

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2804.4-2015

40Gbit/s/100Gbit/s 强度调制可插拔 光收发合一模块 第 4 部分：软件管理接口

40Gbit/s/100Gbit/s intensity modulation pluggable transceiver module
Part 4: Software management interface

2015-04-30 发布

2015-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前 言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 缩略语、术语和定义.....1

 3.1 缩略语.....1

 3.2 术语和定义.....2

4 光模块软件管理接口要求.....3

 4.1 总线接口架构.....3

 4.2 MDIO命令帧结构.....4

 4.3 操作时序.....5

5 光模块控制信号要求.....16

 5.1 状态切换控制信号.....16

 5.2 光模块状态信号.....17

 5.3 光模块工作状态.....17

 5.4 光模块启动及关闭过程.....21

 5.5 光模块全局告警.....24

附录A（规范性附录） 寄存器地址空间分配.....27

附录B（规范性附录） 光模块寄存器列表1.....28

附录C（规范性附录） 光模块寄存器列表2.....32

附录D（规范性附录） 光模块寄存器列表3.....36

附录E（规范性附录） 通道频率设置.....41

附录F（规范性附录） 密码访问控制.....42

前 言

《40Gbit/s /100Gbit/s强度调制可插拔光收发合一模块》预计分为以下4部分：

- 第 1 部分：4×10 Gbit/s；
- 第 2 部分：4×25 Gbit/s；
- 第 3 部分：10×10 Gbit/s；
- 第 4 部分：软件管理接口。

本部分为第4部分。

本部分按照GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：中兴通讯股份有限公司、武汉邮电科学研究院、深圳新飞通光电技术有限公司、无锡市中兴光电技术有限公司、工业和信息化部电信研究院。

本部分主要起草人：张 琦、许轶骏、徐红春、陈 悦、李现勤、赵文玉、武成宾。

40Gbit/s/100Gbit/s强度调制可插拔光收发合一模块
第4部分：软件管理接口

1 范围

本部分规定了封装形式为CFP的40 Gbit/s/100 Gbit/s强度调制可插拔光收发合一模块（以下简称“光模块”）软件管理接口的术语和定义、管理接口、控制信号、寄存器、通道频率设置和访问密码控制等要求。其中，管理接口包括：总线接口架构、MDIO命令帧结构，以及操作时序等；控制信号包括：状态切换控制信号、状态信号、工作状态、启动及关闭过程、全局告警等；寄存器包括：工作状态的设置命令代码、采集性能量的查询命令代码、告警的查询命令代码等。

本部分适用于封装形式为CFP的40 Gbit/s/100 Gbit/s强度调制可插拔光收发合一光模块的软件管理接口，其他类型光模块的软件管理接口可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

YD/T 2804.2-2015	40Gbit/s/100Gbit/s强度调制可插拔光收发合一模块 第2部分： 4×25Gbit/s
IEEE 802.3-2012	以太网标准（STANDARD FOR ETHERNET）
CFP多源协议硬件规范	R1.4（CFPmsA Hardware Specification R1.4）
CFP多源协议管理接口规范	（CFPmsA Management Interface Specification）

3 缩略语、术语和定义

3.1 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

A/D	Analog/Digital	模拟/数字
CDB	Common Data Block	公用数据块
CFP	Centum Form factor Pluggable module	100 Gbit/s 可插拔光收发合一光模块
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
DDM	Digital Diagnostic Monitoring	数字诊断监测
DSP	digital signal processor	数字信号处理器
FAWS	Fault, Alarm, Warning and Status	故障、告警、警告和状态
FPGA	Field—Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
LSB	Least Significant Bit	低有效位
MDC	Management Data Clock	管理数据时钟
MDIO	Management Data Input Output	管理数据输入输出
MLG	Multi-Link Gearbox	多链路变速器

YD/T 2804.4-2015

MSA	Multi-Source Agreement	多源协议
MSB	Most Significant Bit	高有效位
N/A	Not Available	不可用
NVM	Non-Volatile Memory	非易失存储器
NVR	Non-Volatile Register	非易失寄存器
OR	Or	逻辑或
PMD	Physical Medium Dependent	物理介质相关
RO	Read Only	只读
RW	Read Write	读写
SOA	Semiconductor Optical Amplifier	半导体光放大器
VR	Volatile Registers	易失性存储器
WO	Write Only	只写

3.2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.2.1

MDIO总线 MDIO Bus

MDIO 电气接口由 8 根线组成，它们是 MDC、MDIO、全局告警线和 5 根地址线。MDC 是由主机驱动的 MDIO 时钟线；MDIO 是主机或光模块驱动的双向数据线，其方向依据数据具体传输方向。

3.2.2

告警 Alarm

当光模块处于非正常工作状态时发出的一种状态信号。

3.2.3

警告 Warning

当光模块处于临近非正常工作状态时发出的一种状态信号。

3.2.4

软件管理接口 Software Management Interface

主机和光模块之间的通信/控制接口，控制和监控光模块的启动、关断、寄存器访问等操作。

3.2.5

有效 Asserted

信号产生或存在，信号具备相应的有效电平。如复位状态是主机通过 MOD_RSTs（主机复位光模块的信号）提供光模块一个低电平信号，这时称 MOD_RSTs 信号有效或产生 MOD_RSTs 信号。

3.2.6

网络通道 Network Lane

光模块的光接口。

3.2.7

释放 De-Asserted

信号无效或不存在。如复位状态，是主机通过MOD_RSTs提供光模块一个低电平信号，当启动光模块初始化时，需要让MOD_RSTs变成高电平，这时称作释放MOD_RSTs或MOD_RSTs失效，与有效意义相反。

3.2.8

映像 Image

下载升级用的二进制可执行文件。

3.2.9

主通道 Host Lane

主机与光模块间的电接口。详细描述见《CFP多源协议管理接口规范》中图11。

4 光模块软件管理接口要求

4.1 总线接口架构

4.1.1 寄存器地址范围

光模块寄存器地址范围从 0000h 到 FFFFh，其中 0000h 到 7FFFh 地址范围保留给 IEEE 802.3 使用。它们在逻辑上分为 8 页，每页的开始边界为 8000h, 9000h, A000h, ..., F000h 等。每页 4096 个地址空间被分为 32 个表，每个表 128 个寄存器地址空间。在上述页和表之间并不存在物理边界。逻辑分段的主要目的是方便寄存器空间的分配和访问控制。

4.1.2 寄存器要求

光模块寄存器分为两种：NVR 寄存器和 VR 寄存器。NVR 寄存器在光模块内部，需要有 NVM 支持寄存器数据存储，在光模块启动过程中，加载 NVR 寄存器。VR 寄存器，用于存放光模块的控制命令和实时数字信息诊断命令。

光模块实现过程中，寄存器需要使用快速存储，去映射 NVM 数据和 DDM 寄存器数据，以保证主机对光模块寄存器的正确访问。光模块寄存器需要满足如下要求：

- 支持主机和光模块对光模块寄存器的二重访问；
- 支持主机通过 MDIO 接口，对光模块最高 4 MHz 连续速率的连续快速访问（读/写）；
- 支持在光模块启动过程中，将 NVM 数据加载到光模块映射寄存器，支持数据从光模块寄存器，到 NVM 的存储；
- 支持 DDM，在光模块运行过程中的周期性更新；DDM 寄存器最大更新周期定义为 100ms（单通道应用情况）。如果光模块通道大于 1，则 DDM 最大更新周期定义为 $50 \times (N+1)$ ms，其中 N 为光模块实际应用中支持的光通道号；
- 支持光模块寄存器设置操作，包括 NVR 寄存器和 VR 寄存器；
- 异常引起的 MDIO 总线传输中断，则未完成的操作数据需要抛弃，不更新寄存器值；
- MDIO 设备地址可以修改，且无需重启光模块即可生效。

寄存器详细信息见附录A、附录B、附录C、附录D。

4.1.3 管理接口框图

光模块管理接口框图如图 1 所示。

YD/T 2804.4-2015

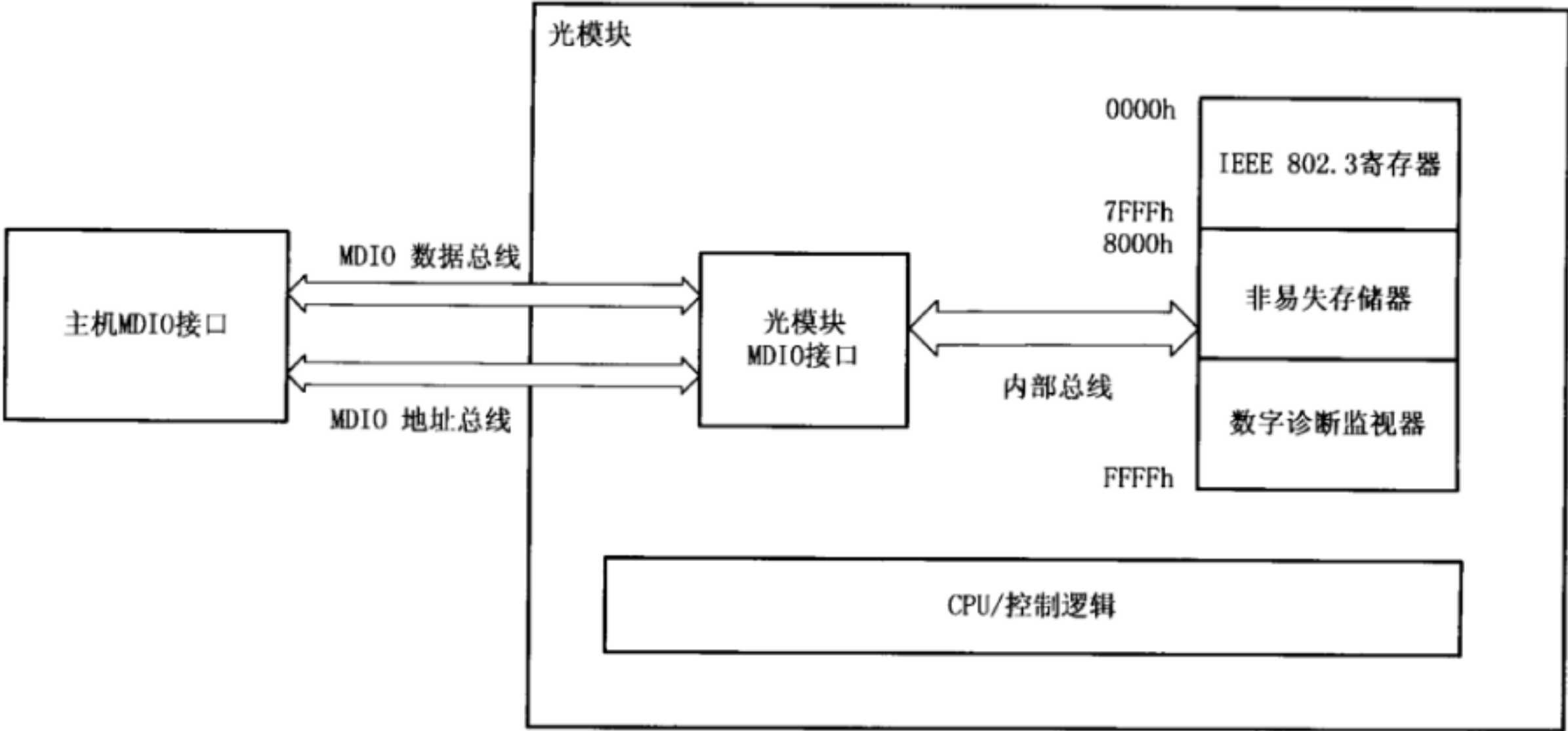


图 1 光模块管理接口框

图 1 中的 MDIO 接口应遵守以下要求：

- a) MDC 连续速率最高可达到 4 MHz，且向下可兼容到连续速率 100 kHz；
- b) MDIO 读、写操作只在 MDC 时钟上升沿使能。

MDIO 接口信号引脚提供 5 个地址线，最多可支持 32 个可选地址。MDIO 接口信号引脚说明见 YD/T xxxx.2 -20XX 中表 13。

4.2 MDIO 命令帧结构

MDIO 命令帧结构如图 2 所示。

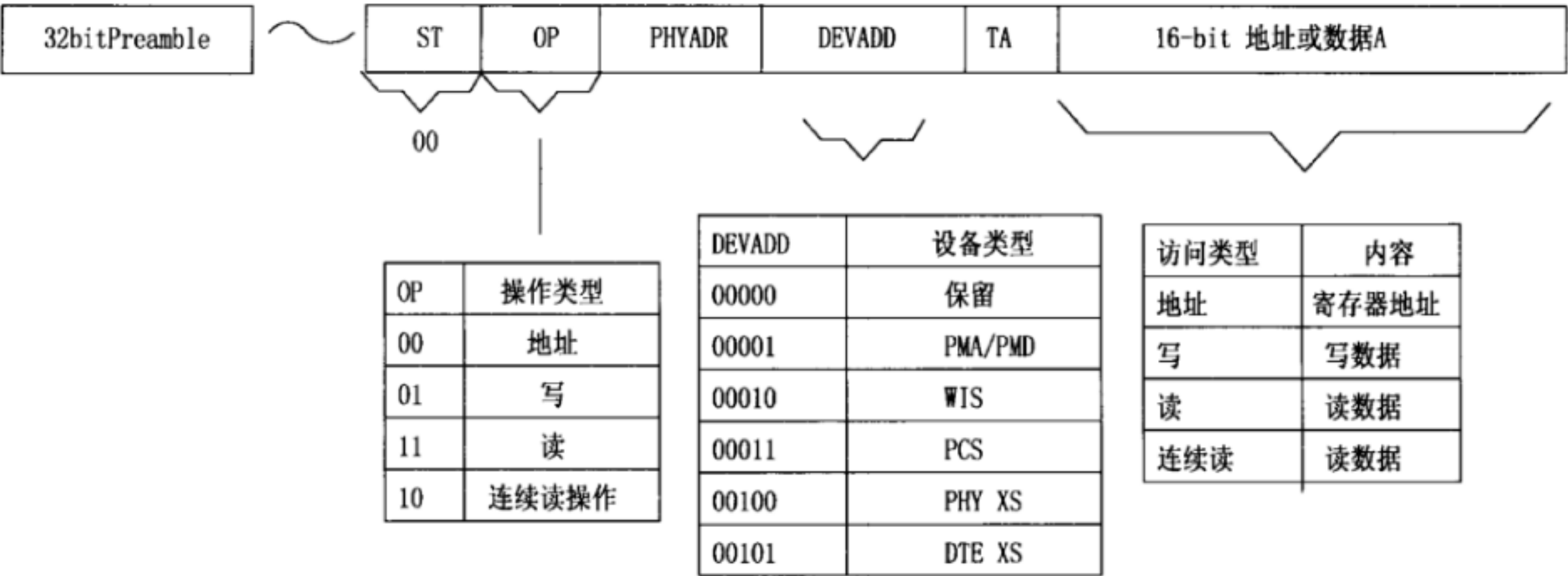


图 2 MDIO 帧结构

本部分使用 IEEE 802.3-2012 中第 45 章定义的数据帧结构进行通信。每帧全部长度 64 位，前 32 位为前导码 (Preamble)，后 32 位为地址帧或命令帧。32 位前导码为主机向光模块发送的连续 32 个逻辑“1”比特。帧和帧之间为空闲状态 (Idle)。

MDIO 帧命令体由 6 部分组成，具体如下：

- ST：开始位(2bit)；
- OP：操作码(2bit)；

- PHYADR: 物理端口地址(5bit), 其中地址值“0b00000”为广播地址;
- DEVADD: MDIO 器件地址;
- TA: 状态转换 (turn around) 码(2bit)。对于读操作, 主机和光模块保持 MDIO 数据线, 在 TA 的第一个比特为高阻态, TA 的第二个比特, 由光模块置为逻辑“0”, 主机开始数据发送; 对于写操作, 主机将驱动 TA 的两个比特为“0b10”, 开始对光模块执行写数据操作;
- 16-bit 地址或数据: MDIO 帧结构中的数据净荷域。

4.3 操作时序

4.3.1 写操作

写操作由两帧结构组成, 第一帧的 OP 为地址, 数据净荷域为光模块寄存器地址; 第二帧的 OP 为写操作, 数据净荷域为要写的寄存器内容。写操作由主机发送数据和时钟, 光模块在时钟的上升沿采集数据。主机发送地址或数据后, 不再驱动 MDIO 数据线, 将数据线拉高进入空闲状态, 两帧都发送完毕后, 写操作结束。MDIO 写操作周期如图 3 所示。

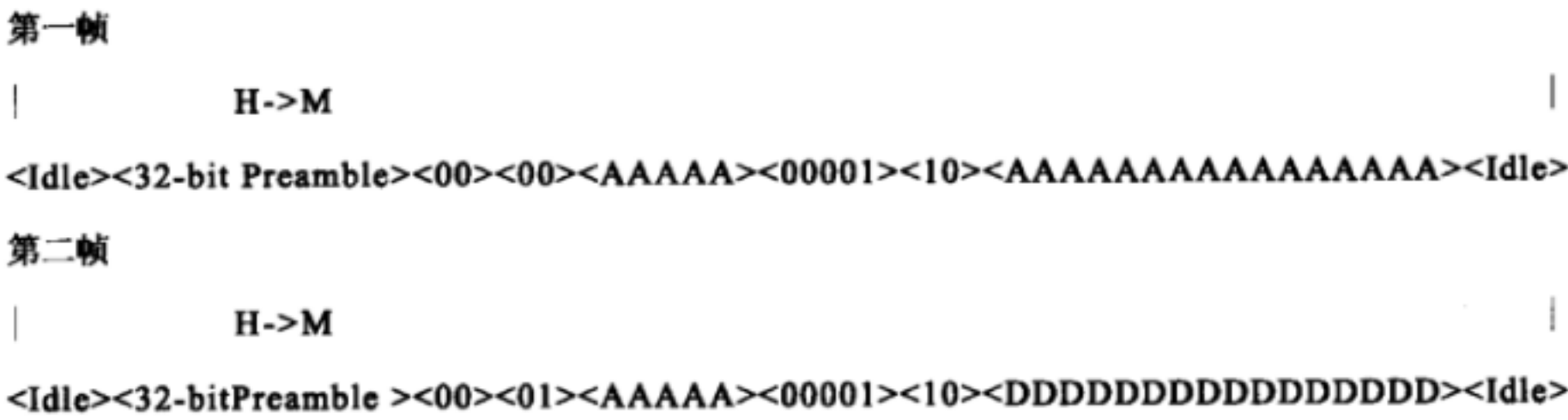


图 3 MDIO 写操作周期

4.3.2 读操作

读操作由两帧组成。第一帧的 OP 为地址, 数据净荷域为光模块寄存器地址; 第二帧的 OP 为读操作, 数据净荷域为要读的寄存器内容。读操作由主机发送时钟, 主机与光模块先后驱动数据线, 光模块在上升沿接收和发送数据。主机发送完毕寄存器地址, 光模块发送完所读数据后, 主机不再驱动 MDIO 数据线, 进入空闲状态, 两帧都发送完毕后, 读操作结束。MDIO 读操作周期如图 4 所示。

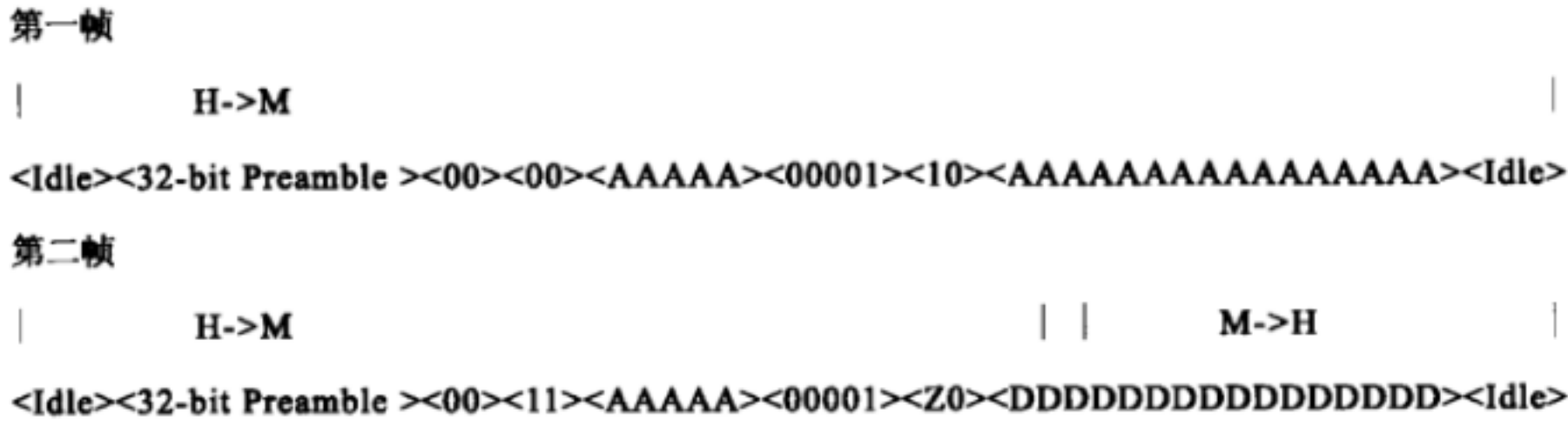


图 4 MDIO 读操作周期

主机采用读写光模块中指定地址的寄存器数据的方式来实现命令的收发。

4.3.3 连续读操作

连续读操作是在标准读操作的基础上发展来的, 至少由两个帧组成。第一帧同标准读操作, 为读操作的寄存器地址; 第二帧的操作码为连续读操作码 (0b10), 读出寄存器数据。同时, 光模块内部将下一个寄存器地址处的数据放到缓冲区中, 等待下一帧来被读取; 第三帧主机直接读取寄存器数据; 以此类推, 直到帧操作码不为连续读操作码 (0b10) 为止。连续读操作周期如图 5 所示。

YD/T 2804.4-2015

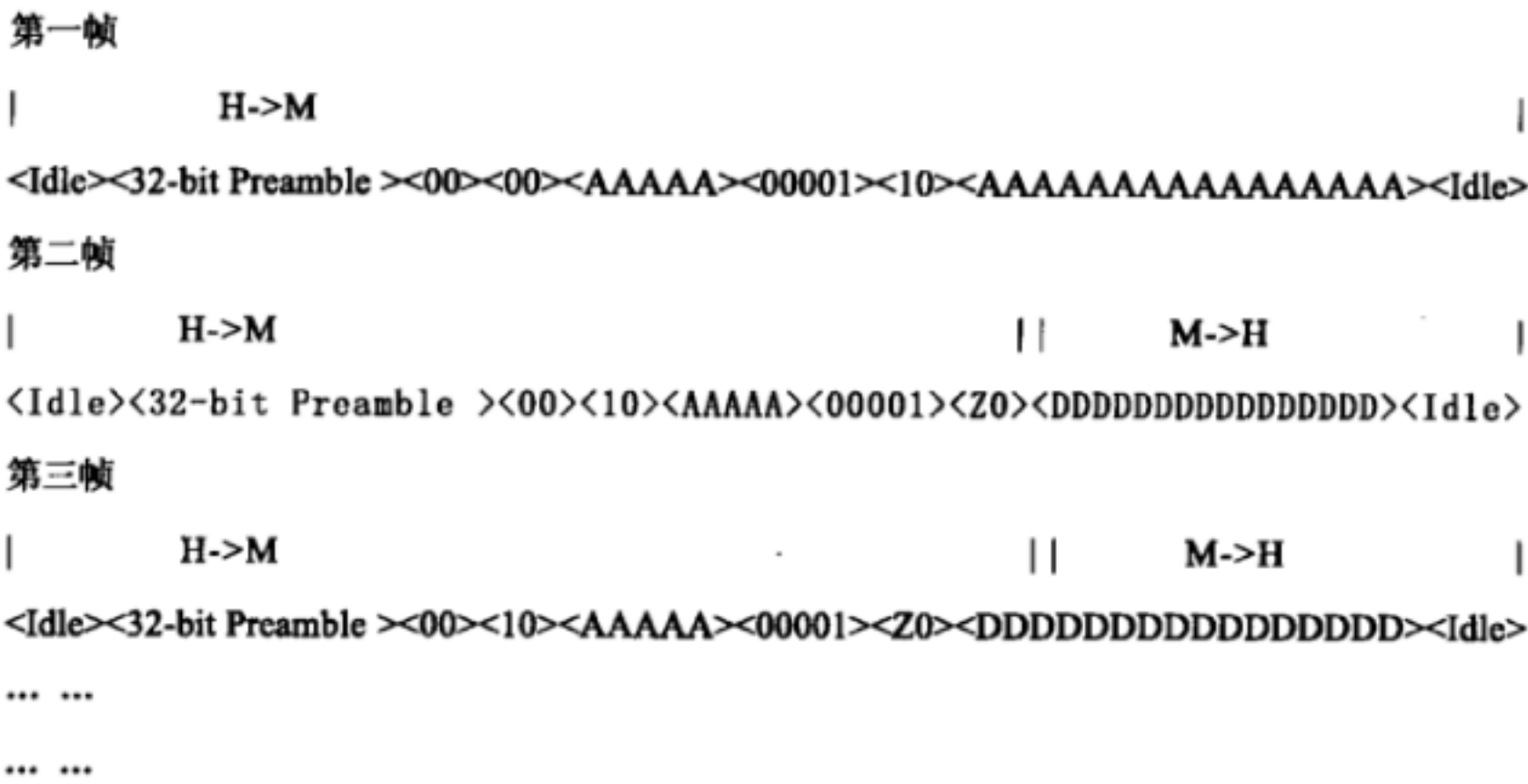


图 5 连续读操作

4.3.4 读写操作的保护

读写操作的保护通过增加校验帧实现，具体如下：

对地址帧和数据帧的数据净荷，进行CRC16计算。光模块将计算的（连续）读操作的校验和，放入83FEh寄存器，供主机读取校验。主机将算出的校验和与此数值比较，发现错误可以进行重读操作。主机将计算的写操作的校验和写入83FFh寄存器。光模块将计算的校验值，与83FFh寄存器的值进行比较，如果一致，操作结束，否则，置位A021h的bit 0为1，来通知主机，主机根据此信号进行重写操作。

具体操作流程如图6所示。

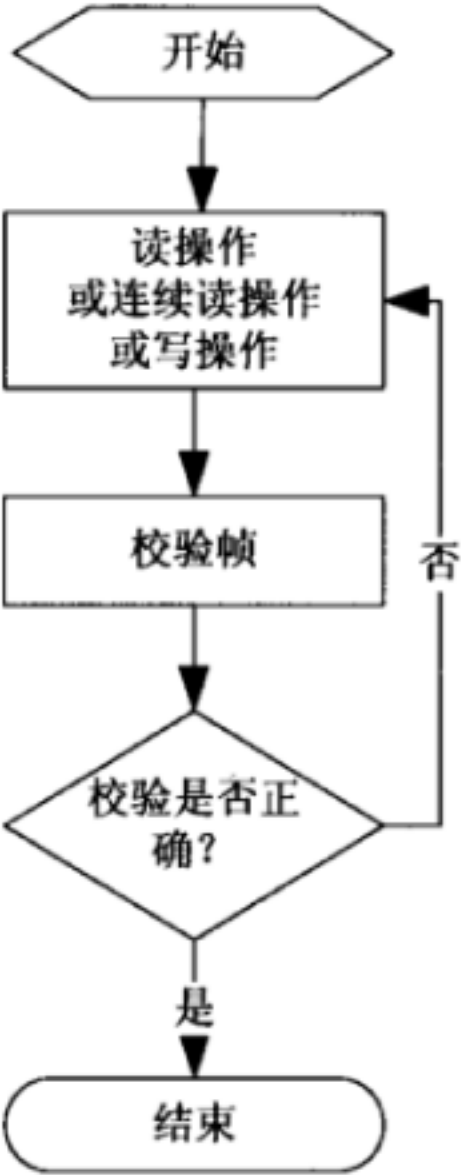


图 6 读写操作保护流程

4.3.5 批量数据块寄存器结构

主机到光模块的批量数据块，在寄存器 BC00h~BDFFh。第一个寄存器 BC00h 是数据块大小。数据从 BC01h 开始，后面紧跟 32-bit CRC。所有这些寄存器都是 MSB 存储在低地址，LSB 存储在高地址。主机到光模块的批量数据块结构如图 7 所示。

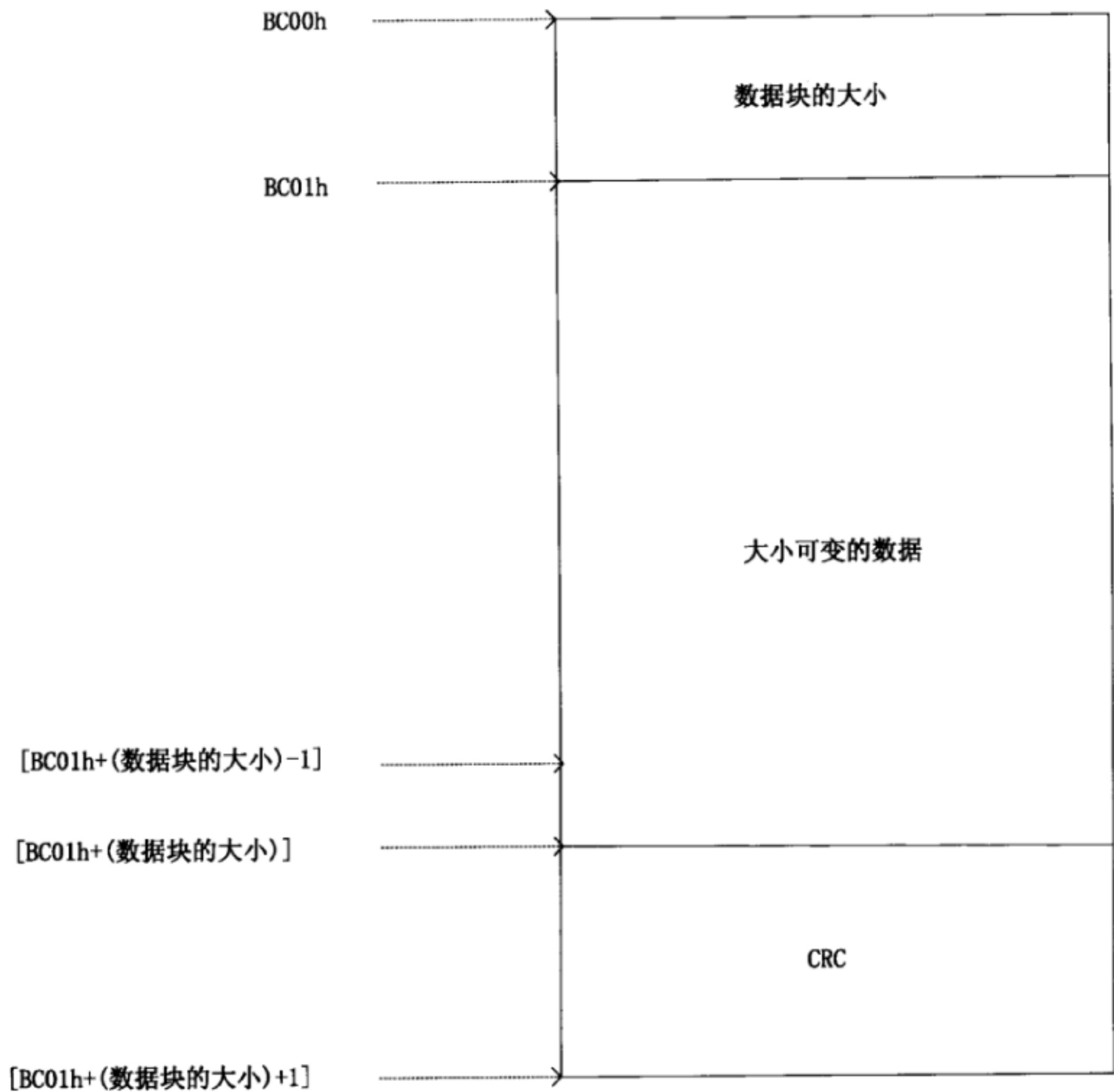


图 7 主机到光模块的批量数据块结构

4.3.6 批量数据包下载

主机和光模块的批量数据包下载,是指基于 MDIO 接口进行主机和光模块之间的批量数据包下载。具体如下:

主机通知光模块开始批量数据包下载,并使用 MDIO 帧向光模块批量发送数据包,该 MDIO 帧包括:数据包地址字段和数据包编号字段。数据包地址字段用来指示一个数据包在光模块中的相对地址,数据包编号字段用于指示所述一个数据包在多个数据包中的位置;

光模块根据编号判断接收的一个数据包是否为主机本次批量发送的最后一个数据包,从而结束本次批量下载。

4.3.7 写操作流程控制

写操作流程控制,用于防止发生从主机到光模块的命令溢出。引起溢出的原因是光模块有些命令处理过程时间较长,如设置激光器通道。写操作流控制通过一个状态寄存器来实现。这个状态寄存器提供一个比特位来表示最新的启动命令,它还能在命令完成时,产生一个中断通知主机。主机在执行后续的写操作之前,负责查询该状态寄存器,或者等待命令完成时产生的中断。读操作或地址自动加 1 的连续读操作不需要流程控制。主机可在任意时间执行上述命令,并且每秒可执行多次。主机通过查询光模块命令执行状态寄存器,获取命令执行状态,以决定下一条写命令是否可以下发给光模块。光模块写操作

流控制处理过程如图 8 所示。

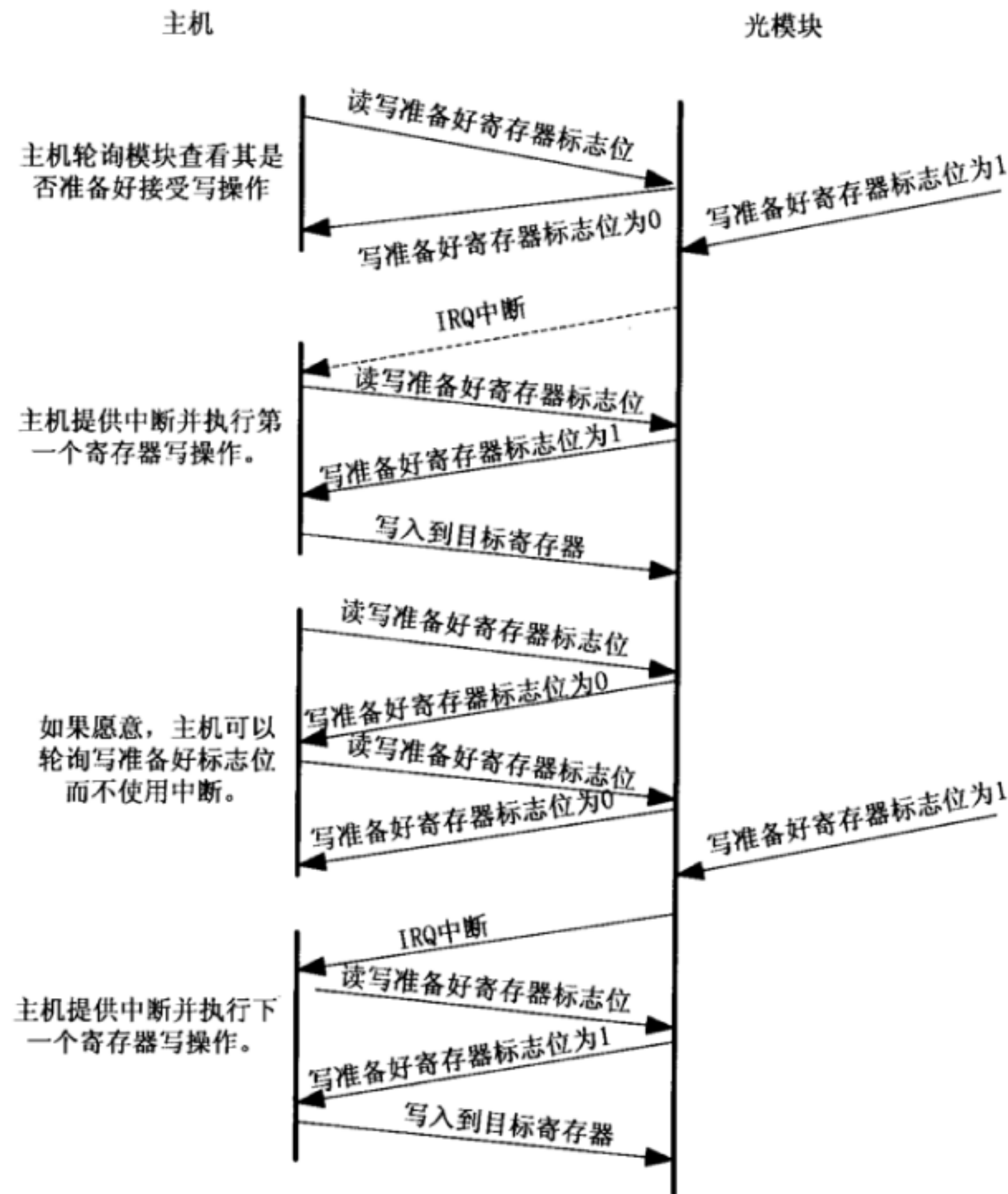


图 8 光模块写操作流程控制

写操作流程控制状态寄存器见表 1。

表 1 写操作流程控制状态寄存器

地址	大小	访问类型	比特位	寄存器比特位名称	描述	初始值
B004h	2	RW	15~9	—	保留，生产商指定	0
		RO	8~6	—	保留。	0
		RW	5	用户恢复和保存命令	0: 恢复用户的非易失部分； 1: 存储用户的非易失部分	0
		RO	4	—	保留	—
		RO	3~2	命令状态	00: 空闲； 01: 命令成功完成； 10: 命令处理中； 11: 命令失败	0
		RW	1~0	扩展命令	00: 生产商指定； 01: 生产商指定； 10: 保存用户密码， 如果 bit5=0,则该命令释放； 11: 恢复/保存用户非易失部分的内容	0

BC00h~BFFFh 地址范围内，大数据块写操作流控状态寄存器见表 2。

表 2 大数据块写操作流控状态寄存器

地址	寄存器名称	大小	访问类型	比特位	寄存器比特位名称	描述	初始值
B04Ah	上传控制	2	RW/SC	15	上传开始请求	请求上传初始化的寄存器位，该比特位自清除	0
			RW	14	上传数据块处理	1: 已完成; 0: 未完成	0
			RW	13	上传终止	1: 终止上传	0
			RW	12~11	上传数据块错误码	00: 无错误; 01: CRC 错误	0
			RO	10~8	—	保留	0
			RW	7~0	上传类型	该区域指定上传数据得类型。其值由生产商指定	0
B04Bh	上传数据	2	RO	15	上传数据块就绪	当光模块向 BC00h 地址写完数据，设置该标志	0
			RW	14~0	最大的上传数据块大小	主机设置上传数据块大小	1
B04Ch	光模块升级数据	2	RW	15	升级数据块准备	当主机完成向 BC00h 地址写数据块时设置该标志。当该标志被光模块清除之后，主机可以写下一个数据块	0
			RO	14~0	最大的升级数据块大小	光模块设置升级数据块大小	1
B04Dh	光模块升级控制	2	RW	15~12	升级命令	0000: 无操作; 0001: 启动下载; 0010: 结束下载; 0011: 运行映像 A; 0100: 运行映像 B; 0101: 终止映像下载; 0110: 拷贝映像 A 到 B; 0111: 拷贝映像 B 到 A; 1000: 指定映像 A; 1001: 指定映像 B	0
			RO	11~8	升级准备时间	当主机发出了运行映像命令时，MDIO 是不可用的，需要等待。升级准备时间最大值是 5s 的整数倍	0
			RO	7~0	—	保留	—
B04Eh	—	2	RO	—	—	保留	—

表 2 (续)

地址	寄存器名称	大小	访问类型	比特位	寄存器比特位名称	描述	初始值
B050h	扩展功能状态	2	RO	15	光模块写准备	0: 未准备好; 1: 已准备好	0
				14	命令错误	0: 无错误; 1: 有错误	0
				13	保留		—
				12	辅助接口实例 1, 接收数据可用 (选项)	0: 数据不可用; 1: 数据可用	0
				11	辅助接口实例 2, 接收数据可用 (选项)	0: 数据不可用 ; 1: 数据可用	0
				10	辅助接口实例 1, 接收数据溢出 (选项)	0: 数据无溢出; 1: 数据溢出	0
				9	辅助接口实例 2, 接收数据溢出 (选项)	0: 数据无溢出; 1: 数据溢出	0
				8	上传数据可用	0: 数据不可用; 1: 数据可用	0
				7	上传数据完成	0: 未完成; 1: 完成	0
				6~0	—	保留	—
B051h	光模块升级状态	2	RO	15~14	升级命令状态	00: 空闲; 01: 命令成功完成; 10: 命令处理中; 11: 命令失败	0
				13	升级下载映像时业务受影响状态	0: 升级到当前下载映像不会影响业务; 1: 升级到当前下载映像会影响业务	0
				12	映像运行	0: 映像 A; 1: 映像 B	0
				11~10	映像 A 状态	00: 无映像; 01: 存在有效映像; 10: 存在损坏的映像; 11: 保留	0
				9~8	映像 B 状态	00: 无映像; 01: 存在有效映像; 10: 存在损坏的映像; 11: 保留	0
				7	映像指定	0: 映像 A; 1: 映像 B	0

表 2 (续)

地址	寄存器名称	大小	访问类型	比特位	寄存器比特位名称	描述	初始值
B051h	光模块升级状态	2	RO	6~0	升级命令失败原因	0: 无错误;	—
						1: CRC 错误; 2: 映像长度错误; 3: Flash 写操作错误; 4: 固件类型不支持	0
B052h	固件升级类型标识	2	RW	15~3	保留	保留	0
				11~0	固件类型	0: MCU 映像 1: FPGA 映像 2: DSP 芯片映像	0
B054h	光模块扩展功能锁存	2	RO	15	光模块写准备锁存	0: 不锁存; 1: 锁存	0
				14	命令错误锁存	0: 不锁存; 1: 锁存	0
				13	—	保留	—
				12	辅助接口实例 1, 接收数据可用锁存 (选项)	0: 不锁存; 1: 锁存	0
				11	辅助接口实例 2, 接收数据可用锁存	0: 不锁存; 1: 锁存	0
				10	辅助接口实例 1, 接收数据溢出锁存 (选项)	0: 不锁存; 1: 锁存	0
				9	辅助接口实例 2, 接收数据溢出锁存 (选项)	0: 不锁存; 1: 锁存	0
B054h	光模块扩展功能锁存	2	RO	8	上传数据可用锁存	0: 不锁存; 1: 锁存	0
				7	上传数据完成锁存	0: 不锁存; 1: 锁存	0
				6~0	—	保留	—
B055h	—	2	RO	—	—	保留	—
B057h	光模块扩展功能使能	2	RW	15	光模块写准备使能	0: 禁用; 1: 使能	0
				14	命令错误使能	0: 禁用; 1: 使能	0
				13	保留		—
				12	辅助接口实例 1, 接收数据可用使能 (选项)	0: 禁用; 1: 使能	0
				11	辅助接口实例 2, 接收数据可用使能 (选项)	0: 禁用; 1: 使能	0

表 2 (续)

地址	寄存器名称	大小	访问类型	比特位	寄存器 比特位名称	描述	初始值
B057h	光模块 扩展功能 使能	2	RW	10	辅助接口实例 1, 接收数据溢出使能 (选项)	0: 禁用; 1: 使能	0
				9	辅助接口实例 2, 接收数据溢出使能 (选项)	0: 禁用; 1: 使能	0
				8	上传数据可用使能	0: 禁用; 1: 使能	0
				7	上传数据完成使能	0: 禁用; 1: 使能	0
				6~0	—	保留	—
B058h	—	2	RO	—	—	保留	—
B05Ah	辅助接口 实例 1 (选项)	2	WO	15	处理数据块准备	光模块完成向 BC00h 地址写数据块时, 设置该标志	0
			WO	14	处理最后一个数据块	1: 当前处理的是最后一个数据块; 0: 当前有多个数据块需要处理	0
			RO	13	处理数据进度	1: 已完成; 0: 未完成	0
			RO	12	处理终止	1: 终止处理.	0
			RO	11~10	处理数据块错误码	00: 无错误; 01: CRC 错误	0
			RO	9~0	—	保留	—
B05Bh	光模块到 主机的辅 助接口实 例 1 (选项)	2	WO	15	处理数据块准备	由光模块发送到主机的串行数据。当光模块完成向 BC00h 地址写数据块时设置该标志	0
			WO	14	处理最后一个数据块	1: 当前处理的是最后一个数据块; 0: 当前有多个数据块需要处理	0
			RO	13	处理数据进度	1: 已完成; 0: 未完成	0
			RO	12	处理终止	1: 终止处理	0
			RO	11~10	处理数据块错误码	00: 无错误; 01: CRC 错误	0
			RO	9~0	—	保留	—

表 2 (续)

地址	寄存器名称	大小	访问类型	比特位	寄存器比特位名称	描述	初始值
B05Ch	主机到光模块的辅助接口实例 2 (选项)	2	WO	15	处理数据块准备	由主机发送到光模块的串行数据。当光模块完成向 BC00h 地址写数据块时设置该标志	0
			WO	14	处理最后一个数据块	1: 当前处理的是最后一个数据块; 0: 当前有多个数据块需要处理	0
			RO	13	处理数据进度	1: 已完成; 0: 未完成	0
			RO	12	处理终止	1: 终止处理	0
			RO	11~10	处理数据块错误码	00: 无错误; 01: CRC 错误	0
			RO	9~0	—	保留	—
B05Dh	光模块到主机的辅助接口实例 2 (选项)	2	WO	15	处理数据块准备	由光模块发送到主机的串行数据。当光模块完成向 BC00h 地址写数据块时设置该标志	0
			WO	14	处理最后一个数据块	1: 当前处理的是最后一个数据块; 0: 当前有多个数据块需要处理	0
			RO	13	处理数据进度	1: 已完成; 0: 未完成	0
			RO	12	处理终止	1: 终止处理	0
			RO	11~10	处理数据块错误码	00: 无错误; 01: CRC 错误	0
			RO	9~0	—	保留	—

写操作流控制启效后, 主机对光模块执行写寄存器操作, 写入异常值。在大数据块 (Bulk Data) 写操作中, 其对应的写命令执行状态寄存器, 可以提供写命令出现错误的寄存器地址和数据。

写操作流控机制, 仅限于主机对光模块写命令的容错, 主机对光模块写命令错误包括:

- a) 写命令格式错误;
- b) 写命令参数范围越限;
- c) 主机下发光模块不支持的写命令;
- d) 光模块正在执行前一条写命令, 主机没有确认该写命令执行完成而强行下发写命令, 引起执行异常。

主机对光模块下发命令正确, 由于光模块的原因, 命令不能被成功执行, 不在写操作流控机制处理的范围之内。

4.3.8 固件升级

固件 (firmware) 升级是指对 CPU 软件、FPGA 逻辑软件和 DSP 软件的升级。

主机向光模块固件升级类型标识寄存器中写入待升级的固件类型, 然后读取光模块的固件升级状态寄存器, 寄存器的升级命令状态信息位指示命令成功, 可判断光模块支持该类型固件的升级; 如指示命

令失败，寄存器的升级命令执行失败原因信息位，指示固件类型不支持，可判断光模块不支持该类型固件的升级。设置升级的固件类型后，光模块根据固件类型标识寄存器中保存的固件类型标识，执行固件升级处理。

首先，将下载的映像文件分割为若干个数据块，以便进行下载。数据块的大小，取决于光模块在给定的时间内的数据处理能力。每个数据块包含数据部分与 CRC，光模块根据 CRC 检查数据是否有错误。一旦当前数据块接收过程中发生了错误，光模块会通知主机重新传送该数据块。

随后，主机在地址 BC00h 处，写入映像数据块大小，并设置升级的数据块准备标志。光模块处理完数据块后更新该标志。主机须确保每个数据块大小相等，并小于设定的最大数据块。如果同一个数据块发生多次 CRC 错误，主机将强制终止升级过程。如果下载还没有完成，主机发送终止命令，终止当前下载过程。当映像文件都写入到光模块后，通过下发一个下载完成命令，来结束传送过程。同时，光模块要确认映像完整下载成功。如果下载过程中出现错误，光模块使用错误状态命令应答主机。软件升级状态机如图 9 所示。软件升级时序如图 10 所示。

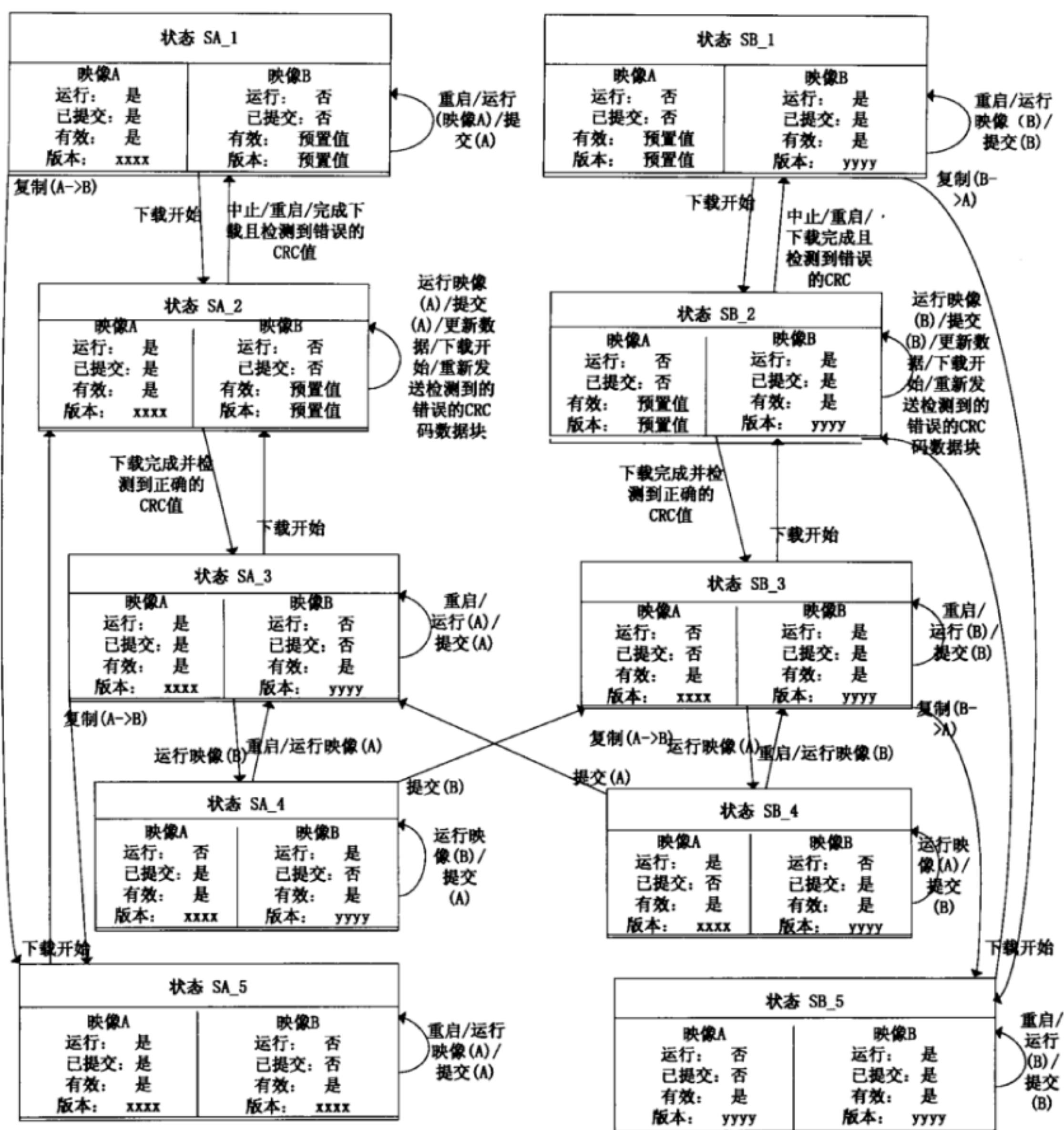


图 9 软件升级状态机

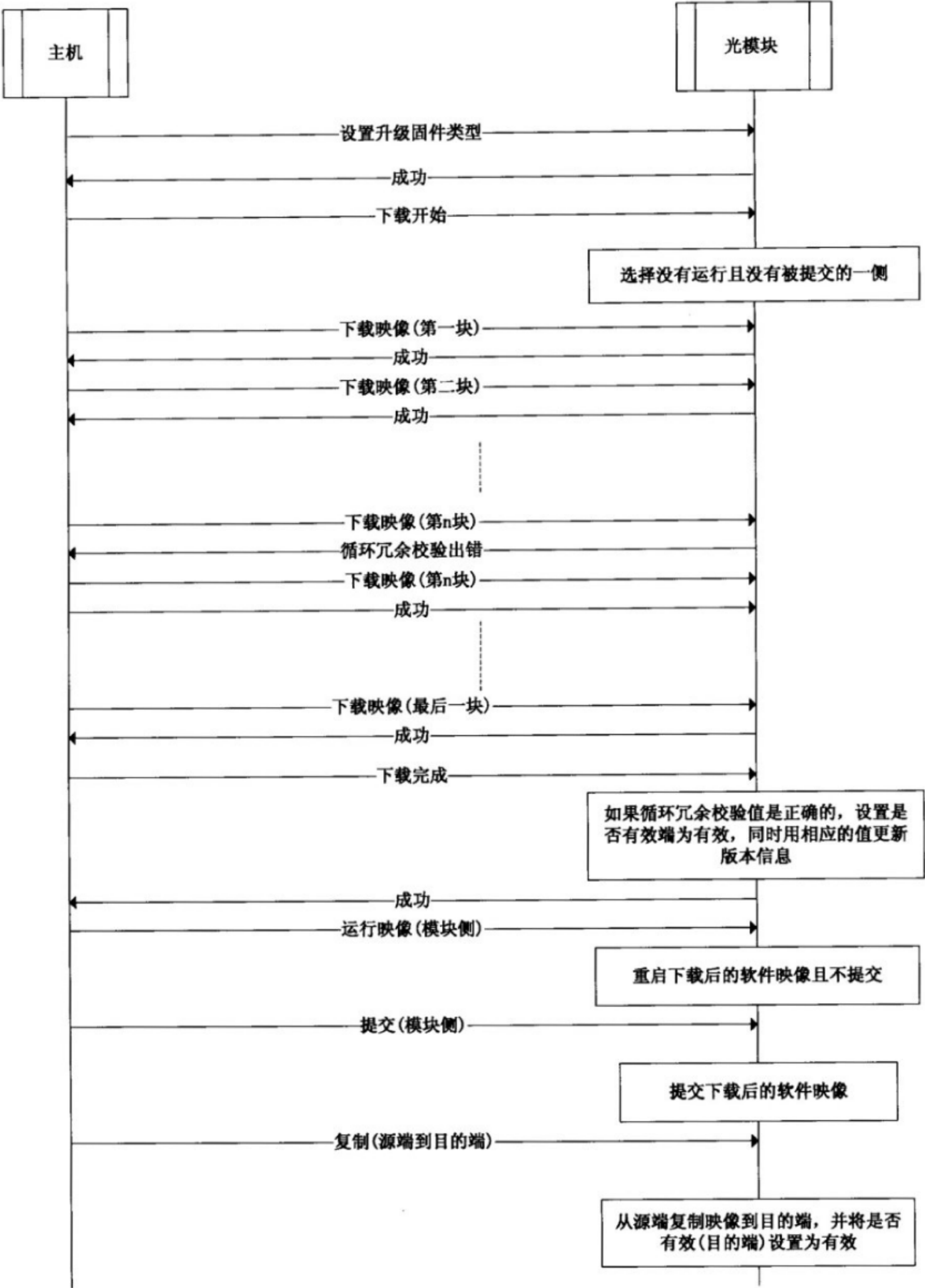


图 10 软件升级顺序

一旦映像成功下载, 光模块就可以响应加载映像的请求。CPU 软件升级是不影响业务的升级。FPGA 逻辑软件和 DSP 软件的升级是影响业务的升级, 应告知主机由于升级下载映像会影响当前业务, 在此期间, 光模块处在一个 MDIO 通信不可用的状态。当 MDIO 通信恢复后, 光模块通过告警管脚 (GLB_ALARM) 通知主机, 以便完成后续的初始化。

主机下发命令，使光模块运行下载的映像。如果主机想保持两个映像下载分区中内容相同，那么可以下发复制映像命令。

在光模块软件升级期间，NVR 寄存器的 CRC 在主机与光模块之间有可能不一致，因为在此期间某些寄存器的值会改变。主机应该在光模块软件升级成功之后进行更新，来保证主机和光模块所对应的 NVR 寄存器是一致的。此外，主机在光模块硬件复位之后，需要考虑以下三种情况。

a) 不影响业务的升级：如果光模块中 VR 寄存器是处于保护状态的，该寄存器空间应该在升级过程中被保存。光模块应在升级之后，重新读取 VR 寄存器值，以恢复到升级之前的状态。

b) 硬件复位：MOD_RSTn 有效，引发光模块的完全复位。VR 寄存器的值全部丢失，应由主机重写。

c) 影响业务的升级：光模块中的 VR 寄存器的值会丢失。主机应复位 VR 寄存器，使光模块返回到配置状态，主机对寄存器重新配置。

5 光模块控制信号要求

5.1 状态切换控制信号

5.1.1 状态切换控制信号组成

状态切换控制信号包括复位状态信号、低功耗状态信号、发送侧禁止使能状态信号，这些状态信号是由 3 个主机输入信号和 1 个内部产生的输出信号组合生成的。

5.1.2 光模块复位状态信号

光模块复位状态信号组合逻辑关系表达式如公式 (1)：

$$\text{MOD_RSTs} = (\text{NOT MOD_RSTn}) \text{ OR Soft_Module_Reset OR Vcc_Reset} \quad (1)$$

式中：

MOD_RSTn——光模块硬复位管脚信号；

Soft_Module_Reset——光模块软复位寄存器位，在光模块复位时清除；

Vcc_Reset——光模块内部产生的逻辑信号，由于 Vcc 的原因产生的复位。

Vcc_Reset 含义如下：

Vcc_Low=1 表示光模块供电电压 Vcc 低于光模块定义的输入电压范围；

Vcc_Low=0 表示光模块供电电压 Vcc 在光模块定义的输入电压范围之内；

Vcc_Reset 的电压门限低于光模块硬件规范中规定的，正常工作电压范围，高于能够初始化的工作电压；

Vcc_Reset 的电压门限一般由生产商定义，并且低于 Vcc 低电压告警门限（808Eh）。

5.1.3 低功耗状态信号

光模块低功耗状态信号组合逻辑关系表达式如公式 (2)：

$$\text{MOD_LOPWRs} = \text{MOD_LOPWR OR Soft_Module_Reset OR HW_Interlock} \quad (2)$$

式中：

MOD_LOPWR——低功耗状态，光模块硬件输入管脚信号；

Soft_Module_Reset——光模块软复位寄存器位，在光模块复位时清除；

HW_Interlock——硬件互锁。

HW_Interlock 状态定义如下：

硬件功耗大于主机制冷能力时 HW_Interlock=1;

硬件功耗小于等于主机制冷能力或输入管脚 HW_IL_MSB、HW_IL_LSB 都为高电平时 HW_Interlock=0。

硬件互锁，是光模块的功率等级与主机散热能力之间比较结果的一个内部逻辑数值。主机散热能力取决于硬件管脚 HW_IL_MSB 和 HW_IL_LSB 的数值。硬件互锁是为了防止高功耗带来的其他危险。

一般情况下，初始化状态时光模块会采集硬件管脚 HW_IL_MSB 和 HW_IL_LSB 的状态。为了保证采集数据的可靠性，主机应保持 HW_IL_MSB 和 HW_IL_LSB 信号一直有效，直到初始化状态完成。

当管脚 MOD_LOPWR 和寄存器比特 Soft_Module_Low_Power 信号全部释放时，光模块将可变的 HW_IL_MSB 和 HW_IL_LSB 管脚数值同设计的功率等级比较（功率等级寄存器位于 8001h）。比较结果将更新 HW_Interlock 状态，如果 HW_Interlock 状态为 '1'，光模块将保持在低功耗状态（不会转移到故障状态），相反的，如果 HW_Interlock 状态为 '0'，光模块将转移到高功耗状态。

5.1.4 发送侧禁止使能状态信号

发送侧禁止使能状态信号组合逻辑关系表达式如公式（3）：

$$TX_DISs = TX_DIS \text{ OR } Soft_TX_Disable \quad (3)$$

式中：

TX_DIS——禁止发送硬件管脚信号；

Soft_TX_Disable——禁止发送的软件信号，源自寄存器（B010h.14）位，此位在光模块复位时被清零。

5.2 光模块状态信号

光模块状态信号，能够让主机了解光模块的工作状态，及发现状态之间的改变。多数情况下，硬件管脚状态信号，仅是光模块寄存器比特位的硬件反映，包括以下几种：

- a) MOD_ABS：光模块在位信号；
- b) GLB_ALRM：光模块全局告警信号；
- c) INIT_DONE：光模块上电初始化完成信号；
- d) HIPWR_ON：光模块高功耗状态信号；
- e) MOD_READY：光模块就绪状态信号；
- f) MOD_FAULT：光模块故障状态信号。

5.3 光模块工作状态

在光模块启动及关闭过程中，定义了 10 种光模块工作状态，通过主机与光模块间的硬件握手信号，让光模块在各种状态之间切换，以完成光模块的启动及关闭工作。

a) 10 种光模块工作状态

1) 复位状态

在光模块接到主机的 MOD_RSTs 信号、光模块上电、光模块插入带电槽位三种情况下，光模块进入复位状态，等待主机释放 MOD_RSTs 信号，光模块即离开复位状态，开始启动。

2) 初始化状态

主机释放 MOD_RSTs 信号后, 光模块离开复位状态, 进入初始化状态(瞬态), 在这个过程中, 光模块完成控制电路及 MDIO 通讯接口的初始化。初始化完成后, 光模块通过 GLB_ALRM 管脚通知主机, 光模块即可进入其他状态。光模块初始化状态的最大执行时间为 2.5s。

3) 低功耗状态

MOD_LOPWRs 管脚可控制光模块进入低功耗状态(稳态)。在低功耗状态, 关闭高功耗器件(驱动器和 ITLA) 的供电, 仅 MDIO 接口和控制电路处于工作状态。

4) 高功耗状态

主机释放 MOD_LOPWRs 信号, 光模块从低功耗状态进入高功耗状态(瞬态), 此状态下光模块开启全功能工作模式, 所有硬件控制环路进入工作状态。

高功耗状态, 光模块置位 HIPWR_ON 信号告知主机。高功耗状态是瞬态, 光模块软件需要定义, 高功耗状态的最大停留时间, 通过寄存器 8072h 写入, 以备主机读取。

5) 发送关闭状态

主机使 TX_DISs 信号有效, 光模块关闭所有通道的发送, 进入发送关闭状态(稳态), 所有发送侧光通道关闭, 但是, 光模块其他电路和控制环路, 依旧维持高功耗和全功能状态。

6) 发送开启状态

主机释放 TX_DISs 信号, 驱动光模块进入发送开启状态(瞬态), 释放 TX_DISs 信号不影响 B013h 寄存器的设置。

发送开启状态是瞬态, 光模块软件需要定义, 光模块在发送开启状态的最大停留时间, 通过寄存器 8073h 写入, 以备主机读取。

7) 就绪状态

光模块离开发送开启状态, 置位 MOD_READY 信号与主机握手, 通知主机, 光模块启动完成, 光模块进入就绪状态(稳态), 可以通讯和进入工作状态。

主机 MOD_RSTs 信号、主机 MOD_LOPWRs 信号、主机 TX_DISs 信号和故障条件, 会使光模块从就绪状态, 再次切换到相应状态, 光模块软件需实时检测这些信号, 并设置相关寄存器位, 控制光模块状态切换。

8) 发送关断状态

主机使 TX_DISs, MOD_LOPWRs 和 MOD_RSTs 信号有效, 驱动光模块进入发送关断状态(瞬态), 光模块软件需实时检测这些信号, 关闭所有 B013h 寄存器没有关闭的发送通道, 释放 MOD_READY 信号, 通知主机, 光模块进入发送关断状态。

发送关断状态是瞬态, 在此状态的最大停留时间为 250ms, 光模块软件应在此时间内, 完成状态切换。

9) 高功耗关闭状态

主机使能 MOD_LOPWRs 和 MOD_RSTs 信号, 驱动光模块进入高功耗关闭状态(瞬态), 在此状态下, 光模块关闭所有高消耗功率的电路, 只维持基本的控制环路和 MDIO 接口通讯功能, 此时光模块功耗应小于 2W。

光模块软硬件配合完成高功耗关闭状态切换, 在此状态的最大停留时间为 250ms, 光模块软件应在此时间内完成状态切换。

光模块在高功耗关闭状态切换完成后，应释放 HIPWR_ON 信号，通知主机光模块已完成此状态内的工作，可进入下一状态。依据 MOD_RSTs 信号状态，光模块选择进入低功耗状态或复位状态。

10) 故障状态

寄存器 B016h 的 bit6 位是故障状态位，当它被置 1，光模块进入故障状态(稳态)，它显示光模块在启动或运行过程中，有错误发生，光模块软件需立刻释放 MOD_READY 信号，并置位 MOD_READY 相关寄存器，通知主机光模块有错误发生，同时，软件使光模块进入低功耗模式，以避免对器件造成潜在伤害。

b) 主机与光模块在状态切换过程中信号的状态

主机与光模块在状态切换过程中信号的状态见表 3。

表 3 主机与光模块在状态切换过程中信号的状态

当前状态	主机给光模块信号	管脚状态	光模块给主机信号	管脚状态	下个状态
复位状态	MOD_RSTs	低	—	—	初始状态
初始状态	MOD_RSTs	高	GLB_ALRM	高	根据 MOD_LOPWRs 管脚来确定低功耗状态，还是高功耗状态
低功耗状态	MOD_LOPWRs	高	—	—	高功耗状态
高功耗状态	MOD_LOPWRs	低	HIPWR_ON	高	根据 TX_DISs 管脚来确定发送关闭状态，还是发送打开状态
发送关闭状态	TX_DISs	高	—	—	发送打开状态
发送打开状态	TX_DISs	低	MOD_READY	高	就绪状态
就绪状态	MOD_RSTs	低	—	—	复位状态
	MOD_LOPWRs	高	—	—	低功耗状态
	TX_DISs	高	—	—	发送关闭状态
	故障条件	1*	—	—	故障状态
发送关闭状态	MOD_RSTs	低	MOD_READY	低	发送关闭状态
	MOD_LOPWRs	高			
	TX_DISs	高			
高功耗关闭状态	MOD_LOPWRs	高	HIPWR_ON	低	低功耗状态或复位状态 要根据 MOD_RSTs 管脚来确定低功耗还是复位状态
	MOD_RSTs	高			
故障状态	故障条件	1*	MOD_READY	低	

注：管脚信号的特性描述可见《CFP 多源协议硬件规范》V 1.4 的 2.2

*寄存器 B016h bit6 位

光模块状态切换过程中，软件需要更新光模块当前状态寄存器，标识光模块当前所属的工作状态，不分瞬态与稳态。B016h 为光模块状态寄存器，光模块当前状态可从此寄存器获取。

c) 管理接口控制状态时间要求

管理接口控制状态时间要求见表 4。

表4 管理接口控制状态时间要求

名称	最小值	最大值	单位	条件
软件复位实现时间	—	150	ms	从软件复位 bit 位置位, 到光模块进入复位状态的时间
软件 TX_Disable 实现时间	—	150	ms	从 TX_Disable bit 位置位到光模块进入发送关断状态的时间
软件释放 TX_Disable 的时间	—	150	ms	从 TX_Disable bit 位清零到光模块进入发送打开状态的时间
软件 Mod_Low_Power 实现时间	—	150	ms	从 Mod_Low_Power bit 位置位到光模块进入低功耗状态的时间
软件释放 Mod_Low_Powe 的时间	—	150	ms	从 Mod_Low_Power bit 位清零到光模块进入高功耗状态的时间
RX_LOS 实现时间	—	150	ms	从 RX_LOS 状态到 RX_LOS bit 位置位的时间
RX_LOS 释放时间	—	150	ms	从 non-LOS 状态到 RX_LOS Bit 位清零的时间
模拟参数数据准备	—	1000	ms	从 MOD_RSTs 释放到模数寄存器 模数值有效的时间
GLB_ALRMn 产生时间	—	150	ms	任何一种故障到 GLB_ALRM 信号产生的时间
GLB_ALRMn 释放时间	—	150	ms	最后一种故障消失, 到 GLB_ALRMn 释放的时间
Prog_Alarm1 产生时间	—	150	ms	任何一种可编程故障, 到 Prog_Alarm1 产生的时间
Prog_Alarm2 产生时间	—	150	ms	任何一种可编程故障, 到 Prog_Alarm2 产生的时间
Prog_Alarm3 产生时间	—	150	ms	任何一种可编程故障, 到 Prog_Alarm3 产生的时间
Prog_Alarm1 释放时间	—	150	ms	最后一种可编程故障消失, 到 Prog_Alarm1 释放的时间
Prog_Alarm2 释放时间	—	150	ms	最后一种可编程故障消失, 到 Prog_Alarm2 释放的时间
Prog_Alarm3 释放时间	—	150	ms	最后一种可编程故障消失, Prog_Alarm2 释放的时间
PRG_CNTL1 产生时间	—	150	ms	从软件 PRG_CNTL1 位产生到硬件管脚 PRG_CNTL1 产生的时间
PRG_CNTL2 产生时间	—	150	ms	从软件 PRG_CNTL2 位产生到硬件管脚 PRG_CNTL2 产生的时间
PRG_CNTL3 产生时间	—	150	ms	从软件 PRG_CNTL3 位产生到硬件管脚 PRG_CNTL3 产生的时间
PRG_CNTL1 释放时间	—	150	ms	从软件 PRG_CNTL3 位清零到 PRG_CNTL1 释放的时间
PRG_CNTL2 释放时间	—	150	ms	从软件 PRG_CNTL3 位清零到 PRG_CNTL2 释放的时间
PRG_CNTL3 释放时间	—	150	ms	从软件 PRG_CNTL3 位清零到 PRG_CNTL3 释放的时间
Mod_Fault 产生时间	—	150	ms	光模块产生故障到出现 MOD_FAULT 信号的时间
High_Power_on 产生时间	—	150	ms	光模块高功耗状态到出现 HIPWR_ON 信号的时间
Mod_Ready 产生时间	—	150	ms	光模块进入就绪状态到出现 MOD_READY 信号的时间

注 1: 软件 PRG_CNTL3~1 位对应 A010h 的 12~10 寄存器位;
 注 2: 硬件 PRG_CNTL3~1 是硬件管脚名

d) 光模块状态切换过程中工作状态的时间要求

光模块状态切换过程中工作状态的时间要求定义见表 5。

表5 工作状态的时间要求

参数	最小值	最大值	条件
T_refresh	—	$50 \times (N+1) \text{ms}$	DDM (模数转化) 数据刷新速率, N 为网络通道数
T_assert	100 μs	—	最小的信号输入持续时间
T_initialize	—	2.5 s	从 MOD_RSTs 信号释放到初始化状态结束时间
T_high_power_up_max	—	待研究 ^a	高功耗瞬态到稳态的最大时间
T_tx_turn_on_max	—	待研究 ^b	发送打开瞬态到稳态的最大时间
T_tx_turn_off_max	—	待研究 ^c	发送关断瞬态到稳态的最大时间
T_high_power_down_max	—	待研究 ^d	高功耗关闭瞬态到稳态的最大时间

^a 在 NVR 寄存器 8072h 中的配置值, 具体数值待研究
^b 在 NVR 寄存器 8073h 中的配置值, 具体数值待研究
^c 在 NVR 寄存器 8076h 中的配置值, 具体数值待研究
^d 在 NVR 寄存器 8077h 中的配置值, 具体数值待研究

5.4 光模块启动及关闭过程

光模块启动过程中，主机控制 MOD_RSTs/MOD_LOPWRs/TX_DISs 三个硬件管脚信号，通过逻辑组合，实现光模块状态切换，将光模块从复位状态切换到就绪状态。

主机与光模块启动及关闭过程的状态切换如图 11 所示。

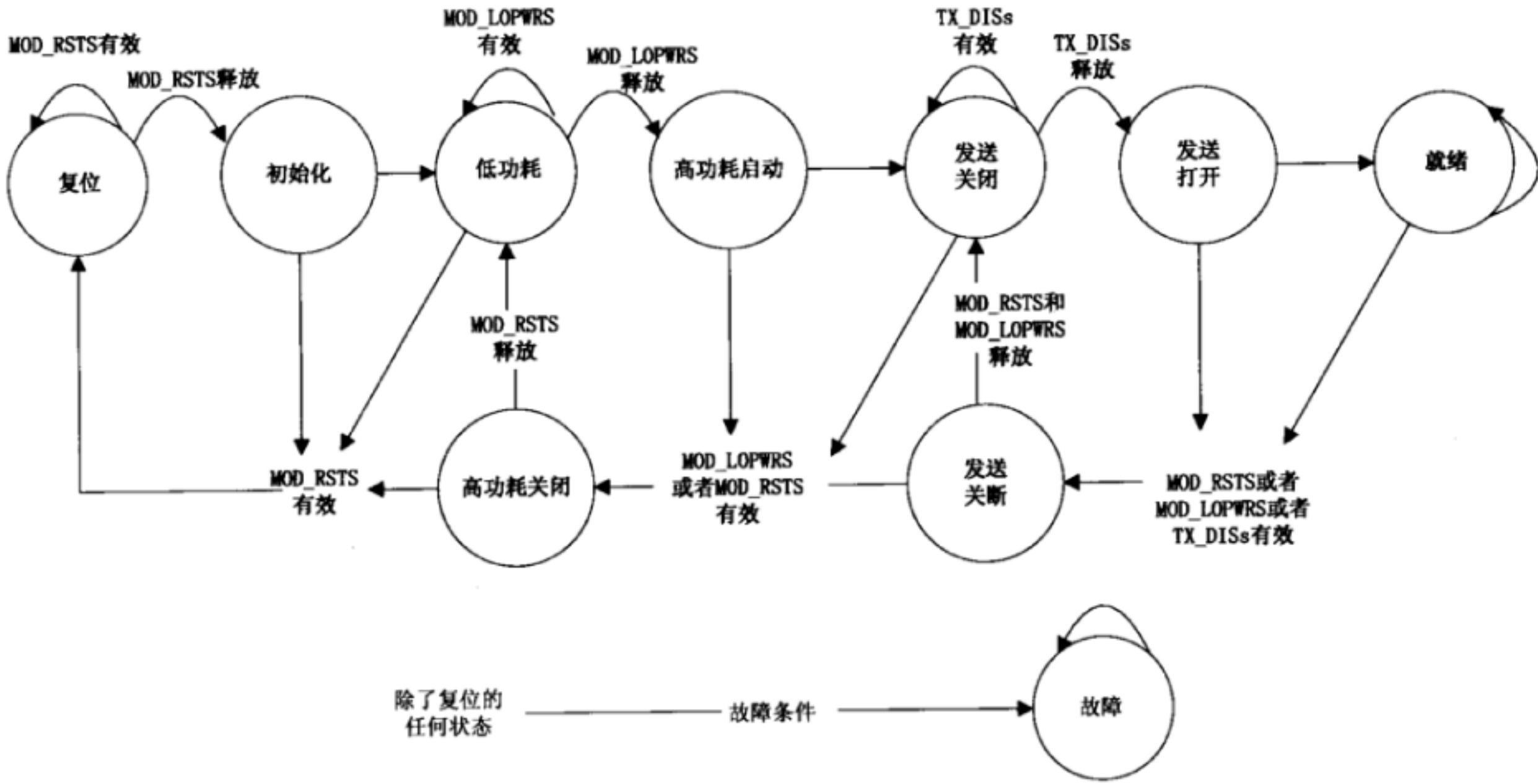


图 11 启动及关闭过程的状态切换

主机能够驱动光模块，进入低功耗状态工作模式、发送关闭状态工作模式、全功能就绪状态工作模式。通过 MOD_RSTs, MOD_LOPWRs, TX_DISs 三个控制信号，在光模块初始化阶段，控制光模块的启动顺序，在光模块启动完成进入工作模式后，控制光模块在不同的工作模式间切换。

光模块共有三种启动过程，主机可使用其中一种方式控制光模块的启动。光模块定义的三种启动过程如下。

a) 主机完全控制光模块启动

主机通过 MOD_LOPWRs 和 TX_DISs, 控制光模块状态切换，控制光模块从低功耗状态到就绪状态。主机完全控制光模块启动过程如图 12 所示。

b) 光模块自启动

无主机转换控制时，光模块自启动。主机不参与光模块的启动过程，主机上电时，即将 Vcc 供电电压使能，同时释放 MOD_RSTs、MOD_LOPWRs、TX_DISs 三个启动控制管脚，使光模块自启动。

光模块自启动过程如图 13 所示。

c) 主机部分控制光模块启动

在光模块启动前，主机只释放 MOD_RSTs、TX_DISs 控制信号。光模块进入低功耗状态后，主机通过读全局告警锁存寄存器，清除光模块全局告警，然后再释放 MOD_LOPWRs 控制信号，此后，光模块进入启动过程，完成启动。

主机部分控制光模块启动过程如图 14 所示。

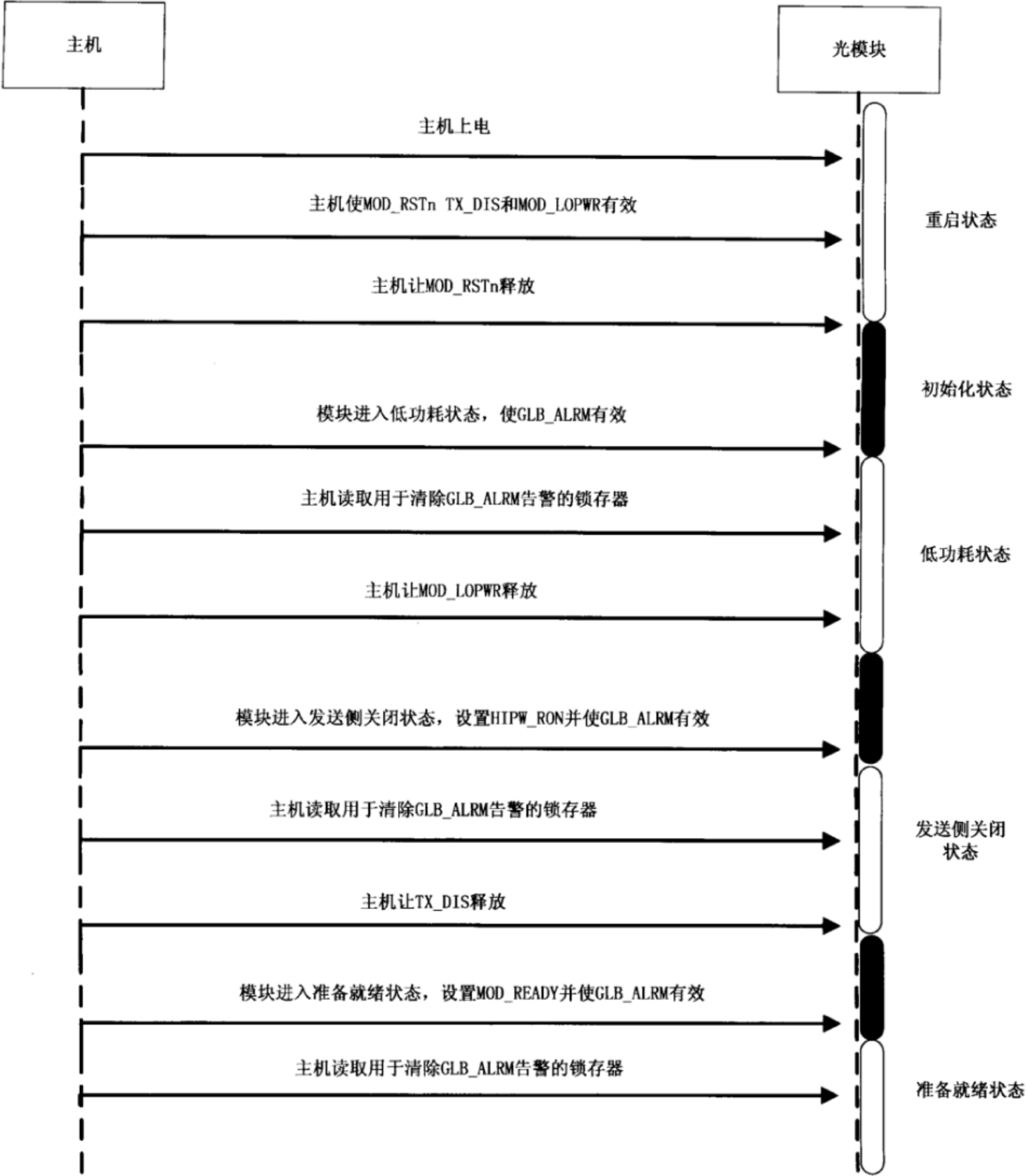


图 12 主机完全控制光模块启动过程

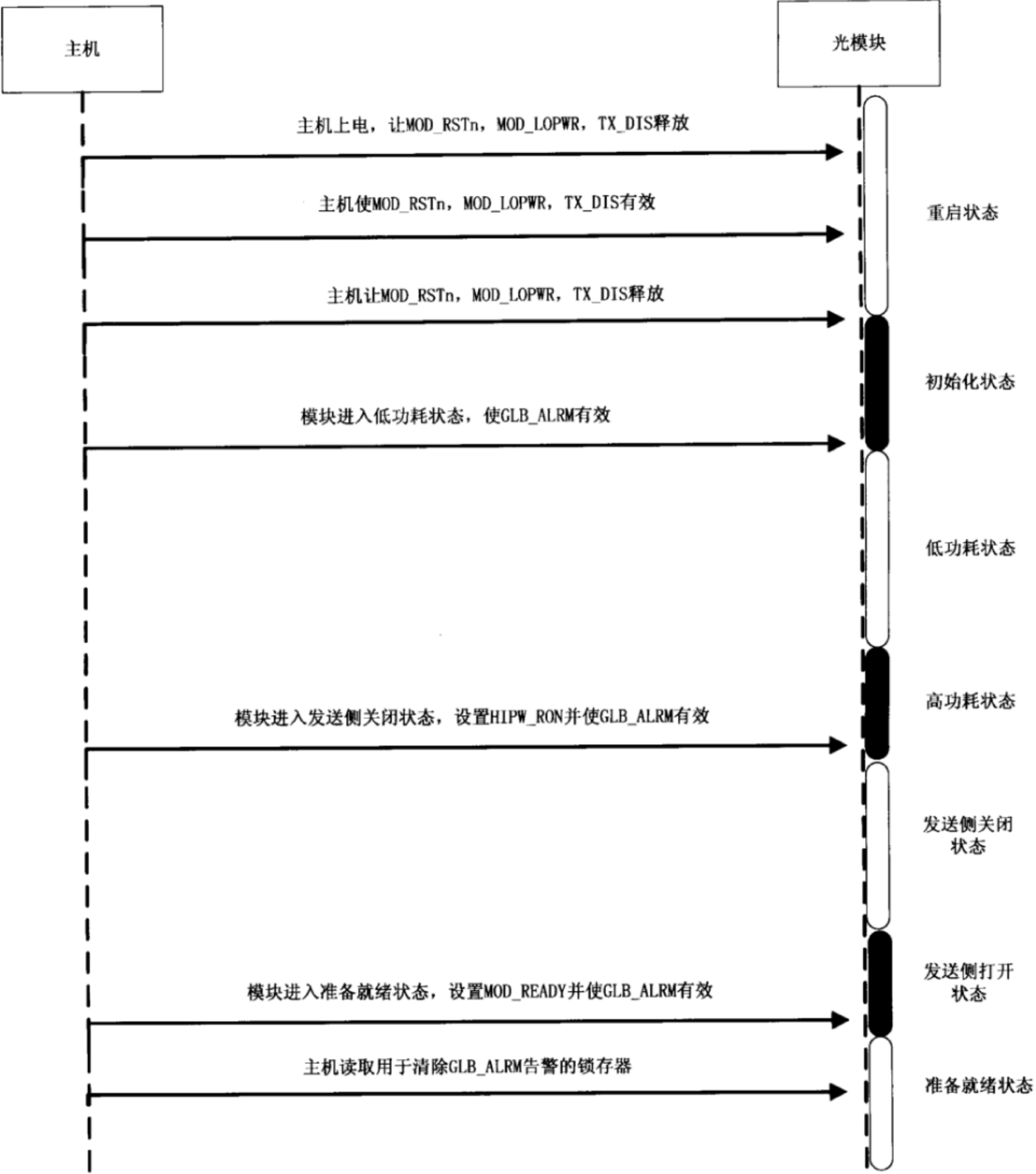


图 13 自启动转换控制

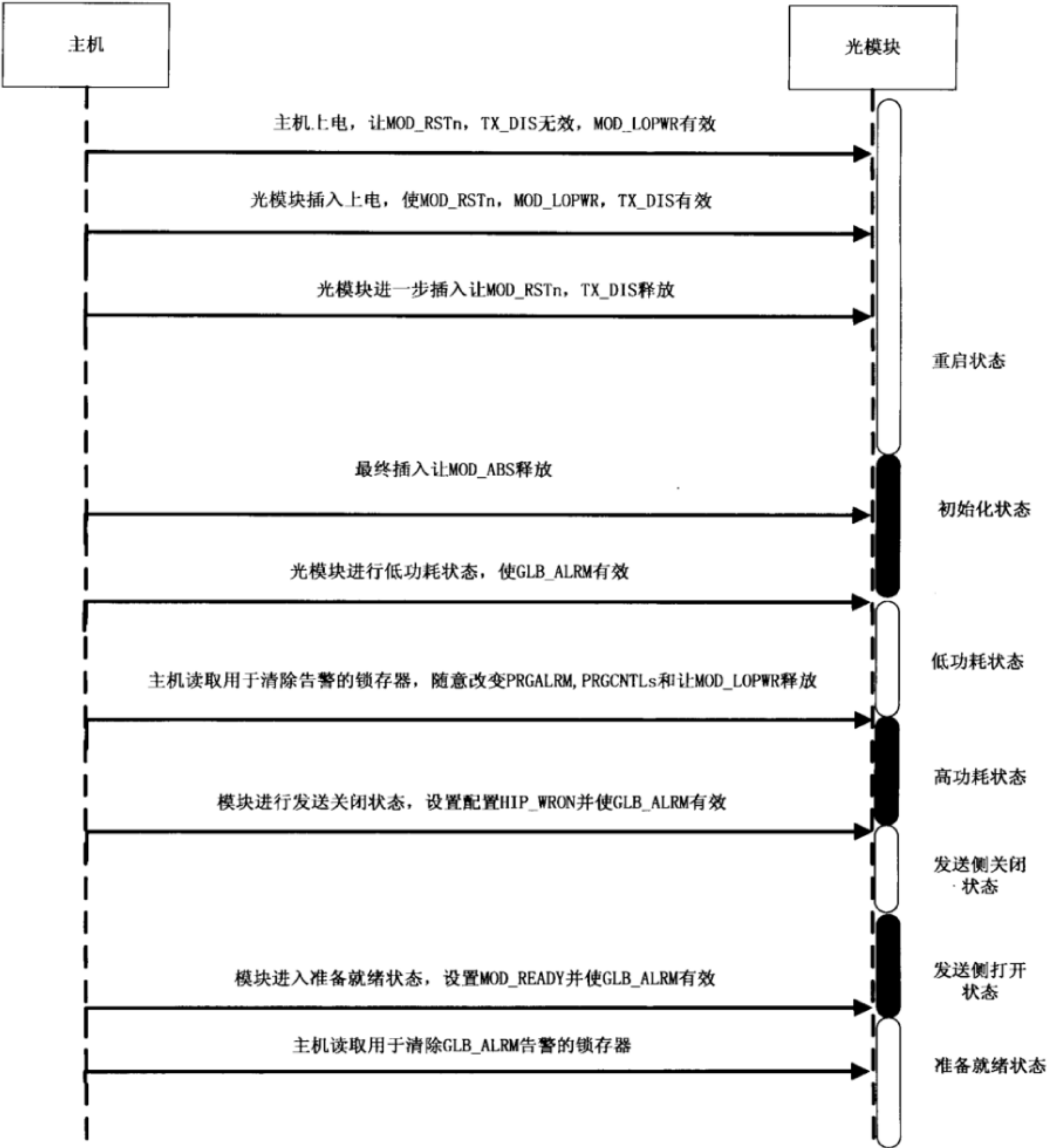


图 14 主机部分控制光模块启动过程

5.5 光模块全局告警

主机通过采集光模块的全局告警寄存器，获取光模块告警信息。全局告警寄存器，关联所有 FAWS 寄存器，FAWS 寄存器包括：

- a) 状态寄存器：反映光模块当前实时告警状态；
- b) 锁存寄存器：锁存状态寄存器的告警；
- c) 使能寄存器：控制对应告警位的上报。

FAWS 寄存器中所有告警均对应状态、锁存、使能三个寄存器，且此三种寄存器中，寄存器位是一一对应的。

光模块全局告警相关寄存器见表 6。

表6 全局告警相关寄存器

寄存器类型	寄存器描述	寄存器地址	备注
总寄存器	全局告警汇总	A018h/B018h	—
状态寄存器	光模块状态	A016h/B016h	—
	告警状态汇总	A017h/B017h	—
	光模块通用状态	A01Dh/B01Dh	—
	光模块错误状态	A01Eh/B01Eh	—
	光模块告警和警告 1	A01Fh/B01Fh	—
	光模块告警和警告 2	A020h/B020h	—
	线路告警和警告 1	B180h + n	n 为 0~15
	线路告警和警告 2	B190h + n	n 为 0~15
	线路错误和状态	B1A0h + n	n 为 0~15
	线路发送侧校准状态	B210h	—
	线路接收侧校准状态	B250h	—
	错误和状态	B600h + m	m 为 0~15
	发送侧校准状态	B650h	—
	接收侧校准状态	B690h	—
锁存寄存器	光模块状态锁存	A022h/B022h	—
	光模块通常状态锁存	A023h/B023h	—
	光模块错误状态锁存	A024h/B024h	—
	光模块告警和警告 1 锁存	A025h/B025h	—
	光模块告警和警告 2 锁存	A026h/B026h	—
	线路告警和警告 1 锁存	B1B0h + n	n 为 0~15
	线路告警和警告 2 锁存	B1C0h + n	n 为 0~15
	线路错误和状态锁存	B1D0h + n	n 为 0~15
	线路发送侧校准状态锁存	B220h	—
	线路接收侧校准状态锁存	B260h	—
	错误和状态锁存	B610h + m	m 为 0~15
	发送侧校准状态锁存	B660h	—
	接收侧校准状态锁存	B6A0h	—
使能寄存器	光模块状态使能	A028h/B028h	—
	光模块通常状态使能	A029h/B029h	—
	光模块错误状态锁存使能	A02Ah/B02Ah	—
	光模块告警和警告 1 锁存使能	A02Bh/B02Bh	—
	光模块告警和警告 2 锁存使能	A02Ch/B02Ch	—
	线路告警和警告 1 锁存使能	B1E0h + n	n 为 0~15
	线路告警和警告 2 锁存使能	B1F0h + n	n 为 0~15
	线路错误和状态锁存使能	B200h + n	n 为 0~15
使能寄存器	线路发送侧校准状态锁存使能	B230h	—
	线路接收侧校准状态锁存使能	B270h	—
	错误和状态锁存使能	B620h + m	m 为 0~15
	发送侧校准状态锁存使能	B670h	—
	接收侧校准状态锁存使能	B6B0h	—

注 1: 本表 A018h~A02Ch 地址的寄存器供非 100G 线路侧光模块使用;

注 2: 本表 B000h~BFFFh 地址的寄存器供 100G 线路侧光模块使用

主机通过FAWS的使能寄存器, 可以控制全局告警上报, 上电默认告警使能。

GLB_ALARM（管脚）产生告警，则主机查询 FAWS 锁存寄存器，获取光模块告警。锁存寄存器读后清除。遍历查询 FAWS 锁存寄存器，清除锁存告警，则 GLB_ALARM（管脚）告警释放。

主机可通过查询全局汇总告警寄存器，获取光模块告警汇总情况，针对性的查询具体告警寄存器，节省全局告警查询时间。全局告警查询分级寄存器列表见表 7。

表 7 全局告警查询分级寄存器列表

查询级别	寄存器名	寄存器地址	备注
1	总告警寄存器	A018h/ B018h	—
2	网络通道告警 和警告 1	A019h/ B019h	—
2	网络通道错误	A01Ah/ B01Ah	—
3	网络通道 n 告警和警告 1 锁存	B1B0h + n	n 为 0~15
3	网络通道 n 告警和警告 2 锁存	B1C0h + n	n 为 0~15
3	网络通道 n 故障和状态锁存	B1D0h + n	n 为 0~15
3	主通道错 m 故障和状态锁存	B610h + m	m 为 0~15

注 1：本表 A018h~A01Ah 地址的寄存器供非 100G 线路侧光模块使用；
注 2：本表 B000h~BFFFh 地址的的寄存器供 100G 线路侧光模块使用

光模块全局告警组合产生逻辑如图 15 所示。

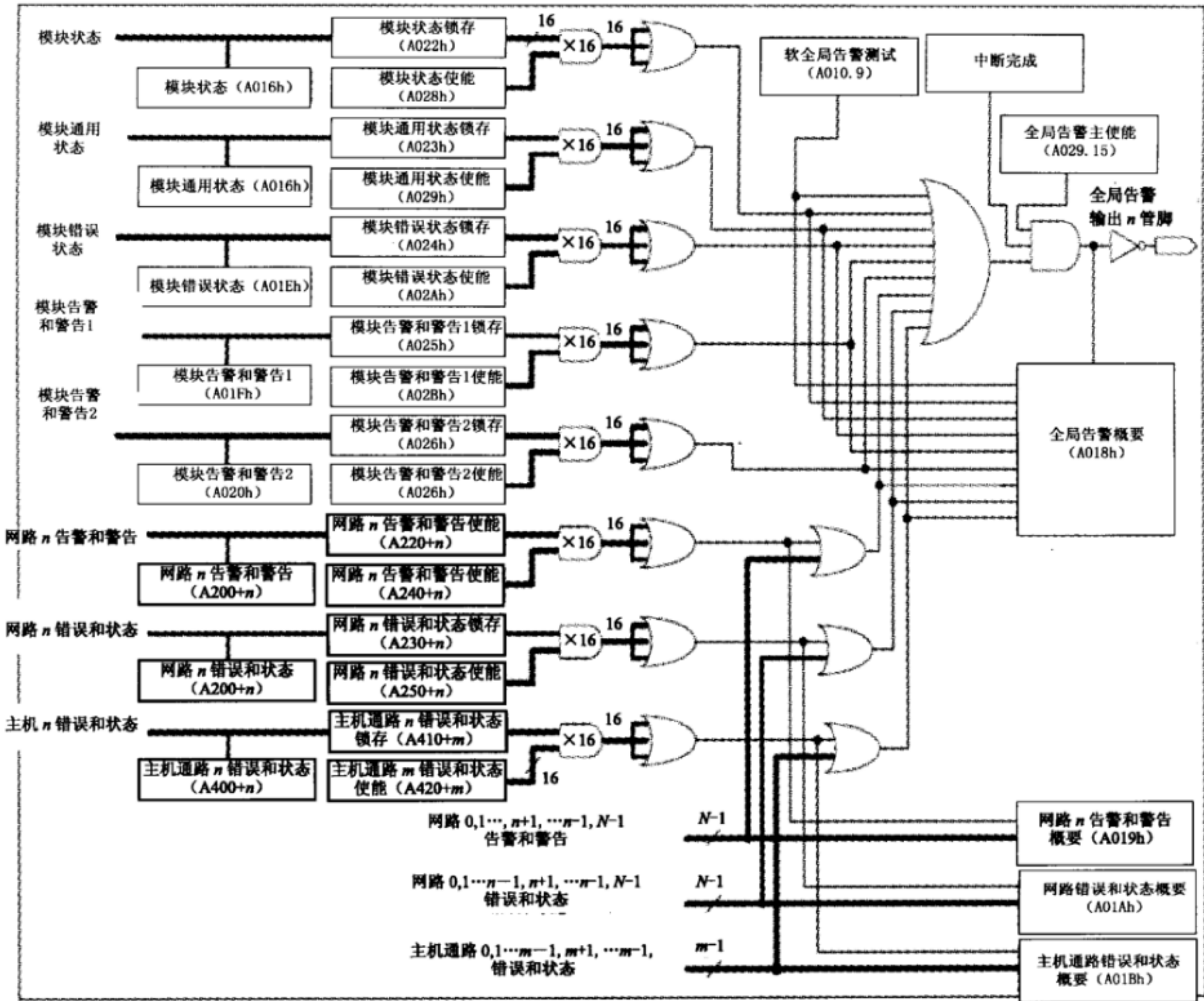


图 15 光模块全局告警组合产生逻辑

附录 A
(规范性附录)
寄存器地址空间分配

A.1 光模块寄存器地址空间分配

光模块寄存器地址空间分配见表 A.1。

表 A.1 寄存器地址分配

起始地址	终止地址	访问类型	字节长度	数据位宽 Bit	描述
0000h	7FFFh	N/A	32768	N/A	为 IEEE 802.3 保留
8000h	807Fh	RO	128	8	光模块 NVR1 寄存器, 基本 ID 寄存器
8080h	80FFh	RO	128	8	光模块 NVR2 寄存器, 扩展 ID 寄存器
8100h	817Fh	RO	128	8	光模块 NVR3 寄存器, 网络通道特殊寄存器
8180h	81FFh	RO	128	8	光模块 NVR4 寄存器
8200h	83FFh	RO	4×128	N/A	保留
8400h	847Fh	RO	128	8	生产商 NVR1 寄存器, 存储生产商的附加数据
8480h	84FFh	RO	128	8	生产商 NVR2 寄存器, 存储生产商的附加数据
8500h	87FFh	RO	6×128	N/A	保留
8800h	887Fh	RW	128	8	用户 NVR1 寄存器, 用户数据寄存器, 用户可以对这些表格进行完全读写控制
8880h	88FFh	RW	128	8	用户 NVR2 寄存器, 用户数据寄存器, 用户可以对这些表格进行完全读写控制
8900h	8EFFh	RO	12×128	N/A	保留
8F00h	8FFFh	N/A	2×128	N/A	用户私有寄存器预留, 使用需要遵从光模块用户和生产商之间的附加协议
9000h	9FFFh	RO	4096	N/A	生产商私有寄存器保留, 用于满足设计开发过程中的生产商的某些需要
A000h	A07Fh	RW	128	16	光模块 VR1* 寄存器, 光模块等级控制和 DDM 寄存器
A080h	A0FFh	RO	128	16	MLG VR1 寄存器, MLG 管理接口寄存器
A100h	A1FFh	RO	2×128	N/A	保留
A200h	A27Fh	RW	128	16	网络通道 VR1 寄存器, 网络通道特殊寄存器。寄存器包括: 通道 FAWS, 控制信息, 以及 A/D 数据
A280h	A2FFh	RW	128	16	网络通道 VR2 寄存器, 网络通道特殊寄存器
A300h	A37Fh	RO	128	16	网络通道 VR3 寄存器, 生产商网络通道特殊寄存器
A380h	A3FFh	RO	128	N/A	保留
A400h	A47Fh	RW	128	16	主通道 VR1 寄存器, 主通道特殊寄存器。
A480h	ABFFh	RO	15×128	N/A	保留
AC00h	AFFFh	RW	8×128	16	公用数据寄存器
B000h	BFFFh	RO	4096	N/A	100G 线路侧光模块用。同时替代 A00h 至 AFFFh 的寄存器
C000h	FFFFh	RO	4×4096	N/A	保留
注 1: 所有 NVR 寄存器表格使用 16bit 数据填充, 其中低 8bit 为有效数据, 高 8bit 为保留数据。					
注 2: NVR 寄存器内容管理: 在光模块初始化时, NVR 寄存器表格内容通过存储在 NVM 中的值进行加载。					
注 3: 规定了 4 个 VR 寄存器表格用于存储光模块配置, 控制以及不同的 DDM 功能等信息。包含的寄存器有: 启动命令, 光模块控制, 通道控制, 光模块状态, FAWS (错误/告警/警告/状态), FAWS 汇总, 以及 DDM 相关寄存器。所有寄存器均使用初始化值, 以保证光模块的正常启动					
*通用 VR 寄存器开始于页地址 A000h					

附 录 B
(规范性附录)
光模块寄存器列表 1

B.1 光模块 8000h~8FFFh寄存器列表

表B.1是光模块8000h~8FFFh寄存器列表。

表B.1 8000h~8FFFh寄存器列表

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	单位
光模块 NVR1： 基本的标识信息	8000	RO	光模块标识符	N/A
	8001	RO	光模块扩展标识符	N/A
	8002	RO	连接器型号代码	—
	8003	RO	以太网应用代码	—
	8004	RO	光纤通道应用代码	—
	8005	RO	铜互联应用代码	—
	8006	RO	SONET/SDH 应用代码	—
	8007	RO	OTN 应用代码	N/A
	8008	RO	可支持的额外速率	N/A
	8009	RO	可支持的网络通道数	—
	800A	RO	传输介质特性	—
	800B	RO	最大网络通道速率	0.2Gbit/s
	800C	RO	最大主通道速率	—
	800D	RO	最大单模光纤长度	—
	800E	RO	最大多模光纤长度	—
	800F	RO	最大铜缆长度	—
	8010	RO	发射机光谱特性 1	—
	8011	RO	发射机光谱特性 2	—
	8012	RO	有源光纤的最小波长	—
	8014	RO	有源光纤的最大波长	—
	8016	RO	网络通道最大激光器线宽	—
	8018	RO	器件技术 1	N/A
	8019	RO	器件技术 2	—
	801A	RO	信号码型	—
	801B	RO	连接器最大总输出光功率	—
	801C	RO	连接器最大总输入光功率	—
	801D	RO	最大功耗	200mW
	801E	RO	低功耗模式下最大功耗	20mW

表B.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	单位
光模块 NVR1: 基本的标识信息	801F	RO	工作壳温范围最大值	—
	8020	RO	工作壳温范围最小值	—
	8021	RO	供应商名称, 32 字节	—
	8031	RO	供应商标识符, 6 字节	—
	8034	RO	供应商产品名称, 32 字节	—
	8044	RO	供应商序列号, 32 字节	—
	8054	RO	日期代码, 16 字节	—
	805C	RO	生产批号代码	—
	805E	RO	通用语言设备识别代码, 16 字节	—
	8068	RO	光模块硬件规格版本号	—
	8069	RO	光模块控制界面规格版本号	—
	806A	RO	光模块硬件版本号	—
	806C	RO	光模块软件 A 版本号	—
	806E	RO	数字诊断监控类型	—
	806F	RO	数字诊断监测性能 1	—
	8070	RO	数字诊断监测性能 2	—
	8071	RO	光模块增强设置项	—
	8072	RO	实现最大功耗时间	—
	8073	RO	光发送最大开启时间	—
	8074	RO	主通道信号规范	N/A
	8075	RO	散热器类型	—
	8076	RO	光发送关闭最大时间	—
	8077	RO	退出最高功耗最大时间	—
	8078	RO	光模块加强选项 2	—
	8079	RO	光发送参考钟设置	—
	807A	RO	光接收参考钟设置	—
	807B	RO	光模块软件 B 版本号	N/A
	807D	RO	保留 4 字节	N/A
	807F	RO	光模块 VR1 CRC	N/A
告警阈值寄存器	8080	RO	收发器高温告警阈值	—
	8082	RO	收发器高温警告阈值	—
	8084	RO	收发器低温告警阈值	—
	8086	RO	收发器低温警告阈值	—
	8088	RO	VCC 高告警阈值	—
	808A	RO	VCC 高警告阈值	0.1mV
	808C	RO	VCC 低告警阈值	0.1mV
	808E	RO	VCC 低警告阈值	0.1mV
	8090	RO	SOA 偏置电流高告警阈值	—

表B.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	单位
告警阈值寄存器	8092	RO	SOA 偏置电流高警告阈值	—
	8094	RO	SOA 偏置电流低警告阈值	—
	8096	RO	SOA 偏置电流低告警阈值	—
	8098	RO	辅助监测 1 过高告警阈值	—
	809A	RO	辅助监测 1 过高警告阈值	—
	809C	RO	辅助监测 1 过低警告阈值	—
	809E	RO	辅助监测 1 过低告警阈值	—
	80A0	RO	辅助监测 2 过高告警阈值	—
	80A2	RO	辅助监测 2 过高警告阈值	—
	80A4	RO	辅助监测 2 过低告警阈值	—
	80A6	RO	辅助监测 2 过低警告阈值	—
	80A8	RO	激光器偏置电流高告警阈值	—
	80AA	RO	激光器偏置电流高警告阈值	—
	80AC	RO	激光器偏置电流低警告阈值	—
	80AE	RO	激光器偏置电流过警告阈值	—
	80B0	RO	激光器输入功率高警告阈值	—
	80B2	RO	激光器输出功率高告警阈值	—
	80B4	RO	激光器输出功率低告警阈值	—
	80B6	RO	激光器输出功率低警告阈值	—
	80B8	RO	激光器温度高警告阈值	—
	80BA	RO	激光器温度高告警阈值	—
	80BC	RO	激光器温度低告警阈值	—
	80BE	RO	激光器温度低警告阈值	—
	80C0	RO	接收光功率高警告阈值	—
	80C2	RO	接收光功率高告警阈值	—
	80C4	RO	接收光功率低警告阈值	—
	80C6	RO	接收光功率低告警阈值	—
NVR2 寄存器: 告警/警告阈值寄存器列表	80C8	RO	光接收激光偏置电流高警告	—
	80CA	RO	光接收激光偏置电流高告警	—
	80CC	RO	光接收激光偏置电流低告警	—
	80CE	RO	光接收激光偏置电流低警告	—
	80D0	RO	光接收激光器输出功率高告警	—
	80D2	RO	光接收激光器输出功率高警告	—
	80D4	RO	光接收激光器输出功率低警告	—
	80D6	RO	光接收激光器输出功率低告警	—
	80D8	RO	光接收激光器温度高告警	—
	80DA	RO	光接收激光器温度高警告	—
	80DC	RO	光接收激光器温度低警告	—

表B.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	单位
NVR2 寄存器: 告警/警告阈值寄存器列表	80DE	RO	光接收激光器温度低告警	—
	80E0	RO	光发送调制器偏置高告警	—
	80E2	RO	光发送调制器偏置低警告	—
	80E4	RO	光发送调制器偏置低告警	—
	80E6	RO	光发送调制器偏置低警告	—
	80E8	RO	+12V VCC 高告警	0
	80EA	RO	+12V VCC 高警告	—
	80EC	RO	+12V VCC 低告警	—
	80EE	RO	+12V VCC 低警告	—
	80F0~80FE	RO	保留	—
	80FF	RO	光模块 NVR2 CRC	N/A
NVR3 寄存器: 网络通道寿命开始测量寄存器	8100	RO	网络通道 0~15 光接收灵敏度规范	0.01dBm
	8120	RO	网络通道 0~15 光发送发送功率规范	0.01dBm
	8140	RO	0~15 网络通道测量的消光比	0.01dBm
	8160	RO	网络通道 0~15 通道代价	0.01dBm
	8180	RO	光模块 NVR3 CRC	N/A
	8181	RO	保留	N/A
	8182	RO	扩展标识符	0
	8184	RO	扩展最大网络通道比特率	N/A
	8186	RO	扩展最大功耗	N/A
	8188	RO	扩展低功耗模式下最大功耗值	N/A
	818A	RO	光发送/光接收最小激光频率 1	N/A
	818C	RO	光发送/光接收最小激光频率 2	N/A
	818E	RO	光发送/光接收最大激光频率 1	N/A
	8190	RO	光发送/光接收最大激光频率 2	N/A
	8192	RO	光接收激光器微调频率范围 (选项)	0000h
	8194	RO	光发送激光器微调频率范围 (选项)	0000h
	8196	RO	激光器调节能力	N/A
	8198~81FE	RO	保留	N/A
	81FF	RO	光模块 NVR4 CRC	N/A
	8200~83FD	RO	保留	—
	83FE	RW	读操作的校验和	0
	83FF	RW	写操作的校验和	0
生产商 NVR1	8400~847F	RO	生产商 NVR1 数据寄存器	—
生产商 NVR2	847F~84FF	RO	生产商 NVR2 数据寄存器	—
	8500~87FF	RO	保留	—
用户 NVR1 数据寄存器	8800~887F	RO	用户 NVR1 数据寄存器	—
用户 NVR2 数据寄存器	887F~88FF	RO	用户 NVR2 数据寄存器	—

附 录 C
(规范性附录)
光模块寄存器列表 2

C.1 光模块A000h~AFFFh寄存器列表

表C.1是光模块A000h~AFFFh寄存器列表。

表C.1 A000h~AFFFh寄存器列表

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
光模块 VR1 寄存器： 命令/设置/控制/故障告警状态寄存器	A000	RO	密码登陆（选项）	0000h
	A002	RO	密码更改（选项）	0000h
	A004	RO	NVR 寄存器访问控制	0000h
	A005	RO	PRG_CNTL3 功能选择	0000h
	A006	RO	PRG_CNTL2 功能选择	0000h
	A007	RO	PRG_CNTL1 功能选择	0001h
	A008	RO	可编程告警 3 来源选择	0003h
	A009	RO	可编程告警 2 来源选择	0002h
	A00A	RO	可编程告警 1 来源选择	0001h
	A00B	RW	光模块运行模式控制	0000h
	A00C	RO	保留 8 字节	0000h
	A010	RW	光模块通用控制	0000h
	A011	RW	软件光发送控制	0200h
	A012	RW	软件光接收控制	0200h
	A013	RW	单个通道软件光发送关闭控制	0000h
	A014	RO	保留	0000h
	A015	RO	保留	0000h
	A016	RO	光模块状态	0000h
	A017	RO	保留	0000h
	A018	RO	全局告警汇总	0000h
	A019	RO	网络通道告警和警告汇总	0000h
	A01A	RO	网络通道故障和状态汇总	0000h
	A01B	RO	主通道故障和状态汇总	0000h
	A01C	RO	保留	0000h
	A01D	RO	光模块常规工作状态	0000h
	A01E	RO	光模块致命故障状态	0000h
	A01F	RO	光模块警告和告警 1	0000h
	A020	RO	光模块警告和告警 2	0000h
	A021	RO	生产商特殊 FAWS 寄存器	0000h
	A022	RO	保留	0000h

表C.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
光模块 VR1 寄存器： 命令/设置/控制/故障告警状态寄存器	A023	RO	光模块通用状态锁存	0000h
	A024	RO	光模块致命错误状态锁存	0000h
	A025	RO	光模块警告和告警 1 锁存	0000h
	A026	RO	光模块警告和告警 2 锁存	0000h
	A027	RO	生产商特殊 FAWS 锁存器	0000h
	A028	RW	光模块状态使能	000Ah
	A029	RW	光模块通用状态使能	A7F8h
	A02A	RW	光模块故障状态使能	0000h
	A02B	RW	光模块警告和告警 1 使能	0FFFh
	A02C	RW	光模块警告和告警 2 使能	00FFh
	A02D	RW	生产商特殊 FAWS 使能寄存器	0000h
	A02F	RO	光模块温度监测模/数值	0000h
	A030	RO	光模块供电监测模/数值	0000h
	A031	RO	SOA 偏置电流模/数值	0000h
	A032	RO	光模块辅助 1 监测模/数值	0000h
	A033	RO	光模块辅助 2 监测模/数值	0000h
	A034	RO	保留 8 字节	0000h
光模块 VR1 寄存器： 伪随机码寄存器	A038	RO	网络通道伪随机码数据位计数	0000h
	A039	RO	主通道伪随机码数据位计数	0000h
	A03A	RO	保留 4 字节	0000h
光模块 VR1 寄存器： 主机配置接收光功率门限值	A03C	RW	主机配置接收光功率告警高门限值	0000h
	A03D	RW	主机配置接收光功率警告高门限值	0000h
	A03E	RW	主机配置接收光功率警告低门限值	0000h
	A03F	RW	主机配置接收光功率告警低门限值	0000h
	A040	RO	保留 128 字节	0000h
MLG VR1 寄存器： 管理接口	A080	RO	通用 MLG 管理	0000h
	A081	RW	MLG MUX 10G 通道使能	0000h
	A082	RO	MLG MUX 10G 通道输出时钟基准	0000h
	A083	RW	MLG MUX 加扰的空闲标识使能	0000h
	A084	RO	保留 8 字节	0000h
	A088	RO	MLG MUX 状态	0000h
	A089	RO	保留 14 字节	0000h
	A090	RW	MLG DEMUX 10G 通道使能	0000h
	A092	RO	保留 12 字节	0000h
	A098	RO	MLG MUX 状态	0000h
	A099	RO	MLG DEMUX 块完成锁定 1	0000h
	A09A	RO	MLG DEMUX 块完成锁定 0	0000h
	A09B	RO	MLG DEMUX 调整标识完成锁定 1	0000h

表C.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
MLG VR1 寄存器： 管理接口	A09C	RO	MLG DEMUX 调整标识完成锁定 0	0000h
	A09D	RO	MLG DEMUX 通道调整状态 1	0000h
	A09E	RO	MLG DEMUX 通道调整状态 0	0000h
	A09F	RO	保留	0000h
	A0A0~A0B3	RO	通道 n MLG DEMUX BIP (OTUk SM 错误检测码) 错误计数, $n=19\sim0$, 共计 20 个寄存器	0000h
	A0B4	RO	保留 24 字节	0000h
	A0C0~A0D3	RO	MLG DEMUX 映射到位置 n , $n=19\sim0$, 共计 20 个寄存器	0000h
	A0D4	RO	保留 12 字节	0000h
	A0E0	RO	MLG DEMUX 加扰的空闲标识错误通道 n , $n=9\sim0$, 共计 10 个寄存器	0000h
	A0EA~A1FF	RO	保留	0000h
网络通道 VR1 寄存器： 网络通道 FAWS 寄存器	A200	RO	网络通道 n 告警和警告, n 为 0~15 通道	0000h
	A210	RO	网络通道 n 故障和状态, n 为 0~15 通道	0000h
网络通道 VR1 寄存器： 网络通道 FAWS 锁存寄存器	A220	RO	网络通道 n 告警和警告锁存, n 为 0~15 通道	0000h
	A230	RO	网络通道 n 故障和状态锁存, n 为 0~15 通道	0000h
网络通道 VR1 寄存器： 网络通道 FAWS 使能寄存器	A240	RW	网络通道 n 告警和警告使能, n 为 0~15 通道	0000h
	A250	RW	网络通道 n 故障和状态使能, n 为 0~15 通道	0000h
	A260	RO	保留 64 字节	0000h
网络通道 VR2 寄存器： 网络通道控制寄存器	A280	RW	网络通道 n FEC 控制, n 为 0~15 通道	0000h
	A290	RO	网络通道 n 伪随机码错误计数, n 为 0~15 通道	0000h
网络通道 VR2 寄存器： 网络通道性能测试寄存器	A2A0	RO	网络通道 n 激光器偏置电流监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	A2B0	RO	网络通道 n 激光器输出光功率监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	A2C0	RO	网络通道 n 激光器温度监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	A2D0	RO	网络通道 n 接收光功率监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
同上	A2E0	RO	保留 64 字节	0000h

表C.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
网络通道 VR3 寄存器: 网络通道生产商特殊 FAWS 寄存器	A300	RO	网络通道 n 生产商特殊 FAWS, n 为 0~15 通道	0000h
	A320	RW	网络通道 n 生产商特殊 FAWS 使能, n 为 0~15 通道。	0000h
	A330	RO	保留 32 字节。	0000h
	A340	RO	网络通道 n 生产商特殊辅加 1 监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	A350	RO	网络通道 n 生产商特殊辅加 2 监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	A360	RO	网络通道 n 生产商特殊辅加 3 监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	A370	RO	网络通道 n 生产商特殊辅加 4 监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
主通道 VR1 寄存器: 主通道 FAWS 寄存器	A400	RO	主通道 m 故障和状态, m 为 0~15 通道	0000h
	A410	RO	主通道 m 故障和状态锁存, m 为 0~15 通道	0000h
	A420	RW	主通道 m 故障和状态使能, m 为 0~15 通道	0000h
主通道 VR1 寄存器: 数据寄存器	A430	RO	主通道 m 伪随机码 光发送错误计数, m 为 0~15 通道	0000h
主通道 VR1 寄存器: 主通道控制寄存器	A440	RW	主通道 m 控制, m 为 0~15 通道	0000h
	A450	RO	保留 96 字节	0000h
	A480~ABFF	RO	保留	0000h
CDB 启用	AC00	RO	CDB 命令或应答	0000h
	AC01	RO	CDB 有效载荷长度	0000h
	AC02	RO	CDB 有效载荷。长度为 L	0000h
	AC02+L	RO	CDB 有效载荷 CRC	0000h
	AC02+L+1~AFFF	RO	保留	0000h

附 录 D
(规范性附录)
光模块寄存器列表 3

D.1 光模块B000h~BFFFh寄存器列表

表D.1是光模块B000h~BFFFh寄存器列表。

表D.1 B000h~BFFFh寄存器列表

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
光模块 VR1 寄存器： 命令/设置寄存器	B000	WO	密码登陆（选项）	0000h
	B002	WO	密码更改（选项）	0000h
	B004	RW	NVR 寄存器访问控制	0000h
	B005	RW	PRG_CNTL3 功能选择	0000h
	B006	RW	PRG_CNTL2 功能选择	0000h
	B007	RW	PRG_CNTL1 功能选择	0001h
	B008	RW	PRG 告警 3 来源选择	0003h
	B009	RW	PRG 告警 2 来源选择	0002h
	B00A	RW	PRG 告警 1 来源选择	0001h
	B00B	RW	光模块运行控制	0000h
	B00C	RO	指令错误地址	0000h
	B00D	RO	指令错误数据	0000h
	B00E	RO	指令错误数据屏蔽	0000h
	B00F	RO	指令错误数据状态	0000h
光模块 VR1 寄存器： 控制寄存器	B010	RW	光模块通用控制	0000h
	B011	RW	网络通道光发送控制	0000h
	B012	RW	网络通道光接收控制	0000h
	B013	RW	网络通道 TX_DIS 控制	0000h
	B014	RW	主通道控制	0000h
	B015	RW	光模块通用控制 2	0000h
光模块 VR1 寄存器： 状态寄存器	B016	RO	光模块状态	0000h
光模块 VR1 寄存器： 告警汇总寄存器	B017	RO	告警状态汇总	0000h
	B018	RO	全局告警汇总	
	B019	RO	网络通道警告和告警 1 汇总	0000h
	B01A	RO	网络通道错误和状态汇总	0000h
	B01B	RO	网络通道错误和状态汇总	0000h
	B01C	RO	网络通道警告和告警 2 汇总	0000h
光模块 VR1 寄存器： 光模块 FAWS 寄存器	B01D	RO	光模块常规状态	0000h
	B01E	RO	光模块错误状态	0000h
	B01F	RO	光模块警告和告警 1	0000h
	B020	RO	光模块警告和告警 2	0000h
	B021	RO	生产商特殊 FAWS	0000h

表D.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
光模块 VR1 寄存器: 光模块 FAWS 所存寄存器	B022	RO	光模块声明锁存	0000h
	B023	RO	光模块通用状态锁存	0000h
	B024	RO	光模块错误状态锁存	0000h
	B025	RO	光模块警告和告警 1 锁存	0000h
	B026	RO	光模块警告和告警 2 锁存	0000h
	B027	RO	生产商特殊 FAWS 锁存	0000h
光模块 VR1 寄存器: 光模块 FAWS 使能寄存器	B028	RO	光模块状态使能	006Ah
	B029	RO	光模块通用状态警告锁存	A7F8h
	B02A	RW	光模块错误状态使能	0062h
	B02B	RW	光模块警告和告警 1 使能	0FFFh
	B02C	RW	光模块警告和告警 2 使能	00FFh
	B02D	RW	生产商特殊 FAWS 使能	0000h
	B02E	RO	保留	0000h
光模块 VR1 寄存器: 光模块模数转换寄存器	B02F	RO	光模块温度监测模/数值	0000h
	B030	RO	光模块供电监测模/数值	0000h
	B031	RO	SOA 偏置电流模/数值	0000h
	B032	RO	光模块辅助 1 监测模/数值	0000h
	B033	RO	光模块辅助 2 监测模/数值	0000h
	B034	RO	保留 8 字节	0000h
光模块 VR1 寄存器: 光模块伪随机码寄存器	B038	RO	网络通道伪随机码数据计数	0000h
	B039	RO	网络通道伪随机码数据比特计数	0000h
	B03A	RO	保留	0000h
	B038	RO	网络通道伪随机码数据比特计数	0000h
光模块 VR1 寄存器: 时钟寄存器 2	B03A	RO	实时第二时钟	0000h
	B03C~B04B	RO	保留	0000h
光模块 VR1 寄存器: 扩展功能控制寄存器	B04A	RW	上传控制	0000h
	B04B	RO	上传数据	0000h
	B04C	RO	光模块升级数据	0000h
	B04D	RW	光模块升级控制	0000h
	B04E~B04F	RO	保留	0000h
光模块 VR1 寄存器: 扩展控制状态寄存器	B050	RO	光模块扩展功能状态	0000h
	B051	RO	光模块升级状态	0000h
	B052	RO	光模块升级固件类型标示	0000h
扩展控制状态寄存器	B053	RO	保留	0000h
光模块 VR1 寄存器: 扩展功能锁存寄存器	B054	RO	光模块扩展功能锁存	0000h
	B055~B056	RO	保留	0000h
光模块 VR1 寄存器: 扩展功能使能寄存器	B057	RW	光模块扩展功能使能	0000h
	B058~B059	RO	保留	0000h

表D.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
光模块 VR1 寄存器: 扩展功能数据寄存器	B05A	RO	主机到光模块辅助接口实例 1 (选项)	0000h
	B05B	RO	光模块到主机辅助接口实例 1 (选项)	0000h
	B05C	RO	主机到光模块辅助接口实例 2 (选项)	0000h
	B05D	RO	光模块到主机辅助接口实例 2 (选项)	0000h
	B05E~B07F	RO	保留	0000h
网络通道 VR3 寄存器: 生产商特殊 FWAS	B100	RO	网络通道 n 生产商特殊 FWAS $_n$ 为 0~15 通道	0000h
	B110	RO	网络通道 n 生产商特殊 FWAS 锁存 n 为 0~15 通道	0000h
	B120	RO	网络通道 n 生产商特殊 FWAS 使能 n 为 0~15 通道	0000h
	B130	RO	保留	0000h
	B140	RO	网络通道 n 生产商特殊附加 1 监测模数值。 n 为 0~15 通道	0000h
	B150	RO	网络通道 n 生产商特殊附加 2 监测模数值。 n 为 0~15 通道	0000h
	B160	RO	网络通道 n 生产商特殊附加 3 监测模数值。 n 为 0~15 通道	0000h
	B170	RO	网络通道 n 生产商特殊附加 4 监测模数值。 n 为 0~15 通道	0000h
网络通道 VR1 寄存器: 网络通道 FAWS 寄存器	B180	RO	网络通道 n 告警和警告 1, n 为 0~15 通道	0000h
	B190	RO	网络通道 n 告警和警告 2, n 为 0~15 通道	0000h
	B1A0	RO	网络通道 n FAWS 和状态指示, n 为 0~15 通道	0000h
网络通道 VR 寄存器 1: 网络通道 FAWS 锁存寄存器	B1B0	RO	网络通道 n 告警和警告 1 锁存, n 为 0~15 通道	0000h
	B1C0	RO	网络通道 n 告警和警告 2 锁存, n 为 0~15 通道	0000h
网络通道 VR1 寄存器: 网络通道 FAWS 锁存寄存器	B1D0	RO	网络通道 n FAWS 和状态锁存, n 为 0~15 通道	0000h
网络通道 VR1 寄存器: 通道 FAWS 使能寄存器	B1E0	RW	网络通道 n 告警和警告 1 使能, n 为 0~15 通道	FFFFh
网络通道 VR1 寄存器: 通道 FAWS 使能寄存器	B1F0	RW	网络通道 n 告警和警告 2 使能, n 为 0~15 通道	FFFFh
	B200	RW	网络通道 n 错误和状态指示使能, n 为 0~15 通道	E0DCh

表D.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
网络通道 VR1 寄存器: 发送状态寄存器	B210	RO	光发送调整状态	0000h
网络通道 VR1 寄存器: 发送状态寄存器	B220	RO	光发送调整锁存	0000h
	B230	RW	光发送调整使能	0000h
	B240	RO	光发送调整状态性能检测	0000h
网络通道 VR1 寄存器: 接收状态寄存器	B250	RO	光接收调整状态	0000h
	B260	RO	光接收调整状态锁存	0000h
网络通道 VR1 寄存器: 接收状态寄存器	B270	RW	光接收调整状态使能	0000h
	B280	RO	光接收调整状态性能检测	0000h
	B290~B2FF	RO	保留	0000h
网络通道 VR2 寄存器: 控制和数据寄存器	B300	RO	网络通道 n 前向纠错控制, n 为 0~15 通道	0000h
	B310	RO	网络通道 n 伪随机序列接收误码计数	0000h
	B320	RO	网络通道 n 发送激光器偏置电流监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B330	RO	网络通道 n 发送激光器输出功率监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B340	RO	网络通道 n 发送激光器温度监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B350	RO	网络通道 n 接收输入光功率监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B360	RO	网络通道 n 发送激光器偏置电流监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B370	RO	网络通道 n 接收激光器偏置电流监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B380	RO	网络通道 n 接收激光器温度监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B390	RO	网络通道 n 接收激光器功率监测模数值, n 为 0~15 通道	0000h
	B3A0	RO	光发送调制器偏置 X/I 监测模数值	0000h
	B3B0	RO	光发送调制器偏置 X/Q 监测模数值	0000h
	B3C0	RO	光发送调制器偏置 Y/I 监测模数值	0000h
	B3D0	RO	光发送调制器偏置 Y/Q 监测模数值	0000h
	B3E0	RO	光发送调制器偏置 X 相位监测模数值	0000h
	B3F0	RO	光发送调制器偏置 Y 相位监测模数值	0000h
网络通道 VR2 寄存器: 网络通道控制寄存器 2	B400	RO	光发送通道控制	0001h
	B410	RO	光发送输出功率	0000h
	B420	RO	光接收通道控制	0001h
	B430	RO	光发送频率微调 (选项)	0000h
	B440	RO	光接收频率微调 (选项)	0000h

表D.1 (续)

寄存器类型	寄存器地址 (16 进制)	访问 类型	描述	初始值
网络通道 VR2 寄存器: 网络通道控制寄存器 2	B450	RO	光发送频率 1	N/A
	B460	RO	光发送频率 2	N/A
	B470	RO	光接收频率 1	N/A
	B480	RO	接收频率 2	N/A
	B490~B49F	RO	保留	0000h
网络通道 VR2 寄存器: 网络通道 光发送性能监测统计寄存器	B4A0	RO	当前输出功率	0000h
	B4B0	RO	平均输出功率	0000h
	B4C0	RO	最小输出功率	0000h
	B4D0	RO	最大输出功率	0000h
网络通道 VR2 寄存器: 网络通道 光接收性能监测统计寄存器	B4E0	RO	当前输入功率	0000h
	B4F0	RO	平均输入功率	0000h
	B500	RO	最小输入功率	0000h
	B510	RO	最大输入功率	0000h
	B520~B57F	RO	保留	0000h
网络通道 OTN/FEC 寄存器: OTN FAWS 寄存器 (选项)	B580~B5B0	RO	光模块 VR2, OTN/FEC 状态相关寄存器	0000h
OTN/FEC 发送端性能监测寄存器 (选项)	B5C0~B5C9	RO	光模块 VR2, OTN/FEC 性能相关寄存器	0000h
光模块主通道 VR1 寄存器: 主通道 FAWS 寄存器列表	B600	RO	主通道 FAWS 寄存器	0000h
	B610	RO	主通道 FAWS 锁存寄存器	0000h
	B620	RW	主通道 FAWS 使能寄存器	0000h
	B630	RO	主通道数字伪随机序列寄存器	0000h
	B640	RO	主通道控制寄存器	0007h
	B650	RO	光发送状态寄存器	0000h
	B660	RO	光发送调整状态锁存寄存器	0000h
	B670	RW	光发送调整状态使能	0000h
	B680	RO	光发送调整状态性能检测	0000h
	B690	RO	光接收调整状态	0000h
	B6A0	RO	光接收调整状态锁存	0000h
	B6B0	RW	光接收调整状态使能	0000h
	B6C0	RO	光接收调整状态性能检测	0000h
网络通道 VR2 寄存器: 控制和数据寄存器	B6D0~B6FF	RO	保留	0000h
主通道 VR1 寄存器: OTN/FEC FAWS 寄存器 (选项)	B700~B7FF	RO	主通道 OTN/FEC 状态寄存器	0000h
网络通道 NVR2 寄存器: RX 性能监测状态寄存器 (选项)	B800~BBFF	RO	网络通道光接收性能监测统计寄存器	0000h
大数据传输分段寄存器	BC00~BCFF	WO	主机到光模块大数据块发送寄存器块	0000h
	BE00~BEFF	RO	光模块到主机大数据块发送寄存器块	0000h

附录 E

(规范性附录)

通道频率设置

E.1 通道频率设置

光模块通道频率设置，发送侧和接收侧分别定义两组命令，实现通道频率设置。

a) 发送侧通道频率设置

光模块发送侧通道频率，在波长调谐时，以通道号标识，计算关系式如公式 (E.1)：

$$\text{Freq(GHz)} = (\text{TX_chan_no}(\text{B400h.9} \sim \text{0}) - 1) \times \text{TX_grid_spacing}(\text{B400h.15} \sim \text{13}) + \text{chan_1_freq}(818\text{Ah} \times 1000, 818\text{Ch}/10) + \text{TX_fine_tune_freq}(\text{B430h}/1000) \quad (\text{E.1})$$

式中：

Freq(GHz)——期望调整的频率值；

TX_chan_no——Freq(GHz)对应的波长通道号，寄存器 B400h,bit9~bit0 标识，为主机对光模块执行波长调谐时，下发的通道号，光模块依据此通道号，完成波长调谐；

TX_grid_spacing——波长调谐通道间隔，寄存器 B400h,bit15~bit13 标识；

chan_1_freq——光模块发送侧，支持的最小通道频率，寄存器 818Ah,bit15~bit0 和 818Ch,bit15~bit0 标识；2 个寄存器值数学运算后相加，得到 GHz 为单位的频率值；

TX_fine_tune_freq——光模块发送侧微调频率，在寄存器 B430h,bit15~bit0 标识。

b) 接收侧通道频率设置

光模块接收侧通道频率在波长调谐时以通道号标识，计算关系式如公式 (E.2)：

$$\text{Freq(GHz)} = (\text{Rx_chan_no}(\text{B420h.9} \sim \text{0}) - 1) \times \text{Rx_grid_spacing}(\text{B420h.15} \sim \text{13}) + \text{chan_1_freq}(818\text{Ah} \times 1000, 818\text{Ch}/10) + \text{Rx_fine_tune_freq}(\text{B440h}/1000) \quad (\text{E.2})$$

式中：

Freq(GHz)——期望调整的频率值；

Rx_chan_no: Freq(GHz)——对应的波长通道号，寄存器 B420h,bit9~bit0 标识，为主机对光模块执行波长调谐时，下发的通道号，光模块依据此通道号，完成波长调谐；

Rx_grid_spacing——波长调谐通道间隔，寄存器 B420h,bit15~bit13 标识；

chan_1_freq——光模块接收侧支持的最小通道频率，寄存器 818Ah,bit15~bit0 和 818Ch,bit15~bit0 标识；

Rx_fine_tune_freq——光模块接收侧微调频率，寄存器 B440h,bit15~bit0 标识。

附 录 F
(规范性附录)
密码访问控制

F.1 密码访问控制机制

密码访问控制机制，用于生产商和用户控制寄存器的访问权限。

B000h~B001h 寄存器为密码访问控制寄存器，具有只写属性，B000h~B001h 寄存器数据保持直至光模块重启或者主机对 B000h~B001h 寄存器再次执行写操作。

访问密码为 4 字节长数据（2 个 16 位字长），高 16 位占据低地址寄存器。

本部分规定用户密码在 00000000h~7FFFFFFFh 范围之内，生产商密码在 80000000h~FFFFFFFh 范围之内，默认密码为：01011100h。

密码控制中寄存器访问的密码要求见表 F.1。

表 F1 寄存器访问的密码要求

寄存器	读	写	重载	保存
光模块 NVR 寄存器	不需要	N/A	N/A	N/A
光模块 VR 寄存器	不需要	不需要	N/A	N/A
生产商 NVR 寄存器	需要	N/A	N/A	N/A
用户 NVR 寄存器	需要	需要	需要 ^a	需要 ^a
^a 使用寄存器 B004h 进行操作				

B002h~B003h 为密码修改寄存器，用户可通过 B002h~B003h 寄存器修改访问控制密码。B002h~B003h 为易失存储器，光模块上电或重启之后，密码恢复默认值。

光模块上电或重启之后，密码访问控制寄存器 B000h~B001h 值恢复为 00000000h。