תיאור דרישות תוכנה מטע"ד ממ"ג – לוויין תבל

1. כללי:

* לוויין תבל הינו לווין 1U עם Bus סטנדרטי הכולל מחשב מוטס (OBC), מערכת חשמל (EPS) ומערכת תקשורת (TRXVU). הלוויין כולל מטען ייעודי (מטע"ד) המורכב משני כרטיסים בתקן CubeSat PC-104 לביצוע ניסויי מדידת קרינה וחלקיקים אנרגטיים במסלול SSO בפיתוח מחלקת סביבת חלל בממ"ג. המטע"ד כולל ארבעה ניסויים:
* ניסוי למדידת קרינה מצטברת (TID) - ניסוי ה-"RADFET".
* ניסוי למדידת הטמפרטורה בסביבת ה”RADFET”-.
* ניסוי ה-PIC32 SEL (Single Event Latch-up): ניסוי למדידת שטף חלקיקים אנרגטיים העלולים לגרום לקצר במעבד המטע"ד.
* ניסוי ה-PIC 32 SEU (Single Event Upset): ניסוי למדידת שטף חלקיקים אנרגטיים העלולים לבצע היפוכי ביט בחלק מזכרון ה-SRAM של מעבד המטע"ד –התקשורת בין המטע"ד ו- Bus הלווין מתבצעת באמצעות פרוטוקול I2C כאשר ה- Master הינו המחשב המוטס (OBC) והמטע"ד משמש כ- Slave.
* המטע"ד אחראי לביצוע הניסויים (המדידות) ולהעברת הנתונים ל-OBC בהתאם לדרישתו בזמנים קבועים ומוגדרים מראש ע"י המחשב המוטס.
* כתובת ה- I2C של המטע"ד תהיה 0x55 וקצב הנתונים לתקשורת הינו 100kHz.
* לכל ניסוי/קריאה של נתונים מהמטע"ד תוצמד חתימת זמן ע"י המחשב המוטס.
* הנתונים הנקראים מהמטע"ד יאגרו על כרטיס ה-SD שבלוויין ויאפשרו גישה מאוחרת להורדת נתונים ע"פ כתובת זיהוי שם הניסוי וטווחי זמן להורדת נתונים בעת מעבר מעל תחנת הקרקע.
* חתימת מיקום תהיה אפשרית בניתוח אוחר על הקרקע על בסיס נתוני TLE וחתימת הזמן.
* במטע"ד ממומש מנגנון Watchdog לביצוע אתחול כעבור זמן המוגדר להיות s32.768 במקרה של הפסקה תקינה בפעולת המטע"ד.
* קיימת אפשרות במטע"ד לביצוע איתחול תוכנתי (Soft Reset) יזום על ידי ה-OBC באמצעות פקודה יעודית של ה- I2C.
* הוכנה תשתית המאפשרת ביצוע שינויי תוכנה במטע"ד בצורה נוחה ע"י קונקטור צריבה ייעודי במטע"ד. בנוסף, פותחו חומרה ותוכנה ייעודיים המדמים את פעולת ה-OBC.

1. הוראות הפעלת הניסויים:
2. ניסוי למדידת קרינה מצטברת (TID) – ניסוי ה-"RADFET":
   * מתבצעת קריאה של שלושה רכיבי RADFET הממוקמים באיזורים בעלי רמות מיסוך שונות במטע"ד.
3. ניסוי למדידת הטמפרטורה בסביבת ה”RADFET”-:

* המטע"ד מבצע מדידה של הטמפרטורה. מדידה זו מתבצעת בחלקו התחתון של הכרטיס העליון של המטע"ד. הערך המוחזר מהמטע"ד יהיה מתח הפרופורציונאלי לטמפרטורה.
* **יש לבצע את ניסוי מדידת הטמפרטורה בסמיכות לביצוע ניסוי הקרינה המצטברת (TID).**

1. ניסוי ה-PIC32 SEL (Single Event Latch-up):
   * מעבד המטע"ד מונה את מספר ה-Power Cycles שחווה ושומר אותו בזכרון ה-FLASH שלו.
   * קריאת המונה של ה-Latch-up (LU) תתבצע בתחילת ההרצה מיד לאחר התייצבות המתחים בלוויין. קריאה נוספת תתבצע בהתאם לטבלה 1.
   * פרט למונה ה-LU שנקרא מהמטע"ד, הלוויין צריך גם להחזיר/לתעד את מספר **האתחולים** **היזומים** שהוא ביצע (עפ"י המונה ב-EPS) על מנת שנוכל להחסיר אותם ממונה ה-LU.
2. ניסוי ה-PIC 32 SEU (Single Event Upset):
   * בעת איתחול המטע"ד זכרון ה-SRAM שיוקצה לניסוי הנ"ל ייכתב ב-‘0’.
   * נפח זיכרון ה-SRAM שיוקצה לניסוי הנ"ל יהיה 48,000 ביטים. המטע"ד יקרא את הזיכרון ויחזיר למחשב הראשי את מספר הביטים שהתהפכו מ '0' ל-'1'.
   * לאחר ביצוע קריאת זיכרון ה-SRAM, המטע"ד יבצע איתחול לזכרון הנ"ל ל-‘0’.
3. להלן סיכום זמני הדגימה של הניסויים במטע"ד:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| שם הניסוי | זמן החישוב במטע"ד | קצב דגימה של המחשב הראשי |
| קרינה מצטברת (TID) | 1.25 s | כל 15 דקות |
| מדידת טמפרטורה | 845 ms | כל 15 דקות |
| PIC32 SEU | 100 ms | כל 20 שניות |
| PIC32 SEL | 10 ms | כל 20 שניות |

טבלה 1 - זמני החישוב והדגימה של הניסויים במטע"ד

1. פירוט פקודות וטלמטריות הנתמכות ע"י המטע"ד:

המטע"ד תומך בסט פקודות לביצוע מדידות הניסויים השונים, איפוס Watchdog וביצוע אתחול תוכנתי.  
אופן הפנייה למטע"ד תתבצע באופן הבא: המחשב הראשי ישלח פקודה למטע"ד להכין את תוצאות הניסוי בהתאם לטבלה מספר 2 (Master write). בשלב הבא הOBC- ישלח פקודה ייעודית לקריאת נתוני הניסוי האחרון שבוצע (Master read). הטלמטריה המתקבלת תשקף את תוצאות הקריאה המתאימות לנקודת הזמן בה נשלחה פקודת ביצוע הניסוי .(Master write) נקודת זמן זו תיהיה שונה מנקודת הזמן שבה התבצעה בקשת הקריאה (Master read).

סט הפקודות בהן תומך המטע"ד מפורט בטבלה מס' 2.

ניהול המטע"ד יתבצע באופן הבא:

1. שליחת פקודה ייעודית למטע"ד מה-OBC עפ"י סט פקודות המופיע בטבלה מס' 2 (Master write).
2. המתנה של X שניות (תלוי ניסוי).
3. שליחת OPCODE קריאה (Master read).
4. קריאת מספר הבתים הצפוי בהתאם לפקודה הרצויה, במבנה הבא:
   * 0xabcd [command opcode] [status]
   * Returned data

Status: 0x00= Data Ready

0xFF= Data Not Ready

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Command**  **Name** | **Command**  **Opcode** | **Operation** | **Returned data** |
| *Clear\_watchdog* | 0x3F | Clear watchdog timer |  |
| *soft\_reset* | 0xF8 | Software reset |  |
| *PIC\_SEL*  *(Master write)* | 0x66 | Read the total PIC32 resets due to power cycling, watchdog reset and soft reset. | Data(1) = Counts of Latch-Up (32 bits)  Data(2) = Backup of Latch-Up counts (32 bits) |
| *PIC\_SEU*  *(Master write)* | 0x47 | Count how many bits in the SRAM memory of the PIC32 changed. | Data(1) = SEU Counter (32 bits) |
| *Radiation*  *(Master write)* | 0x33 | Read RADFET voltages | Data(1) = ADC conversion RADFET1 (32 bits)  Data(2) = ADC conversion RADFET2 (32 bits) |
| *Temperature*  *(Master write)* | 0x77 | Measure the Temperature by reading the voltage of LM134H | Data(1) = ADC conversion V Read (32 bits) |
| *Debugging*  *(Master write)* | 0x32 | Send 12 Bytes of known data | Data(1) = 0x3800  Data(2) = 0x3200  Data(3) = 0x3500 |
| *Master Read* | 0x45 | Send the data of the last task performed | Send the last measurement test |
| *Undefined\_Opcode* |  | Undefined opcode was received | Data(0) = abcdffff |

טבלה 2 - סיכום הפקודות שמטע"ד מבצע

1. הערות נוספות:

* יש לבצע הערכה של כמות המידע שתיאגר מהניסויים המדעיים בחליפה/יממה.
* צריכת הזרם של ה 32PIC היא 32mA, צריכת המטע"ד כולו משתנה עם ביצוע המדידות עד ל 150mA .
* שלושת הביטים האחרונים (MSB) במוצא ה ADC הינם ביטי מצב:

ביט 31 – "1" כאשר ה ADC עוד דוגם, ו "0" כאשר סיים.

ביט 30 – תמיד ”0".

ביט 29 – ביט חיוביות – בכל הניסויים הנ"ל יהיה "1" במצב תקין.

לכן3 ביטי ה-MSB של ה -ADC יהיו (בתצוגה הקסדצימלית) בספרות 2 או 3 במצב תקין.