

RC10_R1_FRAME_TEST 说明书

简介

此文档重在记录RC10_LIB的设计思路，若是想快速上手RC10_LIB还请移步用户手册。
此文档写的还是相对凌乱，大多时候只是用来记录笔者的想法和实现

一切坐标采用右手系，不符合的就变换为右手系。yaw轴逆时针旋转为正方向(右手定则)
可以使用arm_math库进行加速的，尽量使用

其实这份README也开始大量充斥AI写的东西了，不过这个只是为了其他人想拓展RC10_LIB时候看的

RC10_LIB的核心设计原则

1. 严格分层，职责单一

框架分为硬件驱动层、设备协议层、算法层和应用层。当你添加新功能时，必须明确其归属。

硬件驱动只负责与物理总线通信。

设备协议只负责解析和打包特定设备的报文。

算法是纯粹的数学工具。

应用只负责下达高层指令。原则：禁止跨层调用，保持各层纯粹性。

2. 信任自动化调度，分离计算与打包

- 例如: fdCANbus 框架提供一个高频率的中央调度器，它会自动调用所有注册设备的 update() 和 packCommand()。

update(): 只用于计算。执行如PID等周期性算法，更新内部状态。

packCommand(): 只用于打包。读取 update() 的计算结果，并将其组装成待发送的CAN报文。

setTarget...(): 只用于接收指令。这是你的驱动提供给应用层的接口，用于设置高级目标。原则：永远不要在 packCommand() 中进行计算，也不要再 update() 中组装报文。相信调度器会按正确的顺序调用它们。

3. 继承统一接口，利用多态实现特异性

框架通过面向接口编程实现扩展性。所有设备驱动都必须继承自一个共同的基类（如 Motor_Base）。

统一管理: 调度器只与基类接口交互，它不关心具体是什么设备。

虚函数实现多态: 使用 virtual 函数（如 get_GearRatio()）来让每个子类提供自己独特的信息或行为。原则：你的新设备驱动必须实现基类的所有纯虚函数，并利用虚函数重写（override）来实现其特定协议和功能。

4. 用户使用接口的简化

将一切的重复性工作都在类的封装中实现，使得用户在开发应用层的时候无需写太多冗杂重复的代码，更高效进行开发。

编码方式

统一使用GB2312

命名规范

在类中的变量统一带_的后缀，形参不带后缀

文件架构

1. BSP_Driver

此用于存放最底层驱动，如fdCAN, UASRT, SPI IIC, TIM RTOS等驱动。

前缀为==BSP_==

2. Motor

此用于存放电机驱动。

前缀为==Motor==

3. APP

此用于存放控制器、滤波器和一些工具，又亦或是其他复用性强的算法之类的。

前缀为==APP==

4. Module

此用于一些复用性强的模块的封装，如激光测距模块、灯带等等

此前缀为==Module==

目前的设计思路

用统一的FdCanBus 封装负责fdCAN硬件、过滤与RX分发。用Motor基类定义统一接口，而motor基类可以派生两个主要子类：**DJIMotor**和**ExtendedMotor**。这是由于两种电机的报文发送机制不同。使用FreeRTOS(队列\任务)将CAN的收发与电机控制解耦，使用ID映射或查表方式将接收报文分发到正确的电机对象。

1. fdCanBus设计需求

作为通信通道，而不是直接服务电机（与RC9的不同点）

1. 单路CAN能够混搭标准帧和拓展帧

2. 使用FIFO接收CAN帧，ISR简化，只搬运报文，不解析，解析放到RTOS任务中进行

3. fdCanBus创建对象后自动生成对应任务

4. 封装了多帧打包，可能有些电机是分多帧发送的，虽然目前还没用的高，不知道以后会不会买这种

5. 好处：fdCAN 永远是纯通信层，电机逻辑变化不会污染 CAN 驱动。

6. ==具体实现==

1. fdCAN提供发送接口给电机类，提供 sendFrame(const CanFrame&) 接口，电机类不会直接调用 HAL。

2. 在fdCANbus中注册电机,使用Motor_Base指针，这样所有继承Motor_Base的子类都可以注册

3. fdCAN搬运ISR中的数据包丢到队列，让电机类解析。

4. 实现CAN发送频率为1kHz，与回传频率一致。这通过内部一个1kHz的调度器任务完成，该任务统一调度所有注册到总线上的对象。

调度流程的最终实现：

1. **双注册**: 用户需要将**电机对象本身**（如 `m3508_1`）和**电机组对象**（如 `DJI_Group_1`）都注册到 `fdCANbus`。
 - 注册电机本身是为了让调度器能调用其 `update()` 方法，并让接收任务能通过 `matchesFrame()` 找到它并调用 `updateFeedback()`。
 - 注册电机组是为了让调度器能调用其 `packCommand()` 方法来打包发送指令。
2. **1kHz定时器中断** 触发，释放 `schedulerTask_` 的信号量。
3. `schedulerTask_` 被唤醒，开始执行两轮遍历：
 - **第一轮遍历 (Update)**: 遍历 `motorList_`，对每个注册的对象调用 `update()` 方法。此时，`m3508_1->update()` 会被调用，执行PID计算并更新其内部的 `target_current_`。而 `DJI_Group_1->update()` 是空函数，不执行任何操作。
 - **第二轮遍历 (Pack & Send)**: 再次遍历 `motorList_`，对每个对象调用 `packCommand()`。此时，`m3508_1->packCommand()` 是空函数。而 `DJI_Group_1->packCommand()` 会被调用，它会访问其成员 `m3508_1` 的 `target_current_` 值，并将其打包成CAN帧。
4. `schedulerTask_` 将所有收集到的帧通过 `sendFrame()` 发送出去。
这种设计精确地分离了职责：电机对象负责计算，电机组对象负责打包。
5. 成员变量：`FDCAN_HandleTypeDef* hfdcan`、`bus_id`、静态数组管理电机指针
- 6.

2. FreeRTOS驱动设计

1. 封装相应的父类，这部分我暂时没想的太多
2. 任务系统类，提供统一接口来创建和管理任务，绕过CubeMX的配置生成。
 1. 类似ROS节点中的`spin()`，继承任务系统的子类只需要负责`run`或者`loop`
 2. 主要目的是把RTOS的任务抽象为一个功能单元
3. 通信抽象类，不一定要用RTOS实现，一些可以用统一的函数实现参数共享。但大体还有点类似ROS中的`pub/sub`或者`service`；
 1. `Publisher/Subscriber`：一个任务/类可以向某个话题（队列）发布消息，另一个类订阅后在任务中处理。
 2. `Service/Client`：用于“请求/响应”模式，比如参数配置、一次性命令。
4. 好处：以后不只是 CAN，还可以接 UART、SPI、传感器等，都能挂在这个 RTOS 通信框架里。
5. 具体实现
 1. 任务调度（任务类），封装 FreeRTOS `TaskHandle_t`，统一管理任务创建、启动和运行逻辑。
 2. 通信机制（消息/话题类）抽象一个类似 ROS `topic/service` 的父类，后续不一定是完全使用 FreeRTOS的`queue`之类的完成通信。
 1. 模仿 ROS 的 `pub/sub`：
 1. `publish(msg)`
 2. `subscribe(callback)`

3. 电机封装的实现

1. 首先有一个Motor_Base抽象类，作为父类，统一电机所需要的通用接口被后续的子类电机重写。

2. 核心设计：接收即转换与尺度统一

- **接收即转换**: 在 `DJI_Motor::updateFeedback()` 方法中，从CAN总线收到的原始电机转子数据（编码器值、转速）会立即通过调用 `virtual float get_GearRatio() const` 函数获得正确的减速比，并被转换为**输出轴尺度**的数据。
- **状态统一**: 转换后，所有存储在 `Motor_Base` 中的成员变量（`rpm_`, `angle_`, `totalAngle_`）都统一为**输出轴的状态**。
- **控制闭环统一**: 所有PID控制环路（在 `update()` 方法中）的目标值（`target_rpm_`）和反馈值（`this->rpm_`）都基于输出轴尺度进行计算，确保了控制的正确性。

3. 在之后

1. DJI

1. 有DJI_Motor管理单一电机和DJI_Group合帧。
2. DJI一条CAN上八个电机分上下片帧，id1~4一片，一个canid,5~8一片，一个canid
3. 之后具体电机需要继承

2. 其他电机

1. 继承Motor_Base完成各自的协议。

4. 电机发送报文的生成和回收报文的解析在电机类中实现

5. 具体实现

1. PID作为电机类中的成员，而非电机类继承PID类。
2. 提供通用接口(Motor_Base抽象层)：

`setTargetRPM() / setTargetCurrent() / setTargetAngle()/setTargetTotalAngle()`

`getRPM() / getPosition() / getCurrent() / getTotalAngle()`

`packCommand()`（把目标量转成 CAN 报文）

`updateFeedback()`（解析电机返回报文）

在之后由具体电机类完成闭环控制的封装。

3. 在电机类中把`update()`[更新电机所要发送参数]和`packCommand()`[打包参数发送]分开

1. 具体在fdCANbus中的操作
2. 1kHz定时器中断触发 -> `fdcan_global_scheduler_tick_isr()` 释放信号量 `schedSem_`。
3. `schedulerTaskbody` 从信号量等待中被唤醒。
4. `schedulerTaskbody` 遍历 `motorList_`，对每个注册的电机调用 `m->update()`。
5. 在 `update()` 内部，电机根据自身状态（如 `ANGLE_CONTROL`）执行PID计算，并更新其内部的 `target_current_`。
6. `schedulerTaskbody` 再次遍历 `motorList_`，调用 `m->packCommand()`。
7. `packCommand()`（在 `DJI_Group` 中实现）读取刚刚由 `update()` 计算出的 `target_current_`，并将其打包成CAN帧。
8. `schedulerTaskbody` 将所有打包好的帧通过 `sendFrame()` 发送出去。
9. `DJI_Motor` 基类

所有 DJI 电机共用的打包协议（4 电机合帧）。

具体型号（M3508、M2006、GM6020）继承这个类，负责具体反馈解析。

1. DJI_Motor继承Motor_Base

1. 负责保存电机单体的id,解析回传报文`updateFeedback()`，提供接口，不负责Group打包
2. M3508/M2006和M6020不在一条CAN上(会浪费bus位置)
3. DJI_Motor与DJI_Group
 1. DJI_Motor是负责单电机,专注于反馈解析和状态存储
 2. DJI_Group负责组帧
 3. DJI_Motor被DJI_Group持有和检索。

2. 其继承类 M3508/M2006

1. 这俩发送接收协议一样，只是最大电流不同。

3. GM6020

1. 只有帧头和上面那个不同
2. 接收

4. 线程安全

1. `rxTask` (接收任务) 和 `schedulerTask` (调度任务) 之间存在数据共享（如 `rpm_`, `angle_`）。`rxTask` 是写入者，`schedulerTask` 是读取者。由于 `schedulerTask` 的优先级更高，并且在当前设计中，数据读取不是原子操作，理论上存在数据竞争的风险（尽管在1kHz的调度频率下实际发生的概率较低）。
2. **当前策略**：暂时未加入显式的锁。依赖于FreeRTOS的任务调度和数据类型的原子性（float/int32在32位机上通常是原子读写的）来规避问题。如果未来出现数据不一致的问题，可以考虑在 `updateFeedback` 和 `update` 中对共享数据块使用 `taskENTER_CRITICAL()` / `taskEXIT_CRITICAL()` 进行保护。

5. matchesFrame 的默认实现与扩展

1. 此意义在于实现默认行为（比较 `id_` 与 `isExtended_`），并允许子类 override（比如 DJI group 要匹配 group-feedback frame 并分发到成员）。
2. 其实也可以把`matchFrame`删了，然后直接调用`fdCANbus`的`matchesFrameDefault`。其实也是实现等价逻辑

6. 做好注册唯一性检查(IMPORTANT!)

7. 电机生命周期应该是和单片机运行周期等价，感觉没有做析构的必要。

运行时序图

```

flowchart TD
    subgraph SCHED["fdCANbus Scheduler (per CAN, 1kHz)"]
        Tick["定时触发 1ms"]
        ForLoop["遍历 motorList[]"]
        Pack["调用 motor.packCommand()"]
        Batch["DJI: group 合并 -> 1 帧\nOthers: 单帧"]
        send["fdCAN.sendFrame(frame) -> HAL 发送"]
        Tick --> ForLoop --> Pack --> Batch --> send
    end

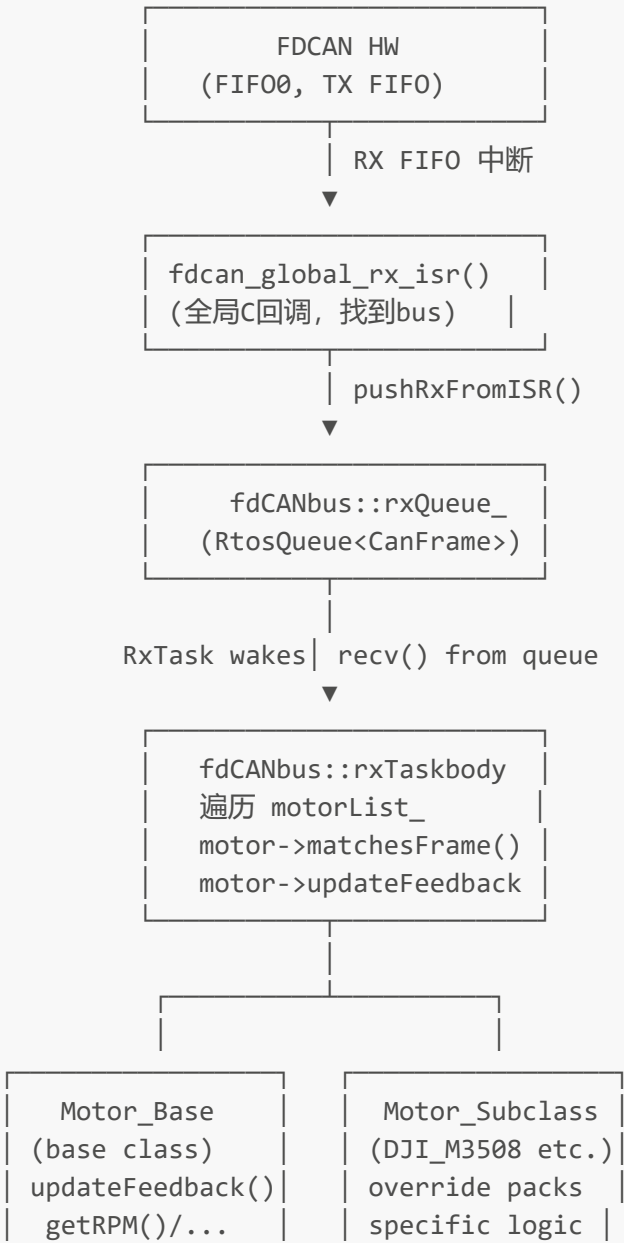
    subgraph BUS["CAN 总线 & 硬件"]
        CANBUS["物理 CAN 总线"]
        HAL["HAL/FDCAN 硬件层"]
    end
  
```

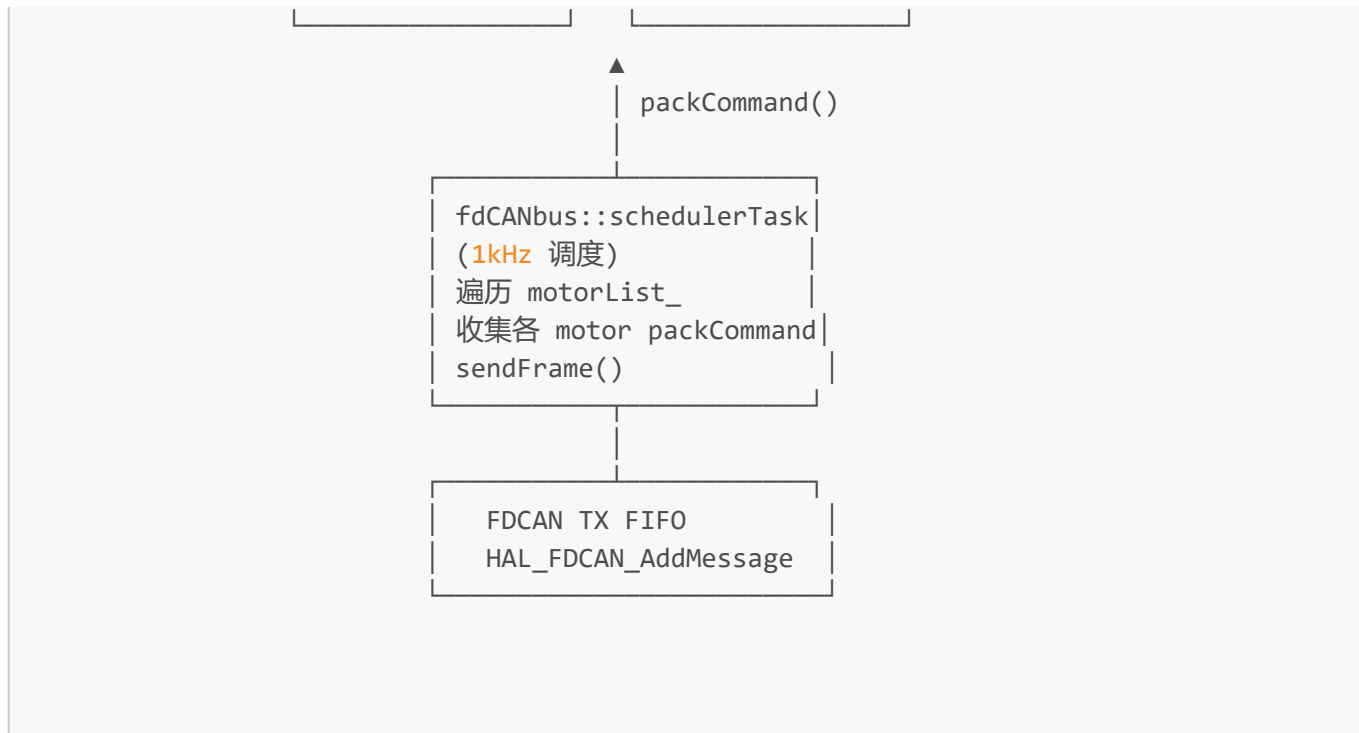
```
subgraph RX["接收路径"]
  ISR["FDCAN Rx ISR\n(尽量短)"]
  ISR_Queue["RX 原始帧队列 (rtos topic/queue)"]
  RX_Task["fdCAN RX Task\n从队列 pop -> publish"]
  Dispatch["按 ID/规则分发给订阅 motor\n调用 motor.updateFeedback()"]
  ISR --> ISR_Queue --> RX_Task --> Dispatch
end

%% 连接 send -> bus -> isr
send --> HAL --> CANBUS --> ISR

%% motor update interaction
Dispatch --> MotorUpdate["Motor 更新状态\n(角度/速度/电流)"]

%% note: motor may update targets via other control tasks
```





Module层

1. 底盘基层 Chassis_Base

- 定位**：这是一个纯粹的运动学模型，负责将机器人（世界或机器人坐标系）的目标速度分解为各个轮子的目标转速（逆解），以及将轮子的实际速度合成为机器人的当前速度（正解）。

2. 设计哲学：

- **静态与泛型**：使用C++模板 `template <std::size_t WheelCount>` 实现，允许用户在编译时定义底盘的轮子数量，所有相关数组（如电机指针、目标RPM）都基于此静态分配，完全避免动态内存。
- **接口与实现分离**：`Chassis_Base` 定义了通用的控制流程和接口，但将具体的运动学解算（`inverseKinematics`, `forwardKinematics`）作为纯虚函数，强制子类（如 `MecanumChassis`, `OmniChassis`）根据其特定的几何构型去实现。
- **坐标系管理**：内部同时维护机器人坐标系（`robot_twist_`）和世界坐标系（`world_twist_`）的速度。通过 `updateAngleData` 注入外部姿态数据（通常来自IMU的 yaw角），`Chassis_Base` 能够自动处理两个坐标系之间的转换。
- **独立的控制循环**：`Chassis_Base` 不被 `fdCANbus` 调度器自动调用。它拥有自己的 `update()` 方法，用户需要在自己的控制任务中以期望的频率（例如100Hz）调用此函数。`update()` 负责：
 1. 计算时间差 `dt_`。
 2. 应用加速度斜坡（`ramp`）平滑速度变化。
 3. 调用子类实现的 `updateKinematics()` 来执行核心解算。
 4. 将最终计算出的各轮目标RPM通过 `setTargetRPM()` 应用到已注册的 `Motor_Base` 对象上。

3. 数据流：

- 输入**：用户通过 `setWorldSpeed()` 或 `setRobotSpeed()` 设置目标速度，并通过 `updateAngleData()` 提供当前姿态。
- 处理**：在用户的任务中周期性调用 `update()`。`update()` 函数内部会调用 `updateKinematics()`，而 `updateKinematics()` 通常会调用 `inverseKinematics()` 来

计算 `wheel_target_rpm_` 数组，并可能调用 `forwardKinematics()` 来更新 `robot_twist_`。

3. **输出**：`update()` 的最后一步是遍历 `wheels_` 数组，将 `wheel_target_rpm_` 的值设置给对应的电机实例。后续电机的PID闭环和CAN报文打包则由 `fdCANbus` 的1kHz调度器自动完成。
4. **注册机制**：通过 `registerWheelMotor()` 方法，将具体的电机实例（`Motor_Base` 指针）与底盘模型的特定轮子索引关联起来，实现了运动学模型与电机驱动的解耦。

User层

用于存放基于RC10_LIB所写的应用层，如机构控制类，Debug类，demo类。
以及实际所需要创建的任务或启动项。

后续开发协作规定

1. 代码中尽量写入多的注释，如果自己懒得写可以使用vscode自带的ai进行补全，笔者的注释也基本是用ai写的。
- 2.