邮电部技术规定

YDN 078－1998

接入网技术要求
——不对称数字用户线(ADSL)

1998－02－05 发布　　1998－05－01 实施

中华人民共和国邮电部　发布

YDN 078－1998

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　引用标准 …… 1
3　缩略语 …… 2
4　参考模型 …… 4
5　传送能力 …… 5
6　ATU－C 功能特性 …… 14
7　ATU－R 功能特性 …… 38
8　ADSL 和 POTS 分离器功能特性 …… 46
9　ATU－R 对业务模块(T_{SM})接口要求 …… 47
10　电气特性 …… 49
11　运行和维护 …… 51
12　初始化 …… 65
13　在线适配和再配置 …… 86
14　环路设施,损伤和测试 …… 89
15　环境要求 …… 100
附录 A(标准的附录) ATU－C 和 ATU－R 状态图 …… 102
附录 B(标准的附录) 测试脉冲波形特性 …… 108
附录 C(标准的附录) 厂家标识码 …… 116
附录 D(提示的附录) ADSL 的典型应用及物理接口 …… 118

前　　言

本标准适用于普通用户双绞线上基于 DMT 调制的 ADSL 系统。对于基于其它调制方式的 ADSL 系统将另行规定。

本标准的附录 A、B、C 都是标准的附录。

本标准参考了美国国家标准协会 ANSI－T1.413 标准，并根据我国具体情况制定。

本标准由邮电部科学技术司提出并归口。

本标准起草单位：邮电部电信传输研究所

本标准主要起草人：孙敬亮　苑红　敖立

邮电部技术规定

接入网技术要求
——不对称数字用户线(ADSL)

YDN 078－1998

1 范围

本标准是对基于DMT调制的ADSL系统的技术规范,适用于一对线的用户环路,允许同时提供普通电话业务信道(POTS)与一系列数字信道。数字信道为不对称速率:在网络至用户方向,包括全双工低速信道和单工高速信道;而相反方向只提供低速信道。

ADSL系统可运行于具有混合线规的双绞金属电缆。所用电缆无加感线圈,除了某些特殊情况外桥接抽头是允许的。

本标准定义了ATU－R至SM接口的相关功能,但SM内部功能不在本标准范围之内。

本标准主要内容:

——描述了可支持POTS与单工/全双工数字信道在一对双绞线上同时传输的技术;

——定义了可提供的单工和全双工数字信道的组合选项和范围;

——定义了ATU－C和ATU－R所发送信号的线路码和频谱安排;

——规定了在ATU－C和ATU－R处的接收信号;

——描述了网络接口的电气和机械特性;

——描述了发送和接收数据帧的格式;

——定义了操作信道的功能;

——定义了ATU－R与SM接口的功能。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都可能被修订,使用本标准时应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

本标准引用了以下标准或规范:

GB6879	2048kbit/s 30路脉码调制复用设备技术要求
ITU－T G.961	ISDN基本速率接入的本地金属线路数字传输系统
ITU－T K.20建议	电信交换设备耐过电压和过电流的能力

中华人民共和国邮电部1998－02－05批准　　1998－05－01实施

ITU－T K.21 建议　用户终端耐过电压和过电流的能力

3 缩略语

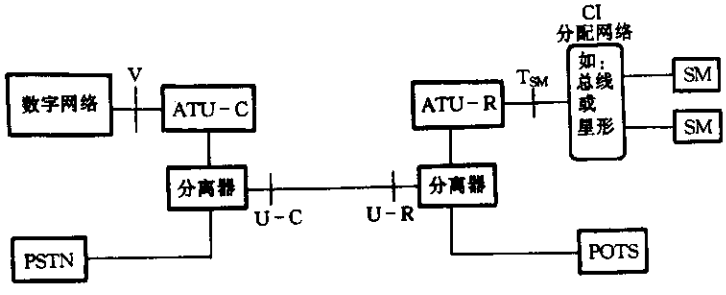
ADC	analog to digital converter	模－数转换器
ADSL	asymmetric digital subscriber line	不对称数字用户线
AEX	ADSL 发送帧结构中的插入字节，提供由各 ASX 信道共享的同步开销	
AGC	automatic gain control	自动增益控制
aoc	ADSL overhead control channel	ADSL 开销控制信道
AS0～AS3	下行单工子信道标识	
ASX	AS0～AS3 中的任一子信道	
ATM	asynchronous transfer mode	异步传送模式
ATU－C	ADSL transceiver unit, central office end	ADSL 收发单元，局端
ATU－R	ADSL transceiver unit, remote terminal end	ADSL 收发单元，远端
B_F	一个数据流中分配到快速缓存器的字节数	
B_I	一个数据流中分配到交织缓存器的字节数	
BRA	basic rate access	基本速率接入
CI	customer installation	用户装置
CO	central office	端局
CSA	carrier serving area	载波服务区
CSA loops	CSA 内定义的一系列环路	
crc－8f	使用 CRC－8 码的循环冗余校验－快速数据	
crc－8i	使用 CRC－8 码的循环冗余校验－交织数据	
DAC	digital to analog converter	数－模转换器
DMT	discrete multitone	离散多载波
DSL	digital subscriber line	数字用户线
EC	echo canceling	回声消除
eoc	embedded operations channel	嵌入操作信道
ERL	echo return loss	回声损耗
es	errored second	误码秒
FDM	frequency－division multiplexing	频分复用
febe－ni	远端误块计数－快速数据缓存	
febe－i	远端误块计数－交织数据缓存	
fecc－ni	前向纠错计数－快速数据缓存	
fecc－i	前向纠错计数－交织数据缓存	
FEC	forward error correction	前向纠错
FEXT	far－end cross talk	远端串音
FS(LS2)	在 LS2 子信道传输的承载业务的帧长	
HDSL	high－rate digital subscriber line	高比特率数字用户线

ib0 - 23	指示比特	
ID code	vendor identification code	厂家标识码
IDFT	inverse discrete fourier transform	离散付利叶反变换
ISDN	Integrated Services Digital Network	综合业务数字网
LEX	ADSL 发送帧结构中的插入字节,提供各 LSX 和 ASX 信道共享的同步开销	
lof	帧丢失	
lopr	掉电	
los	信号丢失	
LS0 - 2	双工子信道标识	
LSB	the last significant bit	最低有效位
MSB	the most significant bit	最高有效位
NI	network interface	网络接口
$N_{m,f}$	一个快速复用数据帧所含字节数	
$N_{m,i}$	一个交织复用数据帧所含字节数	
NEXT	near - end cross talk	近端串音
OAM	operations, administration and maintenance	运行、维护和管理
OSI	open systems interconnection(7 layer model)	开放系统互连(7 层模型)
POTS	plain old telephone service	普通电话业务
PRD	pseudo - random downstream	下行伪随机序列
PRU	pseudo - random upstream	上行伪随机序列
PRBS	pseudo - random bit sequence	伪随机比特序列
PSD	power spectral density	功率谱密度
PSTN	public switched telephone network	公用交换电话网
QAM	quadrature amplitude modulation	正交幅度调制
R_{dsf}	快速缓存的 FEC 校验字节的数目	
R_{dsi}	交织缓存的 FEC 校验字节的数目	
rdi	远端故障指示	
RMS	root mean square	均方根
RT	remote terminal	远程终端
sc0 - 7	同步控制比特	
sef	严重误帧	
sefs	严重误帧秒	
SINAD	signal - to - noise plus distortion	信号与噪声和干扰比
SM	service module	业务模块
SRL	singing return loss	振鸣回损
VDT	video dial tone	视频拨号音

4 参考模型

4.1 系统参考模型

图 1 所示系统参考模型描述了 ADSL 系统的功能模块。



T_{SM}:ATU－R 与 SM 间接口
V:ATU－C 与某个数字网络元件如交换系统之间的逻辑接口
U－C:局端环路接口　　U－R:远端环路接口
注：
1) V 接口以逻辑功能定义，而非物理功能。
2) V 接口可以包括与一个或多个交换系统的接口。
3) 当 V 接口或 T 接口集成于某一装置内部时，其实现方式不作强制规定。
4) 分离器功能可以集成到 ATU 中。
5) 数字网络与 ATU－C 之间可加入透明数字通道(如 SDH 传输设备)。
6) CI 分配网的性质(如是星形还是总线形，传输媒介的类型)有待研究。
7) 可以定义一种以上的 T_{SM}接口，并且一个 ATU－R 可以提供一种以上的 T_{SM}接口。
8) 基于线路信号的非对称性，在 U－R 和 U－C 参考点的发送信号必须分别规范。

图 1　ADSL 系统参考模型

4.2 ATU－C 发送器参考模型

图 2 为 ATU－C 发送器的参考模型，图中给出了各功能块和后面章节中需要引用的接口。

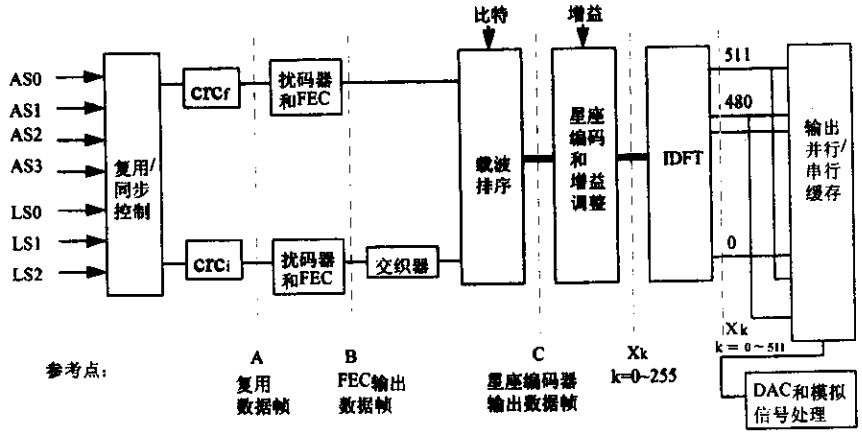


图 2　ATU－C 发送器的参考模型

4.3 ATU－R 发送器参考模型

图 3 为 ATU－R 发送器的参考模型，图中给出了各功能块和后面章节中需要引用的接口。

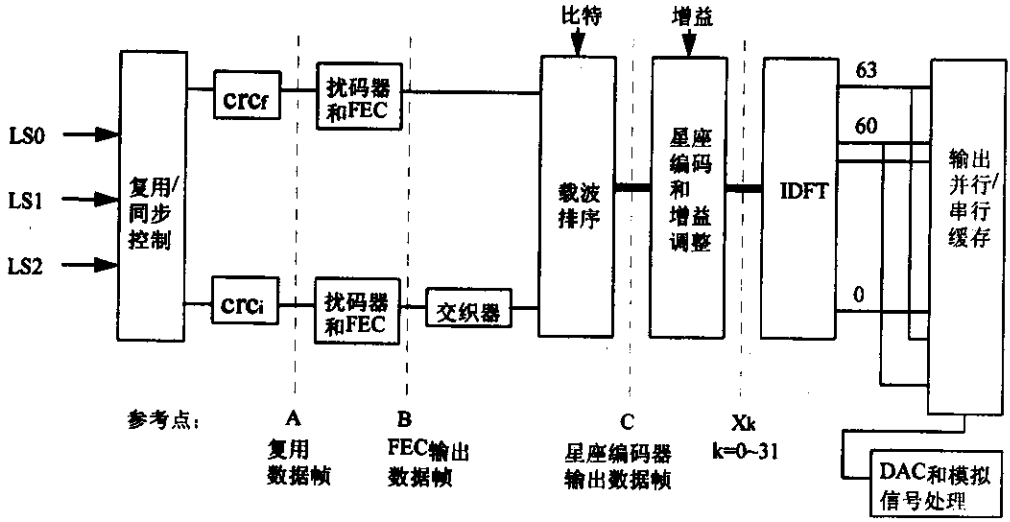


图 3　ATU－R 发送器参考模型

5　传送能力

本章用到以下名词术语：

总速率(aggregate data rate)，由 ADSL 系统在任一方向发送的速率。它包括净负荷和系统用于 crc、eoc，各种数据流的同步开销以及用于 OAM 的固定指示比特，不包括 FEC 冗余码。

承载信道(bearer channel)，由 ADSL 系统透明传送的载有一承载业务的特定速率的用户数据流。

传送等级(transport class)，传送等级是以环路可支持的最大总速率为基础，在该环路上可同时传送的一系列承载信道速率及其复用配置。

——Ⅰ类(Category Ⅰ)，所有符合本标准的设备必须满足的默认规范。

——Ⅱ类(Category Ⅱ)，通过某些可选项的使用可以满足的高级规范。

——净负荷(net data rate)，任一方向用于用户数据的总的数据速率；对下行方向，它指净的单工和双工数据速率之和。

ADSL 系统可以同时传送最多 7 个承载信道(bearer channel)，即最多 4 个独立的下行单工承载信道和最多 3 个双工承载信道。其中 3 个双工承载信道也可作为独立的单工信道进行配置，两个方向(上行和下行)承载信道的速率并不需要匹配。

所有承载信道速率的安排可以是任何 32kbit/s 整数倍的组合。其它速率(32kbit/s 的非整数倍)也能支持，但是受到 ADSL 同步开销的限制(见注 1)。

对基于 2.048Mbit/s 的整数倍(最多 8.192Mbit/s，默认配置)的下行单工承载信道，定义了 4 个传送级别。对双工承载信道的速率也作了定义，以传送一个控制信道和 ISDN 信

道(基本速率为 384kbit/s)。ADSL 灵活的数据复用格式还允许定义其它信道,以便适应正在发展中的同步或异步传送模式(STM 或 ATM)的网络(单独或合并)格式。

ADSL 系统最大的净速率传送能力取决于系统所在的环路特性和影响开销的某些可配置的选项(见注 2)。

每个承载信道应单独地分配一个 ADSL 子信道(sub - channel)传送,ADSL 子信道速率应在初始化和训练序列中配置,以匹配承载信道速率。

这里 ADSL 系统传送能力的定义仅对传送高速数据流而言。当 ADSL 安装在载有普通电话业务(POTS)信号的线路上时,那么整个的传送能力是 POTS 加 ADSL(有关 POTS 的相关规定见第 8 章和第 10 章)。

注 1: ADSL 系统开销的一部分用于同步,由各承载信道共享。信道速率超出 32kbit/s 的整数倍的部分应在该共享开销中传送。

注 2:ADSL 的初始化和训练序列中包括对环路特性的估测,其结果用来决定要求配置的总速率所需的每个离散多载波(DMT)帧的字节数是否能通过该环路发送。净速率是总速率减去 ADSL 系统开销。部分 ADSL 系统开销取决于可配置的选项,如 ADSL 帧中用户数据流如何安排到交织或非交织数据缓存器中(见 6.2 节、6.4.2 节、7.2 节和 7.4.2 节),开销的另一部分是固定的。

5.1 单工承载信道

这里规范了下行单工承载信道。上行单工承载信道的应用有待研究。

5.1.1 基于 2.048Mbit/s 的整数倍的下行单工承载信道速率

可以在 ADSL 系统中下行传输的基于 2.048Mbit/s 的单工承载信道速率是:2.048Mbit/s、4.096Mbit/s、6.144Mbit/s 和 8.192Mbit/s。

整个成帧的 2.048Mbit/s 结构被视为一个承载数据流。更低净负荷速率的应用还有待研究。

使用 4 个下行单工子信道:AS0、AS1、AS2 和 AS3 来传送以上承载信道。ADSL 子信道的速率必须与它传送的承载信道匹配,并服从表 1 的限制。

表 1 对基于 2.048Mbit/s 的 ADSL 子信道速率的限制

子信道标识	子信道速率	n_x 的允许值
AS0	$n_0 \times 2.048$Mbit/s	$n_0 = 0,1,2,3$ 或 4
AS1	$n_1 \times 2.048$Mbit/s	$n_1 = 0,1,2,$ 或 3
AS2	$n_2 \times 2.048$Mbit/s	$n_2 = 0,1,$ 或 2
AS3	$n_3 \times 2.048$Mbit/s	$n_3 = 0$ 或 1

在任何特定时刻,有效的子信道的最大个数及 ADSL 系统可同时传送的承载信道的最大数量依赖于特定环路所能支持的传送等级(见 5.1.1.1 至 5.1.1.4)和有效子信道的配置。给定传送等级所允许的对配置的按需转换有待研究。

为遵循本标准,必须支持 AS0 以及至少 2M - 1(5.1.1.1)和 2M - 3(5.1.1.4)传送等

级。而子信道 AS1、AS2、AS3 和传送等级 2M－1、2M－2、2M－4 为可选 。

5.1.1.1 对传送等级 2M－0 的下行单工承载信道配置(最短距离,最大能力)

传送等级 2M－0 的单工净承载能力是 8.192Mbit/s,它可以是 1～4 个速率为 $n\times$ 2.048Mbit/s 的承载信道的任意组合。系统可以根据选项提供任一或全部承载信道速率。传送等级 2M－0 的配置选项有:

——1 个 8.192Mbit/s 承载信道;

——1 个 6.144 Mbit/s 承载信道和 1 个 2.048 Mbit/s 承载信道;

——2 个 4.096 Mbit/s 承载信道;

——1 个 4.096 Mbit/s 承载信道和 2 个 2.048 Mbit/s 承载信道;

——4 个 2.048Mbit/s 承载信道。

5.1.1.2 对传送等级 2M－1 的下行单工承载信道配置

传送等级 2M－1 的单工净承载能力是 6.144Mbit/s,它可以是 1～3 个速率为 $n\times$ 2.048Mbit/s的承载信道的任意组合。系统可以根据选项提供任一或全部承载信道速率。传送等级 2M－1 的配置选项有:

——1 个 6.144 Mbit/s 承载信道;

——2 个 4.096 Mbit/s 承载信道和一个 2.048 Mbit/s 承载信道;

——3 个 2.048Mbit/s 承载信道。

在该配置中不得使用 ADSL 子信道 AS3。

5.1.1.3 对传送等级 2M－2 的下行单工承载信道配置

传送等级 2M－2 的单工净承载能力是 4.096Mbit/s,它可以是 1～2 个速率为 $n\times$ 2.048Mbit/s的承载信道的组合。系统可以根据选项提供任一或全部承载信道速率。传送等级 2M－2 的配置选项有:

——1 个 4.096Mbit/s 承载信道;

——2 个 2.048 Mbit/s 承载信道。

在该配置中不得使用 ADSL 子信道 AS2 和 AS3。

5.1.1.4 对传送等级 2M－3 的下行单工承载信道配置(最长距离,最小能力)

传送等级 2M－3 只支持一种下行单工承载信道配置。一个 2.048Mbit/s 的承载信道应由子信道 AS0 来传送。

5.1.2 传送下行单工 ATM 数据流的配置选项。

ADSL 设备可以将 ATM 数据作为一个单独下行单工数据流传送。这时 ADSL 承载信道速率应基于:

——$n\times$2.048Mbit/s 用户数据容量,$n=1\sim4$;

——AAL1 信元格式(ATM 适配层 1),每 53 字节 ATM 信元传送 47 字节的用户数据,因此 ATM 数据的信元比特率为 $n\times$2.048Mbit/s$\times$53/47;

——通过位于 V 接口网络侧的 ATM 信元处理器插入无效信元(以及可能的由 ITU－T I.610 建议的 OAM 信元),将 ATM 数据信元比特率向上适配成最接近 32kbit/s 整数倍。

只有 ADSL 下行单工子信道 AS0 可以使用,即对下行单工承载信道只有一种速率配置可选,其速率由传送等级决定(见表 2)。

表 2　下行 ATM 数据信元比特率

传送等级	承载信道速率	ATM 数据信元比特率
2M－0	9.248 Mbit/s	9.237787 Mbit/s
2M－1	6.944 Mbit/s	6.928340 Mbit/s
2M－2	4.640 Mbit/s	4.618894 Mbit/s
2M－3	2.336 Mbit/s	2.309447 Mbit/s

5.1.3　上行单工承载信道

有待研究。

5.2　双工承载信道

ADSL 系统可以同时传送最多 3 个双工承载信道。其中有一个为必备控制(C)信道。该信道总是有效的,其速率规定见 5.2.1。

依赖于特定环路和使用的选项所能支持的最高总比特率,对另外两个可选双工 ADSL 子信道作了特定的限制。在任一给定的配置中,只允许它们的某一些组合,它们将在 5.2.2中规定。

5.2.1　控制信道(双工必备信道)的速率

C 信道为下行单工承载业务传送 CI 到 CI(如业务的控制)和 CI 到网络信令(呼叫建立和业务选择),并且为可选的双工业务传送部分或全部的 CI 到网络信令。对传送等级 2M－3,C 信道工作在 16kbit/s,并且在 ADSL 同步开销中传送(见 6.2);其余所有等级工作于 64kbit/s,且通过 ADSL 子信道 LS0 传送。

5.2.2　可选双工承载信道的速率

依赖于网络提供者提供的业务,ADSL 系统可以透明传送两个可选双工承载信道。

传送以上承载信道的子信道分配和速率应为:

——ADSL 子信道 LS1,160kbit/s;

——ADSL 子信道 LS2,384kbit/s 或 576kbit/s。

对 4 种传送等级的双工选择由表 3 给出。

表 3　各传送等级支持的最大可选双工承载信道

传送等级	可以传送的可选双工承载信道(注 1)	有效的 ADSL 子信道
2M－0(最短距离)	待定	待定
2M－1(较短距离)	配置 1:160kbit/s＋384kbit/s 配置 2:仅 576kbit/s	LS1,LS2 仅 LS2
2M－2(中等距离)	配置 1:160kbit/s 配置 2:仅 384kbit/s(见注 2)	仅 LS1 仅 LS2
2M－3(最大距离)	仅 160kbit/s	仅 LS1

续表 3

注：
1) 当 160kbit/s 可选双工承载信道用于传送 ISDN BRA 时，所有 ISDN BRA(160kbit/s)相关信令装载于嵌于 2B+D 信号的 D 信道中。576kbit/s、384kbit/s 及非 ISDN 160kbit/s 双工承载信道的信令应与下行单工承载信道的信令一起装入 C 信道。
2) 传送等级 2M-2 是否应支持 576kbit/s 的可选双工承载信道还有待研究。

5.2.3 在可选双工信道 LS2 上传送双工 ATM 数据流(可选项)

ADSL 设备提供者也可以提供在可选双工 LS2 信道上传送一个 ATM 信元流的能力。

如果这种双工 ATM 传送能力被提供，表 4 所示的承载信道速率应该基于：

——384 kbit/s 或 576 kbit/s 用户数据容量；

——AAL1 或 AAL5 信元格式，使得 ATM 数据信元比特率为 384kbit/s × 53/47 或 576kbit/s × 53/47；

——通过位于 V 接口网络侧以及 T 接口的业务模块侧的 ATM 信元处理器插入无效信元(和由 ITU-T I.160 建议的可能的 OAM 信元)，将 ATM 数据信元比特率向上适配成最接近的 32kbit/s 的整数倍。

表 4 对 LS2 的可选双工 ATM 数据信元比特率

ADSL 可选 LS2 信道速率	ATM 数据信元比特率
448kbit/s	433.0213kbit/s
672kbit/s	649.5320kbit/s

——对每一传送等级的配置选项是基于默认(非 ATM)的数据速率。以上可选 ATM 速率的应用可能会降低环路的可用长度，局限了某一特定环路的可能的配置选项。

5.3 组合配置选项

5.3.1 基于下行速率 2.048Mbit/s 整数倍的承载信道选项

4 个可能传送等级的最大承载能力见表 5。

表 5 各传送等级承载信道的配置选项—下行速率为 2.048Mbit/s 整数倍

传送等级：	2M-0	2M-1	2M-2	2M-3
下行单工承载信道最大能力	8.192Mbit/s	6.144 Mbit/s	4.096 Mbit/s	2.048 Mbit/s

续表 5

传送等级：	2M－0	2M－1	2M－2	2M－3
承载信道选项	2.048 Mbit/s 4.096 Mbit/s 6.144 Mbit/s 8.192Mbit/s	2.048 Mbit/s 4.096 Mbit/s 6.144 Mbit/s	2.048 Mbit/s 4.096 Mbit/s	2.048 Mbit/s
最多有效子信道	4(AS0,AS1,AS2,AS3)	3(AS0,AS1,AS2)	2(AS0,AS1)	1(仅 AS0)
双工承载信道 最大能力 承载信道选项	待定	640 kbit/s 576 kbit/s 384 kbit/s 160 kbit/s C(64kbit/s)	608 kbit/s 见注 384 kbit/s 160 kbit/s C(64 kbit/s)	176 kbit/s 160 kbit/s C(16 kbit/s)
最多有效子信道		3(LS0,LS1,LS2)	2(LS0,LS1 或 LS0,LS2)	2(LS0,LS1)
注：传送等级 2M－2 是否支持 576kbit/s 可选双工承载信道还有待研究。				

每一承载信道的配置应由参数 B_F 和 B_I 指定(见 6.2.7.2 和 12.8)。

5.3.2 传送 ATM 信元流的承载信道配置选项

在下行单工承载信道上传送一个 ATM 信元流的可选承载速率可以定义 4 个传送等级。每个传送等级只要求支持一种配置选择：即唯一的下行单工信道运载 ATM 数据而唯一的必备双工信道运载信令和业务控制信息。但是设备和业务提供者在可支持更高总 ADSL 速率的环路上可以选择提供双工承载信道。表 6 概括了可选 ATM 承载信道速率。

表 6 各传送等级承载信道的配置选项—可选 ATM 承载速率

传送等级：	2M－0	2M－1	2M－2	2M－3
下行单工承载信道				
总的 ATM 数据信元比特率	9.237787Mbit/s	6.928340Mbit/s	4.618894Mbit/s	2.309447 Mbit/s
承载信道速率(见注 1)	9.248 Mbit/s	6.944 Mbit/s	4.640 Mbit/s	2.336 Mbit/s
最多有效子信道	1(仅 AS0)	1(仅 AS0)	1(仅 AS0)	1(仅 AS0)

续表 6

传送等级：	2M－0	2M－1	2M－2	2M－3
双工承载信道 最大能力 承载信道选项 最多有效子信道	64 kbit/s C(64kbit/s) 1(LS0)	64 kbit/s C(64kbit/s) 1(LS0)	64 kbit/s C(64 kbit/s) 1(LS0)	16 kbit/s C(16 kbit/s) 1(LS0)(见注 2)

注：
1) 承载信道速率等于由 ATM 数据信元比特率向上适配到的最接近的 32kbit/s 的整数倍(由 V－接口的网络侧的 ATM 信元处理器通过插入无效信元来完成)。
2) 16kbit/s C 信道整个地装入同步开销中(见 6.2)；在 ADSL 帧中，LS0 并不表示为独立的字节。

5.4 ADSL 系统开销和总的比特率

ADSL 系统可以传送的总的比特率应包括下列内容：

——被传送的单工承载信道；

——被传送的双工承载信道；

——ADSL 系统开销，它包括：

· 单工和双工承载信道的同步能力；

· 对有交织延时(交织数据缓存)和无交织延时(“快速”、或低等待时间数据缓存)时传送承载信道的同步控制；

· 一个 ADSL 嵌入操作信道，eoc；

· 一个 ADSL 开销控制信道，aoc(用于在线自适应与再配置，见 13 章)；

· crc 校验字节；

· 用于 OAM(操作、管理和维护)的固定指示比特；

· FEC 冗余字节。

内部开销信道和信道速率见表 7。

表 7　内部开销信道功能和速率

	下行速率 最大值/最小值/默认值			上行速率 最大值/最小值/默认值		
	传送等级 2M－0	传送等级 2M－1,2M－2	传送等级 2M－3	传送等级 2M－0	传送等级 2M－1,2M－2	传送等级 2M－3
同步能力，(由各承载信道共享)(见注 2)	128/64/96 kbit/s	128/64/96 kbit/s	96/64/96 kbit/s (见注 3)	64/32/64 kbit/s	64/32/64 kbit/s	64/32/64 kbit/s
同步控制和 crc (交织缓存)	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s

续表 7

	下行速率 最大值/最小值/默认值			上行速率 最大值/最小值/默认值		
	传送等级 2M-0	传送等级 2M-1,2M-2	传送等级 2M-3	传送等级 2M-0	传送等级 2M-1,2M-2	传送等级 2M-3
同步控制和 crc(快速缓存),加 eoc 和指示比特	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s	32kbit/s
总计	192/128/160 kbit/s	192/128/160 kbit/s	160/128/160 kbit/s	128/96/128 kbit/s	128/96/128 kbit/s	128/96/128 kbit/s

注:

1) FEC 所需开销未列于本表。

2) 共享同步能力包括由交织缓存器中的承载信道共享的 32kbit/s,由快速缓存器中的承载信道共享的 32kbit/s,另外的由交织缓存器中的下行单工承载信道共享的 32kbit/s,由快速缓存器中的下行单工承载信道共享的 32kbit/s。最大速率产生于至少一个下行单工承载信道分配给每一种缓存器时;而最小速率发生于所有承载信道分配给一种缓存器时。默认速率依照 6.2 给出的默认值分配承载信道并假设使用了所有可选双工承载信道。

3) 传送等级 2M-3 只允许有一个下行单工承载信道(最大距离环路);用于单工承载信道与 ADSL 定帧同步的 64kbit/s 只可在一种 ADSL 缓存器出现(快速或交织)。

注:本章所列的传送能力之外,ADSL 应同时提供以基带模拟信号的方式传送 POTS 的能力。

所有上述数据流如何组织进入 ADSL 帧和 ADSL 复帧,应遵循 6.2 关于下行数据传送的规定和 7.2 关于上行数据传送的规定。

总的发送比特率取决于传送等级和可选双工承载信道的应用;上行和下行总的发送比特率的各组成部分分别由表 8 和表 9 给出。

表 8 总的下行比特率的决定

	传送等级 2M-0	传送等级 2M-1	传送等级 2M-2	传送等级 2M-3
总的下行单工承载信道能力	8.192Mbit/s	6.144Mbit/s	4.096 Mbit/s (见注 1)	2.048 Mbit/s
双工 C 信道	64kbit/s	64kbit/s	64kbit/s	(见注 2)
总的可选双工承载信道	待定	0,160,384,544, 或 576kbit/s(见注 3)	0,160,或 384kbit/s	0 或 160kbit/s
总的承载信道能力	待定	6.208~6.784 Mbit/s	4.160~4.544 Mbit/s	2.048~2.208 Mbit/s (见注 4)

续表 8

	传送等级 2M－0	传送等级 2M－1	传送等级 2M－2	传送等级 2M－3
开销范围	128～192kbit/s	128～192kbit/s	128～192kbit/s	128～160kbit/s
总速率范围(典型值)	待定	6.336～6.976Mbit/s (6.912Mbit/s)	4.288～4.736Mbit/s (4.704Mbit/s)	2.176～2.368Mbit/s (2.336Mbit/s)

注：

1) 若决定传送等级 2M－2 能支持 576kbit/s 可选双工承载信道，则该等级最大的总承载信道能力和最大的总速率将增加 32kbit/s。
2) 16kbit/s 双工 C 信道整个装在用于同步能力的开销中。
3) 当选用一个 160kbit/s 与一个 384kbit/s 双工承载信道时，需要有 544kbit/s。
4) 对于传送等级 2M－3，双工承载信道 C 不包含在总承载信道速率中；它含于开销之中。
5) 用于 FEC 的开销未列于该表中。

表 9　总的上行比特率的决定

	传送等级 2M－0	传送等级 2M－1	传送等级 2M－2 (见注 1)	传送等级 2M－3
双工 C 信道	64kbit/s	64kbit/s	64kbit/s	(见注 2)
总的可选双工承载信道	待定	0,160,384,544,或 576kbit/s(见注 3)	0,160,或 384kbit/s	0 或 160kbit/s
总的承载信道能力	待定	64～640kbit/s	64～448kbit/s	0～160kbit/s
开销范围	96～128kbit/s	96～128kbit/s	96～128kbit/s	96～128kbit/s
总速率范围	待定	160～768kbit/s (768kbit/s)	160～576kbit/s (576kbit/s)	96～288kbit/s (288kbit/s)

注：

1) 若决定传送等级 2M－2 能支持 576kbit/s 可选双工承载信道，则该等级最大的总承载信道能力和最大的总速率将增加 32kbit/s。
2) 对传送等级 2M－3，双工 C 信道为 16kbit/s 但它不在总的承载信道速率之内，因为它整个装在用于同步能力的开销中。
3) 当包含所有可选双工承载信道时可以得到 544kbit/s。
4) 用于 FEC 的开销未列于该表中。

5.4.1　传送 ATM 信元的总的比特率

当传送 ATM 数据流时总的发送比特率取决于传送等级和交织与非交织缓存器的信

道分配(见 6.2)。总的发送比特率的各部分见表 10。

表 10 用于 ATM 传送的总的比特率的决定

传送等级	2M－0	2M－1	2M－2	2M－3
总的指定下行单工承载信道能力	9.248 Mbit/s	6.944 Mbit/s	4.640 Mbit/s	2.336 Mbit/s
双工 C 信道	64 kbit/s	64 kbit/s	64 kbit/s	(注 1)
总的可选双工承载信道	0kbit/s	0kbit/s	0kbit/s	0kbit/s
总的承载信道能力	9.312Mbit/s	7.008Mbit/s	4.704Mbit/s	2.336Mbit/s
开销范围(注 2)	128～160kbit/s	128～160kbit/s	128～160kbit/s	128～160kbit/s
总速率范围	9.440～9.472 Mbit/s	7.136～7.168 Mbit/s	4.832～4.864 Mbit/s	2.464～2.496 Mbit/s

注：
1) 对传送等级 2M－3,双工 C 信道不含在总的承载信道中;它包含于开销中。
2) 所有传送特级最大开销为 160kbit/s 是因为只允许一个下行单工信道。

5.5 根据 ATU 可选项分类

传送能力根据 ATU 发送/接收器是否应用了某些可选项可以进行进一步分类,它将传送净负荷与环路距离相关联。Ⅰ类描述不使用可选项的基本发送/接收器的传送净负荷与环路距离,Ⅱ类描述选用格形编码、功率增强和回波消除时的传送净负荷和环路距离。

根据这种分类的传送能力测试还有待研究。

6 ATU－C 功能特性

6.1 ATU－C 输入和输出 V 接口

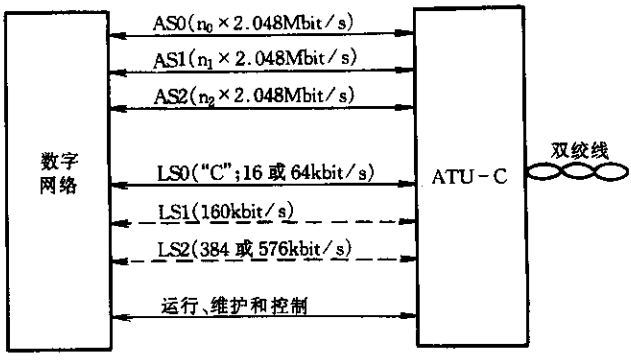
ATU－C 的数据接口见图 4。高速下行单工承载信道的输入接口指定为 AS0 到 AS3;双工承载信道的输入/输出接口指定为 LS0 到 LS2。还可有一双工接口用于 ADSL 系统的运行、维护和控制。

本章规范了在默认配置下 ATU－C 的输入和输出数据接口的速率。接口速率应与配置给该接口的承载信道相匹配。

下行方向发送的总净承载信道能力对应于 5.3 节所述的传送等级;下行单工输入接口的速率之和应不超过给定传送等级的净下行单工承载信道能力。同样,在 LS0 接口的双工承载信道以及 LS1 和 LS2 的选项可用性应符合于 5.3 节所述的传送等级。

6.1.1 下行单工信道－发送比特率

对于基于 2.048Mbit/s 整数倍的高速下行单工信道有 4 个接口:AS0、AS1、AS2 和 AS3(通称 ASX)。这些接口的速率由表 1 规定。



注:虚线为可选双工信道

图4 ATU-C V接口(默认速率)

6.1.2 双工信道的发送和接收比特率

ATU-C对ADSL所支持的双工承载信道应同时提供输入和输出数据接口。

注:两种双工信道是可选的,如5.2.2所述;第三个双工信道的速率由传送等级决定,如5.2.1所述。

表11给出了由ATU-C输入和输出接口支持的速率,对应于默认配置下的双工信道。

表11 双工信道的接口速率(默认配置)

双工信道	速率
LS0[1)]	16kbit/s或64 kbit/s
LS1[2)]	160 kbit/s
LS2	384 kbit/s或576 kbit/s
运行、维护和控制	厂家专用

注:

1) LS0也称为"C"信道。它载有与ASX数据流相关的信令,还可能载有一些与其它双工数据流相关的部分或所有的信令。当LS1传送ISDN BRA时,LS1的信令包含于ISDN BRA的D信道中。如果LS1用于传送非ISDN BRA数据流,它的信令也将由"C"信道传。

2) LS1可能用于传送ISDN BRA。6.2.3节对传送该业务时LS1的帧结构进行了描述。

6.1.3 净负荷传送延时

对分配给快速缓存器的信道,所有承载信道(单工和双工)净负荷比特从V参考点到T_{SM}参考点的单向传送延时应不超过2ms,对分配给交织缓存器的信道应不超过20ms。同样的要求适用于相反的方向,即从T_{SM}参考点到V参考点。

6.2 成帧

本节规范下行信号(ATU-C发送器)的成帧。上行信号成帧(ATU-R发送器)在7.2

中规范。

6.2.1 数据码元

图 2 给出了 ATU - C 发送器的功能框图及数据成帧的参考点。最多 4 个单工数据信道和 3 个双工数据信道应与 4kHz 的 ADSL DMT 码元速率同步，然后混合并分配到两个独立的数据缓存器中(快速和交织)。循环冗余码(crc)、扰码和前向纠错(FEC)码应分别作用于每个缓存器中，从交织缓存器出来的数据还应通过一个交织功能。然后这两个数据流按 6.5 的方法进行载波排序，并合并成一个数据码元进入星座编码器。这之后，数据被调制成在用户环路上传输的模拟信号。

比特级成帧模式不应插入到帧或复帧结构的数据码元中。DMT 码元或帧的边界由调制器插入的循环前缀来定位(见 6.10)。复帧边界由同步码来决定，同步码由调制器插入且不含用户数据(见 6.9.3)。

由于加入 FEC 冗余字节和数据交织，数据码元在通过整个发送器的 3 个不同参考点表现出不同的结构(如图 2 所示)。与下面章节中将讨论的数据成帧相关的参考点有：

——A(复用数据帧)：复用的，插入 crc 后的同步数据(同步见 6.2.2，crc 见 6.2.1.3)。复用数据帧结构应在标称 4kHz 速率下产生(即每 250μs)。

——B(FEC 输出数据帧)：由 FEC 编码器输出的与 DMT 码元等速的数据帧，帧中一个 FEC 块可能超越一个 DMT 码元周期。

——C(星座编码器输入数据帧)：提供给星座编码器的数据帧。

6.2.1.1 复帧结构

ADSL 使用如图 5 所示的复帧结构。每个复帧包含 68 个 ADSL 数据帧，标号从 0 ~ 67，其后跟随一个同步码元，它不含有用户或开销的比特级数据，由调制器插入(见 6.9.3)，其作用仅仅是用于建立复帧边界。每个数据帧经编码和调制成 DMT 码元。从比特 级和用户数据角度，DMT 码速为 4000baud(周期 = 250μs)，但为允许同步码的插入，发送的 DMT 码速应为 69/68 × 4000baund。在复帧中的每个数据帧含有来自快速和交织缓存器的数据。每个缓存器的大小决定于初始化期间承载信道的分配(见 6.2.1 和 12.8.4)。承载信道在线重分配有待研究。

每个 ADSL 复帧应为快速缓存器的 crc(crc0 ~ crc7)保留 8 个比特，为 OAM 功能分配 24 个指示比特(ib0 ~ ib23)。见图 5 和图 6，快速缓存器的“fast”字节在帧 0 载有 crc 校验比特，而在帧 1、34 和 35 载有固定开销比特设置。其它帧的“fast”字节以偶数/奇数帧成对分配给 eoc 或快速缓存的承载信道的同步控制。

指示比特由表 12 定义。

表 12 指示比特的定义，ATU - C 发送器
(快速数据缓存，下行方向)

指示比特	定义
ib0 ~ ib7	预留
ib8	febe - i

续表 12

指示比特	定义
ib9	fecc - i
ib10	febe - ni
ib11	fecc - ni
ib12	los
ib13	rdi
ib14 - ib23	预留
注：比特的定义和应用见 11 章。	

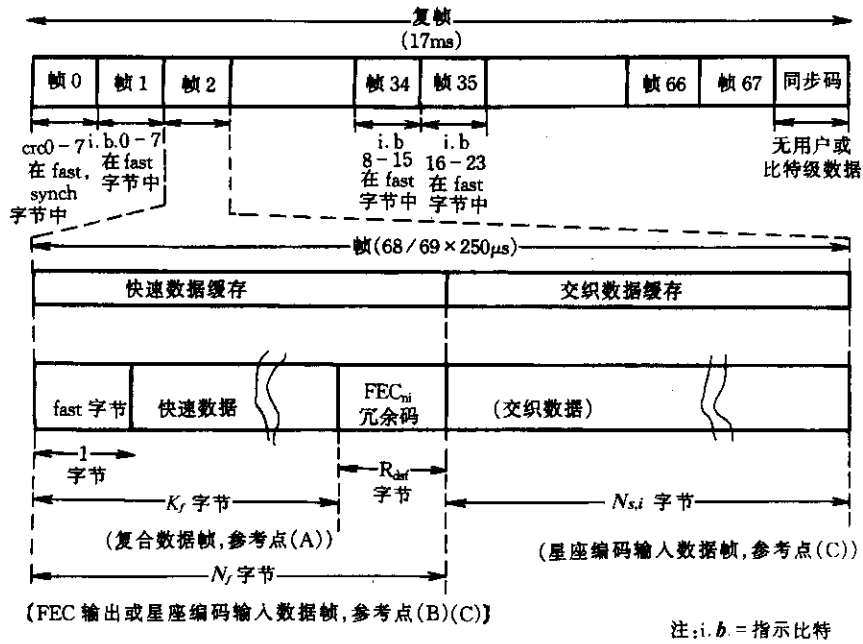


图 5 ADSL 复帧结构 - ATU - C 发送器

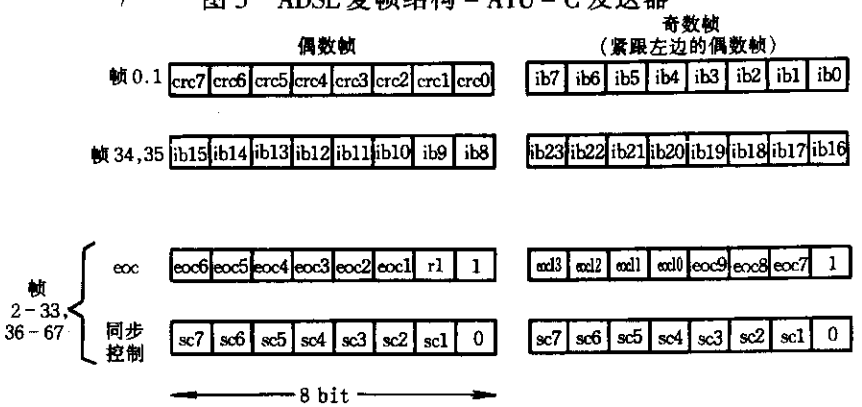


图 6 “fast”字节格式 - ATU - C 发送器 - 快速数据缓存

若在一个偶数帧(帧 0 和 34 除外)的"fast"字节的第 0 比特为"1",则该帧和紧跟该帧的奇数帧的"fast"字节就用来运送"13 比特"的"eoc 帧"以及附加比特 r1(预留,在设定它用之前置为 1),"eoc 帧"由表 13 定义。

表 13　eoc 帧结构

比特名称	eoc 比特分配
eoc1,eoc2	地址(11 = ATU - C,00 = ATU - R,01 和 10 预留)
eoc3	数据/消息指示比特: "0" = 信息域包含用于 ADSL eoc 消息的操作码, "1" = 信息域包含二进制或 ASCII 数据。
eoc4	奇("1")/偶("0")字节指示,用于数据读或写模式下多字节传输。
eoc5	自主 ATU - R 消息指示比特(见注): "0" = 自主 ATU - R 消息, "1" = ATU - R 对当前 eoc 协议状态的响应。
eoc6 ~ eoc13	信息域。
注:当前对 ATU - R 定义的唯一的自主消息是电源切断指示" dying gasp "(11.1.4.4)。eoc5 比特的其它应用有待研究。	

eoc 协议和消息格式见 11.1。

偶数帧(不含帧 0 和 34)的"fast"字节的第 0 比特应置为"0",以指示该帧以其后的奇数帧的"fast"字节用于各自帧的同步控制(用于同步控制的"fast"字节格式见 6.2.2.1 所述)。

每个 ADSL 复帧应有 8 个比特用作交织数据缓存器的 crc(crc0 - crc7)。如图 6 和图 7 所示,交织数据缓存器的"synch"字节在帧 0 载有对前一复帧的 crc 校验比特。其它所有帧(1 至 67),"synch"字节应用于对指定给交织缓存器的承载信道的同步控制,或装载一个 ADSL 开销控制信道(aoc)。当任何一个承载数据流出现在交织缓存器,则 aoc 数据应在 LEX 字节传送,并且"synch"字节应指明何时 LEX 字节装有 aoc 数据以及何时它装有来自承载信道数据流的数据字节。当没有承载信道数据分配给交织数据缓存器时,即 $B_I(ASX) = B_I(LSX) = 0$,"synch"字节须直接运送 aoc(AEX 和 LEX 字节此时不存在于交织缓存器中,见 6.2.1.2)。"synch"字节的格式见 6.2.2.2。

6.2.1.2　帧结构

每帧的数据被编成一个多载波的码元(见 6.3 至 6.6),如图 2 所示。每帧由一个快速数据缓存器和一个交织数据缓存器组成,并且在每个参考点(A、B 和 C)的帧结构都有不同。快速缓存器的字节先进入星座编码器,然后是交织数据缓存器的字节。字节中 LSB 居先。

每个用户数据流应在初始化时指派给快速或交织缓存器(见 12.6.1),对每个数据流要发送一对字节[B_F, B_I]用来指定分配到快速和交织缓存器的字节数。

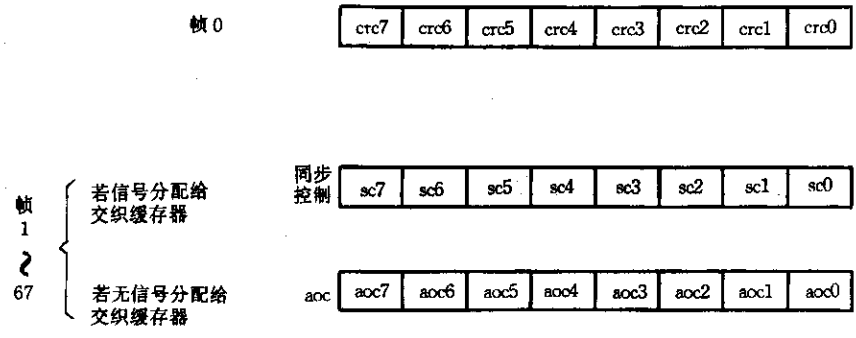


图 7 “synch”字节格式 - ATU - C 发送器 - 交织数据缓存器

规范下行承载信道速率的 7 个可能的$[B_F, B_I]$是：

——$B_F(\mathrm{AS}X)$，$B_I(\mathrm{AS}X)$，$X=0,1,2$ 和 3，用于下行单工承载信道；

——$B_F(\mathrm{LS}X)$，$B_I(\mathrm{LS}X)$，$X=0,1$ 和 2，用于双工承载信道。

分配准则：

——除 16kbit/s C 信道选项，对任何数据流要么 $B_F(X)$ = 快速缓存器的字节数且 $B_I(X)=0$，要么 $B_F(X)=0$ 且 $B_I(X)$ = 交织缓存器的字节数。

——对 16kbit/s C 信道选项，$B_F(\mathrm{LS0})=255$（二进制 11111111）且 $B_I(\mathrm{LS0})=0$，或者 $B_F(\mathrm{LS0})=0$ 且 $B_I(\mathrm{LS0})=255$。

对各传送等级的$[B_F, B_I]$的配置见表 14。在线配置（如改变数据信道速率的组合或者用户数据在快速和交织缓存器间的重新分配）有待研究。

表 14 对 ATU - C 发送器的默认快速和交织数据缓存器分配

信号	B_I（交织数据缓存器）				B_F（快速数据缓存器）			
	传送等级 2M - 0	传送等级 2M - 1	传送等级 2M - 2	传送等级 2M - 3	传送等级 2M - 0	传送等级 2M - 1	传送等级 2M - 2	传送等级 2M - 3
AS0	64	64	64	64	0	0	0	0
AS1	64	64	64	0	0	0	0	0
AS2	64	64	0	0	0	0	0	0
AS3	64	0	0	0	0	0	0	0
LS0	2	2	2	255（见注）	0	0	0	0
LS1	0	0	0	0	待定	5	0	5
LS2	0	0	0	0	待定	12	12	0

注：对传送等级 2M - 3，$B_F=255$ 或 $B_I=255$ 指 16kbit/s C 信道，它整个装在同步控制开销（LEX 字节）中，如 6.2.2 所述。因此，LS0 子信道并不以独立的字节出现在 ADSL 帧。

6.2.1.2.1 快速数据缓存器

对应图 2 的 3 个参考点的快速数据缓存器的帧结构见图 8。

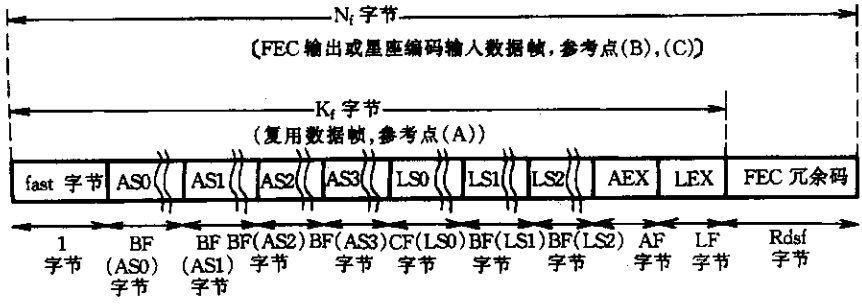


图 8　快速数据缓存器 - ATU - C 发送器

若　$B_F(\mathrm{LS0}) = 255$(二进制 11111111)，

$C_F(\mathrm{LS0}) = 0$，

否则　$C_F(\mathrm{LS0}) = B_F(\mathrm{LS0})$.

$N_f = K_f + R_{\mathrm{dsf}}$

其中　R_{dsf} = FEC 冗余字节数。

并且　$K_f = 1 + \sum_{i=0}^{3} B_F(\mathrm{AS}_i) + A_F + \sum_{j=0}^{2} B_F(\mathrm{LS}_j) + L_F$，

其中　若　$\sum_{i=0}^{3} B_F(\mathrm{AS}_i) = 0, A_F = 0$

否则　$A_F = 1$，

若　$\sum_{i=0}^{3} B_F(\mathrm{AS}_i) = \sum_{j=0}^{2} B_F(\mathrm{LS}_j) = 0, L_F = 0$

否则　$L_F = 1$

(注：当 $B_F(\mathrm{LS0}) = 255$ 时，$L_F = 1$)

在图 2 参考点 A(复用数据帧)，快速缓存器应至少含有“fast”字节。接下来是信道 AS0 的 B_F(AS0)字节，然后是信道 AS1 的 B_F(AS1)字节，信道 AS2 的 B_F(AS2)字节和信道 B_F(AS3)字节。跟着是分配给快速缓存的任一双工(LSX)信道。如若任一 $B_($ASX)不为 0，则在最后的 LSX 信道字节后加上一个 AEX 和一个 LEX 字节，而若任一 B_F(LSX)不为 0，则应含有 LEX 字节。

注意当 $B_F(\mathrm{LS0}) = 255$ 时，在 LS0 信道不含字节。此时 16kbit/s 的 C 信道应平均在每隔一个 LEX 字节传输，并使用“synch”字节来指示何时用 LEX 字节传 LS0 数据流。

R_{dsf}FEC 冗余字节应加在复用数据帧(参考点 A)上以产生 FEC 输出数据帧(参考点 B)，这里 R_{dsf}由初始化时的 RATES1 选项给出。对表 14 给出的默认配置，$R_{\mathrm{dsf}} = 4$；对其它配置选项，该值应以其它方式给予 ATU - C(例如，通过一个主控制端口)。当无数据流分给快速缓存时 $R_{\mathrm{dsf}} = 0$(不添加 FEC 冗余字节)。由于从快速缓存出来的数据是没有经交织处理的，星座编码输入帧(参考点 C)与 FEC 输出数据帧(参考点 B)是相同的。

6.2.1.2.2　交织数据缓存

对应于参考点 A 和参考点 B 的交织数据缓存的帧结构见图 9。

若　$B_I(\mathrm{LS0}) = 255$(二进制 11111111)，

$C_I(\mathrm{LS0}) = 0$，

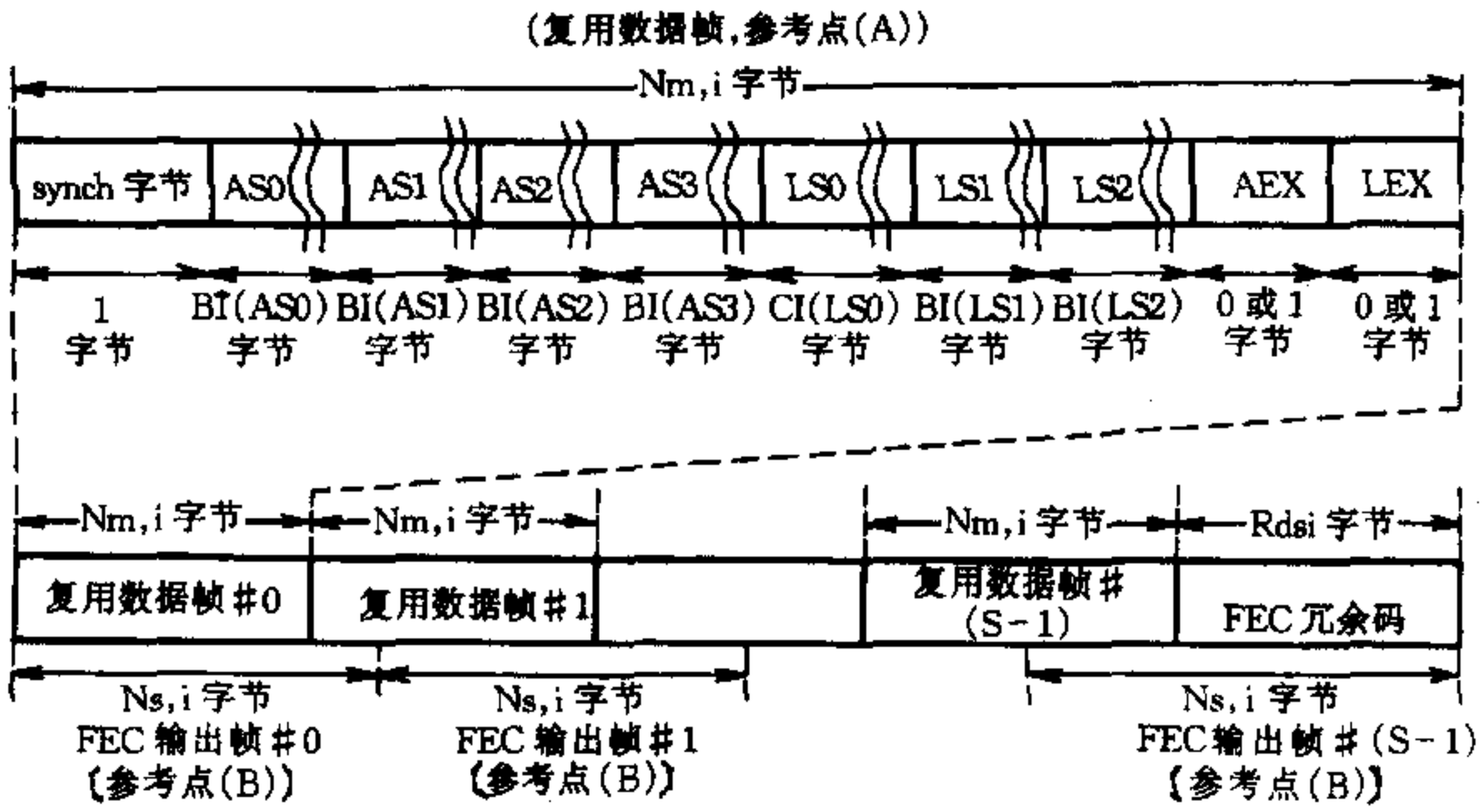


图 9　交织数据缓存器 - ATU - C 发送器

否则 $C_I(\mathrm{LS0}) = B_I(\mathrm{LS0})$。

$$N_{m,i} = 1 + \sum_{i=0}^{3} B_I(\mathrm{AS}_i) + \mathrm{A}_I + \sum_{j=0}^{2} B_I(\mathrm{LS}_j) + L_I,$$

其中,若 $\sum_{i=0}^{3} B_I(\mathrm{AS}_i) = 0$, $A_I = 0$。 否则 $A_I = 1$。

若 $\sum_{i=0}^{3} B_I(\mathrm{AS}_i) = \sum_{j=0}^{2} B_I(\mathrm{LS}_j) = 0$, $\mathrm{L}_I = 0$。 否则 $L_I = 1$(注:当 $B_I(\mathrm{LS0}) = 255$ 时 $L_I = 1$)。并且 $N_{s,i} = N_{m,i} + R_{dsi}/S$。

这里 R_{dsi} = FEC 冗余字节数,

且 S = 每个 FEC 码字的 DMT 码元数。

在参考点 A ,复用数据帧、交织数据缓存应至少含有“synch”字节。缓存的其余部分使用与快速缓存同样的方式建立,只是用 B_I 代替 B_F。每个复用数据帧的长度为 N_{mi} 字节,见图 9 定义。

FEC 编码器应处理 S 个复用数据帧并附加 R_{dsi} 个 FEC 冗余字节,从而产生长度为 $N_{FEC,i} = S \times N_{m,i} + R_{dsi}$ 字节的 FEC 码字。FEC 输出数据帧应包含 $N_{s,i} = N_{FEC,i}/S$ 字节,N_{si} 是整数。当 $S > 1$ 时,对于一个 FEC 码字的 S 个帧,除最后一帧外 FEC 输出数据帧(参考点 B)将部分覆盖了两个复用数据帧,最后一帧包含 R_{dsi} 个 FEC 冗余字节。

FEC 输出数据帧被交织到一指定的交织深度。交织处理(见 6.4.2)对一个给定 FEC 输出数据帧的每个字节的延时不同,因此星座编码输入数据帧将含有来自许多不同 FEC 数据帧的字节。在发送器的参考点 A,交织数据缓存的复用数据帧 0 与 ADSL 复帧和快速数据缓存的复用数据帧 0 对齐(在参考点 C 不是这样)。在接收器,交织数据缓存与快速数据缓存相比将被延时 $S \times$ 交织深度 $\times 250\mu s$(在表 15 默认状态下为 16ms),并且帧 0(含有交织数据缓存的 crc 比特)将在接收器复帧开始经一固定帧数以后出现。

对于表 14 的默认配置(即所有 ASX 和 LS0 信号分配给交织缓存器),FEC 编码开销,每个 FEC 码字的码元数,以及交织深度见表 15。这些默认值对应于默认速率。对其它速率和配置,参数应以某种方式提供给 ATU - C(例如,通过一个主控制端口)。

表 15　对 ATU－C 发送器的默认 FEC 编码参数和交织深度

传送等级	R_{dsi}(FEC 冗余字节)	S(每个码字的码元数)	交织深度(FEC 码字)
2M－0	待定	待定	待定
2M－1	16	1	64
2M－2	12	1	64
2M－3	12	2	32

6.2.1.3　循环冗余校验

每个复帧产生两个循环冗余校验(crc),一个给快速数据缓存,一个给交织数据缓存,并且在下一复帧的第一帧发送。每个复帧的每个缓存类型有 8 个比特分给 crc 校验比特。这些比特通过公式从 k 消息比特计算得到:

$$crc(D) = M(D)\ D^8\ mod\ G(D),$$

这里:

$$M(D) = m_0D^{k-1} \oplus m_1D^{k-2} \oplus \cdots \oplus m_{k-2}D \oplus m_{k-1},\text{为消息多项式},$$

$$G(D) = D^8 \oplus D^4 \oplus D^3 \oplus D^2 \oplus 1,\text{为生成多项式},$$

$$crc(D) = c_0D^7 \oplus c_1D^6 \oplus \cdots \oplus c_6D \oplus c_7,\text{为校验多项式},$$

$\oplus$指模 2 加("异或"运算)

并且 D 为延时算子。

即 crc 是 $M(D)D^8$ 被 G 除的余式。

crc 校验比特在快速数据缓存帧 0 的"fast"字节(8bit)传送,在交织数据缓存帧 0 的"synch"字节(8 比特)传送。

crc 覆盖的比特包括

——快速数据缓存:

——帧 0:ASX 字节(X = 0,1,2,3),LSX 字节(X = 0,1,2),及后面的任 何 AEX 和 LEX 字节。

——所有其它帧:"fast"字节,加上 ASX 字节(X = 0,1,2,3),LSX 字节(X = 0,1,2),及任何 AEX 和 LEX 字节的。

——交织数据缓存:

——帧 0:ASX 字节(X = 0,1,2,3),LSX 字节(X = 0,1,2),及后面的任 何 AEX 和 LEX 字节。

——所有其它帧:"synch 字节,加上 ASX 字节(X = 0,1,2,3),LSX 字节(X = 0,1,2),及任何 AEX 和 LEX 字节的。

进入 crc 时每个字节 LSB 居先。

crc 覆盖域长随分配到快速和交织数据缓存的字节数而变化(ASX 和 LSX 的字节数根据[B_F, B_F]对变化;只有当至少一个 ASX 分配给一个给定缓存,AEX 才可出现在该缓存中;只有当至少一个 ASX 或 LSX 分配给一个给定缓存,LEX 才可出现在该缓存中)。

由于承载信道分配到快速和交织数据缓存的灵活性,整个 ADSL 复帧的 crc 覆盖域长

将从大约 530～119000bit 之间变化。

6.2.2 同步

输入数据流通过同步控制字节和 AE*X* 与 LE*X* 字节与 ADSL 时钟保持同步。前向纠错编码必须施加于同步控制字节。

6.2.2.1 快速数据缓存的同步

对快速数据缓存的同步控制可以发生在一个 ADSL 复帧的帧 2～33 以及帧 36～67，此时"fast"字节可以用作同步控制字节。

"fast"字节当用于对快速数据缓存的同步控制时，其格式见表 16。

表 16 "fast"字节格式

比特	任务指定	码字
sc7，sc6	AS*X* 信道指定	"00"：AS0 信道 "01"：AS1 信道 "10"：AS2 信道 "11"：AS3 信道
sc5，sc4	对指定 AS*X* 信道的同步控制	"00"：无操作 "01"：将 AE*X* 字节加到指定 AS*X* 信道 "11"：将 AE*X* 和 LE*X* 字节加到 AS*X* 信道 "10"：从指定 AS*X* 信道删去最后字节
sc3，sc2	LS*X* 信道指定	"00"：LS0 信道 "01"：LS1 信道 "10"：LS2 信道 "11"：无同步动作；若 sc5，sc4 不等于"11' 时 LE*X* 可以载有 LS2 "start of frame"校准指针(见 6.2.4)
sc1	对指定 LS*X* 信道的同步控制	"1"：将 LE*X* 字节加入指定 LS*X* 信道 "0"：从指定 LS*X* 信道删去最后字节
sc0	同步控制/eoc 指定	"0"：执行由 sc7～sc1 指示的同步控制 "1"：当前(偶)帧和后相邻帧的这个字节是一个 eoc 帧

对于"fast"字节用作 crc，固定指示比特，或 eoc 的那些帧不应有同步动作发生。

注：当 C 信道的速率为 16kbit/s 时，LS0 子信道平均每隔一帧在 LE*X* 字节传送，使用"将 LE*X* 字节加入指定 LS*X* 信道"，这里的指定信道为 LS0。

6.2.2.2 交织数据缓存的同步

对交织数据缓存的同步控制可以发生在一个 ADSL 复帧的帧 1～67，此时"synch"字节可以用作同步控制字节。

当“synch”字节用于对交织数据缓存的同步控制时，其格式见表 17。如果没有信号分给交织数据缓存，“synch”字节应直接传送 aoc 数据，见 6.2.1.1 中图 7。

如果帧 0 中“synch”字节用作 crc 时，在帧 0 期间不应有同步动作发生并且 LE*X* 字节传送 aoc。

表 17 “synch”字节格式

比特	任务指定	码字
sc7，sc6	AS*X* 信道指定	“00”：AS0 信道 “01”：AS1 信道 “10”：AS2 信道 “11”：AS3 信道
sc5，sc4	对指定 AS*X* 信道的同步控制	“00”：无操作 “01”：将 AE*X* 字节加到指定 AS*X* 信道 “11”：将 AE*X* 和 LE*X* 字节加到 AS*X* 信道 “10”：从指定 AS*X* 信道删去最后字节
sc3，sc2	LS*X* 信道指定	“00”：LS0 信道 “01”：LS1 信道 “10”：LS2 信道 “11”：对任何 LS*X* 信道无操作
sc1	对指定 LS*X* 信道的同步控制	“1”：将 LE*X* 字节加入指定 LS*X* 信道 “0”：从指定 LS*X* 信道删去最后字节
sc0	同步控制/aoc 指定	“0”：执行由 sc7～sc1 指示的同步控制 “1”：LEX 字节承载 ADSL 开销控制信道 aoc 数据；可以允许由 sc7～sc1 指示的“加 AE*X*”或“删除”同步控制

在帧 0 期间无同步动作，此时“synch”字节用作 crc，LE*X* 字节载有 aoc。

注：当 C 信道的速率为 16kbit/s 时，LS0 子信道平均每隔一帧在 LE*X* 字节传送，使用“将 LE*X* 字节加入指定 LS*X* 信道”，这里的指定信道为 LS0。

6.2.3 通过 LS1 传输的 ISDN 基本接入帧结构

当 LS1 信道传送 ISDN 基本接入时，信道的成帧应符合 ITU－T G.961 关于通过 ISDN 基本接入接口点的信息流的帧结构规定。

在下行方向，LS1 信道帧结构可能固定在 SL3 状态，上行方向在 SN3 状态。在网络或 NT1 处于未准备好的状态期间（由 act 比特置于 0 来表达），2B＋D 域应在扰码之前置为全 1。若 ATU 不能提供 SN3 或 SL3，LS1 信道字节应为全 1。SN3、SL3 的状态定义及 act 比特由 ITU－T G.961 规范。

ISDN 基本接入维护定义和位置，为 ITU－T G.961 所描述，在通过 LS1 信道时应保持它们的定义。

6.2.4 通过 LS2 传输的 384/576kbit/s 应用的成帧(可选)

当 LS2 信道传送需要帧完整性的 384/576kbit/s 的应用，且 LS2 信道分配给无交织数据缓存时，作为一个选项，ADSL 系统可以提供承载业务信道的字节和帧完整性。

如果提供该选项，ADSL 系统应通过将承载业务信道的字节映射进 ADSL 子信道 LS2 字节(即跨越 V－接口和 T－接口的映射)提供字节完整性。

ADSL 系统应通过下列方法提供帧完整性：

——在初始化期间发送一非零值的 LS2 帧容量参数，以指示接收器 LS2 应提供帧完整性；

——在接收器本地产生成帧指示，并与 LS2 数据流一起传送到位于 CI 的业务模块或者 ADSL 连接的网络侧之网络；

——当某些条件允许时，跨越“U”接口发送一帧校正指针；

——统计地将承载业务信道成帧与接收器本地发生的成帧指示进行校验。

LS2 帧容量参数，FS(LS2)，对每个(承载业务)帧应成字节。例如，对 384kbit/s 业务：

——B_F(LS2) = 384kbit/s/(32kbit/s/字节/ADSL 帧) = 12 字节/ADSL 帧；

——FS(LS2) = 384kbit/s/(64kbit/s/字节/承载信道帧) = 6 字节/承载信道帧。

要指示由 ADSL 子信道 LS2 传送的业务不需要成帧，或发送器不支持这种选项，FS(LS2)应置于零(0)。在任一种情况下，发送器都不用发送帧校验指针。

当下列条件全部满足的话，ATU－C 发送器可以发送一个帧校验指针：

a) LS2 分配给快速数据缓存；

b) LS2 帧容量为非零；

c) 当前帧的任一 ADSL LS*X* 子信道无同步操作要求；

d) 对当前帧的任一 ADSL AS*X* 子信道，LE*X* 字节没有用于“加 2”同步；

e) 发送器有一有效的校验指针值可用于当前帧。

注：

1) 当帧 2～33 或帧 36～67 中的“fast”字节比特 sc3，sc2 为“11”且比特 sc0 为“0”，或当前帧的快速字节载有 crc 或指示比特(即帧 0，1，34，35)时，条件(c)将满足。

2) 当帧 2～33 或帧 36～67 中的比特“fast”字节比特 sc5，sc4 为“00”、“01”或“10”并且比特 sc0 为“0”时，条件(d)满足。

3) 发送器不必须在满足条件(c)和(d)的所有帧发送一校验指针。

发送的帧校验指针应放置于 LE*X* 字节，它包含承载业务帧第一个字节在当前帧的 LS2 子信道中的序号，LS2 子信道的第一个字节记为第零(0)字节。

当条件(a)～(d)满足但是发送器没有校验指针值插入时，LEX 字节应充满二进制“1”以指示它不包含有一个校验指针。对于配置的 LS2 速率，只有当校验指针在一个有效范围内时(即 0～[B_F(LS2) － 1])，接收器才应使用它。

6.3 扰码器

从快速和交织缓存输出的二进制数据流应分别使用下列算法扰码：

$$d_n = d_n \oplus d_{n-18} \oplus d_{n-23}$$

这里 d_n 是从快速或交织缓存的第 n 个输出(即输入到扰码器),d_n 是从相应扰码器的第 n 个输出。

这些扰码器应用于串行数据流,无需参考任何成帧或码元同步。同样接收器的解扰出与码元同步无关。

6.4 前向纠错

6.4.1 李德 - 所罗门编码

R 个(即 R_{dsf}或 R_{dsi})冗余校验字节 $c_0, c_1, \ldots, c_{R-2}, c_{R-1}$应附于 K 个消息字节 $m_0, m_1, \ldots m_{K-2}, m_{K-1}$之后,从而形成容量为 $N = K + R$ 字节的李德 - 所罗门码字。校验码通过下列公式由信息字节计算得到:

$C(D) = M(D)D^R mod\ G(D)$

这里:$M(D) = m_0D^{K-1} \oplus m_1D^{K-2} \oplus \cdots \oplus m_{K-1}D \oplus m_K$ 为消息多项式,

$C(D) = c_0D^{R-1} \oplus c_1D^{R-2} \oplus \cdots \oplus c_{R-2}D \oplus c_{R-1}$为校验多项式,

并且 $G(D) = \prod(D \oplus a^i)$为李德 - 所罗门编码的生成多项式,这里乘积的指数为 $i = 0 \sim (R-1)$。$C(D)$是 $M(D)D^R$ 除以 $G(D)$的余式。该算法在伽罗瓦域 $GF(256)$实现,a 是满足本原二进制多项式 $x^8 \oplus x^4 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus 1$ 的一个基本元素。数据字节($d_7, d_6, \ldots, d_1, d_0$)与伽罗瓦域元素 $d_7a^7 \oplus d_6a^6 \oplus \cdots \oplus d_1a \oplus d_0$ 是一致的。校验字节数 R 的数量与码字长度 N 按 6.2 描述进行变化。

6.4.2 交织

在交织缓存中李德 - 所罗门码应被回旋交织。交织深度按 6.2 描述变化,但它总是 2 的幂。回旋交织由下列规则定义:

李德 - 所罗门码的 N 个字节 $B_0, B_1, \ldots B_{N-1}$的每个字节被延时,延时量随字节序数线性变化。更精确地说,字节 B_i(序号 i)被延迟了$(D-1)^* i$ 字节,这里 D 是交织深度。

表 18 是一个例子,其中 $N = 5, D = 2, B_i^j$指示第 j 个码字的第 i 个字节。

表 18 回旋交织示例($N = 5, D = 2$)

交织器输入	B_0^j	B_1^j	B_2^j	B_3^j	B_4^j	B_0^{j+1}	B_1^{j+1}	B_2^{j+1}	B_3^{j+1}	B_4^{j+1}
交织器输出	B_0^j	B_3^{2-1}	B_1^j	B_4^{j-1}	B_2^j	B_0^{j+1}	B_3^j	B_1^{j+1}	B_4^j	B_2^{j+1}

根据上述规则和选择的交织深度(2 的幂),从交织器输出的字节在 N 为奇数时总是占据不同的时隙。当 N 为偶数时,在输入到交织器的码字开始处应加一哑字节。然后得到的奇数长码字被回旋交织,并且将哑字节从交织器输出处移去。

6.5 载波排序

DMT 时域信号有较高的峰 - 均比(它的幅度分布几乎是高斯分布),大的值可能由被

数－模转换器削掉。削波造成的错误信号可视为被消波的时间抽样的附加负脉冲。对于发生了削波的码元，削波错误功率几乎平均分布在所有的载波上。因此削波更易在这样的载波造成错误，即因预测有较高的接收 SNR，该载波被赋于最大数量的比特（因此有密度最大的星座图）。如果这样的载波被指定到交织缓存，这些偶然的错误可以被 FEC 编码可靠地纠正。

用于每个载波的比特数和相对增益在 ATU－R 接收器计算，然后根据规定协议发回到 ATU－C(12.9.8)。这对数通常以频率或载波序号 i 的升序存放于一个比特和增益表 b_i 中。

排序后的比特表 b_i 应基于原来的比特表 b_i，如下：

$$For\ k = 0 \sim 15$$

从比特表找到每载波比特数 $b_i = k$ 的所有 i 的集合。

将 b_i 以 i 的升序方式赋予排序后的比特分配表，同时，在 ATU－R 接收器需要执行一个相应的解序过程，但不必将排序处理的结果送给接收器，因为比特表原是产生于 ATU－R，该表具有执行解序的所有必要信息。

根据 b_i，来自码元缓存（见 6.2）的 B_F 字节（$8B_F$ 比特）将首先赋予负载最小数量比特的载波，余下的 B_I 字节（8 B_I 比特）赋予余下的载波。

6.6 星座编码－含格形码

韦氏 16－状态 4－维格形码的块处理作为提高系统性能的一种手段是可选的。应使用一个算法星座编码器来构造最大比特数等于 $N_{downmax}$（≤15）的星座。

6.6.1 比特抽取

来自 DMT 码元缓存的数据字节应依照排序后的比特分配表 b_i 抽取，LSB 比特在前。由于码字的 4 维特性，抽取应基于连续的一对 b_i，而不是逐个（无格形码的情况）。另外，由于与编码相关的星座扩张，比特分配表规定了 b_i，即每个载波的编码比特数，b_i 可以是 2 至 15 的任一整数。对给定的一个连续 b_i 对子(x, y)，$x + y - 1$ 个比特（反映了每 4 维一比特或每载波半比特的星座扩张）从 DMT 码元缓存中抽取出来。这些 $z = x + y - 1$ 比特$(t_z, t_{z-1}, \ldots, t_1)$形成二进制字 u，如表 19 所示。载波排序过程保证 $x \leq y$。单比特星座是不允许的，因为它们可以由具有同样平均能量的 2 比特星座代替。在 $x = 0, y > 1$ 时，u 的特别形式背后的原因参见 6.6.2。

表 19 形成二制码字 u

条件	二进制码字/注解
$x > 1, y > 1$	$u = (t_z, t_{z-1}, \ldots, t_1)$
$x = 1, y \geq 1$	不允许
$x = 0, y > 1$	$u = (t_z, t_{z-1}, \ldots, t_2, 0, t_1, 0)$
$x = 0, y \leq 1$	无需比特抽取，不发出消息比特

应选择 DMT 码元的最后两个 4 维码元强迫星座状态进入零状态。对每个码元，u 的

2 个 LSB 被预先决定并且只有一组 $x+y-3$ 个比特从 DMT 码元缓存中抽取出。

6.6.2 比特转换

二进制字 $u=(u_{z'}, u_{z'-1}, \ldots, u_1)$ 决定两个二进制字 $v=(v_{z'-r}, \ldots, v_0)$ 和 $w=(w_{Y-1}, \ldots, w_0)$，这两个码字用来查找编码器星座表的两个星座点。对 $x>1$ 且 $y>1$ 的通常情况，$z'=z=x+y-1$，并且 v 与 w 分别含有 x 和 y 个比特；对 $x=0$ 且 $y>0$ 的特殊情况，$z'=z+2=y+1$，$v=(v_1, v_0)=0$ 并且 $w=(w_{y-1}, \ldots, w_0)$。比特 (u_3, u_2, u_1) 根据图 10 决定 (v_1, v_0) 和 (w_1, w_0)。

图 10 所示的卷积编码器是一个系统编码器（即 u_1 和 u_2 在通过后保持不变），见图 11。状态 (s_3, s_2, s_1, s_0) 用来标明图 12 所示的格形图的状态。在 DMT 码元周期开始时状态初始化为(0,0,0,0)。

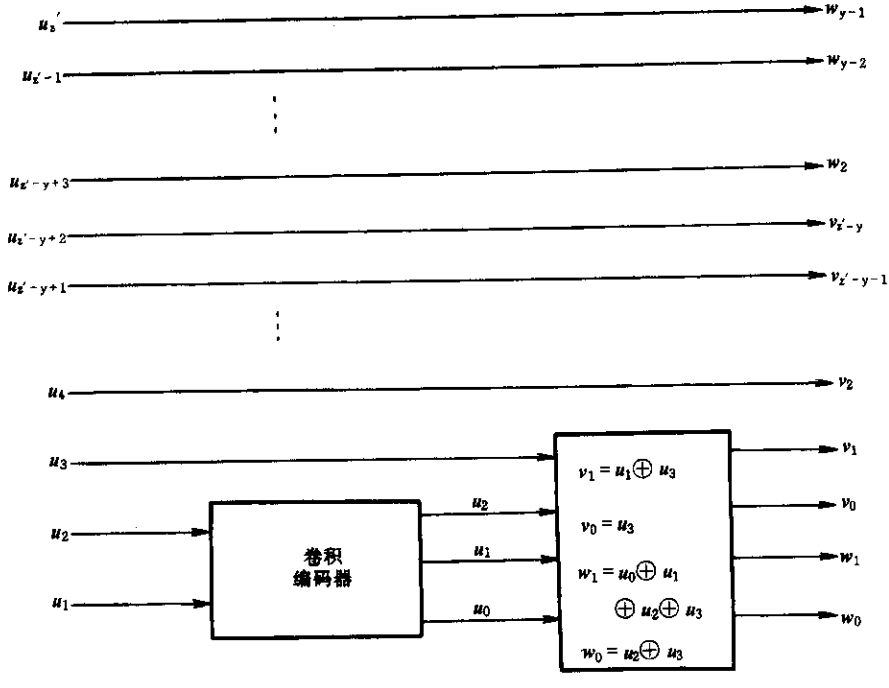


图 10 u 到 v 与 w 的转换

v 和 w 的剩余比特分别从 $(u_{z'}, u_{z'-1}, \ldots, u_4)$ 的低位和高位获得。当 $x>1$ 且 $y>1$ 时，$v=(u_{z'-Y+2}, u_{z'-Y+1}, \ldots u_4, v_1, v_0)$ 且 $w=(u_{z'}, u_{z'-1}, \ldots, u_{z'-Y+3}, w_1, w_0)$。比特抽取和转换算法经设计可保证 $x=0$ 时，$v_1=v_0=0$。

为迫使最终状态回到零状态(0,0,0,0)，DMT 码元中最后两个 4 维码元的 2 个 LSB u_1 和 u_2 规定 $u_1=s_1=s_3$ 且 $u_2=s_2$。

6.6.3 子集分割与格形图

在格形码调制系统，要标识出扩张的星座并用一种称为集合分割映射(mapping by set - partitioning)的技术将其分成子集(coset)。韦氏码的每个 4 维子集可写成两个 2 维子集的两个笛卡尔积的并集。例如，$C_4^0=(C_2^0\times C_2^1)U(C_2^2\times C_2^3)$。这 4 个 2 维子集，记为 C_2^0，C_2^1，C_2^2，C_2^3，如图 13 所示。

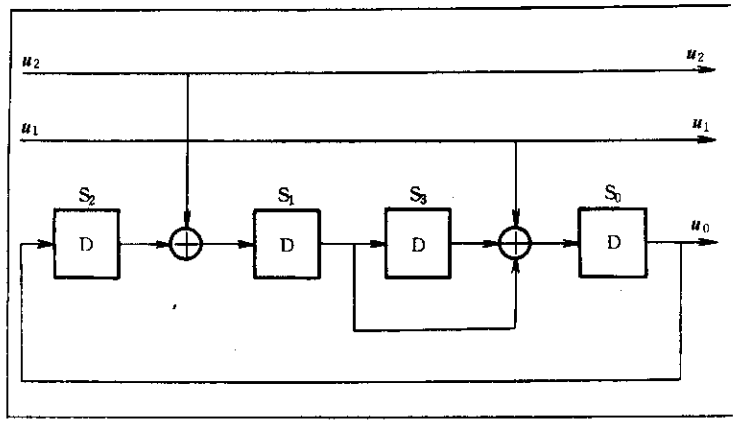


图 11　韦氏编码器的有限状态机

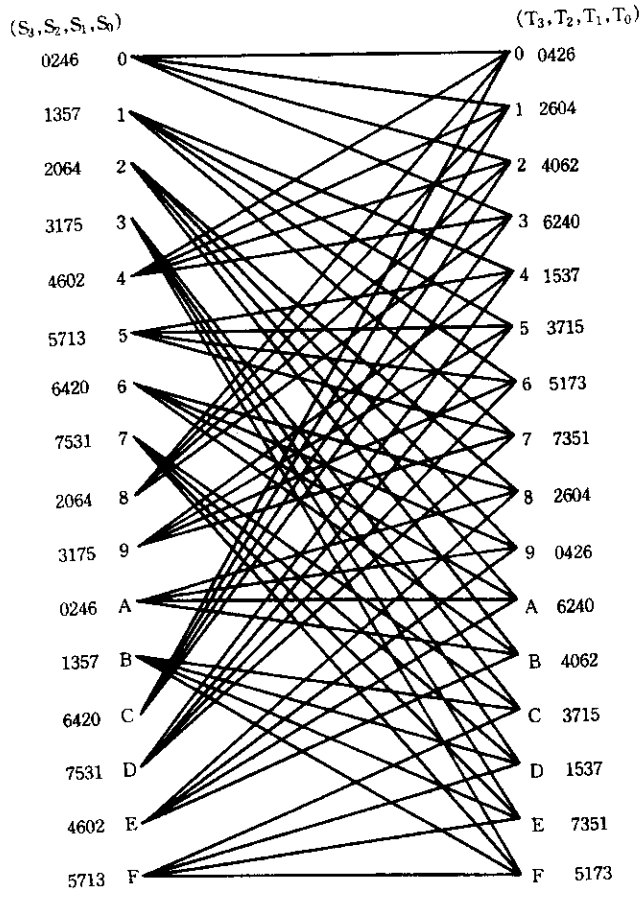


图 12　格形图

编码算法保证星座点的 2 个最低有效比特包含有该星座点所在 2 维子集 C_2^i的上标 i。比特(v_1, v_0)和(w_1, w_0)实际上是该上标的二进制表达。

3 个比特(u_2, u_1, u_0)用来选择 8 个可能的 4 维子集中的一个。这 8 个子集标示为

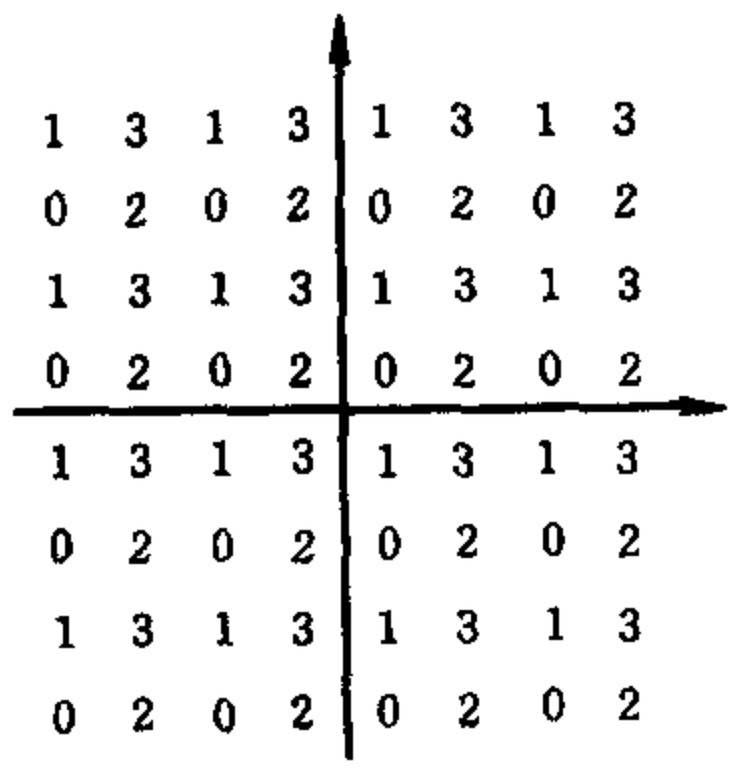


图 13　韦氏码的
构造 2 维子集

C_4^i,i 是一个整数,其二进制表达是(u_2, u_1, u_0)。附加比特 u_3(见图 10)决定在所选 4 维子集中,2 维子集两个笛卡尔积中选择哪一个。关系见表 20。比特(v_1, v_0)和(w_1, w_0)通过图 10 给出的线性方程由(u_3, u_2, u_1, u_0)计算得到。

表 20　4 维(4－D)和 2 维(2－D)子集的关系

4－D Coset	$u_3 u_2 u_1 u_0$	$v_1 v_0$	$w_1 w_0$	2－D Cosets
C_4^0	0000 1000	00 11	00 11	$C_2^0 \times C_2^0$ $C_2^3 \times C_2^3$
C_4^4	0100 1100	00 11	11 00	$C_2^0 \times C_2^3$ $C_2^3 \times C_2^0$
C_4^2	0010 1010	10 01	10 01	$C_2^2 \times C_2^2$ $C_2^1 \times C_2^1$
C_4^6	0110 1110	10 01	01 10	$C_2^2 \times C_2^1$ $C_2^1 \times C_2^2$
C_4^1	0001 1001	00 11	10 01	$C_2^0 \times C_2^2$ $C_2^3 \times C_2^1$
C_4^5	0101 1101	00 11	01 10	$C_2^0 \times C_2^1$ $C_2^3 \times C_2^2$
C_4^3	0011 1011	10 01	00 11	$C_2^2 \times C_2^0$ $C_2^1 \times C_2^3$
C_4^7	0111 1111	10 01	11 00	$C_2^2 \times C_2^3$ $C_2^1 \times C_2^0$

图 12 显示了基于图 11 有限状态机的格形图以及(u_2, u_1, u_0)与 4 维子集的一一对

应。图中，$S=(S_3,S_2,S_1,S_0)$表示了当前的状态，而 $T=(T_3,T_2,T_1,T_0)$代表了有限状态机的下个状态。S 通过一个由 u_2 和 u_1 值决定的分枝，在格形图中与 T 相连。该分枝用 u_2 和 u_1 值规范的 4 维子集标识出来作出(并且 $u_0=S_0$，见图 11)。为使格形图更具可读性，4－维子集标识的上标列在分枝的起始和结束点旁边，而不在分枝本身。在每一状态中，最左边的标识对应最上边的分枝。在使用维特比算法解格形码时要用到格形图。

6.6.4 星座编码

对一给定的子信道，编码器应从基于 b 比特$\{v_{b-1},v_{b-2},\ldots,v_1,v_0\}$的方格星座中选择一个座标为奇数的点$(X,Y)$。为描述的方便，这 b 个比特用二进制表达为$(v_{b-1},v_{b-2},\ldots,v_1,v_0)$的整数标识。例如 $b=2$ 时，4 个星座点被标识为 0,1,2,3，分别对应于$(v_1,v_0)=(0,0),(0,1),(1,0)(1,1)$。

6.6.4.1 b 为偶数

对 b 为偶数，星座点(X,Y)的整数值 X 和 Y 应由 b 比特$\{v_{b-1},v_{b-2},\ldots,v_1,v_0\}$按下法决定。$X$ 与 Y 是可用二进制补码表达为$(v_{b-1},v_{b-3},\ldots,v_1,1)$和$(v_{b-2},v_{b-4}\ldots,v_0,1)$的一对奇数。MSB，$(v_{b-1})$和$(v_{b-2})$，分别是 X 和 Y 的符号位。图 14 是 $b=2$ 和 $b=4$ 的星座的例子。

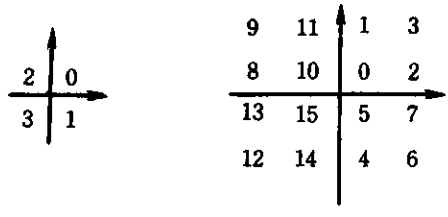


图 14 $b=2$ 和 $b=4$ 时的星座标识

4 比特星座可以从 2 比特星座得到，方法是将每个标号 n 用 2×2 的块标号代替：

$$\begin{matrix} 4n+1 & 4n+3 \\ 4n & 4n+2 \end{matrix}$$

使用同样的过程可以以递归方式构造更大的偶比特星座。

从偶数值 b 得到的星座是正方形的。LSB$\{v_1,v_0\}$代表了构成 4 维韦氏格形码的 2 维子集的子集标识。

6.6.4.2 b 为奇数，$b=3$

图 15 是 $b=3$ 时的星座。

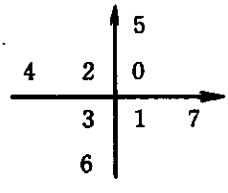


图 15 $b=3$ 时的星座标识

6.6.4.3 b 为奇数，$b>3$

如果 b 是 >3 的奇数，则 X 的 2 个 MSB 和 Y 的 2 个 MSB 由 b 个比特的 5 个 MSB 决定。设 $c=(b+1)/2$，则 X 和 Y 有二进制补码 $(X_cX_{c-1}, v_{b-4}, v_{b-6}, \ldots, v_3, v_1, 1)$ 和 $(Y_cY_{c-1}, v_{b-5}, v_{b-7}, v_{b-9} \ldots, v_2, v_0, 1)$，这里 X_c 和 Y_c 分别是 X 和 Y 的符号位。X_c, X_{c-1}，Y_c, Y_{c-1} 与 $v_{b-1}, v_{b-2}, \ldots, v_{b-5}$ 之间的关系见表 21。

表 21 X 与 Y 的最高位两个比特的决定

$v_{b-1}, v_{b-2}, \cdots, v_{b-5}$	X_c, X_{c-1}	Y_c, Y_{c-1}
0 0 0 0 0	0 0	0 0
0 0 0 0 1	0 0	0 0
0 0 0 1 0	0 0	0 0
0 0 0 1 1	0 0	0 0
0 0 1 0 0	0 0	1 1
0 0 1 0 1	0 0	1 1
0 0 1 1 0	0 0	1 1
0 0 1 1 1	0 0	1 1
0 1 0 0 0	1 1	0 0
0 1 0 0 1	1 1	0 0
0 1 0 1 0	1 1	0 0
0 1 0 1 1	1 1	0 0
0 1 1 0 0	1 1	1 1
0 1 1 0 1	1 1	1 1
0 1 1 1 0	1 1	1 1
1 0 0 0 0	0 1	0 0
1 0 0 0 1	0 1	0 0
1 0 0 1 0	1 0	0 0
1 0 0 1 1	1 0	0 0
1 0 1 0 0	0 0	0 1
1 0 1 0 1	0 0	1 0
1 0 1 1 0	0 0	0 1
1 0 1 1 1	0 0	1 0
1 1 0 0 0	1 1	0 1
1 1 0 0 1	1 1	1 0
1 1 0 1 0	1 1	0 1

续表 21

$v_{b-1}, v_{b-2}, \cdots, v_{b-5}$	$X_c \cdot X_{c-1}$	$Y_c \cdot Y_{c-1}$
11011	11	10
11100	01	11
11101	01	11
11110	10	11
11111	10	11

图 16 显示了 b = 5 时的星座。

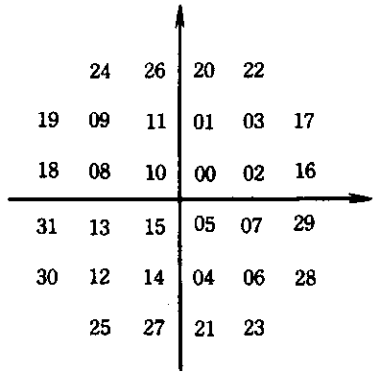


图 16　b = 5 时的星座

7 - 比特星座应从 5 - 比特星座得到，方法是将每个标号 n 用 2×2 的标号块代替：

$$\begin{matrix} 4n+1 & 4n+3 \\ 4n & 4n+2 \end{matrix}$$

应使用同样的过程以递归方式构造更大的奇比特星座。

同时要注意 LSB$\{v_1, v_0\}$代表了构成 4 - 维韦氏格形码的 2 - 维子集的子集标识。

6.7 星座编码器 - 无格形编码

应使用一个最大比特数等于 $N_{downmax}$(≤15)星座编码器算法来构造星座。在本选项中该星座编码器不可使用格形编码。

6.7.1 比特抽取

来自 DMT 码元缓存数据字节应依照重排序的比特分配表 b_i 抽取，LSB 比特在前。每个载波的比特数，b_i'，可取不超过 $N_{downmax}$的任一非负整数，$b_i = 1$ 除外。对一给定载波，$b_i' = b$ 比特从 DMT 码元缓存抽取出来，并形成一二进制码字 $\{v_{b-1}, v_{b-2}, \ldots, v_1, v_0\}$。

6.7.2 星座编码器

星座编码器应符合 6.6.4 规范。

6.8 增益调整

增益调整值，g_i，用于产生一个随频率而变的功率谱密度(PSD)。它可以有两种步长值：

——1.414 或 2(即 3 或 6dB)的粗增益调整,可用于第 51 号和以上子载波(见 12.9.8);

——大约在 0.8 ~ 1.2(即 0 + 1.5dB)范围内的细增益调整,可用于均衡所有子信道的预期误码率。

从编码器输出的每个点(X_i, Y_i)或复数 $Z_i = X_i + jY_i$ 被 g_i 乘得到 $Z_i' = g_i Z_i$。

注 - g_i 定义了均方根(rms)子载波电平(相对于 C - MEDLEY(见 12.6.6)子载波电平)的一个比例系数。它们独立于厂家可能使用的任何用于简化实现的方法(如星座嵌套)。

6.9 调制

6.9.1 子载波

子载波间的频率间隔$\triangle f$应为 4.3125kHz,容限为 + 50ppm。

6.9.1.1 数据子载波

由 12.6.6 定义的信道分析信号允许使用最多 255 个载波(频率 $n\triangle f, n = 1 \sim 255$)。若使用回波消除(EC)来分离下行和上行信号,则 n 的下限由 ADSL/POTS 分离滤波器决定;若使用频分复用(FDM),下限由下 - 上分离滤波器决定。这些滤波器的截止频率完全由厂家处置,原因是在任一种情况下,可用的 n 的范围在信道评价时决定。

6.9.1.2 导频

第 64 号载波($f = 276$kHz)应为导频预留;即 $b_{64} = 0$ 和 $g_{64} = 1$。调制到导频子载波的数据应为常数{0,0}。导频的使用保证了在接收器中取样定时的分辨率可达 8 个样点。因此,8 的整数倍个抽样的粗定时错误在一个微中断之后(如瞬时短路,断路或严重的线路打击)仍将维持。使用 6.9.3 定义的同步码元可能纠正这种定时错误。

6.9.1.3 奈奎斯特频率

奈奎斯特频率的载波(第 256 号)不应用于数据,其它可能的应用待研。

6.9.2 通过离散付立叶反变换(IDFT)调制

调制变换定义了 512 个实数值 x_k 和 Z_i' 的关系

$$x_k = \sum_{i=0}^{511} \exp\left(\frac{j\pi ki}{256}\right) Z_i', k = 0 \sim 511$$

编码器和增益调节器只产生 255 个 Z_i'的复数值(加上直流的 0 值和如果使用奈奎斯特频率时的一个实数值)。为使产生的 x_k 为实数,这些值应加以扩展以使向量 Z 有厄米特对称。即,

$$Z_i' = conj(Z_{512-i}'), i = 257 \sim 511$$

6.9.3 同步码元

同步码元使在微中断后帧边界可恢复,否则可能被迫重训练。

码元率 $f_{symb} = 4$kHz,载波间隔$\triangle f = 4.3125$kHz 以及 IDFT 规模 $N = 512$,使得可使用一个 40 个抽样的循环前缀。即

$$(512 + 40) \times 4.0 = 512 \times 4.3125 = 2208$$

但是循环前缀应缩短到 32 个抽样,使在每 68 个数据码元后可插入一个同步码元(标称长度 544 抽样)。即

$$(512 + 32) \times 69 = (512 + 40) \times 68$$

用于同步码元中的数据模式为下式定义的伪随机序列 PRD(d_n, n = 1 ~ 512)

$d_n = 1$ $\quad n = 1 \sim 9$

$d_n = d_{n-4} \oplus d_{n-9}$ $\quad n = 10 \sim 512$

第一对比特(d_1 和 d_2)应用于直流(dc)和奈奎斯特子载波(赋予它们的功率当然为零,因此被有效地忽略了);后面各比特对中的第一和第二个比特用来定义 X_i 和 Y_i, $i = 1 \sim 255$,如下所示:

d_{2i+1}	d_{2i+2}	X_i	Y_i
0	0	+	+
0	1	+	−
1	0	−	+
1	1	−	−

注:

1) PRD 的周期仅为 511 比特,所以 $d_{512} = d_1$。

2) $d_1 \sim d_9$ 对每个码元要重新初始化,因此 C - REVERB1 的每个码元使用相同的数据。

调制导频载波($i = 64$)的比特 129 和 130 应用{0,0}重写:以产生{+,+}星座。

使用子载波的最小集合是用于数据传输的所有子载波(即,$b_i > 0$ 的子载波);$b_i = 0$ 的子载波也可使用,但要符合 6.13.4 定义的抑制的 PSD。调制到每个子载波上的数据应按照以上的规定而不取决于使用哪个子载波。

6.10 循环前缀

IDFT 输出的最后 32 个抽样(x_k, $k = 480 \sim 511$)应前置于由 512 抽样值构成的数据块然后顺序读出到数 - 模转换器(DAC)。即 DAC 抽样的下标 k 按顺序应为 480.....511, 0.....511。

循环前缀应用于从初始化序列的 R - RATES1 部分(见 12.7.4 之定义)开始的数据和同步码元。

6.11 发送器动态范围

发送器包括所有模拟发送器功能:D/A 转换器,抗混叠滤波器,混合电路,以及 POTS 分离器。发送的信号应服从 6.9.1 频率分隔对频率的要求。

6.11.1 最大削波率

发送器的最大输出信号应能保证,信号被削剪的可能性应不超过 10^{-7}。

6.11.2 噪声/失真门限

对一给定子载波的发送信号,其信号与噪声加干扰比(SINAD)定义为在该载波上全幅度载频的 RMS 值与以子载波为中心 4.3125kHz 频带内所有非载频信号的 RMS 的和之比。对每个用于传输的子载波:$SINAD_i$ 表示第 i 子载波上发送信号的信号与噪声加干扰比。

在传输频带上,任一子载波上发送器的 SINAD 应不小于($3N_{downi} + 20$)dB,其中 N_{downi} 定义为在第 i 个子载波上使用的星座尺寸(以比特计)。任一子载波的最小发送器 SINAD 应至少 38dB(相当于 N_{downi}为 6)。

6.12 发送器频谱响应

图 17 为一代表性的发送信号频谱响应模板。其通带定义为调制器发送频率区域。低频截止频带定义为 POTS 频带;高频截止频带定义为 > 2.208MHz 的部分。

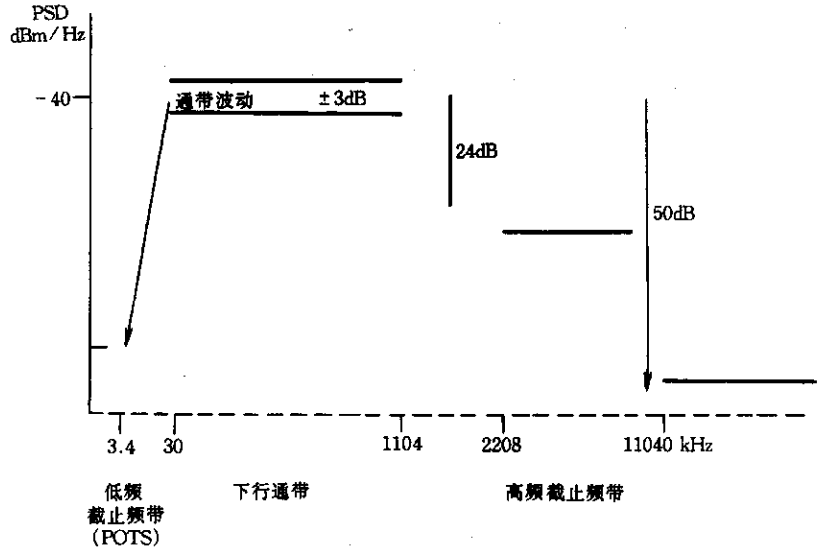


图 17 ATU - C 发送器 PSD 模板

6.12.1 通带响应

通带波动应不大于 3dB,群时延变化不超过 50μs。

6.12.2 低频截止频带抑制

POTS 频带处输出的频谱特性应服从 10.2 所给规范。

6.12.3 高频截止频带抑制

高于 2.208MHz 频带的 PSD 应低于通带模板频谱密度(见 12.4.4)至少 24dB。高于 11.04MHz 的 PSD 应低于通带模板频谱密度至少 50dB。

6.13 发送功率谱密度与总的功率电平

根据发送信号的类型,对于 ATU - C 发送信号有 3 个不同的 PSD 模板。所有情况下发往 PSTN 接口的话音频带的功率应服从 10.2 所给规范。

6.13.1 由 C - REVERB1 开始的所有初始化信号(除 C - ECT 外)

当总功率不大于 20dBm 时,25 ~ 1100kHz 频带的 PSD 不应超过 - 40dBm/Hz。

传送给 PSTN 接口的话音频带的功率应遵守 10.2 的所给规范。若上行功率的测量输出功率抑制是必要的,则 PSD 应置为 - 42、- 44、- 46、- 48、- 50 或 - 52dBm/Hz(见 12.4.4)。

6.13.2 C - ECT

由于 C - ECT 为厂家定义信号(12.4.7),PSD 规范应解释为只有一种最大值。该最大值对 18 ~ 1100kHz 的频带为 - 40dBm/Hz。子载波 1 ~ 5 可能使用,但发送到 PSTN 接口的话音频带的功率应遵循 10.2 所给规范。

6.13.3 稳态数据信号

在 25～1100kHz 频带的 PSD 通常(无功率抑制和增强)应为 －40dBm/Hz,最大值为－37dBm/Hz;在某些子载波上低于 －40dBm/Hz 的情况是要慎重的。通常总的功率电平不应超过(－4＋10log(ncdown))dBm,这里 ncdown 为使用的子载波的数量(若使用了全部的子载波,为 20.4dBm)。但是 PSD 和总功率在下列情形下可以改变:

a) 功率抑制:这里 PSD 和总的功率电平将被降低 $n \times 2$dB($n = 0 \sim 5$),以至于

$PSD_{max} = -37 - 2n$dBm/Hz

总功率＝－4－$2n$＋10log(ncdown)dBm

b) 在初始化期间来自 ATU－R 的比特和增益表(见 12.9.8 中 R－B&G)可能关掉一些子载波,微调(即在±3dBm 范围内)其它子载波的电平以在每个子载波上均衡预期的误码;

c) 功率增强:PSD 和总的功率应不超过

$PSD_{max} = -37$dBm/Hz($0 < i \leqslant 50$ 即频率低于 220kHz 时)

$= -31$dBm/Hz($51 \leqslant i < 256$,即频率高于 220kHz 时)。

总功率＝功率(－4＋10log(ncdown1))与(2＋10log(ncdown2))的和

ncdown1 与 ncdown2 分别为用于子频带 $i = 0 \sim 50$ 和 $i = 51 \sim 255$ 的子载波数量。

该规范见图 18,这里显示了可能的以 2dBm 的倍数的功率抑制以及在 220kHz 以上的 6dBm 的功率增强。

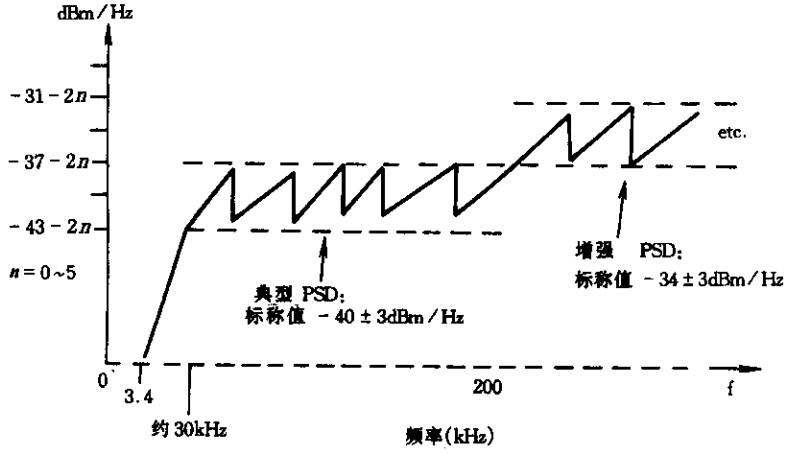


图 18 ATU－C 发送器 PSD 模板:通带情况

6.13.4 同步码元

对于 $b_i > 0$ 或 $b_i = 0$ 且 $g_i > 0$ 的子载波的 PSD 应与对于初始化信号 C－REVERB1 的一样;即标称为－40dBm/Hz。对于 $b_i = 0$ 且 $g_i = 0$ 的子载波的 PSD 应不超过－48dBm/Hz。

同步码元的 PSD 与周围的数据信号的 PSD 值差 g_i,g_i 仅赋予数据载波。这些 g_i 对多点星座计算以均衡在所有子信道的预期误码率,因此与大多数同步码元的 4QAM 信号无关。

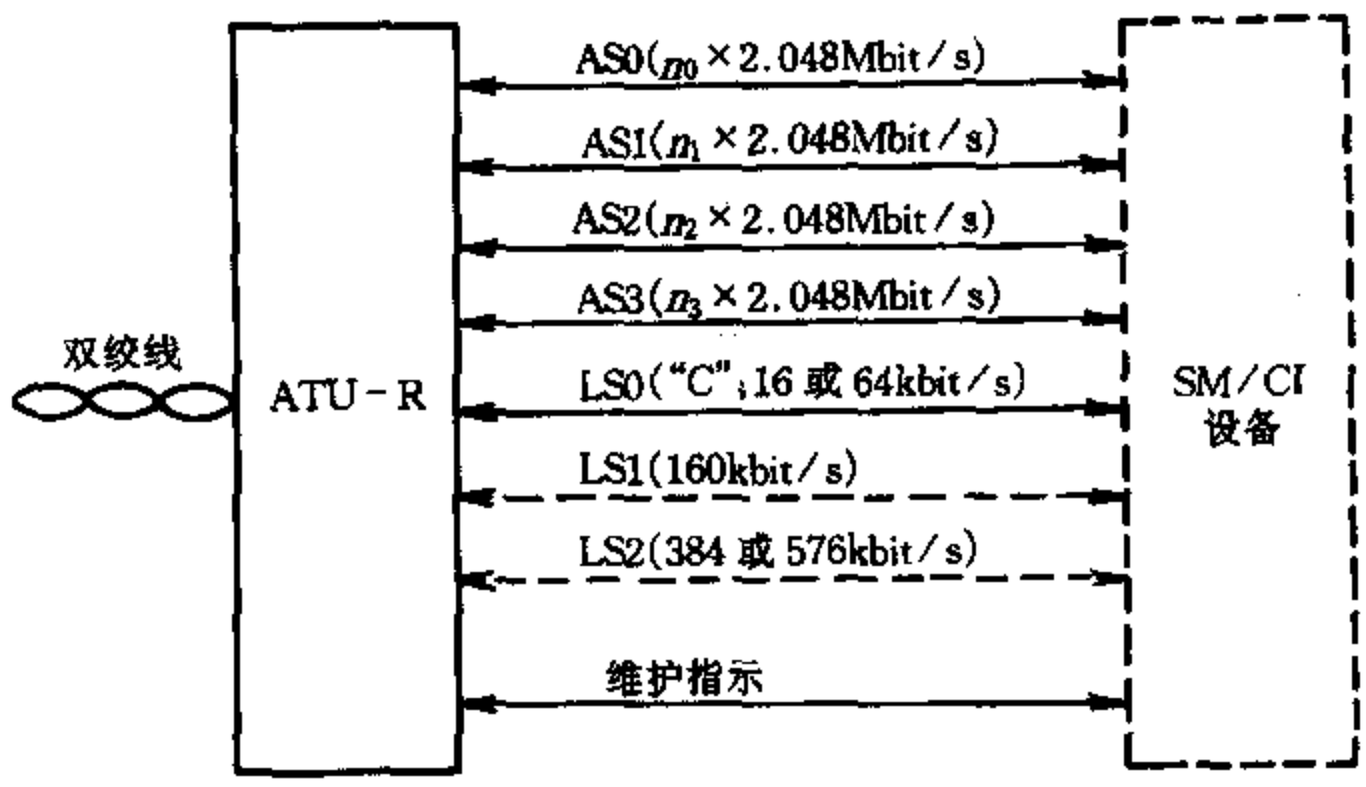
7 ATU－R 功能特性

7.1 ATU－R 输入和输出数据接口

ATU－R 的功能数据接口如图 19。高速下行单工承载信道的输出接口指定为 AS0 到 AS3；双工承载信道的输入/输出接口指定为 LS0 到 LS2。还可有一功能接口用于传送从 SM 到 ATU－R 的维护指示；该接口物理上可与 LS0 上行接口合并。

在默认配置下 ATU－R 的输入和输出数据接口的数据速率在本节规范。

上行方向发送的总的净承载信道能力由环路特性决定。在默认配置下，在 LS0 接口的双工承载信道以及 LS1 和 LS2 选项的可用性应对应于 5.3 节所述的传送等级。



注：虚线为可选双工信道

图 19 ATU－R 数据接口

7.1.1 下行单工信道－收发比特率

单工信道仅在下行方向传送；因此它们在 ATU－R 的接口只执行输出操作。速率与 ATU－C 发送器的一致，如 6.1.1 所规范。

7.1.2 双工信道的发送和接收比特率

双工信道 在两个方向传送，因此 ATU－R 应同时提供输入和输出数据接口。速率与 ATU－C 的一致，如 6.1.2 所规范。

7.2 成帧

本节规范了上行信号(ATU－R 发送器)的成帧。它与 6.2 中规范的下行成帧(ATU－C 发送器)十分相近，但也有下列例外：

——没有 ASX 信道或 AEX 字节；

——最多存在 3 个信道，因此只规范了 3 个 B_F，B_I 对；

——默认 FEC 编码参数和交织深度不同(见表 22)；

——"fast"和"synch"字节的 4 个比特未用(相应于 ATU－C 发送器用来规范用于 ASX 信道的同步控制的比特位置)(见表 23 和 24)；

——若安装了 LS2 帧完整性选项，则 6.2.4 中的条件(d)不再适用于 LS2 帧校验指针的插入。

7.2.1 数据码元

ATU－R 发送器与 ATU－C 功能上近似，如 6.2.1 所规范，不同之处在于最多 3 个双工数据信道应与 4kHz 的 ADSL DMT 码元速率同步（而不是 ATU－C 的最多 4 个单工和 3 个双工信道），然后复用到两个不同的数据缓存器中（快速和交织）。ATU－R 发送器和相关的数据成帧的参考点与图 2 所示的结构相同，例外的是 AS0…AS3 信道 不出现在复用/同步控制输入端。

7.2.1.1 复帧结构

ATU－R 发送器的复帧结构应与 ATU－C 发送器相同，如 6.2.1.1 所规范。

7.2.1.2 帧结构

每帧的数据被编成一个多载波的码元，见 7.3 至 7.6。同 ATU－C 一样，如图 2 所示，每帧由一个快速数据缓存器和一个交织数据缓存器组成，并且在每个参考点（A、B 和 C）的帧结构都有不同。快速缓存器的字节应首先进入星座编码器，然后是交织数据缓器的字节。字节输入时 LSB 居先。

每个用户数据流应在初始化时指派给快速或交织缓存器（见 12.6），并得到一对字节 (B_F, B_I)，这里 B_F 设定了给定数据流分配给快速缓存器的字节数，B_I 设定了分配给交织缓存器的字节数。

3 个可能的 (B_F, B_I) 对子是关于双工信道的 B_F(LSX) 和 B_I(LSX)，$X = 0, 1$ 和 2；对它们的规范同 6.2.1.2.。

对于默认配置的 (B_F, B_I) 的 3 个值应与表 14 对 ATU－C 的规范一致。

7.2.1.2.1 快速数据缓存器

若 $B_F(\mathrm{LS0}) = 255$（二进制 11111111），$C_F = 0$，

否则 $C_F = B_F(LS0)$。

$N_f = K_f + R_{usf}$

其中 R_{usf} = FEC 冗余字节数。

并且 $K_f = 1 + \sum_{j=0}^{2} B_F(LS_j) + L_F$，

其中　若 $\sum_{j=0}^{2} B_F(LS_j) = 0, L_F = 0$

否则　$L_F = 1$

（注：当 $B_F(\mathrm{LS0}) = 255$ 时 $L_F = 1$）

对应图 2 的 3 个参考点的快速数据缓存器的帧结构见图 20。它与 ATU－C 的规范基

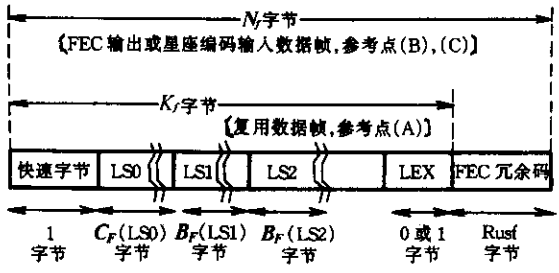


图 20　快速数据缓存－ATU－R 发送器

本相同，不同点在于：

——ASX 字节不出现；

——AEX 字节不出现；

——使用 R_{usf}FEC 冗余字节(相对于 R_{dsf})。

在图 2 参考点 A(复用数据帧)，快速缓存器应至少含有“fast”字节。接下来是信道 LS0 的 B_F(LS0)字节，然后是信道 LS1 的 B_F(LS1)字节，信道 LS2 的 B_F(LS2)字节。如若任一 B_F(LSX)不为 0，则在最后的 LSX 信道字节后加上一个 LEX 字节。

当 B_F(LS0) = 255(二进制 11111111)时，不为 LS0 信道配置独立的字节。此时 16kbit/s 的 C 信道用 LEX 字节传输，每隔一个 LEX 字节传一次，并使用“synch”字节来指示何时将 LEX 字节加在 LS0 数据流中。

· R_{usf}FEC 冗余字节应加在复用数据帧(参考点 A)上以产生 FEC 输出数据帧(参考点 B)，这里 R_{usf}由初始化时来自 ATU－C 的 C－RATES1 选项给出(见 12 章)。对 6.2.1.2 中给出的默认配置，R_{dsf} = 4。当无数据流分给快速缓存时 R_{dsf} = 0(不添加 FEC 冗余字节)。由于从快速缓存出来的数据是没有经交织处理的，星座编码输入帧(参考点 C)与 FEC 输出数据帧(参考点 B)是相同的。

7.2.1.2.2 交织数据缓存

若 B_I(LS0) = 255(二进制 11111111)，

C_I(LS0) = 0，

否则 C_I(LS0) = B_I(LS0).

$$N_{m,i} = 1 + \sum_{j=0}^{2} B_I(LS_j) + L_I,$$

若 $\sum_{j=0}^{2} B_F(LS_j) = 0, L_I = 0$

否则 $L_I = 1$

(注：当 B_I(LS0) = 255 时 L_I = 1)

$$N_{s,i} = N_{m,i} + R_{usi}/S$$

这里 R_{usi} = FEC 冗余字节数

且 S 等于每个 FEC 码字的 DMT 码元数。

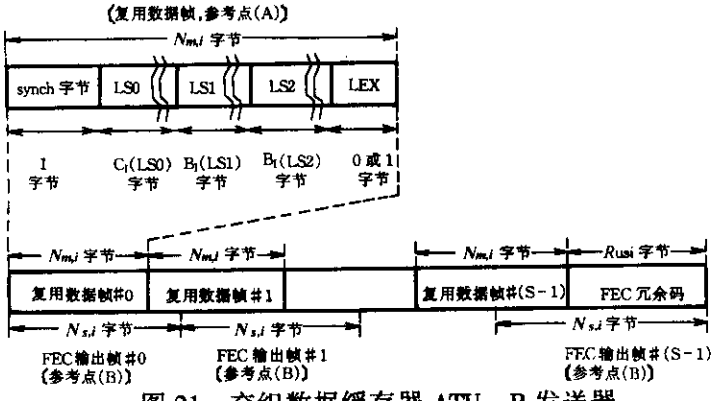


图 21 交织数据缓存器 ATU－R 发送器

对应于图 2 定义的 3 个参考点的交织数据缓存的帧结构见图 21。它与对 ATU－C 的规范基本相同，不同点在于：

——ASX 字节不出现；

——AEX 字节不出现；

——使用 R_{usf}REC 冗余字节（相对于 R_{dsf}）。

FEC 编码开销，每个 FEC 码字的码元数，以及交织深度在初始化期间（见 12 章）由来自 ATU－C 的 C－RATES1 选项给出、对于 6.2.1.2 规范的默认配置，编码参数由表 22 给出。

表 22　对 ATU－R 发送器的默认 FEC 编码参数和交织深度

传送等级	R_{usi}（FEC 冗余字节）	S（每个码字的码元数）	交织深度（FEC 码字）
2M－0	待定	待定	待定
2M－1	16	8	8
2M－2	16	16	4
2M－3	16	16	4
仅“synch”字节	4	4	16

7.2.1.3　循环冗余校验

对应每个复帧产生两个循环冗余校验（crc），一个用于高速数据缓存一个用于为交织数据缓存，在接下来的复帧之第一帧发送。每个复帧的每个缓存类型有八个比特分给 crc 校验比特。

crc 校验比特在快速数据缓存帧 0 的“fast”字节（8 比特）传送，在交织数据缓存帧 0 的“synch”字节（8 比特）传送。

crc 覆盖的比特包括

——快速数据缓存：

——帧 0：　　LSX 字节（$X=0,1,2$）及 LEX 字节。

——所有其它帧：　“fast”字节，然后是 LSX 字节（$X=0,1,2$），及 LEX 字节。

——交织数据缓存：

——帧 0：　　LSX 字节（$X=0,1,2$）及 LEX 字节。

——所有其它帧：　“synch”字节，然后是 LSX 字节（$X=0,1,2$），及 LEX 字节。

每个字节的 LSB 居先进入 crc。

crc 生成多项式以及产生 crc 字节的方法与下行数据流一样；见 6.2.1.3。

7.2.2　同步

输入数据流通过同步控制字节和 LEX 字节与 ADSL 时钟保持同步。同步控制字节必须加前向纠错编码。

7.2.2.1　快速数据缓存的同步

对快速数据缓存的同步控制可以发生在一个 ADSL 复帧的帧 2～33 以及帧 36～67，此时“fast”字节可以用作同步控制字节。

“fast”字节当用于对快速数据缓存的同步控制时，其格式见表 23。

当无信号分配给交织数据缓存器时，“synch”字节应直接承载 aoc 数据，如图 7 所示。

表 23 “fast”字节格式

比特	任务指定	码字
sc7～sc4	不用	在特别指定前置为“0”
sc3，sc2	LS*X* 信道指定	“00”：LS0 信道 “01”：LS1 信道 “10”：LS2 信道 “11”：对任一 LS*X* 信道无操作
sc1	对指定 LS*X* 信道的同步控制	“1”：将 LE*X* 字节加入指定 LS*X* 信道 “0”：从指定 LS*X* 信道删去最后字节
sc0	同步控制/eoc 指定	“0”：执行由 sc7～sc1 指示的同步控制 “1”：当前(偶)帧和后相邻帧的这个字节是一个 eoc 帧

对于“fast”字节用作 crc，固定指示比特，或 eoc 的那些帧不应有同步动作发生。

当 C 信道的数据速率为 16kbit/s 时，LS0 子信道应在 LE*X* 字节传送，这时平均每隔一帧使用“在指定 LS*X* 信道加入 LE*X* 字节”，LS0 作为指定信道。

7.2.2.2 交织数据缓存的同步

对交织数据缓存的同步控制可以发生在一个 ADSL 复帧的帧 1～67，此时“synch”字节可以用作同步控制字节。

“synch”字节当用于对交织数据缓存的同步控制时，其格式见表 24。

表 24 “synch”字节格式

比特	任务指定	码字
sc7～sc4	不用	在特别指定前置为“0”
sc3，sc2	LS*X* 信道指定	“00”：LS0 信道 “01”：LS1 信道 “10”：LS2 信道 “11”：对任一 LS*X* 信道无操作
sc1	对指定 LS*X* 信道的同步控制	“1”：将 LE*X* 字节加入指定 LS*X* 信道 “0”：从指定 LS*X* 信道删去最后字节

续表 24

比特	任务指定	码字
sc0	同步控制/aoc 指定	"0":执行由 sc3 ~ sc1 指示的同步控制 "1":LEX 字节载有 ADSL 开销控制信道数据;按照 sc3 ~ sc1 的指示,删除同步控制可能被允许。

在帧 0 期间不应有同步动作发生,此时"synch"字节用作 crc,并且 LEX 字节传送 aoc。

当 C 信道的数据速率为 16kbit/s 时,LS0 子信道应在 LEX 字节传送,这时平均每隔一帧使用"在指定 LSX 信道加入 LEX 字节",LS0 作为指定信道。

7.3 扰码器

从快速和交织缓存输出的二进制数据流应分别使用与对下行信号同样的算法扰码,如 6.3 规范;

7.4 前向纠错

上行数据的李德 - 所罗门编码和交织使用与下行数据相同的算法,如 6.4 所规范。

7.5 载波排序

载波排序的算法与下行数据相同,如 6.5 所规范。

7.6 星座编码 - 含格形码

韦氏 16 - 状态 4 - 维格形码的块处理作为提高系统性能的一种手段是可选的。如采用,应使用一个星座编码器算法来构造星座,其最大比特数等于 $N_{upmax}(\leqslant 15)$。

编码算法与下行数据相同(星座边界用 N_{upmax}代替了 $N_{downmax}$),如 6.6 所规范。

7.7 星座编码器 - 无格形编码

应使用一个星座编码器算法来构造星座,其最大比特数等于 N_{upmax},$8 \leqslant N_{upmax} \leqslant 15$。编码算法与下行数据相同(用 N_{upmax}代替了 $N_{downmax}$),如 6.7 所规范。在本选项中该星座编码器不可使用格形编码。

7.8 增益调整

从编码器输出的每个点(X_i, Y_i)或复数 $Z_i = X_i + jY_i$ 被增益调整值 g_i 乘得到 $Z_i = g_i Z_i$。

注 - g_i 定义了均方根(rms)子载波电平(相对于 C - MEDLEY(见 12.6.6)子载波电平)的一个比例系数。它们独立于厂家可能使用的任何用于简化实现的方法(如星座嵌套)。

7.9 调制

7.9.1 子载波

子载波间的频率间隔$\triangle f$ 应为 4.3125kHz,容限为 + 50ppm。

7.9.1.1 数据子载波

由 12.5.2 定义的信道分析信号允许使用最多 31 个载波(在频率 $n\triangle f$ 处,$n = 1$ 至 31)。n 的下限由 ADSL/POTS 分离滤波器决定;若使用频分复用(FDM)分离上行和下行信号,则 n 的上限由下 - 上行分离滤波器决定。这些滤波器的截止频率完全由厂家处置,原因是在任一种情况下,可用的 n 的范围在信道评价时决定。

7.9.1.2 导频

第 16 号载波($f=69.0$kHz)应为导频预留;即 $b_{16}=0$ 和 $g_{16}=1$。调制到导频子载波的数据应为常数{0,0}。导频的使用保证了接收器的取样定时精度可达到 8 个样点。因此,在一个微中断之后(如瞬时短路,断路或严重的线路打击)仍可维持一个 8 抽样整数倍的粗定时误差。使用 7.7.4 定义的同步信号可能纠正这种定时错误。

7.9.1.3 奈奎斯特频率

奈奎斯特频率的载波(第 32 号)不应用于数据,其它可能的应用待研。

7.9.2 通过离散付立叶反变换(IDFT)调制

调制变换定义了 64 个实数值 x_k 和 Z_i 的关系

$$x_k = \sum_{i=0}^{63} \exp\left(\frac{j\pi ki}{32}\right) Z_i$$

编码器和调节器只产生 31 个 Z_i'的复数值(加上直流时的 0,及使用奈奎斯特频率时一个实数)。为使产生的 x_k 为实数,这些值应加以扩展以使向量 Z'有厄米特对称。即,

$Z_i' = \mathrm{conj}(Z_{64-i}'), i = 33 \sim 63$

7.9.3 同步码元

同步码元使得在微中断后帧边界可恢复,否则可能造成重训练。

码元率 $f_{symb}=4$kHz,载波间隔$\triangle f=4.3125$kHz 以及 IDFT 规模 $N=64$,使得可使用一个 5 个抽样的循环前缀。即

$(64+5)\times 4.0 = 64\times 4.3125 = 276$

但是循环前缀应缩短到 4 个抽样,使可在每 68 个数据码元后插入一个同步码元(标称长度 68 个抽样)。即

$(64+4)\times 69 = (64+5)\times 68$

用于同步码元中的数据模式为下式定义的伪随机序列 PRU($d_n, n=1\sim 64$)

$d_n = 1 \qquad n = 1\sim 6$

$d_n = d_{n-5} \oplus d_{n-6} \qquad n = 7\sim 64$

比特应按如下方式使用:第一对比特(d_1 和 d_2)应用于直流(dc)和奈奎斯特子载波(赋予它们的功率当然为零,因此这两个比特被有效地忽略了);接下来各对比特的第一和第二个比特用来定义 X_i 和 Y_i, $i=1\sim 31$,如下所示:

d_{2i+1}	d_{2i+2}	X_i	Y_i
0	0	+	+
0	1	+	−
1	0	−	+
1	1	−	−

注:

1) PRU 的周期仅为 63 比特,所以 $d_{64}=d_1$。

2) d_1-d_9 对每个码元要重新初始化,因此 C-REVERB1 的每个码元使用相同的数据。

调制导频载波($i=64$)的比特 33 和 34 应用{0,0}重写:以产生{+,+}星座。

用到的子载波的最小集合是用于数据传输的所有子载波(即,$b_i>0$ 的子载波);$b_i=0$ 的子载波也可用,但其功率应符合 7.13.4 定义的抑制的 PSD。调制到每个子载波上的数据应按照上述的规定;不决定

于哪个子载波被使用。

7.10 循环前缀

循环前缀应用于从初始化序列的 R－RATES1 部分开始的数据和同步码元，见 12.7.4 之定义。

IDFT 输出的最后 4 个抽样(x_i, $k=61-63$)应前置于由 64 个抽样构成的数据块然后顺序读出到数－模转换器(DAC)。即 DAC 抽样的下标 k 按顺序应为 60.....63,0.....63。

7.11 发送器动态域

发送器包括所有模拟发送器功能：D/A 转换器，抗混叠滤波器，混合电路，以及 POTS 分离器。发送的信号应服从 7.9.1 频率分隔对频率的要求。

7.11.1 最大削波率

发送器的最大输出信号应能保证，信号被削剪的可能性应不超过 10^{-7}。

7.11.2 噪声/干扰门限

对一给定子载波上的发送信号，其信号与噪声加干扰比(SINAD)定义为在该载波上全幅载频的 RMS 值与以子载波为中心 4.3125 频带内所有非载频信号的 RMS 的和之比。对每个用于传输的子载波：$SINAD_i$ 表示第 i 子载波上发送信号的信号与噪声加干扰比。

在传输频带内，任一子载波上发送器的 SINAD 应不小于($3N_{upi}+20$)dB，其中 N_{upi}定义为在第 i 个子载波上使用的星座尺寸(以比特计)。任一子载波的最小发送器 SINAD 应至少为 38dB(相当于 N_{upi}为 6)。

7.12 发送器频谱响应

图 22 为一代表性的发送信号频谱响应。其通带定义为调制器发送信号的频率区域。低频截止频带定义为 POTS 频带；高频截止频带定义为大于 181kHz 的频率部分。大约高于最大通带频率(138kHz)10△f。

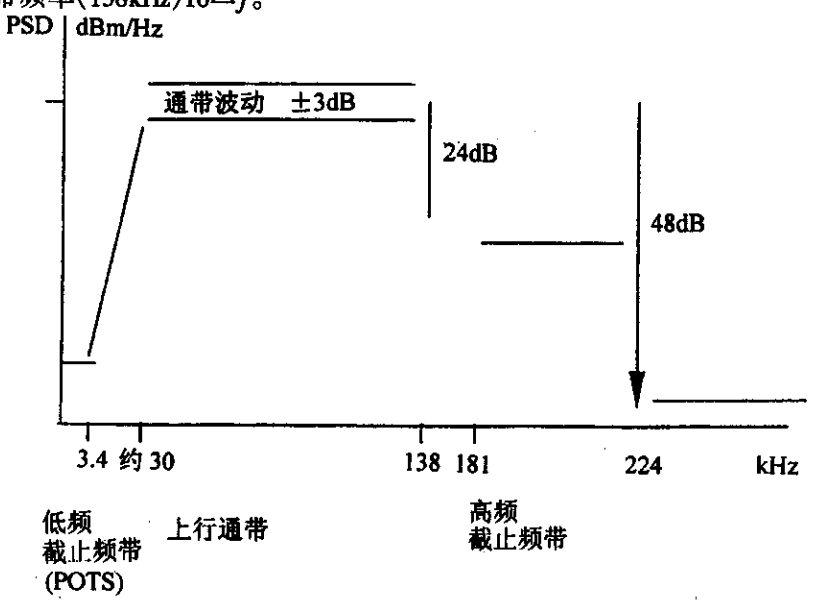


图 22 ATU－R 发送器 PSD 模板

7.12.1 通带响应

通带波动应不大于 3dB,群时延变化不应超过 50μs。

7.12.2 低频截止频带抑制

POTS 频带输出的频谱特性应符合 10.2 所给规范。

7.12.3 高频截止频带抑制

高于 181kHz 频带的 PSD 应低于通带模板功率谱密度至少 24dB(见 12.4.3)。高于 224kHz(138kHz + 86kHz)频带的 PSD 应低于通带模板频谱密度至少 48dB。

7.13 发送功率谱密度与总的功率电平

根据发送信号的类型,对于 ATU - R 发送信号有 3 个不同的 PSD 模板。所有情况下发往 POTS 接口的话音频带的功率应服从 10.2 所给规范。

7.13.1 由 R - REVERB1 开始的所有初始化信号(除 R - ECT 外)

当总功率不大于 13dBm 时,在 25 ~ 138kHz 频带的 PSD 不应超过 - 38dBm/Hz。运送给 POTS 接口的话音频带的功率应遵守 10.2 的所给规范。

7.13.2 R - ECT

由于 R - ECT 为开发商定义信号(12.5.4),PSD 规范只应解释为最大值。该最大值对 18 ~ 138kHz 的频带为 - 38dBm/Hz。子载波 1 ~ 4 也可使用,但发送到 PSTN 接口的话音频带的功率应遵循 10.2 所给规范。

7.13.3 稳态数据信号

在 25 ~ 138kHz 频带的 PSD 通常(无功率抑制和增强)应为 - 38dBm/Hz,最大值为 - 35dBm/Hz;在某些子载波上低于 - 38dBm/Hz 的情况是可自行决定的。通常总的功率电平不应超 过(- 2 + 10log(ncup))dBm,这里 ncup 为使用的子载波的数量(若使用了全部的子载波,为 13dBm)。在初始化期间来自 ATU - C 并由其计算的比特和增益表(见12.8.7 中 C - B&G)可能省掉一些子载波,并微调(即在 ± 3dBm 范围内)其它的电平以在每个子载波上均衡预期的误码率 。

7.13.4 同步码元

对于 $b_i > 0$ 或 $b_i = 0$ 且 $g_i > 0$ 的子载波的 PSD 应与对于初始化信号 R - REVERB1 的一样;即标称为 - 38dBm/Hz。对于 $b_i = 0$ 且 $g_i = 0$ 的子载波的 PSD 应不超过 - 48dBm/Hz。

同步码元的 PSD 与周围的数据信号的 PSD 值差 g_i,g_i 仅赋予数据载波。这些 g 对多点星座计算以均衡在所有子信道的预期误码率,因此与大多数同步码元的 4QAM 信号无关。

8 ADSL 和 POTS 分离器功能特性

当在一对双绞线上同时传输 ADSL 业务和话音(POTS)业务时,需要在线路的两端加入 ADSL 和 POTS 分离器。

在 ATU - R 端分离器应实现的功能包括:

——在发送端将发向 U - R 的 POTS 和 ATU - R 信号混合;

——在接收端将 U - R 收到的 POTS 和 ATU - R 信号分离;

——防止 POTS 信号受到 ATU - R 和 ATU - C 其它信号产生的对话音频带的干扰;

——防止与 POTS 有关的信号特别是拨号脉冲、振铃、铃流切断信号对 ATU－R 和 ATU－C 接收器的干扰。

另外，ADSL 接收器本身也应该能够防止与 POTS 有关的信号特别是拨号脉冲、振铃、铃流切断信号对自己的干扰。

上述功能应能够保证 POTS 信号的性能要求(这些要求将在 10.1 节规定)。系统在 ATU 关闭或掉电后，话音业务应不会受到干扰。

POTS 和 ADSL 信号的混合和分离通过低通和高通滤波器来实现，POTS 信号的最高频率为 3.4kHz，ADSL 上下行信号所占用的频带由厂家自己决定，它泄漏到话音频带的干扰限值将在 10.4 节作出规定。

在 ATU－C 的 ADSL—POTS 分离器的功能要求和 ATU－R 处的基本一致，但在性能方面会因为相应的信号和干扰的电平不一样而有所不同。

9 ATU－R 对业务模块(T_{SM})接口要求

图 23 定义了两种 T 接口，其中在 T_A 接口处保持了 ADSL 信号的多信道性及完整的信号净负荷，T_A 接口信号为 TTL 电平，各信道有各自的时钟信号，供 ADSL 收发器与距离仅为几厘米的其它单元的连接；T_B 接口为 ATU－R 和业务模块之间提供一简单的点到点的连接，它们之间的距离可达 50m，更长的距离有待将来研究。另外，对于建立 ADSL 的复合单一信道的 T 接口也有待研究。

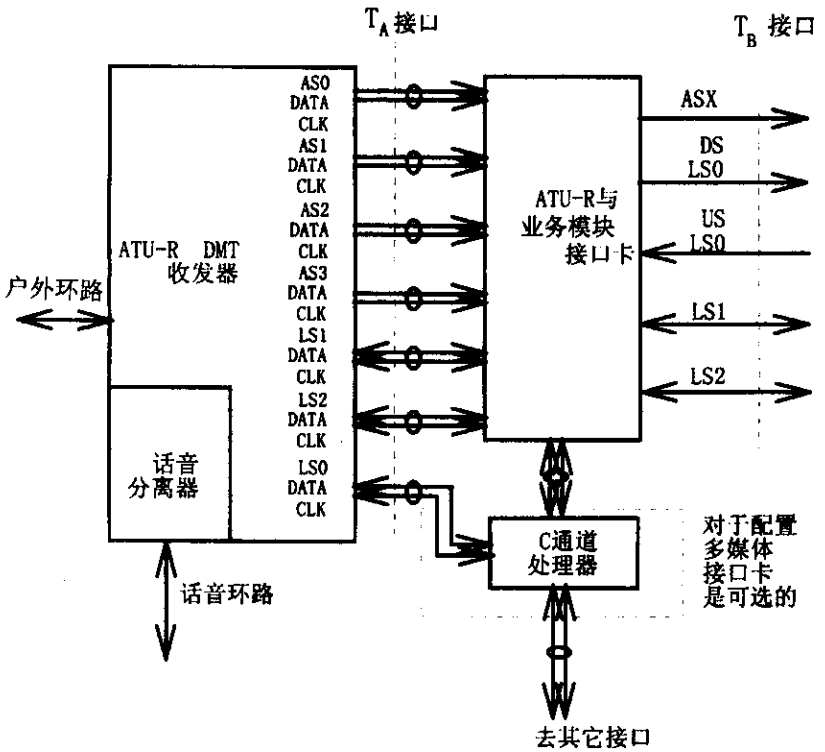


图 23 ADSL 应用接口配置图

9.1 T_A 接口

T_A 接口有 4 个单工的 ASX 信道，各有一数据信号线及时钟信号线；3 个双工的 LSX 信道，在每个方向上都各有数据信号线和时钟信号线，由 ATU－R 产生的时钟信号可能并不平滑也不彼此同步，对于时钟的平滑将由 ATU－R 与业务模块 SM 的接口卡来完成。另外，该接口卡还将对各 ASX 和 LSX 信道进行路由选择。一个选用的 C 信道处理器将完成对一个多接口卡的配置工作。ATU－R 发送的 LS0 信号和其时钟先通过该处理器，再通往 TA 接口卡，对 LS0 信号的解复用过程既可由 C 信道处理器来完成也可由相应的业务模块来完成，同样，对来自各接口卡的上行 LS0 数据和时钟信号的接入和格式化也由该处理器来完成并由它输出一个上行 LS0 数据流和时钟信号发给 ATU－R，再送往 ATU－C。

对 T_A 接口信号及定时要求如下：

——ASX 信道

1) 信号电平：兼容的 TTL 逻辑电平

2) 线路码型：NRZ 码

3) 时钟：标准的逻辑电平、50%（±15%）的占空比

4) 时钟极性：上升沿触发

5) 时钟频率：2.048MHz、4.096MHz、6.144MHz 或 8.192MHz，取决于配置

——LSX 信道

1) 信号电平：兼容的 TTL 逻辑电平

2) 线路码型：NRZ 码

3) 时钟：标准的逻辑电平，50%（±15%）的占空比

4) 时钟极性：上升沿触发

5) 时钟频率：16kHz、64kHz、160kHz、384kHz 或 576kHz，取决于配置

9.2 T_B 接口

T_B 接口提供 ATU－R 和业务模块之间最长为 50m 的点到点的连接，它为 ATU－R 的业务模块接口，主要由 3 个独立的单工信道组成：

——ASX 下行信道

——LS0 下行信道

——LS0 上行信道

另外，T_B接口还可以提供可选的 LS1（ISDN－BRA）和 LS2（H0）信道接口。

对 T_B 接口信号及定时要求如下：

——ASX 信道

1) 传输线类型：变压器耦合－平衡输出双绞线

2) 线路编码：HDB3 码

3) 比特率：2.048Mb/s、4.096Mb/s、6.144Mb/s 或 8.192Mbit/s，取决于配置

4) 最大传输电平：3V 峰值电平

——LS0 信道

1) 传输线类型：变压器耦合－平衡输出双绞线

2) 线路编码：双相码（Biphase）即（Manchester）

3) 比特率:16kb/s 或 64kb/s,取决于配置

4) 接口类型:EIA RS-442 接口

——LS1 信道:ISDN-BRA U 或 S/T 接口

——LS2 信道:见 ASX

10 电气特性

10.1 直流特性

本标准规定 ADSL 系统的加入应保证满足当前有关话音环路的所有技术要求。

ADSL 的 PSTN 接口的直流阻抗在 U-C 点短路时应≤25Ω,PSTN 接口的直流阻抗在 U-C 点开路时应≥5MΩ;POTS 接口的直流阻抗在 U-R 点短路时应≤25Ω,POTS 接口的直流阻抗在 U-R 点开路时应≥5MΩ。

10.2 话音频带特性

10.2.1 金属线测试(差模)

图 24 定义了 ADSL 的测试电路,用来测试 ADSL 话音频带的插入损耗、衰减失真、群时延特性、回损及各种噪声干扰。所有的测试将对于 U-C 和 U-R 参考点之间不同的测试参考环路(见图 38)在 ATU-C 和 ATU-R 的 PSTN 与 POTS 接口处进行。

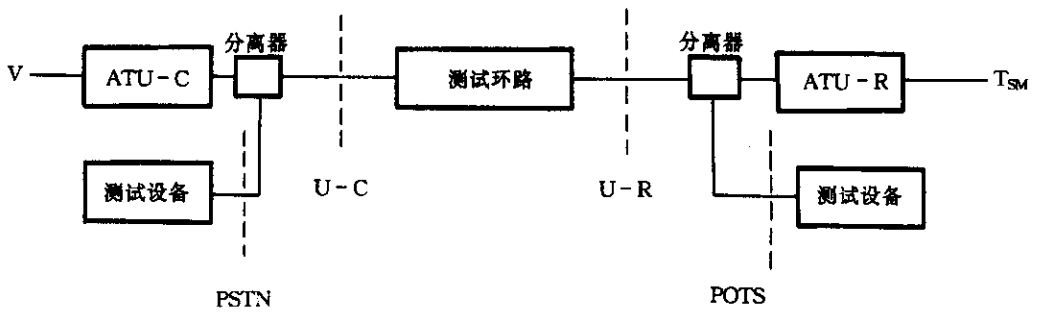


图 24 ADSL 测试参考配置

10.2.1.1 插入损耗

在图 24 中,对于每一种测试参考环路,从 PSTN 接口到 POTS 接口的插入损耗将通过在试验环路中接入 ATU-C 和 ATU-R 以及去掉 ATU-C 和 ATU-R 两种情况得到。

另外,因为 ADSL-POTS 分离器的加入使任何试验模拟环路在 1020Hz 的插入损耗的增加值应不大于 1.0dB。

10.2.1.2 衰减失真

由于引入 ADSL-POTS 分离器,从而对话音频带产生衰减失真。本标准规定对于所有的测试环路在 0.3~3.4kHz 频带内任何频率上的衰减失真相对于 1kHz 的损耗应不超过±1.0dB。

10.2.1.3 延时失真

测试配置见图 24,本标准规定对于所有测试环路,由两个 POTS 分离器造成的从 0.6~3.2kHz 频带信号群时延失真的增长值不能大于 200μs。

10.2.1.4 回损

回声损耗(ERL)、低频振鸣回损(SRL－LOW,约 300～500Hz)和高频振鸣回损(SRL－HIGH,约 2200～3400Hz)在各种测量情况下应符合表 25 规定。

表 25　在 PSTN 和 POTS 接口的最小音频回损

测量位置	ATU－C 分离器	ATU－R 分离器	ERL(dB)	SRL－low(dB)	SRL－high(dB)
PSTN	有	有	8	5	5
PSTN	有	无	8	5	5
POTS	有	有	6	5	5
POTS	无	有	6	5	5

10.2.1.5　噪声音与失真

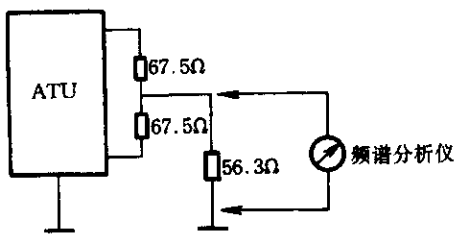
在－9dBm 保持音情况下,信号与加权噪声比应＞42dB,二次和三次交调失真应低于接收信号电平分别至少为 57dB 和 60dB。

10.2.2　纵向特性(共模)

10.2.2.1　纵向输出电压

在任 1s 的测试周期,在 100Hz～1MHz 频带的任何一 4kHz 的等效带宽内测得的纵向电压有效值应不大于－50dBV。

纵向输出电压的测试配置如图 25 所示。为便于测试,ATU 在无信号接收的情况下应能产生输出信号,试验的参考地应为建筑地。



注:两个 67.5Ω 电阻的匹配误差应小于 0.1%

图 25　纵向输出电压的测试配置

10.2.2.2　纵向变换衰减

PSTN 和 POTS 接口的纵向变换衰减在 0.2～1kHz 频带内应＞58dB,在 3kHz 处应＞53dB。

10.3　ADSL 频带

10.3.1　回损

U－C 和 U－R 参考点 ADSL 频带的标称阻抗为 100Ω,在 30～1100kHz 频带内对应 100Ω 的回损应≥10dB。

10.3.2　纵向变换衰减

当 PSTN 和 POTS 接口分别终接 ZTC 和 ZTR 的情况下,U－C 和 U－R 参考点的纵向变换衰减(LCL)在 20～1100kHz 频带内应＞40dB。

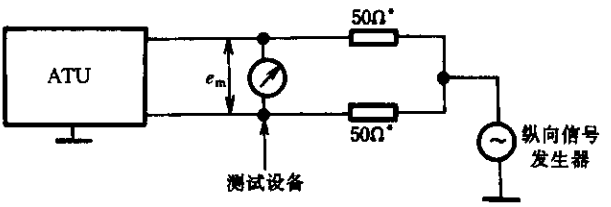
$$LCL = 20\log\left|\frac{e_l}{e_m}\right| \text{dB}$$

这里，

e_l 为所加的纵向电压(以建筑地为参考)；

e_m 为在终接电阻上产生的电压。

测试配置见图 26，ATU 应上电但未激活。



*：两个 50Ω 电阻的匹配误差应优于 0.03%

图 26　纵向变换衰减测试配置

10.4　ADSL 对 POTS 电路的噪声干扰

10.4.1　稳态噪声

无论 ADSL 运行与否，在 PSTN 和 POTS 接口处的 POTS 电路的空闲信道噪声应不超过 -72dBmp。

采用 30Hz 带宽的测试仪表测量，在低于 15kHz 的频带内任何单频的功率应不超过 -90dBm 或者低于所测空闲信道噪声 10dB。

10.4.2　脉冲噪声

在 ADSL 系统的初始化及正常运行状态，如果在被测电路中没有保持音信号时，在 15min 内从 PSTN 或 POTS 接口测得的出现超过阈值 -43dBmp 电平噪声的次数不超过 15 次。

在 ADSL 系统的初始化及正常运行状态，如果被测电路加入频率为 1004Hz，电平为 -13dBm0 的保持音信号，在 15min 内从 PSTN 或 POTS 接口测得的出现超过阈值 -25dBmp 电平噪声的次数不超过 15 次。

对图 38 规定的每个测试环路，脉冲噪声要求都应满足，在测试间隙中需强迫 ADSL 系统每分钟重新初始化一次。

11　运行和维护

11.1　嵌入操作信道(eoc)要求

ATU-C 和 ATU-R 通过嵌入操作信道进行相互之间的通信对系统进行在线和非在线的维护、远端 ATU-R 状态信息的收集及系统性能的监视。当然，将来也要通过 eoc 来对在用户侧的业务模块进行维护和监测。eoc 信道与快速数据缓存的用户信道同步控制共享传输资源。

11.1.1　eoc 协议

ADSL 的 eoc 数据形成一 eoc 帧，并在 ADSL 帧的快速数据缓存的同步控制开销中传

送。ATU－C(作为链路的主方)发出的控制命令以及 ATU－R(作为链路的从方)对这些命令的响应将通过 eoc 帧传递。

一个 eoc 帧由从偶数帧开始的连续两个 ADSL 帧的“fast”字节组成，长度为 13bit，在配置允许的情况下，一个 ADSL 复帧最多可容纳 32 个 eoc 帧，其速率变化范围可从某个最小值到 23.7kbit/s，该最小值与设备厂家提供的同步控制算法有关。

作为通信主方的 ATU－C 将决定 ADSL 链路的 eoc 信道速率，作为通信从方的 ATU－R 只有在收到一个 eoc 帧后才能在上行方向插入一个 eoc 响应帧。只有“dying gasp”消息是个例外。该消息是唯一一个由 ATU－R 自主发送的消息，只要上行数据流中有可用的“fast”字节就可以随时被插入到上行的 ADSL 帧中。

对 eoc 帧各比特的定义如表 26 所示。

表 26　eoc 比特的功能

比特	数量	描述	注释
1,2	2	地址域	可定义 4 个地址
3	1	数据(1)/操作码(0)	
4	1	奇偶字节域奇(1)/偶(0)字节	多字节传送
5	1	ATU－C 未用，置为 1ATU－R 自主消息(0)/对协议的响应(1)	ATU－C 保留为将来使用 ATU－R 可用来发送“dying gasp”
6－13	8	信息域	58 个操作码，8 比特数据
注：“dying gasp”消息是已定义的唯一由 ATU－R 自主发送的消息，对该比特的其它使用方法还有待研究。			

11.1.2　eoc 帧结构

表 26 表示了 eoc 的帧结构。

11.1.2.1　地址域

eoc 帧的 2 个比特可对 4 个网络单元进行寻址，现在只定义了两个地址：

——ATU－C 的地址为 11

——ATU－R 的地址为 00

10 和 01 保留给将来使用。

11.1.2.2　数据/操作码指示域

信息域中包含 eoc 消息的操作码时，该比特置为 0；

信息域内包含数据时，该比特置为 1。

11.1.2.3　奇偶字节域(奇/偶指示比特)

读写数据的第一字节为奇字节，此比特置为 1，下一字节为偶字节，指示比特置为 0，以此类推。用此比特可免除发送接收确认信息，有助于提高多字节数据的读写速度。

11.1.2.4　未定比特(ATU－U)/(ATU－R)自主发送消息域

对于 ATU－C 发送的 eoc 帧，该比特保留给将来使用，暂置为 1。

对于 ATU－R 发送的 eoc 帧，如该比特置为 1，则表示当前发送的 eoc 帧为一 eoc 协议响应(从方)消息，置为 0 则表示发送的为 ATU－R 自主消息，该消息不会破坏 ATU－C 和 ATU－R eoc 协议的当前状态。

11.1.2.5 信息域

在该域内可编码 58 种不同的消息，也可传送 8bit 二进制数据或 ASCII 码。

11.1.3 eoc 消息集

ATU－C 作为主方对从方 ATU－R 发送命令以实现某种功能。有些功能是要求 ATU－R 激活电路上的一些改变，如环回，发送错误 CRC 等。还有其它一些功能是通过对 ATU－R 的数据寄存器进行读写操作来完成的。

有些命令是锁存的，这就意味着需要在以后发送一个命令使 ATU－R 从该状态释放出来，这样就可以有多个 eoc 引发的操作同时发生作用。“Return To Normal”消息用于释放所有的锁存状态。当在 ATU－R 中未激活任何命令时，该消息也可用来将 ADSL 系统引入一已知状态或空闲状态。如果为了维持当前的锁存状态，可持续地发送“Hold State”消息。

ATU－C 总是发送命令，ATU－R 以发回对正确接收表示确认的消息作为响应。

11.1.3.1 eoc 消息集要求

——保持状态(Hold State)

此命令由 ATU－C 发给 ATU－R，使 ATU－R 的 eoc 处理器和所有已激活的 eoc 控制的操作保持现有的状态。

——返回正常(Return to Normal，Idle Code)

此命令使 ATU－R 释放当前 eoc 的控制操作并使 eoc 处理器返回初始状态。该命令也可作为表示空闲状态而发送的消息码。

——无法遵循确认(Unable to Comply Acknowledgement)

ATU－R 收到 eoc 命令后，在以下各种情况下发送 utc 表示其无法识别或执行该命令：

1) 接收的命令无法确认或不能实现；

2) 接收的命令处于非正常操作状态(如命令指示 eoc 帧的信息域内放数据，但此命令前并没有“write data”命令)。

——要求发送故意错误的 CRC(Request Corrupt crc)

该命令要求 ATU－R 发故意错误的 CRC 给 ATU－C 直到 ATU－R 收到“停止发送故意错误的 CRC”或“返回正常”才停止发送。为了使多个 eoc 操作能同时发生作用，该命令应被“锁存”。

——要求停止发送故意错误的 CRC(Request End of Corrupt crc)

该命令要求 ATU－R 停止向 ATU－C 发故意错误的 CRC 信息。

——通知将发送故意错误的 CRC(Notify Corrupted crc)

ATU－C 通过该命令通知 ATU－R 将要向它发送故意错误的 CRC 信息。

——通知结束发送故意错误的 CRC(Notify End of Corrupted crc)

该命令通知 ATU－R 、ATU－C 已停止发送错误的 CRC 信息。

——进行自检(Perform Self Test)

该命令要求 ATU－R 进行自检,自检的结果存入 ATU－R 的一个寄存器中,在自检结束之后,ATU－C 将从该寄存器中读取检测的结果。

——写数据(带寄存器号)(Write Data(Register #))

该命令使 ATU－R 进入"数据写"协议状态,准备接收数据并写入指定的寄存器。

——读数据(带寄存器号)(Read Data(Register #))

该命令使 ATU－R 进入"数据读"协议状态,从指定的寄存器中读出数据发给 ATU－C。

——下一字节(Next Byte)

在数据的读/写模式中,当 ATU－R 确认上次的"数据读/写"命令之后,由 ATU－C 发送此消息,并一直保持发送直至读完所有数据,同时伴随此消息,eoc 帧的第 4 比特应交替反转。

——数据结束(End of Data)

这个消息由 ATU－C 发出,表示已向 ATU－R 发出全部写数据字节。这个消息也可由 ATU－ R 在接收到 ATU－C 的"Next B yte"消息后向 ATU－C 发送,表示 ATU－R 完成对指定寄存器所有字节数据的读/写。

——厂家专用的操作码(Vendor Proprietary Opcodes)

有 4 个操作码留给厂家专用,ATU－C 在使用专用操作码以前应先读取 ATU－R 里的 ID 码寄存器以保证其兼容性。

——未定义命令码

所有未定义的命令都留给将来使用,现在不能以任何目的使用这些码。

11.1.3.2 eoc 操作码消息

见表 27。

表 27 eoc 操作码消息

十六进制	操作码描述	注释
01	保持状态	为持续发送错误的 CRC
F0	返回正常	也可作为"空闲码"
02	进行自检	自检的结果存入寄存器
04	无法遵循	不认识的命令
07	要求将发送错误的 CRC	锁定条件
08	要求停止发送错误的 CRC	
0B	通知错误的 CRC	锁定条件

续表 27

十六进制	操作码描述	注释
0D	通知将结束发送错误的 CRC	
0E	数据结束	
10	下一字节	
E7	Dying Gasp	仅由 ATU－R 发送
(20,23,25,26) (29,2A,2C,2F) (31,32,34,37) (38,3B,3D,3E)	第 0～F 号写数据寄存器	
(40,43,45,46) (49,4A,4C,4F) (51,52,54,57) (58,5B,5D,5E)	第 0～F 号读数据寄存器	
(19,1A,1C,1F)	厂家专用	

11.1.3.3 ATU－R 的数据寄存器

见表 28。

表 28 ATU－R 数据寄存器

寄存器(十六进制)	用途	长度	描述
0	读	6bit	标识(ID)码(ATU－R) 比特 0～3:标识号 0～F 比特 4,5:将来使用(置为 0)
1	读	6bit	版本号: 比特 0～3:版本号 0－F 比特 4,5:将来使用(置为 0)
2	读	256bit	系列号
3	读	1 个字节	自检结果
4	读/写	厂家定义	厂家定义
5	读/写	厂家定义	厂家定义

续表 28

寄存器(十六进制)	用途	长度	描述
6	读	1 个字节	线路衰减
7	读	1 个字节	估计容限
8	读	30 个字节	ATU－R 配置(注 1): B_F(AS0), B_F(AS1), B_F(AS2), B_F(AS3) B_l(AS0), B_l(AS1), B_l(AS2), B_l(AS3) B_F(LS0), B_F(LS1), B_F(LS2) B_l(LS0), B_l(LS1), B_l(LS2),FS(LS2) 下行 B_F(LS0), B_F(LS1), B_F(LS2) B_l(LS0), B_l(LS1), B_l(LS2),FS(LS2) 上行 R_{dnf}, R_{dni}, S, I(下行) R_{unf}, R_{uni}, S, I (上行)各 1 个字节
9	读	4bit	业务模块维护标识:(注 2) 比特 0:SM 下行同步 比特 1:SM 下行不同步 比特 2:SM 上行同步 比特 3:SM 上行不同步
A－F	保留	保留	

注:
1) ATU 配置参数设置在 6.2 和 7.2 节定义;
2) SM 同步—不同步标识在 11.5 节定义。

11.1.4 eoc 协议

ADSL eoc 协议的执行是采用命令/响应的方式进行,ATU－C 作为主端发送命令,ATU－R 作为从端接收命令并对该命令作出响应。从端必须接连收到 3 个针对同一地址的同一消息时,才能进入反应状态执行一定的动作。

作为从端的 ATU－R 有 3 种响应方式,与之相应的 eoc 处于 3 种不同的状态,eoc 总是处于其中一种状态。

——消息/回声响应状态

——消息/无法遵循响应状态

——消息/数据响应状态

除了这三种状态，还有一自主消息允许 ATU－R 自主发送给 ATU－C 表示“dying gasp”状态，该消息不能改变当前的协议状态，也不能作为对任何 ATU－C 发送消息的响应；但是其它的一些动作（例如，ATU－C 自动重启）可以作为接收该消息的响应而导致当前状态的变化（例如，回到空闲状态）。

当 ATU 从初始化和训练状态进入稳定传输状态时，eoc 就进入消息/回声响应状态。为了保证确定的地方执行要求的行动，ATU－C 必须连续地发送带有确定地址的消息直到它收到 3 个从该地方发来的同一连续的确认信息为止。对某个消息的命令/响应协议必须在一个可能会引导 ATU－R 进入一不同的协议状态的新的消息出现之前完成。

11.1.4.1 消息/回声响应协议状态

为了使 ATU－R 执行一定的动作，ATU－C 首先开始发送 eoc 消息，该消息的数据/操作码域置为 0，并在消息域中放入合适的消息操作码。

只有当 ATU－R 连续收到 3 个同样的 ATU－R 可识别的书写正确的 eoc 帧时它才能启动操作。ATU－R 收到来自 ATU－C 的 eoc 消息后，应该对所有收到的消息作出响应。这时应将收到的 ADSL eoc 帧回送给 ATU－C 表示确认，这个反应过程叫回声。ATU－C 发送消息及 ATU－R 回声过程合在一起叫做消息/回声响应协议状态。

主端的 ATU－C 为证实 ATU－R 正确接收了消息，需重复消息/回声响应协议状态直到它连续收到 3 个相同的回声。这也就意味着从端的 ATU－R 已正确地接收了发来的消息并按消息要求执行了操作。

因为只有 ADSL 帧的“fast”字节可用时，eoc 帧才能被插入 ADSL 帧中传送，所以在无差错条件下完成一个消息所需要的时间将取决于厂家的同步控制算法、分配在快速数据缓存内信号的数量以及这些信号的速率。

ATU－C 在收到 3 个有效的回声后可以继续发送有效的消息，也可以发送“保持状态”消息。如果发送的消息是一个锁存命令，ATU－R 应该维持所要求的状态直到 ATU－C 发出了适当的结束此锁存状态的命令或“返回正常”命令。

11.1.4.2 消息/无法遵循协议状态

如果 ATU－R 连续收到 3 个相同的 eoc 消息但又不支持这个消息时，它将向 ATU－C 发带有自己地址的“无法遵循”消息取代 3 个连续而且相同的回声。这时 ATU－R 就进入了消息/无法遵循协议状态。

这个消息用于表明 ATU－R 不支持所要求的命令或功能，ATU－C 应放弃努力。

11.1.4.3 消息/数据响应协议状态

ATU－C 可以对 ATU－R 的寄存器进行读写操作。

11.1.4.3.1 数据读状态

为了从 ATU－R 中读取数据，ATU－C 首先发送读操作码指定所要读的寄存器，在连续收到 3 个确认消息后，发命令索要第 1 字节，这时发送的消息是“next byte”，比特 4 置 1，表示要的是奇数字节。ATU－R 连续收到 3 个“next byte”后，将寄存器的第 1 字节放入 eoc

帧的信息域中发送，并将 eoc 帧的第 4 比特置 1，第 3 比特置 1 表示该帧的信息域中为数据，在连续收到 3 次 ATU－C 对数据接收的回声后，表示第 1 字节的数据读操作完成。在多字节操作的情况下，ATU－C 在连续 3 次收到第 1 字节数据后，再发送“next byte”并将比特 4 置为 0，索要第 2 字节，ATU－R 的应答和数据发送过程同上，比特 4 为 0。

经过上述相同的过程并交替改变比特 4 的值，就可以完成第 3 或者更多字节的读过程。

在数据读状态下，为保证 ATU－R 能连续的读取数据，ATU－C 唯一被允许发送的消息就是比特 4 交替改变的“next byte”消息。结束读过程可发送“hold state”或“return to normal”。如果 ATU－R 在数据读状态连续收到任何其它一样的消息 3 次，它就进入 UTC 状态。

如果发完全部指定寄存器中的数据后，仍收到“next byte”消息，ATU－R 将发送“end of data”消息，该消息的比特 3 应置为 0。

一旦 ATU－C 收到最后一个字节或收到“end of data”消息后将结束数据读方式而进入一已知状态并发送“hold state”或“return to normal”消息，这时 ATU－R 将释放寄存器而结束数据读状态。

11.1.4.3.2　数据写协议

如果 ATU－C 希望向 ATU－R 的内部寄存器写数据，需要发送“write data”操作码信息给 ATU－R 以指定的被写的寄存器，在连续 3 次收到确认消息后，ATU－C 发送第 1 字节数据，ATU－R 收到数据后发认可回声，ATU－C 连续 3 次收到回声后，发送下 1 字节的数据，同时改变比特 4 的值以表示奇偶字节。ATU－C 用命令“end of data”通知 ATU－R 释放被访问寄存器并结束数据写状态。

11.1.4.4　电源切断指示（“dying gasp”）

ATU－R 发现电源已经切断，ATU－R 将立即在 ADSL 上行数据帧中插入一个电源切断指示（“dying gasp”）eoc 帧，该帧的第 5 比特置为 0 表示该命令为 ATU－R 自主发送消息，第 3 比特置为 1 表示该帧为操作码帧在其信息域中容纳了“dying gasp”消息。ATU－R 至少要发送 6 个这样的 eoc 帧，且每个“dying gasp”帧要插入到下 1 个有效的偶数帧的 ADSL 上行“fast”字节中发送而不管 ATU－R 在下行信道中已收到了多少 eoc 帧。

发送“dying gasp”不会使 ATU－R 当前的 eoc 协议状态发生改变，也不会使接收端的 ATU－C 立即改变当前状态。

11.2　不中断业务性能监控

本标准将用到下列术语（见图 27）：

——近端（Near－end），表示在环路侧 ATU 输入端接收信号的性能；

——远端（Far－end），表示在环路侧 ATU－R 的输入端接收的下行信号的性能参数。该参数将通过上行 ADSL 帧的开销指示比特告诉 ATU－C。它也表示在环路侧 ATU－C 输入端收到的上行信号的性能参数，该参数将通过下行 ADSL 帧的开销指示比特告诉 ATU－R；

——原语（Primitives），是性能的基本度量，通常从数字信号线路码及数据帧中获得，或者从远端发送的 ADSL 帧的开销指示比特中得到。性能原语可以分为事件（events）、异

常(anomalies)、故障(defects)3 类。原语也可以是其它数量的基本度量(如:AC 或电池功率),通常从设备的指示得到;

——事件(Events),事件原语(fec 和 fecc)表示系统出现比特错误但业务性能没有受到影响;

——异常(anomalies),异常原语(crc 和 febe)表示系统出现比特错误使业务性能受到影响;

——故障(defects),故障原语(los,sef,rdi)是与信号帧有关的原语,该原语表示业务性能受到比异常情况下更严重的影响。

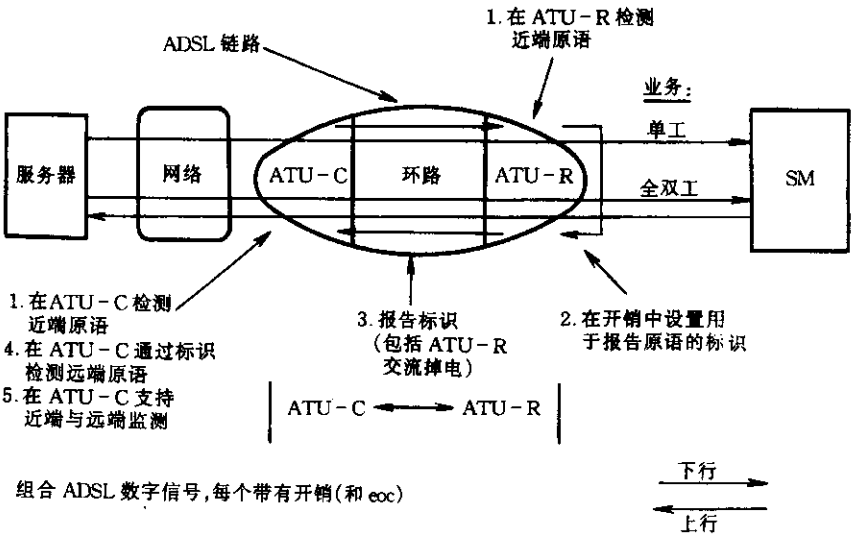


图 27　在 ATU-C 的角度显示的 ADSL 链路的不中断业务监测

11.2.1　数字传输相关原语

11.2.1.1　近端事件

本标准定义了两个近端事件:

——前向纠错(fec-i),fec-i 原语在 ATU 从交织的数据流中收到表示错误已得到纠正的前向纠错码时出现;

——前向纠错(fec-ni),fec-ni 原语在 ATU 从非交织的数据流中收到表示错误已得到纠正的前向纠错码时出现。

11.2.1.2　远端事件

本标准定义了两个远端事件:

——远端前向纠错(ffec-i),ffec-i 通过帧开销中的指示比特 fecc-i 表示。当 fecc-i 为 1 时表示在前 1 个 ADSL 复帧中没有事件发生;0 则表示有事件发生,每个 ADSL 复帧只报告 1 次;

——远端前向纠错(ffec-ni),ffec-i 通过帧开销中的指示比特 fecc-ni 表示。当 fecc-ni 为 1 时表示在前 1 个 ADSL 复帧中没有事件发生;0 则表示有事件发生,每个 ADSL 复帧只报告 1 次。

11.2.1.3 近端异常(Near - end anomalies)

在这里定义两个近端异常原语:

——循环冗余校验错误(crc - i),crc - i 在当 ATU 从交织的数据流中收到的 CRC 码和本地的 CRC 码不同时出现;

——循环冗余校验错误(crc - ni),crc - ni 在当 ATU 从非交织的数据流中收到的 CRC 码和本地的 CRC 码不同时出现。

11.2.1.4 远端异常(Far - end anomalies)

在这里定义两个远端异常原语:

——远端块误码(febe - i),远端检测到的 crc - i 异常将通过 ADSL 帧开销中的 febe - i 指示比特报告给 ATU - C,该指示比特为 1 时表示前 1 复帧没有异常发生,0 则表示有异常发生,每个 ADSL 复帧只报告一次;

——远端块误码(febe - ni),远端检测到的 crc - ni 异常将通过 ADSL 帧开销中的 febe - ni 指示比特报告给 ATU - C,该指示比特为 1 时表示前 1 复帧没有异常发生,0 则表示有异常发生,每个 ADSL 复帧只报告一次。

11.2.1.5 近端故障(Near - end defects)

本标准定义两个近端故障原语:

——信号丢失(los),ADSL 在系统进入稳定数据传输状态时将建立一个导频音参考功率,该功率为稳定数据传输状态开始 0.1s 内的 ADSL 导频音功率的平均值。当收到的 ADSL 导频音功率在 0.1s 的平均值低于参考功率至少 6dB 时,则表示信号丢失而出现 los 故障;当该值低于参考功率少于 6dB 时,则 los 故障结束。

——严重出错帧(sef),当接收的连续两个 ADSL 同步码元与期望的值不同时 sef 故障出现,反之则结束。

11.2.1.6 远端故障(Far - end defects)

——信号丢失(los),远端检测到信号丢失 los 时将通过 ADSL 帧开销中的 los 指示比特报告给 ATU - C,1 表示无事件报告,0 则表示有事件发生。信号丢失报告将持续连续 6 个 ADSL 复帧。

当 ATU - C 收到连续 4 ~ 6 个置为 0 的 los 指示比特时则表示远端出现 los 事件,反之则表示 los 事件结束。

——远端故障指示(rdi),当远端出现 sef 时,将通过帧开销中 rdi 指示比特报告给 ATU - C,置 1 表示在前 1 个 ADSL 复帧无事件报告,置 0 则表示在前 1 个 ADSL 复帧有事件发生。另外,每个 ADSL 复帧只报告 1 次。

11.2.2 其它原语

11.2.2.1 近端

——衰减(atn),衰减原语表示远端发送信号功率和近端接收信号功率在 dB 域的差。这里说的信号功率 dBm 是指在 1s 时间内所有激活的 DMT 子载波功率总和的平均值。一个衰减原语用从 0 ~ 60dB 之间 1 个整数值表示。

——信噪比(snr)容限,snr 容限表示系统噪声的功率值。该容限应该满足系统的 BER < 10^{-7}的误比特率要求。snr 原语可用从规定的最小值 x 到最大值 y 之间的一个整数

值表示,x 和 y 待研究。

——供电丢失(lpr),lpr 原语在当 ATU 供电掉到等于或低于厂家自己规定的能保证系统正常运行的最小供电数时出现。

11.2.2.2 远端

——衰减(atn),远端的 atn 原语可通过 atn 的指示符在一个 eoc 消息里报告给 ATU - C。当远端 atn 指示衰减在规定的最小值 x 和最大值 y 之间时则发出 atn 原语,x 和 y 尚待研究。

——信噪比(snr)容限,远端的 snr 原语可通过的 snr 指示符在一个 eoc 消息里报告给 ATU - C。当远端 snr 指示在规定的最小值 x 和最大值 y 之间时则发出 snr 原语,x 和 y 尚待研究。

——供电丢失(lpr),远端的 lpr 原语应由 lpr 指示符报告。当接收到 6 个 lpr 指示符中的 4 个时就产生远端 lpr 原语。如果近端信号依然存在,即如果收到的 6 个连续 lpr 指示符中的 4 个的后面 0.5s 内未也出现任何近端 los 故障(11.2.1.5),则远端 lpr 原语结束。

lpr 指示符编成 8 比特紧急优先消息在 ATU - R 的开销中向 ATU - C 发送,连续发送 6 个 eoc 帧(见 11.1.4.4 中"dying gasp"的 eoc 协议)。

11.2.3 失效和失效计数参数

11.2.3.1 近端失效及失效计数参数

在 ATU - R 侧,近端的失效可用 LOS 或 LOF 失效(如:红灯)和正常(如:绿灯),以及 LPR(如:无指示灯)表示,因此对于近端失效(near - end failure)计数参数的使用不是必须的。

下面所示的近端失效和失效计数参数对于 ATU - C 是必须的:

——信号丢失(LOS),当 los 故障持续了 2.5 ± 0.5s 时,或者因为系统在满足 LOF 失效出现的条件时又进入了 los 故障状态时,表示远端出现 LOS 失效。当 los 故障消失 10 ± 0.5s后 LOS 失效被清除。LOS 失效计数表示 LOS 失效出现的次数。

——帧丢失(LOF):当 sef 故障持续了 2.5 ± 0.5s 时,则表示出现了 LOF 失效,除非这时出现了 los 故障或失效。当出现 LOS 失效时或 sef 故障消失 10 ± 0.5s 后 LOF 被清除。LOF 失效计数表示 LOF 失效出现的次数。

——供电丢失(LPR):当 lpr 出现并满足一些条件时则表示出现 LPR 失效,这些条件还有待研究。LPR 失效计数表示 LPR 失效出现的次数。

11.2.3.2 远端失效及失效计数参数

这些参数对于 ATU - C(ATU - R 在远端)是必须的,而对于 ATU - R(ATU - C 在远端)可作为任选项。

——信号丢失(LOS):当 los 故障持续了 2.5 ± 0.5s 时,或者因为系统在满足 LOF 失效出现的条件时又进入了 los 故障状态时,表示远端出现 LOS 失效。当远端 los 故障消失 10 ± 0.5s 后 LOS 失效被清除。LOS 失效计数表示 LOS 失效出现的次数。

——远端失效指示(RFI):当 rdi 故障持续了 2.5 ± 0.5s 时,则表示远端出现了 LOF 失效,除非这时远端又出现了 los 故障。当出现 LOS 失效时或 rdi 故障消失 10 ± 0.5s 后 RFI 被清除。RFI 失效计数表示 RFI 失效出现的次数。

——供电丢失(LPR):在收到一个远端 lpr 原语并紧跟着持续出现 2.5±0.5s 近端 los 故障时,则表示远端出现了 LPR 失效。当近端 los 故障消失 10±0.5s 后 LPR 失效被清除。LPR 失效计数用以表示 LOS 失效出现的次数。

11.2.4 业务质量 QOS 参数

11.2.4.1 近端 QOS 参数

近端的误码秒 ES 参数可表示在 1s 的时间内 crc-i 或 crc-ni 出现的次数,也可表示在 1s 的时间内 los 或 sef 出现的次数。该参数对于 ATU-C 是必须的,而对于 ATU-R 是可选项。

11.2.4.2 远端 QOS 参数

远端的误码秒 ES 参数可表示在 1s 的时间内 febe-i 或 febe-ni 出现的次数,也可表示在 1s 的时间内远端 los 或 rdi 出现的次数。该参数对于 ATU-C 是必须的,而对于 ATU-R 是可选项。

11.2.5 测试参数

ATN 和 SNR 容限测试参数用于满足按需的测试要求,例如系统在完成初始化和训练程序之后想测试传输物理媒质的传输性能时将用到以上参数。对 ATN 和 SNR 的测量将由 ATU-C 和 ATU-R 的接收器完成,但也可通过 ATU-C 的外部接口测量,同时系统也并不需要时刻监控这些参数。

11.2.5.1 近端测试参数

下面所列的近端测试参数对于 ATU-C 是必需的,而对于 ATU-R 则可作为任选项:

——衰减(ATN):衰减(atn)原语表示远端发送信号功率和近端接收信号功率在 dB 域的差。这里说的信号功率 dBm 是指在 1s 时间内所有激活的 DMT 子载波功率总和的平均值。atn 原语可用从规定的最小值 x 到最大值 y 之间的一个整数值表示,x 和 y 待研究;ATN 是 atn 原语的一个实例,该参数在有按需的 ATN 测试要求时出现。

——信噪比(SNR)容限:SNR 是 snr 原语的一个实例,该参数在有按需的 SNR 测试要求时出现。

11.2.5.2 远端测试参数

下面所列的远端测试参数对于 ATU-C 是必需的,而对于 ATU-R 则可作为任选项:

——衰减(ATN):作为远端 atn 原语的一个实例(dB);

——信噪比(SNR):作为远端 snr 原语的一个实例(dB)。

11.2.6 性能监控功能

所有的性能监控功能无论是近端还是远端对于 ATU-C 是必需的,而对于 ATU-R 则可作为任选项:

11.2.6.1 性能数据存储器

在这里定义 4 种寄存器:

——用于存储在当前 15min 和 1 天时间内系统出现的近端和远端失效计数参数和 QOS 参数数据;

——用于存储在前 15min 和 1 天时间内系统出现的近端和远端失效计数参数和 QOS 参数数据;

——用于存储当前和前一个时间周期内出现的每一个近端和远端测试参数数据；

——用于记录 96 次在 15min 时间内出现的失效计数和 QOS 参数数据的共享存储器，这些共享存储器可按需地分配给某个 ADSL 链路。它们的数量将不超过用于记录所有链路出现的每个失效计数和 QOS 参数所需存储器总和的 10%。

注：

——寄存器容量应能容纳最大事件计数值，或具有最小 16bit 的容量；

——如果 ATU 在全部或部分的一段时间内(15min 或一天)失去供电，应设置寄存器无效数据标帜。

11.2.6.2 性能数据报告

性能数据的报告将采用按需(而不采用预先规定)的方式进行。

11.3 金属线测试

待研究。

11.4 中断业务测试

待研究。

11.5 ATU－R/SM 段的 OAM 要求

ATU－R/SM 段将通过对段上下行方向通过不同的标志来满足系统 OAM 要求(下行：ATU－R～SM，上行：SM～ATU－R)，下行指示也要由 SM 报告给 ATU－R。

当业务模块 SM 被集成进 ATU－R 后，ATU－R/SM 段的 OAM 功能将不存在，对于非集成的 SM，该段的 OAM 功能如图 28 所示。

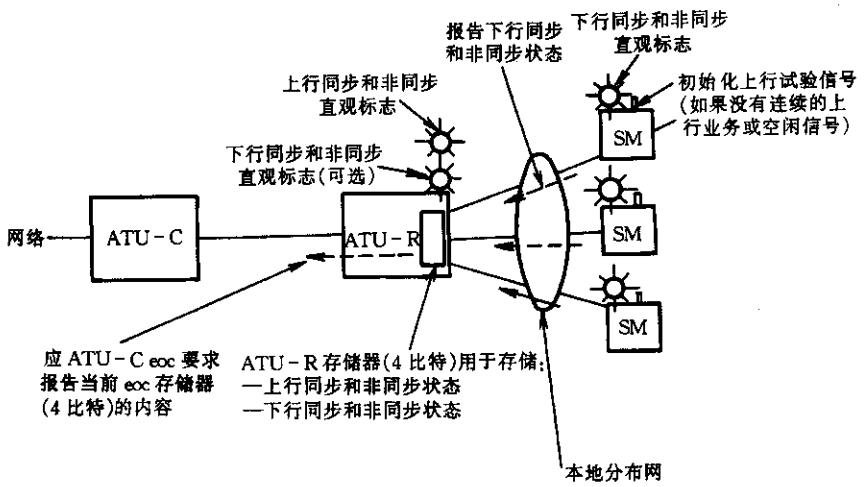


图 28 ATU－R/SM 段 OAM 功能要求

11.5.1 SM 要求

a) 校验下行方向同步和非同步的条件是否具备。当系统持续 2.5±0.5s 没有得到同步而需要同步则表明 SM 处于非同步状态。当系统获得同步并将同步状态保持至少 10±0.5s 时则表明 SM 处于同步状态；

b) 提供下行同步和非同步标志，并作相应的解释；表 29 为一示例；

c) 将系统的同步和非同步状态通过一简单的格式(待研)经过某个回传信道(待研，如控制信道)报告给 ATU－R，对于单个 SM，其状态的解释通过 2 个比特来完成，见表 30；

表 29　对同步和非同步状态的解释(下行)

同步指示	非同步指示	解释
关	关	SM 未加电
关	开	SM 已加电但未同步
开	关	SM 已同步
开	开	无效

表 30　对同步和非同步状态的解释(对单个 SM)

同步比特	非同步比特	解释
0	0	SM 未加电
0	1	SM 已加电但未同步
1	0	SM 已同步
1	1	无效

d) 当 ATU－R 不能连续地对上行业务信号进行同步时,SM 应该在某个时间段内(有待研究)发送空闲信号或一个本地初始化的试验信号给 ATU－R,信号的格式应能使 ATU－R 能按照同步上行业务信号的方法来同步它们;

e) 发送控制信道(CC)确认消息(ACK)给网络以响应网络的 CC 控制消息,消息的格式还有待研究。

11.5.2　ATU－R 要求

a) 校验上行方向同步和非同步的条件是否具备。当系统持续 2.5±0.5s 没有得到同步而需要同步则表明 SM 处于非同步状态。当系统获得同步并将同步状态保持至少 10±0.5s 时则表明 SM 处于同步状态。所有 SM 的同步情况应通过逻辑"或"运算以 1 个比特表示,同样地,所有 SM 的非同步情况应通过逻辑"或"运算以另 1 个比特表示;

b) 保存上行经"或"运算的同步和非同步状态信息(2 个比特),对多个 SM 的情况,这 2 个比特的解释见表 31。

表 31　同步和非同步状态的解释(对多个 SM)

同步比特	非同步比特	解释
0	0	所有的 SM 未加电
0	1	至少有一个 SM 已加电但未同步
1	0	至少有一个 SM 已同步
1	1	有一些 SM 已同步,其它的 SM 已加电但未同步

c) 提供上行经"或"运算的同步和非同步状态指示(见 d)),并与 b)要求的比特解释一致。下面举一个例子:

同步指示	非同步指示	解释
关	关	所有的 SM 未加电
关	开	至少有一个 SM 加电但未同步
开()	关	至少有一个 SM 同步
开	开	有一些 SM 已同步,其它的 SM 已加电但未同步

d) 上述要求不仅适用于可连续同步的上行业务信号,对于不同步时 SM 发送的空闲信号及测试信号也同样适用;

e) 检测出 SM 发来的下行同步和非同步状态的报告,并在所有 SM 范围内对数据进行逻辑"或"运算;

f) 保存经"或"运算得到的下行同步和非同步状态信息(2 比特),比特的解释同表 31;

g) 提供下行经"或"运算得到的同步和非同步指示,比特的解释同表 31;

h) 应 ATU - C 的要求,发送一个 eoc 消息将当前经"或"运算得到的上行和下行同步和非同步状态报告给 ATU - C(4 比特)。

11.5.3 ATU - C 要求

根据 11.5.2 节 h)要求,在网络要求下,ATU - C 应该能发送一个 eoc 消息以检索经"或"运算得到的上行和下行同步及非同步状态(4 比特),并接收 ATU - R 相应的 eoc 状态报告。

12 初始化

12.1 概述

12.1.1 初始化的基本功能

ADSL 收发器初始化的目的是为了在 ATU - C 和 ATU - R 之间建立一条通信链路,初始化过程可由 ATU - C 或 ATU - R 发起:

——ATU - C 在系统上电、信号出现丢失或进行自检时,将发送激活请求信号(12.2)并等待 ATU - R 的响应(12.3.3).这个过程最多进行两次。如果 ATU - C 一直没有收到响应信号,将等待 ATU - R 发送激活请求信号(12.3.1)或网络发送的指令重试。

——ATU - R 在系统上电或进行自检后,将连续发送激活请求信号(12.3),如果收到 C - TONE 信号 ATU - R 将保持静默(silent)状态约 1min,除非它收到一激活信号(12.2.2)。

为了优化通信链路的传输容量和可靠性,ADSL 收发器将对传输信道的传输特性进行分析并确定适合该信道的传输和处理参数。每个收发器通过收发器训练和信道分析过程来确定信号传输信道的特性并在这期间确定有关传输参数。在交换期间,本地的接收器将它已设定的参数和远端的发送器进行交流以保证发送和接收的匹配。比如,每个接收器将与远端的发送器进行通信以告之每个 DMT 子载波所调制的比特数、相对功率电平、消息和最后净负荷的传输速率。为保证系统获得最优化的性能,所有参数的设定将基于收发器训练和信道分析过程所获得的结果。

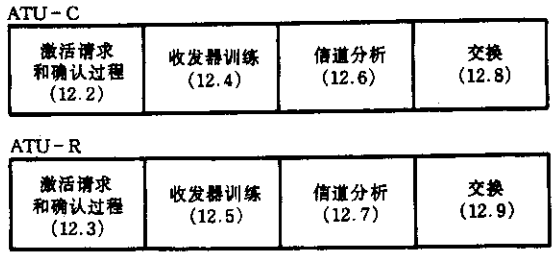


图 29　初始化过程

信道传输特性参数的确定和建立需要每个收发器发送一系列的初始化信号并对对端发送的信号进行响应。本章将对这些信号进行描述，并规定每个信号开始和结束的时间。

一次成功的初始化过程发送的上行和下行信号的顺序见图 30～33 所示。收发器在收到一特定信号后其状态将发生转变。例如，在图 32 中，ATU－R 在收到信号 C－CRC2 后，经过一段时延后将从 R－REVERB3 状态进入 R－SEGUE2 状态。

对信号的描述由三部分组成；

第一部分对发送器在某一状态输出信号的波形进行描述。

一个初始化信号的输出电压波形将采用图 2 所示的 DMT 发送器参考模型进行描述。图 2 不是对 DMT 发送器的规范或建议，它仅仅是一个模型以利于对 DMT 信号的波形作精确和简洁的描述。在图 2 中，X_k 是第 k 个 DMT 子载波(在频率域中定义)，x_k 是 IDFT 的第 k 个输出样值(在时域中定义)。图中的 DAC 和模拟信号处理模块将输入的离散数字信号进行数模转换并输出相应的模拟电压信号波形。对该模拟模块的规范可由 10.1 节间接得到。所有初始化信号波形可以通过产生该信号所需的子载波序列 X_{kn}来描述。DAC 和模拟信号处理模块特性的不同将导致同一初始化信号不同的时域波形，但是其 DMT 子载波序列必须完全符合本标准中 12.2 到 12.9 的规定。

第二部分用于描述信号发送所持续的时间，这个时间用 DMT 码元周期来定义，信号持续的时间可以是恒定的，也可以根据远端收发器的状态来确定。单个 DMT 码元周期按照是否加入循环前缀而定，有一些初始化信号含有循环前缀而另外一些信号没有。对于 ATU－C，在 C－SEGUE1 以前(包括 C－SEGUE1)发送的信号都没有循环前缀，从 C－RATES1 开始发送的信号都包含了循环前缀。类似的，对于 ATU－R，在 R－SEGUE1 以前(包括 R－SEGUE1)发送的信号都没有循环前缀，从 R－REVERB3 开始发送的信号都包含了循环前缀 。因此，信号持续的时间等于发送码元的数量乘以每个码元的实际码元周期。

第三部分用于描述确定下一状态的规则。

12.1.2　分离上下行信号的方法的透明性

生产厂家可自行确定是采用频分复用(FDM)还是回波抵销(EC)的办法来分离上下行信号。初始化过程为了保证不同实现方法的兼容性，规定了所有上下行控制信号处于 FDM 收发器将使用的适当但较窄的频带内，同时规定了 EC 收发器可训练其回波抵销器的时间区域。

12.1.3 在初始化过程及数据传输过程的重新启动

如果在初始化过程中发现错误或出现故障,或者在初始化过程各阶段超过其规定的时间上限,ATU－C 和 ATU－R 将分别回到初始状态 C－QUITE1 和 R－ACT－REQ 重新进行训练,另外,在数据传输过程中出现了错误系统也将进入重新训练状态。完整的状态转移图见附录 A。

12.2 ATU－C 激活和确认过程

一个主控制器将用来对 ATU－C 进行监控并跟踪 ATU－C 的状态,在激活过程中一旦发生错误或故障将使 ATU－C 返回 C－QUITE1 状态重新开始训练。激活和确认过程的时间顺序见图 30。

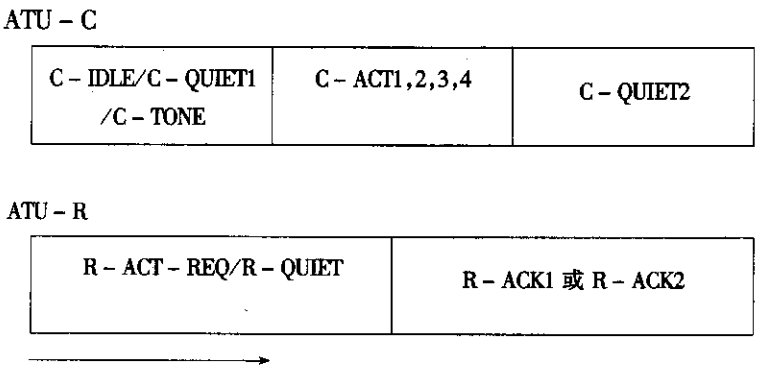


图 30 激活和确认过程的时间顺序

12.2.1 激活前状态

ATU－C 有 3 种激活前状态:

——C－QUIET1;

——C－IDLE;

——C－TONE;

这些状态之间的转化参考附录 A 和图 A1。

12.2.1.1 C－QUIET1

在系统加电后,经过一个可选的自检过程(注),ATU－C 进入 C－QUIET1 状态。

在收到主控制器发出的指令或 ATU－R 发送的 R－ACT－REQ 消息(R－ACT－REQ 由 128 个连续的 R－ACT－REQ 激活信号码元后跟静音码元组成)后,ATU－C 将进入 C－ACT 状态(见 12.2.2 节)。为保证 FDM 和 EC 系统间的兼容性,ATU－C 的发送器将保持 C－QUIET1 状态直到其接收器不再收到 R－ACT－REQ 消息(即:收到 R－QUIET 信号的第一个码元)。

另外,主控制器可发送指令要求 ATU－C 从 C－QUIET 状态进入 C－IDLE 状态。

注:QUIET 和 IDLE 信号表示图 2 中 DAC 输出电压为 0。

12.2.1.2 C－IDLE

ATU－C 在收到主控制器的指令后可从 C－QUIET 状态进入 C－IDLE 状态。在 C－QUIET 状态,ATU－C 接收器必须对 R－ACT－REQ 消息作出响应,而在 C－IDLE 状态,ATU－C 接收器可忽略该信号。

在 C－IDLE 状态如收到 R－ACT－REQ 信号，主控制器可要求 ATU－C 进入 C－TONE 状态。

ATU－C 将维持 C－IDLE 状态直到主控制器发出进入 C－TONE、C－QUIET1、C－ACT 或 C－SELFTEST 的指令。

注：C－SELFTEST 由厂家自行定义。

12.2.1.3 C－TONE

ATU－C 发送 C－TONE 消息请求 ATU－R 不要再发送 R－ACT－REQ 消息。C－TONE 是一正弦信号。$f_{C-TONE}=310.5kHz$。

C－TONE 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 72, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{C-TONE}, k=72\end{cases}$$

A_{C-TONE}有连续 128 个码元组成，其中前 64 个码元的发送功率电平为－4dBm，后 64 个码元的发送功率电平为－28dBm，该信号无循环前缀，发送完 C－TONE 信号后进入 C－IDLE 状态。

12.2.2 C－Activate

为保证 FDM 和 EC 系统之间的互操作性及不同厂家设备之间的兼容，ADSL 定义了 4 个激活信号，它们分别是 C－ACT1～C－ACT4，这 4 个信号用来区别不同系统对环路的定时及作为导频的不同要求，ATU－C 只能发送这四个信号中的一个。

环路定时用于将本地 ADC 的时钟与接收信号（即另一侧 DAC 的时钟）锁定，同时锁定本地 DAC 和 ADC 的时钟。在两个 ADSL 收发器中只可有一个用来进行环路定时。

12.2.2.1 C－ACT1

当由 ATU－C 进行环路定时并且在 R－QUIET3/R－PILOT1 期间不接收导频信号时，ATU－C 发送 C－ACT1 信号建立与 ATU－R 的通信链路。

C－ACT1 是一正弦信号。$f_{C-ACT1}=207kHz$。

C－ACT1 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 48, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{C-ACT1}, k=48\end{cases}$$

A_{C-ACT1}由连续 128 个码元组成，其中前 64 个码元的发送功率电平为－4dBm，后 64 个码元的发送功率电平为－28dBm，该信号无循环前缀，发送完 C－ACT1 信号后进入 C－QUIET2 状态。

12.2.2.2 C－ACT2

当 ATU－C 不进行环路定时并且在 R－QUIET3/R－PILOT1 期间不接收导频信号时，ATU－C 发送 C－ACT2 信号建立与 ATU－R 的通信链路。

C－ACT2 是一正弦信号。$f_{C-ACT1}=189.75kHz$。

C－ACT2 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 44, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{C-ACT2}, k=44\end{cases}$$

C－ACT2 的电平和持续时间应与 C－ACT1 相同。发送完 C－ACT2 信号后进入 C－QUIET2 状态。

12.2.2.3 C－ACT3

当由 ATU－C 进行环路定时并且在 R－QUIET3/R－PILOT1 期间需要 ATU－R 发送导频信号时，ATU－C 发送 C－ACT3 信号建立与 ATU－R 的通信链路。ATU－R 是否发送 R－PILOT1 信号由 ATU－R 的生产厂家自行决定。

C－ACT3 是一正弦信号。$f_{C-ACT3}=224.25kHz$。

C－ACT3 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 52, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{C-ACT3}, k=52\end{cases}$$

C－ACT3 的电平和持续时间应与 C－ACT1 相同。

12.2.2.4 C－ACT4

当 ATU－C 不进行环路定时并且在 R－QUIET3/R－PILOT1 期间需要 ATU－R 发送导频信号时，ATU－C 发送 C－ACT4 信号建立与 ATU－R 的通信链路。ATU－R 是否发送 R－PILOT1 信号由 ATU－R 的生产厂家自行决定。

C－ACT4 是一正弦信号。$f_{C-ACT4}=258.75kHz$。

C－ACT4 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 60, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{C-ACT4}, k=60\end{cases}$$

C－ACT4 的电平和持续时间应与 C－ACT1 相同。

12.2.3 C－QUIET2

进入 C－QUIET2 状态的目的是允许 ATU－C 接收 R－ACK1 信号而不需要对回波抵销器进行训练，C－QUIET2 将持续 128 个码元。

在 C－QUIET2 状态之后，ATU－C 将进入下列三种状态中的某一状态：

C－REVEILLE：如果 ATU－C 检测到 R－ACK 信号，将转入 C－REVEILLE 状态。如果 ATU－C 在少于 128 个码元周期内即检测到 R－ACK 信号，C－QUIET2 状态仍将维持其 128 码元的全长。

C－ACT：如果 ATU－C 没有检测到 R－ACK 信号，并且 ATU－C 进入 C－ACT 状态的次数没有超过两次，ATU－C 将进入 C－ACT 状态。（系统通过一个计数器对 ATU－C 从 C－QUIET2 状态转入 C－ACT 的次数进行累计，ATU－C 一旦进入 C－QUIET1 状态该计数器将复位。）

C－QUIET1：如果 ATU－C 没有检测到 R－ACK 信号并且进入 C－ACT 状态的次数达到了两次，它将返回 C－QUIET1 状态。

12.3 ATU－R 激活和确认过程

和 ATU－C 一样，一个主控制器被用来对 ATU－R 进行监控并跟踪 ATU－R 的状态，在激活过程中一旦发生错误或故障将 ATU－R 返回 R－ACT－REQ 状态 。

12.3.1 R－ACT－REQ

当 ATU－R 需建立与 ATU－C 的通信链路时要用到 R－ACT－REQ 信号（比如，当

ATU－R 处的用户有业务需求时)，R－ACT－REQ 在 ATU－R 上电并自检成功后发送。

R－ACT－REQ 是一正弦信号。$f_{R-ACT-REQ}=34.5kHz$。

R－ACT－REQ 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 8, 0\leqslant k\leqslant 32\\ A_{R-ACT-REQ}, k=48\end{cases}$$

A_{C-ACT4}由连续 1024 个码元组成，其中前 64 个码元的发送功率电平为－2dBm，紧接的 64 个码元的发送功率电平为－22dBm，最后的 896 个码元 $A_{R-ACT-REQ}=0$。

ATU－R 将持续发送 R－ACT－REQ 信号直到：

——在检测到 ATU－C 发送的 C－ACT 信号后，进入 R－ACK 状态；

——在检测到 ATU－C 发送的 C－TONE 信号后，进入 R－QUIET1 状态。

12.3.2　R－QUIET1

R－QUIET1 状态是否保持将取决于 ATU－R 是否检测到 C－ACT：

——如检测到 ATU－C 发送的 C－ACT 信号，ATU－R 立即转入 R－ACK 状态；

——如没有检测到 C－ACT 信号，ATU－R 将保持静默(quiet)状态 240000 个码元周期(约 60 秒)，然后重新开始发送 R－ACT－REQ。

12.3.3　R－Acknowledge

ATU－R 发送 R－Acknowledge 作为对收到 ATU－C 发送的 C－ACT 的确认，从而继续与 ATU－C 通信链路的建立过程。系统定义了三种确认信号，其中对 R－ACK1 和 R－ACK2 信号作出了规定，而 R－ACK3 有待研究。

12.3.3.1　R－ACK1

R－ACK1 表明 ATU－R 在 C－QUIET3、C－QUIET4 和 C－QUIET5 状态不接收导频信号。

R－ACK1 是一正弦信号。$f_{R-ACK1}=43.125kHz$。

R－ACK1 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 10, 0\leqslant k\leqslant 32\\ A_{R-ACK1}, k=10\end{cases}$$

A_{R-ACK1}有连续 128 个码元组成，其中前 64 个码元的发送功率电平为－2dBm，后 64 个码元的发送功率电平为－22dBm，该信号无循环前缀，发送完 R－ACK1 信号后进入 R－QUIET2 状态。

12.3.3.2　R－ACK2

R－ACK2 表明 ATU－R 在 C－QUIET3、C－QUIET4 和 C－QUIET5 状态需要导频信号。

R－ACK2 是一正弦信号。$f_{R-ACK2}=51.75kHz$。

R－ACK2 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 12, 0\leqslant k\leqslant 32\\ A_{R-ACK2}, k=12\end{cases}$$

R－ACK2 的电平和持续时间应与 R－ACK1 相同。

12.3.3.3　R－ACK3

R－ACK3 保留给将来使用。

R－ACK3 是一正弦信号。$f_{R-ACK3}=60.375kHz$。

R－ACK3 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 14, 0\leqslant k\leqslant 32\\ A_{R-ACK3}, k=14\end{cases}$$

R－ACK3 的电平和持续时间应与 R－ACK1 相同。

12.4 ATU－C 收发器训练

本节和 12.5 节将分别对 ATU－C 和 ATU－R 在进行收发器训练时发送的信号进行描述。ATU－C 和 ATU－R 共同进行收发器训练的同步过程是从发送 R－REVERB1 信号开始，并通过两个收发器对码元的计数的方法使整个训练过程中一直保持同步。这样，C－REVEILLE 总是和 R－QUIET2 保持吻合，C－QUIET 或 C－PILOT3 总和 R－ECT 保持吻合，如此等等。

ATU-C

C-REVEILIE	C-QUIET3 或 C-PILOT1	C-REVERB1	C-QUIET4 或 C-PILOT2	C-ECT	C-REVERB2	C-QUIET5 或 C-PILOT3	C-REVERB3

ATU-R

R-QUIET2	R-REVERB1	R-QUIET3 或 R-PILOT1	R-ECT	R-REVERB2

时间——→

图 31　收发器训练流程图

12.4.1　C－REVEILLE

C－REVEILLE 是一正弦信号。$f_{C-REVEILLE}=241.5kHz$。

C－REVEILLE 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 56, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{C-REVEILLE}, k=56\end{cases}$$

$A_{C-REVEILLE}$由连续的 128 个码元组成，其中前 64 个码元的发送功率电平为－4dBm，后 64 个码元的发送功率电平为－28dBm，该信号无循环前缀。C－REVEILLE 作为 ATU－C 对检测到 R－ACK 信号的响应，这时 ATU－C 将转入 C－QUIET3 或 C－PILOT1 状态。

ATU－C 如检测到 R－ACK1 信号将进入 C－QUIET3 状态，如检测到 R－ACK2 信号将进入 C－PILOT 状态。

12.4.2　C－QUIET3

在 C－QUIET3 或 C－PILOT 状态，ATU－C 对接收的 R－REVERB1 上行信号的 7－18 子载波的功率进行测量，从而计算出下行信号的功率谱密度(PSD)。

在检测到 R－REVERB1 的第一个码元时，ATU－C 将启动一个定时器，从而保证了 ATU－C 和 ATU－R 在进行状态转移时能保持同步。在经过 512 个码元周期后 ATU－C 进入 C－REVERB1 状态，因此 C－QUIET3 状态至少要持续 512 个码元周期。如果加上环

路时延和信号处理及 ATU－R 检测 C－QUIET3 并发送 R－REVERB1 响应的时间，实际 C－QUIET3 保持时间将超过这个数。

C－QUIET3 状态后紧接着的是 C－REVERB1 状态。

12.4.3 C－PILOT1

C－PILOT1 是一正弦信号。$f_{C-PILOT1}=276kHz$。

C－PILOT1 如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 64, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{C-PILOT1}, k=64\end{cases}$$

C－PILOT1 信号的传输功率电平为－4dBm。

C－QUIET3 状态后紧接着的是 C－REVERB1 状态。

C－PILOT1 持续时间和 C－QUIET3 相同。

12.4.4 C－REVERB1

C－REVERB1 信号可使 ATU－R 调整其自动增益控制(AGC)，C－REVERB1 信号采用伪随机序列(PRD)，定义如下：

$d_n(n=1\sim 512)$

$d_n=1 \qquad n=1\sim 9$

$d_n=d_{n-4}\oplus d_{n-9} \qquad n=10\sim 512$

这些比特定义如下：第 1 对比特(d_1 和 d_2)作为 DC 和 Nyquist 子载波，接下来的每对比特的第 1 和第 2 比特用来定义 X_i 和 Y_i：

d_{2i+1}	d_{2i+2}	X_i	Y_i
0	0	+	+
0	1	+	－
1	0	－	+
1	1	－	－

注：

1. 该伪随机序列的周期为 511bit，所以 $d_{512}=d_1$。

2. C－REVERB1 的每个码元都重新初始化 $d_1\sim d_9$，所以 C－REVERB1 的每个码元含有的信息都相同。

第 129 和 130 比特将调制导频载波(编号为 64)，这两个比特置为 0。

C－REVERB1 的标称功率谱密度为－40dBm/Hz，如果在第 7～18 子载波上测得的整个上行信号的功率大于 3dBm，那么 C－REVERB1 及以后发送的下行信号的功率谱密度定义如下：

上行信号的功率	<3	4	5	6	7	8	9	dBm
下行信号的最大功率谱密度	－40	－42	－44	－46	－48	－50	－52	dBm/Hz

C－REVERB1 的持续时间为 512 码元，不加循环前缀。在 C－REVERB1 状态之后，ATU－C 如检测到 R－ACK1 信号将进入 C－QUIET4 状态，如检测到 R－ACK2 信号将进入 C－PILOT2 状态。

12.4.5 C－QUIET4

C－QUIET4 持续时间为 3072 个码元，C－QUIET4 状态后紧接着的是 C－ECT 状态。

12.4.6 C－PILOT2

C－PILOT2 信号和 C－PILOT1 信号相同，持续时间为 3072 个码元。

12.4.7 C－ECT

C－ECT 是一个由厂家定义的信号，在 ATU－C 中用于对回波抵销器进行训练，而做 FDM 系统的厂家可自行定义 C－ECT，C－ECT 状态的持续时间为 512 个码元。ATU－R 的接收器可不对该信号作出响应。

C－ECT 状态后紧接着的是 C－REVERB2 状态。

12.4.8 C－REVERB2

C－REVERB2 信号用于 ATU－R 接收器进行同步和均衡器训练。C－REVERB2 信号和 C－REVERB1 信号相同，C－REVERB2 信号的持续时间为 1536 个码元，不带循环前缀。ATU－C 如收到 R－ACK1 信号，则转入 C－QUIET5 状态，如收到 R－ACK2 信号，则转入 C－PILOT3 信号。

12.4.9 C－QUIET5

C－QUIET5 的持续时间为 512 个码元。C－QUIET5 状态后紧接着的是 C－REVERB3 状态。

12.4.10 C－PILOT3

C－PILOT3 和 C－PILOT1 类似。

12.4.11 C－REVERB3

C－REVERB3 是第二个训练信号，用于 ATU－R 接收器进行或维持系统同步和对均衡器进行训练。C－REVERB3 和 C－REVERB2 类似。C－REVERB3 的持续时间为 1024 个码元，不加循环前缀。该状态是收发器训练过程的最后阶段。C－REVERB3 后紧接的是 C－SEGUE1。

12.5 ATU－R 收发器训练

12.5.1 R－QUIET2

R－QUIET2 的最小持续时间为 128 个 DMT 码元，ATU－R 在检测到 C－REVEILLE 的全部信号以及紧接着的 C－QUIET3 或 C－PILOT1 信号中需进行可靠检测的部分后将进入 R－REVERB1 状态，检测这些信号的时间不能超过 128 个码元，否则 ATU－R 将返回 R－ACT－REQ 状态。

12.5.2 R－REVERB1

发送 R－REVERB1 信号的目的是为了 ATU－C：

——对上行信号的功率进行测量以调整 ATU－C 发送功率电平；

——调整其接收器增益控制；

——对接收器进行同步并对均衡器进行训练。

R－REVERB1 信号为一伪随机序列，其表达式见 7.9.3 节。

R－REVERB1 及以后发送的上行信号的标称功率谱密度为－38dBm/Hz。

R－REVERB1 是一个周期性信号，不带循环前缀，其持续时间为 4096 个码元，第一个

512 码元在时间上应与 C－QUIET3 或 C－PILOT1 吻合，第二个 512 码元在时间上应与 C－REVERB1 吻合，剩余的 3072 个码元在时间上应与 C－QUIET4 或 C－PILOT2 吻合。

ATU－R 如检测到 C－ACT1 或 C－ACT2 信号将进入 R－QUIET3 状态；如检测到 C－ACT3 或 C－ACT4 信号可由厂家定义是进入 R－PILOT1 还是 R－QUIET3 状态。

12.5.3 R－QUIET3

R－QUIET3 的标称持续时间为 2048 个码元，其中前 512 个码元在时间上应和 C－ECT 吻合，接下来的 1536 码元应和 C－REVERB2 信号吻合。为了保证发送端和接收端的帧校准。R－QUIET3 可按照 4 的倍数减少其码元长度。R－QUIET3 后紧接的是 R－ECT。

12.5.4 R－PILOT1

R－PILOT1 是一正弦信号。$f_{R-PILOT1}=69kHz$。

R－PILOT1 定义如下：

$$X_k=\begin{cases}0, k\neq 16, 0\leqslant k\leqslant 256\\ A_{R-PILOT1}, k=16\end{cases}$$

R－PILOT1 的发送功率为－2dBm。

R－PILOT1 的持续时间与 R－QUIET3 一致，R－PILOT1 后紧接的是 R－ECT。

12.5.5 R－ECT

R－ECT 和 C－ECT 相似，是一个由厂家自己定义的信号用于 ATU－R 对回波抵销器进行训练。R－ECT 的持续时间为 512 个 DMT 码元。ATU－C 接收器将忽略该信号。R－ECT 后紧接的是 R－REVERB2。

12.5.6 R－REVERB2

R－REVERB2 和 R－REVERB1 相同，用于 ATU－C 进行定时恢复及接收器的均衡训练。

R－REVERB2 的持续时间为 1024 码元，该信号是收发器训练的最后阶段。ATU－R 随后将进入信道分析阶段，并开始发送 R－SEGUE1。

12.6 信道分析(ATU－C)

系统的初始化过程在进入信道分析阶段后，ATU－C 和 ATU－R 之间的同步在进入 R－REVERB3 后将被打破。在该阶段如果 CRC 校验码表明数据中出现错误，ATU－C 将返回 C－QUIET1 状态。

12.6.1 C－SEGUE1

除了导频信号，C－SEGUE1 是由 C－REVERB1 信号经过 180°相位变换得到，C－SEGUE1的持续时间为 10 个码元，在 C－SEGUE1 后，ATU－C 将进入 C－RATES1 状态。

12.6.2 C－RATES1

C－RATES1 信号是 ATU－C 发送的第一个带循环前缀的信号。发送 C－RATES1 的目的是为了将包含信号传输速率和格式的 4 种选项传送给 ATU－R，每个选项由 3 部分组成：

——B_F 列出了 AS0，AS1，AS2，AS3，LS0，LS1，LS2，LS0(上行)，LS1(上行)，LS2(上行)每个信道在快速缓存内字节的数目，B_F 共有 80(＝10×8)个比特，B_F 的第一个 8 比特规定了 AS0 信道字节的数量，以此类推。B_F 的每个字节都是 LSB 比特先行发送。

——和 B_F 类似，B_I 列出了在交织缓存内字节的数目；

——$\{R_F, R_I, S, I, \mathrm{FS(LS2)}\}$ 由 10 个字节组成：

ATU-C

C-SEGUE1	C-RATES1, C-CRC1 C-MSGS1, C-CRC2	C-MEDLEY	C-REVERB4

ATU-R

R-SEGUE1	R-REVERB3	R-SEGUE2	R-RATES1, R-CRC1 R-MSGS1, R-CRC2	R-MEDLEY	R-REVERB4

时间——→

图 32　信道分析过程

R_F 表示在快速缓存每个码元奇偶字节的数量(下行)；

R_I 表示在交织缓存每个码元奇偶字节的数量(下行)；

S 表示每个码字(codeword)码元的数量(下行)；

I 表示交织缓存的交织深度(下行)；

FS(LS2)表示在 LS2 信道业务承载传输的帧长度；

在上行方向上相同的 5 个参数 $\{R_F, R_I, S, I, \mathrm{FS(LS2)}\}$(每个参数一个字节)。

这 4 个选项按照递减的优选序发送，C－RATES 信号有 4 个字节的前缀－[01010101 01010101 01010101 01010101]。图 33 对 C－RATES1 和 R－RATES1(见 12.7.4 节)作了具体描述。

C－RATES1	前缀	选项 1			选项 2			选项 3			选项 4		
		B_F	B_I	RRSI	B_F	B_I	RRSI	B_F	B_I	RRSI	B_F	B_I	RRSI
字节数量	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

R－RATES1	前缀	选项 1			选项 2			选项 3			选项 4		
		B_F	B_I	RRSI	B_F	B_I	RRSI	B_F	B_I	RRSI	B_F	B_I	RRSI
字节数量	4	3	3	5	3	3	5	3	3	5	3	3	5

图 33　C－RATES1 和 R－RATES1 信号

C－RATES1 的每个码元只传送 1 个比特的信息，其中“0”比特被编入 C－REVERB1 的一个码元中，而“1”比特被编入 C－SEGUE1 的一个码元中。C－RATES1 共有 992 比特信息，因此 C－RATES1 的持续时间为 992 个码元，这 992 个比特将按照图 33 所示的顺序先低位后高位地传送。在 C－RATES1 之后，ATU－C 将进入 C－CRC1 状态。

12.6.3　C－CRC1

C－CRC1 为循环冗余校验码，ATU－R 通过 C－CRC1 对接收的 C－RATES1 信号进行差错检验。CRC 码是从 C－RATES1 比特通过下列多项式得到：

$$c(D) = a(D)D^{16} \bmod g(D)$$

这里

$$a(D) = a_0D^{959} \oplus a_1D^{958} \cdots \oplus a_{959}$$

其中：$a_0, a_1 \cdots a_{959}$是 C－RATES1 信号中的 960 个比特，a_0 是 C－RATES1 信号第一字节中 LSB 比特

$g(D) = D^{16} \oplus D^{12} \oplus D^5 \oplus 1$ 是 CRC 发生器多项式，

$c(D) = c_0D^{15} \oplus c_1D^{14} \cdots \oplus c_{14}D \oplus c_{15}$是 CRC 校验多项式。

$c_0 \cdots c_{15}$采用 12.6.2 节的方法在 16 个码元周期内发送（c_0 先 c_{15}后），在 C－CRC1 之后，ATU－C 将进入 C－MSGS1 状态。

12.6.4　C－MSGS1

C－MSGS1 发送 48 比特信息给 ATU－R，这 48 个比特包括厂家鉴别，ATU－C 发送功率，格型编码（可选），回波抵销器（可选）等信息，该信息 m 定义如下：

$$m = \{m_{47}, \cdots m_{30} \cdots m_1, m_0\},\ m_0 \text{ 先发送。}$$

这 48 个比特在 48 个码元周期内发送，编码的方法见 12.6.2 节，在 C－MSGS1 之后，ATU－C 将进入 C－CRC2 状态。

表 32　C－MSGS1 的 48 个比特安排

比特	参　　数
47～44	保留给将来使用
43～28	厂家标识符
27,26	保留给将来使用
25～18	版本号
17	星座编码选项
16	回波抵销选项
15,14	保留给将来使用
13,12	最大发送 PSD
11,10,9	保留给将来使用
8,7,6	在初始化阶段发送的 PSD
5,4	保留给将来使用
3～0	每个子载波可支持的最多比特数

注：
1）所有留给将来使用的比特都置为 0；
2）在每个域中 LSB 有最小的下标。

12.6.4.1　厂家标识符——第 43～28 比特

厂家标识符 ID 采用二进制编码。目前 ADSL 定义了 37 种码，具体内容参考附录 C，第 47～44 比特保留给将来用于鉴别更多的厂家。

12.6.4.2 版本号——第 25～18 比特

为了保证将来设备的升级，ADSL 中为厂家预留了 6 个比特用于表示设备的版本号。当 ATU－C 和带有同一厂家标识符 ID 的 ATU－R 相连时，可简化设备升级、诊断、维护等过程。

12.6.4.3 星座编码选项——第 17 比特

$m_{17}=0$ 表示设备不能进行格形编码，$m_{17}=1$ 表示设备可进行格形编码。

12.6.4.4 回波抵销选项——第 16 比特

$m_{16}=0$ 表示收发器不进行回波抵销，$m_{16}=1$ 表示收发器要进行回波抵销。

12.6.4.5 最大发送功率谱密度(PSD)——第 13、12 比特

m_{13}	m_{12}	最大功率谱密度(dBm/Hz)
1	1	－34
1	0	－36
0	1	－38
0	0	－40

12.6.4.6 在初始化阶段发送功率谱密度(PSD)

m_8	m_7	m_6	功率谱密度(dBm/Hz)
1	1	1	－40
1	1	0	－42
1	0	1	－44
1	0	0	－46
0	1	1	－48
0	1	0	－50
0	0	1	－52

12.6.4.7 每个 DMT 子载波可支持的最大比特数——第 3～0 比特

下行方向每个 DMT 子载波可支持的最大比特数 $N_{downmax}$ 通过 $\{m_3 \sim m_0\}$ 比特编码的常规二进制表达式来表示(如：1101＝13)。

对于其接收器可支持的上行信号每个 DMT 子载波可调制的最大比特数，ATU－C 不专门发送信号通知 ATU－R。该信息隐含在信道分析阶段之后发送的比特和增益信息及 C－B&G 信号中。

12.6.5 C－CRC2

C－CRC2 为循环冗余校验码，ATU－R 通过 C－CRC2 对接收的 C－MSGS1 信号进行差错检验，CRC 码采用的多项式见 12.6.3 节，这 16 个比特将在 16 个码元周期内发送，在 C－CRC2 状态之后，ATU－C 将进入 C－MEDLEY 状态。

12.6.6 C－MEDLEY

C－MEDLEY 为宽带伪随机信号，ATU－R 通过 C－MEDLEY 对下行信号的 SNR 进行估计。发送的数据应来自伪随机序列(PRD)并按 6.9.3 和 12.4.4 调制。但是与 C－RE-

VERB1 不同的是数据序列在连续码元间是连续的(即 d_1 和 d_9 不必对每个码元重新初始化);由于 PRD 长度为 511 并且每个码元使用 512 个比特,所以用于 C - MEDLEY 的子载波向量在从一个码元周期进入到下一个码元周期时要改变。导频子载波由(+,+)信号星座改写。

C - MEDLEY 应发送 16384 个码元周期。在 C - MEDLEY 之后,ATU - C 应进入 C - REVERB4 状态。

12.6.7 C - REVERB4

C - REVERB4 类似于 C - REVERB2 信号,唯一的不同是 C - REVERB4 的每个码元都加了循环前缀,C - REVERB4 将一直持续到交换阶段(exchange),其持续时间是不固定的,C - REVERB4 的超时特征在 12.8.1 节规定。

12.7 信道分析——ATU - R

在信道分析阶段,ATU - R 在超时或接收的数据中发现错误这两种情况下将重新回到 R - ACT - REQ 状态。当 R - REVERB3 持续时间超过 4000 个码元限制则表示系统出现超时,如果接收的控制数据中任何 CRC 校验位出现差错,则表示系统出现错误。

12.7.1 R - SEGUE1

除了导频,R - SEGUE1 是通过 R - REVERB1 信号 180°相位变换得到,R - REVERB1 的持续时间为 10 个码元,在 R - SEGUE1 后,ATU - R 将进入 R - REVERB3 状态。

12.7.2 R - REVERB3

R - REVERB3 类似于 R - REVERB1 信号,唯一不同的是 R - REVERB3 的每个码元都加了循环前缀。R - REVERB3 的持续时间不固定但最多 4000 个码元,如果在 4000 个码元周期内没有检测到 C - SEGUE1,ATU - R 将超时而回到 R - ACT - REQ 状态,在检测到C - SEGUE1 信号到 C - CRC2 后,ATU - R 将继续发送 R - REVERB320 个码元周期然后进入 R - SEGUE2 状态。

12.7.3 R - SEGUE2

R - SEGUE2 信号和 R - SEGUE1 相同,R - SEGUE2 信号的持续时间为 10 个码元,在 R - SEGUE2 之后,ATU - R 将进入 R - RATES1 状态。

12.7.4 R - RATES1

发送 R - RATES1 信号的目的与 C - RATES1 相同,每个选项由三部分组成:

——B_F 列出了 LS0,LS1,LS2 每个信道在快速缓存内字节的数目,B_F 共有 24(3×8)个比特,B_F 的第一个 8 比特规定了 LS0 信道字节的数量,以此类推。B_F 的每个字节都是 LSB 比特先行发送。

——和 B_F 相似,B_I 列出了在交织缓存内字节的数目。

——{R_F,R_I,S,I,FS(LS2)}由 5 个字节组成:

R_F 表示在快速缓存每个码元奇偶字节的数量(上行);

R_I 表示在交织缓存每个码元奇偶字节的数量(上行);

S 表示每个码字(codeword)码元的数量(上行);

I 表示交织缓存的交织深度(上行);

FS(LS2)表示在 LS2 信道业务承载传输的帧大小。

这4个选项将按照递减的优选顺序发送，对R－RATES1和C－RATES1的描述见图33。ADSL通过ATU－C来控制数据传输速率，因此R－RATES1的信息是从C－RATES1信号中复制得到。

每个R－RATES码元只发送1个比特的信息，其中“0”比特被编入R－REVERB1的1个码元中，而“1”比特被编入R－SEGUE1的1个码元中。R－RATES1共有384比特信息，因此R－RATES1的持续时间为384个码元，这384个比特将按照图33所示的顺序传送。在R－RATES1之后，ATU－C将进入R－CRC1状态。

12.7.5 R－CRC1

R－CRC1为循环冗余校验码，用于ATU－R对接收的R－RATES1信号进行差错检验，CRC多项式$c(D)$和生成多项式$g(D)$与C－CRC1相同（见12.6.3节），$c_0 \sim c_{15}$这16个比特按照发送R－RATES1的方法在16个码元周期内发送（c_0先c_{15}后）。在R－CRC1之后，ATU－R将进入R－MSGS1状态。

12.7.6 R－RSMGS1

R－RSMSGS1传递48比特的信息给ATU－C，该消息包括厂家标识符、格型编码选项、回波抵销选项等，该消息m_i定义如下：

$$m = \{m_{47}, m_{46}, \cdots, m_1, m_0\}, \text{LSB} m_0 \text{最先发送。}$$

对m_i定义如表33，这48比特的信息将通过48个码元传送，其编码方法见12.6.2节，在R－MSGS1之后，ATU－R将进入R－CRC2状态。

表33 R－MSGS1的48个比特安排

比 特	参 数
47～44	保留给将来使用
43～28	厂家标识符
27,26	保留给将来使用
25～18	版本号
17	星座编码选项
16	回波抵销选项
15～4	保留给将来使用
3～0	每个子载波可支持的最多比特数

注：
1）所有留给将来使用的比特都置为0；
2.在每个域中LSB有最小的下标。

12.7.6.1 厂家标识符——第43～28比特

见12.6.4.1节。

12.7.6.2 版本号——第25～18比特

见 12.6.4.2 节。

12.7.6.3 星座编码选项——第 17 比特

$m_{17}=0$ 表示设备不能进行格形编码，$m_{17}=1$ 表示设备可进行格形编码。

12.7.6.4 回波抵销选项——第 16 比特

$m_{16}=0$ 表示收发器不进行回波抵销，每 $m_{16}=1$ 表示收发器要进行回波抵销。

12.7.6.5 每个 DMT 子载波可支持的最大比特数——第 3～0 比特

上行方向每个 DMT 子载波可支持的最大比特数 N_{upmax} 通过 $\{m_3 \sim m_0\}$ 4 比特编码的常规二进制表达式来表示(如：1101 = 13)

ATU－R 不专门发送信号，将其接收器可支持的下行信号中每个 DMT 子载波的最大比特数通知 ATU－C，该信息隐含在信道分析阶段之后发送的比特和增益信息及 C－B&G 中。

12.7.7 R－CRC2

R－CRC2 为循环冗余校验码，用于 ATU－C 对接收的 R－MSGS1 信号进行差错检验，CRC 多项式见 12.6.3 节，$c_0 \sim c_{15}$ 这 16 个比特按照 12.7.4 节的方法在 16 个码元周期内发送(c_0 先 c_{15} 后)。在 R－CRC2 之后，ATU－R 将进入 R－MEDLEY 状态。

12.7.8 R－MEDLEY

R－MEDLEY 是个宽带伪随机信号用于 ATU－C 对上行信号的 SNR 进行预测。发送的数据从 12.5.2 节的伪随机序列 PRU 中得到。因为该序列的长度为 63，所以每个码元含有 64 个比特。R－MEDLEY 的发送将持续 16384 个码元，在 R－MEDLEY 之后，ATU－R 将进入 R－REVERB4 状态。

12.7.9 R－REVERB4

R－REVERB4 与 R－REVERB3 相同，R－REVERB4 的持续时间为 128 个码元。该信号的发送标志着信道分析阶段的结束，ATU－R 将进入 R－SEGUE3 状态。

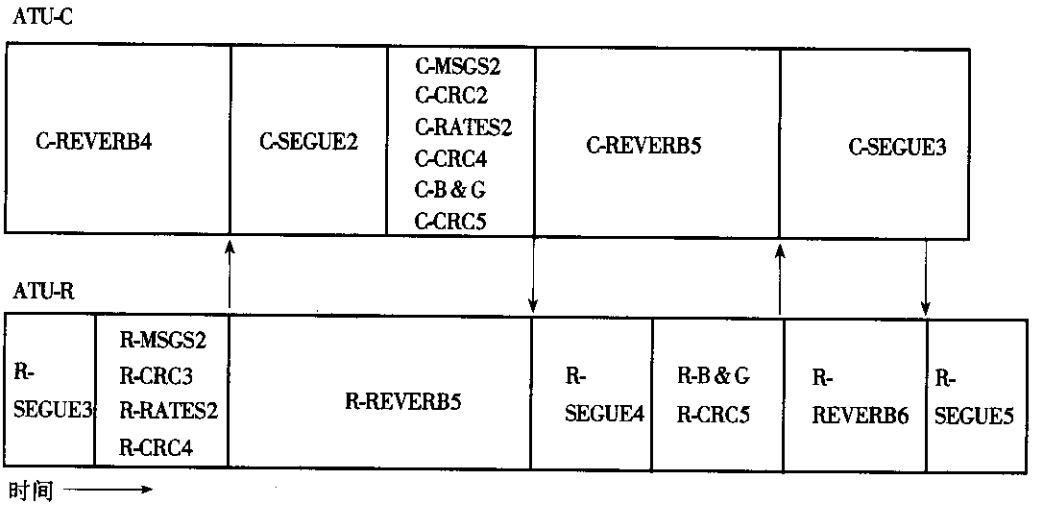


图 34 交换定时图

12.8 交换阶段——ATU－C

在交换阶段，ATU－C 出现超时或 crc 校验发现差错时将重新回到 C－QUIET1 状态。当交互过程的持续时间超过 4000 个码元限制则表示系统出现超时。

12.8.1 C－REVERB4

ATU－C 如果在 4000 个码元周期内未检测到 R－SEGUE3 信号，则因为超时而重新回到 C－QUIET1 状态。在检测到 R－SEGUE3、R－MSGS2、R－CRC3、R－RATES2 和 R－CRC4 信号后，ATU－C 将继续发送 C－REVERB4 80 个码元周期然后进入 C－SEGUE2 状态。

12.8.2 C－SEGUE2

C－SEGUE2 和 C－SEGUE1 相同(见 12.6.1 节)。C－SEGUE2 的持续时间为 10 个码元。在 C－SEGUE2 之后，ATU－C 将进入 C－MSGS2 状态。

12.8.3 C－MSGS2

C－MSGS2 将传递 32 比特的信息给 ATU－R，在该消息中包含每个码元支持的比特数量、上行环路衰减估值等内容。该消息 m_i 定义如下：

$m = \{m_{31}、m_{30}、\cdots\cdots m_1、m_0\}$，其中 m_0 最先发送。对 m_i 的具体描述见表 34。

表 34 MSGS2 信号的 32 比特分配

比 特	参 数
31～26	平均环路衰减估值
25～21	保留给将来使用
20～16	选定速率的性能容限
15～9	保留给将来使用
8～0	支持的比特数量

注：
1) 所有保留给将来使用的比特都暂置为 0；
2) 在每个域中 LSB 有最小的下标。

这 32 比特的信息将通过 4 个码元传送，所以每个码元支持 8 个比特。

12.8.3.1 平均上行环路衰减估值

在交换阶段(exchange)，ATU－C 将对上行收到的增益进行估算从而计算出每个音频的 SNR 以及环路的平均衰减。该值的 2 倍在 C－MSGS2 的第 31～26 比特用二进制表示(例：如平均衰减为 16.5dB，则 $\{m_{31} \sim m_{26}\} = 100001$)。

12.8.3.2 选定速率的性能容限

ATU－C 将通过 ATU－R 发送的 R－RATES1 信号对每个速率选项的性能容限进行计算，并根据一最满意的值选定一种传输速率。该容限值通过 C－MSGS2 的第 20～16 比特表示(例：如该容限为 9dB，则 $\{m_{20} \sim m_{16}\} = 01001$)。

12.8.3.3 每个码元支持的比特数

ATU－C 接收器将计算出在误码率为 10^{-7}、性能容限为 6dB 的情况下上行信道每个码元可支持的最多比特数。该数通过 C－MSGS2 的第 8～0 比特表示(例:如该值为 127(传输速率为 508kb/s),则 $\{m_8 - m_0\} = 001111111$)。

12.8.4 C－CRC3

C－CRC3 为循环冗余校验码,用于 ATU－R 对接收的 C－MSGS2 信号进行差错检验。CRC 多项式 $c(D)$和生成多项式 $g(D)$与 C－CRC1 相同(见 12.6.3 节),这些检验比特将采用 12.8.3 节的方法在 2 个码元周期内发送。在 C－CRC3 之后,ATU－C 将进入 C－RATES2 状态。

12.8.5 C－RATES2

C－RATES2 是对 R－RATES1 的响应(见 12.7.4 节)。它将把在 R－RATES2 信号中的下行信号传送速率信息和根据上行信道的 SNR 得到的上行信号最高传送速率联系起来,并最后确定在两个方向上的传送速率。C－RATES2 的长度为 8 个比特,其编码方式见表 35。如果这些选项中没有一个得到实现,ATU－C 则发送所有选项失败(all－options－fail)码给 ATU－R 并回到 C－QUIET1 状态重新进行训练。这 8 个比特将采用 12.8.3 节的方法在一个码元中传送,在 C－RATES2 之后,ATU－C 将进入 C－CRC4 状态。

表 35 C－RATES2 的比特图案

(下行、上行)	C－RATES2 比特图案(高位在前)
(选项 1、选项 1)	00010001
(选项 1、选项 2)	00010010
(选项 1、选项 3)	00010100
(选项 1、选项 4)	00011000
(选项 2、选项 1)	00100001
(选项 2、选项 2)	00100010
(选项 2、选项 3)	00100100
(选项 2、选项 4)	00101000
(选项 3、选项 1)	01000001
(选项 3、选项 2)	01000010
(选项 3、选项 3)	01000100
(选项 3、选项 4)	01001000
(选项 4、选项 1)	10000001
(选项 4、选项 2)	10000010
(选项 4、选项 3)	10000100
(选项 4、选项 4)	10001000

续表 35

(下行、上行)	C－RATES2 比特图案(高位在前)
所有选项失败	00000000
注:所有未定义的比特图案都留待将来使用。	

12.8.6 C－CRC4

C－CRC4 为循环冗余校验码,用于 ATU－R 对接收的 C－RATES2 信号进行差错检验。C－CRC4 与 C－RATES2 的关系和 C－CRC3 与 C－MSGS2 的关系相同。在 C－CRC4 之后,ATU－C 将进入 C－B&G 状态。

12.8.7 C－B&G

C－B&G 用于将与上行子载波有关的比特和增益信息$\{b_1, g_1, b_2, g_2 \cdots\cdots b_{31}, g_{31}\}$传递给 ATU－R。$b_i$ 表示 ATU－R 发送器在第 i 个上行子载波编码传送的比特数。g_i 表示增益因子,该因子是一个相对值,相当于与在发送 R－MEDLEY 信号过程中第 i 个子载波电平的增益的比值。在直流 DC 或半抽样频率的子载波上不调制任何比特,所以 b_0、g_0、b_{32}、g_{32}都置为 0 不发送。

b_i 是一个 4 比特无符号整数,b_i 的取值介于 0 和 N_{upmax}之间,N_{upmax}表示 ATU－R 在任意一个子载波上可调制的最大比特数,见 R－MSGS1。

g_i 是一个 12 比特的无符号的定点二进制数,小数点安排在第三 *MSB* 的右边。如果 g_i = 01000000 0000,则表示 $g_i = 2$,相当于比 R－MEDLEY 相同子载波功率大 6dB。

对于那些不传送任何数据同时接收器不分配比特的子载波(如带外信号),b_i 和 g_i 都置为 0(二进制为 0000 和 00000000 0000)。对于那些当前不传送任何数据但接收器最后将分配比特的子载波,b_i 置为 0(二进制为 0000)、g_i 置为 1(二进制为 00100000 0000)。

C－B&G 共有 62 字节的信息,这些字节将采用 12.8.2 节的方法在 62 个码元周期内发送。在 C－B&G 之后,ATU－C 将进入 C－CRC5 状态。

12.8.8 C－CRC5

C－CRC5 为循环冗余校验码,用于 ATU－R 对接收的 C－B&G 信号进行差错检验。C－CRC4 和 C－B&G 的关系就如同 C－CRC3 与 C－MSGS2 的关系。在 C－CRC5 之后,ATU－C 将进入 C－REVERB5 状态。

12.8.9 C－REVERB5

C－REVERB5 和 C－REVERB4 相同,C－REVERB5 的持续时间取决于 ATU－R 的状态以及 ATU－C 内部的处理过程,ATU－C 将一直发送 C－REVERB5 直到 ATU－R 接收并检验了其可靠性同时在 R－B&G 中建立了下行比特和增益信息。ATU－C 在按照 R－B&G 中规定的条件准备发送信号时它将进入 C－SEGUE3 状态。

12.8.10 C－SEGUE3

C－SEGUE3 用来通知 ATU－R、ATU－C 将进入稳定状态－C－SHOWTIME。C－SEGUE3 和 C－SEGUE1 相同(见 12.6.1 节)。C－SEGUE3 的持续时间为 10 个码元,在 C－SEGUE3 之后,ATU－C 将完成初始化过程并进入 C－SHOWTIME 状态。

12.9 交换——ATU－R

在交换阶段 ATU－R 在超时或在接收的控制数据中检测到差错时将重新回到 R－ACT－REQ 状态。交换阶段是 ATU－C 和 ATU－R 之间的部分同步和部分交互的过程。当交互过程的持续时间超过 4000 个码元限制则表示系统出现超时。

12.9.1 R－SEGUE3

R－SEGUE3 和 R－SEGUE1 相同(见 12.7.1 节)。R－SEGUE3 的持续时间为 10 个码元。在 R－SEGUE3 之后，ATU－R 将进入 R－MSGS2 状态。

12.9.2 R－MSGS2

R－MSGS2 将传递 32 比特的信息给 ATU－C，在该消息中包含每个码元支持的比特数量、上行环路衰减估值等内容。该消息 m_i 定义如下：

$m = \{m_{31}、m_{30}、\cdots\cdots m_1、m_0\}$，其中 m_0 第一个发送。对 m_i 的具体描述见表 36。

表 36 R－MSGS2 信号的 32 比特分配

比 特	参 数
31～25	平均环路衰减估值
24～21	保留给将来使用
20～16	选定速率的性能容限
15～12	保留给将来使用
11～0	支持的比特数量

注：
1) 所有保留给将来使用的比特都暂置为 0；
2) 在每个域中 LSB 有最小的下标。

这 32 比特的信息将通过 4 个码元传送，也就是说每个码元传送 8 个比特信息。这 8 个比特将以 2 个比特为一组，采用 4QAM 调制通过第 6～9 号子载波传送。当然这 8 个比特也可用第 10～13 号备用的子载波传送。该 32 比特消息中的最低有效字节在 R－MSGS2 的第一个码元中发送，每个字节的最低 2 个有效比特通过第 6 或 10 号比特传送。在 R－MSGS2 之后，ATU－R 将进入 R－CRC3 状态。

12.9.2.1 平均上行环路衰减估值

在信道分析阶段 ATU－R 接收器将对下行收到的增益进行估算从而计算出每个音频的 SNR 以及环路的平均衰减。该值的 2 倍在 C－MSGS2 的第 31～25 比特用二进制表示(例：如平均衰减为 21.5dB，则 $\{m_{31} \sim m_{25}\} = 0101011$)。

12.9.2.2 选定速率的性能容限

ATU－R 将通过 ATU－C 发送的 C－RATES1 信号对每个速率选项的性能容限进行计算，并根据一最满意的值选定一种传输速率。该容限值通过 R－MSGS2 的第 20～16 比特表示(例：如该容限为 9dB，则 $\{m_{20} \sim m_{16}\} = 01001$)。

12.9.2.3 每个码元支持的比特数

ATU－R 接收器将计算出在误码率为 10^{-7}、性能容限为 6dB 的情况下上行信道每个码元可支持的最多比特数。该数通过 R－MSGS2 的第 11～0 比特表示(例:如该值为 1724(传输速率为 6896kb/s),则 $\{m_{11}-m_0\}=11010111100$)。

12.9.3 R－CRC3

R－CRC3 为循环冗余码,用于 ATU－C 对接收的 R－MSGS2 信号进行差错检验,CRC 多项式 c(D)和生成多项式 g(D)见 12.6.3 节。这些检验比特将采用 12.9.2 节的方法在 2 个码元周期内发送。在 R－CRC3 之后,ATU－C 将进入 R－RATES2 状态。

12.9.4 R－RATES2

R－RATES2 是对 C－RATES1 的响应信号,与 C－RATES1 信号不同的是,在 R－RATES 不列出 B_F、B_I 信息,ATU－R 只发送根据下行信道的 SNR 而确定的最高传输速率所支持的比特数。R－RATES2 的长度为 8 个比特,其编码方式见表 37。如果这些选项中没有一个得到实现,ATU－R 则发送所有选项失败(all－options－fail)码给 ATU－C 并回到 R－ACT－REQ 状态重新进行训练。这 8 个比特将采用 12.9.2 节的方法在一个码元中传送。在 R－RATES2 之后,ATU－R 将进入 R－CRC4 状态。

表 37 R－RATES2 的比特图案

下行	R－RATES2 比特图案(高位在前)
选项 1	00010001
选项 2	00100010
选项 3	01000100
选项 4	10001000
所有选项失败	00000000
注:所有未定义的比特图案都留待将来使用。	

12.9.5 R－CRC4

R－CRC4 为循环冗余校验码,用于 ATU－R 对接收的 R－RATES2 信号进行差错检验。R－CRC4 和 R－RATES2 的关系就如同 R－CRC3 与 R－MSGS2 的关系,在 R－CRC4 之后,ATU－R 将进入 R－REVERB5 状态。

12.9.6 R－REVERB5

R－REVERB5 和 R－REVERB3 相同,R－REVERB5 的持续时间取决于 ATU－C 的状态以及 ATU－R 内部的处理过程,ATU－R 将一直发送 R－REVERB5 直到 ATU－R 接收 C－B&G 中的上行比特和增益信息并检验了其可靠性。在接收了 C－CRC5 信号后,ATU－R 将继续发送 64 个码元周期的 R－REVERB5 信号,然后进入 R－SEGUE4 状态。如果它

在4000个码元周期内未检测到所有的控制信号，系统将超时并回到R－ACT－REQ状态。

12.9.7 R－SEGUE4

发送R－SEGUE4的目的是通知ATU－C ATU－R将进入R－B&G状态。R－SEGUE4与R－SEGUE3相同(见12.9.1节)。R－SEGUE4的持续时间为10个码元，在R－SEGUE4之后，ATU－R将进入R－B&G状态。

12.9.8 R－B&G

R－B&G用于将与下行子载波有关的比特和增益信息$\{b_1, g_1, b_2, g_2 \cdots\cdots b_{255}, g_{255}\}$传递给ATU－C。$b_i$表示ATU－C发送器在第$i$个下行子载波编码传送的比特数。$g_i$表示增益因子，该因子是一个相对值，相当于与在发送C－MEDLEY信号过程中第i个子载波电平的增益的比值。在直流DC或半抽样频率的子载波上不调制任何比特，所以b_0、g_0、b_{256}、g_{256}都置为0不发送。

b_i是一个4比特无符号整数，b_i的取值介于0和$N_{downmax}$之间。$N_{downmax}$表示ATU－C在任意一个子载波上可调制的最大比特数，见C－MSGS1。

g_i是一个12比特的无符号定点二进制数，小数点安排在第三MSB的右边。如果g_i = 01000000 0000，则表示$g_i = 2$，相当于比C－MEDLEY同一子载波的功率大6dB。

对于那些不传送任何数据同时接收器不分配比特的子载波(如带外信号)，b_i和g_i都置为0(二进制为0000和00000000 0000)。对于那些当前不传送任何数据但接收器最后将分配比特的子载波，b_i置为0(二进制为0000)和g_i置为1(二进制为00100000 0000)。

R－B&G共有510个字节的信息，这些字节将采用12.8.2节的方法在510个码元周期内发送。在R－B&G之后，ATU－R将进入R－CRC5状态。

12.9.9 R－CRC5

R－CRC5为循环冗余校验码，用于ATU－C对接收的R－B&G信号进行差错检验。R－CRC5和R－B&G的关系就如同R－CRC3与R－MSGS2的关系。在R－CRC5之后，ATU－R将进入R－REVERB6状态。

12.9.10 R－REVERB6

R－REVERB6和R－REVERB3相同，R－REVERB6的持续时间取决于ATU－C的状态以及ATU－R内部的处理过程，ATU－R将一直发送R－REVERB6直到ATU－R检验了C－SEGUE3的全部10个码元，这时ATU－R将进入R－SEGUE5状态。如果ATU－R在4000个码元周期内未检验到C－SEGUE3，则因为超时而使ATU－R回到R－ACT－REQ状态。

12.9.11 R－SEGUE5

R－SEGUE5用来通知ATU－C、ATU－R将进入稳定状态－R－SHOWTIME。R－SEGUE5和R－SEGUE3相同(见12.9.1节)。R－SEGUE5的持续时间为10个码元，在R－SEGUE5之后，ATU－R将完成初始化过程并进入R－SHOWTIME状态。

13 在线适配和再配置

13.1 ADSL开销控制通道

在6.2，7.2中规定，只要在交织缓存器中出现任何的承载数据流，aoc就将由LEX字

节承载。LEX 被 aoc 占用后，synch 字节将指定何时 LEX 含 aoc 数据以及何时含承载数据流中的一个数据字节。如果交织缓存器中没有出现承载数据流[如下行所有的 $B_i(ASX)=0$，$B_i(LSX)=0$ 或上行所有的 $B_i(LSX)=0$]，由于在此情况下交织缓存器中不存在 LEX 字节，由 synch 字节承载 aoc 通路数据。

13.1.1 aoc 消息字头

一个字节长度的消息字头决定了 aoc 消息的类型和长度。空闲模式下，aoc 发送全零。表 38 列出了有效 aoc 字头。如比特交换的 aoc 字头为“11111111”，下一个字节的 aoc 数据应为比特交换请求或比特交换承认。当由于某些原因 ATU－C 或 ATU－R 无法实现一个标准化功能(如比特交换)时，应发送无法遵循消息(“11110000”)。如将来定义新的 aoc 消息/功能，可以增加 aoc 字头。

表 38 aoc 消息字头

值	解释
00000000	空闲模式
00001111	重配置命令
1100xxxx	为厂家专用命令预留
11110000	无法遵循
11111100	扩展比特交换请求
11111111	比特交换命令

13.1.2 aoc 协议

出于可靠性的考虑，所有 aoc 消息都应连续发送 5 次。收发器单元在 5 个特定消息时间内收到 3 个同样的消息，则应进行该消息操作。如接收单元收到无法解释的命令，则不应进行操作。如果在一段合理时间内未收到对请求的承认，则由发送单元负责时间溢出处理和本地恢复。ADSL 收发器制造商可选择其恢复过程。

13.2 高级在线适配－比特交换

比特交换使 ADSL 系统在不中断数据流的情况下，改变分配给子载波的比特数或改变子载波发送能量。

任何 ATU 都可以激活比特交换，上下行比特交换是相互独立的，并可以同时发生。

13.2.1 比特交换通路

比特交换使用 aoc 通路，见 13.1，所有比特交换消息都应在此通路连续重复 5 次。

13.2.2 复帧计数

收发器的比特交换过程：

——ATU－C 和 ATU－R 发送器在发送了 C－SEGUE3 和 R－SEGUE5 之后启动计数器，这标志着初始化过程向稳态操作的转换。

——发送器计数器每发出一个 ADSL 复帧之后加一。

——ATU－C 和 ATU－R 接收器在接收了 C－SEGUE3 和 R－SEGUE5 之后启动计数器，接收器计数器每接收一个 ADSL 复帧之后加一。使用 ADSL 帧结构中的 synch 符号保持相应的收发器复帧计数器的同步。凡进行由初始化向稳态操作转换的重启动都应复位复帧计数器。

13.2.3 比特交换请求

消息字头	消息域 1 (16bit)		消息域 2 (16bit)		消息域 3 (16bit)		消息域 4 (16bit)	
11111111 (8bit)	命令 (8bit)	子通路索引 (8bit)	命令 (8bit)	子通路索引 (8bit)	命令 (8bit)	子通路索引 (8bit)	命令 (8bit)	子通路索引 (8bit)

图 35 比特交换请求消息格式

接收器通过 aoc 通路发送比特交换请求以激活比特交换。该请求通知发送器将被修改的子载波，图 35 表示了比特交换请求消息的格式，它由以下部分组成：

——8 个二进制 1 组成的消息字头。

——消息域 1～4，每个包含 8 比特命令和 8 比特相关子通路索引。表 39 列出了有效命令，8 比特子通路索引按频率由低到高计数，最低频子载波的计数为 0。

表 39 比特交换请求命令

数值	解释
00000000	无操作
00000001	增加 1 个分配比特数
00000010	减少 1 个分配比特数
00000011	改变发送功率 +1dB
00000100	改变发送功率 +2dB
00000101	改变发送功率 +3dB
00000110	改变发送功率 －1dB
00000111	改变发送功率 －2dB
00001xxx	为供应商特定命令保留
注：比特交换请求消息应连续发送 5 次。	

13.2.4 扩展的比特交换请求

由于不允许 1 比特子载波，当子载波分配比特数由 0 升为 2 或由 2 降为 0 时，必须采用包括 6 个域的扩展的比特交换请求。扩展的比特交换请求消息格式与比特交换请求消息格式相似，消息域变为 6 个，消息字头为 11111100，见表 40。

表 40　扩展的比特交换请求消息格式

消息字头	消息域 1 (16bit)	消息域 2 (16bit)	消息域 3 (16bit)	消息域 4 (16bit)	消息域 5 (16bit)	消息域 6 (16bit)
11111100 (8bit)						
注:扩展的比特交换请求消息应连续发送 5 次						

13.2.5　比特交换确认

发送器在收到 3 个连续的比特交换请求消息后作出反应,发送比特交换承认消息。图 36 显示了比特交换确认消息格式,它由以下部分组成:

——8 个二进制 1 组成的消息字头。

——一个消息域包含 8 比特 1 和 8 比特复帧计数器数值,用于标识比特交换的发生时间。新的比特分配和发送功率表在某指定复帧之后的第 0 帧开始起作用。也就是说,如果比特交换承认消息中的复帧计数器数值为 n,则新表应从$(n+1)$复帧的第 0 帧开始起作用。

比特交换承认消息应连续发送 5 次。

消息字头 (8bit) 11111111	命令 (8bit) 11111111	比特交换复帧接收器 (8bit)

图 36　比特交换确认消息格式

13.2.6　比特交换—接收器

接收器在收到 3 个连续的比特交换承认消息后对比特交换请求作出反应,等到复帧接收器值与比特交换承认消息中的指定值相等后,接收器从下一复帧 0 帧开始:

——改变相应子载波的比特分配,基于新的比特分配执行载波排序。

——根据发送功率变化更新子载波的接收参数。

13.2.7　比特交换 - 发送器

发送比特交换承认消息后,等到复帧接收器值与比特交换承认消息中的指定值相等后,发送器从下一复帧 0 帧开始:

——改变相应子载波的比特分配,基于新的比特分配执行载波排序。

——根据期望参数改变子载波发送功率。

13.3　改变速率和重配置

待研究。

14　环路设施,损伤和测试

本章规定 ADSL 系统传输性能测试方法,评估系统抗干扰,减少比特差错的能力,以

下是干扰形式：

——耦合自其它系统的串音；

——背景噪声；

——脉冲噪声；

——POTS 信号。

由测试环路、测试单元和干扰插入设备组成的实验室测试环境可模拟损伤源，图 37 显示了测试系统的通用配置。

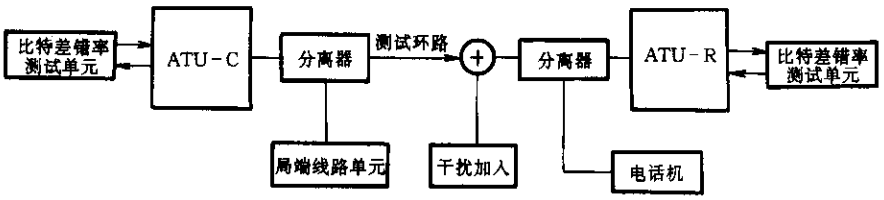


图 37　测试配置一览

串音和脉冲噪声的模拟是考虑实际环路情况和测量结果得出的，测试过程是将干扰加入测试环路，通过比特差错测试单元测量其对系统传输性能的影响。

对于串音，一个初始参考功率电平代表最坏期望值。在不超过某一规定误码率的条件下，如还可以加大干扰功率，则系统具有正的性能余度。性能余度用 dB 表示，是指达到误码门限时干扰电平与参考电平之差。

加入串音干扰的规定误码门限是 10^{-7}，最小性能余度是 6dB。

对于脉冲噪声，也是相对误码门限增加干扰电平，估计抗干扰性能。由于无法完全描述环路脉冲噪声特性，估计方法是基于几个点的测试数据。引起误码的脉冲的估计值为 0.14%误码秒。对串音余度和脉冲误码门限的测试是分别进行的，但在脉冲噪声测试中应加入背景串音干扰。

数字通路 BER 的测量应在加入 POTS 信令干扰和来自其它电话线的串音干扰等损伤情况下进行。信令、告警等由电话机、局端线路单元或模拟器完成。

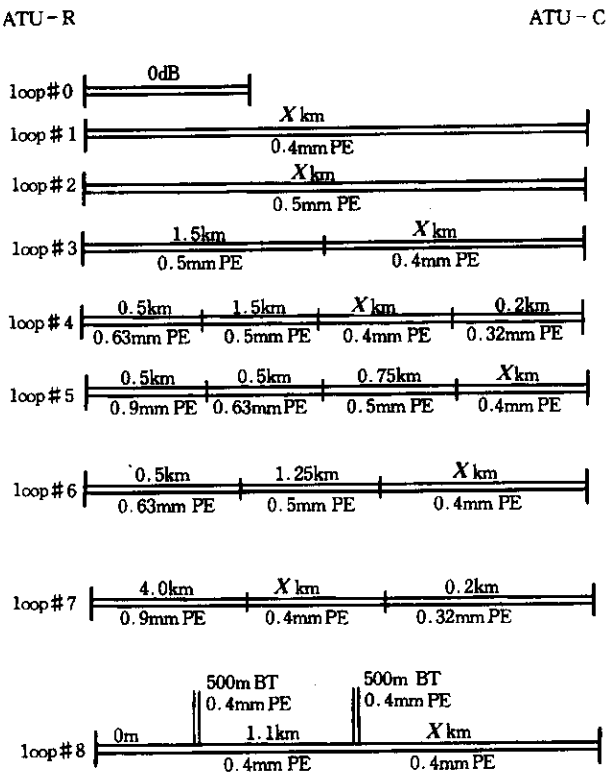
注：在本章中，测试环路、串音模型和最大强度线性测试仅适用于 2M－3 配置的测试，其余配置的测试环路、串音模型和最大强度线性测试有待研究。但本章的其它部分适用于所有配置的 ADSL 系统。

14.1　测试环路（仅适用于 2M－3 配置，其余配置待研）

用图 38 中的测试环路来测量 2Mbit/s ADSL 系统 。ADSL 系统的下行传输功率谱密度在 6.13 节中描述，在此不使用加强功率选项。

表 45 和表 46 给出了不同电缆类型随频率变化的一次参数（R，L，C）。其中电容 C 是频率的常量，电导 G 设定为 0。RLC 采用 20℃/km 值，测量值已经过平滑。

注意，图 38 中的可调部分（标为“X”）的标称长度见表 41～44，它由表 45、46 给出的每个电缆类型参考 RLC 值计算得到。但是为测量的可重复性，在测试时这部分长度可以调节以满足表 41～44 中给出的总介入损耗。介入损耗在 300kHz 测量，源和终接阻抗为 100Ω（平衡电阻）。



注：BT—桥接抽头　　PE—聚乙烯绝缘电缆

图 38　ADSL 2Mbit/s 系统测试环路

表 41　2M－3 配置 1(双工速率为 160＋16kbit/s)的环路介入损耗和标称长度(噪声模型 A)

环路 #	可调长度“X”的标称值 (km)	300kHz 处的介入损耗 (dB)
1	3.45	49.0
2	4.55	49.0
3	2.30	49.0
4	1.80	49.0
5	2.40	49.0
6	2.25	49.0
7	1.35	49.0
8	1.50	43.0

表 42　2M－3 配置 2(双工速率为 16kbit/s)的环路
介入损耗和标称长度(噪声模型 A)

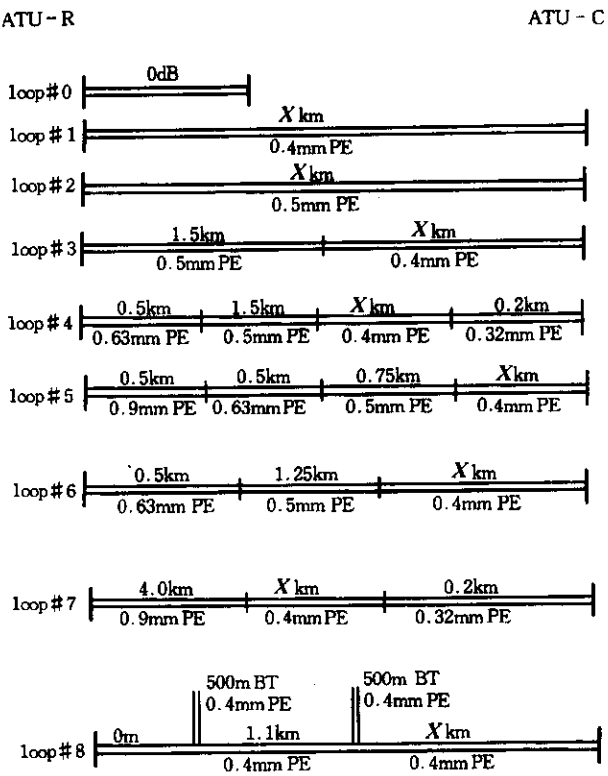
环路 #	可调长度"X"的标称值 (km)	300kHz 处的介入损耗 (dB)
1	3.60	51.0
2	4.80	51.0
3	2.50	51.0
4	2.00	51.0
5	2.55	51.0
6	2.40	51.0
7	1.55	51.0
8	2.10	51.0

表 43　2M－3 配置 1(双工速率为 160＋16kbit/s)的环路
介入损耗和标称长度(噪声模型 B)

环路 #	可调长度"X"的标称值 (km)	300kHz 处的介入损耗 (dB)
1	2.45	35.0
2	3.20	34.0
3	1.30	35.0
4	0.80	35.0
5	1.40	35.0
6	1.25	35.0
7	0.40	35.0
8	1.00	35.0

表 44　2M－3 配置 2(双工速率为 16kbit/s)的环路
插入损耗和标称长度(噪声模型 B)

环路 #	可调长度"X"的标称值 (km)	300kHz 处的介入损耗 (dB)
1	2.55	36.0
2	3.40	36.0
3	1.40	36.0



注：BT—桥接抽头　　PE—聚乙烯绝缘电缆

图 38　ADSL 2Mbit/s 系统测试环路

表 41　2M－3 配置 1(双工速率为 160＋16kbit/s)的环路介入损耗和标称长度(噪声模型 A)

环路 #	可调长度“X”的标称值 (km)	300kHz 处的介入损耗 (dB)
1	3.45	49.0
2	4.55	49.0
3	2.30	49.0
4	1.80	49.0
5	2.40	49.0
6	2.25	49.0
7	1.35	49.0
8	1.50	43.0

续表 45

	0.32mm 电缆 $C=40nF/km$		0.4mm 电缆 $C=50nF/km$		0.5mm 电缆 $C=50nF/km$	
f kHz	R Ω/km	L μH/km	R Ω/km	L μH/km	R Ω/km	L μH/km
650.0	659.743	544.657	465.785	514.272	465.785	514.272
700.0	681.138	534.942	481.180	510.153	481.180	510.153
750.0	702.072	526.991	496.218	506.304	496.218	506.304
800.0	722.556	520.732	510.912	502.707	510.912	502.707
850.0	742.601	515.919	525.274	499.343	525.274	499.343
900.0	762.224	512.264	539.320	496.197	539.320	496.197
950.0	781.442	509.503	553.064	493.252	553.064	493.252
1000.0	800.272	507.415	566.521	490.494	566.521	490.494
1050.0	818.731	505.831	579.705	487.908	579.705	487.908
1100.0	836.837	504.623	592.628	485.481	592.628	485.481

表 46　0.63 和 0.9mmPE 电缆

在所有频率上 $G=0$

	0.63mm 电缆 $C=45nF/km$		0.9mm 电缆 $C=40nF/km$	
f kHz	R Ω/km	L μH/km	R Ω/km	L μH/km
0.0	113.000	699.258	55.000	750.796
2.5	113.028	697.943	55.088	745.504
10.0	113.442	693.361	56.361	731.961
20.0	114.737	687.008	59.941	716.775
30.0	116.803	680.714	64.777	703.875
40.0	119.523	674.593	70.127	692.707
50.0	122.768	668.690	75.586	682.914
100.0	143.115	642.718	100.769	647.496
150.0	164.938	622.050	121.866	625.140
200.0	185.689	605.496	140.075	609.652
250.0	204.996	592.048	156.273	598.256

续表 46

	0.63mm 电缆 $C=45nF/km$		0.9mm 电缆 $C=40nF/km$	
f kHz	R Ω/km	L μH/km	R Ω/km	L μH/km
300.0	222.961	580.960	170.987	589.504
350.0	239.764	571.691	184.556	582.563
400.0	255.575	563.845	197.208	576.919
450.0	270.533	557.129	209.104	572.237
500.0	284.753	551.323	220.365	568.287
550.0	298.330	546.260	231.081	564.910
600.0	311.339	541.809	241.326	561.988
650.0	323.844	537.868	251.155	559.435
700.0	335.897	534.358	260.615	557.183
750.0	347.542	531.212	269.745	555.183
800.0	358.819	528.378	278.577	553.394
850.0	369.758	525.813	287.138	551.784
900.0	380.388	523.480	295.452	550.327
950.0	390.734	521.352	303.538	549.002
1000.0	400.816	519.402	311.416	547.793
1050.0	410.654	517.609	319.099	546.683
1100.0	420.264	515.956	326.602	545.663

14.2 噪声源

14.2.1 串音(仅适用于 2M－3 配置,其余配置待研。)

ADSL 系统测试有二种串音噪声模型,用频域干扰源模拟有串音的稳定工作环境,串音由相邻线对的不同传输系统引起。模型 A 模拟接入段中没有 HDB3 编码一次群速率系统,模型 B 模拟接入段中有 HDB3 编码一次群速率系统。

图 39、图 40 分别是模型 A 和模型 B 的串音干扰功率谱密度。模型 A 中包括离散音,代表无线干扰,特别是架空线的干扰。噪声模型的详细特性见表 47 到表 49。

模型 A 在 1kHz 到 1.5MHz 的宽带噪声功率为 －49.4±0.5dBm,模型 B 为 －43.0±0.5dBm。

噪声统计分布为高斯分布,峰值因子≥5。

功率谱密度的精度为 ±1dB,在 1kHz～1.5MHz 范围内,以 1kHz 测试带宽测量。

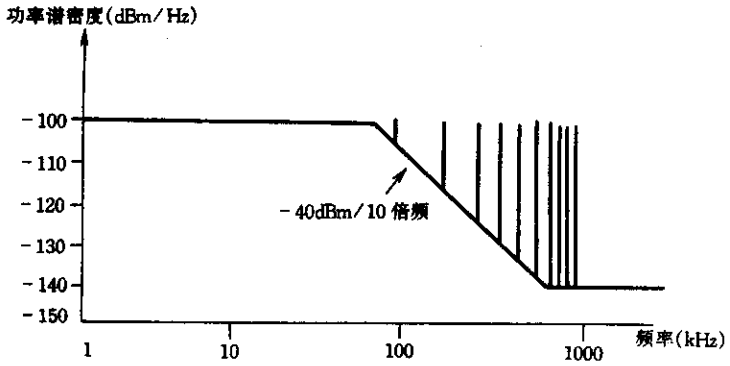


图 39　模型 A100Ω 上单边噪声功率谱

表 47　噪声模型 A 坐标

频率(kHz)	PSD(dBm/Hz)	PSD(μV/Hz)
1	-100	3.16
79.5	-100	3.16
795	-140	0.03
1500	-140	0.03

表 48　模型 A 离散音频率和噪声功率

频率(kHz)	功率(dBm)
99	-70
207	-70
333	-70
387	-70
531	-70
603	-70
711	-70
801	-70
909	-70
981	-70

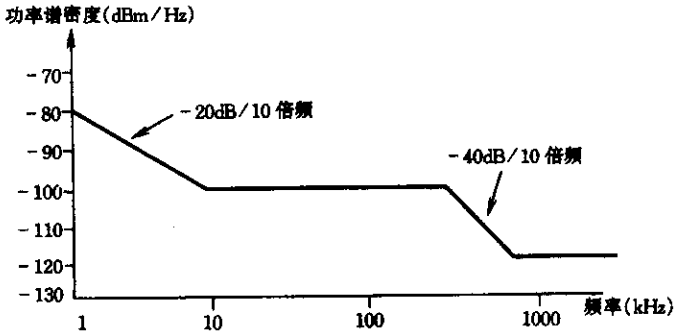


图 40　模型 B100Ω 上单边噪声功率谱

表 49　噪声模型 B 坐标

频率(kHz)	功率谱密度(dBm/Hz)	功率谱密度(mV/Hz)
1	-80	31.62
10	-100	3.16
300	-100	3.16
711	-115	0.56
1500	-115	0.56

14.2.2　脉冲噪声

需测试两种脉冲波形，脉冲波形是现场测试记录脉冲的重建，并在特定位置用单一波形表示。波形形状在图 41 和 42 中显示，附录 B 中给出波形以 160ns 为间隔的幅度值。

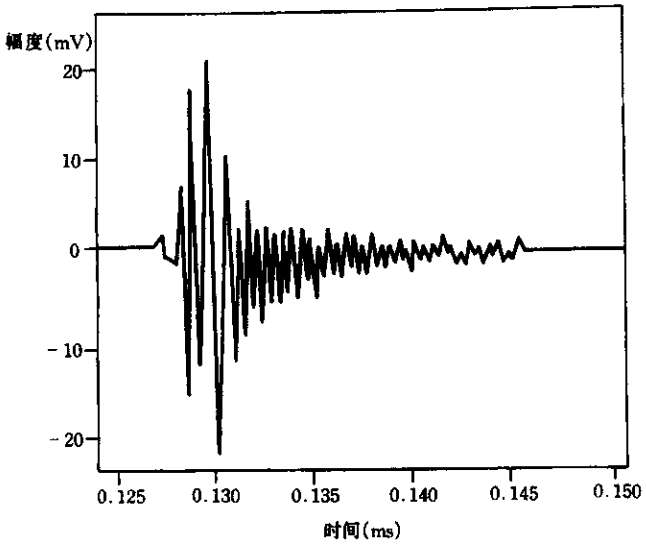


图 41　测试脉冲 #1

14.2.3　POTS 信令

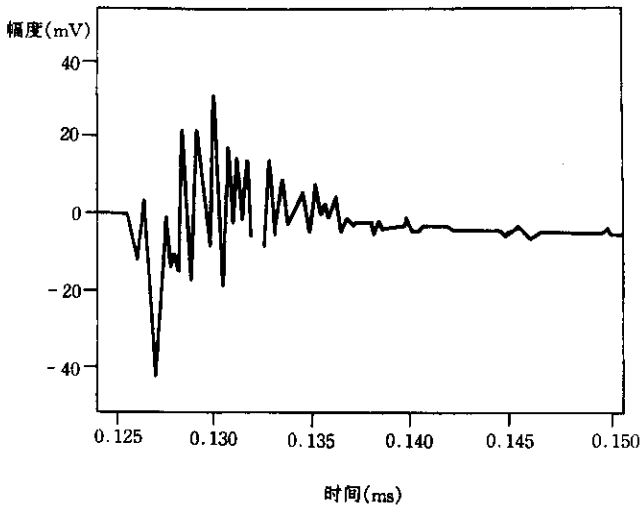


图 42　测试脉冲 #2

POTS 引起的干扰通过以正常方式连接在系统上的实际话机和局端线路单元产生。测试中应执行下列 POTS 信令和告警动作：

——在 ATU－R 端呼叫振铃 25 次；

——在 ATU－R 端接收振铃 25 次；

——在 ATU－R 端执行挂机和摘机动作 25 次；

——执行脉冲和音频拨号。

14.3　测试过程

14.3.1　测试配置

图 43 显示了 ADSL 系统性能余度测试的测试配置。测试系统由 ATU－C 和 ATU－R 相应的 POTS 分离器组成。两个收发器由环路连接。经校准的模拟串音由一个高阻网络在收发器输入端插入。脉冲噪声用同样的方法插入，单向通道测试在 ATU－R 端插入脉冲噪声，双向通道测试在 ATU－R 和 ATU－C 端同时插入。

误码仪产生伪随机二元数据送入 ATU－C 的单向通路输入端，从 ATU－R 收到的数据和时钟再送回误码仪，统计 ES。双向通道测试在两个方向同样进行。

电话机连在 ATU－R 端分路器的电话插口上，ATU－C 端分路器的电话插口上连接一局端线路单元。

14.3.1.1　串音插入

模拟串音(近串和远串)由 ATU－R 侧插入环路，为在保证电平的同时不改变环路和收发器阻抗，插入电路为高阻平衡馈送序列。图 44 显示了测试和校正方法。噪声耦合电路的戴维南(Thevenin)阻抗应大于 4000Ω。

按图 44 设计产生的模拟串音，其精度取决于白噪声滤波器。因此，为得到合适的串音功率谱密度，在每个零点允许 f_0(参考频率)容限为 2%。模拟串音的精度在所有低于峰值 45dB 频率点处为计算值 ± 1dB。使用同样校准终接模拟串音的总功率应在特定值的

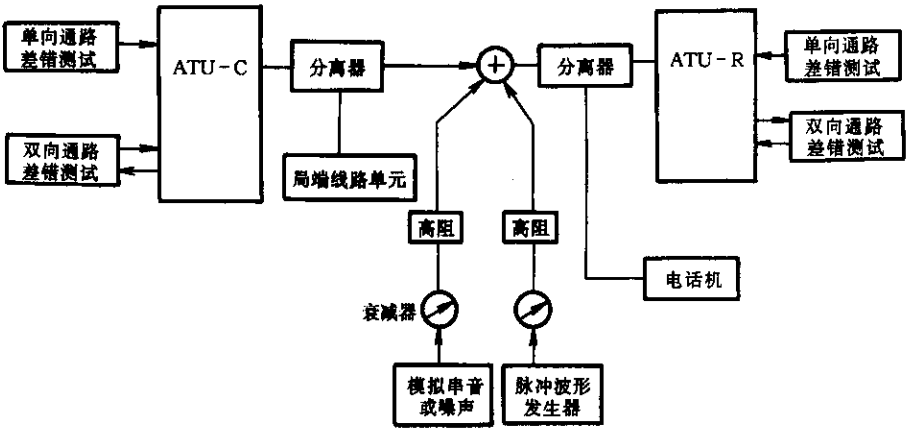


图 43　用于测量性能余度的实验室测试配置

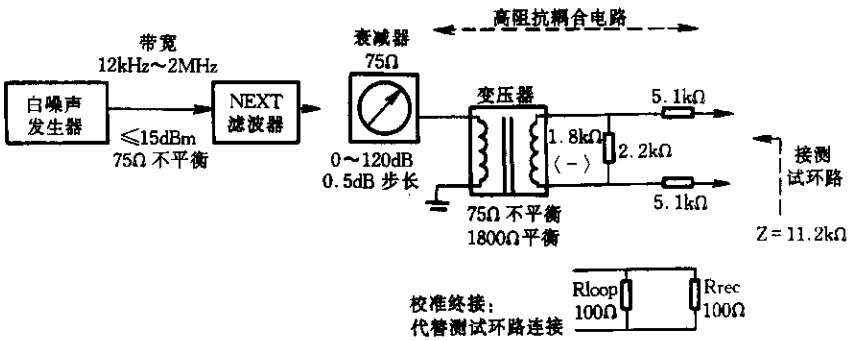


图 44　高阻抗串音插入电路

+0.5dB 内。

模拟串音的峰值因子应大于等于 5。

串音功率谱密度使用图 44 中的校准终接来修正，选频电平表或有效值电平表的带宽为 3kHz。

由于图 44 中的白噪声的特性对测试准确性有很大影响，对以下的因素应有所考虑：

——峰值幅度的统计分布，在全部频带内应为高斯分布；

——峰值因子(峰值与有效值之比)，代表高斯分布噪声的标准偏差值，暂定为 5；

——频谱，数字方式产生的噪声，其序列重复率影响取样点的相关性，也就影响频谱。

14.3.1.2　脉冲噪声插入

使用 14.3.1.1 中同样的耦合电路，脉冲幅度由示波器测量。

14.3.1.3　差错测试

差错测试装置应能测量测试系统可提供的所有信道速率(见 5 章)。应使用长度为 $2^{23}-1$ 的测试图案。

14.3.2　测试方法

14.3.2.1　串音

测前 ADSL 单元要经过 14.2.1 中的串音干扰训练。模拟串音以适当的参考功率电平

插入,14.2.1 给出的功率电平作为 0dB 性能余度。以 1dB 为步长调整插入串音的功率电平并监视测试环路的 BER 值。如果在插入串音功率大于 0dB 余度电平时系统 BER≤1E-7,则认为系统在给定环路上具有正余度。

余度指标的决定标准还包括检验 ADSL 单元能够在该余度值训练。

具有 95%可信性的决定 BER 的最小测试时间为 500s。

14.3.2.2 脉冲噪声

测前 ADSL 单元要经 14.2.1 中的串音干扰训练。测试过程包括插入不同幅度电平和自由相位的所选脉冲波形。每个电平的脉冲波形持续 15 次,间隔至少 1s,同时在 ADSL 信道进行差错测试。当半数的脉冲波形引起差错时,该电平幅度(u_e)被记录下来。

用下列公式估算误码秒的概率(ES):

$E = 0.0037P(u > u_e1) + 0.0208P(u > u_e2)$

这里:若 $5mV \leq u_e \leq 40mV$, $P(u > u_e) = 25/u_e^2$

若 $u_e > 40mV$, $P(u > u_e) = 0.625/u_e$

u_e1 指波形 1,u_e2 指波形 2。

得到的值应小于 0.14%。

14.3.2.3 POTS 干扰

测前 ADSL 单元要经 14.2.1 中的串音干扰训练。信令干扰通过使用连接在 ATU-C 端分离器上的局用线设备,以及连接在 ATU-R 端分离器的话机产生。在干扰插入时记录下造成误码秒的测试情况。

14.3.2.4 最大强度线性测试(仅适用于 2M-3 配置,其余配置待研)

测试 ADSL 系统在实际使用中是否能保证足够线性。采用对图 38 中环路 #2 的改进环路,见表 50。在 ATU-R 取代串音源的是加强高斯白噪声,在 1kHz 到 1.5MHz 频带内的功率谱密度为 -140±1dBm/Hz,精度要求为 1kHz 测试带宽。

表 50 环路 #2 的介入损耗和标称长度

传输配置	标称长度	300kHz 环路介入损耗 dB
1	4.35	62.0
2	4.70	67.0

15 环境要求

a) 环境温度、湿度表 51。

表 51 ADSL 的环境要求

	环境温度	相对湿度
ATU-C	5℃~40℃	≤85%(+25℃)
ATU-R	5℃~40℃	≤95%(+25℃)

b) 大气压力:70 ~ 106kPa。

c) 过压保护:

ATU - C,符合 ITU - T K.20 建议;

ATU - R,符合 ITU - T K.21 建议。

d) 电磁兼容:符合 IEC801— 1 ~ 6 的规定。

附录 A
（标准的附录）
ATU－C 和 ATU－R 状态图

A1 引言

本附录给 ATU－C 和 ATU－R 的状态图，其中某些部分是强制性的以保证不同厂家产品间的互通；某些部分只作为示例—它们的功能可能是需要的，但是由厂家去实现。

A2 缩写和名词术语

C－ACT 见正文 12.2.2 节。

C－TONE 见 12.2.1.3 节。

R－ACT－REQ 见 12.3.1 节。

R－ACK 见 12.3.3 节。

lof－rs ADSL 帧失步/重新同步事件的丢失，事件在系统决定重新进行同步时出现。注：lof－rs 事件可能（但不一定）与用于操作维护的 sef（严重误码帧）有关。

LOF 在 sef 超时时宣布 ADSL 帧同步丢失（近端严重误码帧故障）。

LOS 在 los 超时时宣布 U 接口接收信号丢失（近端接收信号丢失故障）。

high BER 接收的数据出现很高的误码率。

host control channel 来自某主控制器，如 ACOT（ADSL 中心局终端，用于控制一个或多个 ATU－C 线路单元），的 ATU－C 配置控制信道。

reconfig 1 对系统信道的重新配置，该配置的完成并不需要系统重新设置数据定帧、发送器或接收器功能（第 6、7 章）的某些关键部分，因此不会对其它信道产生影响。例如，如果系统原来有 4 个 2.048Mbit/s 信道有效并分配到交织数据缓存，这时需要其中 2 个 2.048Mbit/s 信道仍保持有效而另外 2 个 2.048Mbit/s 信道用 1 个 4.096Mbit/s 信道代替，就可以使用 reconfig 1。

reconfig 2 对系统信道的重新配置，该配置的完成需要系统重新设置数据定帧、送器或接收器功能（第 6、7 章）的某些关键部分，因此会丢失一些用户数据。这个重新配置的请求需要系统进行一次快速的重新训练。例如：

——承载信道由默认速率变为可选速率。如请求将 6.144Mbit/s 单工信道重新配置成 6.312Mbit/s 信道，这时系统要改变传输比特率、FEC 码字长度并重新设置交织/去交织功能。

——如果系统当前 4 个 2.048Mbit/s 信道都激活并分配到交织数据缓存时，这时需要将其中的一些信道移入快速数据缓存，这时系统就要进行快速训练从而为快速数据缓存分配另外的 AEX 字节、改变交织数据缓存的 FEC 码字参数并重新设置交织/去交织功能。

A3 状态转移图

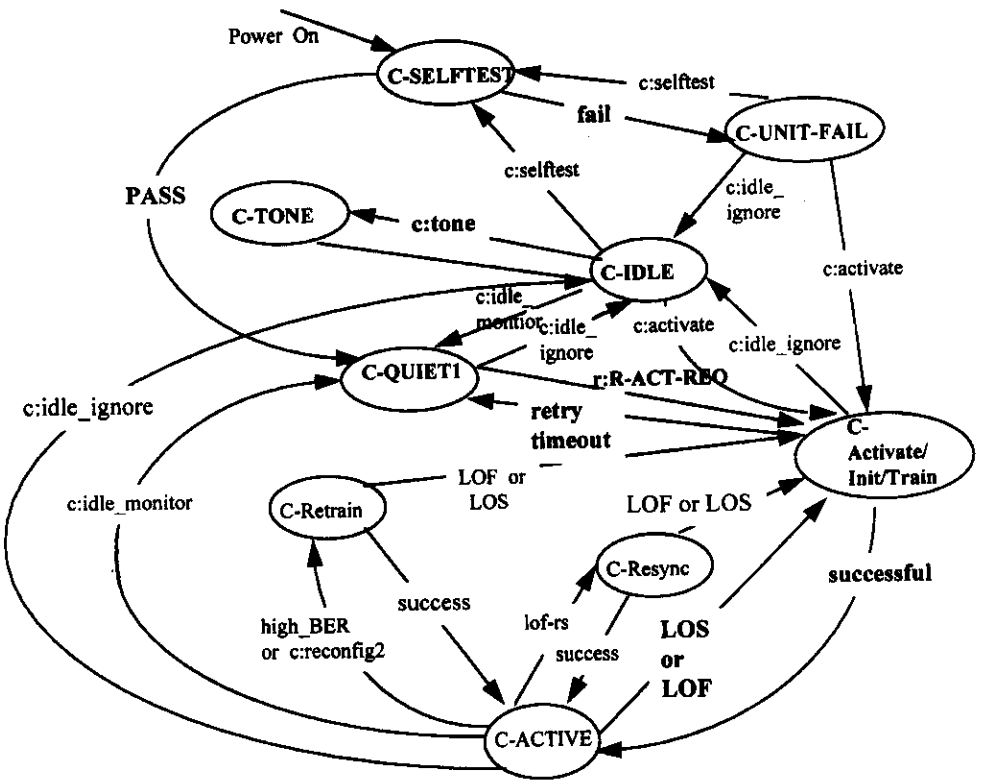
图 A.1 和 A.2 给出了 ATU－C 和 ATU－R 的状态图。表 A.1 和 A.2 对各状态作为定义。状态之间的转换通过箭头指示，造成转换的事件列于旁边。其中一些事件的源也通

过"-"标在事件名字的前面;事件源关键词列在图下方,强制性状态和事件用黑体显示;其它的状态和事件仅供参考并由厂家实现。

在 ATU - C 状态图中,需要 C - IDLE 用来保证一种静态模式,该模式可用于优先供给,允许某些测试(如 MLT)或切断业务。同时需要自检功能,但自检功能可由厂家或客户来决定何时发生(如总在开机时或仅在中心局的控制下)以及在成功完成自检后的转向(如进入 C - IDLE、C - QUIET1、C - Activate/Init/Train)。

一些"主控制器"命令(前置"c"的事件)在这里作为非强制性的事件和状态转换举例。由于有很多可能的选择,这些事件的具体实现留给厂家。

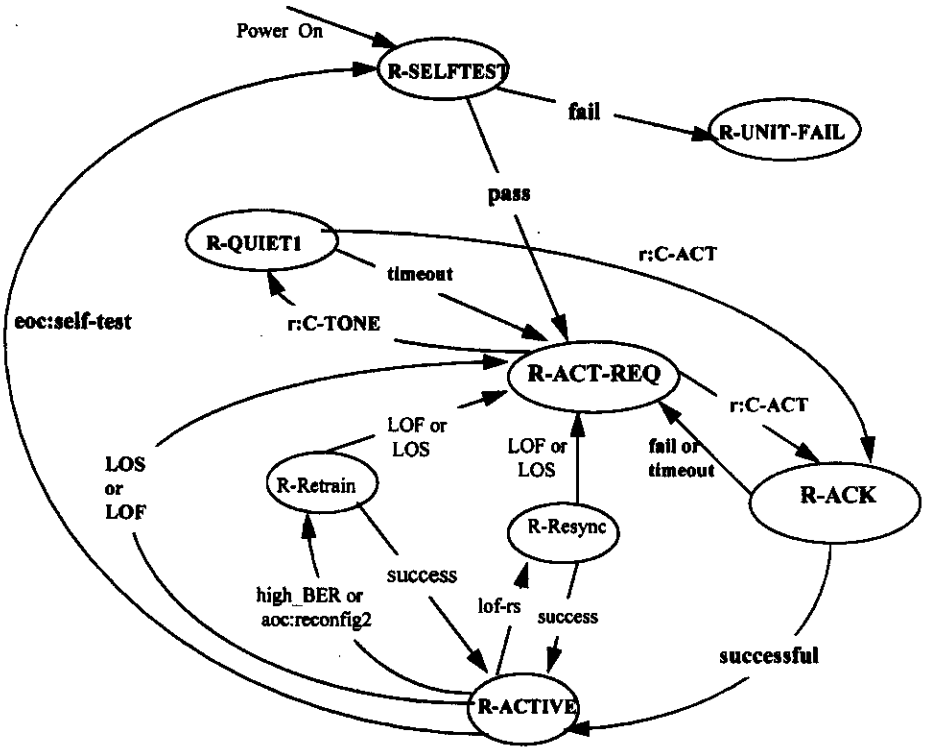
"Retrain"状态为非强制性状态(快速重新训练有待研究)。"Resync"状态也是非强制性状态,可使用厂家专用算法。



注: c:—表示主控制器的命令

r:—表示从 ATU - R 收到的消息

图 A1 ATU - C 的状态转移图



注：r 表示从 ATU－C 发送来的消息；

eoc 为嵌入操作信道命令；

aoc 为 ADSL 开销控制信道命令。

图 A2　ATU－R 状态转移图

表 A1　ATU－C 状态定义

状态名	描　　述
C－SELFTEST	单元进行自检，这时收发器不工作，对主控制信道命令不响应。
C－UNIT－FAIL	自检失败，这时系统在可能的情况下（如允许 ATU 主控制器查询自检结果）可监视主控制信道。
C－IDLE (12.2.2)	收发器不工作（对 R－ACT－REQ 消息不响应），系统可监视主控制信道。
C－TONE	发送 C－TONE 消息 ATU－C 回到 C－IDLE 状态。
C－QUIET1(12.2.1)	发送器关闭，接收器工作，接收器监视 R－ACT－REQ 消息，如果收到该消息，ATU－C 将回到 C－Activate/Init/Train 状态。 监视主控制信道。

续表 A1

状态名	描　　述

C－Activate/Init/Train
(从 C－ACT(12.2)开始)
	初始化 Train-Try-Counter
	while(－ － Train-try-Counter > = 0)
	{　发送 C－ACT(12.2.2 节)
	开始计时
	if 在超时之前收到 R－ACK
	进行初始化/训练
	if 初始化/训练成功
	ATU－C 进入 C－ACTIVE 状态
	}
	ATU－C 回到 C－QUIET1 状态。

C－ACTIVE (稳态数据传送; 6,11.2,11.3.13)	进行稳态数据比特传送(用户数据信道激活), 允许比特交换和非干扰的系统重新配置(reconfig 1) 监视主控制信道 监视告警,eoc,aoc 如果出现 LOS/LOF,ATU－C 回到 C－Activate/Init/Train
C－Resync (可选)	如果系统出现 ADSL 帧同步丢失并需要重新进行同步时将进入该状态。 宣布 sef(11.3 节定义)－表示用户数据传输发生错误。 if 信号出现(ie:not los) {寻找同步图案并重新进行同步。 if　成功,去除 sef 并进入 C－ACTIVE 状态 else 如果 sef 超时,宣布出现 LOF 事件,并转入 C－Activate/Init/Train 状态。 } else　如果 los 超时,宣布出现 LOS 事件,并转入 C－Activate/Init/Train 状态。
C－Retrain	如果接收信号仍然存在并且帧同步仍然保持时系统才可能进入该状态, 宣布 sef(11.3 节定义)－表示用户数据传输发生错误。 if 信号出现(ie:not los) {信道 ID 和比特定位计算 重新进行数据定帧并重新启动 V 接口的电路。 if 成功,去除 sef 并进入 C－ACTIVE 状态 else 如果 sef 超时,宣布出现 LOF 事件,并转入 C－Activate/Init/Train 状态。 } else 如果 los 超时,宣布出现 LOS 事件,并转入 C－Activate/Init/Train 状态。

表 A2　ATU－R 状态定义

状态名	描　　述
R－SELFTEST	单元进行自检。这时收发器不工作。 if 自检通过，ATU－R 进入 R－ACT－REQ 状态 else 进入 R－UNIT－FAIL 状态
R－UNIT－FAIL	自检失败，系统将维持该状态，除非重新加电。
R－ACT－REQ (12.3.1)	接收器工作，监视 C－ACT 或 C－TONE 信号 while{C－ACT 没有收到并且 C－TONE 没有收到} { 传送 128 码元 R－ACT－REQ } if{收到 C－ACT 消息}进入 R－Init/Train 状态. if{收到 C－TONE 消息}进入 R－QUIET1 状态。
R－QUIET1(12.3.2)	发送器关闭，接收器工作，监视 C－ACT 消息， 并启动计时器(60s，见 12.3.2 节) 如果超时，将进入 R－ACT－REQ 状态。
R－Init/Train [从 C－ACT(12.2)开始]	发送 R－ACK 进行初始化/训练过程 if 初始化/训练成功， 　　ATU－C 进入 R－ACTIVE 状态 else ATU－C 回到 R－ACT－REQ 状态。
R－ACTIVE (稳定的数据传送； 7,11.2,11.3.13)	进行稳定的数据比特传送(用户数据信道激活) 允许比特交换和非干扰的系统重新配置(reconfig 1) 监视主控制信道 监视告警，eoc，aoc 如果出现 LOS/LOF，ATU－C 回到 R－ACT－REQ
R－Resync (可选)	如果系统出现 ADSL 帧同步丢失并需要重新进行同步时将进入该状态。 宣布 sef(11.3 节定义)－表示用户数据传输发生错误。 if 信号出现(ie：not los) 　{寻找同步图案并重新进行同步。 　if　成功，去除 sef 并进入 R－ACTIVE 状态 　else 如果 sef 超时，宣布出现 LOF 事件，并转入 R－ACT－REQ 状态。 　} else 如果 los 超时，宣布出现 LOS 事件，并转入 R－ACT－REQ 状态。

续表 A2

状态名	描　　述
R - Retrain	如果接收信号仍然存在并且帧同步仍然保持时系统才可能进入该状态 宣布 sef(11.3 节定义) - 表示用户数据传输发生错误。 if 信号出现(ie:not los) {信道 ID 和比特定位计算 重新进行信号定帧和重新启动 T 接口的电路。 if 成功,去除 sef 并进入 R - ACTIVE 状态 else 如果 sef 超时,宣布出现 LOF 事件,并转入 R - ACT - REQ 状态。 } else 如果 los 超时,宣布出现 LOS 事件,并转入 R - ACT - REQ 状态。

附录 B
（标准的附录）
测试脉冲波形特性

本标准 14 章中规范的两个测试脉冲波形分别在表 B1 和 B2 中进行了具体描述，其中每隔 160ns 给出脉冲波形的幅度，单位 mV。波形发生的方法由应用者决定。

表 B1　脉冲 #1

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
1	0.0000	51	-6.3934	101	0.1598
2	0.0000	52	1.7582	102	-1.7582
3	0.0000	53	2.2377	103	0.1598
4	0.0000	54	-4.9549	104	0.4795
5	0.0000	55	2.2377	105	-1.2787
6	0.0000	56	1.7582	106	0.7992
7	0.0000	57	-5.5943	107	1.2787
8	0.0000	58	1.4385	108	-0.7992
9	0.0000	59	2.3975	109	0.0000
10	0.9590	60	-3.6762	110	-0.3197
11	-0.4795	61	1.4385	111	-2.2377
12	-1.2787	62	0.4795	112	-1.1188
13	-1.1188	63	-5.7541	113	-0.7992
14	-1.4385	64	-0.4795	114	-1.5984
15	-1.5984	65	0.3197	115	0.1598
16	-2.2377	66	-3.3566	116	0.4795
17	-1.4385	67	2.3975	117	-0.9590
18	7.6721	68	2.3975	118	0.0000
19	6.7131	69	-3.1967	119	-0.3197
20	-16.6229	70	0.7992	120	-1.5984

续表 B1

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
21	-12.9467	71	0.6393	121	0.0000
22	18.70008	72	-3.5164	122	0.4795
23	9.5902	73	1.1188	123	-0.7992
24	-13.5861	74	1.7582	124	0.4795
25	-5.2746	75	-2.3975	125	0.7992
26	-6.3934	76	1.2787	126	-0.9590
27	-1.9180	77	0.9590	127	-0.9590
28	23.0164	78	-3.3566	128	-0.4795
29	3.9959	79	0.0000	129	-0.6393
30	-23.4959	80	0.1598	130	0.4795
31	-3.1967	81	-3.0369	131	1.1188
32	4.3156	82	1.1188	132	0.0000
33	-3.0369	83	1.5984	133	0.0000
34	10.7090	84	-2.0779	134	0.0000
35	2.2377	85	0.1598	135	0.0000
36	-12.9467	86	0.3197	136	0.0000
37	3.1967	87	-2.5574	137	0.0000
38	1.9180	88	0.1598	138	0.0000
39	-9.9098	89	0.1598	139	0.0000
40	5.5943	90	-2.0779	140	0.0000
41	5.9139	91	0.6393		
42	-6.7131	92	0.9590		
43	2.3975	93	-1.7582		
44	1.2787	94	-0.1598		
45	-8.4713	95	-0.6393		
46	2.5574	96	-3.0369		
47	2.8771	97	-0.3197		
48	-6.0738	98	0.4795		
49	2.2377	99	-1.4385		
50	1.7582	100	0.4795		

表 B2　脉冲 #2

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
1	0.0000	51	0.6404	101	0.6404
2	0.0000	52	15.5295	102	0.6404
3	0.0000	53	18.8916	103	-0.4803
4	0.0000	54	-3.8424	104	-0.3202
5	0.0000	55	-3.0419	105	-0.9606
6	0.0000	56	11.6872	106	-2.8818
7	0.0000	57	-0.3202	107	-2.5616
8	0.0000	58	-7.5246	108	-0.8005
9	0.0000	59	13.4483	109	-0.4803
10	-0.6404	60	18.4113	110	-0.8005
11	0.9606	61	-0.4803	111	-0.4803
12	0.1601	62	-3.0419	112	0.9606
13	-5.4433	63	9.7660	113	-1.1207
14	-12.3276	64	11.2069	114	-0.6404
15	-12.1675	65	4.0025	115	-0.4803
16	0.0000	66	0.6404	116	-0.9606
17	5.2832	67	0.6404	117	-1.4409
18	0.1601	68	1.7611	118	-1.6010
19	-20.8128	69	3.3621	119	-1.2808
20	-45.3078	70	5.6034	120	-0.9606
21	-46.7487	71	7.8448	121	-0.9606
22	-28.9778	72	2.5616	122	-1.2808
23	-13.4483	73	-4.6428	123	-1.1207
24	0.6404	74	0.6404	124	-1.1207
25	0.9606	75	10.7266	125	-1.4409
26	-14.4089	76	8.3251	126	-1.4409
27	-13.7685	77	1.9212	127	-1.4409
28	-9.4458	78	3.6823	128	-2.0813
29	-17.4507	79	4.3227	129	-2.4015
30	-2.5616	80	0.3202	130	-1.9212

续表 B2

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
31	26.5763	81	2.7217	131	-1.4409
32	16.1699	82	7.2044	132	-1.1207
33	-17.7709	83	3.2020	133	-1.2808
34	-17.1305	84	-2.7217	134	-1.9212
35	13.6084	85	-1.4409	135	-2.2414
36	27.0566	86	1.2808	136	-2.2414
37	18.0911	87	1.4409	137	-2.5616
38	14.2488	88	0.8005	138	-3.0419
39	5.6034	89	01601	139	-3.0419
40	-8.1650	90	0.0000	140	-2.5616
41	12.4877	91	1.1207	141	-1.2808
42	37.3029	92	1.1207	142	-0.1601
43	9.6059	93	0.6404	143	-0.6404
44	-18.8916	94	1.1207	144	-2.5616
45	5.1231	95	0.6404	145	-3.2020
46	22.2537	96	-1.1207	146	-3.0419
47	1.1207	97	-0.8005	147	-2.5616
48	-0.9606	98	0.1601	148	-2.0813
49	20.4926	99	-1.2808	149	-1.4409
50	14.2488	100	-1.4409	150	-1.6010
151	-1.9212	201	-0.8005	251	-1.2808
152	-1.9212	202	-0.9606	252	-1.6010
153	-2.0813	203	-1.6010	253	-1.6010
154	-2.4015	204	-2.4015	254	-1.4409
155	-2.5616	205	-2.5616	255	-0.4803
156	-2.5616	206	-2.8818	256	0.4803
157	-1.9212	207	-2.7217	257	0.4803
158	-1.6010	208	-1.9212	258	-0.4803
159	-1.6010	209	-1.1207	259	-0.9606
160	-1.9212	210	-0.9606	260	-1.1207

续表 B2

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
161	-1.9212	211	-1.1207	261	-1.4409
162	-2.0813	212	-1.4409	262	-1.2808
163	-2.2414	213	-1.7611	263	-0.1601
164	-2.5616	214	-2.4015	264	0.3202
165	-2.7217	215	-2.5616	265	0.0000
166	-2.2414	216	-2.2414	266	-0.4803
167	-1.2808	217	-1.7611	267	-0.4803
168	-1.2808	218	-1.7611	268	-0.4803
169	-2.2414	219	-1.4409	269	-0.6404
170	-3.0419	220	-0.9606	270	-0.4803
171	-2.8818	221	-0.8005	271	-0.1601
172	-2.5616	222	-0.9606	272	0.0000
173	-2.2414	223	-1.6010	273	0.0000
174	-1.9212	224	-2.2414	274	-0.1601
175	-1.9212	225	-2.4015	275	-0.1601
176	-2.2414	226	-2.2414	276	-0.4803
177	-2.5616	227	-1.9212	277	-0.6404
178	-2.7217	228	-1.4409	278	-0.3202
179	-2.5616	229	-0.4803	279	0.1601
180	-2.4015	230	0.0000	280	0.4803
181	-2.2414	231	-0.6404	281	0.3202
182	-2.0813	232	-1.6010	282	-0.1601
183	-1.7611	233	-1.7611	283	-0.3202
184	-1.6010	234	-1.6010	284	-0.4803
185	-1.7611	235	-1.9212	285	-0.6404
186	-2.2414	236	-1.9212	286	-0.4803
187	-3.0419	237	-1.4409	287	0.1601
188	-3.2020	238	-0.4803	288	0.6404
189	-2.7217	239	0.0000	289	0.6404
190	-1.9212	240	0.0000	290	0.4803

续表 B2

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
191	-1.2808	241	-0.6404	291	0.0000
192	-0.9606	242	-1.6010	292	-0.6404
193	-1.1207	243	-2.4015	293	-0.6404
194	-2.0813	244	-1.9212	294	-0.4803
195	-2.8818	245	-0.9606	295	-0.1601
196	-3.0419	246	-0.4803	296	0.4803
197	-2.7217	247	-0.1601	297	0.6404
198	-2.7217	248	-0.1601	298	0.4803
199	-2.0813	249	0.0000	299	0.6404
200	-1.4409	250	-0.8005	300	0.4803
301	-0.1601	351	0.8005	401	0.9606
302	-0.9606	352	1.4409	402	0.6404
303	-0.9606	353	1.6010	403	0.4803
304	-0.1601	354	1.2808	404	0.6404
305	0.6404	355	0.6404	405	0.6404
306	0.8005	356	0.0000	406	0.4803
307	0.8005	357	-0.4803	407	0.3202
308	0.4803	358	-0.6404	408	0.1601
309	0.1601	359	0.0000	409	0.3202
310	-0.1601	360	0.8005	410	0.4803
311	-0.3202	361	1.4409	411	0.9606
312	-0.1601	362	1.6010	412	1.2808
313	0.0000	363	1.2808	413	0.9606
314	0.1601	364	0.6404	414	0.1601
315	0.6404	365	0.0000	415	-0.1601
316	0.8005	366	-0.4803	416	0.0000

续表 B2

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
317	0.6404	367	-0.1601	417	0.4803
318	0.4803	368	0.1601	418	0.8005
319	0.0000	369	0.9606	419	0.6404
320	-0.4803	370	1.4409	420	0.4803
321	-0.4803	371	1.6010	421	0.8005
322	0.1601	372	1.1207	422	0.8005
323	0.8005	373	0.3202	423	0.4803
324	0.8005	374	-0.4803	424	0.1601
325	0.6404	375	-0.4803	425	0.0000
326	0.1601	376	0.1601	426	0.0000
327	0.4803	377	0.8005	427	0.1601
328	0.4803	378	1.1207	428	0.3202
329	0.3202	379	1.1207	429	0.6404
330	-0.3202	380	0.9606	430	0.9606
331	-0.4803	381	0.6404	431	0.8005
332	0.0000	382	0.1601	432	0.3202
333	0.6404	383	0.0000	433	0.1601
334	1.1207	384	0.1601	434	0.0000
335	1.2808	385	0.6404	435	0.1601
336	0.6404	386	1.1207	436	0.1601
337	0.1601	387	0.9606	437	0.1601
338	-0.1601	388	0.6404	438	0.1601
339	0.0000	389	0.6404	439	0.6404
340	0.0000	390	0.6404	440	1.1207
341	0.1601	391	0.3202	441	0.9606
342	0.3202	392	0.0000	442	0.4803
343	0.8005	393	0.4803	443	0.0000
344	1.2808	394	1.1207	444	-0.3202
345	1.2808	395	1.1207	445	-0.3202
346	0.9606	396	0.6404	446	0.0000

续表 B2

间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV	间隔 #	幅度 mV
347	0.1601	397	0.1601	447	0.1601
348	-0.8005	398	0.0000	448	0.6404
349	-0.9606	399	0.1601	449	0.9606
350	-0.1601	400	0.8005	450	0.8005
451	0.6404	461	0.0000	471	0.0000
452	0.0000	462	-0.9606	472	0.0000
453	-0.8005	463	-1.1207	473	0.0000
454	-0.8005	464	-0.4803	474	0.0000
455	0.0000	465	0.4803	475	0.0000
456	0.4803	466	1.1207	476	0.0000
457	0.6404	467	1.1207	477	0.0000
458	0.6404	468	0.6404	478	0.0000
459	0.8005	469	0.0000	479	0.0000
460	0.6404	470	0.0000	480	0.0000

附录 C
（标准的附录）
厂家标识码

为厂家标识预留 16 个比特(8 进制码 0000 ~ FFFF);ATU - C 在 C - MSGS1(见 12.6.4)中使用,ATU - R 在 R - MSGS1 中使用(见 12.7.6)。这些数字随机分配给 37 个最初指定的公司如下:

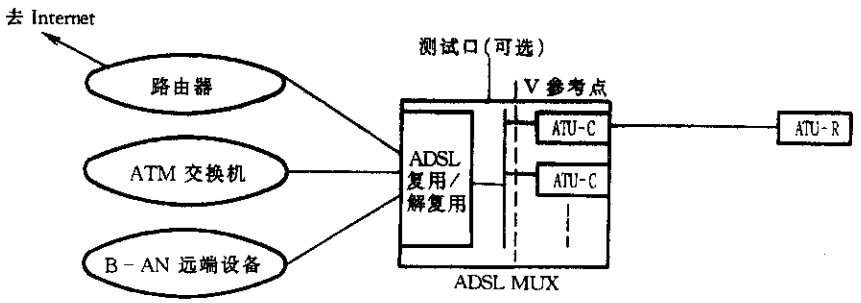
按数字顺序		按字母顺序	
0002	Westell, Inc.	Adtran	0012
0003	ECI Telecom	Alcatel Network System, Inc	0022
0004	Texas Instruments	Amati Communications Corp	0006
0005	Intel	Analog Devices	001C
0006	Amati Communcations Corp.	ADC Telecommunications	0014
0007	General Data Communications(GDC)Inc.	AT&T Network Systems	000A
0008	Level One Communications	AT&T - Paradyne	0011
0009	Crystal Semiconductor	AWA	0021
000A	AT&T - Network Systems	Aware, Inc.	000B
000B	Aware, Inc.	Brooktree	000C
000C	Brooktree	Crystal Semiconductor	0009
000D	NEC	DSC	0018
000E	Samsung	ECI Telecom	0003
000F	Northem Telecom, Inc	Ericsson Systems	001E
0010	PairGain Technologies	Exar Corporation	001A
0011	AT&T - Paradyne	Fujitsu Network Trans. Systems	0026
0012	Adtran	GDC, Inc.	0007
0013	INC	IBM Corp.	0016
0014	ADC Telecommunications	INC	0013
0015	Motorola	Intel	0005
0016	IBM Corp.	Italtel	0024
0017	Newbridge Networks Corp.	Level One Communications	0008
0018	DSC	Motorola	0015
0019	Teltrend	National Semiconductor	0023
001A	Exar Corp	NEC	000D
001B	Siemens Stromberg - Carlson	Newbridge Networks Corp.	0017
001C	Analog Devices	Nokia	001D
001D	Nokia	Northem Telecom, Inc.	000F
001E	Ericsson Systems	Orckit Communications, Inc.	0020

001F	Tellabs Operations, Inc.	PairGain Technologies	0010
0020	Orckit Communications, Inc.	Samsung	000E
0021	AWA	Siemens Stromberg – Carlson	001B
0022	Alcatel Network Systems, Inc.	SAT	0025
0023	National Semiconductor Corp	Tellabs Operations, Inc.	001F
0024	Italtel	Teltrend	0019
0025	SAT – Société Anonyme de Télécommunications	Texas Instruments	0004
0026	Fujitsu Network Transmission Systems	Westell, Inc.	0002
0027	MITEL	MITEL	0027
0028	Conklin Instrument Corp.	Conklin Instrument Corp.	0028

附录 D
（提示的附录）
ADSL 的典型应用及物理接口

作为目前宽带接入最现实的手段之一，ADSL 有着很灵活的的系统配置和组网方式，ADSL 局端设备与网络端的接口及 ADSL 远端设备与用户端的接口也随着网络配置和承载业务的不同也有很多不同的形式。本附录列举了 ADSL 的典型应用方式和物理接口。

ADSL 的一种应用方式是局端与远端设备只含有调制和解调功能，将 V 接口和 T 接口（见文图 1）按照下行单工子信道和双工子信道的划分作成物理上的分离型接口。这种方式结构简单且便于测试，但是它存在业务配置不灵活，与网络接口困难以及网络资源浪费等问题。因此在实际应用中，ADSL 局端设备通常以 ADSL MUX（ATM MUX）的方式实现，用户侧和网络侧的接口往往做成单一的复合型接口，如 ATM 接口和以太网接口。其局端和远端设备除具有基本的调制和解调功能之外，还有 ATM 信元处理功能，通过 ADSL 的传输将 ATM 信元直接传到用户家中。由于引入了 ATM 技术，用户可以同时获得多种质量等级的多种业务。其基本应用配置结构见图 D1。



B－AN 宽带接入网

图 D1　ADSL 应用配置

在图 D1 中，ADSL 局端设备（ADSL－MUX）可配置多套 ATU－C 收发器单元，并提供与数字网络的单一高速接口，内部可通过总线方式与多个 ATU－C 通信。这时 V 接口实际上已不是一个物理端口，而是被集成到了设备内部，系统真正提供给网络的是一经复用过的接口，该接口物理上是一个单一端口而不是前面所述的信道分离型端口。在本标准中对于 ADSL 这种典型的应用不加具体限制，对复合型高速接口的规定参考相应的其他标准。然而为便于系统测试，建议 ADSL 设备生产厂家根据用户需要在 ADSL MUX 中提供一个测试接口（如 8Mb/s 或 2Mb/s 接口），该测试接口同 9.2 节中 T_B 接口的规定，以便于将误码仪或其他测试设备接进去作设备性能测试及系统维护。

ADSL 局端设备除且有 ADSL 调制解调功能之外，还具有 ATM VP 或 VC 交叉连接和复用、拥塞控制等功能。

对于 ADSL 远端设备 ATU－R，它通过 ATU－R 收发器和业务模块的接口卡提供与业务模块的接口 T_B。正文 9.2 节提出了对分离型 T_B 接口的要求。在实际应用中，ATU－R

的业务模块接口卡往往提供的不是分离型 ASX 和 LSX 接口，而是复合型的 ATM 或以太网接口。ATU－R 还可以与业务模块(如 STB，PC NID)集成在一起，T_B 接口不直接提供给用户，这种结构直接提供给用户的是与业务有关的接口。对于这类应用本标准不作限制，有关这类接口的标准参考其它相应的标准。在上述两种情况下，和局端的 ADSL MUX 类似，建议厂家根据用户需要提供一个可选的测试口，可与局端的测试口配合使用。有关测试口的接口标准应符合正文 9.2 节关于 T_B 接口的规定。具体的应用配置见图 D2。

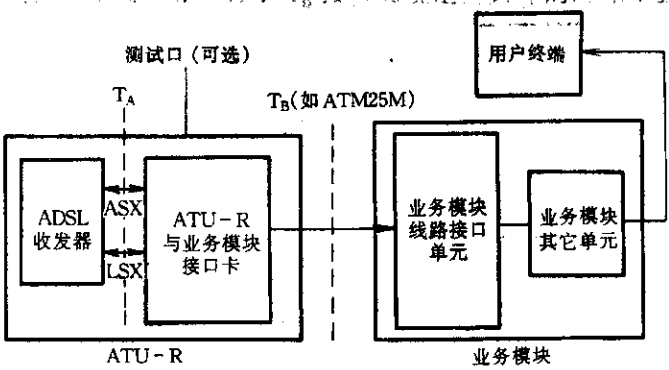


图 D2　ATU－R 功能配置图

ATU－R 除具有 ADSL 调制解调功能外，还有 ATM 信元处理、多协议的 ATM 封装和局域网网桥等功能。

ADSL 应用系统在向用户提供 ATM 数据通道的同时，还可能具有发送和解释信令的能力，并支持 ATM 论坛 UNI3.1、UNI4.0 或 ITU－T Q2931。若 ADSL 系统不具备信令能力，信令可由与之相连的用户业务模块提供支持。

下面列出了 ADSL 使用这种应用结构时的一些接口：

——网络侧接口

STM－1、STM－4

——用户侧接口：

10Base－T/IEEE802.3

25.6Mbit/s/ATM 论坛