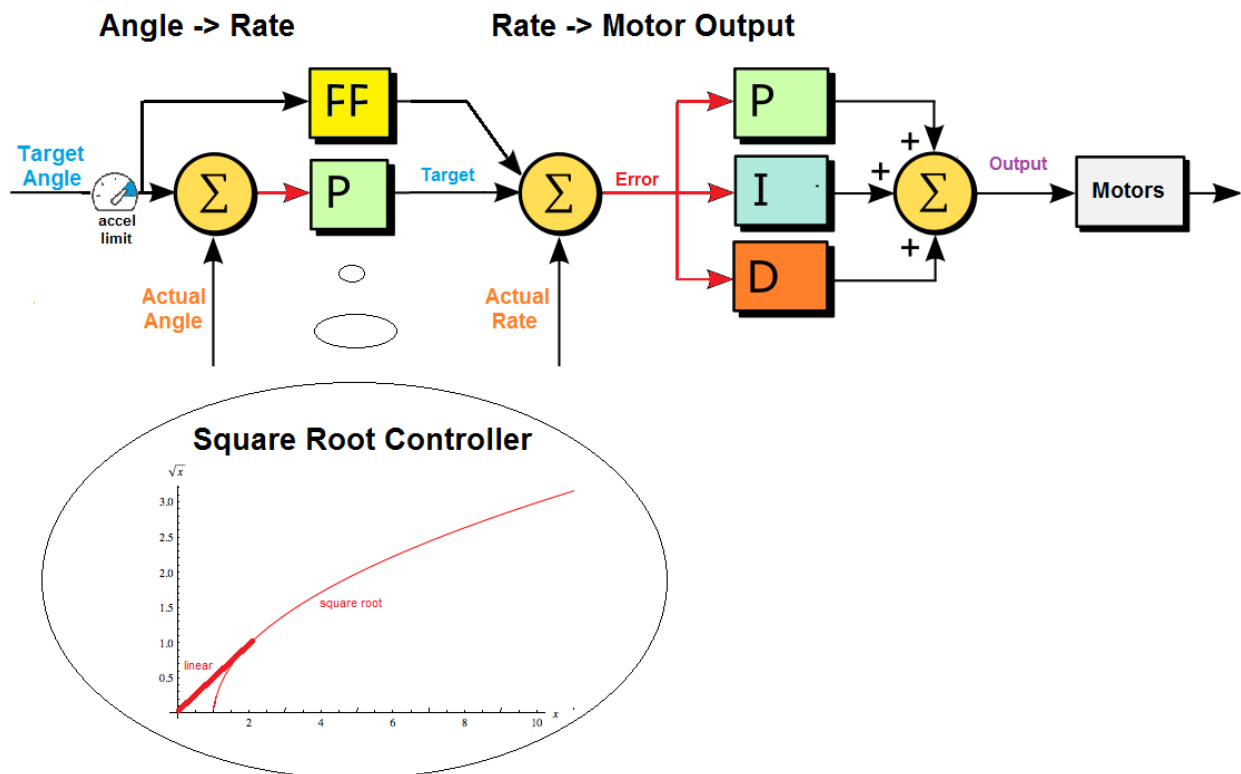


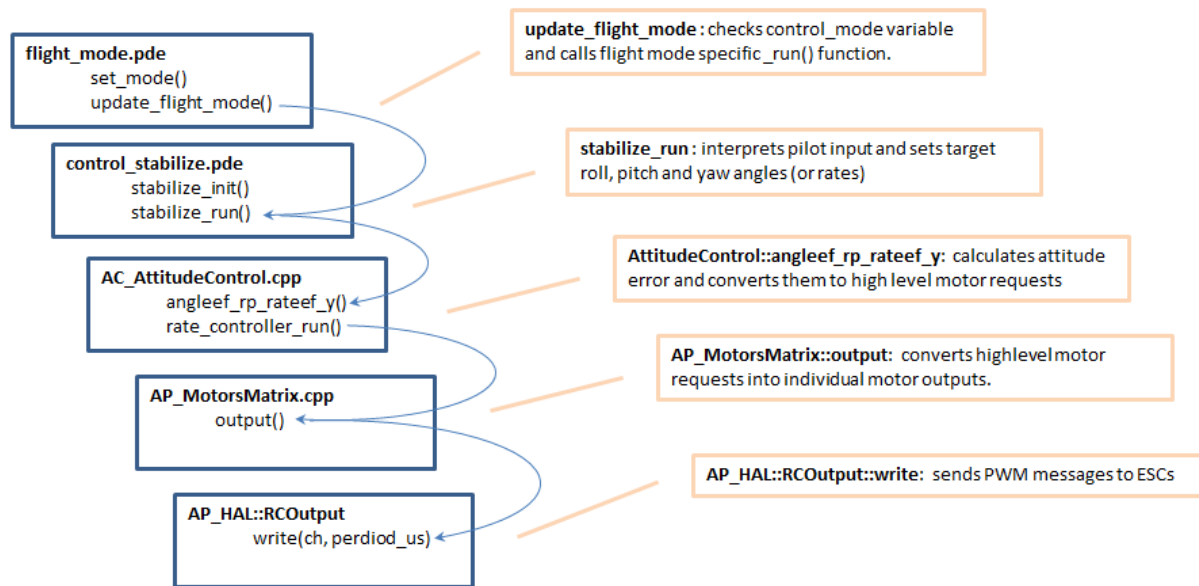
Bộ điều khiển góc



Hình 1 Bộ điều khiển góc và vận tốc góc cho từng trục

Sơ đồ trên thể hiện bộ điều khiển góc cho từng trục roll, pitch, yaw của copter. Vòng ngoài cùng là bộ điều khiển góc bao gồm khâu P biến đổi sai số giữa góc setpoint và góc thực tế sang setpoint vận tốc góc. Vòng trong là bộ điều khiển PID biến đổi sai số giữa setpoint vận tốc góc và vận tốc góc thực tế sang tín hiệu điều khiển động cơ.

Manual flight modes such as Stabilize, Acro, Drift



Hình 2 Thứ tự thực hiện chương trình điều khiển trong mode bay stabilize

Mỗi chu kỳ điều khiển (400 Hz, chính là giá trị define MAIN_LOOP_RATE trong file ArduCopter/config.h), method *fast_loop()* trong file ArduCopter/ArduCopter.cpp được gọi. Method này sẽ gọi method *update_flight_mode()* trong file ArduCopter/flight_mode.cpp. Tùy vào giá trị của biến control_mode, method *<flight_mode>_run()* tương ứng sẽ được gọi. Các method này nằm trong file ArduCopter/control_<flight_mode>.cpp.

Method *<flight_mode>_run()* chuyển đổi giá trị tay cầm (*channel_roll->get_control_in()*, *channel_pitch->get_control_in()*, *channel_yaw->get_control_in()*, *channel_throttle->get_control_in()*) thành góc nghiêng, vận tốc góc quay, tốc độ đi lên/xuống tùy vào mode bay. Ví dụ: trong mode AltHold, giá trị kênh roll, pitch được quy đổi thành góc nghiêng roll, pitch setpoint; giá trị kênh yaw được quy đổi thành vận tốc góc yaw setpoint (đơn vị độ/s); giá trị kênh ga được quy đổi thành tốc độ đi lên/xuống (đơn vị cm/s). Các giá trị setpoint góc nghiêng, vận tốc góc nghiêng được đưa vào các bộ điều khiển góc và/hoặc bộ điều khiển vị trí qua các method trong thư viện AC_AttitudeControl.

Thư viện AC_AttitudeControl cung cấp nhiều cách để đưa giá trị setpoint vào các bộ điều khiển, 3 cách thông dụng nhất là:

- *input_euler_angle_roll_pitch_euler_rate_yaw()*: method này nhận giá trị setpoint góc roll, pitch và giá trị setpoint vận tốc góc yaw. Ví dụ: input roll = -1000, pitch = -1500, yaw = 500 có nghĩa là drone sẽ nghiêng trái 10 độ (roll), chốc tới 15 độ (pitch) và xoay sang phải với tốc độ 5 độ/s (yaw).
- *input_euler_angle_roll_pitch_yaw()*: method này nhận giá trị setpoint góc roll, pitch, yaw. Trong ví dụ trên drone sẽ quay tới góc yaw 5 độ.
- *input_rate_bf_roll_pitch_yaw()*: method này nhận giá trị setpoint vận tốc góc quay quanh 3 trục x,y,z hiện tại của drone. Ví dụ: với input như trên drone sẽ quay quanh trục x của nó 10 độ/s về bên trái, quanh trục y của nó 15 độ/s về phía trước và quay quanh trục z của nó với tốc độ 5 độ/s.

Sau khi các method này được gọi, method *AC_AttitudeControl::rate_controller_run()* được gọi trong *fast_loop()* để chạy bộ PID góc và vận tốc góc, output của bộ điều khiển vận tốc góc được gửi tới thư viện AP_Motors qua các method *set_roll()*, *set_pitch()*, *set_yaw()*, *set_throttle()*. Từ 4 giá trị này, thư viện AP_Motors sẽ tính toán ra giá trị độ rộng xung điều khiển các motor tùy vào cấu hình máy bay (single, coax, quad, hex, octa, heli, ...).

Thư viện AC_PosControl cho phép điều khiển vị trí 3D của drone. Thông thường thư viện này được dùng để điều khiển độ cao z, các mode bay cần điều khiển vị trí 3D phức tạp hơn (ví dụ: Loiter) sử dụng thư viện AC_WPNav. Các method thông dụng trong thư viện AC_PosControl:

- *set_alt_target_from_climb_rate()*: nhận input là tốc độ lên/xuống (cm/s) và cập nhật giá trị độ cao tuyệt đối.
- *set_pos_target()*: nhận input tọa độ 3D với gốc 0 ở vị trí home (là vị trí thực hiện armed).

Sau khi gọi các method trong AC_PosControl, ta phải gọi method *AC_PosControl::update_z_controller()*. Method này sẽ chạy bộ điều khiển PID độ cao và gửi giá trị throttle tới thư viện AP_Motors qua method *set_throttle()*.

Tương tự nếu có method cập nhật vị trí setpoint x, y được gọi, method *AC_PosControl::update_xy_controller()* phải được gọi để chạy bộ điều khiển vị trí x, y.

Thư viện AP_Motors sẽ tổng hợp giá trị roll, pitch, yaw, throttle nhận được từ thư viện AC_AttitudeControl và AC_PosControl và chuyển thành giá trị PWM xuất ra ESC.

Method *set_roll()*, *set_pitch()*, *set_yaw()* nhận giá trị roll, pitch, yaw trong tầm -4500 tới 4500. Lưu ý đây không phải là giá trị setpoint góc hay vận tốc góc mà chỉ là giá trị số đại diện cho ngõ ra của bộ điều khiển PID trong AC_AttitudeControl. Ví dụ: *set_roll(-4500)* sẽ khiến drone nghiêng trái nhiều nhất có thể.

Method *set_throttle()* nhận giá trị ga trong tầm từ 0 (động cơ dừng) tới 1000 (quay tốc độ lớn nhất).

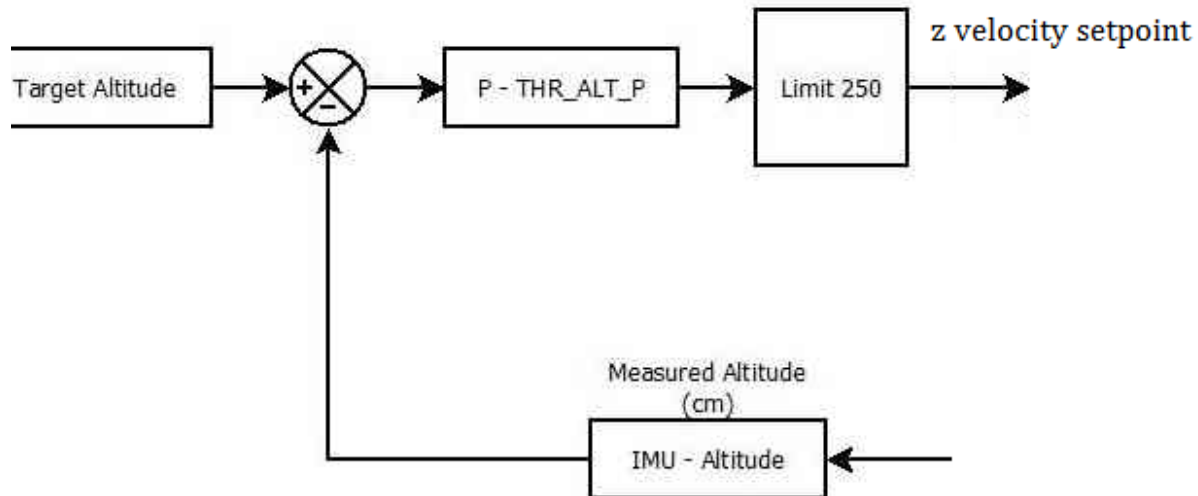
Có nhiều kiểu frame máy bay (Single, Coax, Quad, Hex, Octa, Helicopter), trong folder AP_Motors có các class tương ứng với các frame này. Mỗi class có các method *output_armed.xxx()* chuyển đổi giá trị roll, pitch, yaw, throttle thành tín hiệu ESC điều khiển động cơ. Method *output_armed_xxx()* sẽ gọi method *hal.rcout->write()* để chuyển giá trị PWM tới lớp thư viện AP_HAL.

Thư viện AP_HAL sẽ nhận giá trị PWM và xuất giá trị này ra chân RC tương ứng trên bo.

Điều khiển độ cao trong mode AltHold

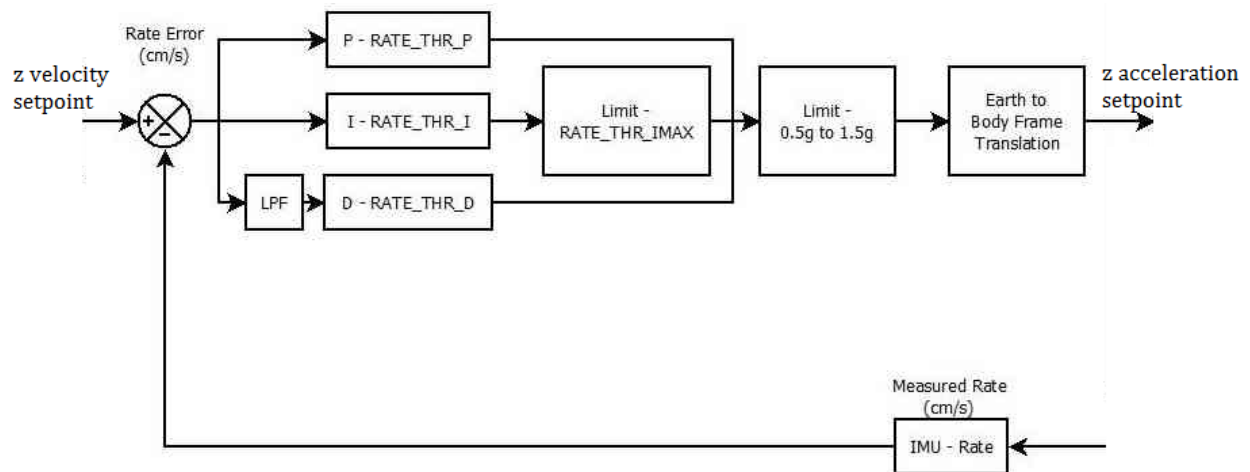
Gồm 3 vòng điều khiển.

- Vòng ngoài cùng gồm một khâu P, chuyển sai số độ cao sang tốc độ đi lên/xuống mong muốn.



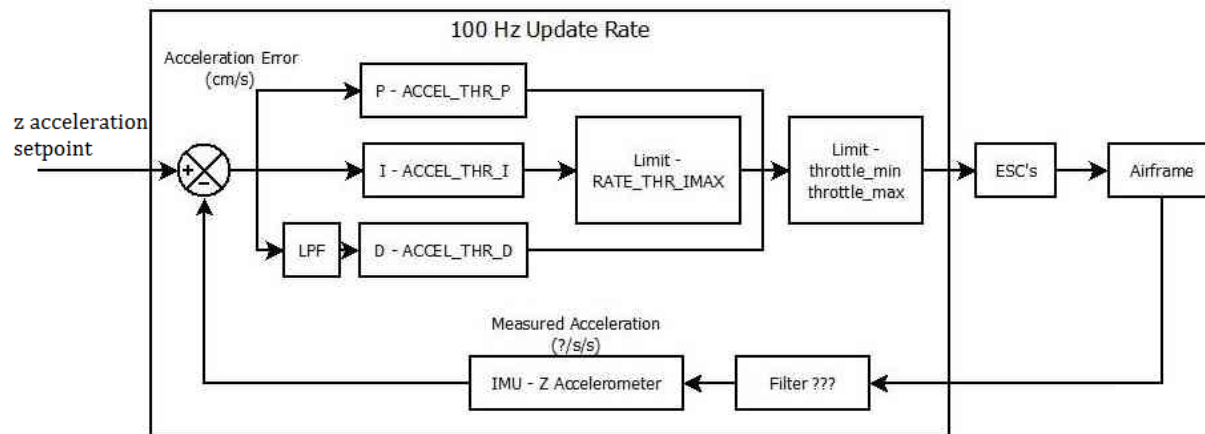
Hình 3 Bộ điều khiển độ cao

- Vòng điều khiển vận tốc là bộ điều khiển PD, chuyển sai số vận tốc sang gia tốc đi lên/xuống mong muốn.



Hình 4 Bộ điều khiển tốc độ trục z

- Vòng trong cùng là vòng điều khiển gia tốc, chuyển sai số gia tốc sang tín hiệu điều khiển ESC.

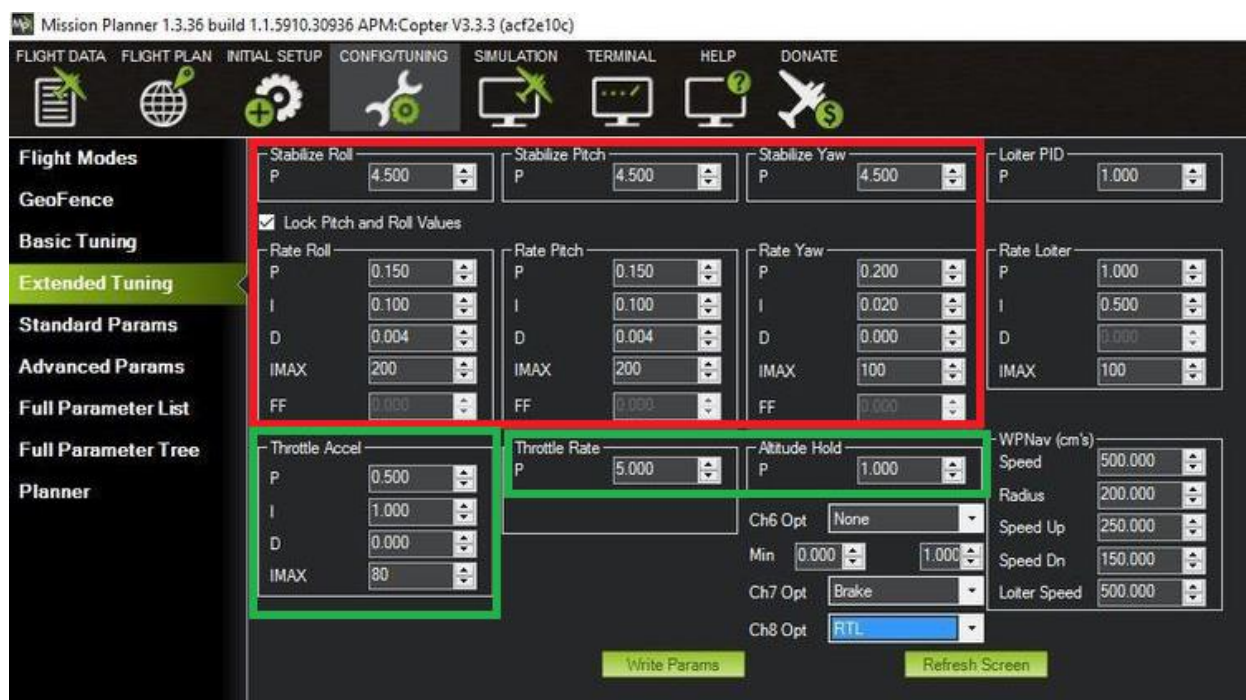


Hình 5 Bộ điều khiển độ cao trục z

Chỉnh thông số PID:

Connect BBG với Mission Planner.

Chọn tab CONFIG/TUNING trong Mission Planner, chọn Extended Tuning.



Chỉnh thông số PID cho bộ điều khiển góc và vận tốc góc:

- B1: sử dụng mode Stabilize hoặc AltHold để bay, chỉnh các thông số P của bộ điều khiển góc và PID của bộ điều khiển vận tốc góc (đóng

khung đỏ) theo hướng dẫn trong [2] cho đến khi drone giữ cân bằng được.

- B2: sử dụng chế độ Autotune chỉnh tinh thông số bộ điều khiển để drone cân bằng tốt hơn.

Chỉnh thông số bộ điều khiển độ cao: sử dụng mode AltHold bay, chỉnh thông số trong khung màu xanh lá theo hướng dẫn ở [3].

MissionPlanner cung cấp công cụ để ta kiểm tra kết quả chỉnh thông số, đó là Dataflash Logs. Dataflash Logs sẽ download file dữ liệu log trong thẻ nhớ và vẽ đồ thị các góc cũng như độ cao, tình trạng drone để ta phân tích sau khi kết thúc chuyến bay. Chi tiết về Dataflash logs được trình bày ở [4].

Tài liệu tham khảo:

[1] <http://ardupilot.org/dev/docs/apmcopter-programming-attitude-control-2.html>

[2] <http://ardupilot.org/copter/docs/stabilize-mode.html>

[3] <http://ardupilot.org/copter/docs/altholdmode.html>

[4] <http://ardupilot.org/copter/docs/common-downloading-and-analyzing-data-logs-in-mission-planner.html>