

一种具有自动测试功能的交叉连接设备的新方案¹

孔红伟 阮方 冯重熙

(清华大学电子工程系 北京 100084)

摘要 针对传统的交叉连接设备在进行通路测试时的缺点,作者提出了一种新设计方案,用户可以不购买专门的测试设备而利用交叉连接设备本身的功能就能进行交叉连接通路的测试,故方便了用户,也节省了投资,而交叉连接设备的复杂性并没有太大的增加,这种在系统内部包含自动测试功能的想法,对于加速系统的开发调试和生产中的产品检验都有较大的意义。

关键词 数字交叉连接系统,自动测试, HDLC, 数字数据网 (DDN)

中图分类号 TN919.1, TM930

1 概述

ITU-T 对数字交叉连接设备的定义是具有一个或多个符合 G.702(准同步)或 G.707(同步)标准的数字接口,并至少可以对其一个端口信号(或其子速率信号)与其他端口信号(或其子速率信号)进行可控的连接与再连接的设备^[1]。

数字交叉连接设备是组成数字数据网 (DDN) 和大规模专用网的核心设备。可以根据用户的需要在约定的时间内接通所需带宽的线路。信道的容量分配和接续过程是在计算机控制下进行的,具有极大的灵活性。使用户可以开通种类繁多的信息业务,传输任何合适的信息。数字交叉连接设备具有以下功能:灵活的组网功能;业务的集中,分散与疏导功能;网络保护功能;多点桥接功能等。因而在数字数据网和电信网中得到了广泛的应用。

由于交叉连接设备方案能够通过控制终端灵活地进行线路连接的配置与重新配置,故极大地增加了组网的灵活性。但需要一种有效的手段验证线路连接的配置与重新配置的正确性。同时在出现故障时,要求能够定位故障的位置,并且区分故障是本系统内的,还是系统外的。便于快速排除故障。传统的测试做法是在交叉连接设备上加专门的测试接口,通过连接专门的测试设备来测试交叉连接通路的通断情况。这增加了用户的投资。并且这种测试方法比较麻烦,需要用户多次修改链路的配置,在测试完成之后,还需要用户再恢复原来的配置,不便于用户的使用。

在设计交叉连接设备的新方案时,考虑到自我测试功能的需要,在硬件设计及软件的实现上,给出了一种对交叉连接设备的交叉连接通路能进行自我测试的方案。用户只需通过控制台发送测试命令,就可自动地对指定的交叉连接通路进行测试,在测试完成之后,恢复测试之前的连接状态,并不影响用户的使用。在交叉连接设备内部通路出现故障时(交叉连接设备根据功能独立的原则分为线路中继接口板和交叉连接主控板,板间的连接,以及板内均可能出现故障),能够迅速定位故障的位置,从而方便了用户的管理维护。这种自动测试方案需要软件与硬件的配合。下面将详细介绍新的设计方案。

2 自动测试的设计方案

新的交叉连接系统采用了 MT90820^[2] 作为交换矩阵提供大容量的交换。为了充分利用 MT90820 的交换能力, MT90820 的每条输入,输出 ST-BUS^[3] 流都是 4.096Mb/s。因此从成帧芯片 MT9075 出来的 2.048 Mb/s 的 PCM 码流需要合路,而从 MT90820 出来的 4.096

¹ 2000-05-10 收到, 2000-09-11 定稿

Mb/s 的 ST-BUS 码流需要分路。ST-BUS 是类似于 PCM 的一种串行码流格式, 每秒钟有 8000 帧。码流的速率可以为 2.048, 4.096, 8.192, 16.384 Mb/s, 因而分别有 32, 64, 128, 256 个时隙, 每个时隙的速率为 64 kb/s。为了实现对系统的所有交叉连接通路的自我测试功能, 处理器 MC68302^[1] 需要能够监控每个交叉连接通路。这样, 将 MC68302 的一个 SCC 通道的收发分别与 MT90820 的一条输入、输出流上的特定时隙 (STO)_j 的 0 时隙, STI_i 的 0 时隙) 相连。通过交叉连接, 可对任何一个时隙的内容进行监控。这样, 就为自我测试方案提供了硬件基础, 系统的交叉连接示意图见图 1。

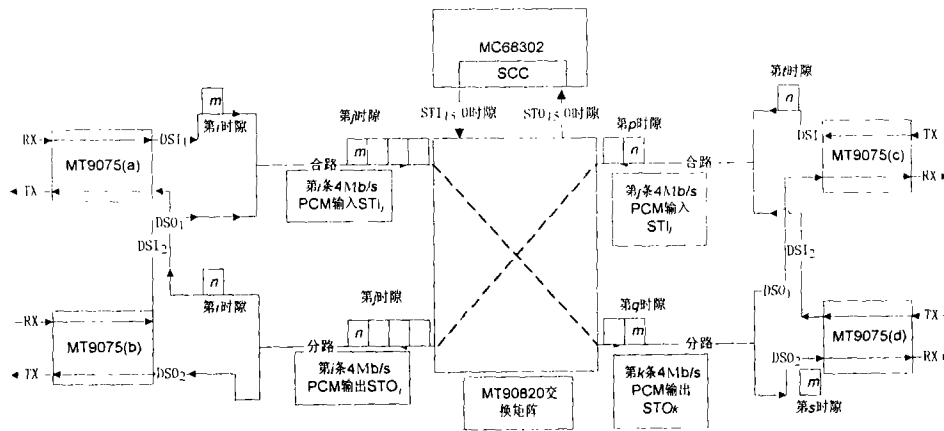


图 1 系统的交叉连接示意图

在交叉连接设备中, 存在多种交叉连接方式: 有一个用户到另外一个用户的交叉连接, 也可能有一个用户到多个用户的广播。通过一个用户端口的来话链路号和时隙号, 以及去话链路号和时隙号, 可以表示各种复杂的交叉连接关系。因此, 假定一般情况下的连接关系如图 1: MT9075(a) 的 DSI₁ 的第 i 时隙映射到 MT90820 的 STI_i 的第 j 时隙, 通过交叉连接连接到 MT90820 的 STO_k 的第 q 时隙, 分路后映射到 MT9075(d) 的第 s 时隙; MT9075(c) 的 DSI₁ 的第 t 时隙映射到 MT90820 的 STI_j 的第 p 时隙。以此交叉连接为例, 在测试时需要测试以下内容: MT9075(a) 的第 i 时隙与 MT90820 的 STI_i, STO_i 的第 j 时隙的连接, MT9075(c) DSI₁ 上的第 t 时隙与 MT90820 STI_j 上的第 p 时隙的连接, MT9075(d) DSO₂ 上的第 s 时隙到 STO_k 上第 q 时隙的连接, STI_i 上的第 j 时隙到 STO_k 上的第 q 时隙的连接, STI_j 上的第 p 时隙到 STO_i 上的第 j 时隙的连接。

在测试时, 需要利用 MT9075 提供的本地时隙环回功能^[5]。这种功能不影响同一条 PCM 链路的其他时隙, 因此在对于一个时隙的交叉连接进行测试时, 其他时隙仍然能够正常工作。测试的思路是利用 MT9075 的本地时隙环回功能, 通过建立临时交叉连接, 与需要测试的连接一起构成一个测试消息环路, 通过 MC68302 发送一定的测试消息, 然后根据它能否接收到自己发送的测试消息判断连接的状况。然而, 在实际测试中, 由于每个时隙需要进行多个连接测试, 在每个连接测试过程中, 都需要拆除原来的临时连接, 建立新的临时连接。因此需要设计一种测试机制, 使得这种测试能够自动进行。并且在一个连接测试完成之后, 自动进入下一个连接测试。另外, 在测试出现错误的情况下, 必须能够恢复测试前的连接状态, 释放对于 SCC (Serial Communication Controller) 的占用使得它能够再用来对其他时隙进行测试。发送测试消息时, 在消息中携带当前测试的状态信息, MC68302 收到自己发出的测试消息后, 就可以根据当前的测试状态给出对应的链路的连接状况。同时, 根据当前的测试状态, MC68302 可以知道下一

步测试的连接方向。这样就可以实现对以上所说的多个连接的逐次测试。在连接出现问题时, MC68302 发送测试消息后, 可能接收不到该消息。这时, 不能让 MC68302 无限制的等待下去, 必须提供从错误中恢复的机制。为此, 新方案采用了定时器溢出的机制。在发送每条消息之后均启动一个定时器, 如果定时器溢出时, 仍然没有收到自己发送的测试消息, 则根据当前的测试状态, 设置相应的测试标志。并且恢复测试前的连接状态。通过这种方法, 可以确切的知道交叉连接系统中的连接故障位置。MC68302 的 SCC 支持多种通信协议, 本方案中采用了 HDLC 协议用于测试消息的通信。利用 HDLC 控制器的功能, 可及时监测到消息传送错误, 保证消息传送的正确性。

以图 1 为例, 对 MT9075(a) 的第 i 时隙进行交叉连接测试。下面我们给出具体的测试过程:

(1) 正常测试处理:

(a) 读取 i 时隙的去话连接关系, 使 MT9075(a) 的 i 时隙进行本地时隙环回。根据去话连接关系, 使 MT9075(d) 的第 s 时隙进行本地时隙环回。拆除 STI $_j$ 上的第 j 时隙到 STO $_k$ 的第 q 时隙的连接, 拆除 STI $_j$ 上的第 p 时隙到 STO $_i$ 上的第 j 时隙的连接。进入测试去话连接通路状态 S0。

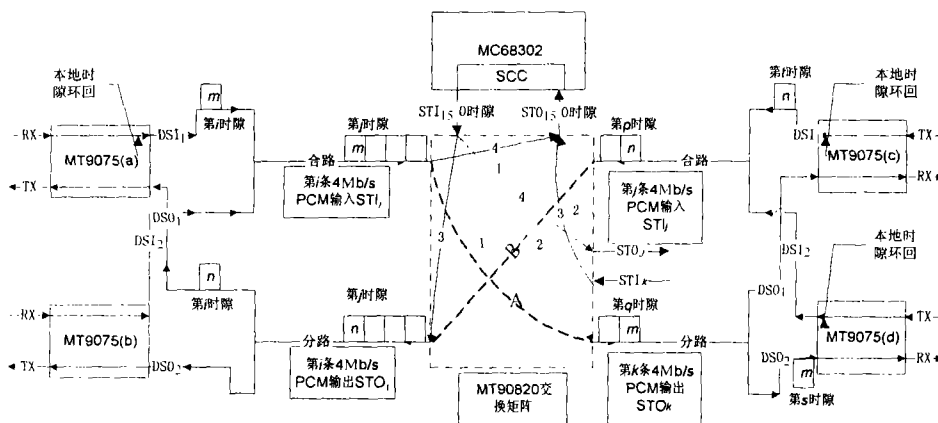


图 2 测试时的临时连接示意图

(b) 测试 MT9075(a) 的第 i 时隙与 MT90820 上的 STI $_i$, STO $_i$ 上的第 j 时隙的连接。建立如下临时连接 1: STI $_{15}$ 第 0 时隙到 STO $_i$ 的第 j 时隙的连接, STI $_i$ 的第 j 时隙到 STO $_{15}$ 的第 0 时隙的连接 (图 2 中两条标号为 1 的连接)。进入 S0.1 状态。MC68302 发送测试消息, 消息中携带目前的测试状态 S0.1。启动定时器, 定时时长 20ms。

(c) MC68302 收到了测试消息, 则停止定时器, 拆除临时连接 1。建立如下临时连接 2: STI $_{15}$ 的第 0 时隙到 STO $_k$ 的第 q 时隙的连接, STI $_k$ 到 STO $_{15}$ 的第 0 时隙的连接 (图 2 中的两条标号为 2 的连接)。进入 S0.2 状态。发送测试消息, 消息中同样携带目前的测试状态 S0.2。启动定时器, 定时时长 20ms。

(d) MC68302 收到了测试消息, 停止定时器, 拆除临时连接 2。建立如下临时连接 3: STI $_{15}$ 的第 0 时隙到 STO $_i$ 的第 j 时隙的连接, STI $_k$ 的第 q 时隙到 STO $_{15}$ 的第 0 时隙的连接 (图 2 中的两条标号为 3 的连接, 构成一个大的测试消息环路), STI $_i$ 的第 j 时隙到 STO $_k$ 的第 q 时隙的连接 (图 2 中标号为 A 的连接)。进入 S0.3 状态。发送测试消息, 消息中携带目前的测试状态 S0.3。启动定时器, 定时时长 20ms。

(e) 接收到测试消息, 停止定时器。拆除临时连接 3。对于图 2 中 MT90820 的 STO_i 上的第 j 时隙 \rightarrow MT9075(a)DSO₁ 上的第 i 时隙 \rightarrow MT9075(a)DSI₁ 上的第 i 时隙 \rightarrow MT90820 STI_i 上的第 j 时隙 \rightarrow MT90820 的第 STO_k 上的第 q 时隙 \rightarrow MT9075(d)DSO₂ 上的第 s 时隙 \rightarrow MT9075(d)DSI₂ 上的第 s 时隙 \rightarrow MT90820 的第 STI_k 上的第 q 时隙的连接测试完毕。转 (f)。

(f) 读取需要测试的时隙的来话连接关系。如果没有去话连接, 拆除 STI_j 第 p 时隙到 STO_i 第 j 时隙的连接。使 MT9075(a) 的 i 时隙进行本地时隙环回。根据来话连接关系, 使 MT9075(c) 的第 t 时隙进行本地时隙环回。进入测试来话连接通路状态 S1。

(g) 测试 MT9075(a) 的第 i 时隙与 MT90820 上的 STI_i , STO_i 上的第 j 时隙的连接。建立如下临时连接 1: STI_{15} 第 0 时隙到 STO_i 的第 j 时隙的连接, STO_i 的第 j 时隙到 STI_{15} 的第 0 时隙的连接 (图 2 中标号为 1 的连接)。进入 S1.1 状态。MC68302 发送测试消息, 消息中携带目前的测试状态 S1.1。启动定时器, 定时时长 20ms。

(h) MC68302 收到了测试消息, 则停止定时器, 拆除临时连接 1。建立如下临时连接 2: STI_{15} 的第 0 时隙到 STO_j 的第 p 时隙的连接, STI_j 的第 p 时隙到 STO_{15} 的第 0 时隙的连接 (图中没有画出)。进入 S1.2 状态。发送测试消息, 消息中同样携带目前的测试状态 S1.2。启动定时器, 定时时长 20ms。

(i) MC68302 收到了测试消息, 停止定时器, 拆除临时连接 2。建立如下临时连接 3: STI_{15} 的第 0 时隙到 STO_j 的第 p 时隙的连接, STI_i 的第 j 时隙到 STO_{15} 的第 0 时隙的连接 (图 2 中的两条标号为 4 的连接, 构成一个大的测试消息环路), STI_j 的第 p 时隙到 STO_i 的第 j 时隙的连接 (图中标号为 B 的连接)。进入 S1.3 状态。发送测试消息, 消息中携带目前的测试状态 S1.3。启动定时器, 定时时长 20ms。

(j) 接收到测试消息, 停止定时器。拆除临时连接 3。对于图中 MT90820 的 STO_j 上的第 p 时隙 \rightarrow MT9075(c)DSO₁ 上的第 t 时隙 \rightarrow MT9075(c)DSI₁ 上的第 t 时隙 \rightarrow MT90820 STI_i 上的第 p 时隙 \rightarrow MT90820 的第 STO_i 上的第 j 时隙 \rightarrow MT9075(a)DSO₁ 上的第 i 时隙 \rightarrow MT9075(a)DSI₁ 上的第 i 时隙 \rightarrow MT90820 第 STI_i 上的第 j 时隙的连接测试完毕。根据交叉连接关系, 恢复原来的连接状态, 取消对应的 MT9075 的对应时隙的本地时隙环回。至此对 MT9075(a) 时隙 i 对应的用户的交叉连接通路的测试全部完毕。

(2) 异常处理:

(a) 定时器溢出, 根据定时器溢出时的状态, 拆除所建立的临时连接, 恢复原来的连接关系, 取消测试中相关的 MT9075 的时隙的本地时隙环回。

(b) 测试时隙没有去话连接 (广播方式下的接收用户)。直接进入测试状态 S1。以下同样处理。

(c) 测试时隙没有来话连接 (广播方式下的发送用户)。则在测试完去话连接后, 直接结束。

(d) 该测试时隙没有被交叉连接至任何时隙, 停止测试, 设置相应的标志。

从以上测试机制可以看出, 利用这种测试方法, 可以方便地定位交叉连接中连接通路的通断情况。并且在连接不通的情况下判断出故障的位置。从而可以迅速排除故障。利用这种测试机制, 可以在最多 120ms 内完成对一个用户时隙的交叉连接通路的测试。这远比使用外接测试设备的交叉连接设备的测试速度 (手动修改, 至少几十秒) 迅速。

3 与传统的测试方法的比较

传统的交叉连接系统的连接关系如图3所示。它与本系统在处理测试时的差别在于本系统的处理器具有连接到交叉连接矩阵的链路上的接口,而传统的交叉连接系统则必须外接测试设备。在交叉连接系统中,用户在重新设置交叉连接关系后,往往希望通过一种手段进行链路的通断验证,在本系统中,可以干扰其他用户的工作而进行验证。因此,可以方便地进行链路的通断测试。适应了快速可靠地改变链路连接关系的需要。在传统的交叉连接系统中,有两种测试连接方式,如图3所示。第一种方式,是断开需要验证的时隙所在的PCM链路,然后跨越测试设备。使用这种测试方式,改变两次连接,才可测试完毕。但需要在机架背板上改动连接关系。比较麻烦。第二种方式是在测试接口上外接测试设备,用户自己多次修改链路连接关系,建立临时测试消息连接(如同在本方案软件中自动实现的测试步骤)。如果交叉连接设备不具备用户时隙本地环回的功能,则需要到背板上改变线路的连接关系,以构成环回通路。这种方法很不方便,花费时间也比较长。在背板上改动连接构成环回的方法也影响链路上的其他用户工作。可以看出,以上两种外接测试设备的测试方法,均不方便,且比较耗时。因此在需要快速可靠地进行链路连接关系重新指定的环境下,例如,军用环境下,传统的交叉连接系统的测试验证方法就不能满足需要。而我们的新方案则解决了这一问题。而且,新方案的交叉连接系统节省了用户对于专用测试设备的投资,也具有较好的经济性。采用新方案也有一些缺点。需要增加一定的硬件来保证处理器与MT90820的链路的连接不占用用户可用的时隙,增加了一定的硬件复杂度。由于一个交叉连接设备的软件系统是由多个不同的实时任务组成的,使用系统自我测试功能的同时不能影响其他的实时任务的正常运行,这就需要在任务之间引入较复杂的同步机制并且必须规划好各个任务的优先级。在自我测试的过程中,由于利用了前一步测试中收到的消息中所包含的当前测试状态信息决定下一步的测试方向,这就要求在系统的链路出现故障时,测试过程能够发现故障并自动停止测试过程,并恢复测试前状态。为此必须在系统中增加测试过程的异常处理,以增强系统的鲁棒性。这些在一定程度上增加了系统软件的复杂度。但是可以通过对于系统软件的合理规划来减少这些不利影响。

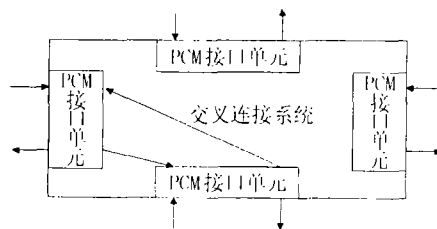


图3 传统的交叉连接设备的测试连接关系示意图

4 总 结

新方案通过硬件结构的设计加上软件的配合给出了一种交叉连接设备的交叉连接链路的通断自我测试的方案。该方案与传统的通过特定的测试接口,利用专用外界设备进行链路通断测试的方案相比,仅有限地增加了系统的复杂度,却具有节省成本,方便快捷的优点。同时,这种设计结构提供了一种有效的手段来监控系统的功能。在开发调试阶段,可以较方便地发现系统的故障所在,便于系统的调测开发。而在生产中,这种结构提供了有效的产品自检的手段。具有较大的经济效益。

参 考 文 献

- [1] 黄锡伟等, 数字数据网, 北京, 1997 年, 人民邮电出版社, 15-40.
- [2] MITEL, MT90820 Large Digital Switch, 美国, 1996, 2-179-2-190.
- [3] MITEL, ST-BUS generic device specification Application Notes, 美国, 1995, 1-8.
- [4] MOTOROLA, MC68302 Integrated Multiprotocol Processor User's Manual, 美国, 1993, section 4.
- [5] MITEL, MT9075 E1 single chip transceiver, 美国, 1997, 4-123-4-124.

ONE NOVEL IMPLEMENTATION OF
DIGITAL CROSS CONNECT SYSTEM WITH SELF-TEST

Kong Hongwei Ruan Fang Feng Zhongxi

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract One novel method of Self-Test is proposed in this paper to avoid the shortcomings of the traditional testing ways for digital cross-connect systems. By implementing the self-test functions in the system, the established connect can be easily tested with no need for special testing equipment. This can greatly ease the test of connect and system and save the investment with only a little increment of system's complexity. The idea to contain the self-test function in the system would be very helpful for accelerating the development of system and also for the verifying of the products.

Key words Digital cross-connect system, Self-test, HDLC(High Level Data Link Control). Digital data network

孔红伟: 男, 1974 年生, 博士生, 研究方向是宽带多业务接入网, Internet QoS, 流量控制, 包括 ADSL, 基于 IP 的多址服务, 无源光网络等.

阮方: 男, 1963 年生, 副教授, 研究方向是宽带多业务接入网, 光传输网络.

冯重熙: 男, 1930 年生, 教授, 研究方向是宽带多业务接入网网络和光传输网络.