binho

应用笔记

使用 Binho Pulsar 通过 SPI 启动调试 CMIS 光模块

AN0010

文档信息

关键词	AN0010, Pulsar, Supernova, CMIS, OIF, SPIMCI, SPI, 共封装光学, CPO, 流控, ACK, NACK, 片选, 光模块
摘要	SPIMCI 是 CMIS 在修订版 5.3 中为共封装光学（CPO）新增的 SPI 管理接口，它将确认应答编码为 00h。 因此，空闲总线、未上电的模块或从未启用的目标器件都会返回一个完美无缺的确认应答，后面跟着全零数据， 一次看似成功的启动调试实际上什么也没有证明。另一个障碍使问题更加复杂：流控字节数不在线路上传输， 而是由一些寄存器推导得出，而在已知该字节数之前，这些寄存器是无法读取的。本应用笔记从 Binho Pulsar 或 Supernova 出发， 以一种无法被静默总线欺骗的方式启动调试 SPIMCI 链路，并提供一条命令，根据模块自身的校验和确定这两个未知量。

Binho Inc.
42 Dore Street, Unit A, San Francisco, CA 94103

修订版 1.0
6 NOVEMBER 2026

测试范围。本文档中的规范内容均有出处并已核实。第 6 节中的流程尚未在 SPIMCI 模块上执行。 它已在一块不带 SPIMCI 固件的电路板上执行，这正是第 8.2 节所报告的内容，也正是它促成了第 6.2 节中校验和防护的更正。 第 8 节准确说明了尚待完成的事项。

1 简介

您接好一个 SPIMCI 模块，发出一次读取，它成功了。事务完成，确认应答存在，数据也返回了。

但模块并没有上电。

SPIMCI 将 ACK 编码为 **00h**（B.3.7.1.2），因此全零是一个有效的确认应答，后面跟着全零数据。Binho 在实验台上正好复现了这种情况：读取完成，看到了确认应答，数据为 `00 00`。 一次完成的 SPIMCI 事务本身绝不能作为模块存在的证据。

本笔记以一种静默无法伪造的方式启动调试 SPIMCI 链路，并顺带解决 SPIMCI 给主机带来的第二个问题。

1.1 范围

读完本文档后，手边有硬件的读者将能够确定其模块实现的流控字节数和 R/Wn 极性，读取其标识，并验证其 Page 00h 校验和，且在此过程中不会接受任何可能由不存在的模块产生的中间结果。

本文档涵盖 SPI 管理接口，即 CMIS 附录 B.3，它是规范性内容，在修订版 5.3 中引入。 AN0008 介绍寄存器模型，是本文档的前提。共封装光学系统设计不在本文范围内。

1.2 适用器件

表 1. 适用器件

项目	角色	依据
Binho Pulsar	主机适配器，SPI 控制器	本笔记尚未验证
Binho Supernova	主机适配器，SPI 控制器	已作为控制器验证，第 8.1 节。当时不存在 SPIMCI 目标器件
任何带 SPIMCI 接口的 CMIS 模块	目标器件	**本笔记尚未验证**

在修订版 1.0 中尚未连接任何 SPIMCI 模块。 帧格式、流控推导和极性矛盾均取自 OIF-CMIS-05.3 附录 B.3， 并与 05.4 进行了交叉核对。已经验证的是主机端和失效模式：2026 年 8 月 15 日，在未连接任何模块的总线上观察到了伪造的确认应答； 2026 年 9 月 2 日，在一块存在但静默的电路板上再次观察到该现象，而且它还骗过了校验和防护。 所有依赖模块应答的内容都尚待完成。

1.3 相关文档

表 2. 相关文档

文档	主题
OIF-CMIS-05.3	附录 B.3，SPI-Based Management Communication Interface，第 374 至 383 页
OIF-CMIS-05.4	附录 B.3，第 416 至 425 页。除页脚外，文本与 5.3 完全相同
AN0008	使用 Binho Supernova 通过 I2C 启动调试 CMIS 光模块
AN0011	使用 Binho Supernova 测量 CMIS 固件更新时间

2 所需设备和软件

2.1 硬件

表 3. 所需设备

项目
Binho Pulsar 或 Binho Supernova USB 主机适配器
一个带 SPIMCI 管理接口的 CMIS 模块
USB-C 线缆
Saleae Logic 采集硬件，可选

2.2 连接

CMIS 对传统的 SPI 信号进行了重命名。请使用规范中的名称，并同时注明熟悉的名称，以免任何人产生误解。

表 4. 适配器与模块之间的连接

适配器	规范名称	传统名称	是否必需
CS	`CSn`	CS、SS 或 ModSeln	是
SCK	`CLK`	SCLK	是
MOSI	`IOTI`，Initiator Out Target In	MOSI、PICO	是
MISO	`IITO`，Initiator In Target Out	MISO、POCI	是
3V3	电源		是，除非电路板自行供电
GND	回路		是

> **注意**：`CSn` 是必需的，而不是可选的。低电平有效是规范性要求（B.3.3），并且每个目标器件都有一个专用的 `CSn`， 同一时刻最多只有一个被置为有效（B.3.2）。没有它，就没有帧定界参考，没有错误检测，也无法重新同步： 多出一个时钟边沿就会使会话的其余部分永久错位。通用 SPI 解码器能够容忍缺失的片选，并返回看似合理的无用数据。

2.3 软件

```
pip install binhopulsar          # Pulsar
pip install binhosupernova       # Supernova
python cmis_mci.py selfcheck
```

`--transport spi` 用于选择 SPI 绑定。该工具与 AN0008、AN0009 和 AN0011 附带的是同一个文件。

3 SPIMCI 是什么，以及为什么值得理解它

SPIMCI 在 CMIS 5.3 中引入，由共封装光学推动；修订历史中写有"SPI-based SPIMCI in support of CPO"。 字符串 `SPI` 在 CMIS 5.2 中从未出现。

它也是对未来任何绑定都至关重要的先例。它的加入完全没有触及寄存器访问层或 Common Data Block， 而且在加入的同时修正了寻址方式。I2CMCI 只携带页内字节地址，因此需要 00h:126 和 00h:127 处的页选择寄存器； 而 SPIMCI 事务携带完整的存储体、页和字节三维地址，具有隐式页切换，并且最多可传输 2048 字节。

这对主机的实际意义是：**没有需要写入的页选择寄存器，也没有可能出错的跨事务地址状态。**

表 5. 规范固定的参数

参数	值	出处
字长	8 位，最高有效位在前	B.3.7.2.3
采样边沿	CLK 上升沿	B.3.7.1
片选极性	低电平有效	B.3.3
最大传输量	2048 字节	B.3.7.1

> **注**：规范规定了采样边沿，但从未说明 CLK 的空闲电平，因此"SPIMCI 是 SPI 模式 0"是一种推断，而不是引文。该工具默认使用模式 0，并允许选择模式。

4 事务结构

每个 SPIMCI 事务都是 **4 + N + M** 字节，分为三个阶段。

表 6. 事务控制阶段，4 字节，仅从发起方到目标器件

位	字段	说明
0	Command Type，R/Wn	见第 5.2 节
1:4	Bank Index	4 位。规范指出这"不允许大于 15 的任意存储体索引值"
5:15	EncodedSize	11 位。传输字节数 = EncodedSize + 1，最大 2048
16:23	Page Index	8 位
24:31	Byte Index	8 位，起始地址。此后顺序递增

在整个控制阶段，`IITO` 均未定义。

流控阶段，N 字节，N 至少为 2。 发起方发送零值的虚拟字节，目标器件忽略这些字节。 目标器件在该阶段的**最后一个**字节中，通过 `IITO` 返回 **ACK = 00h** 或 **NACK = FFh**。

数据传输阶段，M = EncodedSize + 1 字节。 读取时，数据在 `IITO` 上，`IOTI` 上发送 00h。 写入时，数据在 `IOTI` 上，`IITO` 未定义。

5 两个未知量，以及如何确定它们

5.1 N 不在线路上传输，而且存在自举漏洞

`N` 由 `00h:213` 位 6-0 处的 `MciFlowControlDuration` 和 `00h:213` 位 7 处的 `MciFlowControlDurationEncoding` 推导得出：

表 7. 流控字节数

编码位	推导方式
0，静态	N = 2 + 通告值
1，与速率相关	N = max(2, ceil(duration x SpiSpeedInMHz / 8))，速率取自 `00h:27.3-0` 处的 `MciSpeedConfiguration`

B.3.7.1.2 要求双方以完全相同的方式推导 `N`。但在已知 `N` 之前无法读取 `00h:213`，而规范没有给出安全的自举值。 被动的总线观察者同样无法知道它。

解决方法是扫描 `N`，让模块自身的校验和来判断哪个值是正确的，这正是 `spi-probe` 所做的事情。

5.2 R/Wn 极性自相矛盾

表 8. CMIS 5.3 中的 R/Wn 极性

出处	规定
B.3.7.1.1	"该位为 1 时，表示请求读取"
B.3.8.1 至 B.3.8.5，图 B-14 至 B-17	0 表示读取

两者都在同一份文档中。有一个值得了解的判定依据：B.3.8.5 将 **TEST** 定义为从字节地址 0 进行的一字节读取， 并且**全部 32 个控制位均为零**，只有当 0 表示读取时，这才是自洽的。该工具默认遵循图示， 可按要求使用任一极性，在未指定时会探测两种极性。

6 流程

6.1 离线确认工具

```
python cmis_mci.py selfcheck
```

6.2 确定 N 和极性

```
python cmis_mci.py spi-probe --transport spi
```

该命令针对每种极性将 `N` 从 2 扫描到 16，并且**仅**在 Page 00h 校验和验证通过时才接受某个组合：即 94 字节的模块特定内容与模块自己写入的一个字节相符。一次完成的事务、一个确认应答， 甚至看似合理的数据，都可能由未上电的电路板产生。

> **注意**：未上电的电路板也可能产生匹配的校验和，而且只有一种方式，恰恰是实际中会出现的那种方式。 静默的 SPI 总线对每个字节都返回 `00h` 。九十四个 `00h` 字节之和为 `00h` ，而同一总线报告的存储校验和也是 `00h` ， 因此二者一致。所以，只有当校验和验证通过**并且** Page 00h 包含不止一个不同的值时，扫描才会接受某个组合。 第 8.2 节记录了加入该条件之前命令的报告内容。

如果这些值已知，请直接传入并跳过扫描：

```
python cmis_mci.py spi-probe --transport spi --n 4 --read-bit 0
```

失败时，该命令会报告需要检查的内容，并且刻意不提供"模块有应答"作为安慰，因为在 SPIMCI 上这不构成任何信息。

6.3 读取模块

```
python cmis_mci.py bringup  --transport spi --n 4 --read-bit 0
python cmis_mci.py identify --transport spi --n 4 --read-bit 0
python cmis_mci.py read --transport spi --page 01h --byte 251 --n 4 --read-bit 0
```

请注意，最后一条命令中的页读取不需要写入页选择。页信息随事务头一起传输。

7 分析器带来了什么

使用 CMIS SPIMCI 分析器解码的 `CSn`、`CLK`、`IOTI` 和 `IITO` 采集会显示 4 + N + M 帧结构、 确认应答字节以及事务所寻址的寄存器。

除此之外，它还会报告规范实际定义的唯一错误条件，而通用解码器从结构上无法表示这一条件。

ABORT。 正常的 STOP 在预期时间落在 8 位边界上。不规则的 STOP，即落在非 8 位边界上或早于预期， 会终止事务，并且"任何未完整接收的字节都必须被接收方丢弃或忽略"。标准的 SPI 解码器会静默丢弃被片选撤销 所打断的字：没有帧，没有标志，也没有标记。这种情况恰恰就是 SPIMCI 的 ABORT 条件。

分析器还会显示 `N`，而不是将其隐藏。它可以被显式设置，可以以持续时间加速率的方式给出，也可以通过从字节 4 开始 向后扫描 `IITO` 上第一个 00h 或 FFh 来自动检测，并附带置信度指示，因为全零的数据字节可能造成混淆。

> **CMIS SPIMCI 分析器正在开发中，尚未发布。** 本节描述的是它产生的解码结果，而不是读者今天就能购买的产品。

8 实测结果

8.1 测试配置

表 9. 测试配置

项目	值
适配器	Binho Supernova，序列号 `4F970418…1111`，固件 4.4.0，硬件修订版 C
SDK	`binhosupernova`，Python 3.13
模块	无。在模块的位置接入了一块 NXP FRDM-MCXN947，不带 SPIMCI 固件
总线	3.3 V，1 MHz，模式 0，使用 Binho 适配器板上的片选 S0

8.2 结果

观察结果，2026 年 8 月 15 日。 在未连接任何模块的总线上发出的 SPIMCI 读取完成了，返回了有效的确认应答， 并返回 `00 00` 作为数据。这就是第 1 节所依据的观察结果，它是编码方式的特性，而不是任何特定模块的特性。

观察结果，2026 年 9 月 2 日，情况比上面更糟。 同样的探测在一块已存在、已上电且接线正确、 但未运行 SPIMCI 固件的电路板上运行，因此它返回的每个字节都是 `00h`。该命令没有报告模块不存在， 而是报告了一个正常的模块：

```
N        : 2 flow control bytes, transaction is 4 + 2 + M
R/Wn     : 0 means READ on this module
00h:222  : checksum 0x00 matches the stored byte

PASS     : the module is present and self consistent.
```

校验和之所以一致，是因为比较的两边都是零：94 字节的 `00h` 之和为 `00h`，而同一静默总线报告的存储校验和也是 `00h`。 第 6.2 节用于拒绝静默总线的检查本身被这种静默击败了，因此工具已被更正为：要求 Page 00h 包含不止一个不同的值， 校验和一致才算数。针对同一硬件，它现在报告：

```
FAIL     : no combination of N and R/Wn produced a valid Page 00h checksum.
           Either the module is absent, or CSn, CLK, IOTI or IITO are
           miswired. On SPIMCI a silent bus still returns a perfect ACK.
```

这正是本笔记自己的论点应验在了本笔记身上：一次看似成功的启动调试可能什么也没有读到。 实现附录 B.3 的主机也必须防范同样的情况。

离线。 本笔记所驱动的寄存器访问层与 AN0008 中自检的是同一个，针对模拟模块 8 项全部通过。第八项正是本节所新增的：全零的 Page 00h 必须被拒绝，而不是被当作一致的校验和。

在硬件上，针对模块。 尚无。修订版 1.0 中待完成的事项：针对 SPIMCI 模块进行 `N` 扫描、极性判定、标识读取和 Page 00h 校验和验证。第 8.2 节确认的是失效模式及其防护措施，而不是成功路径。

9 故障排除

表 10. 故障排除

现象	可能原因及处理方法
每个事务都成功，所有数据都是零	典型的伪造确认应答。模块不存在、未上电或未启用。只有同时要求 Page 00h 包含不止一个不同的值，校验和才能区分这种情况，因为 94 个零与值为零的存储校验和是一致的
`spi-probe` 找不到有效组合	在怀疑 `N` 之前，先检查 `CSn`、`CLK`、`IOTI` 和 `IITO` 的接线。静默的总线仍然会给出确认应答
流控字节既不是 00h 也不是 FFh	`N` 错误，因此读到的字节是数据或控制字节，而不是确认应答
数据偏移了一个或多个字节	`N` 偏差了相应的字节数。请重新运行扫描，而不是手动调整
读取能返回数据，写入似乎被忽略	R/Wn 极性反了。尝试另一个 `--read-bit`
事务在字中间被截断	不规则的 STOP，即 ABORT 条件。检查是否有其他器件在驱动 `CSn`
适配器报告传输长度不足	传输长度与负载长度不一致。这是主机端的错误，而不是总线故障

10 缩略语

表 11. 缩略语

术语	含义
ACK	Acknowledgement（确认应答），在 SPIMCI 上为 00h
CPO	Co-packaged optics（共封装光学）
CMIS	Common Management Interface Specification（通用管理接口规范）
CSn	Chip select（片选），低电平有效
IITO	Initiator In, Target Out（发起方输入，目标器件输出）
IOTI	Initiator Out, Target In（发起方输出，目标器件输入）
MCI	Management Communication Interface（管理通信接口）
NACK	Negative acknowledgement（否定应答），在 SPIMCI 上为 FFh
OIF	Optical Internetworking Forum（光互联论坛）
RAL	Register Access Layer（寄存器访问层）
SPIMCI	SPI Management Communication Interface（SPI 管理通信接口）

11 关于文档中源代码的说明

本文档中显示以及随附归档中提供的示例代码仅供评估和参考。 它们依据 MIT 许可证发布，许可证全文包含在归档中。

表 12. 资源归档的内容

文件	说明
`AN0010.md`	本文档的 Markdown 源文件
`assets/cmis_mci.py`	参考工具，由 AN0008 至 AN0011 共用
`assets/LICENSE`	涵盖示例代码的 MIT 许可证

12 修订历史

表 13. 修订历史

修订版	日期	说明
0.1	2026 年 9 月 1 日	供内部评审的草稿。规范内容已核实；流程尚未在硬件上运行。
0.2	2026 年 9 月 2 日	由 AN0009 重新编号而来。在一块不带 SPIMCI 固件的电路板上运行了 `spi-probe`：全零的伪造确认应答骗过了 Page 00h 校验和，命令报告 PASS。工具现在会拒绝由单一重复值构成的页，第 8.2 节记录了两次的输出。尚未连接任何 SPIMCI 模块。
1.0	2026 年 11 月 6 日	正式发布。

法律信息（英文）

Definitions

Draft

A document marked draft is under internal review and subject to formal approval. Binho Inc. makes no representation or warranty as to its accuracy or completeness and accepts no liability arising from its use.

Disclaimers

Limited warranty and liability

Information in this document is believed to be accurate and reliable. Binho Inc. makes no representation or warranty, express or implied, as to its accuracy or completeness, accepts no liability for the consequences of its use, and takes no responsibility for content originating outside Binho Inc.

In no event shall Binho Inc. be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages, including without limitation lost profits, lost savings, business interruption, or costs of removing or replacing any product, whether or not based on tort, warranty, breach of contract or any other legal theory. Notwithstanding any damages a customer might incur, the aggregate and cumulative liability of Binho Inc. is limited in accordance with its terms and conditions of commercial sale.

Right to make changes

Binho Inc. reserves the right to change the information in this document, including specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes all information supplied prior to its publication.

Suitability for use

Binho Inc. products are not designed, authorized or warranted for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure of a Binho Inc. product can reasonably be expected to result in personal injury, death, or severe property or environmental damage. Any such inclusion or use is at the customer's own risk and Binho Inc. accepts no liability for it.

Applications

Applications described here are illustrative only. Binho Inc. makes no warranty that they are suitable for the specified use without further testing or modification. Customers are responsible for the design and operation of their own applications and products, for appropriate design and operating safeguards, and for determining whether a Binho Inc. product is suitable and fit for their purpose. Binho Inc. accepts no liability for assistance with applications or customer product design.

Third-party products and specifications

This document refers to products, boards, specifications and documentation supplied by third parties, which remain the responsibility of their respective owners. Binho Inc. makes no warranty regarding them and their behavior may change without notice. Register maps, protocol details and device identifiers reproduced here were observed on the specific hardware and firmware versions stated in this document and must be confirmed against the vendor's own documentation for the reader's part.

Example code

Source code supplied with this document is provided as an example, for evaluation and reference. It is not qualified for production use, has not been developed under a functional safety or security process, and is licensed under the terms accompanying it in the distribution archive.

Terms and conditions of commercial sale

Binho Inc. products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale published by Binho Inc., unless otherwise agreed in a valid written individual agreement, in which case only the terms of that agreement apply.

Export control

This document and the items it describes may be subject to export control regulations. Export may require prior authorization from the competent authorities.

Security

All products may be subject to unidentified vulnerabilities or may support security standards with known limitations. The customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycle to reduce the effect of such vulnerabilities, and for compliance with all legal, regulatory and security requirements concerning its products.

Trademarks

All referenced brands, product names, service names and trademarks are the property of their respective owners. **Binho** and the Binho logo are trademarks of Binho Inc. **CMIS** 和 **OIF** 是 Optical Internetworking Forum 的商标或注册商标。 **Saleae** 和 **Logic** 是 Saleae, Inc. 的商标。