



Sistema de control y determinación de actitud (ADCS BOARD)

Autor:

Ing. Valdez Gastón

Director:

Dr Amilcar Rincón Charris (Aerospace Laboratory)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 10 de octubre 2023 y el 5 de diciembre 2023.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
3. Propósito del proyecto	6
4. Alcance del proyecto	6
5. Supuestos del proyecto.	7
6. Requerimientos	7
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	8
8. Entregables principales del proyecto	9
9. Desglose del trabajo en tareas	9
10. Diagrama de Activity On Node.	10
11. Diagrama de Gantt	10
12. Presupuesto detallado del proyecto	10
13. Gestión de riesgos	10
14. Gestión de la calidad	11
15. Procesos de cierre	12

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	10 de octubre 2023
1	Se añade contexto en sección 1 Sección 4 se redacta la última oración Se redactan las secciones 5 a 9	11 de noviembre 2023

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 10 de octubre 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Valdez Gastón que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de control y determinación de actitud (ADCS BOARD)”, consiste en el diseño de un módulo electrónico de un sistema ADCS cuya funcionalidad es orientar de forma controlada un satélite denominado cubesat y tendrá un presupuesto estimado de 600 hs de trabajo y con fecha de inicio 10 de octubre 2023 y fecha de presentación pública 30 de septiembre de 2024.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Amilcar Rincon Charris
Aerospace Laboratory

Dr Amilcar Rincón Charris
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto, se realiza para el equipo PR-cunar2, perteneciente a la Universidad de Puerto Rico. Este equipo se dedica al desarrollo de la industria aerospacial. En este trabajo se desarrolla un módulo de hardware y software dedicado al control de la orientación de un satélite, que irá dentro de un satélite denominado cubesat.

Un cubesat es un satélite que posee una estructura de 10x10x10 cm y que posee un peso máximo de 1,33 kg. Los satélites cubesat permiten que distintos investigadores y entusiastas del espacio envíen satélites al espacio con un costo relativamente bajo respecto a otro tipo de soluciones. La construcción de un cubesat se realiza mediante módulos electrónicos ensamblados entre sí usando el bus conector denominado PC104.

Un módulo electrónico que es parte de un cubesat se denomina ADCS (Attitude determination control system), este es responsable de controlar y mantener la orientación del cubesat en el espacio. Este tipo de control permite que los instrumentos que se encuentren dentro del satélite se orienten en direcciones específicas. Por ejemplo puede orientar su antena hacia la tierra para que la comunicación con tierra tenga mayor fluidez.

Los sistemas ADCS tienen dos tipos de sensores: de posicionamiento o inerciales. Los primeros se relacionan con el conocimiento de la posición absoluta, es decir, requiere un conocimiento del entorno. Los sensores inerciales no requieren este tipo de conocimiento, sino que utilizan parámetros como velocidad angular o aceleración.

Estos sistemas no solamente deben realizar la lectura de los sensores, sino que actúan sobre el sistema para orientar el satélite en la posición deseada y mantenerla estable. Esta actuación se realiza mediante ruedas de reacción o torques magnéticos para realizar ajustes angulares cuando el satélite se encuentra orbitando la tierra.

Para generar el ajuste angular con el uso de ruedas de reacción o torques magnéticos, se debe conocer la posición y orientación en el espacio del cubesat. Una vez conocidos ambos parámetros, mediante un proceso denominado “algoritmo de fusión” produce la actuación sobre las ruedas de reacción o magnetorques para orientar al cubesat en la posición deseada.

Los sistemas ADCS se encuentran de forma comercial y existen empresas que proveen este tipo de soluciones para los cubesats. El presente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema ADCS. El desarrollo propio contiene las siguientes ventajas frente a las soluciones comerciales:

- Selección de torques magnéticos, ruedas de reacción o innovar en mecanismos de orientación.
- Realizar distintos algoritmos y probar la eficiencia de consumo eléctrico.
- Posibilidad de generar un producto comercial.

El diagrama en bloques del sistema ADCS se muestra en la figura 1. El proyecto se divide en dos etapas: fase de prototipo y versión final. Una vez finalizada la fase de prototipado se realizan las pruebas de validación del sistema. Una vez superada la etapa de validación se procede al desarrollo en su versión final y comienza la segunda fase del proyecto. Cabe destacar que como subproducto puede generarse una placa comercial, siendo esto último deseable pero no exigible por parte del cliente.

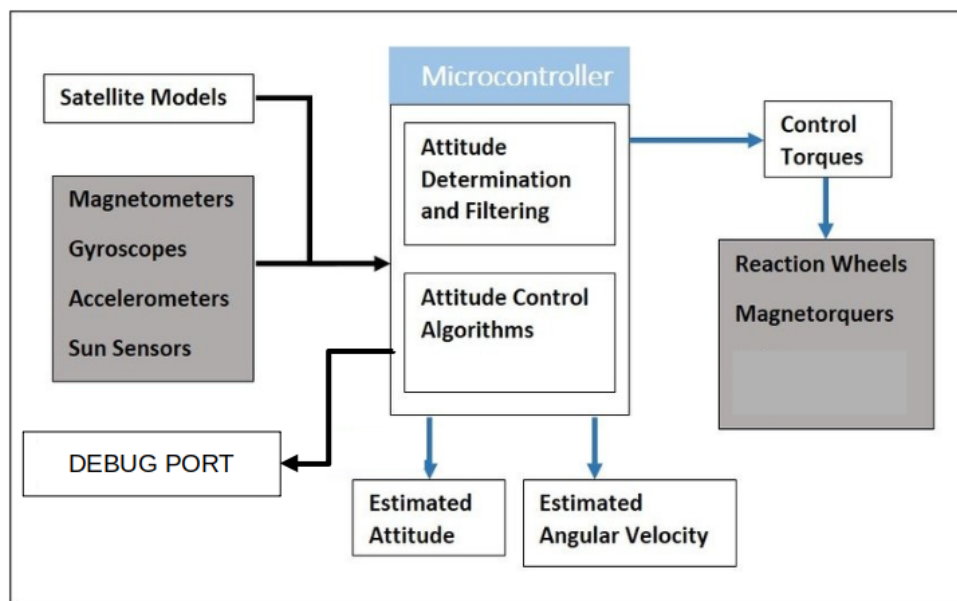


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema a implementar.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante			
Cliente	Amilcar Rincon Charris	Aerospace Laboratory	
Impulsor			
Responsable	Ing. Valdez Gastón	IAR	Alumno
Colaboradores			
Orientador	Dr Amilcar Rincón Charris	Aerospace Laboratory	Director Trabajo final
Equipo	-	-	-
Opositores			
Usuario final	Dr Amilcar Rincón Charris	Aerospace Laboratory	

3. Propósito del proyecto

El propósito del proyecto es generar el módulo electrónico del sistema ADCS para un cubesat.

4. Alcance del proyecto

- Desarrollo del algoritmo ADCS.
- Desarrollo de software en C/C++ para el sistema embebido.
- Diseño y desarrollo del protocolo de comunicación utilizando el conector PC104.
- Diseño y simulación del hardware asociado al microcontrolador.

- Validación del producto.
- Generación de documentación.
- Integración a un cubesat funcional (TBD).

El alcance del proyecto contempla el diseño y fabricación del PCB y los ensayos para realizar la validación del producto se debe acordar con el cliente.

5. Supuestos del proyecto

- El proyecto posee financiamiento para la adquisición de productos electrónicos.
- El sistema embebido posee disponibilidad en el mercado.
- Se tienen las licencias correspondientes para los programas de simulación electrónica y diseño de PCB.
- Se posee acceso a pc con sistema Linux/Windows.
- El personal abocado al diseño mecánico realizará el trabajo en tiempo y forma.
- Hay recursos económicos disponibles para enviar a fabricar la placa de circuito impreso.
- Se define previamente un flujo de trabajo con el cliente.

6. Requerimientos

En los items que se enumeran a continuación se utiliza la sigla TBD: "to be defined" e implica que algunos requerimientos no se han acordado con el cliente.

1. Requerimientos funcionales.

- 1.1. La orientación espacial de los sensores y actuadores del cubesat deben alinearse a los ejes principales del cubesat.
- 1.2. estimar la altitud y proporcionar control en un tiempo suficientemente corto (TBD) para que el sistema pueda controlarse exitosamente.
- 1.3. El control de posición se realiza en los eje x, y,z solidarios al cubesat.
- 1.4. El error máximo en la actuación del satélite será de un 10 % respecto a la referencia elida.
- 1.5. El algoritmo de control se plantea sobre cubesat de 1 U (10x10x10 cm).
- 1.6. La comunicación entre el ADCS y la computadora central será utilizando el protocolo SPI (opcional).
- 1.7. La comunicación con la OBC será mediante bus CAN (opcional).
- 1.8. Se debe utilizar un microcontrolador de bajo consumo.

2. El software debe realizarse sobre un sistema operativo de tiempo real.

3. El software debe gestionarse mediante un sistema de control de versiones.

4. Requerimientos de Test.

- 4.1. El algoritmo de control en C/C++ debe contrastarse contra matlab u octave, scilab, etc.
- 4.2. Los drivers de software deben pasar tests unitarios.
- 4.3. El prototipo y su versión final debe superar el ensayo en una bobina de Helmholtz de al menos dos ejes.

5. Requerimientos de hardware.

- 5.1. La placa de circuito impreso tendrá un tamaño máximo de 10x10 cm.
- 5.2. El conector a utilizar es el PC104 con el estándar para cubesats.
- 5.3. El PCB tendrá unívocamente identificado el eje x positivo y negativo, y positivo y negativo y z positivo y negativo.

6. Requerimientos de documentación.

- 6.1. Descripción del algoritmo implementado.
- 6.2. Resultados del algoritmo.
- 6.3. Archivos de simulación y archivos de PCB.
- 6.4. Memoria técnica.
- 6.5. Código fuente del sistema.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Las historias de usuario se han escrito desde la perspectiva un ingeniero de control de misión, operador de misión espacial y científico de la misión espacial. La evaluación de las historias de usuario se evalúan en base a la complejidad de realización mediante el siguiente criterio:

- muy bajo: 1 punto
- bajo: 2 punto
- medio : 3 punto
- alto: 4 punto
- muy alto: 5 punto

- Como ingeniero de control de misión, quiero que el sistema de ADCS tenga la capacidad de realizar una calibración automática de los sensores de actitud a bordo para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos de orientación.
 - muy alto: 5 puntos
- Como operador de una misión espacial, necesito que el sistema de ADCS tenga la capacidad de realizar ajustes dinámicos en la orientación de la nave espacial en tiempo real. .
 - muy alto: 5 puntos

- Como científico de la misión espacial, necesito que el sistema de ADCS sea capaz de proporcionar una estabilización precisa y estable de la nave espacial durante las observaciones científicas. Durante estas observaciones, es crucial evitar cualquier tipo de movimiento o vibración que pueda afectar la calidad de los datos recopilados.
 - muy alto: 5 puntos

8. Entregables principales del proyecto

- Archivos de simulación.
- Scripts de simulación.
- Archivos de esquemáticos en PDF y archivo original.
- Código fuente del software.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Investigación preliminar
 - 1.1. Búsqueda bibliográfica sobre sistemas de coordenadas en sistemas ADCS (4 hs).
 - 1.2. Investigación de sistemas de coordenadas y algoritmos ADCS (25 hs).
 - 1.3. Simulaciones con algoritmos ADCS y sistemas coordinados (40 hs).
 - 1.4. Selección de sensores, actuadores y microcontrolador para el desarrollo (20 hs).
2. Diseño de software y hardware ADCS.
 - 2.1. Simulación de datos de sensores en C (20 hs).
 - 2.2. Codificación del algoritmo ADCS en C (40 hs).
 - 2.3. Contraste de algoritmo contra simulaciones(10 hs).
 - 2.4. Diseño de arquitectura de software (25 hs).
 - 2.5. Codificación de arquitectura de software (60 hs).
 - 2.6. Diseño y simulación electrónica (esquemático) (20 hs).
 - 2.7. Diseño de PCB (40 hs).
 - 2.8. Fabricación de PCB (5 hs).
 - 2.9. Verificar la importación y tramites aduaneros para el envío del producto a Argentina (8 hs).
3. Etapa de testing
 - 3.1. Ensayo del bus de comunicación (16 hs).
 - 3.2. Búsqueda de lugares que tengan facilidad con bobina de Helmholtz de dos ejes para medir microsatelites (5 hs).
 - 3.3. Medición de parámetros eléctricos y de software de la placa prototipado (20 hs).
 - 3.4. Informe con resultados y propuestas de mejoras (8 hs).
4. Desarrollo final del producto.

- 4.1. Realizar correcciones de software (25 hs).
- 4.2. Realizar correcciones en el diseño del PCB (25 hs).
- 4.3. Fabricación del PCB (3 hs) .
- 4.4. Ensayo con bobina de Helmholtz (10 hs).
- 4.5. Medición de parámetros eléctricos y de software de la placa en su versión final (10 hs).
- 4.6. Redacción de informe y memoria técnica (60 hs).

Cantidad total de horas: 529 hs.

10. Diagrama de Activity On Node

11. Diagrama de Gantt

12. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos de forma negativa)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN=S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a...

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

14. Gestión de la calidad

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
 - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente. Detallar
 - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido. Detallar

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, mediciones, etc. Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno. En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

15. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
- Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.