

ÉCOLE DES MÉTIERS DE LAUSANNE
ÉCOLE SUPÉRIEURE

GÉNIE ÉLECTRIQUE

SYSTÈME D'ENREGISTREMENT DE TRAJECTOIRES DE VOL

Boîte noire miniaturisée

Auteur

Ali ZOUBIR

Superviseur

Juan José MORENO

Mandataire

ASSOCIATION POUR LE MAINTIEN
DU PATRIMOINE AÉRONAUTIQUE

4 juillet 2023

Table des matières

Acronymes	4
Glossaire	4
1 Cahier des charges	5
1.1 Description	5
1.2 Aperçu	5
1.3 Tâches à réaliser	6
1.4 Description des blocs	6
1.5 Jalons principaux	7
1.6 Livrable	7
2 Pré-étude	9
2.1 Fonctionnement du système	9
2.1.1 Schéma bloc	9
2.2 Choix des composants	9
2.2.1 Centrale inertielle	9
2.2.2 GPS / GNSS	9
2.2.3 Microcontrôleur	9
2.2.4 Batterie, charge et régulation	9
2.3 Estimation des coûts	9
3 Développement de la schématique	9
3.1 Dimensionnements	9
3.1.1 Autonomie du système	9
3.1.2 Adaptation mécanique	9
3.1.3 Bus de communications	9
3.1.4 Périphériques	9
3.1.5 Chargeur de batterie	9
3.1.6 Synthèse et perspectives de l'étude	9
4 Développement du PCB	9
4.1 Bill of materials	9
4.2 Mécanique du projet	9
4.3 Placement des composants	9
4.4 Mécanique du PCB	9
4.5 Routage	9
5 Développement firmware	9
6 Validation du design	9
6.1 Liste de matériel	9
6.2 Contrôle des alimentations	9
6.3 Communication UART	10
6.4 Communication SPI, carte SD	10
7 Caractéristiques du produit fini	10

8 Conclusion	11
9 Bibliographie	12
10 Annexes	13

Acronymes

MCU Microcontrôleur.

GPS Global Positioning System.

GNSS Global navigation satellite systems.

Glossaire

Centrale inertielle Instrument utilisé en navigation, capable d'intégrer les mouvements d'un mobile (accélération et vitesse angulaire) pour estimer son orientation (angles de roulis, de tangage et de cap), sa vitesse linéaire et sa position.

Timestamp Enregistrement de l'heure et/ou la date d'un événement.

Traceur de G Indique et enregistre les forces d'accélération grâce à un capteur de pression numérique de haute précision intégré et à une plate-forme inertielle.

GPS Le système de positionnement global (GPS) est un service public américain qui fournit aux utilisateurs des services de positionnement, de navigation et de synchronisation (PNT). Ce système se compose de trois segments : le segment spatial, le segment de contrôle et le segment utilisateur. L'U.S. Space Force développe, entretient et exploite les segments spatial et de contrôle.

GNSS Le système mondial de navigation par satellite (GNSS) est un terme général décrivant toute constellation de satellites qui fournit des services de positionnement, de navigation et de synchronisation (PNT) à l'échelle mondiale ou régionale.

PIC32 Famille de microcontrôleur 32-bits de Microchip.



Boîte noire miniaturisée 2023, 1942B

1 Cahier des charges

1.1 Description

L'objectif de ce projet est de stocker des données de mesures et de localisation d'un avion par une centrale inertielle et un GPS / GNSS, afin d'enregistrer des informations quant aux caractéristiques du vol et à sa trajectoire. Cela permettra par exemple, en cas de crash, de déduire les éventuelles causes.

1.2 Aperçu

- Sauvegarde d'un set de donnée chaque 10s.
- Résistance aux chocs.
- Autonomie de 2 jours.
- Global Positioning System. (GPS) / Global navigation satellite systems. (GNSS).
- Timestamp.
- Centrale inertielle, Sensing sur 9 axes :
 - Accéléromètre 3-axes.
 - Gyroscope 3-axes.
 - Magnétomètre 3-axes.
 - Senseur de température
- Traceur de G.
- Charge de la batterie par connecteur USB.
- Lecture des données par connecteur USB.
- Lecture des données par radio-fréquence.

1.3 Tâches à réaliser

Développement et intégration d'un PCB avec capteurs et logging sur carte SD dans une lampe de plongée étanche.

- Développement schématique
 - Fonctionnement MCU.
 - Périphériques de mesures et de sauvegarde / Bus de communication.
 - Gestion batterie
- Routage pour intégration dans boîtier de lampe de plongée 200x45mm.
- Programmation mesure et sauvegarde chaque 100ms.
 - Configuration MCU.
 - Configuration des périphériques de mesure pour 9-DOF.
 - Configuration des périphériques de sauvegarde (Carte SD).
 - Configuration et communication avec l'interface.
 - Communication et traitement des données mesurées.

1.4 Description des blocs

1.5 Jalons principaux

1.6 Livrable

- Les fichiers sources de CAO électronique des PCB réalisés
- Tout le nécessaire à fabriquer un exemplaire hardware de chaque :
- fichiers de fabrication (GERBER) / liste de pièces avec références pour commande / implantation
- Prototype fonctionnel
- Modifications / dessins mécaniques, etc
- Les fichiers sources de programmation microcontrôleur (.c / .h)
- Tout le nécessaire pour programmer les microcontrôleurs (logiciel ou fichier .hex)
- Un calcul / estimation des coûts
- Un rapport contenant les calculs - dimensionnement de composants - structogramme, etc.

2 Pré-étude

2.1 Fonctionnement du système

2.1.1 Schéma bloc

2.2 Choix des composants

2.2.1 Centrale inertielle

2.2.2 GPS / GNSS

2.2.3 Microcontrôleur

2.2.4 Batterie, charge et régulation

2.3 Estimation des coûts

3 Développement de la schématique

3.1 Dimensionnements

3.1.1 Autonomie du système

3.1.2 Adaptation mécanique

3.1.3 Bus de communications

3.1.4 Périphériques

3.1.5 Chargeur de batterie

3.1.6 Synthèse et perspectives de l'étude

4 Développement du PCB

4.1 Bill of materials

4.2 Mécanique du projet

4.3 Placement des composants

4.4 Mécanique du PCB

4.5 Routage

5 Développement firmware

6 Validation du design

6.1 Liste de matériel

6.2 Contrôle des alimentations

Méthode de mesure

Mesures

6.3 Communication UART

Méthode de mesure

Mesures

6.4 Communication SPI, carte SD

Méthode de mesure

Mesures

7 Caractéristiques du produit fini

8 Conclusion

9 Bibliographie

Références

- [1] P. Kordowski, Z. Jakielaszek, M. Nowakowski, and A. Panas, “Miniaturized flight data recorder for unmanned aerial vehicles and ultralight aircrafts,” in *2018 5th IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)*, pp. 484–488, 2018.

10 Annexes