ÍNDICE

1. Introducción
   1. Breve descripción del proyecto y su objetivo
2. Diseño del drone
   1. Descripcion detallada de la estructura del drone y los componentes utilizados en su montaje
   2. Esquemas y diagramas que mestren la conexión de los componentes
3. Desarrollo del software
   1. Descrpicion detallada del proceso de desarrollo del software para el drone, incluyendo las librarías y las herramientas utilizadas
   2. Explicación de los algoritmos y funciones implementadas
   3. Descripción del proceso de depuración y pruebas
4. Integración del hardware y software
   1. Descprición detallada del proceso de integración de los componentes hardware con el software desarrollado
   2. Pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento del drone
5. Conclusiones y resultados
   1. Resumen de los resultados obtenidos durante el proyecto
   2. Conclusiones sobre la eficacia y la eficiencia del diseño y desarrollo del drone
   3. Propuestas de mejora o ampliaciones en el futuro
6. Referencias
   1. Lista de referencias bibliográficas y fuentes utilizadas durante el desarrollo del proyecto.
7. Introducción

El desarrollo tecnológico en la industria aeroespacial ha permitido la creación de drones con capacidades cada vez más avanzadas. En este contexto, el presente proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de un drone utilizando el frame DJI-F450 como plataforma y programando el microcontrolador Adafruit STM32F405 con el entorno de Arduino.

El drone desarrollado cuenta con una estructura robusta y liviana, fabricada en nylon y fibra de vidrio, lo que permite una mayor estabilidad y maniobrabilidad en vuelo. Además, el diseño incluye un sensor de altitud, lo que permite al drone realizar vuelos en altitude hold.

En cuanto al desarrollo del software, se implementaron algoritmos de control de vuelo, así como una interfaz de usuario gráfica para la configuración de parámetros de vuelo y la visualización de datos en tiempo real. El software fue desarrollado utilizando el entorno de Arduino y librerías específicas para el control de los componentes hardware del drone, como motores y sensores.

Las pruebas realizadas demostraron el correcto funcionamiento del drone y su capacidad para realizar vuelos autónomos, así como para transmitir datos de manera estable y precisa. Además, se logró una alta eficiencia en el consumo de energía gracias a la implementación de técnicas de optimización de software y de hardware.

El presente informe técnico detalla el proceso de diseño, montaje y programación del drone, así como los resultados obtenidos en las pruebas realizadas. El objetivo de este documento es proporcionar una guía detallada y clara para cualquier usuario interesado en replicar el experimento, con la finalidad de fomentar el desarrollo de tecnología aeroespacial a nivel local y global.

1. Diseño del drone
   1. Descripción detallada de la estructura del drone y los componentes utilizados en su montaje

En este proyecto de diseño de hardware para un drone, se ha prestado especial atención a la selección de componentes para asegurar un rendimiento óptimo y una operación segura del drone. El marco DJI F450 ha sido seleccionado por su robustez y durabilidad, lo que lo hace ideal para aplicaciones aéreas. Para el control del drone, se ha utilizado una placa controladora de vuelo Adafruit STM32F405. Este microcontrolador de alto rendimiento es capaz de procesar los datos de los diferentes sensores del drone y enviar las señales de control a los ESC para ajustar la velocidad de los motores. La elección de este microcontrolador permite una programación sencilla y eficiente del drone mediante el entorno de desarrollo de Arduino.

Para la alimentación del sistema de propulsión se ha utilizado una batería LiPo de 2250mAh, que proporciona la energía necesaria para mantener el drone en vuelo durante un tiempo prolongado. Este tipo de batería es ampliamente utilizado en aplicaciones aeronáuticas debido a su alta densidad de energía y bajo peso. Se ha prestado especial atención a la distribución de energía en el drone, utilizando un sistema eficiente y seguro para asegurar un rendimiento óptimo y evitar problemas de seguridad. El esquema eléctrico incluido al final de esta sección detalla de manera clara y concisa cómo se interconectan los diferentes componentes eléctricos del drone.

El sistema de estabilización del drone se basa en el uso de diferentes sensores. En particular, se ha incluido un sensor inercial MPU6050, que es capaz de medir la aceleración y la velocidad angular del drone. Este sensor permite al controlador de vuelo calcular la posición y la velocidad del drone en tiempo real, lo que es esencial para mantener el drone estable en vuelo. Además, se ha utilizado un barómetro BMP280, que mide la presión atmosférica y la temperatura ambiente. Estos datos son utilizados por el controlador de vuelo para ajustar la altura del drone y mantener una altitud constante durante el vuelo.

Finalmente, para el control del drone se ha utilizado una radio Flysky FS-i6. Esta radio se comunica con el controlador de vuelo mediante señales de radiofrecuencia y permite al usuario controlar el drone en vuelo. El control de la radio es esencial para asegurar una operación segura y eficiente del drone.

En resumen, se ha seleccionado cuidadosamente cada componente del drone para asegurar un rendimiento óptimo y una operación segura. La combinación del marco DJI F450, el microcontrolador Adafruit STM32F405, los motores Tmotor 2213, los ESC Tmotor AIR20A, la batería LiPo de 2250mAh, los sensores inerciales MPU6050 y el barómetro BMP280, y la radio Flysky FS-i6, proporciona un sistema completo y confiable para el diseño de un drone de alto rendimiento. El esquema eléctrico detallado incluido en esta sección proporciona una visión clara de la interconexión de los diferentes componentes eléctricos, lo que facilita la replicación del diseño.

1. FRAME DJI-450

El Frame DJI-F450 es un cuadricóptero de alto rendimiento diseñado para ser utilizado en aplicaciones aéreas como la fotografía y videografía aérea, el mapeo y la vigilancia. El marco está fabricado con materiales de alta calidad, como el PA66+30GF, lo que lo hace resistente y duradero. Cuenta con un diseño de cuatro brazos que proporciona una mayor estabilidad y capacidad de carga, lo que lo hace ideal para la instalación de cámaras y otros equipos adicionales.

El marco DJI-F450 está diseñado para ser fácilmente ensamblado y desmontado, lo que permite un fácil mantenimiento y reparación en caso de ser necesario. Su tamaño compacto lo hace fácil de transportar y almacenar.

El Frame DJI-F450 es compatible con una amplia gama de componentes electrónicos, incluyendo controladores de vuelo, motores, ESC, baterías y otros equipos de radiocontrol. La compatibilidad con diferentes componentes hace que sea fácil personalizar y actualizar el drone según las necesidades específicas del usuario.

Además de las características mencionadas anteriormente, es importante destacar que el Frame DJI-F450 es también un marco espacioso que permite añadir una multitud de componentes electrónicos. Este espacio adicional ofrece la flexibilidad necesaria para personalizar el drone según las necesidades del usuario, permitiendo la integración de sistemas de posicionamiento global (GPS), sensores de distancia, iluminación LED y otros componentes que pueden mejorar la funcionalidad del drone.

Otra ventaja del Frame DJI-F450 es su diseño integrado de PCB, que permite la conexión segura y ordenada de los componentes electrónicos. Este diseño optimizado no solo simplifica el cableado de los ESC y la batería, sino que también proporciona un aspecto más limpio y profesional al drone.

En resumen, el Frame DJI-F450 es un marco de alta calidad y durabilidad, diseñado específicamente para aplicaciones aéreas, que ofrece una gran estabilidad y capacidad de carga. Su diseño modular y compatible con diferentes componentes electrónicos lo hace una opción popular para proyectos de drones personalizados.

1. Adafruit Feather STM32F405

El Adafruit Feather STM32F405 es un microcontrolador de 32 bits basado en el procesador STM32F405RG de STMicroelectronics. Es compatible con el ecosistema Arduino, lo que significa que puede ser programado utilizando el IDE de Arduino y su biblioteca de software. Este microcontrolador cuenta con una velocidad de reloj de 168 MHz y 192 KB de RAM, lo que lo hace lo suficientemente potente para manejar una amplia gama de tareas en un drone, como la estabilización de la cámara y el control de vuelo.

Para integrar el Adafruit STM32F405 en el drone mencionado, primero se debe conectar el microcontrolador a los componentes electrónicos del drone, como los motores, el receptor de radiocontrol y los sensores. Esto se puede hacer utilizando pines GPIO y otros puertos disponibles en el microcontrolador. Luego, se puede programar el control de vuelo utilizando el IDE de Arduino y la libreria de software stm32duino.

La integración del Adafruit STM32F405 en el drone proporciona una mayor flexibilidad y personalización en el control de vuelo y la estabilización de la cámara. Además, el microcontrolador es compatible con una amplia gama de sensores, como el sensor de presión barométrica y el acelerómetro y giroscopio de 6 ejes, lo que permite una mayor precisión en la detección de la actitud y la altitud del drone.

En resumen, el Adafruit STM32F405 es un microcontrolador de alto rendimiento compatible con Arduino, que se puede integrar en el control de vuelo de un drone. Su potencia y flexibilidad permiten una mayor personalización y control sobre el drone, lo que lo hace ideal para proyectos personalizados y de mayor complejidad.

1. MPU6050

La MPU6050 es un módulo de sensor inercial de 6 ejes que contiene un acelerómetro y un giroscopio. Fue desarrollado por la empresa InvenSense y se utiliza comúnmente en proyectos de electrónica y robótica para medir la orientación y la aceleración. El módulo también incluye un procesador digital de movimiento (DMP) que permite la fusión de datos de los sensores para proporcionar una mejor precisión.

En aplicaciones de drones, la MPU6050 puede utilizarse para proporcionar información precisa de orientación y movimiento para controlar la estabilidad del drone. El acelerómetro puede medir la aceleración lineal del drone, mientras que el giroscopio mide la velocidad angular. Estos datos se pueden fusionar utilizando el DMP del módulo para proporcionar una medición precisa de la orientación del drone en tiempo real.

Además de la estabilización del drone, la MPU6050 también puede ser utilizada para proporcionar datos de orientación para la navegación y el posicionamiento en aplicaciones de mapeo y vigilancia. En conjunto con otros sensores, como los sistemas de posicionamiento global (GPS), la MPU6050 puede proporcionar una medición precisa de la posición y el movimiento del drone en tiempo real.

En resumen, la MPU6050 es un módulo de sensor inercial de 6 ejes que puede utilizarse en aplicaciones de drones para medir la orientación y la aceleración del drone en tiempo real. Su capacidad para proporcionar datos precisos de orientación lo hace esencial para el control de la estabilidad, la navegación y el posicionamiento del drone en aplicaciones aéreas.

1. BMP280

El sensor BMP280 es un sensor de presión y temperatura de alta precisión fabricado por Bosch Sensortec. Está diseñado para medir la presión barométrica y la temperatura en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la navegación, los drones y la meteorología. El BMP280 utiliza un principio de medición piezo-resistivo para medir la presión atmosférica con una precisión de hasta ±1 hPa, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se necesita una medición precisa de la presión.

En cuanto a su aplicación en drones, el BMP280 se utiliza para medir la altura y la altitud del drone. Al medir la presión atmosférica, el BMP280 puede calcular la altitud del drone con una precisión razonable. Esta información es útil para los drones que realizan misiones de vigilancia, mapeo y fotografía aérea, ya que les permite mantener una altitud constante y controlar su posición con mayor precisión.

En el proyecto en el que se está trabajando, el BMP280 se utilizaría en combinación con el MPU6050 para mejorar la estabilidad y el control del drone. El BMP280 proporcionaría información adicional sobre la altitud del drone, mientras que el MPU6050 mediría la orientación y la aceleración del drone. Esta información combinada permitiría al controlador de vuelo del drone realizar ajustes precisos para mantener una posición estable en el aire.

1. FlightSky i6

La Flightsky i6 es una radio control (RC) de 6 canales, diseñada para ser utilizada en drones y otros vehículos radiocontrolados. Esta radio cuenta con dos joysticks analógicos y varios interruptores configurables, lo que permite un mayor control sobre el vehículo. Además, cuenta con una pantalla LCD que muestra información importante sobre el estado del vehículo, como la batería y la intensidad de la señal.

La Flightsky i6 utiliza tecnología de modulación de frecuencia de salto de espectro (FHSS), lo que significa que cambia de frecuencia varias veces por segundo para evitar interferencias de otros dispositivos. También cuenta con una antena de alta ganancia que permite una transmisión de señal estable y de larga distancia.

En cuanto a su implementación en el proyecto del drone, la Flightsky i6 se utiliza como la interfaz entre el piloto y el vehículo. Los movimientos de los joysticks y los interruptores configurables de la radio controlan los motores del drone y los distintos modos de vuelo. La pantalla LCD muestra información importante sobre el estado del drone, como la altura, la velocidad y la ubicación. En resumen, la Flightsky i6 es una radio control fiable y versátil que proporciona un control preciso y una transmisión de señal estable para el drone.

1. LiPo

Las baterías LiPo (Lithium Polymer) son una fuente de energía comúnmente utilizada en los drones y otros dispositivos electrónicos portátiles. Se caracterizan por tener una alta densidad de energía, lo que significa que pueden proporcionar una gran cantidad de energía en un paquete pequeño y ligero.

En el caso específico del proyecto de drone que estamos discutiendo, utiliza una batería LiPo de 3 celdas (3s), lo que significa que contiene tres celdas de batería en serie. Cada celda proporciona una tensión nominal de 3.7V, lo que significa que la batería completa tiene una tensión nominal de 11.1V. Esta batería tiene una capacidad de 2250 mAh, lo que se traduce en la cantidad de energía que puede proporcionar durante un período de tiempo determinado.

El número "60C" en la descripción de la batería hace referencia a la tasa de descarga continua de la batería, lo que significa que puede descargar energía a una tasa de hasta 60 veces su capacidad nominal (en este caso, 60 x 2.25 A = 135 A) sin sufrir daños significativos. Esto es importante en un drone ya que la batería debe ser capaz de suministrar suficiente energía a los motores para mantener el vuelo.

El conector XT60 utilizado por la batería es un tipo de conector diseñado específicamente para baterías LiPo. Se caracteriza por ser fácil de conectar y desconectar, seguro y resistente a altas corrientes.

En resumen, la batería LiPo utilizada en el proyecto es una fuente de energía de alta densidad que es crucial para el funcionamiento del drone. La capacidad, la tasa de descarga continua y el conector son factores importantes a considerar al seleccionar una batería para un proyecto de drone.

1. ESCs y motores.

Las ESCs (Electronic Speed Controllers) son dispositivos electrónicos que se utilizan para controlar la velocidad de los motores eléctricos en los drones. Las ESCs se conectan directamente a la batería del drone y a los motores, y utilizan señales de control provenientes del controlador de vuelo para ajustar la velocidad de los motores y así controlar la altura, la velocidad y la dirección del drone.

Por otro lado, los motores son componentes clave en cualquier sistema de drones. Los motores convierten la energía eléctrica de la batería en energía mecánica para hacer girar las hélices y así propulsar el drone. Hay muchos tipos de motores para drones, pero en este caso se utilizan los Tmotor 2213, que son conocidos por su eficiencia y fiabilidad. Estos motores son de alta calidad y se utilizan comúnmente en drones de gama media-alta.

Por su parte, las Tmotor AIR20A son ESCs de alta calidad, diseñadas específicamente para drones de carreras y otros sistemas de drones. Estas ESCs son capaces de proporcionar una alta corriente de salida y están diseñadas para ser muy eficientes en términos de energía. Además, las AIR20A son compatibles con una variedad de controladores de vuelo y software de programación, lo que las hace muy versátiles y fáciles de integrar en cualquier proyecto de drone.

* 1. Esquema

DESCRIPCION DEL SOFTWARE.

La parte de software en sistemas de control es crucial para el correcto funcionamiento de cualquier sistema, incluyendo drones. El algoritmo de control es la pieza central del software, ya que es el encargado de calcular la señal de control que se enviará a los actuadores para lograr que el drone se mueva en la dirección deseada.

El algoritmo de control típicamente se compone de varias partes: generación de referencias, adquisición de datos, procesamiento de datos, cálculo de errores, cálculo de la señal de control, y envío de la señal de control a los actuadores. Cada una de estas partes es importante y debe estar diseñada para trabajar en conjunto de manera eficiente y precisa.

La generación de referencias se encarga de determinar la trayectoria deseada del drone, basándose en los objetivos del sistema. Esta trayectoria puede ser definida en términos de velocidad, aceleración, posición, orientación, entre otros. Es importante tener en cuenta que las referencias pueden cambiar constantemente en tiempo real, por lo que se requiere de un algoritmo que pueda actualizarlas de forma rápida y precisa.

La adquisición de datos es la parte del software que se encarga de leer los sensores, en el caso del drone, la MPU6050 y el BMP280. Estos sensores proporcionan información sobre la posición, velocidad, orientación, aceleración, entre otros parámetros, que son necesarios para el cálculo de la señal de control. Es importante que los datos adquiridos sean precisos y se actualicen a una tasa adecuada para evitar errores en el cálculo del control.

El procesamiento de datos es la parte del software que se encarga de analizar los datos adquiridos y prepararlos para su uso en el cálculo del control. Esto puede incluir la conversión de unidades, el filtrado de señales, la eliminación de ruido, la calibración de los sensores, entre otros.

El cálculo de errores es una parte fundamental del algoritmo de control. Esta parte se encarga de comparar las referencias con los datos adquiridos, y determinar la diferencia entre ellos. Esta diferencia se conoce como error, y es la base del cálculo de la señal de control. Es importante que el cálculo del error sea preciso y actualizado constantemente.

El cálculo de la señal de control es la parte del algoritmo que se encarga de determinar la señal que se enviará a los actuadores para lograr la trayectoria deseada. Este cálculo se realiza mediante algoritmos de control, como los controladores PID, que ajustan la señal de control en función del error calculado y de otros parámetros del sistema.

Finalmente, la señal de control es enviada a los actuadores, que son los encargados de mover el drone en la dirección deseada. En el caso del drone mencionado, los actuadores son los motores que reciben la señal de control de las ESCs Tmotor AIR20A.

En resumen, el software de un sistema de control es una parte fundamental para el correcto funcionamiento del sistema. Requiere de algoritmos de control precisos y eficientes, así como de una arquitectura adecuada para asegurar que todas las partes trabajen en conjunto de forma óptima.

INICIALIZACIÓN Y CUESTIONES A TNER EN CUENTA

Read\_units()

La función "read\_units" tiene como propósito procesar las señales de entrada que son necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de control de vuelo. Estas señales pueden provenir de distintas fuentes, como por ejemplo sensores, baterías, entre otros elementos del sistema. Es importante que estas señales sean procesadas y acondicionadas correctamente, para poder obtener información útil y precisa acerca del estado del drone y así poder generar las referencias necesarias para el control del mismo.

Esta función es esencial en la arquitectura de software del sistema de control de vuelo, ya que es el punto de entrada para todas las señales de entrada que son necesarias para el correcto funcionamiento del drone. Por lo tanto, es fundamental que esta función sea desarrollada cuidadosamente y de forma robusta, para asegurar que todas las señales de entrada sean adquiridas y procesadas de forma correcta.

La función read\_units tiene 4 funciones principales anidadas, las cuales se dedican a leer la entrada de las señales de interés.

READ BATTERY

La función read\_battery() es una función esencial en el controlador de vuelo del drone, ya que se encarga de medir la tensión de la batería. Es importante tener en cuenta que la batería utilizada en el drone es de unos 11.1V nominales, lo que significa que si intentáramos leer directamente la tensión de la batería con el microcontrolador, se produciría un cortocircuito y se dañaría el microcontrolador.

Para evitar esto, se utiliza un divisor de tensión de dos resistencias en serie para reducir la tensión de la batería a un nivel seguro y legible por el microcontrolador. De esta manera, se puede medir la tensión de la batería con precisión y utilizar esta información para ajustar la potencia del drone y garantizar que no se agote la batería durante el vuelo.

La función read\_battery() se encarga de leer los valores de voltaje a través del divisor de tensión y realizar los cálculos necesarios para convertir esos valores en una lectura de tensión precisa de la batería. Conocer en todo momento la tensión de la batería es importante para diferentes aspectos, como asegurarse que no agotamos la batería completamente o regular la potencia de los motores.

READ RC:

La función read\_rc() en el código del drone se encarga de leer la señal PPM enviada por la radio y decodificarla en los diferentes canales de control que se utilizarán para el vuelo.

La modulación PPM (Pulse Position Modulation) es una técnica utilizada en la comunicación inalámbrica para transmitir datos a través de una señal de radio. En esta técnica, la información se transmite mediante la variación de la posición de los pulsos en una señal de frecuencia constante.

En el caso de la radio control, la señal PPM es utilizada para enviar las señales de control del usuario al microcontrolador del drone. La señal PPM es una señal digital que incluye todos los canales de la radio en una sola señal, permitiendo una transmisión más eficiente y reduciendo la posibilidad de interferencias.

La principal ventaja de la modulación PPM es la reducción de cables y conectores necesarios para enviar las señales de la radio al microcontrolador. Además, al enviar toda la información en una sola señal, se reduce el tiempo de transmisión y se mejora la precisión en los movimientos del drone.

READ GYRO

La función read\_gyro() se encarga de leer los valores de aceleración y velocidad angular del sensor MPU6050. Para lograr esto, utiliza el protocolo I2C, que es un protocolo de comunicación serial síncrono, utilizado para interconectar circuitos integrados en un mismo circuito.

El protocolo I2C se caracteriza por ser un protocolo de dos hilos que utiliza una línea de reloj (SCL) y una línea de datos (SDA) para la transferencia de información. El dispositivo maestro, en este caso el microcontrolador, controla la comunicación mediante la generación de pulsos en la línea de reloj, mientras que los dispositivos esclavos, como la MPU6050, responden a estas señales y envían los datos solicitados en la línea de datos.

Una de las principales ventajas del protocolo I2C es que permite la conexión de varios dispositivos en un mismo bus de comunicación, lo que lo hace muy útil en aplicaciones donde se requiere leer múltiples sensores. Además, al ser un protocolo de comunicación síncrono, la transferencia de datos es rápida y eficiente.

En cuanto a la implementación de la función read\_gyro(), se utiliza la librería "Wire.h" que facilita el acceso y comunicación con dispositivos que utilizan el protocolo I2C. La función se encarga de establecer conexión con la MPU6050, solicitar los registros correspondientes y obtener los valores de aceleración, velocidad angular y temperatura del sensor. Estos valores son procesados posteriormente y luego son empleados en el cálculo del algoritmo de control.

READ\_BAROMETER

La función read\_barometer() es una función que se encarga de leer los valores de presión atmosférica y temperatura del sensor BMP280 utilizando el protocolo I2C. Este sensor es muy útil en los drones ya que nos permite conocer la altitud del drone y también nos proporciona información sobre la temperatura ambiente.

Uno de los problemas del BMP280 es que no puede proporcionar la información que necesitamos en cada ciclo de ejecución del microcontrolador, ya que este tarda más en preparar las lecturas para que puedan ser consultadas. Por lo tanto, probando las capacidades del chip, he decidido hacer la consulta de los datos una vez cada cuatro ciclos como sigue:

Request -> Wait -> Read -> Wait

Otra casuística a tratar del sensor BMP280 es que es muy sensible a cambios de temperatura, lo que puede afectar drásticamente a las lecturas de presión. Para solucionar esto, se pueden aplicar correcciones a las medidas de presión utilizando las funciones de corrección proporcionadas por el fabricante, las cuales han sido adaptadas para el código Arduino utilizado en el nuestro proyecto.