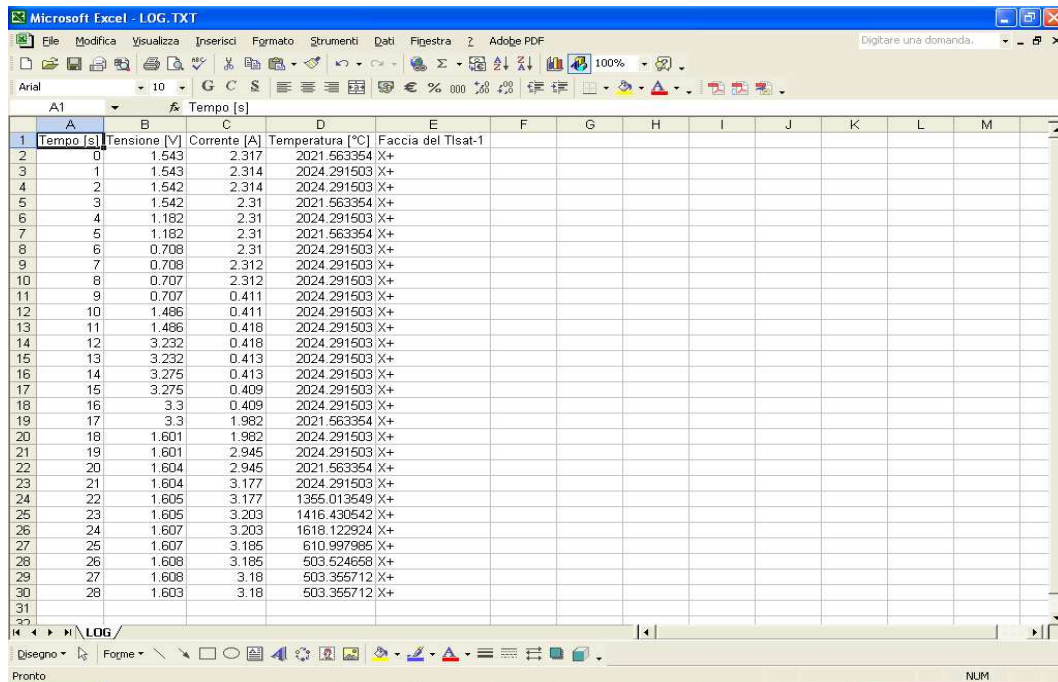


Figura 7.2: Circuito oscillante

2 Salvataggio su scheda di memoria

I dati acquisiti tramite i tre tipi di sensori viene salvato su una scheda di memoria, per fare questo mi è stato dato il codice che gestisce una Multi Media Card via SPI ed il mio compito è stato di studiare questo codice per poi poterlo utilizzare.

Dal codice ricevuto ho utilizzato le funzione per poter creare e/o aprire un file, chiudere un file e scrivervi in modo append all'interno di un file ed inoltre la funzione per poter cancellare un file. Il salvataggio dei dati viene fatta una volta che i sensori hanno acquisito tutti i valori così da evitare problemi durante la scrittura su file.



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "LOG.TXT". The spreadsheet contains a table with the following data:

Tempo [s]	Tensione [V]	Corrente [A]	Temperatura [°C]	Faccia del Tlsat-1
0	1.543	2.317	2021.563354	X+
1	1.543	2.314	2024.291503	X+
2	1.542	2.314	2024.291503	X+
3	1.542	2.31	2021.563354	X+
4	1.182	2.31	2024.291503	X+
5	1.182	2.31	2021.563354	X+
6	0.708	2.31	2024.291503	X+
7	0.708	2.312	2024.291503	X+
8	0.707	2.312	2024.291503	X+
9	0.707	0.411	2024.291503	X+
10	1.486	0.411	2024.291503	X+
11	1.486	0.418	2024.291503	X+
12	3.232	0.418	2024.291503	X+
13	3.232	0.413	2024.291503	X+
14	3.275	0.413	2024.291503	X+
15	3.275	0.409	2024.291503	X+
16	3.3	0.409	2024.291503	X+
17	3.3	1.982	2021.563354	X+
18	1.601	1.982	2024.291503	X+
19	1.601	2.945	2024.291503	X+
20	1.604	2.945	2021.563354	X+
21	1.604	3.177	2024.291503	X+
22	1.605	3.177	1365.013549	X+
23	1.605	3.203	1416.430542	X+
24	1.607	3.203	1618.122924	X+
25	1.607	3.185	610.997985	X+
26	1.608	3.185	503.524658	X+
27	1.608	3.18	503.355712	X+
28	1.603	3.18	503.355712	X+

Figura 7.3: Esempio di salvataggio dati in formato testo

3 Struttura del programma

Il codice è stato strutturato come in figura 7.4, dove vengono inizializzate per prima cosa le periferiche A/D Converter e Timer per funzionare in modalità interrupt ed inseguito viene fatto partire l'A/D Converter.

Una volta che l'acquisizione e la conversione dei valori letti è stata fatta l'A/D Converter viene fermato e viene fatto partire il Timer che misura il periodo del sistema oscillante.

Anche qui una volta che è stato letto il valore del periodo si ferma il Timer e si setta il flag a 1 per poter far ripartire le acquisizioni e si rinizializzano i flags dell'A/D Converter e del Timer.

Prima di far ripartire le acquisizioni dei dati, quest'ultimi vengono salvati su scheda di memoria in formato di testo.

Il codice è stato scritto in questo modo per poter evitare conflitti tra l'A/D Converter e il Timer in fase di misura.

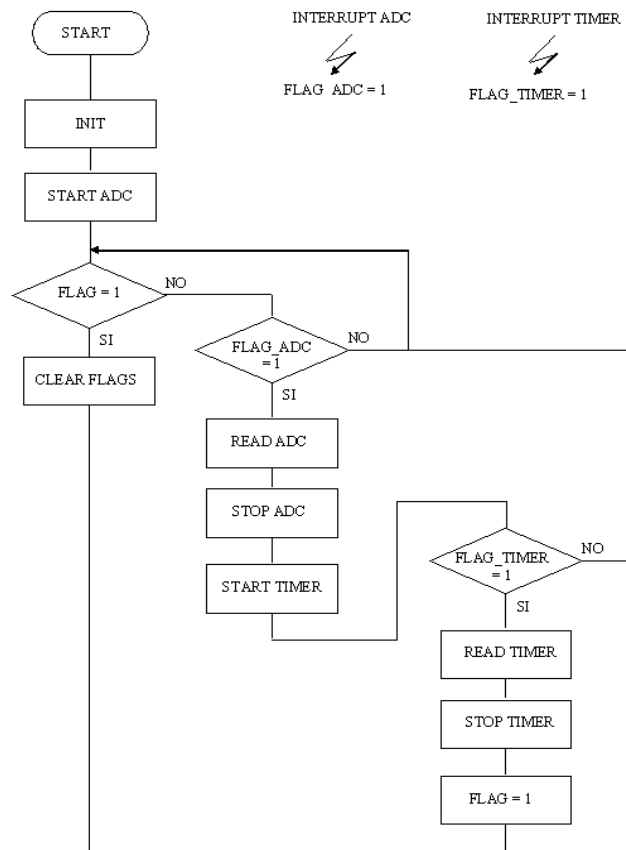


Figura 7.4: Struttogramma del programma

Capitolo 8

Conclusioni

Nel mio lavoro di diploma ho potuto apprendere molte conoscenze, le cui non sono state trattate durante i corsi frequentati nei tre anni di SUPSI. Uno fra tutti il concetto di pannello fotovoltaico e accumulatore.

Sono molto contento di aver fatto questo progetto, anche perché mi sono trovato davanti a difficoltà come l'utilizzo di un nuovo microcontrollore, che ho dovuto studiare partendo da zero, analizzando i suoi registri, le sue periferiche e tutto quello da cui era composto.

Per fare questo, il più delle volte ho potuto arraggiarmi da solo, ma a volte ho fatto capo ai tre e poi due assistenti presenti nel laboratorio SSL, per chiedere e discutere su certi argomenti riguardante il funzionamento delle periferiche del microcontrollore oppure per come poter realizzare una parte di codice in modo corretto.

Inoltre il lavoro mi ha permesso di dover pensare ad un sistema, che non abbiamo nessun problema a livello di esecuzione anche perché una volta che il TIsat-1 si troverà in orbita dovrà funzionare in modo autonomo.

Infine posso dire che ho realizzato un sistema di acquisizione dati e salvataggio per testare il TIsat-1 a Terra ed inoltre sono soddisfatto del lavoro svolto, anche perché ho approfondito le mie conoscenze sugli Embedded Systems, opzione che ho frequentato durante il terzo anno.

Piano di lavoro

Data	11 giugno	18 giugno	25 giugno	2 luglio	20 agosto	27 agosto	3 settembre	10 settembre
Settimana	24	25	26	27	34	35	36	37
Argomenti								
PARTE TEORICA								
Studio del fotovoltaico	x	x						
Studio delle batterie		x	x					
Modello efficienza pannelli fotovoltaici			x	x				
Conversione codice Tina in Matlab		x						
Studio MSP430			x	x	x			
Studio sensori					x	x	x	x
Studio gestione energia							x	x
Studio card reader				x				
PARTE PRATICA								
Realizzazione parte sensore tensione					x	x		
Test parte sensore tensione						x		
Realizzazione parte sensore corrente						x	x	
Test parte sensore corrente							x	
Realizzazione parte sensore temperatura						x	x	
Test parte sensore temperatura							x	
Realizzazione parte card reader					x	x		
Test parte card reader						x		
Test sistema completo	x	x	x	x	x	x	x	x
DOCUMENTAZIONE								

Bibliografia

- [1] McGraw-Hill: *Handbook of batteries third edition*, David Linden and Thomas B. Reddy
- [2] Mukund R. Patel: *Spacecraft power systems*, CRC Press
- [3] Wiley J. Larson and James R. Wertz: *Space mission analysis and design third edition*, Microcosm Press
- [4] Stefano Küng e Antonino Mazzaresse: *Lavoro di semestre - Sistema di alimentazione e gestione dell'energia per TIsat-1*, SUPSI
- [5] Andrea Crivelli e Roberto Pedretti: *Lavoro di semestre - TIsat-1 Power Management*, SUPSI

Allegati

- Codice Matlab per la simulazione dell'irraggiamento sulle facce del TIsat-1.
- Foglio Excel che calcola l'efficienza dei pannelli fotovoltaici.
- Codice per il microcontrollore MSP430F169.
- CD contenente la documentazione, gli allegati, i datasheet dei componenti usati e i documenti utili.