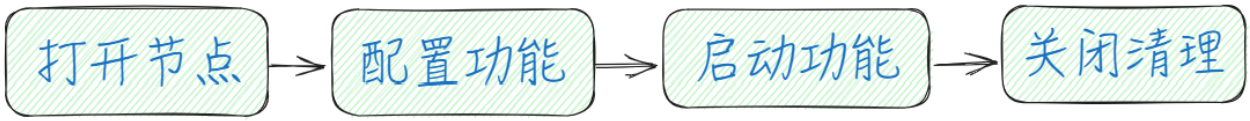
How to Use 1394B

在航电领域，1394是一个非常重要的通信总线，用好它是非常有必要的。

0. 前言

对于1394，所有操作都是围绕节点进行的，在我们开发过程中，大多数只会遇到CC和RN这两个节点。

对于这两个节点，它们有一套相同的操作逻辑，如下所示：



1. 打开节点。
2. 配置收发参数。
3. 开启收发功能。
4. 结束关闭清理。

因此，我们要对CC和RN两个节点做同样的操作。

一.打开并初始化节点

在程序种我们通常会定义设备以及节点的编号，同时根据需要定义好节点的句柄并初始话为nullptr，如下所示：

```
static const int RN_NODE_NO = 1;// RN节点编号
static const int CC_NODE_NO = 0;// CC节点编号
static const int DEVICE_NO  = 0;// 设备编号

_TNF_Node_Struct* hCcNode   = nullptr;// CC节点句柄
_TNF_Node_Struct* hRnNode   = nullptr;// RN节点句柄
```

要想打开节点，必须使用以下函数，传入节点描述，节点号和设备号，节点描述我们大多数不需要，因此可以填nullptr，打开成功便可返回完整的节点句柄。

```
TNFU32 deviceNo = DEVICE_NO;
TNFU32 ccNodeNo = CC_NODE_NO;

hCcNode = static_cast<_TNF_Node_Struct*>(Mil1394_XT_OPEN(nullptr, &deviceNo,
ccNodeNo));
if (hCcNode == nullptr) {
    //【错误】CC节点打开失败
    return false;
}
```

```
// RN节点同理
```

在打开后，我们需要使用某种方式尽量等待一段时间，这样确保节点可以完全打开。

二.配置消息参数

节点打开之后便是最重要的部分，配置参数。

对于不同的节点，它们都有相同的一部分，那便是设置端口速率和发送速率：

```
// 端口速率
enum PortSpeed {
    PORTSPEED_S100 = 0,         // 100Mbps
    PORTSPEED_S200 = 1,         // 200Mbps
    PORTSPEED_S400 = 2          // 400Mbps
};

// 使能/失能
enum Ability {
    ABILITY_DISABLE = 0,        // 禁用功能
    ABILITY_ENABLE = 1          // 启用功能
};

// 通信参数定义
static const int COMM_SPEED     = PORTSPEED_S400;       // 通信速率：400Mbps

static const int CC2RN_ASYNC_MSG_ID   = 0x1001;         // 异步消息ID
static const int CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN = 256;         // 异步消息载荷长度
static const int RN2CC_ASYNC_MSG_ID   = 0x2001;         // 异步消息ID
static const int RN2CC_ASYNC_PAYLOAD_LEN = 128;         // 异步消息载荷长度

// 设置通信端口速率为S400(400Mbps)
if (Mil1394_Port_Speed_Set(hCcNode, COMM_SPEED) != OK) {
    //【错误】设置CC节点通信速率失败
    Mil1394_Close(hCcNode);
    hCcNode = nullptr;
    return false;
}

// 设置消息发送速率为S400(400Mbps)
if (Mil1394_SEND_Speed_Set(hCcNode, COMM_SPEED) != OK) {
    //【错误】设置CC节点发送速率失败
    Mil1394_Close(hCcNode);
    hCcNode = nullptr;
    return false;
}
```

值得注意的是，相互通信的节点必须设置相同的速率才能正常的通信。

同时，根据节点的具体设计，判断是否开启STOF接收，以CC节点为例，大多数情况下CC节点只会发送STOF消息，不会接收STOF消息，因此需要禁用掉接收功能：

```
// 设置CC节点工作模式 - 禁用STOF接收功能（因为CC节点在本应用中只负责发送STOF消息）
if (Mil1394_RCV_STOF_ENABLE(hCcNode, ABILITY_DISABLE) != OK) {
    //【错误】设置CC节点工作模式失败
    Mil1394_Close(hCcNode);
    hCcNode = nullptr;
    return false;
}
```

最基础的设置完毕后，接下来便是各种消息的设置。

在1394中，有4种不同的消息：

- 总线复位消息
- STOF消息
- Asyn异步消息
- event事件消息

在这些消息中，我们用的最多的便是STOF消息和Asyn异步消息，接下来也只关心这两个消息。

STOF消息配置

对于STOF消息，它是周期性发送，因此需要我们指定发送周期，这里为其设定1秒的较大的周期，并且在接收方，消息并不一定会以非常准确的时间点到达，因此对于接收方还需要设置一下到达的误差范围，这里成为门限，具体设置如下所示：

```
static const int LARGE_PERIOD   = 1000000;// 大周期：1秒(1,000,000微秒)
static const int PERIOD_LIMIT   = 50000;  // 容错范围：50毫秒(50,000微秒)

// CC节点—设置STOF消息发送周期为大周期(1秒)
if (MSG_STOF_Period(hCcNode, LARGE_PERIOD) != OK) {
    //【错误】设置CC节点STOF周期失败
    return false;
}

// RN节点—设置STOF消息接收周期（与CC节点保持一致）
if (MSG_STOF_Period(hRnNode, LARGE_PERIOD) != OK) {
    //【错误】设置RN节点STOF周期失败
    return false;
}

// RN节点—设置STOF接收门限（容错范围）
if (MSG_RECV_STOF_limitPer(hRnNode, PERIOD_LIMIT) != OK) {
    //【错误】设置RN节点STOF接收门限失败
    return false;
}
```

设置完周期相关之后便是消息内容相关东西。

对于1394中的消息的配置，它们都是通过*消息配置结构体*和*消息数据包结构体*两部分完成。

以STOF消息为例：对于STOF的发送，我们首先要使用_TNF_STOFCFG_Struct对STOF消息的基本参数进行选择和设置，然后使用_MsgSTOF对STOF消息的数据进行填充，这两部分都有对应的加载操作，这样做之后便可以进行发送。具体代码如下所示：

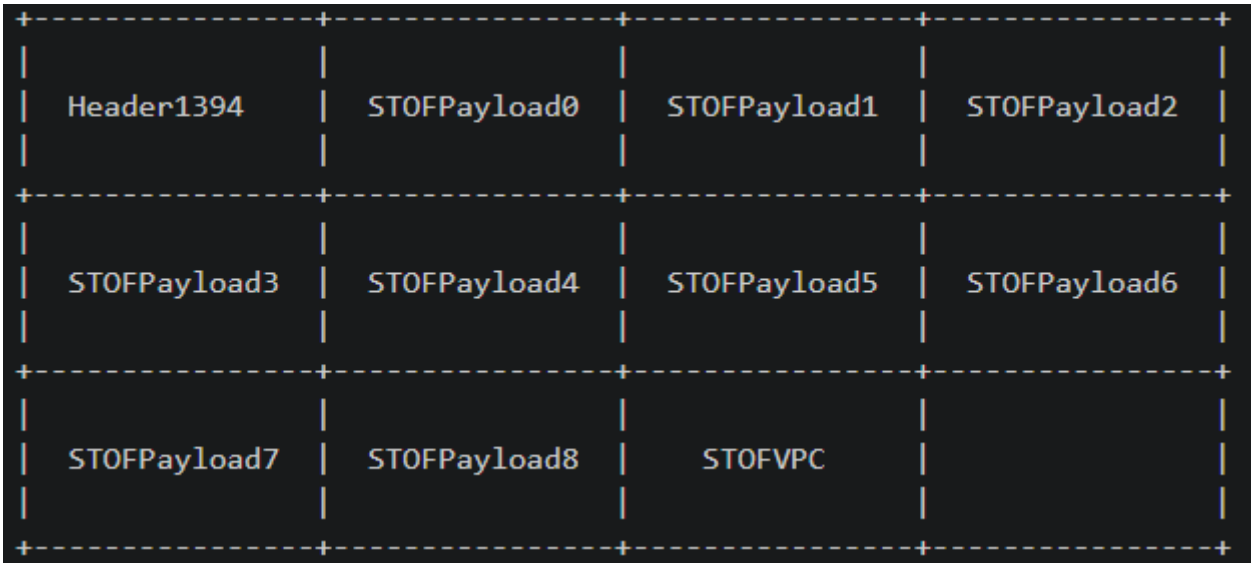
```
_TNF_STOFCFG_Struct cc2RnStofCfg;      // CC节点发送到RN节点的STOF配置结构体
_MsgSTOF            cc2RnStofPackage;  // CC节点发送到RN节点的STOF消息包

// 初始化并配置STOF配置结构体
memset(&cc2RnStofCfg, 0, sizeof(cc2RnStofCfg));
cc2RnStofCfg.STOFPeriod = LARGE_PERIOD;  // 设置大周期为1秒(1,000,000微秒)
cc2RnStofCfg.SysCntType = 1;             // 系统计数类型，用于时间同步
cc2RnStofCfg.STOFPayload4 = 0;           // 初始化负载4值
// 应用STOF配置到CC节点
if (MSG_STOF_SEND_CFG(hCcNode, &cc2RnStofCfg) != OK) {
    //【错误】配置CC节点STOF消息失败
    return false;
}

// 初始化并设置STOF消息数据
memset(&cc2RnStofPackage, 0, sizeof(cc2RnStofPackage));
// 设置STOF消息的各个负载值
cc2RnStofPackage.STOFPayload0 = 0xCCCC0001;  // 消息标识，用于RN节点识别CC节点消息
cc2RnStofPackage.STOFPayload1 = 0x00000000;  // 时间戳低位，初始化为0
cc2RnStofPackage.STOFPayload2 = 0x00000000;  // 时间戳高位，初始化为0
cc2RnStofPackage.STOFPayload3 = 0x00000000;  // 消息计数器，初始化为0
cc2RnStofPackage.STOFPayload4 = 0x00000000;  // 备用负载值
cc2RnStofPackage.STOFPayload5 = 0x00000000;  // 备用负载值
cc2RnStofPackage.STOFPayload6 = 0x00000000;  // 备用负载值
cc2RnStofPackage.STOFPayload7 = 0x00000000;  // 备用负载值
cc2RnStofPackage.STOFPayload8 = 0x00000000;  // 备用负载值
// 设置STOF消息发送数据
if (MSG_STOF_SEND_DATA_Set(hCcNode, &cc2RnStofPackage) != OK) {
    //【错误】设置CC节点STOF消息数据失败
    return false;
}
```

而对于STOF接收，在设置完周期后，便不用专门的参数配置。

值得注意的是，在我们进行STOF配置结构体时，除了周期，还有一个系统计数类型和负载4的初始化。当我们赋值1时，每发一次STOF消息，这个计数就会自动加1，而负载4就是其初始值。有了这个东西，我们便可以在接收时查看这个计数来判断一些东西。

在填充STOF的数据时，我们可以发现STOF的结构便是9个32字的负载，这些负载存储信息，我们会发现负载3也是消息计数器，这与之前的负载4有冲突，这是为什么呢？深入了解可以发现，负载4仅仅是设置了初始值，当设置完毕后，之后所有的计数本身会放在负载3上，这便是不同的负载都出现计数的原因。

STOF的结构如下图以及代码所示：




```
typedef struct {
    TNFU32  Header1394;   /* 1394协议头部 */
    TNFU32  STOFPayload0; /* 载荷0 */
    TNFU32  STOFPayload1; /* 载荷1，其中5、4位代表余度分支，配置错误可能导致产品进入故
障模式 */
    TNFU32  STOFPayload2; /* 载荷2 */
    TNFU32  STOFPayload3; /* 载荷3 */
    TNFU32  STOFPayload4; /* 载荷4，通常用于系统计数 */
    TNFU32  STOFPayload5; /* 载荷5 */
    TNFU32  STOFPayload6; /* 载荷6 */
    TNFU32  STOFPayload7; /* 载荷7 */
    TNFU32  STOFPayload8; /* 载荷8 */
    TNFU32  STOFVPC;      /* 垂直奇偶校验值 */
}_MsgSTOF;
```

这样STOF消息就算配置完成。

Asyn异步消息配置

在1394中最常用的便是Asyn异步消息，最复杂的也是异步消息，因此配置异步消息也是极为复杂的。

配置Asyn异步消息时，除了*消息配置结构体*和*消息数据包结构体*还要添加额外的*配置数组*加载。配置数组的加载使用以下方式：

```
MSG_ASYNC_LoadCfg(节点句柄, 发送配置数量,接收配置数量,通道号,发送配置数组,接收配置数
组);
```

我们可以看到配置数量以及对应数量的配置数组，从驱动库中寻找后可以做出以下内容：

```
static const int CC2RN_ASYNC_MSG_ID    = 0x1001;          // 异步消息ID
static const int CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN = 256;           // 异步消息载荷长度
```

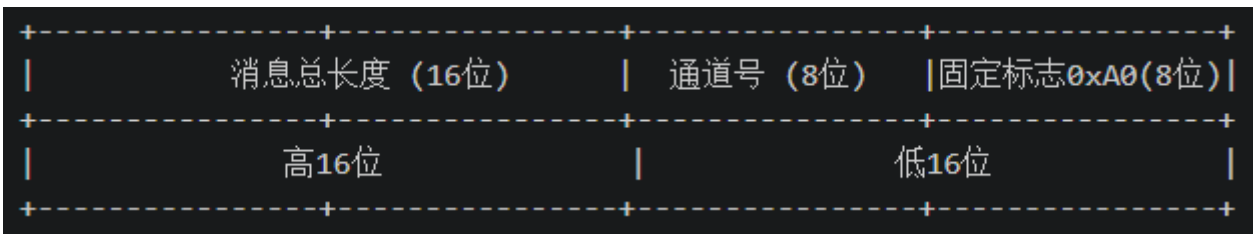
```
static const int RN2CC_ASYNC_MSG_ID    = 0x2001;          // 异步消息ID
static const int RN2CC_ASYNC_PAYLOAD_LEN = 128;           // 异步消息载荷长度

// CC节点Asyn消息配置数组(发1收1)
TNFU32 CcNodeTxConfigArr[5] = {
    //-控制字、1394头、消息ID、保留字段
    0x0000, TX_PACK1394HEADER(CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN, 1), CC2RN_ASYNC_MSG_ID,
0x0000,
    0x8000
};
TNFU32 CcNodeRxConfigArr[3] = {
    //-控制字、消息ID、保留字段
    RX_PACKCONTROLWORD(RN2CC_ASYNC_PAYLOAD_LEN), RN2CC_ASYNC_MSG_ID, 0x0000
};

// RN节点Asyn消息配置数组(发1收1)
TNFU32 RnNodeTxConfigArr[5] = {
    //-控制字、1394头、消息ID、保留字段
    0x0000, TX_PACK1394HEADER(RN2CC_ASYNC_PAYLOAD_LEN, 1), RN2CC_ASYNC_MSG_ID,
0x0000,
    0x8000
};
TNFU32 RnNodeRxConfigArr[3] = {
    //-控制字、消息ID、保留字段
    RX_PACKCONTROLWORD(CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN), CC2RN_ASYNC_MSG_ID, 0x0000
};
```

对于发送配置数组，其最少有5个元素组成：*控制字*，*1394头*，*消息ID*，*保留字段*，*结束标志*。这5个周游1394头和消息ID是需要我们来填充的，其余都是固定的。

对于消息ID，我们提前设计好就行了，比较复杂的是1394头的计算。在这里，给出1394头的计算宏定义如下所示，其中需要我们传入*有效载荷长度（字节数）*和*通道号*这两个参数：

```
// 1394头计算
#define TX_PACK1394HEADER(payloadLength, channel) ((quint32)(payloadLength + 8 *
4) << 16) | ((quint32)channel << 8) | 0xA0
```

> 让我们想一想为什么要这样设计呢?



> 从驱动库中我们可以找到以上这样的结构，其是一个32位字，由（高16位的消息总长度），（中8位的通道号），（低8位的固定标志）组成，而消息总长度又由（有效载荷长度）和（1个32位字的头部长度）组成，因此这样我们便可以明白为什么要这样设计了。

同理，对于接收配置数组，其最少由3个元素组成：*接收控制字*，*消息ID*，*保留字段*。也只有接收控制字和消息ID需要我们填充。

对于消息ID，需要填入发送消息的消息ID，而接收控制字，其计算的宏定义也如下所示，我们需要传入的仍是*有效载荷长度*。

```
#define RX_PACKCONTROLWORD(payloadLength) (quint32)(payloadLength + 8 * 4) /
(quint32)4
```

> 同样让我们想想为什么要这样设计？

> 接收控制字的意义是32位字的个数，经过反向操作我们便可以得到*有效载荷长度* + *8* * *4*的值，再反向计算便可以得到有效载荷长度。这样我们便可以推出要接收多少数据。这便是接收控制字的意义。

这样就清楚了这样配置的原因。同时也完成了Asyn异步消息的接收配置。

而对于Asyn异步消息的发送配置，遵循之前的方式即可，定义配置结构体变量，填充相应的内容，应用配置即可，代码如下所示：

```
// 初始化并配置异步消息配置结构体
memset(&cc2RnAsynCfg, 0, sizeof(cc2RnAsynCfg));
cc2RnAsynCfg.Header1394 = TX_PACK1394HEADER(CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN, 1);  // 设置
1394头
cc2RnAsynCfg.MessageID = CC2RN_ASYNC_MSG_ID;  // 设置消息ID
cc2RnAsynCfg.HeartBeatStyle = 1;         // 心跳样式：步进方式
cc2RnAsynCfg.HeartBeatEnable = 1;        // 启用心跳
cc2RnAsynCfg.HeartBeatStep = 1;          // 心跳步长
cc2RnAsynCfg.HeartBeatinitValue = 0;     // 心跳初始值
cc2RnAsynCfg.SoftVPCenable = 1;          // 启用软件VPC

// 应用异步消息配置到CC节点（索引0）
if (MSG_ASYNC_SEND_CFG(hCcNode, 0, &cc2RnAsynCfg) != OK) {
    //【错误】配置CC节点异步消息失败
    return false;
}
```

而对于Asyn异步消息的数据填充，我们只需要定义数据包结构，根据我们数据的有效长度进行填充，我们在设置时尽量选择4的整数倍，原因很简单，因为这里的有效长度都是以字节为单位的，但是数据填充是以32位字位单位的因此，在502个32位字之内尽量的选择完整的数据。代码如下所示

```
// 初始化并设置异步消息数据
memset(&cc2RnAsynPackage, 0, sizeof(cc2RnAsynPackage));
cc2RnAsynPackage.Header1394 = TX_PACK1394HEADER(CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN, 1);    //
设置1394头
cc2RnAsynPackage.MessageID = CC2RN_ASYNC_MSG_ID;                                //
设置消息ID
cc2RnAsynPackage.payloadLen = CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN;                          //
```

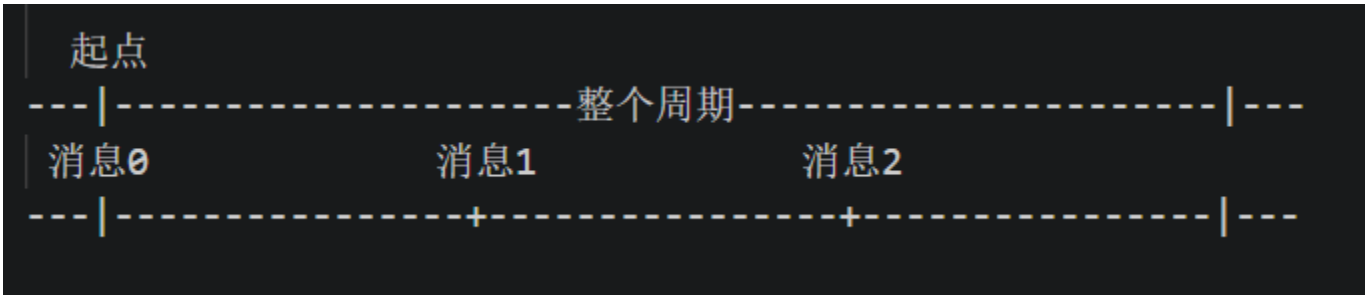
```
设置有效载荷长度

// 填充异步消息数据载荷
for (int i = 0; i < CC2RN_ASYNC_PAYLOAD_LEN/4 && i < 502; i++) {
    cc2RnAsynPackage.msgData[i] = 0xABCD0000 + i;                                    //
填充递增数据
}
```

当数据填充完毕后，就要进行总的数据的设置，设置的代码如下所示：

```
// 设置异步消息发送数据
if (MSG_ASYNC_SEND_DATA_Set(hCcNode, 0, 0, reinterpret_cast<TNFU32*>
(&cc2RnAsynPackage)) != OK) {
    //【错误】设置CC节点异步消息数据失败
    return false;
}
```

在设置中我们可以发现有两个0作为参数，这是怎么回事？好像没有什么是0，这两个0该怎么解释呢？回顾之前的异步消息配置数组的加载，是不是写了消息的数量，而这里的第一个0便是消息的索引，由于我们只有一个消息，所以直接写为0，但是如果有多个消息时，就必须使用循环的方式来对每个消息进行设置。那第二个0是什么？

我们可以想象一下，如果有3个消息在同一时刻发送，会发生什么？会在总线上拥挤导致三个都发送不了，因此，就需要某种机制将消息分开发送，这便是第二个0的含义——消息偏移。如下图所示，每个消息以起点为基础向后延迟一定时间发送，这样就可以保证消息不会拥挤。第一个消息偏移为0，因此这里输入0。



综上以及浏览驱动库，我们可以找到Asyn异步消息的结构，如下图以及代码所示：


```
typedef struct {
    TNFU32  Header1394;   /* 1394协议头部 */
    TNFU32  MessageID;    /* 消息ID，用于标识消息类型 */
    TNFU32  Security;     /* 安全相关字段 */
    TNFU32  NodeID;       /* 节点ID */
    TNFU32  payloadLen;   /* 有效载荷长度 */
    TNFU32  healthStat;   /* 健康状态 */
    TNFU32  heartBeat;    /* 心跳值 */
    TNFU32  msgData[502]; /* 消息数据，最大支持502个32位字 */
}_MsgAsyn;
```

这样，Asyn异步消息的发送也配置完成了。

到这里几乎所有的配置就已经完成了。接下来便是功能的开启。

三.开启消息收发

对于消息收发的启动，我们只需要记住，先接收，再发送即可，而具体的代码如下所示：

```
// 启用消息接收，以启动消息支持功能
if (MSG_RECV_Ctrl(hCcNode, ABILITY_ENABLE) != OK) {
    //【错误】启用CC节点消息接收失败
    return false;
}

// 启动STOF消息周期性发送功能
if (MSG_STOF_SEND_Ctrl(hCcNode, ABILITY_ENABLE, LARGE_PERIOD, 0, 0) != OK) {
    //【错误】启动CC节点STOF消息发送失败
    return false;
}

// 启动所有异步消息周期性发送功能
```

```
if (MSG_ASYNC_SEND_ALLCtrl(hRnNode, ABILITY_ENABLE) != OK) {
    //【错误】启动CC节点异步消息发送失败
    return false;
}
```

这样设置之后1394相关便会自行根据设置发送和接收消息。

四.获取并处理消息

对于STOF消息和Asyn异步消息，它们都有两种大的方法来接收消息，**阻塞式**和**非阻塞式**。

阻塞式接收

当我们主动调用以下方法时，系统会进行阻塞式的接收，除非超时或接收到消息，否则就会阻塞程序。

STOF消息阻塞式接收代码如下所示：

```
// 调用API接收STOF消息，使用指定的超时时间
if (MSG_STOF_RECV(hRnNode, &receivedStofPackage, timeoutMs) == OK) {
    //【接收】成功接收到STOF消息
    printf("  Payload0: 0x%08X\n", receivedStofPackage.STOFPayload0);
}
else {
    //【超时】STOF消息接收超时
}
```

Asyn异步消息阻塞式接收代码如下所示：

```
// 调用API接收异步消息，使用指定的超时时间和消息ID
if (MSG_RECV_Packet_Asyn(hRnNode, ASYNC_MSG_ID, &receivedAsyncPackage, nullptr) ==
OK) {
    //【接收】成功接收到异步消息
    printf("  MessageID: 0x%08X\n", receivedAsyncPackage.MessageID);
    printf("  PayloadLen: %d 字节\n", receivedAsyncPackage.payloadLen);
}
else {
    //【超时】异步消息接收超时
}
```

相对于阻塞式，我更推荐非阻塞式的接收方式。

非阻塞式接收

对于4种消息，它们的非阻塞式接收是同一个方法，那便是接收消息队列，我们获取消息队列，遍历队列内容，获取消息，根据消息类型字段确认消息，再执行相应的处理函数。

代码如下所示：

```
void RNnodeWork::pollAndProcessMessages() {
    // 检查是否有消息待处理
    TNFU32 msgCount = 0;
    _RcvMsgList* msgList = nullptr;
    _RcvMsgList* msgLastList = nullptr;

    // 获取消息列表
    if (MSG_RECV_list(hRnNode, &msgCount, &msgList, &msgLastList) == OK) {
        if (msgCount > 0) {
            // 遍历消息列表并处理每条消息
            _RcvMsgList* currentMsg = msgList;
            for (TNFU32 i = 0; i < msgCount && currentMsg != nullptr; i++) {
                processMessage(currentMsg);
                currentMsg = currentMsg->next;
            }
        }
        else {
            // 没有消息待处理
        }
    }
    else {
        // 获取消息列表失败
    }
}

// 处理消息
void RNnodeWork::processMessage(_RcvMsgList *msgList) {
    // 确保是一条可用的消息
    if (msgList == nullptr || msgList->msgstateAddr == nullptr) {
        return;
    }
    // 获取消息状态
    _MsgState* msgState = msgList->msgstateAddr;
    // 根据消息类型进行处理
    switch (msgState->MessageTYPE) {
        case MSG_BUSRESET:
            break;
        case MSG_STOF:
            memset(&receivedStofPackage, 0, sizeof(receivedStofPackage));
            if (MSG_RECV_Packet_STOF(hRnNode, &receivedStofPackage, msgState) ==
OK) {
                //
            }
            break;
        case MSG_ASYNC:
            memset(&receivedAsynPackage, 0, sizeof(receivedAsynPackage));
            if (MSG_RECV_Packet_Asyn(hRnNode, msgState->MessageID,
&receivedAsynPackage, msgState) == OK) {
                //
            }
            break;
        case MSG_EVENT:
            break;
```

```
            default:
                break;
        }
    }
```

为什么可以使用这种方法，查看驱动库可以看到_RcvMsgLis的结构，其中有几个很关键的成员：消息状态,消息数据指针,链表结构这几个重要成员。

```
// 消息队列链表结构体
typedef struct {
    _MsgState* msgstateAddr;  // 消息状态（包含类型信息）
    void* msgAddr;            // 消息数据指针
    TNFU32 listID;
    struct _RcvMsgList* next; // 链表结构
} _RcvMsgList;
```

消息数据指针通过void*指向具体的消息数据，消息状态保存消息的各个类型数据等，如下所示，其中最重要的便是MessageTYPE来判断消息的类型。

```
// 消息状态
typedef struct {
    /* 时间标签字段 */
    TNFU32  RTC             :16;  /* 16位相对STOF的时间标签 */
    /* 消息属性字段 */
    TNFU32  MessageTYPE     :2;   /* 消息类型 0:总线复位 1:STOF 2:异步流 3:事件 */
    TNFU32  ser1            :6;   /* 保留位 */
    TNFU32  STOFLIMITErr    :1;   /* STOF包周期超出门限范围错误 */
    TNFU32  SVPCERR         :1;   /* 软件VPC校验错误 */
    TNFU32  Speed           :2;   /* 消息包速率 0: S100, 1: S200, 2: S400 */
    /* 错误标志字段 */
    TNFU32  CRCERR          :1;   /* 循环冗余校验错误 */
    TNFU32  VPCERR          :1;   /* 垂直奇偶校验错误 */
    TNFU32  LenERR          :1;   /* 长度错误标志 - 与配置接收长度不一致 */
    TNFU32  PacketFlag      :1;   /* 1表示接收的消息，0表示自己发送的消息 */
    TNFU32  LRTCH;                /* 64位时间标签(高32位) */
    TNFU32  LRTCL;                /* 64位时间标签(低32位) */
    /* 1394头字段 */
    TNFU32  Headerflag      :8;   /* 头部标志 */
    TNFU32  HeaderChannel   :6;   /* 头部通道号 */
    TNFU32  Headerser       :2;   /* 头部序列号 */
    TNFU32  Headerlength    :16;  /* 头部长度 */
    TNFU32  MessageID;            /* 消息ID */
}_MsgState;
```

这样我们就很清楚他的接收机制了。

到这里，1394常用的内容就完成了。