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

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

   1. 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，也不要在 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. 封成相应的父类，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，不一定是要用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

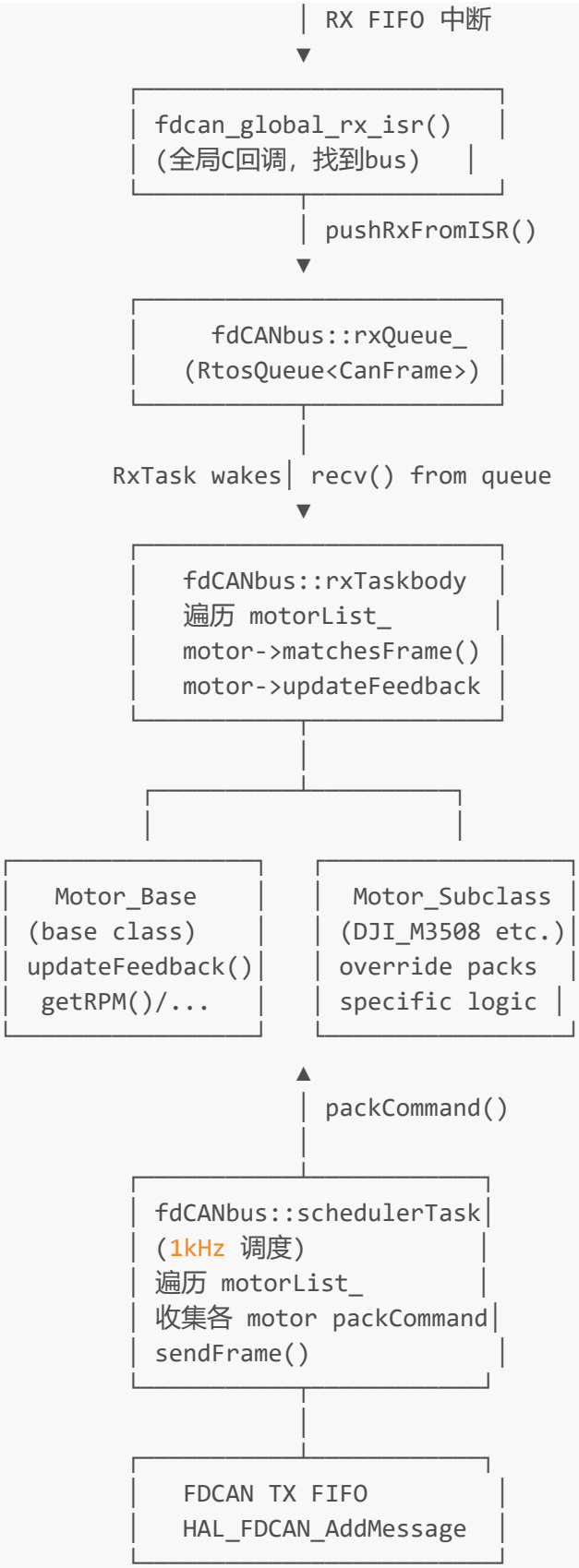
的问题，可以考虑在 `updateFeedback` 和 `update` 中对共享数据块使用 `taskENTER_CRITICAL()` / `taskEXIT_CRITICAL()` 进行保护。

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matchesFrameDefualt。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。
8.

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
```

```
┌──────────────────────────┐
│        FDCAN HW          │
│   (FIFO0, TX FIFO)       │
└──────────┬───────────────┘
```


RX FIFO 中断
fdcan_global_rx_isr()
(全局C回调，找到bus)
pushRxFromISR()
fdCANbus::rxQueue_
(RtosQueue<CanFrame>)
RxTask wakes
recv() from queue
fdCANbus::rxTaskbody
遍历 motorList_
motor->matchesFrame()
motor->updateFeedback
Motor_Base
(base class)
updateFeedback()
getRPM()/...
Motor_Subclass
(DJI_M3508 etc.)
override packs
specific logic
packCommand()
fdCANbus::schedulerTask
(1kHz 调度)
遍历 motorList_
收集各 motor packCommand
sendFrame()
FDCAN TX FIFO
HAL_FDCAN_AddMessage

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.