



本期內容

- 專題報導：太空碎片減緩機制與標準介紹
低地球軌道衛星軌道壽命估算
新世代高效能供電航太級 Xilinx FPGA
- 活動預告：iCASE2021
低軌道衛星通訊課程
太空環境驗測課程
第三屆衛星工作坊
- 會報報告：徵稿說明

發行人：吳宗信

編輯群：黃楓台、梁尹綺

專題報導

太空碎片減緩機制與標準介紹

文/國家太空中心黃楓台

一、緣起

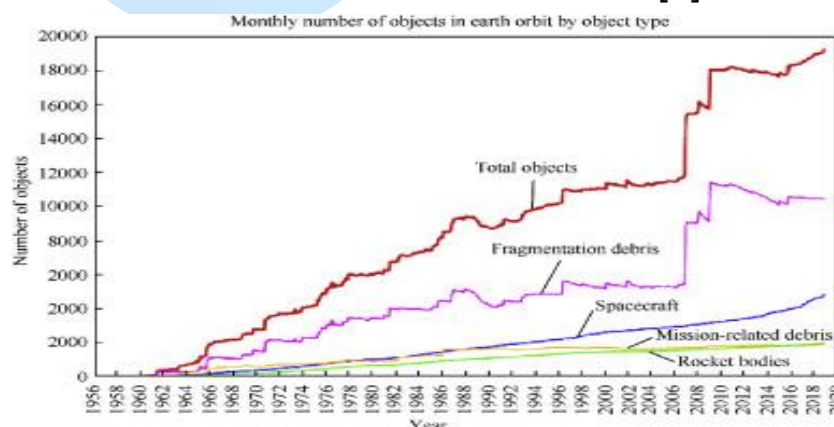
「太空發展法」第六條明白指出台灣的太空發展應以環境保護及永續發展為原則，確保國內、國際及太空之環境安全，減少對環境之不利影響，這顯示我國太空的發展，不僅要注意到地面環境保護的問題，也涵蓋了太空的環境，特別是太空碎片(或太空垃圾)減緩的問題，是台灣未來太空發展必須面對的課題。國際間，不論是跨國組織，例如聯合國或是機構間太空碎片協調委員會(Inter-Agency Space Debris Coordination Committee，以下簡稱 IADC)或是國際標準化組織(International Organization for Standardization，以下簡稱 ISO)，亦或是各國在太空活動的相關規定，皆有減緩太空碎片的規範，也因此我國將來擬定太空碎片減緩審查機制亦應參考國際間的相關規範來執行。本文主要蒐集聯合國、IADC 以及 ISO 有關太空碎片減緩的相關指導、規定或具體做法，以作為台灣後續訂定發射載具與太空載具審查基準的參考。

二、太空碎片現況及影響

2.1 太空碎片定義與趨勢

所謂太空碎片或是俗稱的太空垃圾，是指在地球軌道上或重新進入大氣層不具功能的人造物體，包括碎片和其部件[1][2]。

隨著人類太空活動的快速增加，留在太空中的軌道碎片對太空環境的威脅越來越大。截至 2019 年 5 月底，美國太空監視網(US Space Surveillance Network)正式登錄地球軌道上的物體數量接近 20000，這其中大部分是破裂的碎片(fragmentation debris)，現役的太空載具數目僅不到四分之一，太空碎片的成長趨勢，如圖一示。而尺寸小於 10 公分的較難追蹤的碎片，則達到 4000 萬以上[3]。



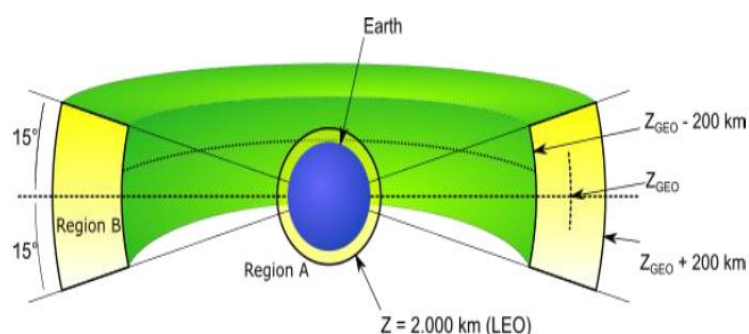
圖一：太空碎片成長趨勢 圖片來源：[3]

2.2 凱斯勒現象 (Kessler Syndrome) 或碰撞級聯效應[4]

美國 NASA 科學家唐納德·凱斯勒 (Donald J. Kessler) 1978 年提出的一種理論假設。他假設當在近地球軌道運轉物體的密度達到一定程度時，將讓這些物體在碰撞後產生的碎片能夠形成更多的新撞擊，形成級聯效應，這意味著近地球軌道將被危險的太空碎片所佔據。進而失去能夠安全運行的軌道，可能導致好幾個世代內無法進行太空探索和以及運用人造衛星。

2.3 太空保護區域

為了太空環境的安全和永續利用，IADC 的「太空碎片減緩指引」(Space Debris Mitigation Guidelines) 規範兩個需要保護的軌道範圍：一是軌道高度 2,000 公里以下的低地球軌道(Low Earth Orbit，以下簡稱 LEO)，另一是軌道高度介於 35,786±200 公里的地球靜止軌道(Geostationary Orbit，以下簡稱 GEO)範圍[2]，如圖二所示。



圖二：太空保護區域 圖片來源：[2]

三、國際間太空碎片機制

3.1 聯合國 和平利用外層太空委員會太空碎片減緩指引[1]

聯合國和平利用外層太空委員會於 1999 年發布《關於太空碎片的技術報告》，逐漸喚起人們對於太空碎片潛在危害在軌道運行太空載具的認識。西元 2010 年聯合國根據 IADC 的技術內容和基本定義，並參考聯合國外空條約和原則，制定了一套建議的指引文件。該份文件包含七項指引：

- 限制常規(normal)操作期間碎片(debris)的釋放。
- 最大限度地減少操作階段爆裂的可能性。
- 最大限度減少在軌意外碰撞的機會。
- 避免故意毀壞或有害的活動。
- 最大限度減少在任務後因儲存的能量導致爆裂的可能性。

- 在任務結束後，限制在 LEO 區域的太空載具和發射載具入軌火箭節的長期存在。
- 在任務結束後限制太空載具和發射載具入軌火箭節在 GEO 區域的長期干擾。

3.2 IADC 太空碎片減緩指引[2]

IADC 是經由各國政府授權太空機構間的實體國際論壇，負責協調太空中人為和自然碎片問題有關的活動。IADC 的主要目的是在成員國太空機構間交換有關太空碎片研究活動的資訊，以促進各國在太空碎片研究方面合作的機會，同時審查進行中合作活動的進展，並確定減少碎片的方案。IADC 於 2020 年發布第二版的太空碎片減緩指引，該文件提出四項主要減緩措施，包括：

- 限制常規操作期間碎片的釋放
- 降低在軌爆裂的可能性
- 後任務棄置
- 避免在軌碰撞

3.3 ISO 太空碎片減緩標準[5][6]

就在 2002 年 IADC 發布第一版的太空碎片減緩指引後不久，ISO 也成立一個工作組，該小組將 IADC、聯合國等的指引和最佳做法轉變成一套關於太空碎片減緩的國際標準。

ISO 標準是以分層架構來表現，所有頂層的碎片減緩要求都包含在頂層的標準 ISO 24113(太空系統—太空碎片減緩要求)中。這是最重要的碎片減緩標準。在分層架構中，低於 ISO 24113 的其餘標準，則是描述符合 ISO 24113 的詳細要求和實施措施。這些文件涵蓋所有太空載具和入軌火箭節碎片減緩的各個層面，包括後任務棄置、防止在軌爆裂、軌道壽命估算、限制再入風險以及評估撞擊的生存能力等。ISO 24113 分層架構，如圖三所示。



圖三：2019 版 ISO 24113 分層架構 資料來源：[6]

四、結論與建議

誠如前言所述，太空發展法通過後，我國有關發射載具與太空載具的發射必須注重太空環境保護，而相關審查也必須依循國際規範。也因此本文收集聯合國、IADC 以及 ISO 對於太空碎片減緩指引或是相關論文，以瞭解國際間在太空碎片減緩的相關規範，以做為我國後續訂定相關規範的參考。

◆參考資料

[1] Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space

[2] IADC Space Debris Mitigation Guidelines, v.2 2020

[3] Di-qi- Hu, et.al, Survivability assessment of spacecraft impacted by orbit debris,

[4] Wikipedia,

https://en.wikipedia.org/wiki/Kessler_syndrome

[5] Hedley Stokes, et.al., Status of the ISO Space Debris Mitigation Standards, 7th European Conference on Space Debris, 2017

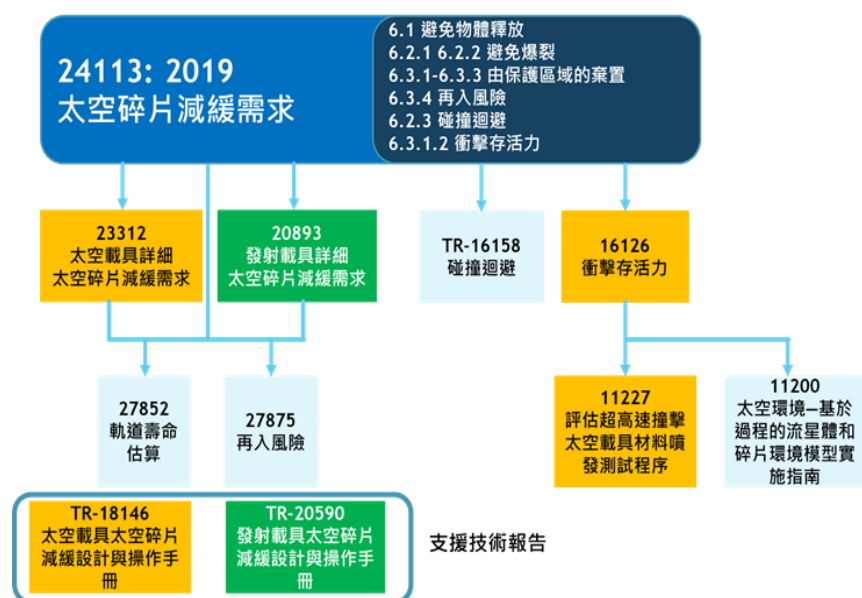
[6] H. Stokes, et.al., Evolution of ISO' s Space Debris Mitigation Standards, First Int'l. Orbital Debris Conf. (2019) 6053

低地球軌道衛星軌道壽命估算

文/國家太空中心黃楓台

一、緣起

機構間太空碎片協調委員會 (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee，以下簡稱 IADC) 在其所發布太空碎片減緩指引中第 5.3.2 節 物體通過 LEO 區域一節提出建議：停留在低地球軌道的時間為 25 年或是更短的時間。也因此如何在衛星發射前估算衛星在低地球軌道的軌道壽命成為一個重要的課題。另外，國際標準化組織 (International Organization for Standardization，以下簡稱 ISO) 將 IADC，聯合國等的指引和最佳做法轉變成一套關於太空碎片減緩的國際標準，稱為 ISO 24113，其分層架構，如圖一所示。在這分層架構，ISO 將軌道壽命估算定為其中一個標準 (ISO 27852)，該標準描述估算低地球軌道衛星、發射載具入軌火箭節及其相關碎片的軌道壽命的過程。



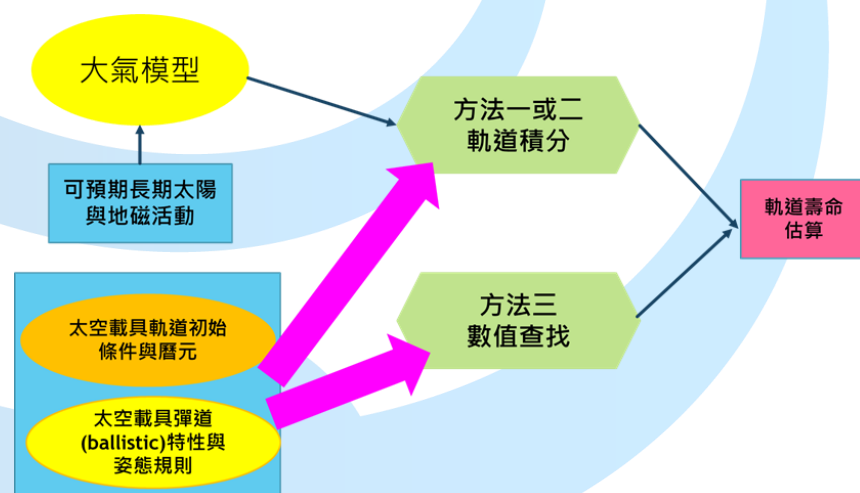
圖一：2019 版 ISO 24113 分層架構 資料來源：[1]

二、ISO 27852¹介紹與使用

用於估算軌道壽命的方式有三種包括：(1)高精度數值積分；(2) 半解析軌道積分；以及(3) 數值表查找、分析和擬合方程評估。本文主要關注於高精度數值積分的方法及其參數的選擇。

2.1 軌道壽命估算程序

軌道壽命估算程序，首先必須選擇使用的大氣模型、決定太空載具的初始條件與姿態規則等，然後進行軌道數值積分，獲得軌道壽命估算值，如圖二所示。



圖二：軌道壽命估算程序[2]

2.2 高精度數值積分法

高精度數值積分法是在笛卡爾坐標系下，對所有作用太空載具上的加速度項直接進行數值積分，這些加速度項包括：夠詳細的重力模型、第三體效應、太陽輻射壓力、姿態規則或氣動扭矩驅動的姿態扭矩，以及基於功角隨相對風變化的詳細衛星彈道係數模型等。

¹ 本備忘錄是依據 2010 年版 ISO 27852:2010(E)摘要而成，最新版須另外付費取得

這種方式雖然可以對軌道壽命進行較精準的估算，但是也有一些缺點，例如：(1)需要大量的計算時間；(2)不可能獲得要實現完全精確計算所需許多詳細的輸入資料；(3)軌道壽命預測精度的提高，往往被大氣建模的固有不準確度和長期太陽活動預測/估計的不準確度所抵銷。

使用方法 1 軌道壽命估算，應使用公認的大氣模型和平均彈道係數，考慮 J_2 和 J_3 擾動和阻力。在高遠地點軌道，例如地球同步轉移軌道，的情況下，還應考慮太陽和月亮的第三體擾動。

2.3 主要參數選擇

2.3.1 大氣密度模型

大氣密度模型有很多種，為了精確度，應避免使用僅以高度為函數的大氣模型（例如：指數大氣模型）或不包含太陽活動變化的模型，因為它們忽略太多大氣密度變化而失去足夠準確度。ISO 鼓勵使用更新的大氣模型，因為它們包含更多的大氣阻力資料，作為其基本假設的基礎。儘管該標準並未規定分析人員應使用哪種大氣模型，但鼓勵讀者從現有和即將推出的 ISO 標準和 CIRA 工作組（例如 CIRA-2008）建議中尋求大氣模型指引。可以考慮的模型包括，但不限於 NRLMSISE 00、JB2006、JB2008、GRAM-07、DTM-2000 和 GOST 等。

2.3.2 彈道係數

彈道係數 $\beta = (\text{阻力係數 } C_D) * (\text{物體橫截面積}) / \text{物體質量}$

• 空氣阻力係數

阻力係數 C_D 取決於衛星的形狀和空氣分子與其碰撞的方式，但是對於典型的太空載具，阻力係數 C_D 選擇 2.2 是合理的。分析人員可以根據衛星形狀考慮 C_D 變化。然而，對於長期軌道壽命估計， C_D 隨軌道高度的變化可以安全地忽略，因為軌道壽命百分比誤差將非常小，因為採用了 2.2 值的平均效應。

• 橫截面積估算

在進行任務分析時，無法預測太空載具每一個時間點的姿態，因此使用者可以計算太空載具的平均橫截面積來使用。假設太空載具的姿態相對於速度方向會均勻的變化，也就是說所有可能的姿態以相同的機率在相同的時間內實現，平均橫截面面積可以藉由太空載具姿態的均勻分佈上對橫截面面積進行積分而獲得的。

若沒有更詳細的模型，可以使用複合平板模型。例如，對於面積為 S 的平面片，可以證明平均表面積在平均所有可能的視角時為 $S/2$ ；依此可以進一步推廣，對於平行六面體形狀的太空載具， S_1 、 S_2 、 S_3 是三個表面積，可以證明這個平均表面積是 $(S_1+S_2+S_3)/2$ ；如果增加 S_4 太陽能電池陣列表面，則平均表面積為 $(S_1+S_2+S_3+S_4)/2$ （忽略太陽能電池陣列和太空載具間任何可能的掩蔽）。

2.4 其他注意事項

對於太陽同步軌道，由於密度隨當地太陽角度的變化，軌道壽命對升交點赤經的初始值有一定的敏感性。因此，在估算太陽同步軌道的壽命時，應該要使用實際太陽同步軌道條件。

對於高離心率軌道，由於離心率會與第三體擾動和阻力衰減間耦合，很難迭代到壽命門檻值的約束。由於這種收斂困難，當確定達到此類軌道指定壽命門檻值的初始條件時，應僅用方法 1 來分析。

三、結論與建議

國際標準化組織 ISO 針對軌道壽命估算提供了一個估算流程、相關參數選擇的指引與相關注意事項。未來太空中心或是國內相關業者在進行太空載具審查時亦應提供後任務棄置處理方式，而軌道壽命估算方式建議應該遵循 ISO27852 標準提供相關資料，以昭公信。

◆參考資料

- [1] H. Stokes, et.al., Evolution of ISO' s Space Debris Mitigation Standards, First Int'l. Orbital Debris Conf. (2019) 6053
- [2] ISO, ISO 27852:2010(E) Space systems — Estimation of orbit lifetime, 2010

新世代高效能供電-航太級 Xilinx FPGA

文/德州儀器工業股份有限公司

摘要

航太產業目前正朝各種面向進行前所未有的擴張。太空船在低地球軌道、中地球軌道或地球同步軌道的部署量快速增加。太空船數量的持續增加，其中的先進架構帶來大量新科學儀器。對許多系統而言，電源是其首要的設計限制；為了在相同或甚至更低的功率預算下提高效能等級和縮小體積，使設計更加具有挑戰。

Xilinx 強大的 20-nm Kintex UltraScale™ XQRKU060 耐輻射現場可編程邏輯閘陣列 (FPGA)，可為您實現整個全新系統架構。XQRKU060 對飛行中可重新編程系統具備支援能力，讓衛星操作人員能夠為衛星基本功能重新配置組態，此功能是目前固定功能實作方式無法辦到的。除了增加靈活程度，XQRKU060 也可提升數據處理能力，幫助降低數據傳輸成本。這些新架構也可支援人工智慧應用，讓衛星不需滿足一般地面檢視要求，即可在本機處理影像或雷達數據，進而提升任務反應能力與即時處理。

1、XQRKU060 供電：主要挑戰

因效能較高，視編程能力 (時脈頻率、邏輯元件使用) 而定，FPGA 所需的總晶片功率可高達 30W。晶片核心電壓 VCCINT 需求佔此功率很大比例。在 0.95-V 額定電壓 (確切值請參閱 [XQRKU060 產品規格書](#) 與 [XilinxPower Estimator \[XPE\]](#)) 下，視部署位元流而定，此功率可轉為 25 A 電流。此外，由於先進 XQRKU060 處理節點技術，因此 VCCINT 電壓電力容忍度要求十分嚴格，此容忍度包含電力效能與輻射效應。有鑑於此，必須採用不同方式為 XQRKU060 等裝置供電，才能滿足裝置成功運作的容忍度要求。我們將這些挑戰分為 DC 與 AC 調節兩類。

2、DC 調節

其中一個與 DC 調節相關的明顯因素，是供應 VCCINT 的轉換器 DC 設定點準確度。DC 準確度視轉換器內部參考準確度、轉換器使用的被動元件 (例如回饋電阻器) 及印刷電路板配置 (例如歐姆壓降) 等因素而定。

在這些因素中，轉換器內部參考就佔了 FPGA 製造商指定的電壓準確度中很大一部分。但在計算內部參考準確度時，應採用可代表應用方式。例如溫度會對參考的電壓漂移造成顯著影響，因此應計算裝置在執行任務期間暴露的溫度範圍準確度。此範圍通常介於 -40°C 至 +90°C，比航太級裝置特性分析使用的 -55°C 至 +125°C 標準軍用溫度範圍小。德州儀器的 [TPS7H4001-SP](#) 在整個軍用溫度範圍的各種電力與輻射條件下，可提供準確度 $\pm 1.5\%$ 的內部參考。透過溫度係數 (0.1 mV/°C) 簡易計算，可看到在實際應用 (-40°C 至 +90°C) 中，內部參考的準確度約為 $\pm 1.1\%$ 。此外也必須將可能影響 DC 調節的輻射效應納入考量。

DC 調節通常僅指供應 VCCINT 的轉換器 DC 設

定點準確度。由於在航太應用中的運用，XQRKU060 與為其供電的轉換器皆採用陶瓷封裝。陶瓷封裝可提供密封，但也帶來商業級裝置沒有遇到的獨特挑戰，其中包含因封裝中使用的材質，而造成體積與電阻都較大。以 XQRKU060 來說，陶瓷封裝電阻對 DC 調節的影響會隨電流增加而變大，電流也因使用的位元流而有所不同。為解決電阻較大的問題，XQRKU0 共提 VCCINT_SENSE 與 GND_SENSE 兩個針腳。圖 2-1 說明 TPS7H4001-SP 與 XQRKU060 感測針腳間所需的連接，並簡單說明 VCCINT 與 GND 的內部封裝電阻。

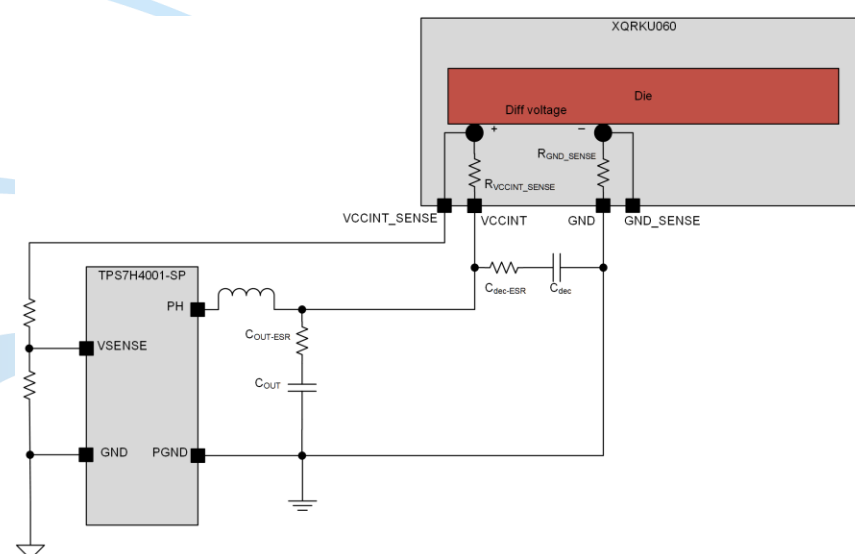


圖 2-1。XQRKU060 與 TPS7H4001-SP 的感測連接

由於 TPS7H4001-SP 不提供 GND 感測針腳，若只使用 XQRKU060 中的 VCCINT_SENSE 針腳進行回饋訊號 (VSENSE) 傳輸，將可補償封裝電阻 RVCCINT_SENSE 產生的壓降，如圖 2-1 所示。若不使用 GNDSENSE 針腳進行調節，則需考慮少許電阻。XPE 可提供準確 VCCINT 值以將此少量電阻納入考量。若未使用，您可將 GNDSENSE 針腳繞接至用的測試點或讓其保持浮動，如 XQRKU060 產品規格書中所述。隨著 TPS7H4001-SP 提供的電流增加，XQRKU060 晶粒內部壓差可能會降低，視內部 RGND_SENSE 電阻而定。圖 2-2 說明 VCCINT 電流間的關係，以及內部封裝電阻兩個不同假設值的不同針腳電壓。兩者都假設額定 VCCINT 電壓為 0.95 V。

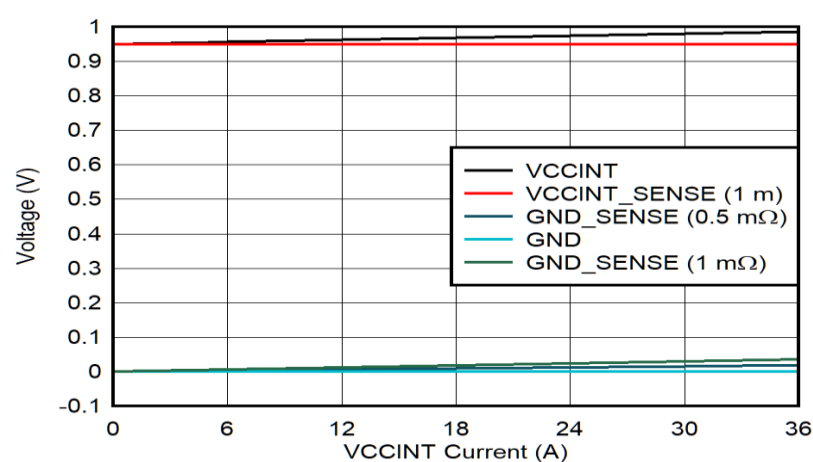


圖 2-2。感測針腳得到的 XQRKU060 針腳電壓

圖 2-2 第一個情境假設 RVCCINT_SENSE 與 RGND_SENSE 的電阻值皆為 1 mΩ。在此情況下，您可看到 VCCINT_SENSE 電壓保持在 0.95 V(紅色虛線)·GND_SENSE 電壓(黑色虛線)則隨 VCCINT 電流增加而上升。因使用的針腳和平面數較多，在陶瓷封裝中 GND 訊號與平面的電阻通常最小。

因此，圖 2-2 也說明 RVCCINT_SENSE = 1 mΩ 但 RGND_SENSE = 0.5 mΩ 的範例。在此特定情況下，GND_SENSE 電壓(藍色虛線)隨 VCCINT 電流的增加在 RGND_SENSE = 1 mΩ 時會少很多。我們必須再次強調，在使用 XPE 時，即使是這麼低的 RGND_SENSE 值都會在指示的確切 VCCINT 值中進行補償。

圖2-3說明兩個情境對XQRKU060晶粒中差分電壓的影響。您可看到，當RVCCINT_SENSE = RGND_SENSE = 1 mΩ，XQRKU060晶粒中的差分電壓在VCCINT電流達36 A時會降至0.914V。但當RVCCINT_SENSE = 1 mΩ 但 RGND_SENSE = 0.5mΩ時，當VCCINT電流達36 A時，差分電壓只會降至 0.932 V。雖然兩個情境間的18-mV差異不高，但可轉為 3.7% (VCCINTdiff = 0.914 V) 與 1.9% (VCCINTdiff = 0.932 V)DC調節容忍度(從 0.95-V 額定電壓)，在VCCINT電壓容限要求方面的差異算是十分顯著。

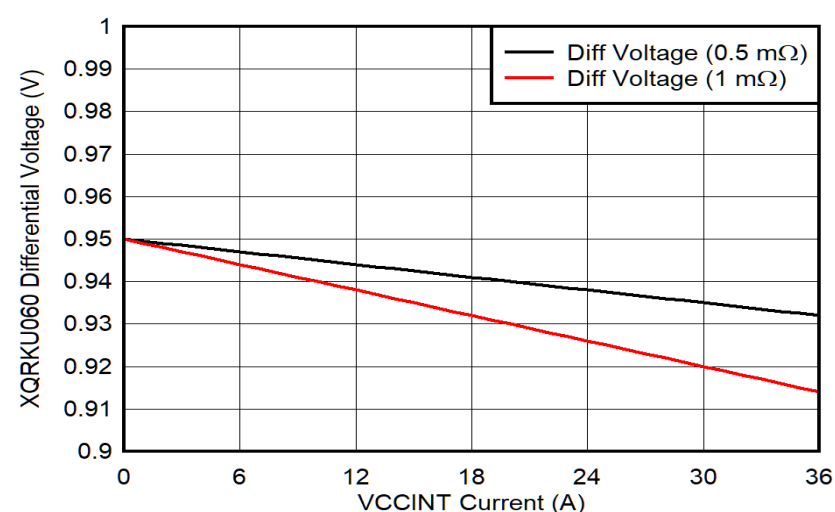


圖 2-3。兩個不同 RGND_SENSE 值的 XQRKU060 差分電壓

3、AC 調節

AC 調節與 VCCINT 電軌中的負載瞬態有關。這些負載瞬態依 FPGA 中使用的編程碼而有顯著不同。因此，我們建議以盡量避免嚴重瞬態的方式來編寫程式碼，換句話說，即避免在 FPGA 一次使用大量邏輯元件。負載瞬態會一直存在，但您必須適當處理才能滿足相關規範的要求。由於部分瞬態（部分在每

奈秒安培數範圍中具高壓擺率) 的特性，轉換器對瞬態產生壓降的反應可能不夠快速。在此情況下，使用 Xilinx 建議的去耦電容器便非常重要 (有關不同瞬態情境下的去耦電容器詳細資訊，請參閱 XQRKU060 產品規格書)。這些去耦電容器不包含在 FPGA 封裝中一般所含的內部去耦電容器內。圖3-1說明微秒範圍內約 7-A 負載瞬態的範例。

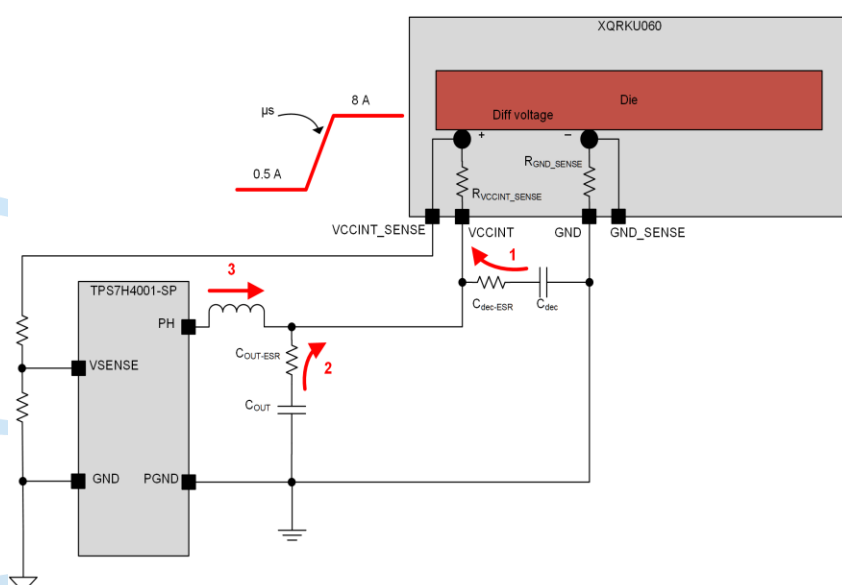


圖 3-1。因負載瞬態造成的 AC 調節回應

內部與外部去耦電容器一開始會對電流增加做出回應。外部去耦電容器的尺寸根據 XQRKU060 產品規格書建議，可滿足最糟情況下的預期瞬態，因此可適當處理瞬態。為因應 FPGA 在消耗去耦電容器後仍需額外電流的情況，轉換器的輸出電容在轉換器能夠回應前會持續提供電流。請務必分別為各應用選擇轉換器的交越頻率與對應回饋補償。

4、輻射效應

除了DC與AC調節外，我們也建議考量任何轉換器產生的輻射效應，以滿足XQRKU060的容忍度需求。這些輻射效應包含電離總劑量(TID)與單粒子瞬態(SET)。TID可能會在轉換器的內部參考產生漂移，進而影響DC調節。TPS7H4001-SP額定值最高可達 100 krad(Si)，在暴露於100 krad(Si)後，德州儀器會進行各種規格測試以滿足產品規格書的限制。TPS7H4001-SP的內部參考顯示對TID的敏感度非常低，在 100 krad(Si) 下最大漂移為 2 mV (~0.3%)。重離子(SET)產生的瞬態預測性不如TID，對調節可能會造成顯著的負面影響。對瞬態敏感性高、會關閉轉換器輸出或超過XQRKU060最大調節要求的轉換器，可能會嚴重影響FPGA效能。

此外，較大的正瞬態可能也會對FPGA造成損壞。TPS7H4001-SP經過完整特性分析，適合線性能量轉移高達 75 MeV-cm²/mg 的 SET，且在 SET 數量

較低 (PVIN = 5 V · VIN = 5 V 時 <10) 的情況下，當頻率為1千萬離子/cm2 時且輸出電壓超過±3% 時，有更具彈性的效能表現 (詳情請參閱 TPS7H4001-SP的單粒子效應測試報告)。

此現象可進而使SET截面積縮減至每裝置 $2.18 \times 10^{-7} \text{cm}^2$ (PVIN = 5 V · VIN = 5 V)。由於具備這樣的SET效能與100 krad(Si) TID額定值，讓TPS7H4001-SP成為可為 XQRKU060 供電的可靠轉換器。

5、ADA-SDEV-KIT2 平台

運用 Alpha Data Parallel Systems 的 ADA-SDEV-KIT2 平台，您便可評估德州儀器的 KU060 (商業封裝) 與航太額定功率解決方案。此平台也可透過其 FPGA 夾層介面卡連接器，讓您測試 KU060 與其他裝置 (例如高速類比轉數位轉換器) 的互動。

圖 5-1 說明 ADA-SDEV-KIT2 圖示。



圖 5-1。KU060 的 ADA-SDEV-KIT2 平台

為測試 TI 電源供應器在 ADA-SDEV-KIT2 平台上的效能，德州儀器與 Alpha Data Parallel Systems 運用 [ADA-SDEVKIT2](#) 套件修訂版，以 XQRKU060 (陶瓷封裝) 取代 KU060 (商業封裝)，來執行大量測試。

測試主要集中在兩個面向：

- 評估 XQRKU060 陶瓷封裝行為，並將其與本文中討論的 GND 針腳電阻預期相關聯。
- 在 DC 與 AC 情況下驗證表 5-1 中顯示的方法 (未使用 GND_SENSE 針腳)。為驗證第一個面向，測試主要著重於運用兩種不同位元流計算 RGND_SENSE，來測量 GND_SENSE 針腳電壓。產生位元流時，VCCINT 電軌電流必須夠大，FPGA 才能在 GND_SENSE 針腳產生電壓。表 5-1 列出這兩種位元流的主要特性。所有量測都在 DC 條件下進行。

		1 號位元流	2 號位元流
時脈速率		13% · 150 MHz	7% · 200 MHz
邏輯元件使用		81%	24%
區塊隨機存取記憶體使用		0	47%
數位訊號處理器使用		0	19%
Gigabit 收發器使用		0	0%
尖峰 VCCINT 核心電流		≈9 A	≈25 A
XPE VCCINT 電壓	最小值	0.917 V	0.922 V
	最大值	0.993 V	0.998 V

表 5-1。用來評估 ADA-SDEV-KIT2 中 XQRKU060 的位元流

針對電阻計算，TPS7H4001-SP 中的 COMP 針腳電壓對應表 5-1 中的各位元流進行電流概估，結果約為 9 A 與 25 A。COMP 針腳電壓會與裝置功率級的尖峰輸出電流相關。這些電流概估值也與從 XPE 取得的 VCCINT 和 VCCINT_IO 電流結果非常一致 (VCCINT 與 VCCINT_IO 在 XQRKU060 內部連接，如產品規格書中所示)。測試後的數據在約 9-A 與 25-A 位元流下分別得到 0.25 mΩ 與 0.36 mΩ RGND_SENSE 值。此結果與預測結果一致，因使用的針腳和平面數較多，因此在陶瓷封裝中 GND 訊號與平面的電阻通常最小。

根據 XPE 與 Vivado 軟體的驗證結果，所有測試案例都符合 XQRKU060 中 VCCINT 的DC 調節規範。將 1 號位元流寫入 ADA-SDEV-KIT2 內部組態快閃記憶體以驗證 AC 調節。FPGA 會被清除，再從常數迴路中的快閃記憶體進行配置。連接至二極體的 FPGA DONE 訊號會成為觸發訊號，以擷取 AC 瞬態。

擷取到的訊號為 VCCINTGND、VCCINT_SENSE 與 GND_SENSE。前兩個訊號是在 FPGA 下的去耦電容器中擷取。SENSE 訊號則是透過提供與 VCCINT_SENSE 與 GND_SENSE 針腳連接的 FPGA 下之 0-Ω 電阻體積 (KU060 陶瓷封裝版本未提供) 進行擷取。為供參考之用，表 5-2 列出 ADA-SDEV-KIT2 中使用的 VCCINT 去耦電容器。此電容不包含 TPS7H4001-SP 使用的去耦電容器。

電容器值 (μF)	數量
680	3
100	5
47	13
4.7	10
1	16
0.22	55

表 5-2。ADA-SDEV-KIT2 中使用的 VCCINT 去耦電容器

在未編程狀態下，ADA-SDEV-KIT2 FPGA 中的 VCCINT 電軌會消耗約 0.5 A，代表每當進行 FPGA 配置或清除，都會發生約 8.5-A 的瞬態。表 5-2 說明與 GND 相關的 VCCINT 回應示波器數值，表 5-3 則說明與 ND_SENSE 相關的 VCCINT_SENSE 回應示波器數值。在兩種情況下，負載步進回應都符合 XPE 的 $\pm 38\text{-mV}$ 規範要求，如表 5-1 所示 (0.917 V-0.993 V)。

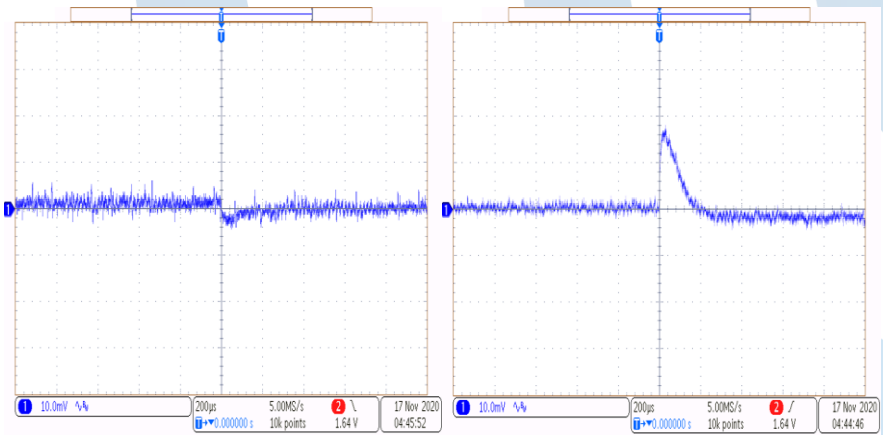


圖 5-2。使用 ADA-SDEV-KIT2 中 1 號位元流的 GND 相關 VCCINT 瞬態應。左側回應代表負載步進增加，右側回應則代表負載步進減少。

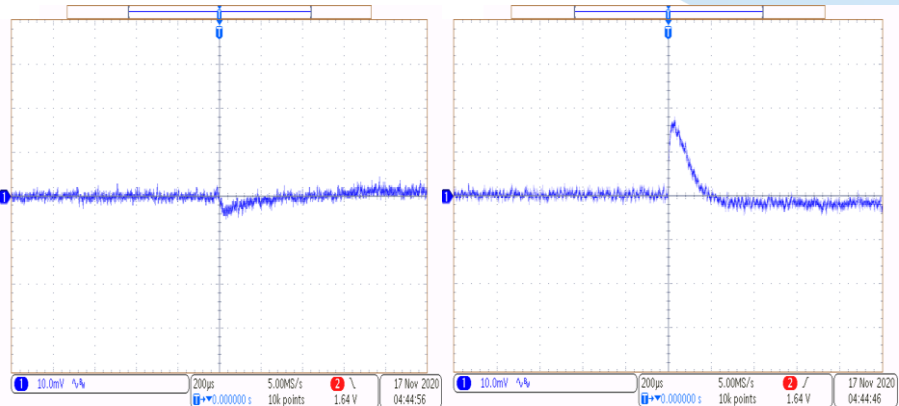


圖 5-3。使用 ADA-SDEV-KIT2 中 1 號位元流的 ND_SENSE 相關 VCCINT_SENSE 瞬態回應。左側回應代表負載步進增加，右側回應則代表負載步進減少。

6、結論

XQRKU060 是適合航太應用的高效能 FPGA，可在快速演變的市場中實現全新系統架構。由於其先進的運算能力，為 XQRKU060 供電必須考量多種情境與限制，才能滿足其電壓調節要求。這些情境包含 DC 與 AC 調節，以及輻射效應。透過將 TPS7H4001-SP 的輸出電壓配置為 XPE 指示的特定電壓，以及 VCCINT_SENSE 針腳連接，您便可有信心地獲得穩固且經過驗證的輻射強化電源供應器。

7、主要貢獻作者

德州儀器 (TI)：

- 航太電源產品系統經理 Javier Valle
- 德州儀器應用工程師 Adrian Helwig
- 航太電源產品應用工程師 Daniel Hartung
- 航太電源產品行銷工程師 Kurt Eckles

Xilinx：

- 員工技術行銷工程師 John Heslip
- 航太系統架構師 Troy Jones

Alpha Data Parallel Systems：

- 資深設計工程師 Stephen McKeown

活動預告

iCASE2021

11.16^{Tue} ▶ 11.18^{Thu}
HSINCHU, TAIWAN



iCASE2021

International Conference on
Astronautics and Space Exploration

Organizers

- National Space Organization (NSPO)
- Taiwan Space Industry Development Association

Venue

MicroInfo Research Center, International Conference Hall
National Yang Ming Chiao Tung University (NYCU),
Hsinchu, Taiwan

Program Themes

- SPACE TECHNOLOGY DEVELOPMENT
- VALUE-ADDED APPLICATIONS AND SERVICES
- DEEP SPACE EXPLORATION
- SCIENCE INNOVATION
- SPACE LAW AND POLICY GOVERNANCE
- SPACE INDUSTRY OPPORTUNITIES
- SPACE EDUCATION
- CUBESAT MISSION DESIGN CONTEST

Contact Information

- E-mail : ICASE2021@narlabs.org.tw
- Dr. Chen-Joe Fong TEL : 03-578-4208 #9202



iCASE2021
<https://www.nspo.nat.gov.tw/activity/ICASE-2021/>

由國家太空中心(NSPO)及台灣太空產業發展協會(TSIDA)共同主辦的國際太空探索研討會(International Conference on Astronautics and Space Exploration 2021, 簡稱 iCASE 2021) 訂於 2021 年 11 月 16 日至 18 日, 假國立陽明交通大學舉行, 舉辦地點在光復校區(新竹市東區大學路 1001 號)電子資訊大樓國際會議廳舉行。

本研討會共分成六個主題, 包括: 1. 太空科技發展、2. 資料加值應用與服務、3. 太空政策與治理、4. 台灣太空產業發展、5. 外太空探索及科學創新、6. 太空教育等六個面向, 是國內最大型的綜合性太空研討會, 希望藉此帶動國內不同領域的專家學者一起關注我國太空發展, 在技術面、政策面、法制面、產業面與教育面奠定堅實的基礎。本研討會也特別將在第一天以及第三天分別舉辦「(第三屆)立方衛星任務設計競賽」及「學生論文競賽」。

台灣「太空發展法」於 6 月 16 日公告, 今年的 iCASE 國際研討會將是台灣第三屆舉辦的大型綜合性太空研討會, 明年更將迎接國家太空中心成為行政法人機構後, 擴大為台灣太空週, 未來成為國內每年最重要的國際太空探索研討會及展覽會, 藉此吸引國際間的專家學者參加。

目前研討會相關議程、主題演講、論壇及贊助實體(及線上)攤位均陸續完成, 立方衛星創意設計競賽及學生論文競賽的入選參隊伍訊息, 也會在論文審核後, 10 月 28 日通知競賽者與會。

研討會相關訊息請詳閱網站:

<https://www.nspo.narl.org.tw/activity/iCASE/2021/>

低軌道衛星通訊課程



主辦單位: 國家太空中心

活動日期: 110 年 10 月 28 日 08:30-16:10 至 110 年 10 月 29 日 08:30-16:10 (第一場)

110 年 12 月 16 日 08:30-16:10 至 110 年 12 月 17 日 08:30-16:10 (第二場)

活動地點: 國家太空中心整測廠房 223/250 會議室
(新竹市東區展業一路 15 號)

報名連結:

第一場報名

https://www.nspo.narl.org.tw/sseo/product/personal_info.shtml?pid=P202102&hid=5VHHA6TttJ

第二場報名

https://www.nspo.narl.org.tw/sseo/product/personal_info.shtml?pid=P202103&hid=Mg29hsJBhc

課程內容:

時間	第一天	第二天
08:30~08:50	報到	報到
08:50~09:00	長官致詞	
09:00~10:30	太空環境-發射、太空物理 (太空中心 曾建凱)	衛星通訊系統整合與驗測 I (工研院資通所 蔡岳霖/顏世杰)
10:30~10:40	休息	
10:40~12:10	太空軌道概論 (太空中心 黃楓台 組長)	衛星通訊系統整合與驗測 II (工研院資通所 楊明達)
12:10~13:00	中餐與休息	
13:00~14:30	通訊酬載與地面通訊設備 I (資策會 曾巧靈)	衛星通訊系統整合與驗測 III (工研院材化所 李奕蟾/金屬中心 林祐廷)
14:30~14:40	休息	
14:40~16:10	通訊酬載與地面通訊設備 II (工研院資通所 蔡華龍)	衛星通訊系統整合與驗測 IV (金屬中心 顏翰銘) 測驗與參訪(太空中心 林志陽 副組長)

注意事項:

※報名人數最少 14 人最多 20 人。

※課程費用: 每人新台幣 5,800 元整。

※付款方式: 信用卡或匯款。

※請務必配合現場測量體溫、預先填寫自主健康聲明書, 授課中請全程佩戴口罩。

太空環境驗測課程



主辦單位: 國家太空中心

活動日期: 110 年 11 月 25 日 08:30-16:10 至 110 年 11 月 26 日 08:30-16:10

活動地點: 國家太空中心-整測廠房 223/250 會議室
(新竹市東區展業一路 15 號)

報名連結：

https://www.nspo.narl.org.tw/sseo/product/personal_info.shtml?pid=P202101&hid=eV6hFsCauq

課程內容：

時間	第一天	第二天
08:30~08:50	報到	報到
08:50~09:00	長官致詞	
09:00~10:30	太空軌道概論 (太空中心 黃楓台 組長)	太空驗測項目 (太空中心 曾坤樟)
10:30~10:40	休息	
10:40~12:10	太空環境介紹(含發射環境) (太空中心 曾建凱)	太空驗測項目 (太空中心 曾坤樟)
12:10~13:00	中餐與休息	
13:00~14:30	太空環境介紹(含發射環境) (太空中心 曾建凱)	太空中心測試設備介紹 (太空中心林志陽 副組長)
14:30~14:40	休息	
14:40~16:10	太空規範/規格 (太空中心 李宗平)	太空中心測試設備介紹 (太空中心林志陽 副組長)

注意事項：

※報名人數最少 14 人最多 20 人。

※課程費用：每人新台幣 5,800 元整。

※付款方式：信用卡或匯款。

※請務必配合現場測量體溫、預先填寫自主健康聲明書，授課中請全程佩戴口罩。

第三屆衛星科學工作坊

為推動我國衛星科學交流與發展，整合衛星科技資源與力量，促進產、官、學、研等各界夥伴協同合作，科技部自 2019 年起召開多次臺灣衛星科學策略規劃討論會、舉辦衛星科學工作坊，2020 年成立「臺灣太空科學聯盟」(Taiwan Space Union, TSU)作為 臺灣太空科學策略溝通平臺與智庫；今年度將於逢甲大學成立「臺灣太空科學聯盟中部辦公室」，增廣臺灣太空計畫的各界夥伴參與，促進衛星發展及與產業之鏈結。

同時 2021 年 11 月 5 日(五)至 11 月 6 日(六)將於逢甲大學辦理【第三屆衛星科學工作坊】，活動為期 2 天，由科技部、國家太空中心、臺灣太空科學聯盟、逢甲大學執行團隊及政府相關部會同仁共同參與，邀請全臺各大學及產業界太空領域相關研究人員齊聚一堂，進行衛星科學研究策略討論與推動，凝聚國內學者之共識，構建整體臺灣衛星科學研究發展藍圖，

拓展太空技術效益，帶動各項尖端技術研發創新，除工作坊之外，活動會場包含「產業展覽區」及「海報展示」，促進產官學研界深度交流。

活動說明

時間：2021 年 11 月 5 日(五)至 11 月 6 日(六)

地點：逢甲大學

主辦與協辦單位：

指導單位：科技部

主辦單位：臺灣太空科學聯盟(TSU)、逢甲大學地理資訊系統研究中心

協辦單位：台灣太空產業發展協會

報名及官方網站：

<https://ezsign.gis.tw/2021TSU/#firstPage>

會務報告

徵稿說明

協會歡迎會員各類型文章的投稿，包括太空產業相關活動、技術資訊、研究分享等。

投稿注意事項如下：

- 一、文章篇幅以不超過 2000 字為度，若有照片或附圖者請附說明及來源。
- 二、本電子報在不影響作者原意之前提下，保留對來稿格式與文字的刪改權。
- 三、稿件若有抄襲之情事，由作者自負文責。
- 四、稿件一經刊登，將依協會秘書處規定稿費支給標準奉致薄酬。
- 五、投稿請註明真實姓名、服務單位、聯絡電話、電子郵件信箱。
- 六、來稿一經刊登，其著作財產權即同意予台灣太空產業發展協會電子報，惟作者仍保有另行發表、自行集結出版、等個人權利。
- 七、投稿請以附加檔案方式，傳送檔案至 e-mail: liangemily@narlabs.org.tw。相關問題請洽詢台灣太空產業發展協會秘書處，電話：(03)578-4208 分機 7927 梁尹綺小姐。