

# LTE Standard(A)系列

# MUX 应用指导

**LTE Standard 模块系列**

版本：1.1

日期：2022-02-28

状态：受控文件



上海移远通信技术股份有限公司（以下简称“移远通信”）始终以为客户提供最及时、最全面的服务为宗旨。如需任何帮助，请随时联系我司上海总部，联系方式如下：

上海移远通信技术股份有限公司  
上海市闵行区田林路 1016 号科技绿洲 3 期（B 区）5 号楼 邮编：200233  
电话：+86 21 5108 6236 邮箱：[info@quectel.com](mailto:info@quectel.com)

或联系我司当地办事处，详情请登录：<http://www.quectel.com/cn/support/sales.htm>。

如需技术支持或反馈我司技术文档中的问题，请随时登陆网址：  
<http://www.quectel.com/cn/support/technical.htm> 或发送邮件至：[support@quectel.com](mailto:support@quectel.com)。

## 前言

移远通信提供该文档内容以支持客户的产品设计。客户须按照文档中提供的规范、参数来设计产品。同时，您理解并同意，移远通信提供的参考设计仅作为示例。您同意在设计您目标产品时使用您独立的分析、评估和判断。在使用本文档所指导的任何硬软件或服务之前，请仔细阅读本声明。您在此承认并同意，尽管移远通信采取了商业范围内的合理努力来提供尽可能好的体验，但本文档和其所涉及服务是在“可用”基础上提供给您的。移远通信可在未事先通知的情况下，自行决定随时增加、修改或重述本文档。

## 使用和披露限制

### 许可协议

除非移远通信特别授权，否则我司所提供硬软件、材料和文档的接收方须对接收的内容保密，不得将其用于除本项目的实施与开展以外的任何其他目的。

### 版权声明

移远通信产品和本协议项下的第三方产品可能包含受移远通信或第三方材料、硬软件和文档版权保护的相关资料。除非事先得到书面同意，否则您不得获取、使用、向第三方披露我司所提供的文档和信息，或对此类受版权保护的资料进行复制、转载、抄袭、出版、展示、翻译、分发、合并、修改，或创造其衍生作品。移远通信或第三方对受版权保护的资料拥有专有权，不授予或转让任何专利、版权、商标或服务商标权的许可。为避免歧义，除了正常的非独家、免版税的产品使用许可，任何形式的购买都不可被视为授予许可。对于任何违反保密义务、未经授权使用或以其他非法形式恶意使用所述文档和信息的违法侵权行为，移远通信有权追究法律责任。

### 商标

除另行规定，本文档中的任何内容均不授予在广告、宣传或其他方面使用移远通信或第三方的任何商标、商号及名称，或其缩略语，或其仿冒品的权利。

### 第三方权利

您理解本文档可能涉及一个或多个属于第三方的硬软件和文档（“第三方材料”）。您对此类第三方材料的使用应受本文档的所有限制和义务约束。

移远通信针对第三方材料不做任何明示或暗示的保证或陈述，包括但不限于任何暗示或法定的适销性或特定用途的适用性、平静受益权、系统集成、信息准确性以及与许可技术或被许可人使用许可技术相关的不侵犯任何第三方知识产权的保证。本协议中的任何内容都不构成移远通信对任何移远通信产品或任何其他硬件、设备、工具、信息或产品的开发、增强、修改、分销、营销、销售、提供销售或以其他方式维持生产的陈述或保证。此外，移远通信免除因交易过程、使用或贸易而产生的任何和所有保证。

## 隐私声明

为实现移远通信产品功能，特定设备数据将会上传至移远通信或第三方服务器（包括运营商、芯片供应商或您指定的服务器）。移远通信严格遵守相关法律法规，仅为实现产品功能之目的或在适用法律允许的情况下保留、使用、披露或以其他方式处理相关数据。当您与第三方进行数据交互前，请自行了解其隐私保护和数据安全政策。

## 免责声明

- 1) 移远通信不承担任何因未能遵守有关操作或设计规范而造成损害的责任。
- 2) 移远通信不承担因本文档中的任何因不准确、遗漏、或使用本文档中的信息而产生的任何责任。
- 3) 移远通信尽力确保开发中功能的完整性、准确性、及时性，但不排除上述功能错误或遗漏的可能。除非另有协议规定，否则移远通信对开发中功能的使用不做任何暗示或法定的保证。在适用法律允许的最大范围内，移远通信不对任何因使用开发中功能而遭受的损害承担责任，无论此类损害是否可以预见。
- 4) 移远通信对第三方网站及第三方资源的信息、内容、广告、商业报价、产品、服务和材料的可访问性、安全性、准确性、可用性、合法性和完整性不承担任何法律责任。

版权所有 ©上海移远通信技术股份有限公司 2022，保留一切权利。

**Copyright © Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. 2022.**

# 文档历史

## 修订记录

版本	日期	作者	变更表述
-	2021-04-25	Evin ZHU	文档创建
1.0	2021-05-21	Evin ZHU	受控版本
1.1	2022-02-28	Evin ZHU	1. 增加文档适用模块 EC200A 系列、EC800N-CN 和 EG915N-EU。 2. 更新 AT+CMUX 中<T2>的默认值和单位。

## 目录

文档历史 .....	3
目录 .....	4
表格索引 .....	6
图片索引 .....	7
<b>1 引言 .....</b>	<b>8</b>
1.1. 适用模块 .....	8
<b>2 移远通信多路复用系统概况 .....</b>	<b>9</b>
<b>3 MUX AT 命令详解 .....</b>	<b>10</b>
3.1. AT 命令说明 .....	10
3.1.1. 定义 .....	10
3.1.2. AT 命令语句 .....	10
3.2. AT 示例声明 .....	10
3.3. AT+CMUX 多路复用模式 .....	11
<b>4 MUX 协议 .....</b>	<b>13</b>
4.1. 帧结构 .....	13
4.1.1. 标记序列域 .....	13
4.1.2. 地址域 .....	13
4.1.2.1 DLCI .....	13
4.1.2.2 C/R .....	14
4.1.2.3 EA .....	14
4.1.3. 控制域 .....	14
4.1.4. 长度域 .....	15
4.1.5. 信息域 .....	15
4.1.6. FCS 域 .....	16
4.2. 帧类型 .....	16
4.2.1. SABM .....	16
4.2.2. UA .....	16
4.2.3. DM .....	16
4.2.4. DISC .....	16
4.2.5. UIH .....	17
4.3. MUX 控制通道 .....	17
4.3.1. 消息格式 .....	17
4.3.1.1 类型域 .....	17
4.3.1.2 长度域 .....	18
4.3.1.3 值域 .....	18
4.3.2. 消息类型与操作 .....	18
4.3.2.1 关闭 MUX (CLD) .....	18
4.3.2.2 流控开启命令 (FCon) .....	18
4.3.2.3 流控关闭命令 (FCoff) .....	19
4.3.2.4 Modem 状态命令 (MSC) .....	19

4.4.	步骤 .....	22
4.4.1.	建立 DLC .....	22
4.4.2.	释放 DLC .....	22
4.4.3.	信息传输 .....	22
4.4.3.1	信息数据 .....	22
4.4.4.	超时因素考虑 .....	23
4.4.5.	流控 .....	23
5	示例 .....	24
5.1.	帧结构示例 .....	24
5.2.	建立通道 .....	25
5.3.	帧传输 .....	26
5.4.	流控 .....	27
5.5.	关闭 MUX .....	28
6	附录 参考文档及术语缩写 .....	29

## 表格索引

表 1: 适用模块 .....	8
表 2: AT 命令类型 .....	10
表 3: MUX 帧结构 .....	13
表 4: 地址域 .....	13
表 5: C/R 位用法 .....	14
表 6: 编写控制域 .....	14
表 7: 长度域结构 .....	15
表 8: 消息格式 .....	17
表 9: 消息格式 – 类型域 .....	17
表 10: 消息格式 – 长度域 .....	18
表 11: MUX 关闭消息 – 类型域格式 .....	18
表 12: 流控开启命令 – 类型域格式 .....	19
表 13: 流控关闭命令 – 类型域格式 .....	19
表 14: Modem 状态命令 .....	19
表 15: Modem 状态命令 – 命令域格式 .....	20
表 16: 地址域格式 .....	20
表 17: 控制信号字节格式 .....	20
表 18: 接收方从控制信号字节进行映射 .....	21
表 19: 发送方从控制信号字节进行映射 .....	21
表 20: 参考文档 .....	29
表 21: 术语缩写 .....	29

## 图片索引

图 1: MUX 架构 .....	9
图 2: UA 帧（响应） .....	16



# 1 引言

本文介绍了 UE 和 TE 之间移远通信 MUX（多路复用）协议，并提供了如何在移远通信 LTE Standard(A)系列模块上使用 MUX 功能的示例。

## 1.1. 适用模块

表 1：适用模块

模块系列	模块
LTE Standard(A)	EC200A 系列
	EC200S 系列
	EC200T 系列
	EC200N-CN
	EC600N-CN
	EC600S-CN
	EC800N-CN
	EG912Y-EU
	EG915N-EU

## 2 移远通信多路复用系统概况

多路复用协议通过单个物理端口在 TE 和 UE 之间传输数据流，提供了一种数据流传输机制。移远通信多路复用系统可以在一个物理端口上创建 4 个虚拟通道，同时传输多个数据流，且均支持 SMS 和 PPP 拨号等。

应用程序的数据都打包在由数据和协议字段组成的不同的帧中，数据和协议字段指明了通道号、信息长度、FCS 等。作为数据流，帧可以通过串口进行传输。到达另一方后，数据由多路复用协议栈解压为四个数据流，并传输到应用程序。除了传输数据信息外，也能传输控制信息。

TE 和 UE 之间的每个通道，称为 DLC（数据链路连接），DLC 先后相互独立地建立起来。

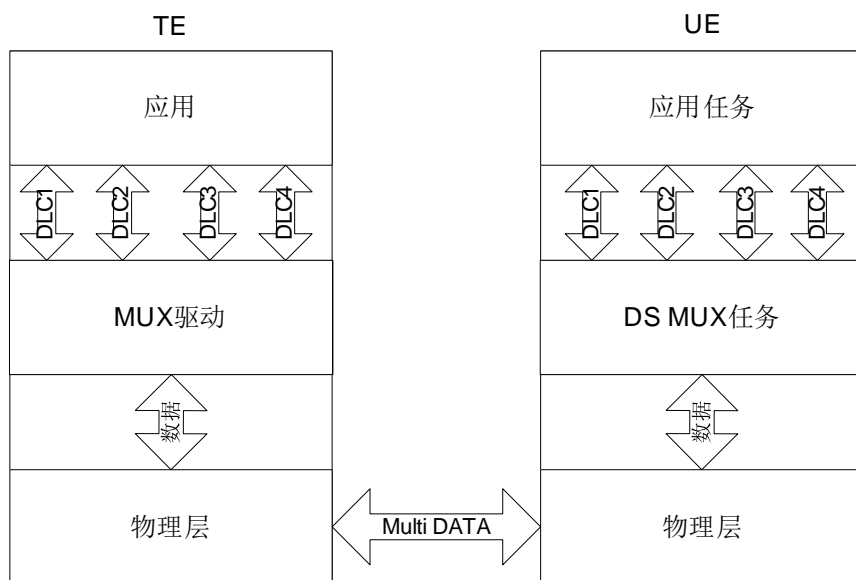


图 1：MUX 架构

## 3 MUX AT 命令详解

### 3.1. AT 命令说明

#### 3.1.1. 定义

- **<CR>** 回车符。
- **<LF>** 换行符。
- **<...>** 参数名称。实际命令行中不包含尖括号。
- **[...]** 可选参数或 TA 信息响应的可选部分。实际命令行中不包含方括号。若无特别说明，配置命令中的可选参数被省略时，将默认使用其之前已设置的值或其默认值。
- 下划线 参数的默认设置。

#### 3.1.2. AT 命令语句

前缀 **AT** 或 **at** 必须加在每个命令行的开头。输入 **<CR>** 将终止命令行。通常，命令后面跟随形式为 **<CR><LF><response><CR><LF>** 的响应。在本文档中表现命令和响应的表格中，省略了 **<CR><LF>**，仅显示命令和响应。

表 2: AT 命令类型

AT 命令类型	语句	描述
测试命令	<b>AT+&lt;cmd&gt;=?</b>	测试是否存在相应的命令，并返回有关其参数的类型、值或范围的信息。
查询命令	<b>AT+&lt;cmd&gt;?</b>	查询相应命令的当前参数值。
设置命令	<b>AT+&lt;cmd&gt;=&lt;p1&gt;[,&lt;p2&gt;[,&lt;p3&gt;[...]]]</b>	设置用户可定义的参数值。
执行命令	<b>AT+&lt;cmd&gt;</b>	返回特定的参数信息或执行特定的操作。

### 3.2. AT 示例声明

本文中的示例仅为方便用户了解 AT 命令的使用方法，不构成移远通信对终端流程设计的建议或意见，也不代表模块应被设置成相应示例中的状态。某些 AT 命令存在多个示例，这些示例之间不存在承接关系或连续性。

### 3.3. AT+CMUX 多路复用模式

该命令用于启用或禁用多路复用协议控制通道并设置控制通道的参数。

AT+CMUX 多路复用模式	
测试命令 <b>AT+CMUX=?</b>	响应 <b>+CMUX:</b> (支持的<transparency>列表),(支持的<subset>范围),(支持的<port_speed>范围),(支持的<N1>范围),(支持的<T1>范围),(支持的<N2>范围),(支持的<T2>范围),(支持的<T3>范围),(支持的<k>范围)  <b>OK</b>
查询命令 <b>AT+CMUX?</b>	响应 <b>+CMUX:</b> <transparency>[,<subset>[,<port_speed>[,<N1>[,<T1>[,<N2>[,<T2>[,<T3>[,<k>]]]]]]]  <b>OK</b>
设置命令 <b>AT+CMUX=&lt;transparency&gt;[,&lt;subset&gt;[,&lt;port_speed&gt;[,&lt;N1&gt;[,&lt;T1&gt;[,&lt;N2&gt;[,&lt;T2&gt;[,&lt;T3&gt;[,&lt;k&gt;]]]]]]]</b>	响应 <b>OK</b> 或者 <b>ERROR</b>  若参数与 ME 功能相关: <b>+CME ERROR: &lt;err&gt;</b>
最大响应时间	300 毫秒
特性说明	该命令立即生效; 参数配置不保存。

#### 参数

<transparency>	整型。多路复用模式 0 基本模式
<subset>	整型。定义了多路复用控制通道的建立方式。多路复用建立后可以以不同的方式建立虚拟通道。没有协商虚拟通道配置的情况下,应根据控制通道<subset>来建立虚拟通道。 0 仅使用UIH帧 1 仅使用UI帧(预留值)。 2 仅使用I帧(预留值)。
<port_speed>	整型。物理串口的传输速率。 1 9600 bps 2 19200 bps 3 38400 bps

	4	57600 bps
	5	115200 bps
	6	230400 bps
	7	460800 bps
<N1>	整型。最大帧尺寸。范围：1~2048；默认值：127；单位：字节。	
<T1>	整型。确认时间，即 UE 采取其他操作之前等待确认的时间（例如传输帧）。范围：1~255；默认值：10；单位：10 毫秒。	
<N2>	整型。最大重传次数。范围：0~100；默认值：3。	
<T2>	整型。多路复用控制通道的响应时间。范围：2~255；默认值：30；单位：10 毫秒。<T2>值需大于<T1>。	
<T3>	整型。多路复用控制通道的响应时间。范围：1~255；默认值：10；单位：秒。（暂不支持）	
<k>	整型。窗口大小。定义了一个 DLC 能解析的最大的 I 帧的数目。（暂不支持）	
<err>	错误码。详情请参考文档 [1]。	

## 举例

```

AT+CMUX=0
OK
AT+CMUX?
+CMUX: 0,0,5,127,10,3,30,10,2
OK

```

## 备注

由于模块仅在 UART1 上支持多路复用功能，因此只能在 UART1 上执行 AT+CMUX。

# 4 MUX 协议

本章节主要介绍 MUX 协议的技术详情。

## 4.1. 帧结构

TE 与 UE 之间的所有信息均以帧的形式进行传递。

表 3: MUX 帧结构

开始标记	地址	控制	长度	信息	FCS	结束标记
1 字节	1 字节	1 字节	1~2 字节	长度不确定	1 字节	1 字节

### 4.1.1. 标记序列域

每个帧以标记序列字节（0xF9）开始和结束。

### 4.1.2. 地址域

地址域由一个字节组成，包含数据链路连接标识符（DLCI），C/R 位和地址域扩展位（EA）。如下表所示。

表 4: 地址域

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	C/R				DLCI		

#### 4.1.2.1 DLCI

DLCI 定义了 TE 和 UE 之间的虚拟通道，支持多个 DLCI，但数量以实际需求为准。DLCI 为动态分配。

#### 4.1.2.2 C/R

C/R（命令/响应）位定义帧为命令或响应。TE 将 C/R 位设置为 1 的命令发送给 UE，UE 响应时，将命令中的 C/R 位设置为 1。UE 发送 C/R 位设置为 0 的命令，TE 响应时，将命令中的 C/R 位设置为 0。

表 5: C/R 位用法

命令/响应	方向	C/R 值
命令	TE → UE	1
	UE → TE	0
响应	UE → TE	1
	TE → UE	0

#### 4.1.2.3 EA

EA 位扩展了地址域的范围。当字节中的 EA 位设置为 1 时，表示本字节为地址域的最后一个字节。当 EA 位设置为 0 时，表示后续还有一个字节。

#### 备注

当前仅支持 EA 为 1。

#### 4.1.3. 控制域

控制域定义了帧的类型。帧类型详情请参考第 4.2 章。

表 6: 编写控制域

帧类型	十六进制 (P/F=0)	1	2	3	4	5	6	7	8
SABM（设置异步平衡模式）	0x2F	1	1	1	1	P/F	1	0	0
UA（未编号确认）	0x63	1	1	0	0	P/F	1	1	0
DM（断连模式）	0x0F	1	1	1	1	P/F	0	0	0
DISC（断开连接）	0x43	1	1	0	0	P/F	0	1	0
UIH（带帧头校验未编号的控制帧）	0xEF	1	1	1	1	P/F	1	1	1

UI（全部校验未编号的控制帧）	0x03	1	1	0	0	P/F	0	0	0
-----------------	------	---	---	---	---	-----	---	---	---

P/F 为轮询/结束位。一方的轮询（P）位设置为 1 时，表示向对方请求（轮询）响应或一系列的响应。

一方的结束（F）位设置为 1 时，是指向请求（轮询）命令发送响应帧。

轮询/结束（P/F）位应在命令帧和响应帧中使用。（命令帧中，P/F 位是指 P 位；在响应帧中，指 F 位。）

- 一方发送消息帧时，P/F 设置为 0。
- 当一方从 DLCI 0 接收到 P/F 设置为 1 的消息帧时，将优先响应，并设置响应帧的 P/F 为 1。
- 一方发送控制帧时，P/F 设置为 1。
- 当一方通过 DLCI 0 以外的 DLC 发送 UIH 帧时，P/F 设置为 0。
- 仅处理 P/F 为 1 的 SABM 和 DISC 帧。

4.1.4. 长度域

表 7：长度域结构

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7

L1 至 L7 位表示信息域中如下数据域的长度小于 128 字节。

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15

EA 位可用于扩展长度域范围。当一个字节中的 EA 位设置为 1 时，表示该字节是长度域的最后一个字节。EA 位设置为 0 时，表示后续还有一个字节，此时长度域的总长度为 15 位。

4.1.5. 信息域

信息域为帧的有效负载，信息域携带用户数据和集成层信息。该域是八位字节结构，并以 UIH 帧形式显示。



#### 4.1.6. FCS 域

UIH 帧中，信息域的内容不在 FCS 中计算。FCS 仅根据地址、控制和长度域的内容进行计算。因此，仅传送到正确 DLCI 上的内容受到保护，信息不受保护。

### 4.2. 帧类型

#### 4.2.1. SABM

SABM 为命令帧，用于在 TE 和 UE 之间建立 DLC。

#### 4.2.2. UA

UA 帧为 SABM 或 DISC 帧的响应帧，如下图所示：

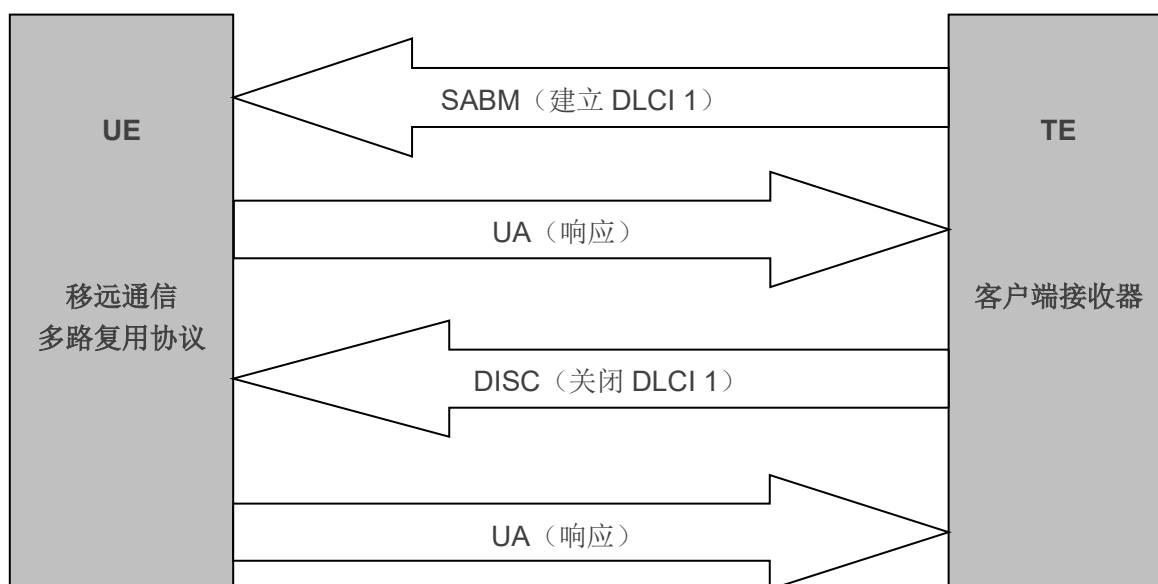


图 2: UA 帧（响应）

#### 4.2.3. DM

DM 响应帧上报断开逻辑数据链路的状态。断连模式下，接收终止断连模式的 SABM 命令后，才会接受命令。断连模式下接收到 DISC 命令后，才会发送 DM 响应。

#### 4.2.4. DISC

DISC 为命令帧，用于关闭 DLC。执行该命令之前，接收端必须发送 UA 响应来确认 DISC 命令已接收。详情请参考图 2。

#### 4.2.5. UIH

UIH 命令/响应可在两端发送用户数据。

### 4.3. MUX 控制通道

启动 TE 和 UE 的通信时，将使用 DLCI 0 建立控制通道。该通道用于在两个 MUX 之间传送信息。

MUX 控制通道可用于建立 DLC、启动省电模式、从省电状态中唤醒以及实现流控制机制。

#### 4.3.1. 消息格式

所有 UIH 帧均通过控制通道进行传输，其类型、长度和值的格式如下：

表 8：消息格式

类型	长度	值 1	值 2	...	值 N
----	----	-----	-----	-----	-----

表中的每一格表示每个域的最小单位字段。

##### 4.3.1.1 类型域

第一个类型域字节格式如下：

表 9：消息格式 – 类型域

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	C/R	T1	T2	T3	T4	T5	T6

EA 位为扩展位，在最后一个字节中设置为 1。非最后一个字节中，EA 设置为 0。在移远通信 MUX 系统中，仅传输一个字节，因此 EA 始终设置为 1。

C/R 位表示该消息为命令或响应。

T 位表示类型编码。每个命令均有独特的位序列模式。因此，单字节类型域可以编码 63 种不同的消息类型。本文档中仅定义了单字节消息类型。

#### 4.3.1.2 长度域

长度域字节结构如下：

表 10：消息格式 – 长度域

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	L1	L2	L3	L4	L6	L6	L7

EA 位为扩展位，在最后一个字节中设置为 1。非最后一个字节中，EA 设置为 0。在移远通信 MUX 系统中，仅传输一个字节，因此 EA 始终设置为 1。

L 位定义了后续值字节的数量。L1 为 LSB，L7 为 MSB；因此最多可以发送 127 个值字节的消息。

#### 4.3.1.3 值域

每种信息类型的值字节的内容定义，详情请参考第 4.3.2 章。

### 4.3.2. 消息类型与操作

#### 4.3.2.1 关闭 MUX (CLD)

MUX 关闭命令用于将链路重置为正常的 AT 命令模式，而无需多路复用。MUX 关闭消息使用以下类型域字节：

表 11：MUX 关闭消息 – 类型域格式

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	C/R	0	0	0	0	1	1

长度字节包含值 0，且无值 (Value) 字节。

#### 4.3.2.2 流控开启命令 (FCon)

软件流控命令用于处理聚集的流。任意一方能够接收新信息时，都会发送 FCon 命令。

长度字节包含值 0，且无值字节。类型域字节格式如下：

表 12: 流控开启命令 – 类型域格式

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	C/R	0	0	0	1	0	1

#### 4.3.2.3 流控关闭命令 (FCoff)

流控命令用于处理聚集的流。任意一方无法接收信息时，会发送 **FCoff** 命令。不允许对方通过控制通道 (DLCI = 0) 以外的通道发送帧。

长度字节包含值 0，并且没有值字节。类型域字节格式如下：

表 13: 流控关闭命令 – 类型域格式

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	C/R	0	0	0	1	1	0

#### 4.3.2.4 Modem 状态命令 (MSC)

MSC 命令用于向一个数据流中传送 V.24 控制信号。MSC 有一个强制的控制信号字节和一个可选的中断信号字节。该命令仅在选择基本模式下适用。

建立 DLC 后，请在发送用户数据之前发送此命令。

表 14: Modem 状态命令

命令	长度	DLCI	V.24 信号	中断信号
----	----	------	---------	------

长度字节包含值 2 或值 3，并且有 2 或 3 个值字节。

DTE 和 DCE 通过此命令互相通知对方当前 V.24 控制信号的状态。MSC 的长度为 4 或 5 字节，具体取决于中断信号。

#### 备注

暂不支持发送中断信号。

命令域字节格式如下：

表 15: Modem 状态命令 – 命令域格式

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	C/R	0	0	0	1	1	1

C/R 位指示该 Modem 状态是 Modem 状态命令还是 Modem 状态响应。

每次信号更改，DTE 或 DCE 都会发送该命令以指示每个信号的当前状态。DTE 或 DCE 收到 Modem 状态命令后会发送响应。表 18 和表 19 分别给出了接收方和发送方的 V.24 信号到控制信号字节中的位的映射。

MSC 命令中，发送方发送的是自己的 V.24 信号的状态；但是在响应中，返回的是复制的从命令帧接收到的 V.24 信号。

DLCI 域表示该命令应用的 DLC。第 2 位始终设置为 1，EA 位的具体设置请参考第 4.1.2.3 章中的说明。

表 16: 地址域格式

第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
EA	1						DLCI

DLCI 域后的域为控制信号域，该域按照下表格的信号状态显示出来。其他情况下，使用扩展位可以添加其他字节。目前已定义可选的第二个字节，用于处理中断信号的传输。

表 17: 控制信号字节格式

位序号	第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位
信号	EA	FC	RTC	RTR	预留 (0)	预留 (0)	IC	DV

控制信号字节说明：

- **第 1 位：**在序列的最后一个字节中，EA 设置为 1；非最后一个字节中，EA 设置为 0。在移远通信 MUX 系统中，仅传输一个字节，因此 EA 始终设置为 1。
- **第 2 位：**流控 (FC)。设置为 1 表示无法接受数据帧。
- **第 3 位：**准备通信 (RTC)。设置为 1 表示设备准备好发送数据。
- **第 4 位：**准备接收 (RTR)。设置为 1 表示设备准备好接收数据。

- **第 5 位：**预留位。发送者将其设置为 0，接收者将其忽略。
- **第 6 位：**预留位。发送者将其设置为 0，接收者将其忽略。
- **第 7 位：**来电指示符（IC）。设置为 1 表示来电。
- **第 8 位：**数据有效（DV）。设置为 1 表示正在发送有效数据。

根据以下两表，控制信号字节可映射到 V.24 信号：

**表 18：接收方从控制信号字节进行映射**

控制信号字节	DTE 接收		DCE 接收	
	信号	V.24 电路	信号	V.24 电路
3, RTC	DSR	107	DTR	108/2
4, RTR	CTS	106	RFR	133
7, IC	RI	125	忽略	-
8, DV	DCD	109	忽略	-

#### 备注

电路 133、RFR（准备接收）通常分配给连接器引脚，该引脚也可用于电路 105、RTS（准备发送）。

**表 19：发送方从控制信号字节进行映射**

控制信号字节	DTE 发送		DCE 发送	
	信号	V.24 电路	信号	V.24 电路
3, RTC	DTR	108/2	DSR	107
4, RTR	RFR	133	CTS	106
7, IC	总为 0	-	RI	125
8, DV	总为 1	-	DCD	109

#### 备注

电路 133、RFR（准备接收）通常分配给连接器引脚，该引脚也可用于电路 105、RTS（准备发送）。

如果一方由于流控无法发送帧，但希望停止接受其他帧，仍可以通过发送不包含用户数据的帧（即仅包含控制信号字节和可选的中断信号字节）以控制信号流。

## 4.4. 步骤

### 4.4.1. 建立 DLC

多数情况下，DLC 链路由 TE 建立，然而，协议上是对等的，UE 也可以建立 DLC，但本文档不再介绍 UE 端建立 DLC 时 TE 的上一层所采取的操作。

建立 DLC 的过程如下：首先发起方发送 P 位为 1 的 SABM 帧。地址域包含与所需连接关联的 DLCI 值。如果响应方准备好建立连接，将响应 F 位为 1 的 UA 帧。如果响应方没有准备好，或不愿意建立 DLC，会响应 F 位为 1 的 DM 帧。

一旦 DLC 建立成功，对于指定的 DLC，双方都处于连接状态，此时可以开始传输数据。

如果在<T1>时间内没有收到 UA 或 DM 响应，发起方可以重发 SABM。该操作可以一直重复，直到得到响应，或者上层采取了其他措施。

如果没有协商流程，DLC 参数为默认值。

### 4.4.2. 释放 DLC

双方都可以通过发送 P 位为 1 的 DISC 帧，来释放 DLC 链路。另一方回应 F 位为 1 的 UA 帧来发出 DLC 释放的确认信号。释放成功后，DLC 就进入了断开状态。

如果收到 DISC 命令时，发现已处于断开状态，则会发送 DM 作为回应。

如果<T1>时间内没有收到 UA 或 DM 响应，发起方可以重发 DISC。该操作可以一直重复，直到得到响应，或者上层采取了其他措施。

### 4.4.3. 信息传输

#### 4.4.3.1 信息数据

在移远通信 MUX 系统中，信息使用 UIH 帧进行传递，因此需确保支持 UIH 帧。如差错恢复机制中存在的信息延迟无法接受，可以使用 UIH 进行传递，比如音频数据传输。

发送者从集成层获取特定 DLC 的信息，并将其放置在传输帧的信息域中。一旦正确接收到 UIH 帧，其信息域的内容就会传递到集成层。

发起方发送的帧的 C/R 位设置为 1，响应方发送的帧的 C/R 位设置为 0。双方都要把 P 位设置为 0。C/R 详情请参考第 4.1.2.2 章。

UIH 帧中信息域的最大长度在 **AT+CMUX** 的<N1>中定义。

#### 4.4.4. 超时因素考虑

为了检测无回应或回应丢失的情况，双方都应提供一个响应超时参数（<T1>）。超时后，应该启动错误恢复流程。

为了解决争夺情况，双方的超时参数设置的时长最好不要相等。

一方传输一帧后，等待回应时，超时参数应该启动；收到回应后，则停止计时。如果在超时时间内发送了需要确认的其他帧，则必须重启超时参数。

如果响应超时，则可以（重新）发送 **P** 位为 1 的命令，重新启动响应超时参数。

#### 4.4.5. 流控

移远通信 MUX 系统支持软件流控机制。软件流控由 **3GPP TS 27.010** 中 **MSC**、**FCoff** 和 **FCon** 消息帧实现。

拒绝接受帧时，**TE** 会将 **V.24** 控制信号中的 **FC** 位设置为 1 以向 **UE** 发送 **MSC** 消息；将 **FC** 位设置为 0 以通知 **UE** 恢复接收帧。接收 **MSC** 时，**UE** 会发出响应，表示数据传输已恢复。

拒绝接受除 **DLCI 0** 上的控制消息以外的任何内容时，**TE** 会向 **UE** 发送 **FCoff** 命令。此时，**UE** 将停止通过除控制通道之外的其他数据通道发送帧，因此控制通道处于激活状态并可以自由发送控制消息。**TE** 可以向 **UE** 发送 **FCon** 命令以恢复传输。**UE** 收到 **FCoff** 或 **FCon** 命令时，将向 **TE** 返回响应。

**MSC** 和 **FCon** 之间的区别在于：前者仅控制一个数据通道，后者控制除控制通道以外的其他数据通道。



# 5 示例

## 5.1. 帧结构示例

示例 1:

开始标记	地址域	控制域	长度域	FCS	结束标记
F9	03	3F	01	1C	F9
帧头	DLCI 0	SABM 帧	0, 无信息域		帧尾

此示例为打开 DLCI 0 的 SABM 帧。

示例 2:

开始标记	地址域	控制域	长度域	信息域	FCS	结束标记
F9	05	EF	09	41 54 49 0D	58	F9
帧头	DLCI 1	UIH 帧	4	AT 命令字符串 "ATI<CR>"		帧尾

该示例为传输 AT 命令字符串"ATI<CR>" 的 UIH 帧。

示例 3:

开始标记	地址域	控制域	长度域	信息域	FCS	结束标记
F9	01	EF	0B	E3 07 07 0D 01	79	F9
帧头	DLCI 0	UIH 帧	5	MSC 消息, 长度 3 字节		帧尾

该示例为 UIH 帧中携带的 MSC 消息, 用于发送 V2.4 信号 0x0D。

## 5.2. 建立通道

### 步骤 1: 启动 MUX

序号	步骤	数据方向	十六进制	备注
1	TE 通过 AT 命令启用 UE MUX 功能	TE → UE	61 74 2B 63 6D 75 78 3D 30 0D 0D 0A 4F 4B 0D 0A 0D 0A	AT+CMUX=0<CR><LF>
	UE 发送消息	TE ← UE	61 74 2B 63 6D 75 78 3D 30 0D 0D 0A 4F 4B 0D 0A 0D 0A	AT+CMUX=0<CR><LF>OK<CR><LF><CR><LF>

### 步骤 2: 建立 DLCI 0

序号	步骤	数据方向	十六进制	备注
1	TE 通过发送 SABM 帧请求建立控制通道 DLCI 0	TE → UE	F9 03 3F 01 1C F9	SABM 帧
	UE 在收到 SABM 帧后回复 UA 响应, 并接受创建 DLCI 0	TE ← UE	F9 03 73 01 D7 F9	UA 帧

### 步骤 3: 建立 DLCI 1~4

序号	步骤	数据方向	十六进制	备注
1	TE 通过发送 SABM 帧请求建立 DLCI 1	TE → UE	F9 07 3F 01 DE F9	
	UE 在收到 SABM 时回复 DM 响应, 但拒绝创建 DLCI 1	TE ← UE	F9 07 1F 01 F4 F9	
	TE 通过发送 SABM 帧请求建立 DLCI 1	TE → UE	F9 07 3F 01 DE F9	
	UE 在收到 SABM 时回复 UA 响应并接受创建 DLCI 1	TE ← UE	F9 07 73 01 15 F9	
2	UE 发送 MSC 消息帧	TE ← UE	F9 01 EF 0B E3 07 07 0D 01 79 F9	
	UE 发送 OK	TE ← UE	F9 05 EF 0D 0D 0A 4F 4B 0D 0A 5F F9	
	TE 发送 MSC 消息帧	TE → UE	F9 01 EF 0B E3 07 07 0D 01 79 F9	
	UE 回复响应	TE ← UE	F9 01 EF 0B E1 07 07 0D 01 79 F9	

	TE 通过发送 SABM 帧请求建立 DLCI 2	TE → UE	F9 <b>0B</b> 3F 01 59 F9
	UE 在收到 SABM 时回复 UA 响应并接受创建 DLCI 2	TE ← UE	F9 <b>0B</b> 73 01 92 F9
3	UE 发送 MSC 消息帧	TE ← UE	F9 <b>01</b> EF 0B E3 07 <b>0B</b> 0D 01 79 F9
	TE 发送 MSC 消息帧	TE → UE	F9 <b>01</b> EF 0B <b>E3</b> 07 <b>0B</b> 0D 01 79 F9
	UE 回复响应	TE ← UE	F9 <b>01</b> EF 0B <b>E1</b> 07 <b>0B</b> 0D 01 79 F9
4	DLCI 3 和 DLCI 4 的建立方法同上		
5	至此, 已经形成了 4 个通道, 移远通信 MUX 系统可以正常运行。		

该示例为 UIH 帧中携带的 MSC 消息, 用于发送 V2.4 信号 0x0D。

### 5.3. 帧传输

建立控制通道和数据通道后, TE 和 UE 可以通过 UIH 帧相互发送数据。

帧传输:

序号	步骤	数据方向	十六进制	备注
	TE 在 DLCI 1 上发送 AT 命令字符串 "ATI<CR>"	TE → UE	F9 <b>05 EF</b> 09 <b>41 54 49 0D</b> 58 F9	UIH 帧
1	UE 在 DLCI 1 上回复响应	TE ← UE	F9 <b>05 EF</b> 09 <b>41 54 49 0D</b> 58 F9 F9 <b>05 EF</b> 9B 0D 0A 53 49 4D 43 4F 4D 5F 4C 74 64 0D 0A 53 49 4D 43 4F 4D 5F 53 49 4D 33 30 30 0D 0A 52 65 76 69 73 69 6F 6E 3A 53 49 4D 33 30 30 4D 33 32 28 53 50 41 4E 53 49 4F 4E 29 5F 56 31 30 2E 30 2E 38 5F 42 55 49 4C 44 30 33 0D 0A 0D 0A 47 F9 F9 <b>05 EF</b> 09 <b>4F 4B 0D 0A</b> 58 F9	UIH 帧
2	TE 在 DLCI 2 上发送 AT 命令字符串 "ATI<CR>"	TE → UE	F9 <b>09 EF</b> 07 <b>41 54</b> 0D 35 F9	UIH 帧

	UE 在 DLCI 2 上回复响应	TE ← UE	F9 <b>09 EF</b> 07 41 54 0D 35 F9 F9 <b>09 EF</b> 0D 0D 0A 4F 4B 0D UIH 帧 0A D8 F9
	DLCI 3 和 DLCI 4 上的帧 传输同上		

## 5.4. 流控

流控:

序号	步骤	数据方向	十六进制	备注
1	UE 在控制通道 DLCI 0 上发送 FC 位为 1 的 MSC 消息, 表示拒绝接受 DLCI 1 上的所有内容	TE ← UE	F9 <b>01 EF</b> 0B <b>E3</b> 07 07 <b>8F</b> 01 79 F9	
2	UE 在控制通道 DLCI 0 上发送 FC 位为 0 的 MSC 消息, 表示 DLCI 0 数据传输已恢复	TE ← UE	F9 <b>01 EF</b> 0B <b>E3</b> 07 07 <b>8D</b> 01 79 F9	
3	TE 在控制通道 DLCI 0 上发送 FC 位为 1 的 MSC 消息, 表示拒绝接受 DLCI 1 上的所有内容	TE → UE	F9 <b>01 EF</b> 0B <b>E3</b> 07 07 <b>8F</b> 01 79 F9	
4	TE 在控制通道 DLCI 0 上发送 FC 位为 0 的 MSC 消息, 表示 DLCI 1 数据传输已恢复	TE → UE	F9 <b>01 EF</b> 0B <b>E3</b> 07 07 <b>8D</b> 01 79 F9	
5	TE 在 DLCI 0 上发送 FCoFF 消息, 表示拒绝接收除 DLCI 0 之外的所有 DLC 上的内容	TE → UE	F9 <b>01 EF</b> 05 <b>63</b> 01 93 F9	
6	TE 通过 DLCI 0 发送 FCon 消息, 表示数据传输已恢复	TE → UE	F9 <b>01 EF</b> 05 <b>A3</b> 01 93 F9	

## 5.5. 关闭 MUX

关闭流程：

序号	步骤	数据方向	十六进制	备注
1	TE 发送 DISC 帧以请求关闭 DLCI 1	TE → UE	F9 07 53 01 3F F9	
	UE 回复 UA 帧以接受请求	TE ← UE	F9 07 73 01 15 F9	
2	TE 发送 DISC 帧以请求关闭 DLCI 2	TE → UE	F9 0B 53 01 B8 F9	
	UE 回复 UA 帧以接受请求	TE ← UE	F9 0B 73 01 92 F9	
3	TE 发送 DISC 帧以请求关闭 DLCI 3	TE → UE	F9 0F 53 01 7A F9	
	UE 回复 UA 帧以接受请求	TE ← UE	F9 0F 73 01 50 F9	
4	TE 发送 DISC 帧以请求关闭 DLCI 4	TE → UE	F9 13 53 01 77 F9	
	UE 回复 UA 帧以接受请求	TE ← UE	F9 13 73 01 5D F9	
5	TE 发送 CLD 消息帧以请求关闭 DLCI 0 上的 MUX	TE → UE	F9 03 EF 05 C3 01 F2 F9	
	UE 确认 CLD 消息以接受请求	TE ← UE	F9 03 EF 05 C1 01 F2 F9	
6	至此，已关闭 MUX			

# 6 附录 参考文档及术语缩写

表 20: 参考文档

文档名称
[1] Quectel_LTE_Standard(A)系列_AT 命令手册

表 21: 术语缩写

缩写	英文全称	中文全称
C/R	Command/Response	命令/响应
CLD	Multiplexer Close Down	关闭多路复用
DCE	Data Communications Equipment	数据通信设备
DISC	Disconnect	断开连接
DLC	Data Link Connection	数据链路连接
DLCI	Data Link Connection Identifier	数据链路连接标识
DM	Disconnected Mode	断连模式
DTE	Data Terminal Equipment (typically computer, MCU, external controller)	数据终端设备
DV	Data Valid	数据有效
FC	Flow Control	流控
FCoff	Flow Control Off Command	流控关闭命令
FCon	Flow Control On Command	流控开启命令
FCS	Frame Check Sequence	帧校验序列
IC	Incoming Call Indicator	来电指示符

ME	Mobile Equipment	移动设备
MSC	Modem Status Command	Modem 状态命令
MUX	Multiplexer	多路复用
PSC	Power Saving Control	省电控制
RFR	Ready for Receiving	准备接收
RTC	Ready to Communicate	准备通信
RTR	Ready to Receive	准备接收
RTS	Ready to Send	准备发送
SABM	Set Asynchronous Balanced Mode	设置异步平衡模式
TE	Terminal Equipment	终端设备
UA	Unnumbered Acknowledgement	未编号确认
UE	User Equipment	用户设备
UI	Unnumbered Information	全部校验未编号的控制帧
UIH	Unnumbered Information with Header Check	带帧头校验未编号的控制帧