



Interreg V-A Francia-Italia (ALCOTRA) 2014 - 2020

InterBITS Interventi di armonizzazione e valorizzazione del sistema BTS e ITS



PX₄ Overview

10/2021

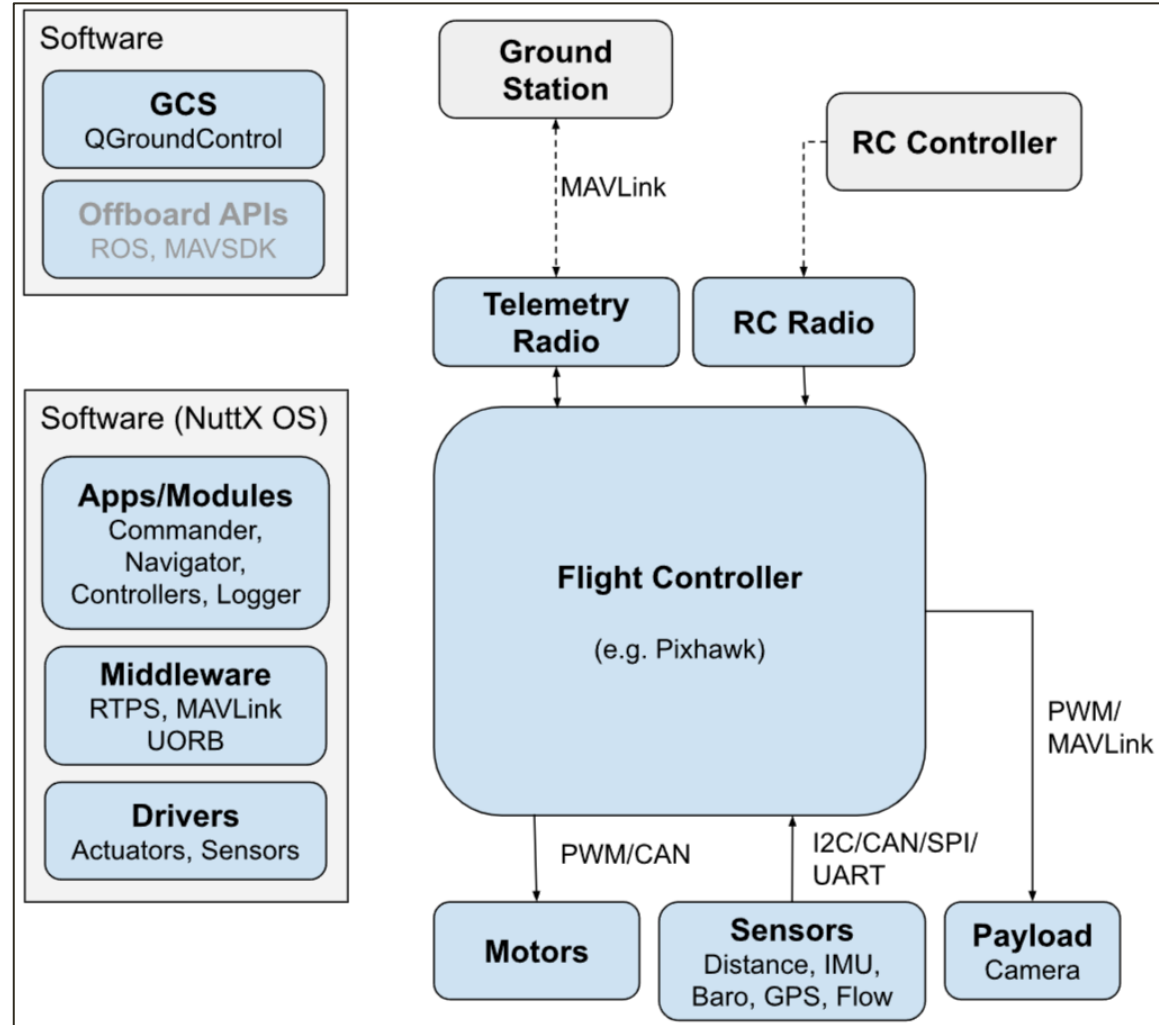


Di cosa si tratta?

Il PX4 è un pilota automatico professionale.

È mantenuto da sviluppatori a livello mondiale sia del mondo industriale che nel mondo accademico. Viene supportato da un attiva comunità mondiale, alimenta tutti i tipi di veicoli: dai droni da corsa e cargo, fino ai veicoli terrestri e ai sommergibili.

Tipico sistema basato su PX4



Architettura software

Il firmware PX4-Autopilot è costituito da due livelli principali:

- Stack di volo: è il sistema di stima e controllo del volo, comprende:
 - Driver
 - Controllori
 - Stimatori
- Middleware: è un livello di robotica generale che consiste in un insieme di driver per:
 - Sensori
 - Comunicazioni con il mondo esterno (ad esempio con il companion computer)
 - uORB publish-subscribe message bus
 - Simulation layer

The Reactive Manifesto

Published on September 16 2014. (v2.0)

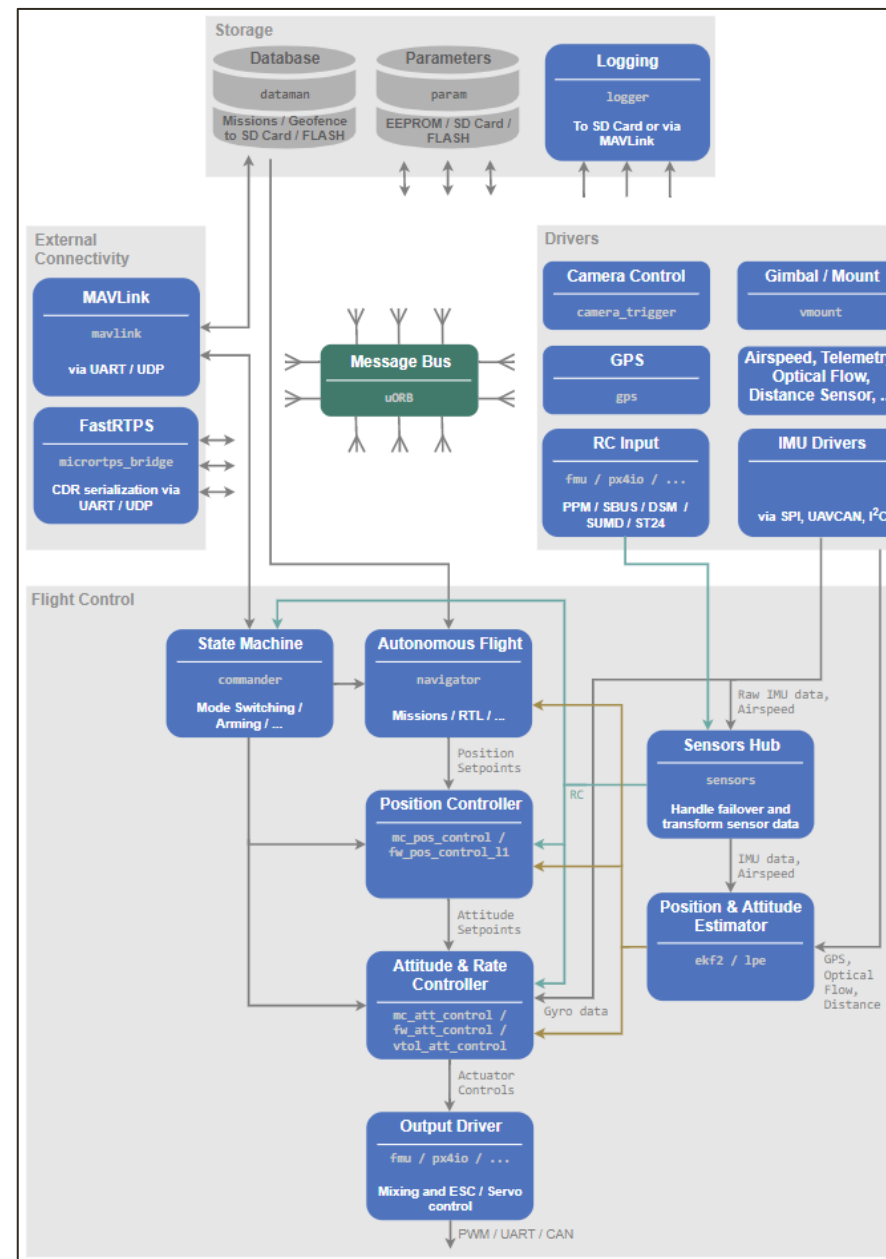
Organizations working in disparate domains are independently discovering patterns for building software that look the same. These systems are more robust, more resilient, more flexible and better positioned to meet modern demands.

Il PX₄ è stato progettato per essere «reactive»

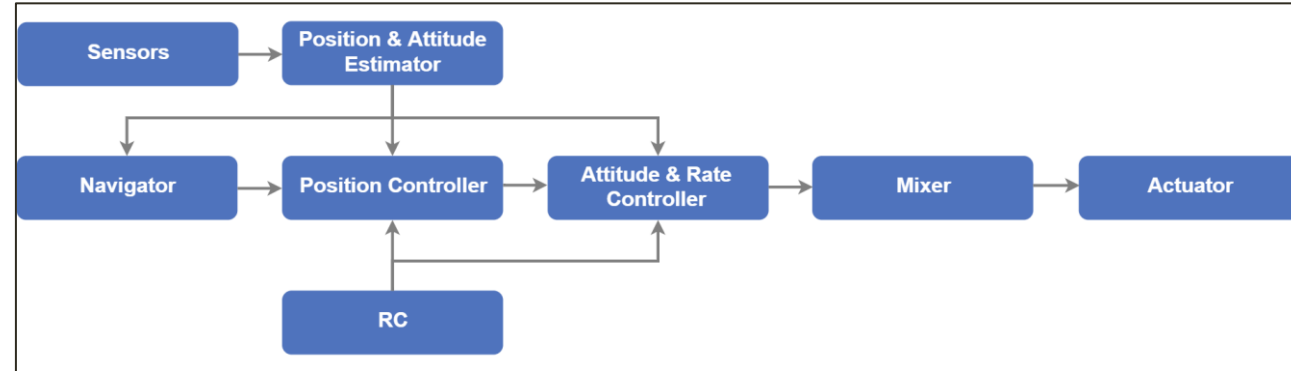
Tutti i frame dei veicoli (indipendentemente dal tipo), condividono lo stesso codice di base. Quindi significa che:

- Tutte le funzionalità sono divise in componenti riusabili e interscambiabili.
- La comunicazione è composta da uno scambio di messaggi asincroni.
- Il sistema riesce a gestire diversi carichi di lavoro.
- Il sistema è modulare.

Moduli del PX4



Flight Stack



Il flight stack è una collezione di moduli per:

- Navigazione
- Guida
- Algoritmi di controllo
 - Stimatori per assetto e posizione

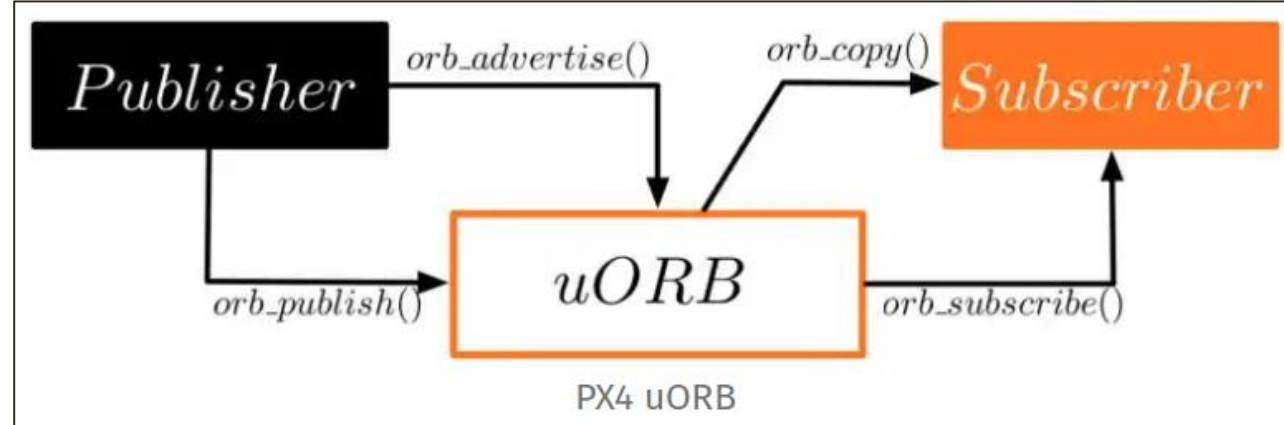
Middelware



Il middelware si occupa:

- Meccanismi di comunicazione tramite uORB
- Comunicazione tramite l'ambiente esterno utilizzando MAVLink
- Layer di simulazione

uORB Messaging



- I moduli comunicano tra loro tramite un API di messaggistica detta uORB(micro Object Request Broker).
- È avviato automaticamente durante il boot del controllore.
- È un sistema asincrono di *publish()* / *subscribe()* per la comunicazione tra processi:
 - Tutte le operazioni e comunicazioni sono parallelizzate
 - Il sistema è molto reattivo, è asincrono e si aggiorna appena un nuovo dato è disponibile
 - Un componente del sistema può accedere a ogni dato

MAVLink



MAVLink è un protocollo leggero di di messaggistica, realizzato per i sistemi UAS.

Il PX4 utilizza MavLink per la comunicazione con l'esterno, ad esempio con:

- Ground station
- Companion computers
- Gimbal e camere

Il protocollo implementa una serie di messaggi e microservizi di scambio dati che sono stati implementati nel PX4

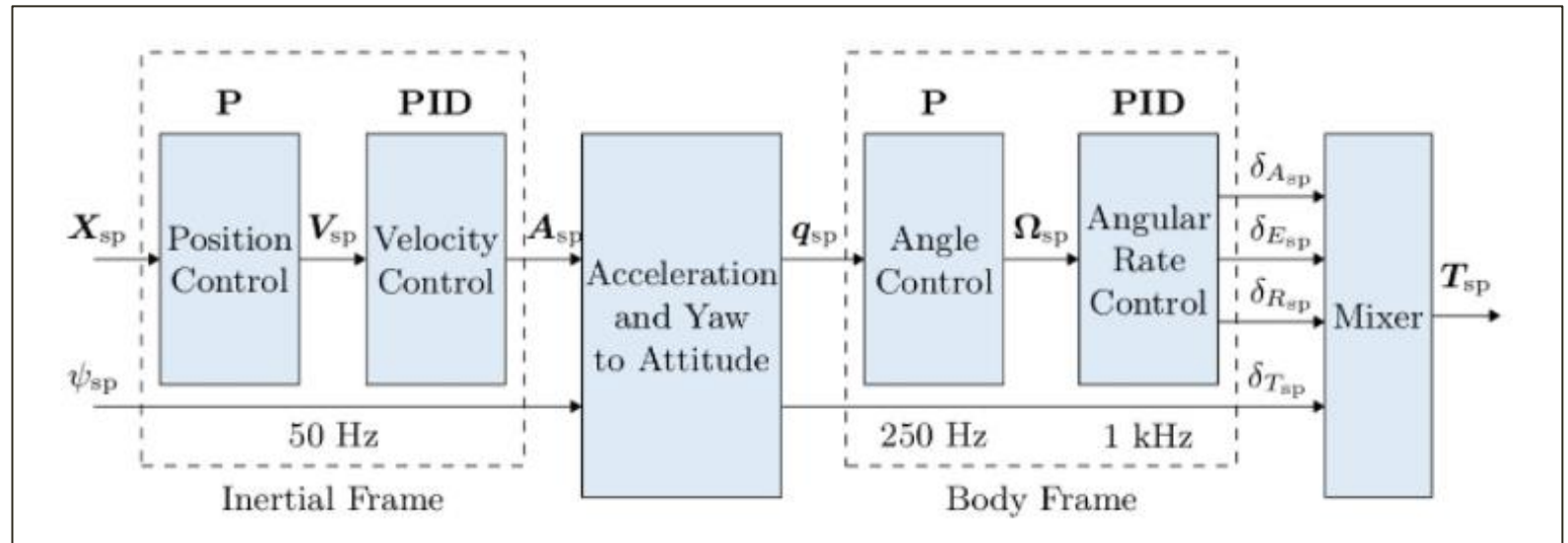
Apache NuttX



NuttX è il sistema operativo realtime (RTOS) che gira sulla board del fly controller:

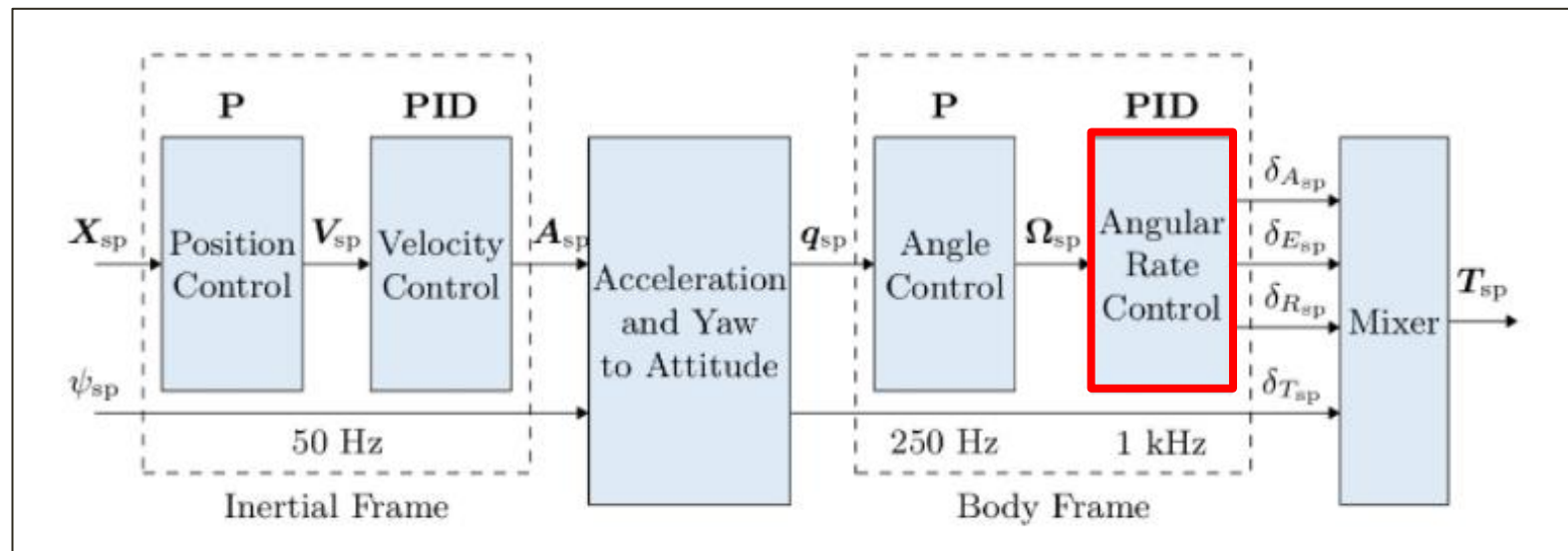
- È scalabile per ambienti con microcontrollori da 8 a 32 bit, i suoi standard sono Posix e ANSI.
- Utilizza le API standard di UNIX per aggiungere funzionalità normalmente non disponibili per questi tipi di RTOS, come ad esempio la funzione `fork()`
- I moduli vengono eseguiti come task, hanno il loro descrittore ma condividono lo stesso spazio di indirizzi.
 - Un task può avviare uno o più threads, ma condivideranno tutti lo stesso descrittore
 - Ogni task/thread ha uno stack di memoria fissa
 - Un task periodico si occupa di controllare che gli stack abbiano abbastanza spazio

Architettura del controllore

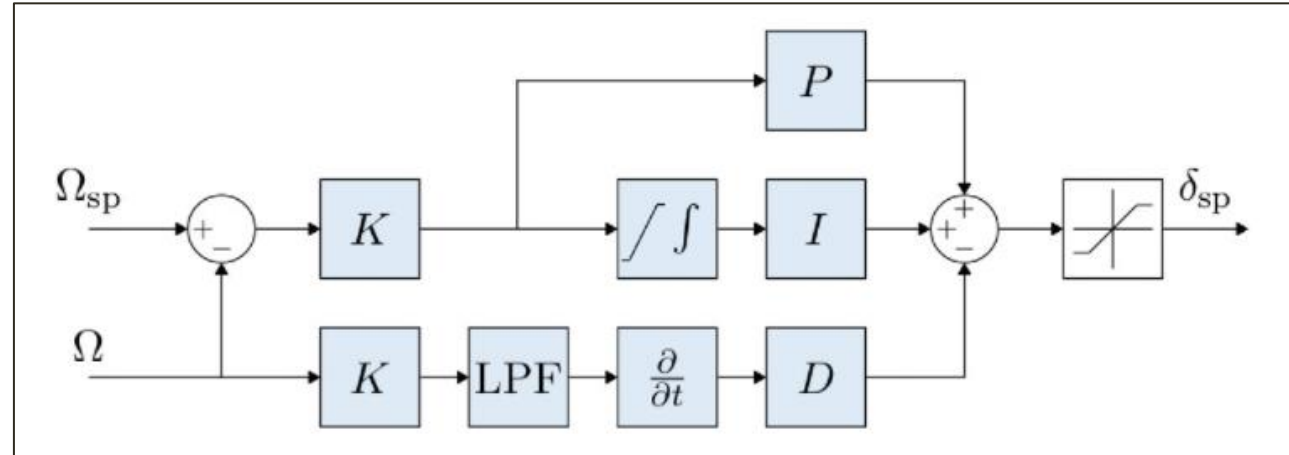


- Architettura di controllo a cascata
- I controllori sono una serie di P e PID
- I valori stimati vengono generati da un filtro di Kalman

Controllore della velocità angolare 1/2

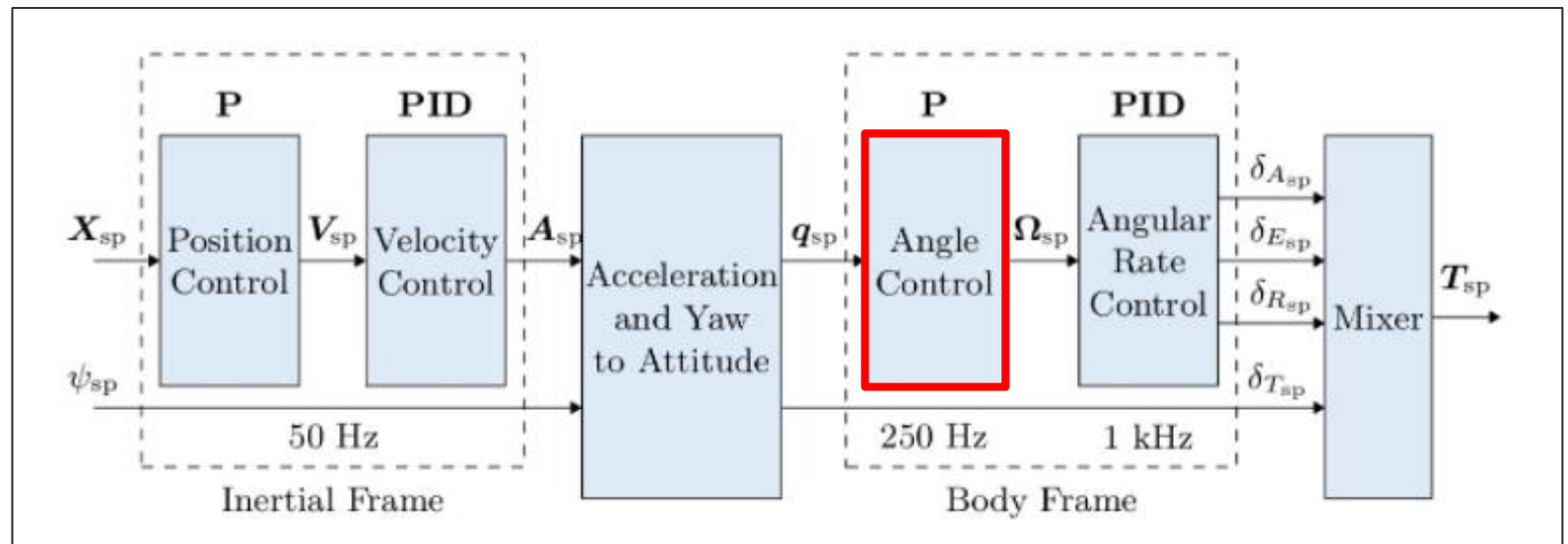


Controllore della velocità angolare 2/2

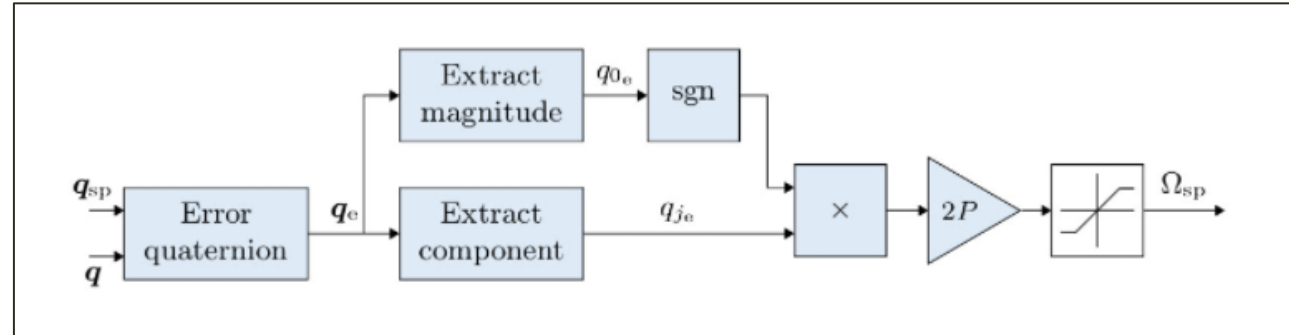


- Partendo da sinistra, riceve in ingresso una velocità angolare stimata e un setpoint
- Viene generato un errore da dare in ingresso al controllore PID
- Il PID genera il comando per il mixer che viene saturato tra ± 1
- Il filtro passabasso viene utilizzato per ridurre il rumore della misura

Controllore dell'assetto 1/2

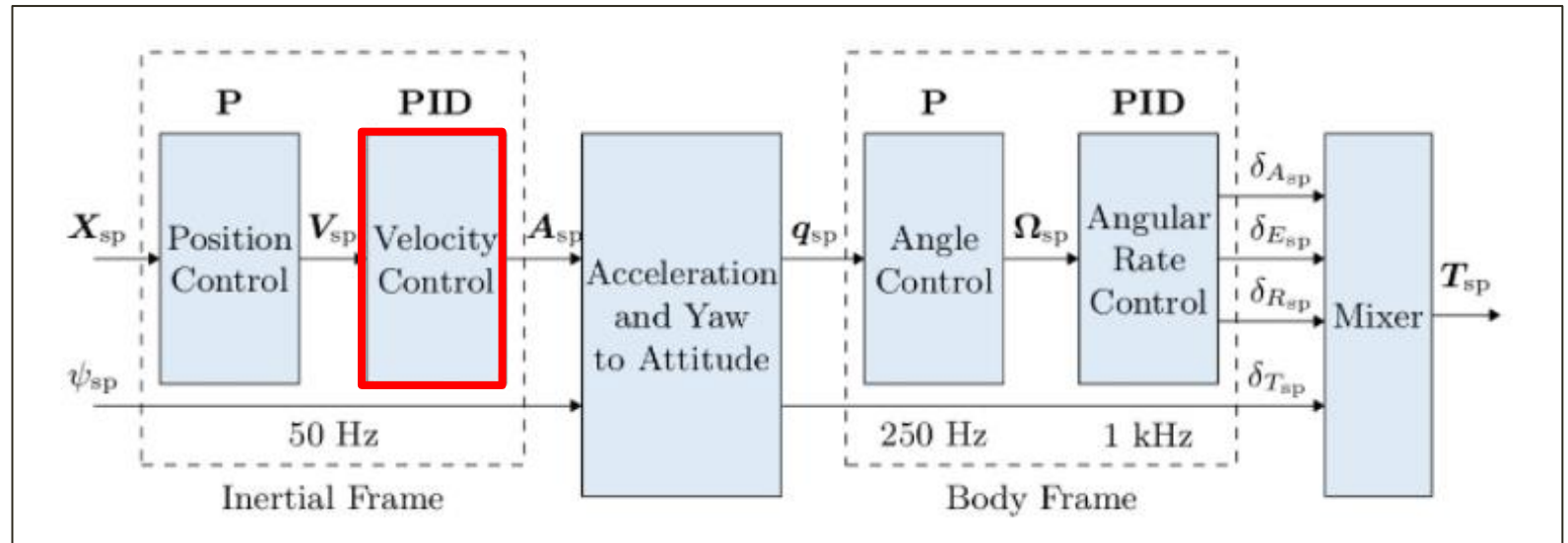


Controllore dell'assetto 2/2

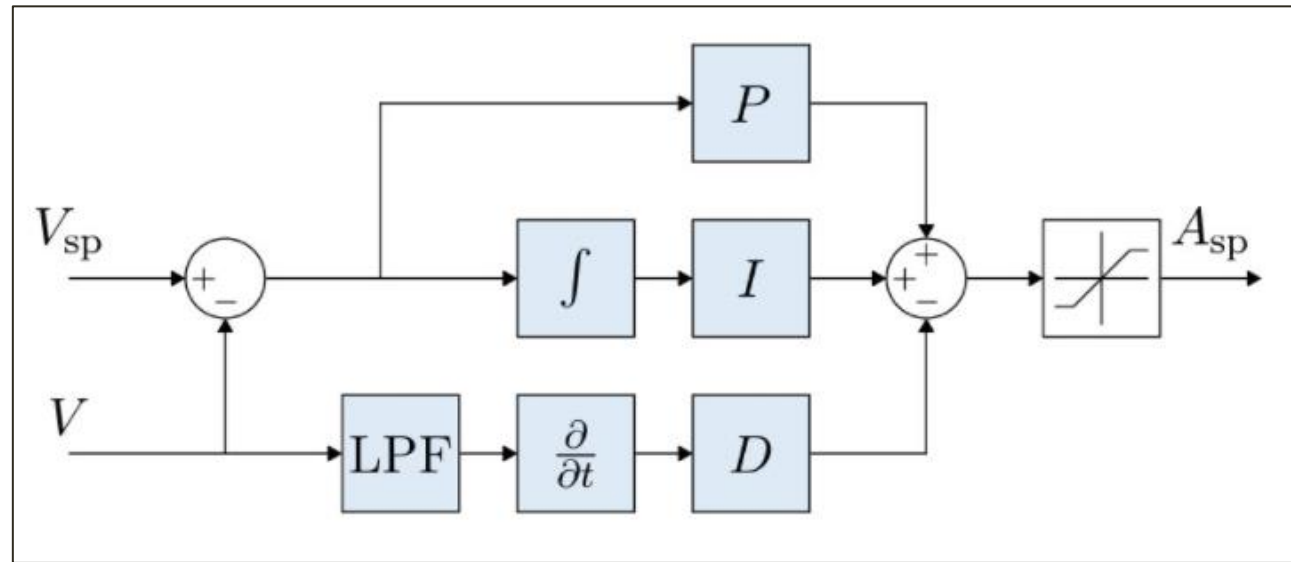


- Il controllore riceve in ingresso i valori della IMU
- Per evitare la singolarità degli angoli di Eulero, il controllore riceve in ingresso degli angoli espressi in quaternioni.
- La struttura è composta da due controllori P

Controllore di velocità 1/2

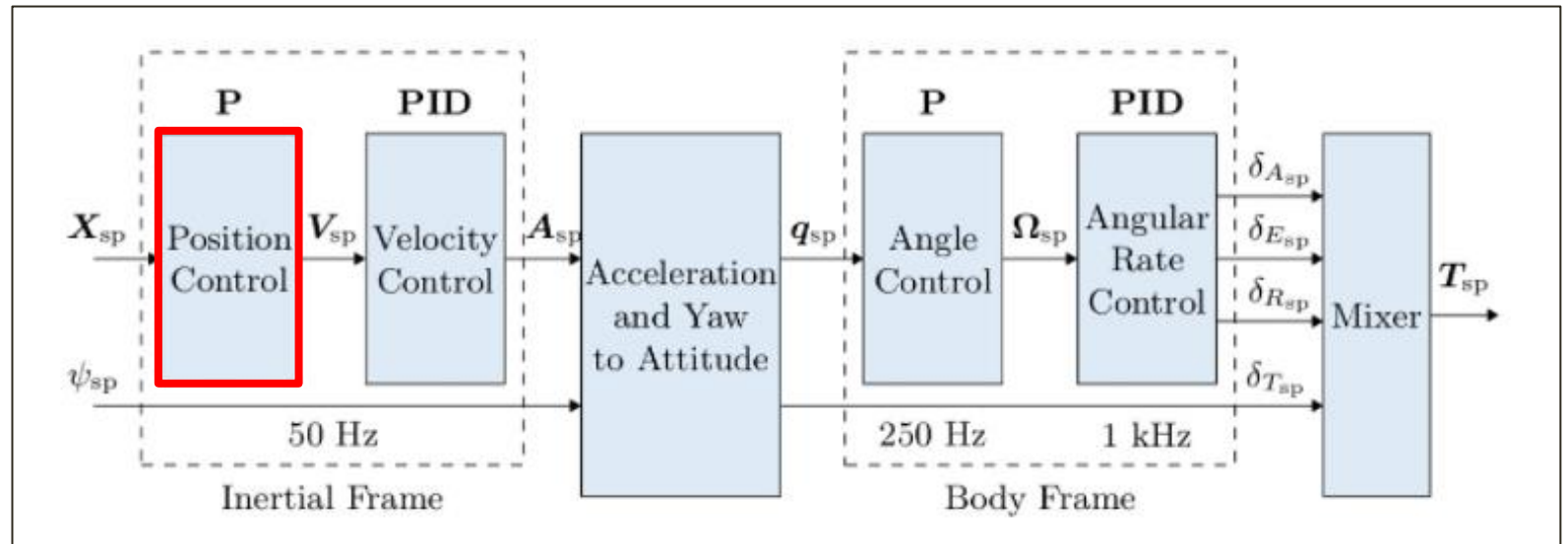


Controllore di velocità 2/2

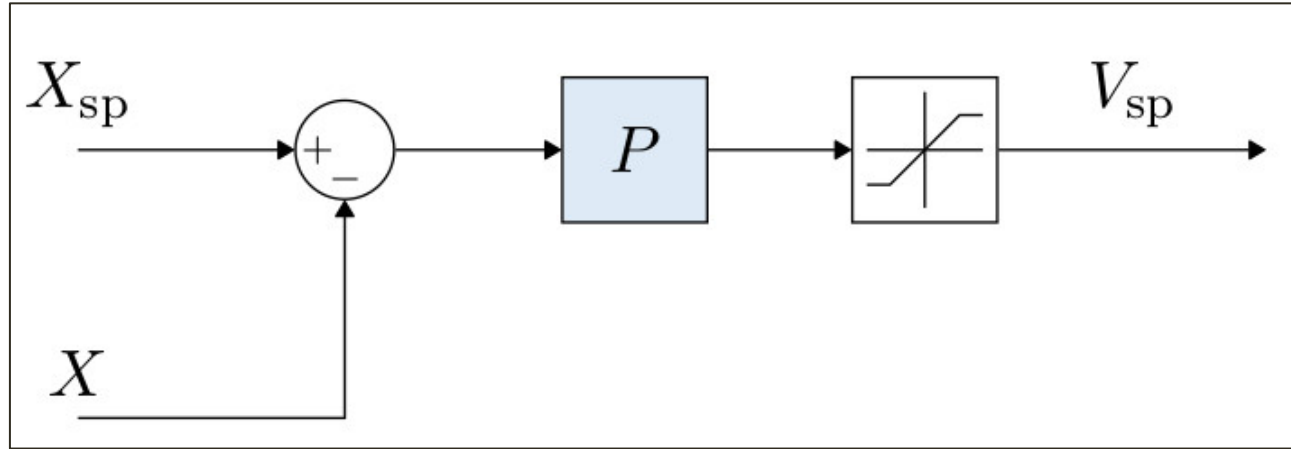


- Utilizza un controllore di tipo PID
- Al ramo derivativo viene data in ingresso la misura della velocità
- Il controllore è stato progettato per dare priorità alla velocità verticale rispetto all'orizzontale
- Il filtro passabasso viene utilizzato per ridurre il rumore della misura

Controllore di posizione 1/2

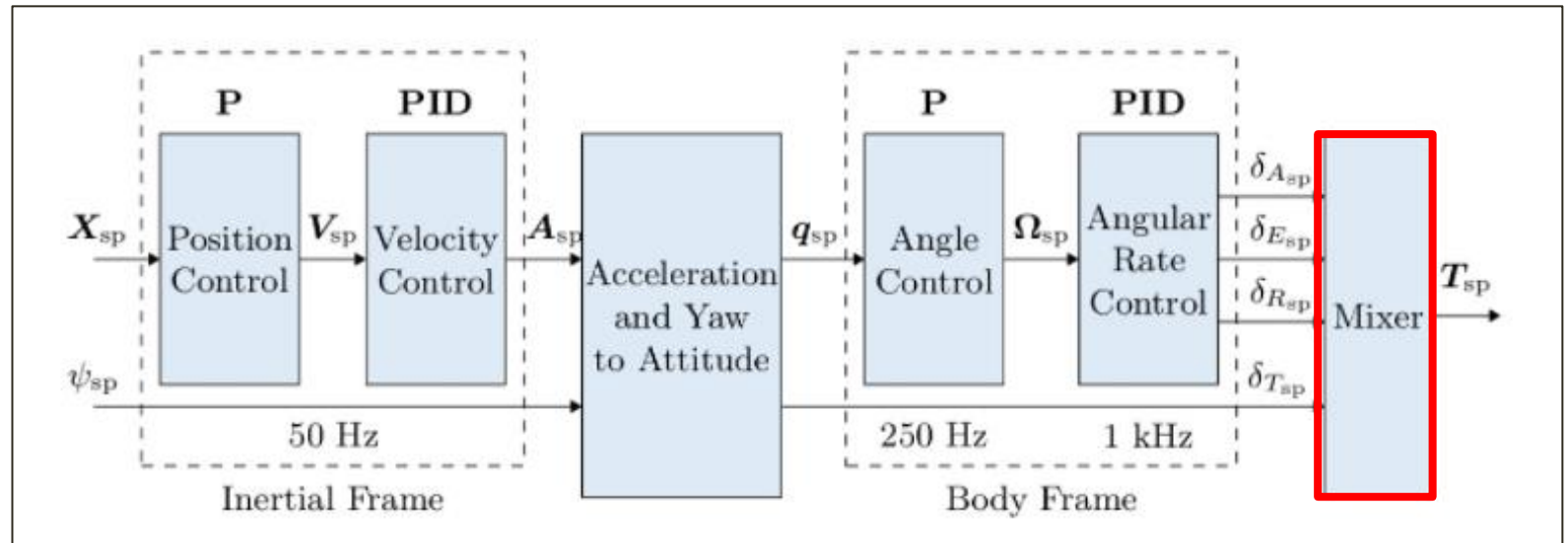


Controllore di posizione 2/2



- Utilizza un controllore di tipo P
- Il controllore satura la velocità in uscita per limitarla

Il Mixer



- Il Mixer ha la funzione di ricevere in ingresso gli output del controllore e di tradurli in comandi comprensibili per gli attuatori
- Dato che l'architettura del PX4 è Reactive, i diversi frame non necessitano speciali accorgimenti.

Fine primo modulo

