

---

## 支持 HP 自动 MDIX 的小尺寸 RMII 10/100 以太网收发器

---

### 亮点

- 单芯片以太网物理层收发器 (PHY)
- 全面的 flexPWR® 技术
  - 灵活的电源管理架构
  - LVCMOS 可变 I/O 电压范围: +1.6V 至 +3.6V
  - 集成 1.2V 稳压器
- 支持 HP 自动 MDIX
- 小型 24 引脚 QFN/SQFN 无铅 RoHS 兼容型封装 (4 x 4 mm)

### 目标应用

- 机顶盒
- 网络打印机和服务器
- 测试仪表
- 板载网卡
- 嵌入式电信应用
- 视频录制/播放系统
- 线缆调制解调器/路由器
- DSL 调制解调器/路由器
- 数字录像机
- IP 和视频电话
- 无线接入点
- 数字电视
- 数字媒体适配器/服务器
- 游戏机
- POE 应用 (见应用笔记 17.18)

### 主要优势

- 高性能 10/100 以太网收发器
  - 符合 IEEE802.3/802.3u (快速以太网)
  - 符合 ISO 802-3/IEEE 802.3 (10BASE-T)
  - 环回模式
  - 自动协商
  - 自动极性检测和校正
  - 链路状态变化唤醒检测
  - 供应商特定寄存器功能
  - 支持低引脚数的 RMII 接口
- 电源和 I/O
  - 各种低功耗模式
  - 集成上电复位电路
  - 两个状态 LED 输出
  - 闩锁性能超过 150 mA, 符合 EIA/JESD78 II 类
  - 可在 3.3V 单电源供电下使用
- 其他特性
  - 可使用低成本的 25 MHz 晶振, 从而降低 BOM 成本
- 封装
  - 带有 RMII 的 24 引脚 QFN/SQFN (4 x 4 mm) 无铅 RoHS 兼容型封装
- 环境
  - 扩展商业级温度范围 (0°C 至 +85°C)
  - 提供工业级温度范围版本 (-40°C 至 +85°C)

## 致 客 户

我们旨在提供最佳文档供客户正确使用 Microchip 产品。为此，我们将不断改进出版物的内容和质量，使之更好地满足您的需求。出版物的质量将随新文档及更新版本的推出而得到提升。

如果您对本出版物有任何问题和建议，请通过电子邮件联系我公司 TRC 经理，电子邮件地址为 [CTRC@microchip.com](mailto:CTRC@microchip.com)。我们期待您的反馈。

### 最新数据手册

欲获得本数据手册的最新版本，请访问我公司网站：

<http://www.microchip.com>

查看数据手册中任意一页下边角处的文献编号即可确定其版本。文献编号中紧跟数字串后的字母是版本号，例如：DS30000000A\_CN 是文档的 A 版本。

### 勘误表

现有器件可能带有一份勘误表，描述了实际运行与数据手册中记载内容之间存在的细微差异以及建议的变通方法。一旦我们了解到器件 / 文档存在某些差异时，就会发布勘误表。勘误表上将注明其所适用的硅片版本和文件版本。

欲了解某一器件是否存在勘误表，请通过以下方式之一查询：

- Microchip 网站 <http://www.microchip.com>
- 当地 Microchip 销售办事处（见最后一页）

在联络销售办事处时，请说明您所使用的器件型号、硅片版本和数据手册版本（包括文献编号）。

### 客户通知系统

欲及时获知 Microchip 产品的最新信息，请到我公司网站 [www.microchip.com](http://www.microchip.com) 上注册。

# LAN8720A/LAN8720AI

---

## 目录

1.0 简介 .....	4
2.0 引脚说明和配置 .....	6
3.0 功能说明 .....	14
4.0 寄存器说明 .....	41
5.0 工作特性 .....	52
6.0 封装信息 .....	66
7.0 应用笔记 .....	71
附录A: 数据手册版本历史 .....	73
Microchip网站 .....	74
变更通知客户服务 .....	74
客户支持 .....	74
产品标识体系 .....	75

# LAN8720A/LAN8720Ai

---

## 1.0 简介

### 1.1 通用术语和约定

下面列出了本文档中使用的通用术语：

<b>BYTE</b>	8位
<b>FIFO</b>	先进先出缓冲区；通常用于实现弹性缓冲功能
<b>MAC</b>	媒体访问控制器
<b>RMII™</b>	精简介质无关接口™
<b>N/A</b>	不适用
<b>X</b>	表示逻辑状态为“无关”或未定义。
<b>RESERVED</b>	指保留的位域或地址。除非另外说明，否则对于写操作，保留的位必须始终为零。除非另外说明，否则在读取保留位时无法保证值。除非另外说明，否则请勿对保留的地址进行读或写操作。
<b>SMI</b>	串行管理接口

### 1.2 概述

LAN8720A/LAN8720Ai 是一款具有可变 I/O 电压的低功耗 10BASE-T/100BASE-TX 物理层（PHY）收发器，符合 IEEE 802.3-2005 标准。

LAN8720A/LAN8720Ai 支持通过标准 RMII 接口与以太网 MAC 进行通信。它包含一个全双工 10-BASE-T/100BASE-TX 收发器，支持 10 Mbps（10BASE-T）和 100 Mbps（100BASE-TX）工作模式。LAN8720A/LAN8720Ai 可实现自动协商以自动确定可能的最佳速度以及双工工作模式。支持 HP 自动 MDIX，可使用直连或交叉网线。

LAN8720A/LAN8720Ai 支持符合 IEEE 802.3-2005 标准和供应商特定的寄存器功能。但是，工作时不需要访问寄存器。初始配置可通过配置引脚来选择，如第 26 页的第 3.7 节“配置脚”所述。通过寄存器可以选择一些配置选项，以此进一步定义收发器的功能。

根据 IEEE 802.3-2005 标准，所有数字接口引脚均可承受 3.6V 电压。利用集成的 3.3V 转 1.2V 线性稳压器，可以将该器件配置为在 3.3V 单电源的供电下运行。可以有选择地禁止线性稳压器，从而允许使用高效率的外部稳压器来降低系统功耗。

LAN8720A/LAN8720Ai 提供扩展商业级和工业级温度范围版本。图 1-1 显示了典型的系统应用。

图 1-1: 系统框图

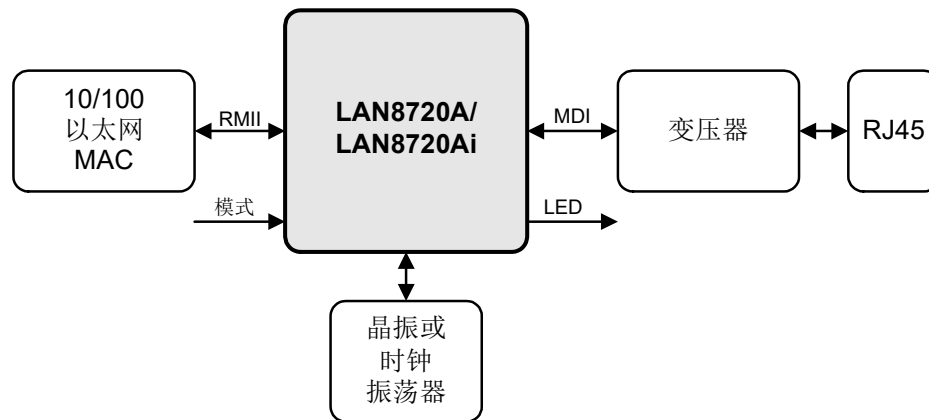
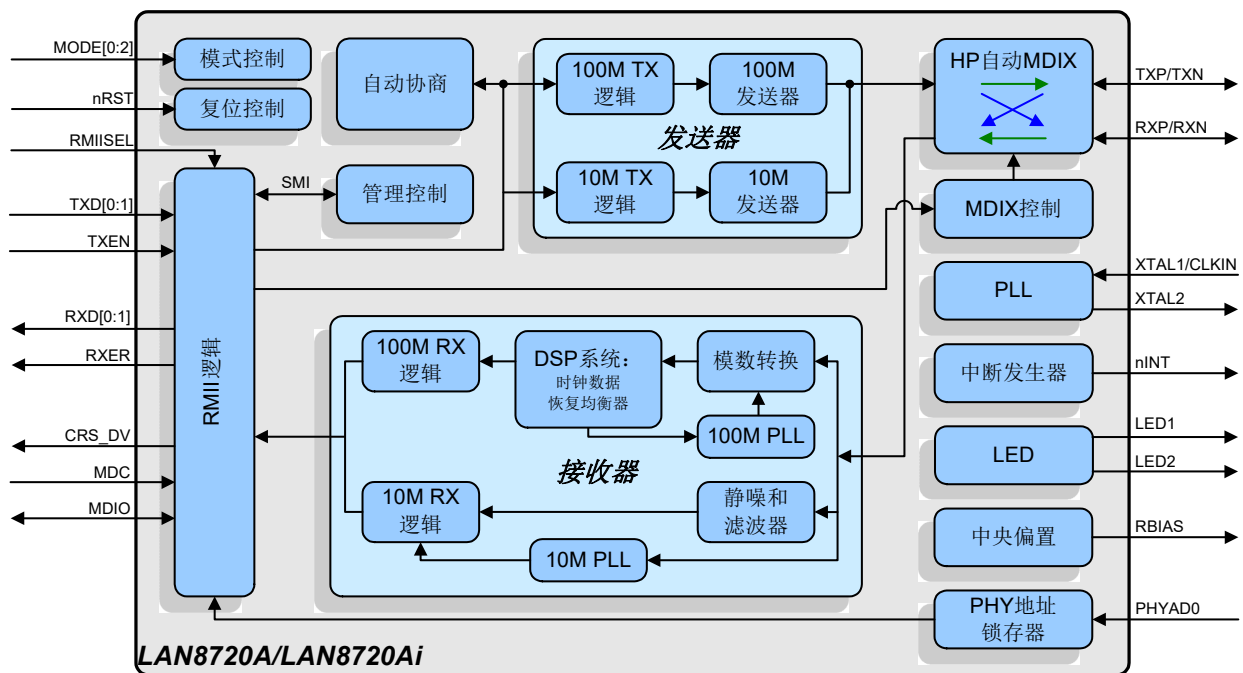


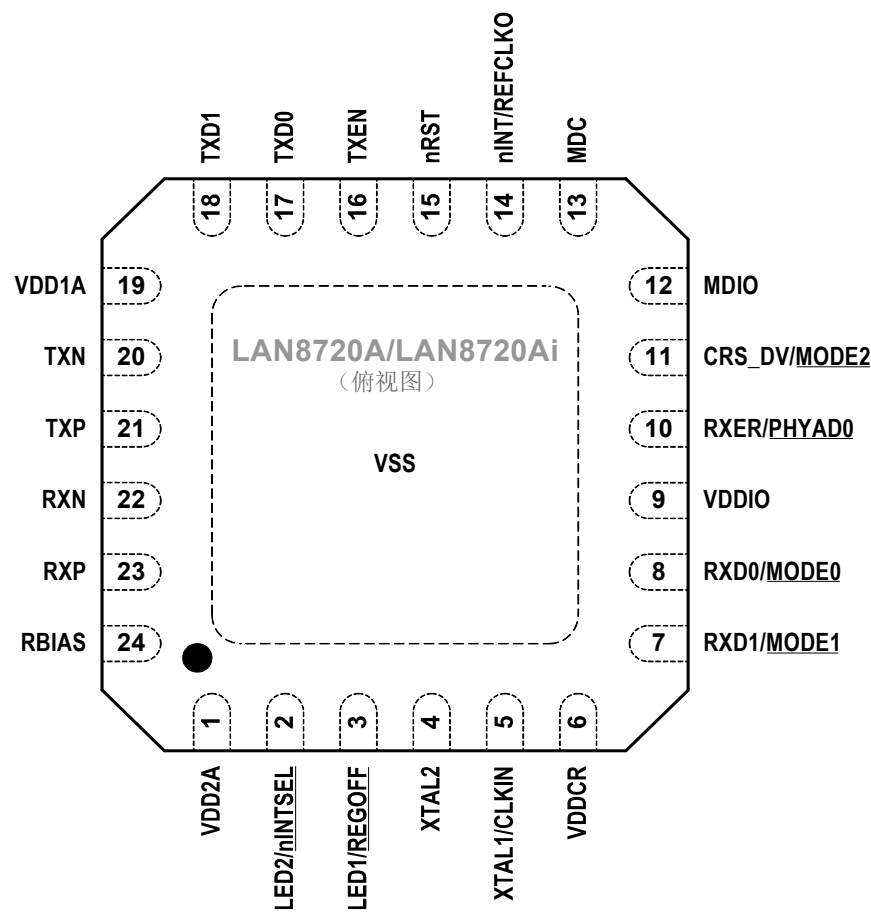
图 1-2: 架构概览



# LAN8720A/LAN8720Ai

## 2.0 引脚说明和配置

图2-1： 24-QFN/SQFN引脚分配（俯视图）



注：封装底部的外露焊盘（VSS）必须接地

注2-1 当信号名称开头使用小写字母“n”时，表示该信号低电平有效。例如，nRST表示该复位信号低电平有效。

注2-2 “缓冲器类型”列中给出了每个信号的缓冲器类型。第2.2节提供了缓冲器类型的说明。

**表2-1: RMII信号**

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	发送数据0	TXD0	VIS	MAC使用该信号将数据发送到收发器。
1	发送数据1	TXD1	VIS	MAC使用该信号将数据发送到收发器。
1	发送使能	TXEN	VIS (PD)	指示TXD[1:0]上存在有效的发送数据。
1	接收数据0	RXD0	VO8	收发器在接收路径上发送的2个数据位的bit 0。
	PHY工作模式0配置脚	MODE0	VIS (PU)	该配置脚搭配MODE1和MODE2用于设置默认PHY模式。  有关配置脚的更多信息，请参见 <a href="#">注2-3</a> 。 <b>注：</b> 更多信息，请参见第27页的 <a href="#">第3.7.2节“MODE[2:0]: 模式配置”</a> 。
1	接收数据1	RXD1	VO8	收发器在接收路径上发送的2个数据位的bit 1。
	PHY工作模式1配置脚	MODE1	VIS (PU)	该配置脚搭配MODE0和MODE2用于设置默认PHY模式。  有关配置脚的更多信息，请参见 <a href="#">注2-3</a> 。 <b>注：</b> 更多信息，请参见第27页的 <a href="#">第3.7.2节“MODE[2:0]: 模式配置”</a> 。
1	接收错误	RXER	VO8	该信号置为有效时表示在当前从收发器传输的帧中检测到错误。
	PHY地址0配置脚	PHYAD0	VIS (PD)	该配置脚用于设置收发器的SMI地址。  有关配置脚的更多信息，请参见 <a href="#">注2-3</a> 。 <b>注：</b> 更多信息，请参见第26页的 <a href="#">第3.7.1节“PHYAD[0]: PHY地址配置”</a> 。

# LAN8720A/LAN8720AI

表2-1: RMII信号 (续)

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	载波侦听/ 接收数据有效	CRS_DV	VO8	该信号置为有效时表示接收介质处于非空闲状态。当接收到10BASE-T数据包时，CRS_DV置为有效，但RXD[1:0]保持低电平，直到接收到SFD字节（10101011）为止。 <b>注：</b> 根据RMII标准，在10BASE-T半双工模式下，发送的数据不环回到接收数据引脚。
	PHY工作模式 2配置脚	MODE2	VIS (PU)	该配置脚搭配MODE0和MODE1用于设置默认PHY模式。  有关配置脚的更多信息，请参见 <a href="#">注2-3</a> 。 <b>注：</b> 更多详细信息，请参见第27页的 <a href="#">第3.7.2节“MODE[2:0]: 模式配置”</a> 。

**注2-3** 配置脚值在上电复位和系统复位时锁存。配置脚由带下划线的符号名称标识。连接负载时，用作配置脚的信号必须增加一个外部电阻。更多信息，请参见第26页的[第3.7节“配置脚”](#)。

表2-2: LED引脚

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	LED 1	LED1	O12	链路活动LED指示。该引脚在检测到有效链路时驱动为有效状态，在检测到活动时闪烁。 <b>注：</b> 有关LED的更多信息，请参见第31页的 <a href="#">第3.8.1节“LED”</a> 。
	稳压器关闭 配置脚	<u>REGOFF</u>	IS (PD)	该配置脚用于禁止内部1.2V稳压器。禁止稳压器时，必须向VDDCR提供外部1.2V电压。 <ul style="list-style-type: none"><li>当<u>REGOFF</u>通过外部电阻拉高至VDD2A时，禁止内部稳压器。</li><li>当<u>REGOFF</u>悬空或拉低时，使能内部稳压器（默认）。</li></ul> 有关配置脚的更多信息，请参见 <a href="#">注2-4</a> 。 <b>注：</b> 更多详细信息，请参见第28页的 <a href="#">第3.7.3节“REGOFF: 内部+1.2V稳压器配置”</a> 。



表2-2: LED引脚（续）

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	LED 2	LED2	O12	链路速度LED指示。当工作速度为100 Mbps时，该引脚将驱动为有效状态。当工作速度为10 Mbps时，或者线路隔离期间，该引脚处于无效状态。 <b>注：</b> 有关LED的更多信息，请参见第31页的第3.8.1节“LED”。
	nINT/ REFCLKO 功能选择配置脚	<u>nINTSEL</u>	IS (PU)	该配置脚用于选择nINT/REFCLKO引脚的模式。 <ul style="list-style-type: none"><li>当 <u>nINTSEL</u> 悬空或拉至VDD2A时，在nINT/REFCLKO引脚上选择nINT工作模式（默认）。</li><li>当 <u>nINTSEL</u> 被拉低至VSS时，在nINT/REFCLKO引脚上选择REFCLKO工作模式。</li></ul> 有关配置脚的更多信息，请参见注2-4。 <b>注：</b> 更多信息，请参见第32页的第3.8.1.2节“nINTSEL和LED2极性选择”。

**注2-4** 配置脚值在上电复位和系统复位时锁存。配置脚由带下划线的符号名称标识。连接负载时，用作配置脚的信号必须增加一个外部电阻。更多信息，请参见第26页的第3.7节“配置脚”。

表2-3: 串行管理接口（SMI）引脚

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	SMI数据输入/输出	MDIO	VIS/ VOD8	串行管理接口数据输入/输出
1	SMI时钟	MDC	VIS	串行管理接口时钟

表2-4: 以太网引脚

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	以太网TX/RX正通道1	TXP	AIO	发送/接收正通道1
1	以太网TX/RX负通道1	TXN	AIO	发送/接收负通道1

# LAN8720A/LAN8720AI

表2-4: 以太网引脚 (续)

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	以太网TX/RX正通道2	RXP	AIO	发送/接收正通道2
1	以太网TX/RX负通道2	RXN	AIO	发送/接收负通道2

表2-5: 其他引脚

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	外部晶振输入	XTAL1	ICLK	外部晶振输入
	外部时钟输入	CLKIN	ICLK	单端时钟振荡器输入。 <b>注:</b> 使用单端时钟振荡器时, 不得连接XTAL2。
1	外部晶振输出	XTAL2	OCLK	外部晶振输出
1	外部复位	nRST	VIS (PU)	系统复位。该信号低电平有效。
1	中断输出	nINT	VOD8 (PU)	低电平有效中断输出。放置一个上拉至VDDIO的外部电阻。 <b>注:</b> 有关器件中断的更多详细信息, 请参见第24页的第3.6节“中断管理”。 <b>注:</b> 有关如何使用nINTSEL配置脚来确定该引脚功能的详细信息, 请参见第32页的第3.8.1.2节“nINTSEL和LED2极性选择”。
	参考时钟输出	REFCLKO	VO8	该50 MHz时钟输出为可选项, 源自25 MHz晶振。REFCLKO可通过nINTSEL配置脚来选择。 <b>注:</b> 更多详细信息, 请参见第29页的第3.7.4.2节“REF_CLK输出模式”。 <b>注:</b> 有关如何使用nINTSEL配置脚来确定该引脚功能的详细信息, 请参见第32页的第3.8.1.2节“nINTSEL和LED2极性选择”。

表2-6: 模拟参考引脚

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	外部 1% 偏置电阻输入	RBIAS	AI	<p>该引脚需要通过 12.1 k<math>\Omega</math> (1%) 电阻接地。</p> <p>有关连接信息, 请参见 LAN8720A/LAN8720Ai 参考原理图。</p> <p><b>注:</b> 标称电压为 1.2V, 电阻消耗的功率约为 1 mW。</p>

表2-7: 电源引脚

引脚编号	名称	符号	缓冲器类型	说明
1	+1.6V 到 +3.6V 可变 I/O 电源	VDDIO	P	<p>+1.6V 到 +3.6V 可变 I/O 电源</p> <p>有关连接信息, 请参见 LAN8720A/LAN8720Ai 参考原理图。</p>
1	+1.2V 数字内核电源	VDDCR	P	<p>除非通过 <b>REGOFF</b> 配置脚配置为稳压器关闭模式, 否则由片上稳压器供电。</p> <p>有关连接信息, 请参见 LAN8720A/LAN8720Ai 参考原理图。</p> <p><b>注:</b> 应在该引脚上使用并联接地的 1 <math>\mu</math>F 和 470 pF 去耦电容。</p>
1	+3.3V 通道 1 模拟端口电源	VDD1A	P	<p>通道 1 的 +3.3V 模拟端口电源</p> <p>有关连接信息, 请参见 LAN8720A/LAN8720Ai 参考原理图。</p>
1	+3.3V 通道 2 模拟端口电源	VDD2A	P	<p>通道 2 和内部稳压器的 +3.3V 模拟端口电源。</p> <p>有关连接信息, 请参见 LAN8720A/LAN8720Ai 参考原理图。</p>
1	地	VSS	P	<p>公共地。此外露焊盘必须通过过孔阵列连接到地平面。</p>

## 2.1 引脚分配

# LAN8720A/LAN8720AI

表2-8: 24-QFN封装引脚分配

引脚编号	引脚名称	引脚编号	引脚名称
1	VDD2A	13	MDC
2	LED2/ <u>nINTSEL</u>	14	nINT/REFCLKO
3	LED1/ <u>REGOFF</u>	15	nRST
4	XTAL2	16	TXEN
5	XTAL1/CLKIN	17	TXD0
6	VDDCR	18	TXD1
7	RXD1/ <u>MODE1</u>	19	VDD1A
8	RXD0/ <u>MODE0</u>	20	TXN
9	VDDIO	21	TXP
10	RXER/ <u>PHYAD0</u>	22	RXN
11	CRS_ <u>DV/MODE2</u>	23	RXP
12	MDIO	24	RBIAS

## 2.2 缓冲器类型

表2-9: 缓冲器类型

缓冲器类型	说明
IS	施密特触发器输入
O12	具有 12 mA 灌/拉电流能力的输出
VIS	电压可变的施密特触发器输入
VO8	具有 8 mA 灌/拉电流能力的可变电压输出
VOD8	具有 8 mA 灌电流能力的可变电压漏极开路输出
PU	50 $\mu$ A (典型值) 内部上拉。除非引脚说明中另外说明, 否则始终使能内部上拉。 <b>注:</b> 内部上拉电阻用于防止未连接输入悬空。请勿依靠内部电阻驱动器件外部的信号。连接到必须拉高的负载时, 必须添加外部电阻。
PD	50 $\mu$ A (典型值) 内部下拉。除非引脚说明中另外说明, 否则始终使能内部下拉。 <b>注:</b> 内部下拉电阻用于防止未连接输入悬空。请勿依靠内部电阻驱动器件外部的信号。连接到必须拉低的负载时, 必须添加外部电阻。
AI	模拟输入
AIO	模拟双向
ICLK	晶振输入引脚

表2-9: 缓冲器类型（续）

缓冲器类型	说明
OCLK	晶振输出引脚
P	电源引脚

**注2-5** 数字信号不能承受5V的电压。有关缓冲器的更多信息，请参见第52页的第5.1节“绝对最大值\*”。

**注2-6** 灌/拉电流能力取决于VDDIO电压。更多信息，请参见第52页的第5.1节“绝对最大值\*”。

# LAN8720A/LAN8720AI

## 3.0 功能说明

本章提供器件各种特性的功能说明。这些特性按照类别分为以下几个部分：

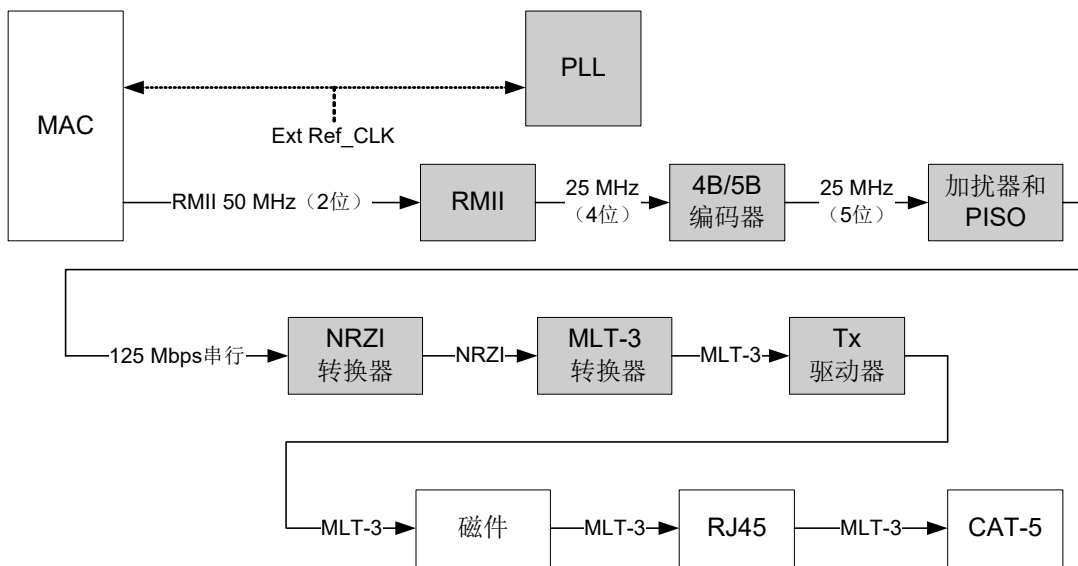
- 收发器
- 自动协商
- 支持HP自动MDIX
- MAC接口
- 串行管理接口（SMI）
- 中断管理
- 配置脚
- 其他功能
- 应用图

## 3.1 收发器

### 3.1.1 100BASE-TX发送

图3-1给出了100BASE-TX发送数据路径。其中的主要模块将在后续几个小节中逐一介绍。

图3-1： 100BASE-TX发送数据路径



#### 3.1.1.1 通过RMII接口传输的100BASE-TX发送数据

MAC控制器将发送数据驱动到TXD总线上，并将TXEN置为有效以指示数据有效。该数据由收发器的RMII模块在REF\_CLK的上升沿锁存。该数据为2位宽格式的50 MHz数据。

#### 3.1.1.2 4B/5B编码

发送数据从RMII模块传递到4B/5B编码器。编码器模块根据表3-1将数据从4位半字节编码为5位符号（称为“代码组”）。每个4位数据半字节都映射到32个可能的代码组中的16个。其余16个代码组用于控制信息或者无效。

前16个代码组由其对应的数据半字节的十六进制值（从0到F）表示。其余代码组由两侧带有斜杠的字母表示。例如，空闲代码组为//，发送错误代码组为/H/等。

表3-1: 4B/5B代码表

代码组	符号	接收器说明			发送器说明		
11110	0	0	0000	数据	0	0000	数据
01001	1	1	0001	—	1	0001	—
10100	2	2	0010	—	2	0010	—
10101	3	3	0011	—	3	0011	—
01010	4	4	0100	—	4	0100	—
01011	5	5	0101	—	5	0101	—
01110	6	6	0110	—	6	0110	—
01111	7	7	0111	—	7	0111	—
10010	8	8	1000	—	8	1000	—
10011	9	9	1001	—	9	1001	—
10110	A	A	1010	—	A	1010	—
10111	B	B	1011	—	B	1011	—
11010	C	C	1100	—	C	1100	—
11011	D	D	1101	—	D	1101	—
11100	E	E	1110	—	E	1110	—
11101	F	F	1111	—	F	1111	—
11111	I	IDLE			/T/R后发送，直到接收到TXEN		
11000	J	SSD的第一个半字节，空闲后转换为“0101”，否则为RXER			TXEN上升沿时发送		
10001	K	SSD的第二个半字节，在J后转换为“0101”，否则为RXER			TXEN上升沿时发送		
01101	T	ESD的第一个半字节，后跟/R/时会导致CRS置为无效，否则将RXER置为有效			TXEN下降沿时发送		
00111	R	ESD的第二个半字节，在/T/后会导致CRS置为无效，否则将RXER置为有效			TXEN下降沿时发送		
00100	H	发送错误符号			TXER上升沿时发送		
00110	V	无效，RXDV期间为RXER			无效		
11001	V	无效，RXDV期间为RXER			无效		
00000	V	无效，RXDV期间为RXER			无效		
00001	V	无效，RXDV期间为RXER			无效		
00010	V	无效，RXDV期间为RXER			无效		
00011	V	无效，RXDV期间为RXER			无效		

# LAN8720A/LAN8720AI

表3-1: 4B/5B代码表（续）

代码组	符号	接收器说明	发送器说明
00101	V	无效, RXDV期间为RXER	无效
01000	V	无效, RXDV期间为RXER	无效
01100	V	无效, RXDV期间为RXER	无效
10000	V	无效, RXDV期间为RXER	无效

## 3.1.1.3 加扰

重复的数据模式（特别是空闲代码组）会导致功率谱密度中存在很大的窄带峰值。对数据加扰有助于消除这些峰值并在整个通道带宽上更均匀地分布信号功率。FCC法规要求采用这种统一的谱密度以避免物理接线产生过多的EMI。

加扰器的种子由收发器地址（PHYAD）产生，确保多收发器应用（例如中继器或交换机）中的每个收发器都有自己的加扰器序列。

加扰器还会对数据执行并行输入串行输出（Parallel In Serial Out, PISO）转换。

## 3.1.1.4 NRZI和MLT-3编码

加扰器模块将5位宽的并行数据传递到NRZI转换器，数据将在该转换器中变为串行125 MHz NRZI数据流。然后将NRZI编码为MLT-3。MLT-3是一种三电平代码，其中代码位1表示逻辑电平发生变化，代码位0表示没有变化。

## 3.1.1.5 100M发送驱动器

MLT3数据随后会传递到模拟发送器，该发送器将输出引脚TXP和TXN上的差分MLT-3信号驱动到1:1比例隔离变压器两端的双绞线介质中。10BASE-T和100BASE-TX信号通过同一个变压器传递，因此可以对两个信号共用一个“磁件”。发送器驱动到CAT-5线缆的100Ω阻抗中。线缆端接和阻抗匹配需要外部元件。

## 3.1.1.6 100M锁相环（Phase Lock Loop, PLL）

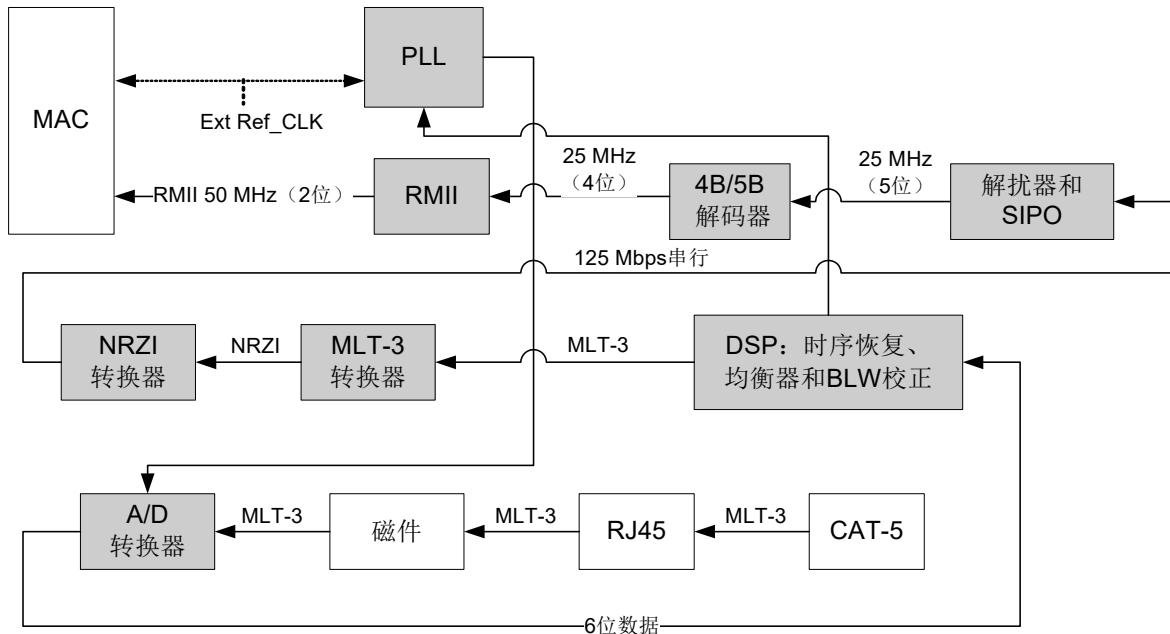
100M PLL 锁定到参考时钟并生成用于驱动125 MHz逻辑和100BASE-TX发送器的125 MHz时钟。



## 3.1.2 100BASE-TX接收

图3-2给出了100BASE-TX接收数据路径。其中的主要模块将在后续几个小节中逐一介绍。

图3-2: 100BASE-TX接收数据路径



### 3.1.2.1 100M接收输入

来自线缆的MLT-3数据通过1:1比例变压器馈入收发器（在输入RXP和RXN上）。ADC以每秒125M个采样的速率对传入的差分信号进行采样。利用64级量化器，生成6个数字位以代表每个采样。DSP根据观测到的信号电平调整ADC的增益，以便可以使用ADC的整个动态范围。

### 3.1.2.2 均衡器、基线漂移校正和时钟/数据恢复

将ADC的6位馈入DSP模块。DSP部分中的均衡器用于补偿由磁件、连接器和CAT-5线缆组成的物理通道引起的相位和幅值失真。均衡器可以为长度在1m到150m之间的高品质CAT-5线缆恢复信号。

如果信号的直流成分使低频分量降至隔离变压器的低频极点以下，则变压器的下垂特性会明显增强，并将在接收的信号上产生基线漂移（Baseline Wander, BLW）。为避免接收的数据损坏，收发器会针对BLW进行校正并可接收ANSI X3.263-1995 FDDI TP-PMD定义的无位错误的“杀手包”（killer packet）。

100M PLL生成125 MHz时钟的多个相位。由DSP定时单元控制的多路开关会选择最佳相位以对数据进行采样。此时钟被用作接收的恢复时钟。此时钟用于从接收的信号中提取串行数据。

### 3.1.2.3 NRZI和MLT-3解码

DSP生成馈入MLT-3转换器的MLT-3恢复电平。MLT-3随后会转换为NRZI数据流。

### 3.1.2.4 解扰

解扰器执行与发送器中的加扰器相反的功能，还会对数据执行串行输入并行输出（Serial In Parallel Out, SIPO）转换。

在接收空闲（//）符号期间，解扰器将其解扰密钥与传入的流同步。同步完成后，解扰器会锁定此密钥，并且能够解扰传入的数据。

# LAN8720A/LAN8720AI

解扰器中的特殊逻辑通过在4000字节（40 μs）的窗口中搜索空闲符号来确保与远程收发器同步。该窗口确保可以无干扰地接收符合IEEE 802.3标准、大小不超过1514字节的数据包。如果在该时间段内未检测到空闲符号，则接收操作将中止，解扰器将重启同步过程。

## 3.1.2.5 对齐

之后，通过在数据包的起始部分识别/J/K/流起始分隔符（Start-of-Stream Delimiter, SSD）对，将解扰后的信号对齐到5位代码组。确定码字对齐后，将存储和使用该码字，直到下一帧开始。

## 3.1.2.6 5B/4B解码

根据4B/5B表将5位代码组转换为4位数据半字节。转换后的数据出现在RXD[1:0]信号线上。SSD（J/K/）转换为“0101 0101”，作为MAC前导码的前2个半字节。接收到SSD后，收发器会将接收数据有效信号置为有效，指示在RXD总线上存在有效数据。连续的有效代码组将转换为数据半字节。在收到由T/R/符号组成的流结束分隔符（End of Stream Delimiter, ESD）或至少两个I/I符号后，收发器会将载波侦听和接收数据有效信号置为无效。

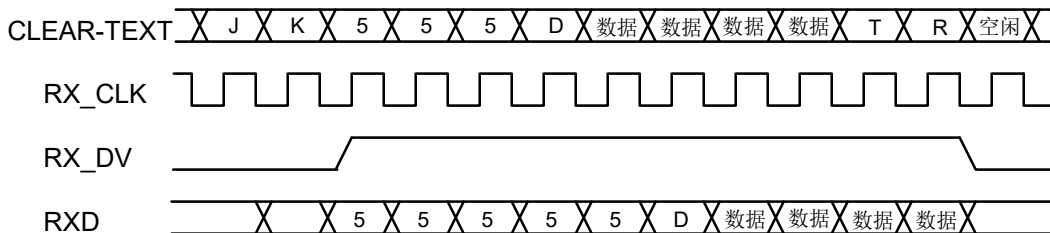
**注：** 这些符号不会转换为数据。

## 3.1.2.7 接收数据有效信号

接收数据有效信号（RXDV）指示与RXCLK同步的RXD[1:0]输出上出现已恢复和解码的半字节。RXDV在识别到J/K/分隔符后变为有效，RXD与半字节边界对齐。RXDV保持有效，直到识别T/R/分隔符、链路测试指示失败或SIGDET变为假。

准备通过介质无关接口（MII模式）传输转换后的J/K/的第一个半字节时，RXDV将置为有效。

**图3-3: 接收的数据与特定MII信号之间的关系**



## 3.1.2.8 接收器错误

在帧传输期间，意外的代码组会被视为接收错误。预期的代码组是数据集（0到F）和T/R/（ESD）符号对。发生接收错误时，RXER信号置为有效并将任意数据驱动到RXD[1:0]线上。如果正在解码J/K/分隔符期间检测到错误（不良SSD错误），则RXER将置为真并将值1110驱动到RXD[1:0]线上。请注意，不良SSD错误出现时，有效数据信号尚未置为有效。

## 3.1.2.9 通过RMII接口传输的100M接收数据

将2位数据半字节发送到RMII模块。这些数据半字节以50 MHz的速率随时钟输入控制器。控制器在XTAL1/CLKIN（REF\_CLK）的上升沿对数据进行采样。为确保满足建立和保持要求，半字节在XTAL1/CLKIN（REF\_CLK）的下降沿随时钟移出收发器。

## 3.1.3 10BASE-T发送

要发送的数据来自MAC层控制器。10BASE-T发送器以2.5 MHz的速率从MII接收4位半字节，并将其转换为10 Mbps串行数据流。随后对数据流进行曼彻斯特编码并将其发送到模拟发送器，该发送器通过外部磁件将信号驱动到双绞线上。

10M发送器使用以下模块：

- MII（数字）
- TX 10M（数字）
- 10M发送器（模拟）
- 10M PLL（模拟）

### 3.1.3.1 通过RMII接口传输的10M发送数据

MAC控制器将发送数据驱动到TXD总线上。TXD[1:0]应相对于REF\_CLK同步转换。当TXEN置为有效时，器件将接受TXD[1:0]以进行发送。当TXEN置为无效时，TXD[1:0]应为00以指示空闲，其他值均保留用于带外信号（待定义），器件应予以忽略。当TXEN置为有效时，TXD[1:0]应在每个REF\_CLK周期提供有效数据。

为了兼容传统的10BASE-T MAC/控制器，在半双工模式下，收发器会在接收路径上环回发送的数据。这并不会对MAC/控制器造成混淆，因为在此期间COL信号未置为有效。收发器还支持SQE（心跳）信号。

### 3.1.3.2 曼彻斯特编码

将4位宽的数据发送到10M TX模块。半字节将转换为10 Mbps串行NRZI数据流。10M PLL锁定到外部时钟或内部振荡器并生成20 MHz时钟。这用于对NRZ数据流进行曼彻斯特编码。在没有发送任何数据（TXEN为低电平）时，10M TX模块输出正常链路脉冲（Normal Link Pulse, NLP）以与远程链路伙伴之间保持通信。

### 3.1.3.3 10M发送驱动器

将曼彻斯特编码数据发送到模拟发送器，在此进行整形和滤波，之后作为差分信号在TXP和TXN输出端驱动输出。

### 3.1.4 10BASE-T接收

10BASE-T接收器通过磁件从线缆获取曼彻斯特编码模拟信号。该接收器会从信号中恢复接收时钟，并使用该时钟来恢复NRZI数据流。该10M串行数据将转换为4位数据半字节，随后以2.5 MHz的速率通过MII传递到控制器。

该10M接收器使用以下模块：

- 滤波器和SQUELCH（模拟）
- 10M PLL（模拟）
- RX 10M（数字）
- MII（数字）

#### 3.1.4.1 10M接收输入和静噪

来自线缆的曼彻斯特信号通过1:1比例磁件馈入收发器（在输入RXP和RXN上）。该信号首先经过滤波以减少带外噪声。随后通过SQUELCH电路传递。SQUELCH是一组幅值和时序比较器，通常会抑制300 mV以下的差分电压，并检测和识别585 mV以上的差分电压。

#### 3.1.4.2 曼彻斯特解码

SQUELCH的输出进入10M RX模块，并在此验证是否为曼彻斯特编码数据。此外，还将检查信号的极性。如果极性相反（即，本地RXP与远程伙伴的RXN相连，或者本地RXN与远程伙伴的RXP相连），则会识别到并予以纠正。极性相反的情况由特殊控制/状态指示寄存器的XPOL位指示。10M PLL锁定到接收的曼彻斯特信号，由此生成20 MHz时钟。该时钟用于提取曼彻斯特编码数据并转换为10 MHz NRZI数据流。随后将其从串行数据转换为4位宽的并行数据。

10M RX模块还将检测有效的10Base-T空闲信号（正常链路脉冲（NLP））以保持链路。

#### 3.1.4.3 通过RMII接口传输的10M接收数据

将2位数据半字节发送到RMII模块。这些数据半字节在RMII REF\_CLK的上升沿有效。

# LAN8720A/LAN8720AI

---

## 3.1.4.4 Jabber检测

Jabber是一种状态，在该状态下站执行发送操作的时间长于允许的最大数据包长度（通常因故障状态所致），这将导致在一段较长的时间内保持TXEN输入。器件将使用特殊逻辑来检测Jabber状态并在45 ms内中止向线路的发送。TXEN置为无效后，该逻辑将复位Jabber状态。

如第43页的第4.2.2节“基本状态寄存器”所示，Jabber检测位表示检测到Jabber状态。

## 3.2 自动协商

自动协商功能的用途是根据其链路伙伴的能力将收发器自动配置为最优链路参数。自动协商是一种在两个链路伙伴之间交换配置信息和自动选择双方支持的最高性能工作模式的机制。自动协商在IEEE 802.3规范的第28条中有完整定义。

自动协商完成后，有关已解析链路的信息将通过串行管理接口（SMI）传递回控制器。协商过程的结果反映在PHY特殊控制/状态寄存器的速度指示位和自动协商链路伙伴功能寄存器中。自动协商协议纯粹是物理层活动，其执行与MAC控制器无关。

收发器通告的能力存储在自动协商通告寄存器中。收发器通告的默认能力取决于用户定义的片上信号选项。

自动协商会话期间将激活以下模块：

- 自动协商（数字）
- 100M ADC（模拟）
- 100M PLL（模拟）
- 100M均衡器/BLW/时钟恢复（DSP）
- 10M SQUELCH（模拟）
- 10M PLL（模拟）
- 10M发送器（模拟）

使能时，发生以下任何事件均会启动自动协商：

- 硬件复位
- 软件复位
- 掉电复位
- 链路状态中断
- 基本控制寄存器的重新启动自动协商位置1

检测到其中一个事件时，收发器通过发送快速链路脉冲（Fast Link Pulse, FLP）突发启动自动协商，链路脉冲突发来自10M发送器。这些脉冲被整形为正常链路脉冲，并且可以无损地传递至CAT-3或CAT-5线缆。一个快速链路脉冲突发包含最多33个脉冲。始终存在的17个奇数脉冲构成FLP突发。可能存在或缺失的16个偶数脉冲包含正在发送的数据字。存在数据脉冲表示1，缺失表示0。

FLP突发发送的数据称为“链路代码字”。它们在IEEE 802.3第28条中有完整定义。总的来说，收发器在其选择器位域（链路代码字的前5位）中通告802.3的合规性。它根据自动协商通告寄存器中设置的位通告其技术能力。

存在4种可能的技术能力匹配。按优先级依次为：

- 100M全双工（最高优先级）
- 100M半双工
- 10M全双工
- 10M半双工（最低优先级）

如果通告收发器具有完全能力（100M，全双工）且链路伙伴支持10M和100M，则自动协商将选择100M作为最高性能模式。如果链路伙伴支持半双工和全双工模式，则自动协商将选择全双工作为最高性能模式。

确定能力匹配后，将重复发送链路代码字（应答位置1）。此时，链路代码字的主要内容中如果存在任何差异，都将导致自动协商重启。如果未接收到所需的全部FLP突发，则自动协商也将重启。

收发器在自动协商期间通告的能力最初取决于复位完成后锁存在MODE[2:0]配置脚上的逻辑电平。这些配置脚也可用于禁止在上电时自动协商。更多信息，请参见第27页的第3.7.2节“MODE[2:0]：模式配置”。

通过写入自动协商通告寄存器的bit[8:5]，就可以使用软件来控制收发器通告的能力。写入自动协商通告寄存器不会自动重启自动协商。通告新能力之前，必须将基本控制寄存器的重新启动自动协商位置1。也可以通过软件将基本控制寄存器的自动协商使能位清零来禁止自动协商。

**注：** 该器件不支持“下一页”功能。

### 3.2.1 并行检测

如果与LAN8720A/LAN8720Ai相连的器件不能自动协商（例如，未检测到FLP），则可以根据100M MLT-3符号或10M正常链路脉冲确定链路速度。这种情况下，将根据IEEE标准假定链路为半双工。这种能力称为“并行检测”。该特性可确保与传统链路伙伴的互操作性。如果通过并行检测构成链路，则将自动协商扩展寄存器的链路伙伴自动协商功能位清零以指示链路伙伴不能自动协商。控制器可以通过管理接口访问该信息。如果并行检测期间发生故障，则链路伙伴自动协商功能的并行检测故障位置1。

自动协商链路伙伴功能寄存器用于存储链路伙伴能力信息，该信息编码在接收的FLP中。如果链路伙伴不能自动协商，则在完成并行检测后更新自动协商链路伙伴功能寄存器以反映链路伙伴的速度能力。

### 3.2.2 重启自动协商

可以随时通过将基本控制寄存器的重新启动自动协商位置1来重启自动协商。一旦链路断，自动协商就会重启。链路断开是由于信号损耗所致。发生这种情况的原因可能是由于线缆断开或链路伙伴发送的信号中断。将会重新开始自动协商以确定新的链路配置。

如果管理实体通过将基本控制寄存器的重新启动自动协商位置1重启自动协商，则LAN8720A/LAN8720Ai将停止所有发送/接收操作，以此作为响应。在自动协商状态机中完成break\_link\_timer（约1200 ms）后，自动协商将重启。这种情况下，链路伙伴会由于缺少接收信号而断开链路，因此也会重新开始自动协商。

### 3.2.3 禁止自动协商

可以通过将基本控制寄存器的自动协商使能位清零来禁止自动协商。之后，器件将强制其运行速度以反映基本控制寄存器（速度选择位和双工模式位）中的信息。使能自动协商时，这些位应被忽略。

### 3.2.4 半双工与全双工

半双工运行依赖于载波侦听多路访问/冲突检测（Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect, CSMA/CD）协议来处理网络通信和冲突。在该模式下，载波侦听信号CRS响应发送和接收活动。如果在收发器发送数据期间接收数据，则会发生冲突。

在全双工模式下，收发器能够同时发送和接收数据。在该模式下，CRS仅响应接收活动。CSMA/CD协议不适用，并且会禁止冲突检测。

## 3.3 支持HP自动MDIX

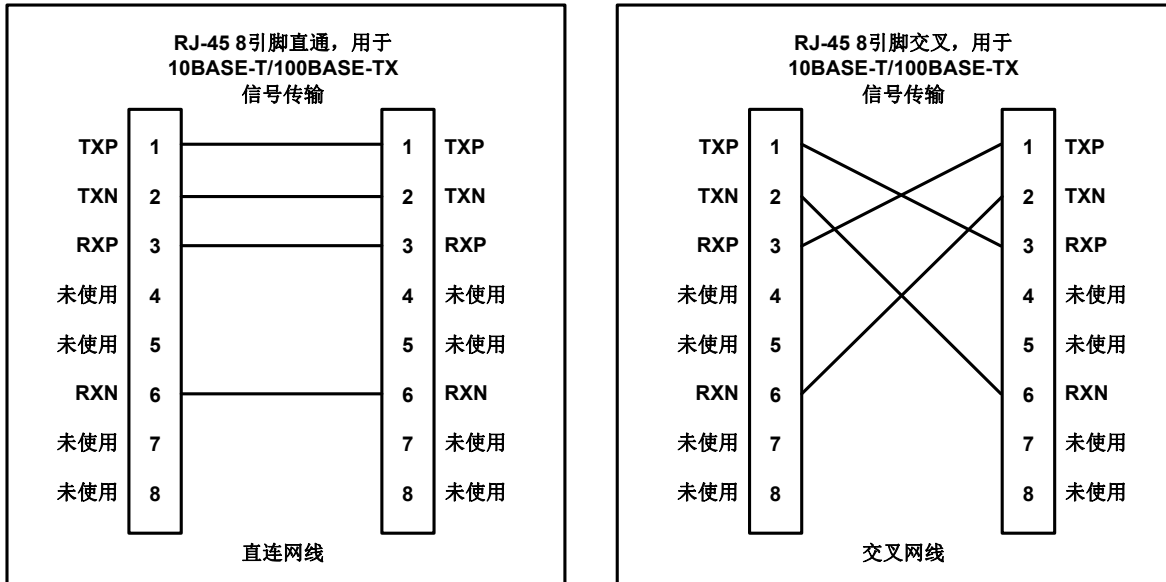
借助HP自动MDIX，可以方便地使用CAT-3（10BASE-T）或CAT-5（100BASE-T）介质UTP互连线缆，无需考虑接口接线方案。如果用户插入直连或交叉网线（如图3-4所示），则器件的自动MDIX收发器能够配置TXP/TXN和RXP/RXN引脚以确保正常运行。

# LAN8720A/LAN8720AI

器件的内部逻辑会检测连接器件的TX和RX引脚。由于RX和TX线对可以互换，因此需要遵守特殊的PCB设计注意事项以适应自动MDIX设计的对称磁件和端接。

自动MDIX功能可通过[特殊控制/状态指示寄存器](#)的AMDIXCTRL位禁止。

图3-4: 直连网线和交叉网线



## 3.4 MAC 接口

### 3.4.1 RMII

该器件支持在以太网收发器和开关ASIC之间使用的低引脚数精简介质无关接口（Reduced Media Independent Interface, RMII）。根据IEEE 802.3定义，MII由16个数据和控制引脚组成。在集成了多个MAC或收发器接口（例如开关）的器件中，引脚数会随着端口数的增加而增加，进而导致成本大幅增加。RMII减少了该引脚数，同时保留了与MII相同的管理接口（MDIO/MDC）。

RMII接口具有以下特性：

- 能够支持 10 Mbps 和 100 Mbps 数据速率
- 发送和接收使用同一个时钟参考
- 提供独立的2位（双位）宽发送和接收数据路径
- 使用LVCMOS信号电平，与常见的数字CMOS ASIC工艺兼容

RMII包括以下接口信号（1个可选）：

- 发送数据——TXD[1:0]
- 发送选通——TXEN
- 接收数据——RXD[1:0]
- 接收错误——RXER（可选）
- 载波侦听——CRS\_DV
- 参考时钟——（RMII参考通常将该信号定义为REF\_CLK）



## 3.4.1.1 CRS\_DV——载波侦听/接收数据有效

当接收介质处于非空闲状态时，器件会将CRS\_DV置为有效。根据工作模式相关标准，在检测到载波时，CRS\_DV将以异步方式置为有效。当在10BASE-T模式下通过静噪时，或者在100BASE-X模式下检测到10位中有2个不连续的零时，将认为检测到载波。

载波丢失会导致与RXD[1:0]上显示半字节第一个双位的REF\_CLK周期同步的CRS\_DV置为无效（例如，CRS\_DV仅在半字节边界置为无效）。首次将CRS\_DV置为无效后，如果器件还有其他位要显示在RXD[1:0]上，则器件应在显示每个半字节的第二个双位的REF\_CLK周期将CRS\_DV置为有效，并在显示半字节的第一个双位的REF\_CLK周期将CRS\_DV置为无效。其结果是，从半字节边界开始，当CRS在RXDV之前结束（例如，当载波事件结束时FIFO仍有要发送的位）时，CRS\_DV以25 MHz（100 Mbps模式下）或2.5 MHz（10 Mbps模式下）的频率翻转。因此，MAC能够精确地恢复RXDV和CRS。

在假载波事件期间，CRS\_DV应在载波活动过程中保持有效。在CRS\_DV置为有效后，RXD[1:0]上的数据即视为有效。不过，由于CRS\_DV相对于REF\_CLK以异步方式置为有效，所以在正确解码接收信号之前，RXD[1:0]上的数据应一直为00。

## 3.4.1.2 参考时钟（REF\_CLK）

RMII REF\_CLK是一个连续的时钟，用于为CRS\_DV、RXD[1:0]、TXEN、TXD[1:0]和RXER提供时序参考。器件将REF\_CLK用作网络时钟，因此在发送数据路径上无需缓冲。但是，在接收数据路径上，接收器会从传入的数据流中恢复时钟，而器件会通过弹性缓冲来适应恢复的时钟与本地REF\_CLK之间的差异。

## 3.5 串行管理接口（SMI）

串行管理接口用于控制器件和获取器件状态。该接口支持802.3标准第22条要求的寄存器0到6，以及该规范允许的“供应商特定”寄存器16到31。不支持的寄存器（例如7到15）将读为十六进制数“FFFF”。有关器件寄存器的详细信息，请参见第41页的第4.0节“寄存器说明”。

在系统层面上，SMI提供2个信号：MDIO和MDC。MDC信号是站管理控制器（Station Management Controller，SMC）提供的非周期性时钟。MDIO是双向数据SMI输入/输出信号，它从控制器SMC接收串行数据（命令），并向SMC发送串行数据（状态）。MDC各边沿之间的最短时间为160 ns，没有最长时间。最短周期时间（两个连续上升沿或两个连续下降沿之间的时间）为400 ns。遵守这些适度的时序要求能够使单片机的I/O端口轻松驱动该接口。

MDIO线路上的数据在MDC的上升沿锁存。数据的帧结构和时序如图3-5和图3-6所示。第62页的第5.5.5节“SMI时序”将对MDIO信号的时序关系进行进一步说明。

图3-5： MDIO时序和帧结构——读周期

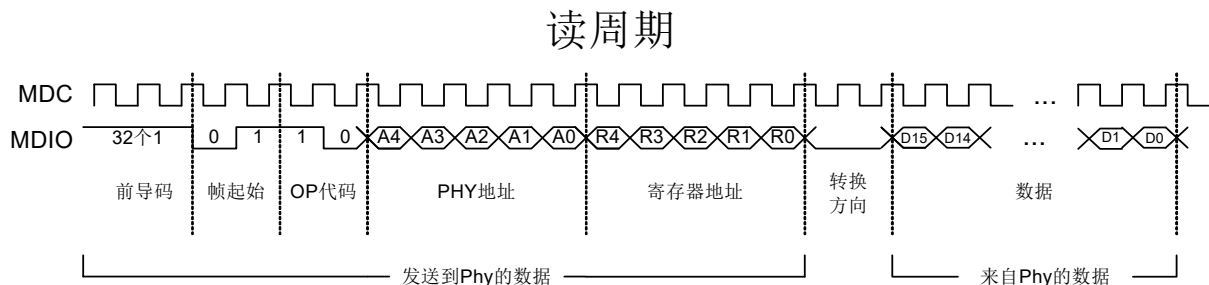
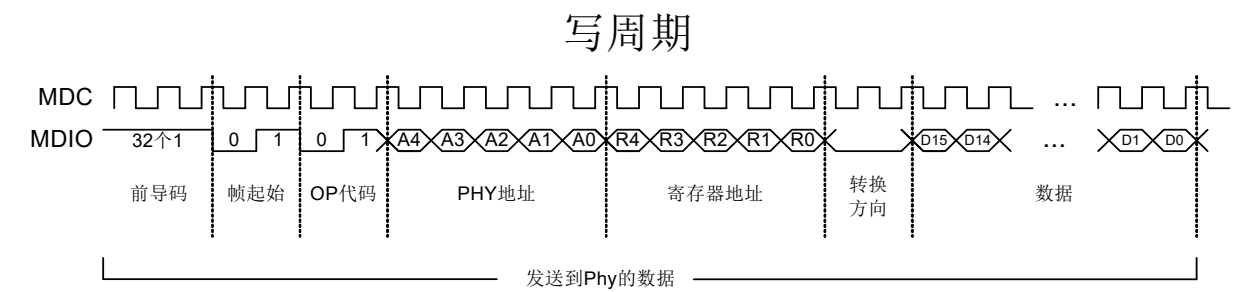


图3-6: MDIO时序和帧结构——写周期



3.6 中断管理

器件管理接口支持IEEE 802.3规范之外的中断功能。只要检测到通过[中断屏蔽寄存器](#)设置的特定事件，该中断功能就会在nINT输出上产生一个低电平有效的异步中断信号。

器件的中断系统提供两种模式：主要中断模式和备用中断模式。当相应的屏蔽位置1时，两个系统都会将nINT引脚置为低电平。这些模式之间的差别仅在于将nINT中断输出置为无效的方式。以下几小节对这些模式进行了详细介绍。

**注：** 上电或硬复位后的默认中断模式为主要中断模式，而备用中断模式需要设置。

3.6.1 主要中断系统

主要中断系统为默认中断模式（[模式控制/状态寄存器](#)的ALTINT位为0）。上电或硬复位后，始终选择主要中断系统。在该模式下，要设置中断，应将[中断屏蔽寄存器](#)中的相应屏蔽位置1（见[表3-2](#)）。之后，当将nINT置为有效的事件为真时，nINT输出将被置为有效。当将nINT置为无效的事件为真时，nINT将被置为无效。

表3-2: 中断管理表

屏蔽	中断源标志		中断源		将nINT置为有效的事件	将nINT置为无效的事件
30.7	29.7	ENERGYON	17.1	ENERGYON	17.1上升沿 ( <a href="#">注3-1</a> )	17.1下降沿或读寄存器29
30.6	29.6	自动协商完成	1.5	自动协商完成	1.5上升沿	1.5下降沿或读寄存器29



**表 3-2: 中断管理表**

30.5	29.5	检测到远程故障	1.4	远程故障	1.4 上升沿	1.4 下降沿、读寄存器 1 或读寄存器 29
30.4	29.4	链路断开	1.2	链路状态	1.2 下降沿	读寄存器 1 或读寄存器 29
30.3	29.3	自动协商 LP 应答	5.14	应答	5.14 上升沿	5.14 下降沿或读寄存器 29
30.2	29.2	并行检测故障	6.4	并行检测故障	6.4 上升沿	6.4 下降沿、读寄存器 6、读寄存器 29、重新自动协商或链路断开
30.1	29.1	接收到自动协商页面	6.1	接收到页面	6.1 上升沿	6.1 下降沿、读寄存器 6、读寄存器 29、重新自动协商或链路断开

**注 3-1** 如果在 ENERGYON 仍为高电平时使能了屏蔽位并已将 nINT 置为无效，则在拔下线缆时 ENERGYON 变为低电平后一秒钟左右，nINT 将置为有效并持续 256 ms。为防止意外将 nINT 置为有效，作为 ENERGYON 中断服务程序的一部分，应始终将 ENERGYON 中断屏蔽位清零。

**注:** 在信号采集过程开始时，模式控制/状态寄存器中的 ENERGYON 位默认置为 1，因此中断屏蔽寄存器中的 INT7 位在上电时也将读为 1。如果没有信号，则 ENERGYON 和 INT7 将在几毫秒内清零。

## 3.6.2 备用中断系统

备用中断系统可通过将模式控制/状态寄存器的 ALTINT 位置 1 来使能。在该模式下，要设置中断，应将屏蔽寄存器 30 中的相应位置 1（见表 3-3）。要清除中断，可以清零中断屏蔽寄存器中的相应位以将 nINT 输出置为无效，或者清除中断源并向相应的中断源标志写 1。向中断源标志写 1 将使状态机检查中断源，以此确定中断源标志是应清零还是保持为 1。如果置为无效的条件为真，则中断源标志清零，nINT 也将置为无效。如果置为无效的条件为假，则中断源标志保持置 1，nINT 也保持有效。

# LAN8720A/LAN8720AI

例如，将中断屏蔽寄存器中的INT7位置1将允许ENERGYON中断。插入线缆后，模式控制/状态寄存器中的ENERGYON位变为有效，nINT将置为低电平。要将nINT中断输出置为无效，可以通过移除线缆并向中断屏蔽寄存器中的INT7位写1来清零模式控制/状态寄存器中的ENERGYON位，或者清零INT7屏蔽位（中断屏蔽寄存器的bit 7）。

表3-3: 备用中断系统管理表

屏蔽	中断源标志		中断源		将nINT置为有效的事件	置为无效的条件	清除nINT的位
30.7	29.7	ENERGYON	17.1	ENERGYON	17.1上升沿	17.1低电平	29.7
30.6	29.6	自动协商完成	1.5	自动协商完成	1.5上升沿	1.5低电平	29.6
30.5	29.5	检测到远程故障	1.4	远程故障	1.4上升沿	1.4低电平	29.5
30.4	29.4	链路断开	1.2	链路状态	1.2下降沿	1.2高电平	29.4
30.3	29.3	自动协商LP应答	5.14	应答	5.14上升沿	5.14低电平	29.3
30.2	29.2	并行检测故障	6.4	并行检测故障	6.4上升沿	6.4低电平	29.2
30.1	29.1	接收到自动协商页面	6.1	接收到页面	6.1上升沿	6.1低电平	29.1

注： 在信号采集过程开始时，模式控制/状态寄存器中的ENERGYON位默认置为1，因此中断屏蔽寄存器中的INT7位在上电时也将读为1。如果没有信号，则ENERGYON和INT7将在几毫秒内清零。

### 3.7 配置脚

通过配置脚，可将器件的各种功能自动配置为用户定义的值。配置脚在上电复位（Power-On Reset, POR）和引脚复位（nRST）时锁存。配置脚具有内部电阻，用于防止信号在未连接时悬空。如果特定配置脚与负载相连，则应使用外部上拉或下拉电阻来增大内部电阻，以确保内部电阻在锁存前达到所需电压。也可通过添加外部电阻来改变内部电阻。

注3-2 系统设计人员必须保证配置脚引脚符合第58页的第5.5.3节“上电nRST和配置脚时序”中指定的时序要求。如果配置脚引脚锁存之前未处于正确的电压值，则器件可能会捕捉到不正确的配置脚值。

注3-3 当从外部将配置脚拉高时，应将配置脚连接到VDDIO，但REGOFF和nINTSEL除外，它们应连接到VDD2A。

#### 3.7.1 PHYAD[0]: PHY地址配置

PHYAD0位被驱动为高电平或低电平，以便为每个PHY提供惟一的地址。该地址在硬件复位结束时锁存到内部寄存器中（默认值 = 0b）。在多PHY应用（例如中继器）中，控制器可以通过惟一的地址对每个PHY进行管理。每个PHY都会检查各管理数据帧内相关位中的地址是否匹配。识别到匹配后，PHY会响应该特定帧。PHY地址还用于产生加扰器种子。在多PHY应用中，这可确保加扰器不同步，并在整个频谱上分散电磁辐射。

# LAN8720A/LAN8720AI

可以使用硬件配置将器件的SMI地址配置为值0或1。如果需要大于1的地址，则用户可以使用软件配置来配置PHY地址。可以使用**特殊模式寄存器的PHYAD**位写入PHY地址（在某一地址建立SMI通信后）。**PHYAD0**硬件配置脚与RXER引脚复用。

## 3.7.2 **MODE[2:0]**：模式配置

**MODE[2:0]**配置脚控制10/100数字模块的配置。当nRST引脚置为无效时，将根据**MODE[2:0]**配置脚载入寄存器位值。随后由寄存器位值配置10/100数字模块。通过**基本控制寄存器的软复位**位触发软复位时，10/100数字模块的配置由寄存器位值控制，而**MODE[2:0]**配置脚不起作用。

器件的模式可以使用**表3-4**中总结的硬件配置脚进行配置。用户可以通过写入SMI寄存器来配置收发器模式。

**表3-4: **MODE[2:0]**总线**

<b>MODE[2:0]</b>	模式定义	默认寄存器位值	
		寄存器0	寄存器4
		[13,12,10,8]	[8,7,6,5]
000	10Base-T 半双工。禁止自动协商。	0000	N/A
001	10Base-T 全双工。禁止自动协商。	0001	N/A
010	100Base-TX 半双工。禁止自动协商。 发送和接收期间CRS处于有效状态。	1000	N/A
011	100Base-TX 全双工。禁止自动协商。 接收期间CRS处于有效状态。	1001	N/A
100	通告 100Base-TX 半双工。使能自动协商。 发送和接收期间CRS处于有效状态。	1100	0100
101	中继器模式。使能自动协商。通告 100Base-TX 半双工。 接收期间CRS处于有效状态。	1100	0100
110	掉电模式。在该模式下，收发器将在掉电模式下唤醒。当 <b>MODE[2:0]</b> 位设置为该模式时，不能使用收发器。要退出该模式，必须将寄存器 18.7:5 中的 <b>MODE</b> 位（见第48页的第4.2.9节“特殊模式寄存器”）配置为其他值，并且必须发出软复位。	N/A	N/A
111	具备完全能力。使能自动协商。	X10X	1111

**MODE[2:0]**硬件配置引脚与其他信号复用，如**表3-5**所示。

**表3-5: 模式位的引脚名称**

模式位	引脚名称
MODE[0]	RXD0/ <b>MODE0</b>
MODE[1]	RXD1/ <b>MODE1</b>

# LAN8720A/LAN8720AI

表3-5: 模式位的引脚名称

模式位	引脚名称
MODE[2]	CRS_DV/MODE2

## 3.7.3 REGOFF: 内部+1.2V稳压器配置

通过集成flexPWR技术禁止内部+1.2V稳压器。禁止稳压器时，必须向VDDCR引脚提供一个外部+1.2V电压。禁止内部+1.2V稳压器可以降低系统总功耗，因为可以使用效率更高的外部开关稳压器（相对于内部线性稳压器）为收发器电路提供+1.2V电压。

**注：** 由于REGOFF配置脚与LED1引脚功能复用，因此还必须适当地考虑LED的极性。有关REGOFF和LED1极性关系的更多信息，请参见第32页的第3.8.1.1节“REGOFF和LED1极性选择”。

### 3.7.3.1 禁止内部+1.2V稳压器

要禁止+1.2V内部稳压器，应在REGOFF配置脚与VDD2A之间连接一个上拉配置脚电阻。上电时，在VDDIO和VDD2A均符合规范后，收发器将对REGOFF进行采样以确定是否应开启内部稳压器。如果在该引脚上采样到高于 $V_{IH}$ 的电压，则禁止内部稳压器，系统必须向VDDCR引脚提供+1.2V的电压。在将电压施加到VDDCR之前，VDDIO电压必须至少为工作电压的80%（1.8V工作电压时为1.44V，2.5V工作电压时为2.0V，3.3V工作电压时为2.64V）。如第3.7.3.2节所述，当REGOFF悬空或连接至VSS时，内部稳压器使能，系统无需向VDDCR引脚提供+1.2V的电压。

### 3.7.3.2 使能内部+1.2V稳压器

除非使用REGOFF配置脚将收发器配置为稳压器关闭模式（如第3.7.3.1节所述），否则由片上稳压器向VDDCR提供+1.2V电压。默认情况下，内部+1.2V稳压器在REGOFF悬空时使能（因内部下拉电阻所致）。上电期间，如果在REGOFF上采样到低于 $V_{IL}$ 的电压，则内部+1.2V稳压器将开启并在VDD2A引脚的供电下工作。

## 3.7.4 NINTSEL: NINT/REFCLKO配置

nNINTSEL配置脚用于选择两种可用模式之一：REF\_CLK输入模式（nINT）和REF\_CLK输出模式。配置的模式将决定nINT/REFCLKO引脚的功能。nNINTSEL配置脚在POR时以及nRST的上升沿锁存。默认情况下，nNINTSEL通过内部上拉电阻配置为nINT模式。

表3-6: NINTSEL配置

配置脚值	模式	REF_CLK说明
<b>nNINTSEL</b> = 0	REF_CLK输出模式	nINT/REFCLKO是REF_CLK的时钟源。
<b>nNINTSEL</b> = 1	REF_CLK输入模式	nINT/REFCLKO是低电平有效的中断输出。REF_CLK的时钟源来自外部，并且必须在XTAL1/CLKIN引脚上进行驱动。

RMII REF\_CLK是一个连续的时钟，用于为CRS\_DV、RXD[1:0]、TXEN、TXD[1:0]和RXER提供时序参考。器件将REF\_CLK用作网络时钟，因此在发送数据路径上无需缓冲。但是，在接收数据路径上，接收器从传入的数据流中恢复时钟。器件使用弹性缓冲来适应恢复的时钟与本地REF\_CLK之间的差异。

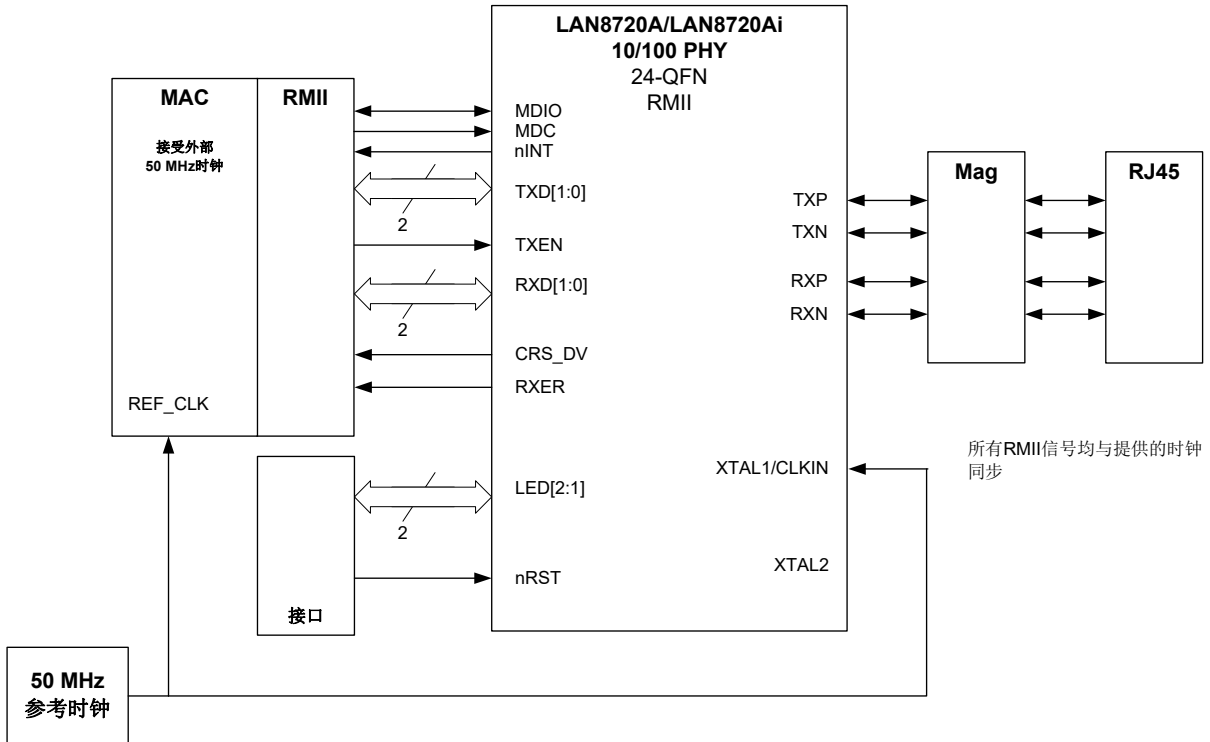
在REF\_CLK输入模式下，50 MHz REF\_CLK在XTAL1/CLKIN引脚上进行驱动。这是使用RMII时的传统系统配置，具体说明请参见第3.7.4.1节。当配置为REF\_CLK输出模式时，器件将产生50 MHz RMII REF\_CLK，并且nINT中断不可用。REF\_CLK输出模式允许将低成本25 MHz晶振用作REF\_CLK参考。该配置可以降低系统成本，具体说明请参见第3.7.4.2节。

**注：** 由于 **nINTSEL** 配置脚与 LED2 引脚功能复用，因此还必须适当地考虑 LED 的极性。有关 **nINTSEL** 和 LED2 极性关系的更多信息，请参见第 32 页的第 3.8.1.2 节“**nINTSEL** 和 LED2 极性选择”。

## 3.7.4.1 REF\_CLK 输入模式

在 REF\_CLK 输入模式下，50 MHz REF\_CLK 在 XTAL1/CLKIN 引脚上进行驱动。使用该模式时，必须在器件外部为 REF\_CLK 提供 50 MHz 时钟源。该时钟被驱动到 MAC 和 PHY，如图 3-7 所示。

图 3-7： 为 REF\_CLK 提供外部 50 MHz 时钟源



## 3.7.4.2 REF\_CLK 输出模式

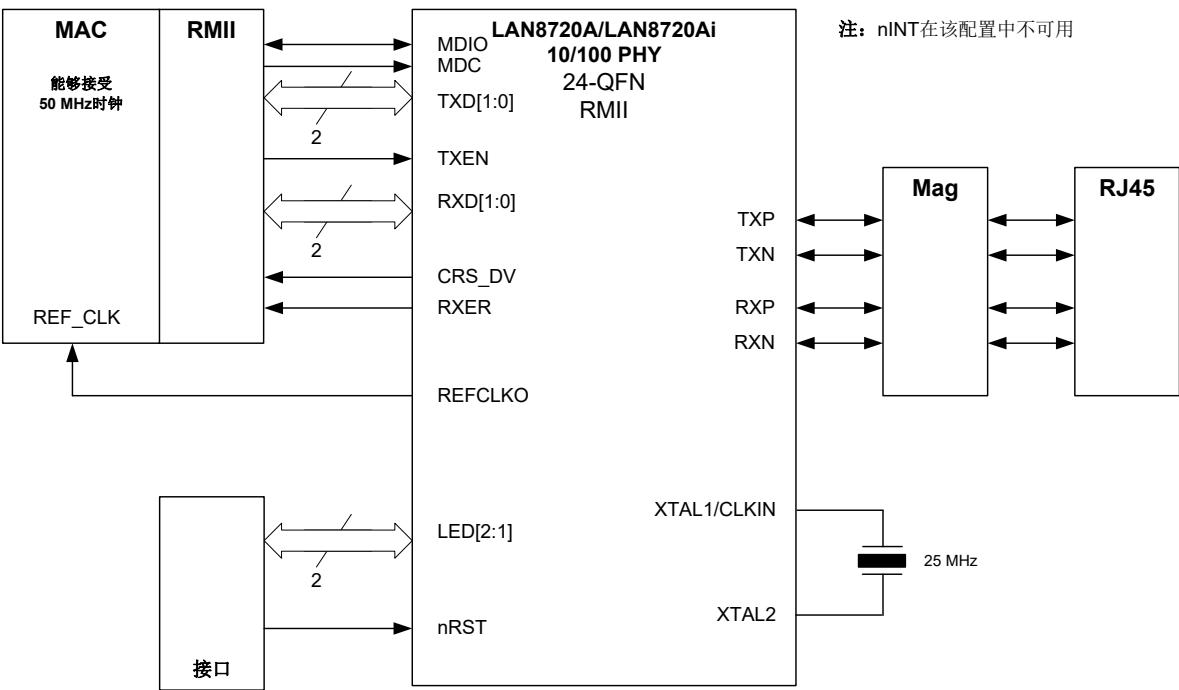
为降低 BOM 成本，该器件配备通过低成本 25 MHz 基频晶振来生成 RMII REF\_CLK 信号的功能。与通常需要 50 MHz 的 3 次谐波晶振相比，这类晶振价格更低廉。MAC 必须支持外部时钟才能使用该功能，如图 3-8 所示。

为优化封装尺寸和成本，REFCLKO 引脚与 nINT 引脚复用。在 REF\_CLK 输出模式下，会禁止 nINT 功能以适应将 REFCLKO 用作 MAC 的 50 MHz 时钟。

**注：** REF\_CLK 输出模式不属于 RMII 规范的一部分。该模式下的时序不符合 RMII 规范。为确保系统正常工作，必须对 MAC 和 LAN8720 执行时序分析。

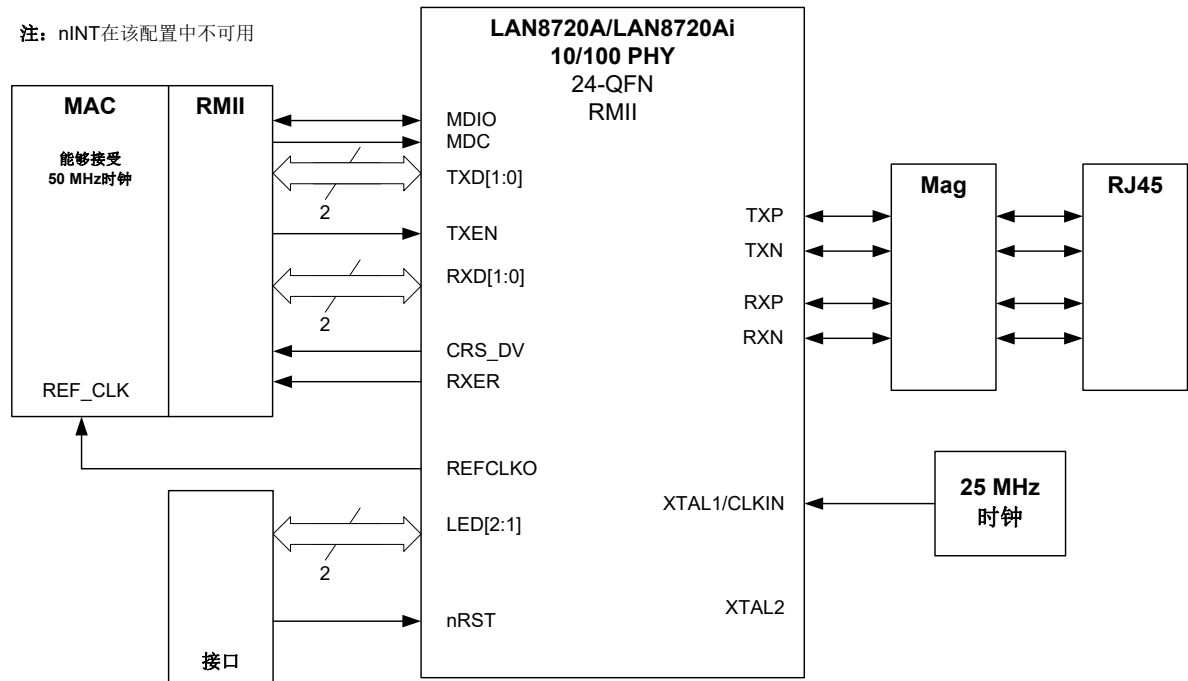
# LAN8720A/LAN8720Ai

图 3-8： 通过25 MHz 晶振生成REF\_CLK



在一些系统架构中，可以使用25 MHz时钟源。该器件可用于生成MAC的REF\_CLK，如图3-9所示。需要注意的是，在该特定示例中，只能使用25 MHz时钟（时钟不得为50 MHz）。与25 MHz晶振模式相似，nINT功能被禁止。

图3-9： 通过外部25 MHz时钟源生成REF\_CLK



## 3.8 其他功能

### 3.8.1 LED

器件提供两个LED信号，以便确定收发器的工作模式。所有LED信号均为高电平有效或低电平有效，如第3.8.1.2节“[nINTSEL和LED2极性选择](#)”和第32页的第3.8.1.1节“[REGOFF和LED1极性选择](#)”所述。

只要器件检测到有效链路，LED1输出就将驱动为有效状态，并在CRS处于有效状态（高电平）时闪烁以指示活动。

当工作速度为100 Mbps时，LED2输出将驱动为有效状态。当工作速度为10 Mbps时，或者线路隔离期间，该LED将熄灭。

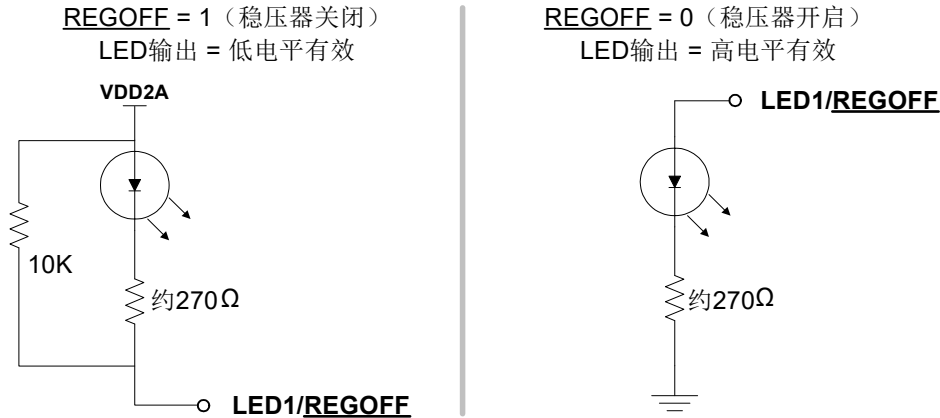
**注：** 在将LED1和LED2引脚拉高时，必须将它们连接至VDD2A，而不是VDDIO。

# LAN8720A/LAN8720AI

## 3.8.1.1 REGOFF和LED1极性选择

**REGOFF**配置脚与LED1引脚复用。LED1输出将根据是否存在外部上拉电阻来自动更改极性。如果通过外部上拉电阻将LED1引脚拉高至VDD2A，以此为**REGOFF**选择逻辑高电平，则LED1输出将为低电平有效。如果通过内部下拉电阻将LED1引脚拉低，以此为**REGOFF**选择逻辑低电平，则LED1输出将为高电平有效。图3-10详细说明了每个**REGOFF**配置的LED1极性。

图3-10: LED1/REGOFF极性配置

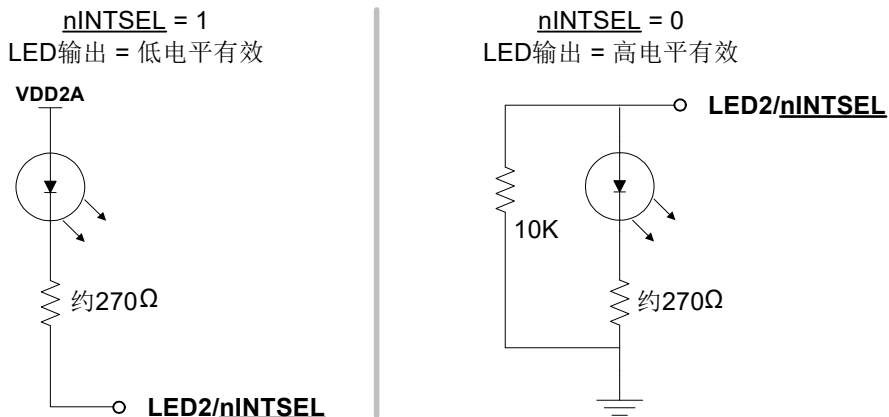


注：有关**REGOFF**配置脚的更多信息，请参见第28页的第3.7.3节“**REGOFF**：内部+1.2V稳压器配置”。

## 3.8.1.2 nINTSEL和LED2极性选择

**nINTSEL**配置脚与LED2引脚复用。LED2输出将根据是否存在外部下拉电阻来自动更改极性。如果将LED2引脚拉高至VDD2A，以此为**nINTSEL**选择逻辑高电平，则LED2输出将为低电平有效。如果通过外部下拉电阻将LED2引脚拉低，以此为**nINTSEL**选择逻辑低电平，则LED2输出将为高电平有效输出。图3-11详细说明了每个**nINTSEL**配置的LED2极性。

图3-11: LED2/nINTSEL极性配置



注：有关**nINTSEL**配置脚的更多信息，请参见第28页的第3.7.4节“**nINTSEL**：nINT/REFCLKO配置”。



## 3.8.2 可变电电压 I/O

该器件的数字 I/O 引脚具有可变电电压，使其能够利用缩减技术带来的低功耗优势。这些引脚可以在 +1.62V 至 +3.6V 的低 I/O 电压范围内工作。施加的 I/O 电压值必须保持在  $\pm 10\%$  的容差范围内。在收发器完成上电复位后，升高或降低电压都会导致收发器操作出错。更多信息，请参见第 52 页的第 5.0 节“工作特性”。

**注：** 对器件上电之前，不得将输入信号驱动为高电平。

## 3.8.3 掉电模式

器件有两种掉电模式：常规掉电模式和电能检测掉电模式。以下几小节对这两种模式进行了详细介绍。

### 3.8.3.1 常规掉电

该掉电模式通过**基本控制寄存器**的**掉电**位控制。在该模式下，只要**掉电**位为 1，整个收发器（管理接口除外）就将掉电并保持该模式。当**掉电**位清零时，收发器上电并自动复位。

### 3.8.3.2 电能检测掉电

该掉电模式通过将**模式控制/状态寄存器**的**EDPWRDOWN**位置 1 来激活。在该模式下，当线路上没有电能时，收发器将掉电（管理接口、SQUELCH 电路和 ENERGYON 逻辑除外）。ENERGYON 逻辑用于检测 100BASE-TX、10BASE-T 或自动协商信号是否存在有效电能。

在该模式下，当**模式控制/状态寄存器**的**ENERGYON**位为低电平时，收发器将掉电，并且不发送任何数据。当通过链路脉冲或数据包接收到电能时，**ENERGYON**位变为高电平，收发器上电。如果在**中断屏蔽寄存器**中允许了**ENERGYON**中断，则器件将自动复位到掉电之前的状态，并将 nINT 中断置为有效。用于激活**ENERGYON**的第一个（也可能是第二个）数据包可能会丢失。

当**模式控制/状态寄存器**的**EDPWRDOWN**位为低电平时，禁止电能检测掉电。

## 3.8.4 隔离模式

通过将**基本控制寄存器**的**隔离**位置 1，可以将器件数据路径与 RMII 接口电气隔离。在隔离模式下，收发器不响应 TXD、TXEN 和 TXER 输入，但会响应管理事务。

通过隔离，可以让多个收发器连接到同一 RMII 接口且不发生争用。默认情况下，收发器不隔离（上电时（**隔离** = 0））。

## 3.8.5 复位

器件提供两种复位形式：硬件复位和软件复位。硬件复位和软件复位均会复位器件寄存器。选择寄存器位（在寄存器定义中由“NASR”指示）不会被软件复位清零。第 3.8.3 节中介绍的掉电模式不会复位寄存器。

**注：** 退出复位后的前 16  $\mu$ s，RMII 接口将以 2.5 MHz 运行。此段时间过后，如果使能了自动协商，则将切换至 25 MHz。

### 3.8.5.1 硬件复位

通过将 nRST 输入引脚驱动为低电平，可以将硬件复位置为有效。驱动时，nRST 保持低电平的时间应达到第 58 页的第 5.5.3 节“上电 nRST 和配置脚时序”所述的最短时间，以确保收发器正确复位。硬件复位期间，**必须**向 XTAL1/CLKIN 信号提供外部时钟。

**注：** 上电后需要进行硬件复位（nRST 置为有效）。更多信息，请参见第 58 页的第 5.5.3 节“上电 nRST 和配置脚时序”。

### 3.8.5.2 软件复位

通过将**基本控制寄存器**的**软复位**位置 1，可以激活软件复位。除了在寄存器定义中由“NASR”指示的位之外，所有寄存器位均会被软件复位清零。**软复位**位自清零。根据 IEEE 802.3u 标准第 22 条（22.2.4.1.1），复位过程将在该位置 1 后的 0.5s 内完成。

# LAN8720A/LAN8720AI

## 3.8.6 载波侦听

载波侦听（CRS）从CRS\_DV引脚输出。CRS是由IEEE 802.3u标准中的MII规范定义的信号。当收发器处于中继器模式或全双工模式时，器件仅根据接收活动将CRS置为有效。其他情况下，收发器根据发送或接收活动将CRS置为有效。

载波侦听逻辑使用未加扰的编码数据来确定载波活动状态。在检测到任意10位中有2个不连续的零时，该逻辑将激活载波侦听。如果在/J/K/流起始分隔符对之前检测到10个连续的1，则载波侦听终止。如果检测到SSD对，则载波侦听置为有效，直到检测到/T/R/流结束分隔符对或一对空闲符号为止。在/T/符号或第一个空闲符号之后，载波置为无效。如果/T/后未跟随/R/，则载波保持有效。对于后跟一些非空闲符号的空闲符号，载波的处理方式与之类似。

## 3.8.7 链路完整性测试

器件按照IEEE 802.3u（第24-15条）链路监视状态图中所述执行链路完整性测试。链路状态与10 Mbps链路状态复用，以构成基本状态寄存器的链路状态位并驱动LINK LED（LED1）。

DSP使用内部的DATA\_VALID信号向链路监视状态机指示RXP和RXN信号中存在有效的MLT-3波形（根据ANSI X3.263 TP-PMD标准的定义）。当DATA\_VALID置为有效时，控制逻辑进入链路就绪状态，并等待自动协商模块的使能信号。接收到使能信号后，将进入链路接通状态，发送和接收逻辑模块变为有效。如果禁止自动协商，则链路完整性逻辑将在DATA\_VALID置为有效时立即进入链路接通状态。

为了使线路稳定下来，链路完整性逻辑将从DATA\_VALID置为有效时开始至少等待330  $\mu$ s，直到进入链路就绪状态为止。只要将DATA\_VALID输入置为无效，该逻辑就会立即使链路信号无效并进入链路断开状态。

当10/100数字模块处于10BASE-T模式时，链接状态将来自10BASE-T接收器逻辑。

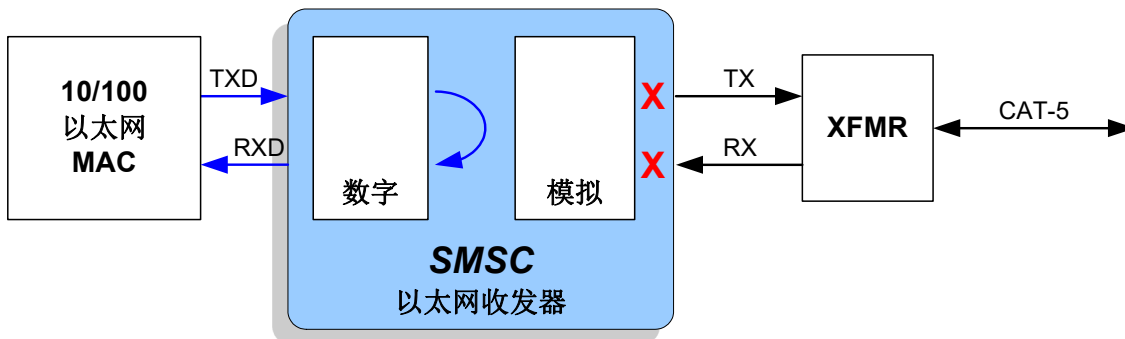
## 3.8.8 环回工作模式

器件可以配置为近端环回和远端环回。以下几小节对这两种环回模式进行了详细介绍。

### 3.8.8.1 近端环回

近端环回模式会将数字发送数据发回接收端以进行测试，如图3-12中的蓝色箭头所示。近端环回模式通过将基本控制寄存器的环回位置1来使能。在近端环回模式下，大部分数字电路都保持工作状态，因为数据在环回之前会经由PCS和PMA层传输到PMD子层。无论TXEN信号的状态如何，发送器都掉电。

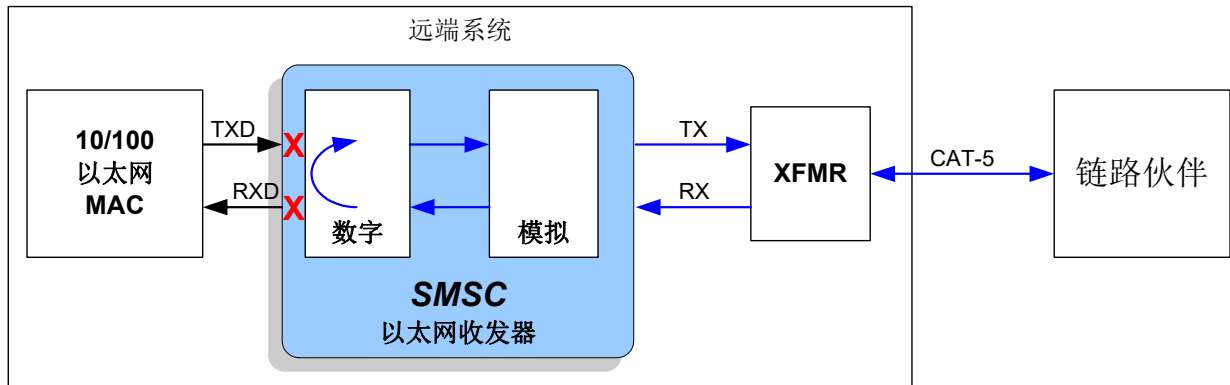
图3-12： 近端环回框图



## 3.8.8.2 远端环回

远端环回是MDI（模拟）环回的一种特殊测试模式，如图3-14中的蓝色箭头所示。远端环回模式通过将模式控制/状态寄存器的FARLOOPBACK位置1来使能。在该模式下，从MDI上的链路伙伴接收到的数据将环回到链路伙伴。本地MAC接口上的数字接口信号被隔离。

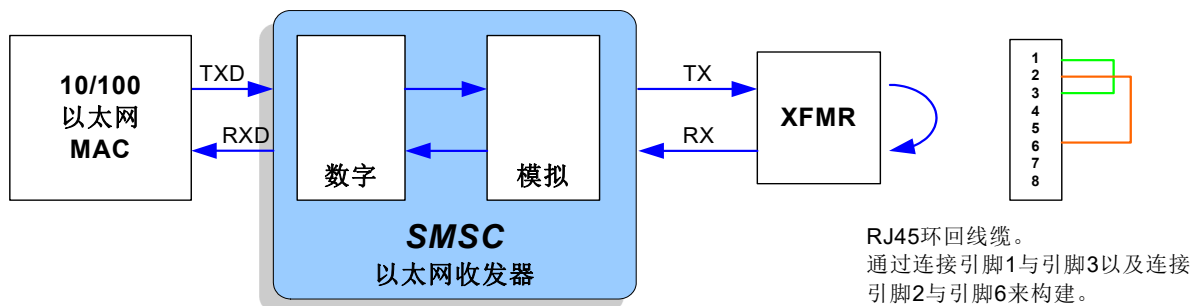
图3-13： 远端环回框图



## 3.8.8.3 连接器环回

器件在非常短的线缆上保持可靠传输，并且可在连接器环回中进行测试，如图3-14所示。RJ45环回线缆可用于将来自变压器输出的发送信号传输回接收器输入，该环回能够以10 Mbps和100 Mbps的速率工作。

图3-14： 连接器环回框图



## 3.9 应用图

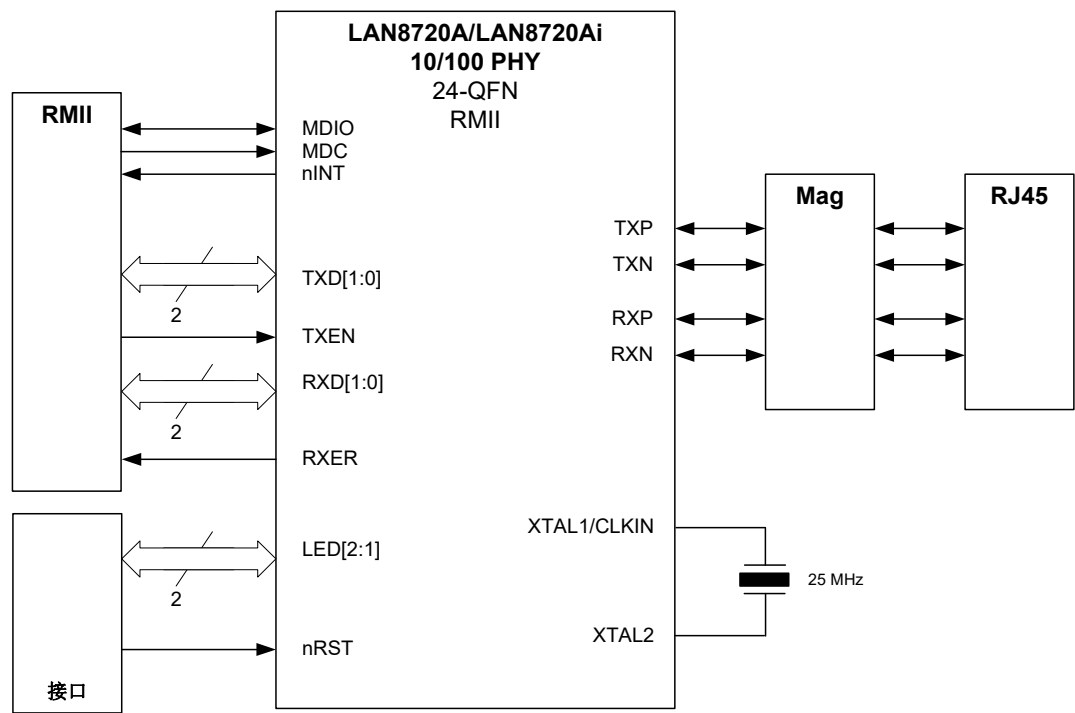
本节提供了以下方面的典型应用图：

- 简化的系统级应用图
- 电源图（由内部稳压器提供1.2V电压）
- 电源图（由外部源提供1.2V电压）
- 双绞线接口图（单电源）
- 双绞线接口图（双电源）

# LAN8720A/LAN8720Ai

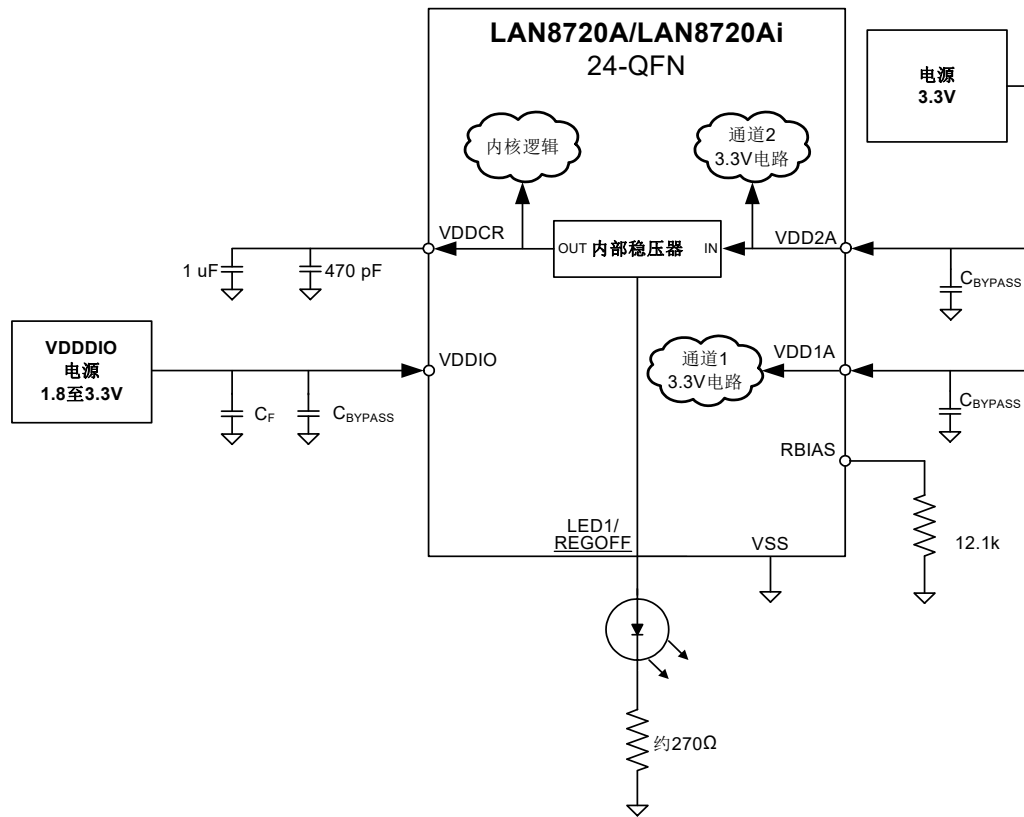
## 3.9.1 简化的系统级应用图

图3-15： 简化的系统级应用图



## 3.9.2 电源图（由内部稳压器提供1.2V电压）

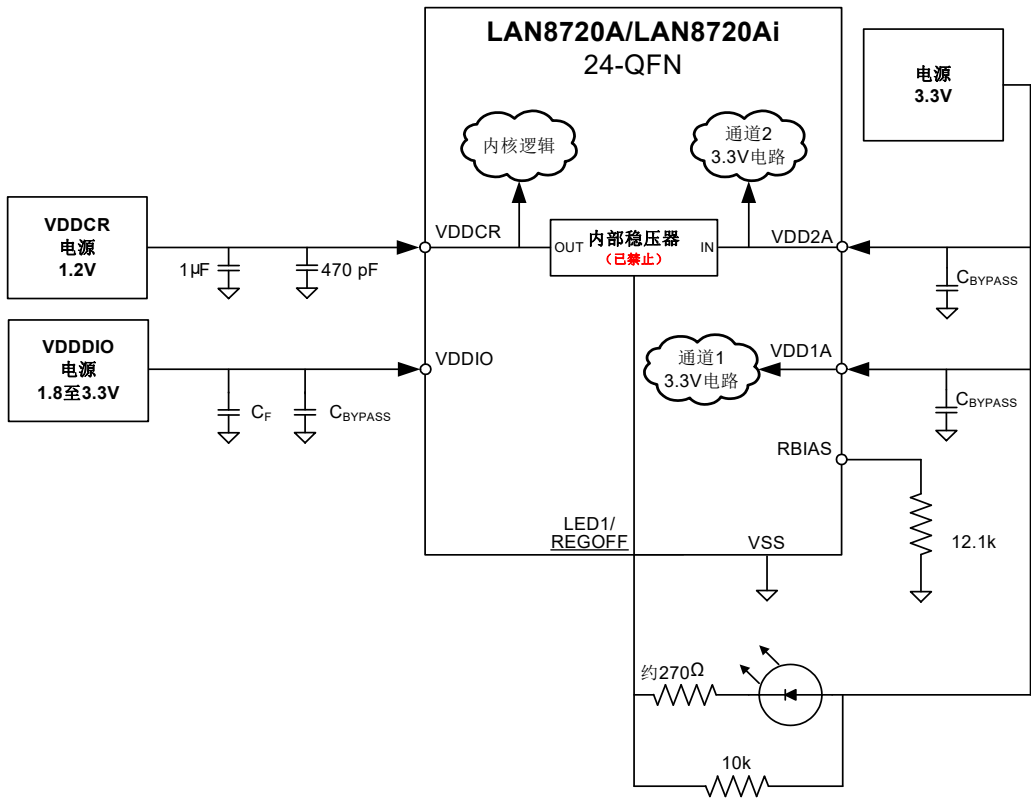
图3-16: 电源图（由内部稳压器提供1.2V电压）



# LAN8720A/LAN8720Ai

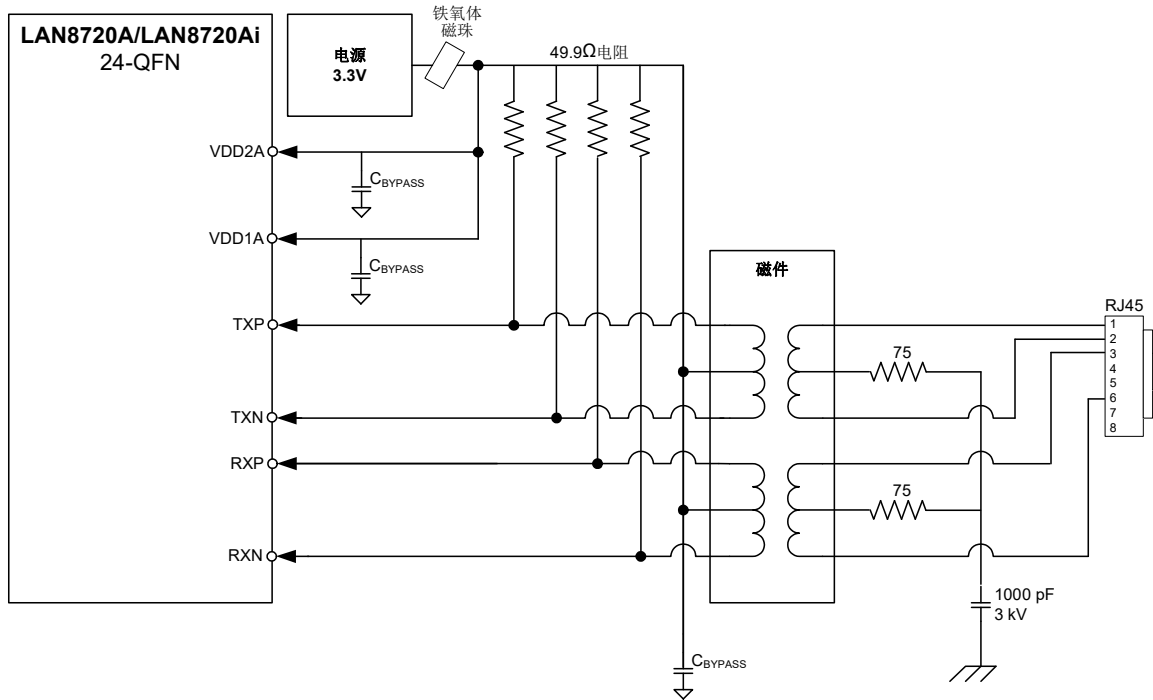
### 3.9.3 电源图（由外部源提供 1.2V 电压）

图3-17： 电源图（由外部源提供 1.2V 电压）



## 3.9.4 双绞线接口图（单电源）

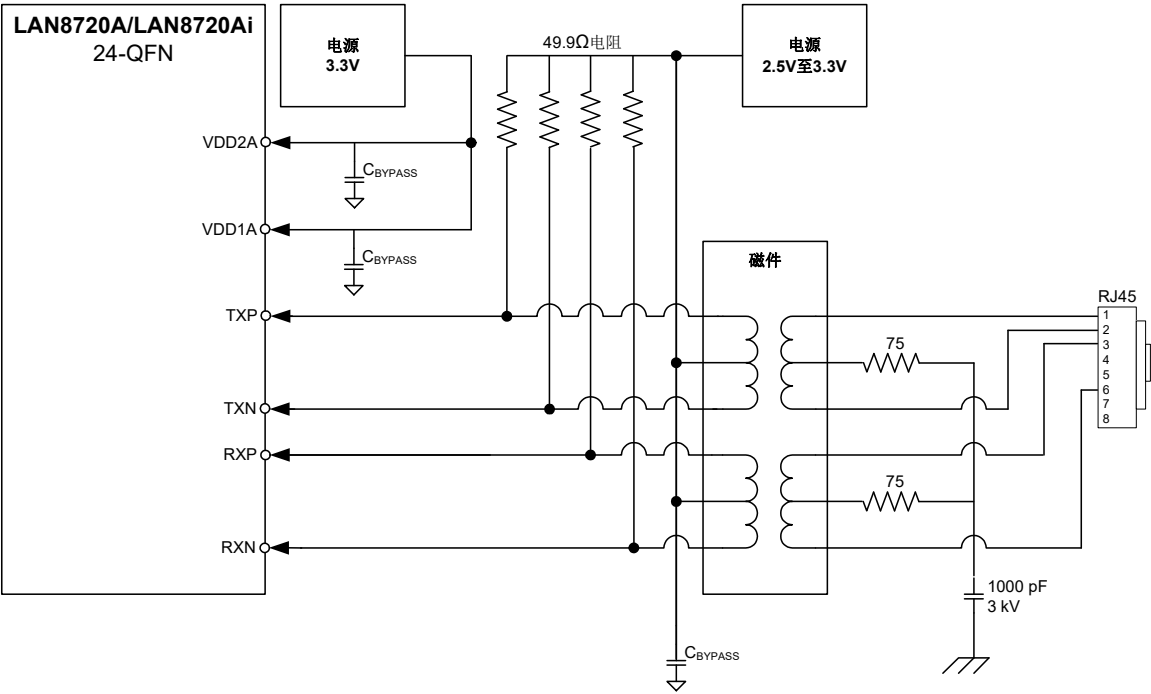
图3-18: 双绞线接口图（单电源）



# LAN8720A/LAN8720Ai

## 3.9.5 双绞线接口图（双电源）

图3-19： 双绞线接口图（双电源）





## 4.0 寄存器说明

本章介绍各种控制和状态寄存器（CSR）。所有寄存器均遵循IEEE 802.3（第22.2.4条）管理寄存器组。所有功能和位定义均符合这些标准。每个寄存器定义中均包含IEEE 802.3指定的寄存器索引（十进制），因此可通过串行管理接口（SMI）协议对这些寄存器进行寻址。

### 4.1 寄存器命名法

表4-1介绍了本文档中使用的寄存器位属性标识。

表4-1： 寄存器位类型

寄存器位类型标识	寄存器位说明
R	<b>读：</b> 可以对具有该属性的寄存器或位进行读操作。
W	<b>读：</b> 可以对具有该属性的寄存器或位进行写操作。
RO	<b>只读：</b> 只读。写操作不起作用。
WO	<b>只写：</b> 如果寄存器或位为只写，则读操作会返回未指定的数据。
WC	<b>写1以清零：</b> 写1可将值清零。写零不起作用。
WAC	<b>写任意内容以清零：</b> 写入任意内容均可将该位清零。
RC	<b>读取以清零：</b> 内容在进行读操作后清零。写操作不起作用。
LL	<b>锁存低电平：</b> 读取寄存器时清零。
LH	<b>锁存高电平：</b> 读取寄存器时清零。
SC	<b>自清零：</b> 内容在置1后自清零。写零不起作用。内容可被读取。
SS	<b>自置1：</b> 内容在清零后自置1。写1不起作用。内容可被读取。
RO/LH	<b>只读，锁存高电平：</b> 具有该属性的位在被读取前始终保持为高电平。读取该位后，如果高电平条件仍存在，则该位将保持高电平；如果高电平条件已消除，则该位将变为低电平。如果该位未被读取，则无论高电平条件是否发生变化，该位都保持高电平。一些以太网PHY寄存器使用该模式。
NASR	<b>不受软件复位影响。</b> NASR位的状态在软件复位置为有效时不发生更改。
保留	<b>保留位域：</b> 保留位域必须写入零，以确保未来的兼容性。如果读取保留位，无法保证读取到的值。

其中的许多寄存器位标识可以组合使用。以下给出了一些示例：

- **R/W：**可以写入。读取时将返回当前设置。
- **R/WAC：**读取时将返回当前设置。写入任意内容均可将该位清零。

### 4.2 控制和状态寄存器

表4-2列出了支持的寄存器。后续几小节提供了寄存器的详细信息（包括位定义）。

# LAN8720A/LAN8720AI

表 4-2: SMI 寄存器映射

寄存器索引 (十进制)	寄存器名称	组
0	基本控制寄存器	基本
1	基本状态寄存器	基本
2	PHY 标识符 1	扩展
3	PHY 标识符 2	扩展
4	自动协商通告寄存器	扩展
5	自动协商链路伙伴功能寄存器	扩展
6	自动协商扩展寄存器	扩展
17	模式控制/状态寄存器	供应商特定
18	特殊模式	供应商特定
26	符号错误计数器寄存器	供应商特定
27	控制/状态指示寄存器	供应商特定
29	中断源寄存器	供应商特定
30	中断屏蔽寄存器	供应商特定
31	PHY 特殊控制/状态寄存器	供应商特定

## 4.2.1 基本控制寄存器

索引（十进制）： 0                      大小： 16 位

Bit	说明	类型	默认值
15	<b>软复位</b> 1 = 软件复位。该位自清零。将该位置 1 时，不要设置该寄存器中的其他位。 该配置（如第 3.7.2 节“MODE[2:0]: 模式配置”所述）通过寄存器位值而非模式引脚设置。	R/W SC	0b
14	<b>环回</b> 0 = 正常工作模式 1 = 环回模式	R/W	0b
13	<b>速度选择</b> 0 = 10 Mbps 1 = 100 Mbps 使能自动协商时忽略（0.12 = 1）。	R/W	注 4-1
12	<b>自动协商使能</b> 0 = 禁止自动协商过程 1 = 使能自动协商过程（改写 0.13 和 0.8）	R/W	注 4-1

# LAN8720A/LAN8720AI

Bit	说明	类型	默认值
11	<b>掉电</b> 0 = 正常工作模式 1 = 常规掉电模式 在将掉电位置1之前，必须将自动协商使能位清零。	R/W	0b
10	<b>隔离</b> 0 = 正常工作模式 1 = PHY与RMII电气隔离	R/W	0b
9	<b>重新启动自动协商</b> 0 = 正常工作模式 1 = 重新启动自动协商过程 该位自清零。	R/W SC	0b
8	<b>双工模式</b> 0 = 半双工 1 = 全双工 使能自动协商时忽略（0.12 = 1）。	R/W	注4-1
7:0	<b>保留</b>	RO	—

**注4-1** 该位的默认值由MODE[2:0]配置脚确定。更多信息，请参见第3.7.2节“MODE[2:0]：模式配置”。

## 4.2.2 基本状态寄存器

索引（十进制）： 1                      大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15	<b>100BASE-T4</b> 0 = 不支持T4 1 = 支持T4	RO	0b
14	<b>100BASE-TX全双工</b> 0 = 不支持TX全双工 1 = 支持TX全双工	RO	1b
13	<b>100BASE-TX半双工</b> 0 = 不支持TX半双工 1 = 支持TX半双工	RO	1b
12	<b>10BASE-T全双工</b> 0 = 不支持10 Mbps全双工 1 = 支持10 Mbps全双工	RO	1b
11	<b>10BASE-T半双工</b> 0 = 不支持10 Mbps半双工 1 = 支持10 Mbps半双工	RO	1b
10	<b>100BASE-T2全双工</b> 0 = PHY不支持全双工100BASE-T2 1 = PHY支持全双工100BASE-T2	RO	0b

# LAN8720A/LAN8720AI

Bit	说明	类型	默认值
9	100BASE-T2 半双工 0 = PHY 不支持半双工 100BASE-T2 1 = PHY 支持半双工 100BASE-T2	RO	0b
8	扩展状态 0 = 寄存器 15 中没有扩展状态信息 1 = 寄存器 15 中有扩展状态信息	RO	0b
7:6	保留	RO	—
5	自动协商完成 0 = 自动协商过程未完成 1 = 自动协商过程已完成	RO	0b
4	远程故障 1 = 已检测到远程故障状态 0 = 无任何远程故障	RO/LH	0b
3	自动协商功能 0 = 不支持自动协商功能 1 = 支持自动协商功能	RO	1b
2	链路状态 0 = 链路处于断开状态 1 = 链路处于接通状态	RO/LL	0b
1	Jabber 检测 0 = 未检测到 Jabber 状态 1 = 检测到 Jabber 状态	RO/LH	0b
0	扩展功能 0 = 不支持扩展功能寄存器 1 = 支持扩展功能寄存器	RO	1b

## 4.2.3 PHY 标识符 1 寄存器

索引（十进制）： 2                      大小： 16 位

Bit	说明	类型	默认值
15:0	PHY ID 编号 分配到组织唯一标识符（OUI）的第 3 至 18 位。	R/W	0007h

## 4.2.4 PHY 标识符 2 寄存器

索引（十进制）： 3                      大小： 16 位

Bit	说明	类型	默认值
15:10	PHY ID 编号 分配到 OUI 的第 19 至 24 位。	R/W	110000b
9:4	型号 制造商的六位型号。	R/W	001111b
3:0	版本号 制造商的四位版本号。	R/W	注 4-2

**注 4-2** 该字段的默认值因芯片版本号而异。

## 4.2.5 自动协商通告寄存器

索引（十进制）： 4                      大小： 16 位

Bit	说明	类型	默认值
15:14	保留	RO	—
13	远程故障 0 = 无任何远程故障 1 = 检测到远程故障	R/W	0b
12	保留	RO	—
11:10	暂停工作 00 = 无暂停 01 = 对称暂停 10 = 面向链路伙伴的非对称暂停 11 = 通告支持面向本地设备的对称暂停和非对称暂停  注： 即使同时设置了对称暂停和非对称暂停，器件在自动协商完成后也只能配置为其中之一。	R/W	00b
9	保留	RO	—
8	100BASE-TX 全双工 0 = 不支持 TX 全双工 1 = 支持 TX 全双工	R/W	注 4-3
7	100BASE-TX 0 = 不支持 TX 1 = 支持 TX	R/W	1b
6	10BASE-T 全双工 0 = 不支持 10 Mbps 全双工 1 = 支持 10 Mbps 全双工	R/W	注 4-3
5	10BASE-T 0 = 不支持 10 Mbps 1 = 支持 10 Mbps	R/W	注 4-3

# LAN8720A/LAN8720AI

Bit	说明	类型	默认值
4:0	选择器位域 00001 = IEEE 802.3	R/W	00001b

**注 4-3** 该位的默认值由MODE[2:0]配置脚确定。更多信息，请参见第3.7.2节“MODE[2:0]：模式配置”。

## 4.2.6 自动协商链路伙伴功能寄存器

索引（十进制）： 5                      大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15	下一页 0 = 不支持下一页 1 = 支持下一页 <b>注：</b> 该器件不支持下一页功能。	RO	0b
14	应答 0 = 尚未接收到链路代码字 1 = 已从链路伙伴接收到链路代码字	RO	0b
13	远程故障 0 = 无任何远程故障 1 = 检测到远程故障	RO	0b
12:11	保留	RO	—
10	暂停工作 0 = 伙伴站点不支持暂停 1 = 伙伴站点支持暂停	RO	0b
9	100BASE-T4 0 = 不支持T4 1 = 支持T4 <b>注：</b> 该器件不支持T4功能。	RO	0b
8	100BASE-TX全双工 0 = 不支持TX全双工 1 = 支持TX全双工	RO	0b
7	100BASE-TX 0 = 不支持TX 1 = 支持TX	RO	0b
6	10BASE-T全双工 0 = 不支持10 Mbps全双工 1 = 支持10 Mbps全双工	RO	0b
5	10BASE-T 0 = 不支持10 Mbps 1 = 支持10 Mbps	RO	0b
4:0	选择器位域 00001 = IEEE 802.3	RO	00001b

## 4.2.7 自动协商扩展寄存器

索引（十进制）： 6                      大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15:5	保留	RO	—
4	<b>并行检测故障</b> 0 = 并行检测逻辑未检测到故障 1 = 并行检测逻辑已检测到故障	RO/LH	0b
3	<b>链路伙伴下一页功能</b> 0 = 链路伙伴不支持下一页功能 1 = 链路伙伴支持下一页功能	RO	0b
2	<b>下一页功能</b> 0 = 本地设备不支持下一页功能 1 = 本地设备支持下一页功能	RO	0b
1	<b>接收到页面</b> 0 = 尚未接收到新页 1 = 已接收到新页	RO/LH	0b
0	<b>链路伙伴自动协商功能</b> 0 = 链路伙伴不支持自动协商功能 1 = 链路伙伴支持自动协商功能	RO	0b

## 4.2.8 模式控制/状态寄存器

索引（十进制）： 17                      大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15:14	保留	RO	—
13	<b>EDPWRDOWN</b> 使能电能检测掉电模式： 0 = 禁止电能检测掉电 1 = 使能电能检测掉电	R/W	0b
12:10	保留	RO	—
9	<b>FARLOOPBACK</b> 使能远端环回模式（例如，同时发回所有接收的数据包（仅限100BASE-TX））。即使隔离位（0.10）置1，也可以使用该模式。  0 = 禁止远端环回模式 1 = 使能远端环回模式  更多信息，请参见第3.8.8.2节“远端环回”。	R/W	0b

# LAN8720A/LAN8720AI

Bit	说明	类型	默认值
8:7	保留	RO	—
6	<b>ALTINT</b> 备用中断模式： 0 = 使能主要中断系统（默认） 1 = 使能备用中断系统 更多信息，请参见第3.6节“中断管理”。	R/W	0b
5:2	保留	RO	—
1	<b>ENERGYON</b> 指示是否检测到电能。如果在256 ms内未检测到有效电能，则该位转换为0。该位通过硬件复位复位为1，不受软件复位的影响。更多信息，请参见第3.8.3.2节“电能检测掉电”。	RO	1b
0	保留	R/W	0b

## 4.2.9 特殊模式寄存器

索引（十进制）： 18                      大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15	保留	RO	—
14	保留 写为1，读取时忽略。	R/W NASR	1b
13:8	保留	RO	—
7:5	模式 收发器的工作模式。更多详细信息，请参见第3.7.2节“MODE[2:0]：模式配置”。	R/W NASR	注4-4
4:0	<b>PHYAD</b> PHY地址。PHY地址用于SMI地址以及初始化加密（加扰器）密钥。更多详细信息，请参见第3.7.1节“PHYAD[0]：PHY地址配置”。	R/W NASR	注4-5

**注4-4** 该位域的默认值由MODE[2:0]配置脚确定。更多信息，请参见第3.7.2节“MODE[2:0]：模式配置”。

**注4-5** 该位域的默认值由PHYAD[0]配置脚确定。更多信息，请参见第3.7.1节“PHYAD[0]：PHY地址配置”。

## 4.2.10 符号错误计数器寄存器

索引（十进制）： 26                      大小： 16位



Bit	说明	类型	默认值
15:0	<b>SYM_ERR_CNT</b> 只要在100BASE-TX模式下接收到无效的代码符号（包括空闲符号），该符号错误计数器就会递增。即使接收到的数据包中包含多个符号错误，计数器也只针对每个数据包递增一次。该计数器可向上递增到65536（ $2^{16}$ ），并在达到最大值后计满返回到0。 <b>注：</b> 该寄存器在复位时清零，而非通过读取该寄存器来清零。该寄存器在10BASE-T模式下不递增。	RO	0000h

## 4.2.11 特殊控制/状态指示寄存器

索引（十进制）： 27                      大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15	<b>AMDIXCTRL</b> HP 自动 MDIX 控制： 0 = 使能自动 MDIX 1 = 禁止自动 MDIX（使用 27.13 来控制通道）	R/W	0b
14	保留	RO	—
13	<b>CH_SELECT</b> 手动通道选择： 0 = MDI（TX 发送，RX 接收） 1 = MDIX（TX 接收，RX 发送）	R/W	0b
12	保留	RO	—
11	<b>SQEOFF</b> 禁止 SQE 测试（心跳）： 0 = 使能 SQE 测试 1 = 禁止 SQE 测试	R/W NASR	0b
10:5	保留	RO	—
4	<b>XPOL</b> 10BASE-T 的极性状态： 0 = 正常极性 1 = 相反极性	RO	0b
3:0	保留	RO	—

## 4.2.12 中断源标志寄存器

索引（十进制）： 29                      大小： 16位

# LAN8720A/LAN8720AI

Bit	说明	类型	默认值
15:8	保留	RO	—
7	<b>INT7</b> 0 = 不是中断源 1 = 产生 ENERGYON	RO/LH	0b
6	<b>INT6</b> 0 = 不是中断源 1 = 自动协商完成	RO/LH	0b
5	<b>INT5</b> 0 = 不是中断源 1 = 检测到远程故障	RO/LH	0b
4	<b>INT4</b> 0 = 不是中断源 1 = 链接断开（链路状态置为无效）	RO/LH	0b
3	<b>INT3</b> 0 = 不是中断源 1 = 自动协商LP应答	RO/LH	0b
2	<b>INT2</b> 0 = 不是中断源 1 = 并行检测故障	RO/LH	0b
1	<b>INT1</b> 0 = 不是中断源 1 = 接收到自动协商页面	RO/LH	0b
0	保留	RO	0b

## 4.2.13 中断屏蔽寄存器

索引（十进制）： 30                      大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15:8	保留	RO	—
7:1	屏蔽位 0 = 屏蔽中断源 1 = 允许中断源  <b>注：</b> 有关相应中断定义的详细信息，请参见第 4.2.12 节“中断源标志寄存器”。	R/W	0000000b
0	保留	RO	—

## 4.2.14 PHY特殊控制/状态寄存器

索引（十进制）： 31

大小： 16位

Bit	说明	类型	默认值
15:13	保留	RO	—
12	自动完成 自动协商完成指示： 0 = 自动协商未完成或已禁止（或未激活） 1 = 自动协商已完成	RO	0b
11:5	保留——写为0000010b，读取时忽略。	R/W	0000010b
4:2	速度指示 HCDSPEED值： 001 = 10BASE-T 半双工模式 101 = 10BASE-T 全双工模式 010 = 100BASE-TX 半双工模式 110 = 100BASE-TX 全双工模式	RO	XXX
1:0	保留	RO	—

# LAN8720A/LAN8720AI

## 5.0 工作特性

### 5.1 绝对最大值\*

电源电压 (VDDIO、VDD1A和VDD2A) (注5-1)	-0.5V至+3.6V
数字内核电源电压 (VDDCR) (注5-1)	-0.5V至+1.5V
以太网磁件电源电压	-0.5V至+3.6V
信号引脚相对于地的正电压 (注5-2)	+6V
信号引脚相对于地的负电压 (注5-3)	-0.5V
XTAL1/CLKIN相对于地的正电压	+3.6V
XTAL2相对于地的正电压	+2.5V
静止空气中的工作环境温度 (T <sub>A</sub> )	注5-4
储存温度	-55°C至+150°C
结至环境热阻 (θ <sub>JA</sub> )	59.8°C/W
结至外壳热阻 (θ <sub>JC</sub> )	12.6°C/W
引脚温度范围	请参见JEDEC规范J-STD-020
符合JEDEC JESD22-A114标准的HBM ESD性能	等级3A
IEC61000-4-2接触放电ESD性能 (注5-5)	+/-8 kV
IEC61000-4-2气隙放电ESD性能 (注5-5)	+/-15 kV
符合EIA/JESD 78标准的门锁性能	+/-150 mA

**注5-1** 通过实验室或系统电源为此器件供电时，务必保证不要超过绝对最大值，否则可能导致器件出现故障。接通或关断交流电源时，某些电源的输出端会出现电压尖峰。此外，交流电源线上的电压瞬变可能会出现在直流输出上。如果存在这种可能性，建议使用钳位电路。

**注5-2** 该额定值不适用于以下引脚：XTAL1/CLKIN、XTAL2和RBIAS。

**注5-3** 该额定值不适用于以下引脚：RBIAS。

**注5-4** 扩展商业级为0°C至+85°C，工业级为-40°C至+85°C。

**注5-5** 由独立的第三方测试机构执行。

\*如果器件的工作条件超过上述绝对最大值，可能对器件造成永久性损坏。上述值仅代表本规范规定的极限工作条件。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。我们无法保证器件在超过第5.2节“工作条件\*\*”、第5.1节“绝对最大值\*”或本规范任何其他适用章节中规定的最大值条件下仍可正常工作。请注意，除非另行说明，否则器件信号不耐5V电压。

### 5.2 工作条件\*\*

电源电压 (VDDIO)	+1.62V至+3.6V
模拟端口电源电压 (VDD1A和VDD2A)	+3.0V至+3.6V
数字内核电源电压 (VDDCR)	+1.08V至+1.32V
以太网磁件电源电压	+2.25V至+3.6V
静止空气中的工作环境温度 (T <sub>A</sub> )	注5-4

\*\*只有在本节规定的范围内才能保证器件正常工作。器件完成上电后，VDDIO和磁件电源电压必须维持其电压，变化范围不超过+/-10%。如果在器件上电后电压的变化范围超过+/-10%，则会导致器件工作时出错。

**注：** 请勿在器件未上电的情况下驱动输入信号。

## 5.3 功耗

本节详细给出了不同工作条件下测得的器件功耗。除非另外说明，否则所有测量均采用电源标称值（VDDIO、VDD1A和VDD2A = 3.3V，VDDCR = 1.2V）。有关掉电模式的说明，请参见第3.8.3节“掉电模式”。有关REF\_CLK模式的更多信息，请参见第3.7.4节“nINTSEL: nINT/REFCLKO配置”。

### 5.3.1 REF\_CLK输入模式

表 5-1: 器件本身的电流消耗和功耗（REF\_CLK输入模式）

电源引脚组		VDDA3.3 电源引脚 (mA)	VDDCR 电源引脚 (mA)	VDDIO 电源引脚 (mA)	总电流 (mA)	总功耗 (mW)
100BASE-TX通信	最大值	28	21	0.6	49	159
	典型值	26	19	0.5	45	148
	最小值	23	18	0.3	41	96 注 5-8
10BASE-T通信	最大值	9.7	13	0.6	24	77
	典型值	8.9	12	0.5	22	70
	最小值	8.3	12	0.3	20	42 注 5-8
电能检测掉电	最大值	4.2	3.0	0.2	7.4	25
	典型值	4.1	1.9	0.2	6.2	21
	最小值	3.9	1.9	0	5.8	16 注 5-8
常规掉电	最大值	0.4	2.8	0.2	3.4	11.2
	典型值	0.3	1.8	0.2	2.3	7.6
	最小值	0.3	1.7	0	2	3.0 注 5-8

**注 5-6** VDDCR 的电流由内部稳压器提供（电流从 VDD2A 输入）；当内部稳压器被禁止时，则由外部的 1.2V 电源提供。

**注 5-7** 电流测量不涉及施加到磁件或可选外部 LED 上的电源。以太网元件电流在 100BASE-TX 模式下的典型值为 41 mA，在 10BASE-T 模式下的典型值为 100 mA，与变压器的电源轨是 2.5V 还是 3.3V 无关。

**注 5-8** 在激活完整 flexPWR 功能的情况下计算得出：VDDIO = 1.8V 且禁止内部稳压器。

# LAN8720A/LAN8720AI

## 5.3.2 REF\_CLK输出模式

表 5-2: 器件本身的电流消耗和功耗 (REF\_CLK 输出模式)

电源引脚组		VDDA3.3 电源引脚 (mA)	VDDCR 电源引脚 (mA)	VDDIO 电源引脚 (mA)	总电流 (mA)	总功耗 (mW)
100BASE-T 通信	最大值	28	20	6.3	54	179
	典型值	26	19	5.8	50	164
	最小值	22	15	2.9	39	93 注 5-11
10BASE-T 通信	最大值	9.9	13	6.4	30	96
	典型值	8.8	12	5.6	26	85
	最小值	7.1	10	3.0	20	41 注 5-11
电能检测掉电	最大值	4.5	2.7	0.3	7.5	25
	典型值	4.0	1.5	0.2	5.7	19
	最小值	3.9	1.2	0	5.1	15 注 5-11
常规掉电	最大值	0.4	2.5	0.2	3.1	10.2
	典型值	0.4	1.3	0.2	1.9	6.3
	最小值	0.4	1.0	0	1.4	2.5 注 5-11

注 5-9 VDDCR 的电流由内部稳压器提供 (电流从 VDD2A 输入)；当内部稳压器被禁止时，则由外部的 1.2V 电源提供。

注 5-10 电流测量不涉及施加到磁件或可选外部 LED 上的电源。以太网元件电流在 100BASE-TX 模式下的典型值为 41 mA，在 10BASE-T 模式下的典型值为 100 mA，与变压器的电源轨是 2.5V 还是 3.3V 无关。

注 5-11 在激活完整 flexPWR 功能的情况下计算得出：VDDIO = 1.8V 且禁止内部稳压器。

## 5.4 直流规范

**表5-3:** 详细介绍了非可变I/O缓冲器特性。这些缓冲器类型不支持可变电压操作。**表5-4:** 详细介绍了可变电压I/O缓冲器特性。其中提供了1.8V、2.5V和3.3V VDDIO三种情况下的典型值。

**表5-3: 非可变I/O缓冲器特性**

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	注
<b>IS型输入缓冲器</b>						
低电平输入电压	$V_{ILI}$	-0.3			V	
高电平输入电压	$V_{IHI}$			3.6	V	
下降阈值	$V_{ILT}$	1.01	1.19	1.39	V	施密特触发器
上升阈值	$V_{IHT}$	1.39	1.59	1.79	V	施密特触发器
施密特触发器迟滞电压 ( $V_{IHT} - V_{ILT}$ )	$V_{HYS}$	336	399	459	mV	
输入泄漏电流 ( $V_{IN} = VSS$ 或 $VDDIO$ )	$I_{IH}$	-10		10	$\mu A$	注5-12
输入电容	$C_{IN}$			2	pF	
<b>O12型缓冲器</b>						
低电平输出电压	$V_{OL}$			0.4	V	$I_{OL} = 12\text{ mA}$
高电平输出电压	$V_{OH}$	$VDD2A - 0.4$			V	$I_{OH} = -12\text{ mA}$
<b>ICLK型缓冲器 (XTAL1输入)</b>						
低电平输入电压	$V_{ILI}$	-0.3		0.35	V	注5-13
高电平输入电压	$V_{IHI}$	0.9		3.6	V	

**注5-12** 此规范适用于所有输入引脚及三态双向引脚。内部下拉和上拉电阻可使每个引脚增加或减少 +/- 50  $\mu A$  (典型值)。

**注5-13** XTAL1/CLKIN还可由25 MHz单端时钟振荡器驱动。

# LAN8720A/LAN8720AI

**表5-4： 可变I/O缓冲器特性**

参数	符号	最小值	1.8V 典型值	2.5V 典型值	3.3V 典型值	最大值	单位	注
VIS型输入缓冲器								
低电平输入电压	$V_{ILI}$	-0.3					V	
高电平输入电压	$V_{IHI}$					3.6	V	
下降阈值	$V_{ILT}$	0.64	0.83	1.15	1.41	1.76	V	施密特触发器
上升阈值	$V_{IHT}$	0.81	0.99	1.29	1.65	1.90	V	施密特触发器
施密特触发器迟滞电压 ( $V_{IHT} - V_{ILT}$ )	$V_{HYS}$	102	158	136	138	288	mV	
输入泄漏电流 ( $V_{IN} = V_{SS}$ 或 $V_{DDIO}$ )	$I_{IH}$	-10				10	$\mu A$	注5-14
输入电容	$C_{IN}$					2	pF	
VO8型缓冲器								
低电平输出电压	$V_{OL}$					0.4	V	$I_{OL} = 8\text{ mA}$
高电平输出电压	$V_{OH}$	$V_{DDIO} - 0.4$					V	$I_{OH} = -8\text{ mA}$
VOD8型缓冲器								
低电平输出电压	$V_{OL}$					0.4	V	$I_{OL} = 8\text{ mA}$

**注5-14** 此规范适用于所有输入引脚及三态双向引脚。内部下拉和上拉电阻可使每个引脚增加或减少  $\pm 50\text{ }\mu A$ （典型值）。

**表5-5： 100BASE-TX收发器特性**

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	注
峰值差分输出电压高电平	$V_{PPH}$	950	—	1050	mVpk	注5-15
峰值差分输出电压低电平	$V_{PPL}$	-950	—	-1050	mVpk	注5-15
信号幅值对称	$V_{SS}$	98	—	102	%	注5-15
信号上升和下降时间	$T_{RF}$	3.0	—	5.0	ns	注5-15
升降对称	$T_{RFS}$	—	—	0.5	ns	注5-15
占空比失真	$D_{CD}$	35	50	65	%	注5-16
过冲和下冲	$V_{OS}$	—	—	5	%	—
抖动	—	—	—	1.4	ns	注5-17

**注5-15** 在变压器的线路侧测量，线路替换为  $100\Omega$ （ $\pm 1\%$ ）的电阻。

**注5-16** 在脉冲峰值的50%处距离16 ns脉冲宽度的偏移量。



注5-17 以差分方式测得。

表5-6: 10BASE-T收发器特性

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	注
发送器峰值差分输出电压	$V_{OUT}$	2.2	2.5	2.8	V	注5-18
接收器差分静噪阈值	$V_{DS}$	300	420	585	mV	—

注5-18 使用100Ω负载电阻测量，以保证最小/最大电压。

## 5.5 交流规范

本节详细介绍了器件的各种交流时序规范。

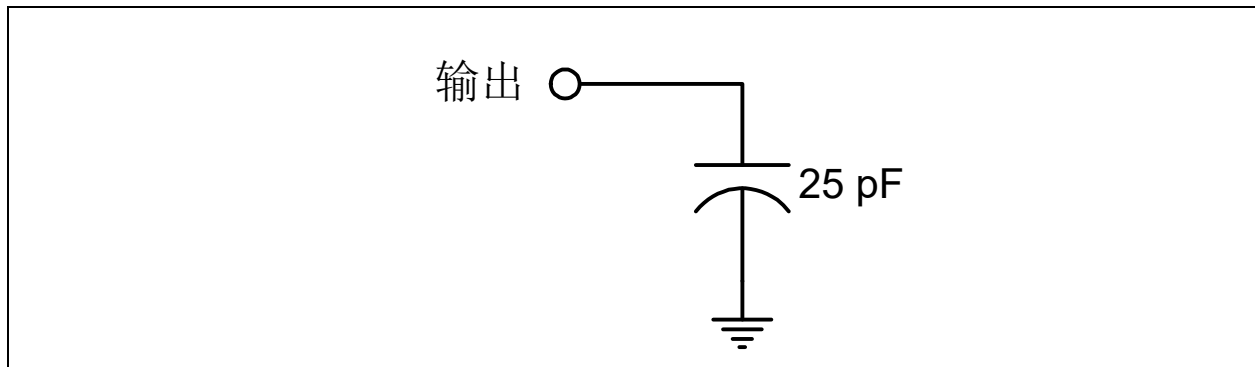
注5-19 SMI时序符合IEEE 802.3规范。有关时序的更多信息，请参见IEEE 802.3规范。

注5-20 RMII时序符合RMII联盟RMII规范R1.2。

### 5.5.1 等效测试负载

除非另外说明，否则输出时序规范假设采用25 pF等效测试负载，如下面的图5-1所示。

图5-1: 输出等效测试负载



# LAN8720A/LAN8720AI

## 5.5.2 电源序列时序

该图给出了器件电源序列要求。如果VDDIO、VDD1A、VDD2A和磁件电源都在指定的时间 $t_{pon}$ 内达到工作电压，则它们可以按任意顺序接通。如果器件的各个电源均在指定的时间 $t_{poff}$ 内达到0V，则它们可以按任意顺序关断。

图5-2： 电源序列时序

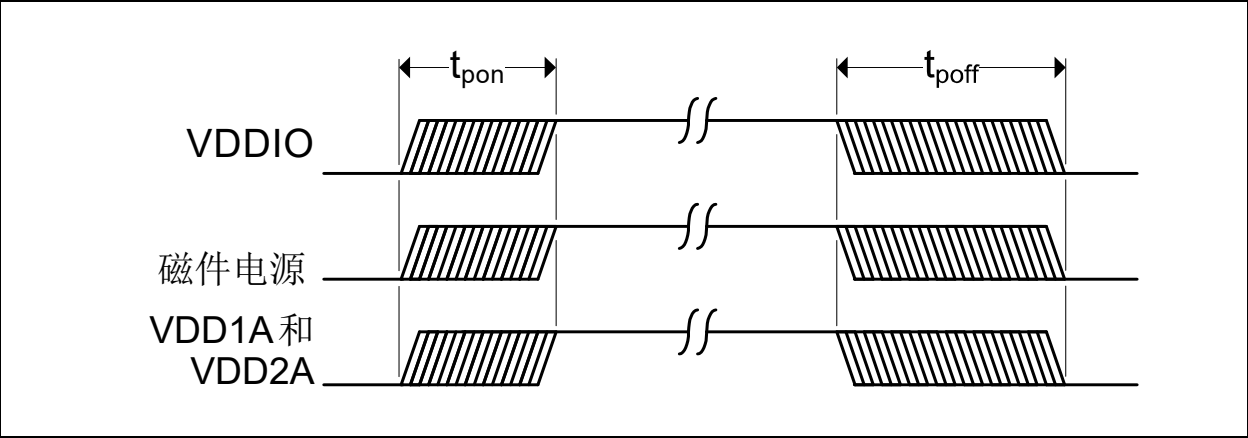


表5-7： 电源序列时序值

符号	说明	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{pon}$	电源接通时间	—	—	50	ms
$t_{poff}$	电源关断时间	—	—	500	ms

**注：** 禁止内部稳压器时，VDDCR 和 3.3V 电源之间存在一定的上电排序关系。有关更多信息，请参见第3.7.3节“REGOFF：内部+1.2V稳压器配置”。

## 5.5.3 上电NRST和配置脚时序

该图给出了与上电有关的nRST复位和配置脚时序要求。上电后需要进行硬件复位（nRST置为有效）。为确保正常工作，nRST必须在不少于 $t_{rstia}$ 的时间内保持有效状态。nRST引脚可随时置为有效，但必须在所有外部电源都达到其标称工作电压的80%后再经过 $t_{purstd}$ 才能置为无效。为了在上电时读取到有效的配置脚值，必须遵守 $t_{css}$ 和 $t_{csh}$ 时序限制。更多信息，请参见第3.8.5节“复位”。

图 5-3: 上电 NRST 和配置脚时序

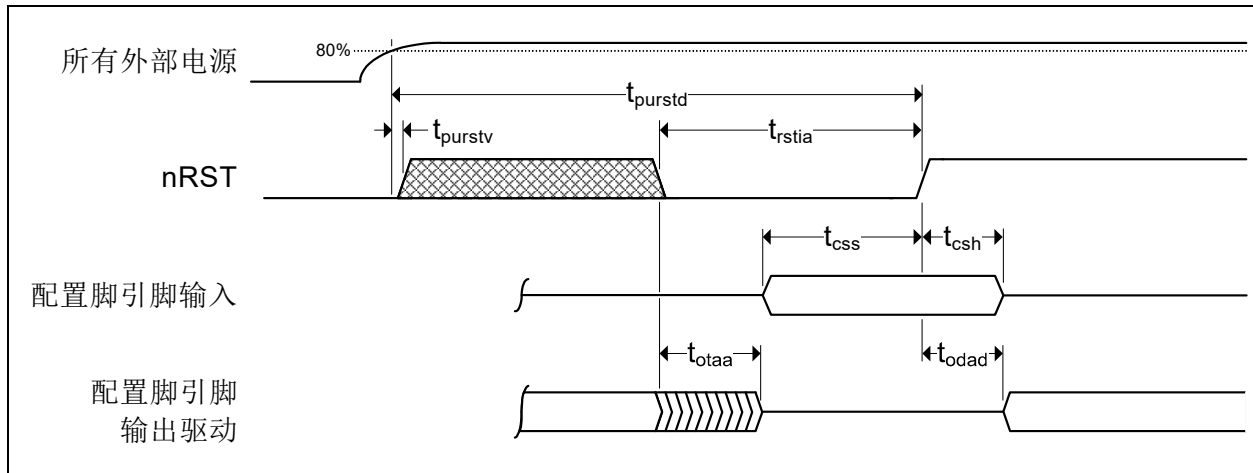


表 5-8: 上电 NRST 和配置脚时序值

符号	说明	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{purstd}$	从外部电源达到标称值的 80% 到 nRST 置为无效的时间	25	—	—	ms
$t_{purstv}$	从外部电源达到标称值的 80% 到 nRST 变为有效的时间	0	—	—	ns
$t_{rstia}$	nRST 输入有效时间	100	—	—	$\mu$ S
$t_{css}$	从配置脚引脚建立到 nRST 置为无效的时间	200	—	—	ns
$t_{csh}$	nRST 置为无效后配置脚引脚的保持时间	1	—	—	ns
$t_{otaa}$	nRST 置为有效后输出三态的时间		—	50	ns
$t_{odad}$	nRST 置为无效后输出驱动的时间	2	—	800 (注 5-23)	ns

注 5-21 nRST 置为无效必须是单调的。

注 5-22 在 nRST 置为有效后，器件配置脚会将被锁存。有关详细信息，请参见第 3.7 节“配置脚”。配置脚只能拉高或拉低，不得驱动为输入。

注 5-23 25 MHz 时为 20 个时钟周期，50 MHz 时为 40 个时钟周期。

# LAN8720A/LAN8720AI

## 5.5.4 RMII接口时序

### 5.5.4.1 RMII时序（REF\_CLK输出模式）

50 MHz REF\_CLK输出时序适用于nINTSEL被拉低时的情况。在该模式下，必须在XTAL1/CLKIN和XTAL2引脚上输入25 MHz晶振或时钟振荡器。有关REF\_CLK输出模式的更多信息，请参见第3.7.4.2节“REF\_CLK输出模式”。

图5-4： RMII时序（REF\_CLK输出模式）

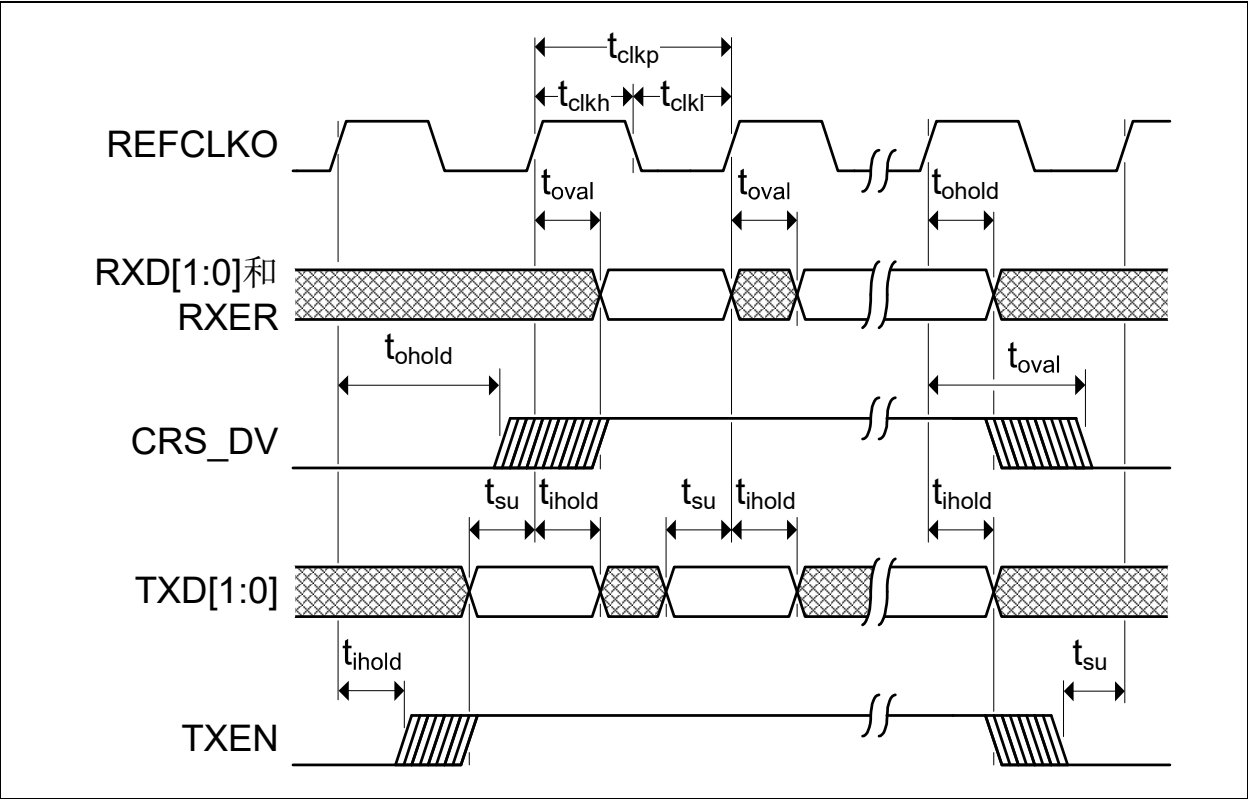


表5-9： RMII时序值（REF\_CLK输出模式）

符号	说明	最小值	最大值	单位	注
$t_{clkp}$	REFCLKO 周期	20	—	ns	—
$t_{clkh}$	REFCLKO 高电平时间	$t_{clkp} * 0.4$	$t_{clkp} * 0.6$	ns	—
$t_{clkl}$	REFCLKO 低电平时间	$t_{clkp} * 0.4$	$t_{clkp} * 0.6$	ns	—
$t_{oval}$	自 REFCLKO 上升沿起的 RXD[1:0]、RXER 和 CRS_DV 输出有效时间	—	5.0	ns	注 5-24
$t_{ohold}$	自 REFCLKO 上升沿起的 RXD[1:0]、RXER 和 CRS_DV 输出保持时间	1.4	—	ns	注 5-24
$t_{su}$	从 TXD[1:0] 和 TXEN 建立到 REFCLKO 上升沿的时间	7.0	—	ns	注 5-24
$t_{ihold}$	REFCLKO 上升沿后的 TXD[1:0] 和 TXEN 输入保持时间	2.0	—	ns	注 5-24

注 5-24 该时序设计用于 10 pF 至 25 pF 范围内的系统负载。

## 5.5.4.2 RMII时序（REF\_CLK输入模式）

50 MHz REF\_CLK输入时序适用于 $\overline{nINTSEL}$ 悬空或拉高的情况。在该模式下，必须在CLKIN引脚上输入50 MHz时钟。有关REF\_CLK输入模式的更多信息，请参见第3.7.4.1节“REF\_CLK输入模式”。

图5-5: RMII时序（REF\_CLK输入模式）

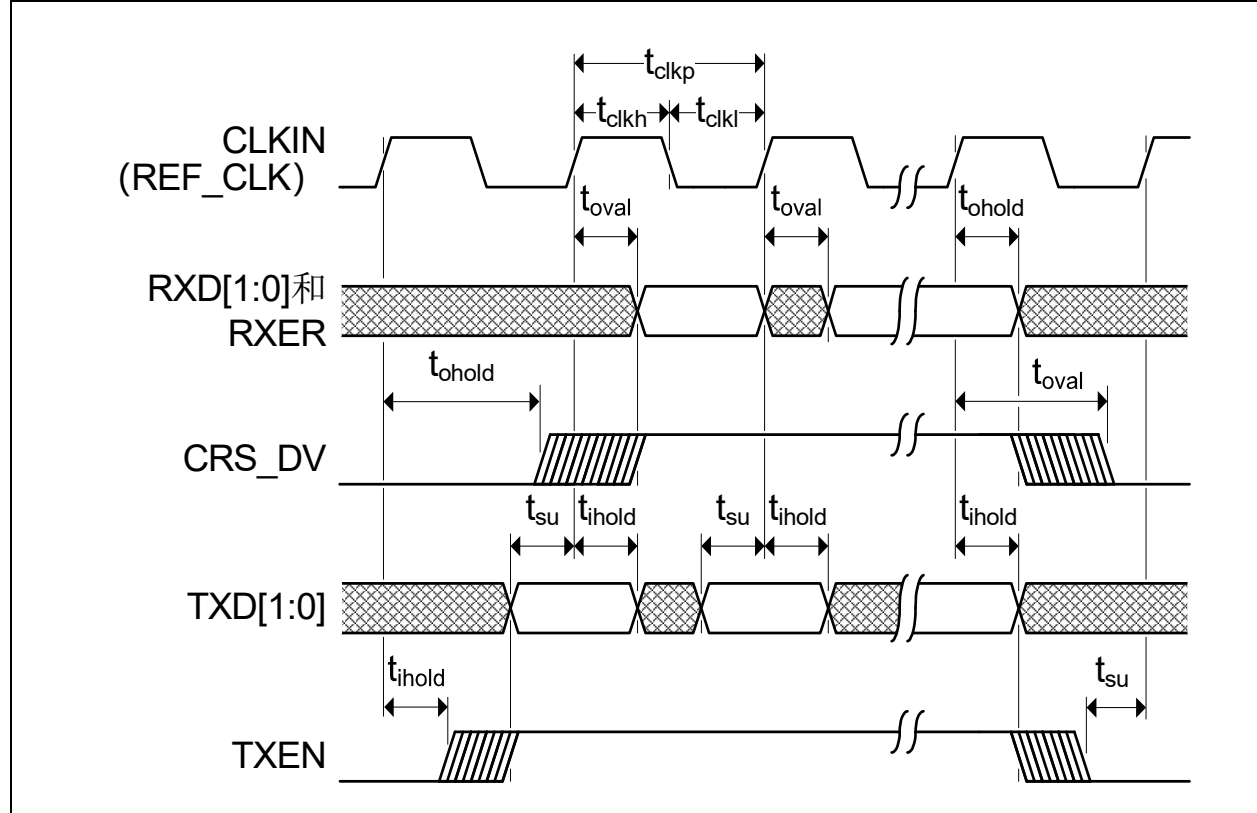


表5-10: RMII时序值（REF\_CLK输入模式）

符号	说明	最小值	最大值	单位	注
$t_{clkp}$	CLKIN周期	20	—	ns	—
$t_{clkh}$	CLKIN 高电平时间	$t_{clkp} * 0.35$	$t_{clkp} * 0.65$	ns	—
$t_{clkl}$	CLKIN 低电平时间	$t_{clkp} * 0.35$	$t_{clkp} * 0.65$	ns	—
$t_{oval}$	自CLKIN上升沿起的RXD[1:0]、RXER和CRS_DV输出有效时间	—	14.0	ns	注 5-25
$t_{ohold}$	自CLKIN上升沿起的RXD[1:0]、RXER和CRS_DV输出保持时间	3.0	—	ns	注 5-25
$t_{su}$	从TXD[1:0]和TXEN建立到CLKIN上升沿的时间	4.0	—	ns	注 5-25
$t_{ihold}$	CLKIN上升沿后的TXD[1:0]和TXEN输入保持时间	1.5	—	ns	注 5-25

注 5-25 该时序设计用于 10 pF 至 25 pF 范围内的系统负载。

# LAN8720A/LAN8720AI

## 5.5.4.3 RMII CLKIN 要求

表5-11: RMII CLKIN (REF\_CLK) 时序值

参数	最小值	典型值	最大值	单位	注
CLKIN 频率		50	—	MHz	—
CLKIN 频率漂移		—	± 50	ppm	—
CLKIN 占空比	40	—	60	%	—
CLKIN 抖动		—	150	psec	p-p——非RMS

## 5.5.5 SMI 时序

本节规定了器件的SMI时序。更多信息，请参见第3.5节“串行管理接口 (SMI)”。

图5-6: SMI 时序

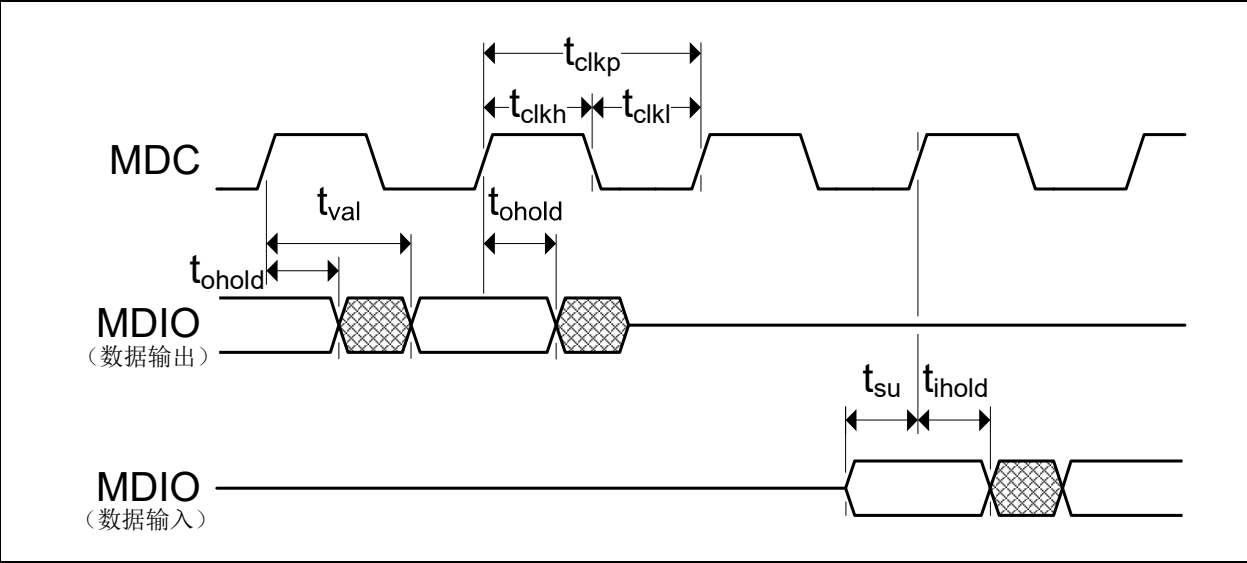


表5-12: SMI 时序值

符号	说明	最小值	最大值	单位	注
$t_{clkp}$	MDC 周期	400	—	ns	—
$t_{clkh}$	MDC 高电平时间	160 (80%)	—	ns	—
$t_{clkl}$	MDC 低电平时间	160 (80%)	—	ns	—
$t_{val}$	自MDC上升沿起的MDIO (从PHY读取) 输出有效时间	—	300	ns	—
$t_{ohold}$	自MDC上升沿起的MDIO (从PHY读取) 输出保持时间	0	—	ns	—
$t_{su}$	从MDIO (写入PHY) 建立到MDC上升沿的时间	10	—	ns	—
$t_{ihold}$	MDC上升沿后的MDIO (写入PHY) 输入保持时间	10	—	ns	—

## 5.6 时钟电路

器件可接受25 MHz晶振（首选）或25 MHz单端时钟振荡器（±50 ppm）输入。如果采用单端时钟振荡器方法，XTAL2应保持未连接状态，XTAL1/CLKIN应由0-3.3V标称时钟信号驱动。

建议使用具有相匹配的并联负载电容的晶振来产生晶振输入/输出信号（XTAL1/XTAL2）。可以使用300 μW或100 μW 25 MHz晶振。第63页的第5.6.1节“300 μW 25 MHz晶振规范”详细说明了300 μW 25 MHz晶振规范。第64页的第5.6.2节“100 μW 25 MHz晶振规范”详细说明了100 μW 25 MHz晶振规范。

### 5.6.1 300 μW 25 MHz晶振规范

使用300 μW 25 MHz晶振时，需遵循以下电路设计（图5-7）和规范（表5-13）以确保正常工作。

图5-7： 300 μW 25 MHz晶振电路

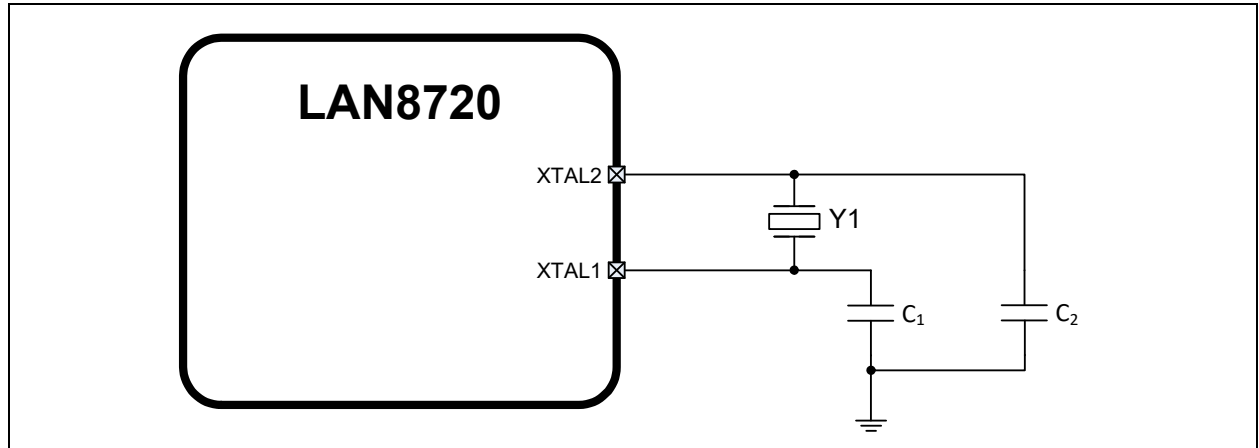


表5-13： 300 μW 25 MHz晶振规范

参数	符号	最小值	标称值	最大值	单位	注
晶体切割		AT（典型方式）				—
晶振模式		基本模式				—
晶振校准模式		并联谐振模式				—
频率	$F_{fund}$	—	25.000	—	MHz	—
25°C时的频率容差	$F_{tol}$	—	—	±50	PPM	注5-26
随温度变化的频率稳定性	$F_{temp}$	—	—	±50	PPM	注5-26
随时间变化的频率偏差	$F_{age}$	—	+/-3至5	—	PPM	注5-27
允许的总PPM预算	—	—	—	±50	PPM	注5-28
并联电容值	$C_O$	—	7（典型值）	—	pF	—
负载电容值	$C_L$	—	20（典型值）	—	pF	—
驱动功率	$P_W$	300	—	—	μW	—
等效串联电阻	$R_1$	—	—	30	Ω	—
工作温度范围	—	注5-29	—	+85	°C	—
XTAL1/CLKIN引脚电容	—	—	3（典型值）	—	pF	注5-30
XTAL2引脚电容	—	—	3（典型值）	—	pF	注5-30

# LAN8720A/LAN8720AI

- 注 5-26** 频率容差和频率稳定性的最大允许值取决于应用。由于任何特定应用都必须符合 IEEE ±50 PPM 的总 PPM 预算要求，因此这两个值之和必须约为 ±45 PPM（允许老化）。
- 注 5-27** 随时间变化的频率偏差也被称为老化。
- 注 5-28** 根据 IEEE 802.3u 的规定，发送器时钟频率的总偏差为 ±100 PPM。
- 注 5-29** 扩展商业级为 0°C，工业级为 -40°C。
- 注 5-30** 此数值包括焊盘、接合线和引线框。该值不包括 PCB 电容值。要准确计算两个外部负载电容的值，需要 XTAL1/CLKIN 引脚、XTAL2 引脚和 PCB 电容值。总负载电容必须为电路中晶振的期望值，以便晶振能够以 25.000 MHz 的频率工作。

## 5.6.2 100 μW 25 MHz 晶振规范

使用 100 μW 25 MHz 晶振时，需遵循以下电路设计（图 5-8）和规范（表 5-14）以确保正常工作。

图 5-8: 100 μW 25 MHz 晶振电路

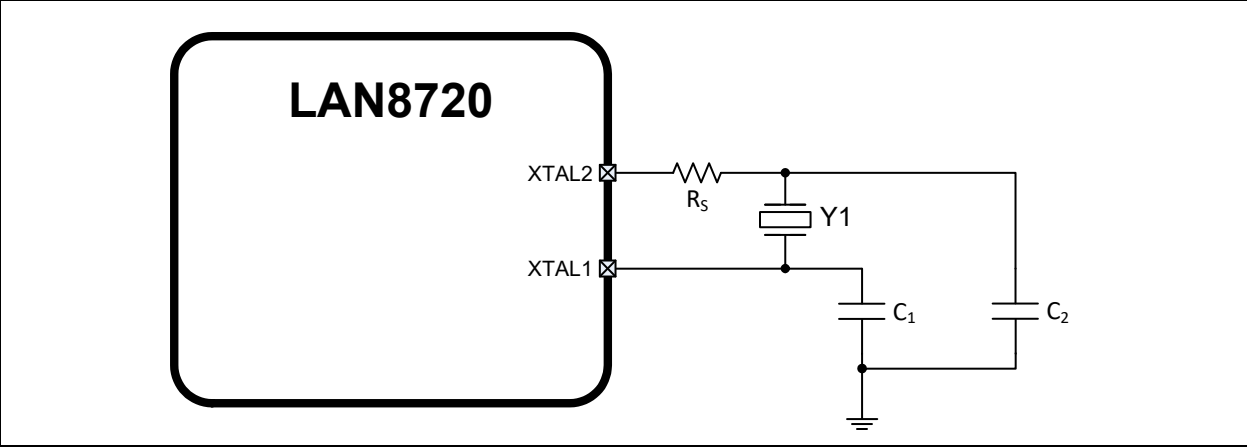


表 5-14: 100 μW 25 MHz 晶振规范

参数	符号	最小值	标称值	最大值	单位	注
晶体切割	AT（典型方式）					—
晶振模式	基本模式					—
晶振校准模式	并联谐振模式					—
频率	$F_{fund}$	—	25.000	—	MHz	—
25°C 时的频率容差	$F_{tol}$	—	—	±50	PPM	注 5-31
随温度变化的频率稳定性	$F_{temp}$	—	—	±50	PPM	注 5-31
随时间变化的频率偏差	$F_{age}$	—	±3 至 5	—	PPM	注 5-32
允许的总 PPM 预算	—	—	—	±50	PPM	注 5-33
并联电容值	$C_O$	—	—	5	pF	—
负载电容值	$C_L$	8	—	12	pF	—
驱动功率	$P_W$	—	100	—	μW	注 5-34



**表 5-14: 100  $\mu$ W 25 MHz 晶振规范 (续)**

参数	符号	最小值	标称值	最大值	单位	注
等效串联电阻	$R_1$	—	—	80	$\Omega$	—
XTAL2 串联电阻	$R_s$	495	500	505	$\Omega$	—
工作温度范围	—	<a href="#">注 5-29</a>	—	+85	$^{\circ}\text{C}$	—
XTAL1/CLKIN 引脚电容	—	—	3 (典型值)	—	pF	<a href="#">注 5-36</a>
XTAL2 引脚电容	—	—	3 (典型值)	—	pF	<a href="#">注 5-36</a>

**注 5-31** 频率容差和频率稳定性的最大允许值取决于应用。由于任何特定应用都必须符合 IEEE  $\pm 50$  PPM 的总 PPM 预算要求，因此这两个值之和必须约为  $\pm 45$  PPM (允许老化)。

**注 5-32** 随时间变化的频率偏差也被称为老化。

**注 5-33** 根据 IEEE 802.3u 的规定，发送器时钟频率的总偏差为  $\pm 100$  PPM。

**注 5-34** 晶振必须支持 100  $\mu$ W 操作才能使用该电路。

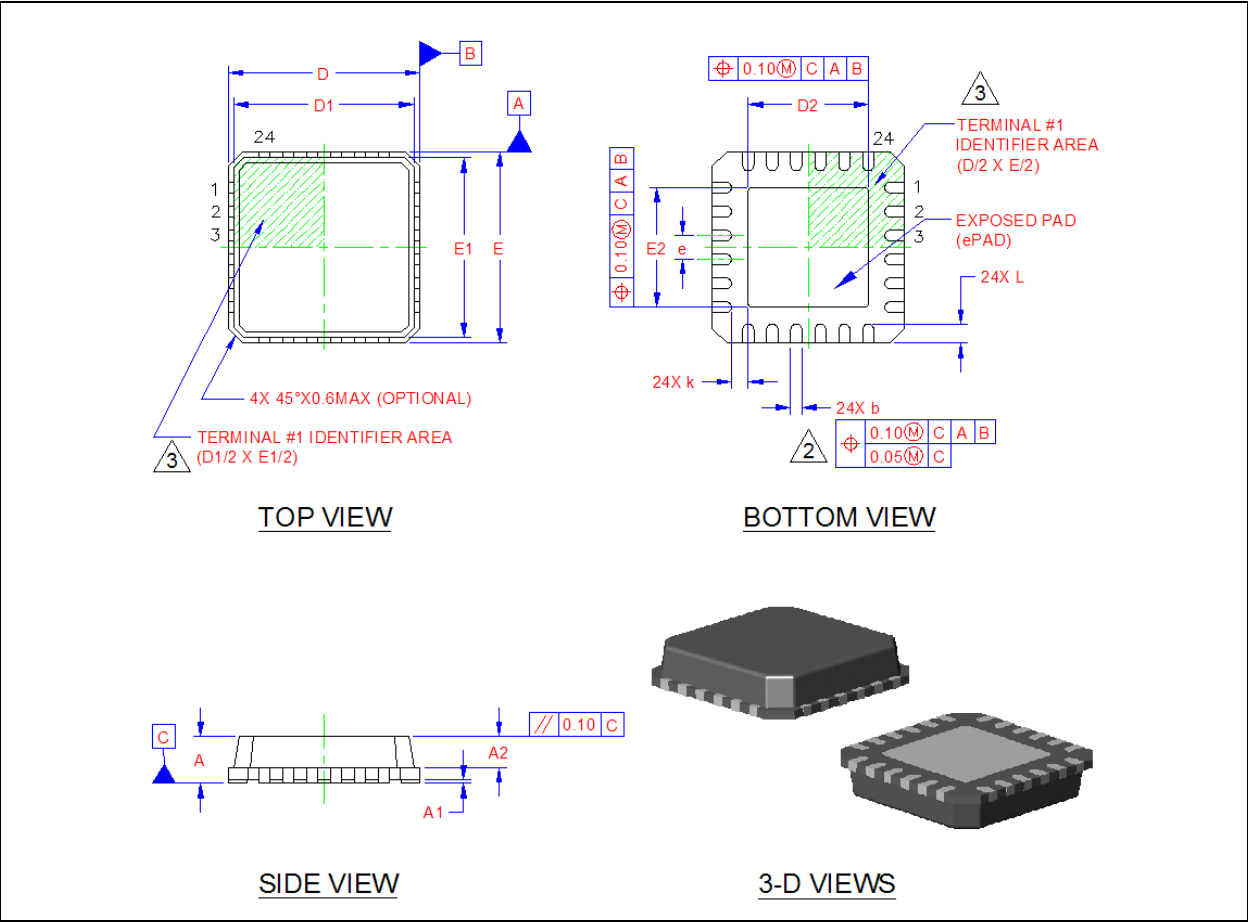
**注 5-35** 扩展商业级为  $0^{\circ}\text{C}$ ，工业级为  $-40^{\circ}\text{C}$ 。

**注 5-36** 此数值包括焊盘、接合线和引线框。该值不包括 PCB 电容值。要准确计算两个外部负载电容的值，需要 XTAL1/CLKIN 引脚、XTAL2 引脚和 PCB 电容值。总负载电容必须为电路中晶振的期望值，以便晶振能够以 25.000 MHz 的频率工作。

# LAN8720A/LAN8720AI

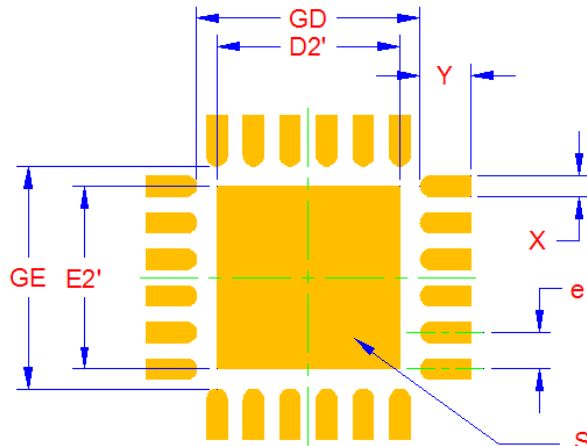
## 6.0 封装信息

### 6.1 24-QFN（冲压）



	最小值	标称值	最大值	备注
A	0.70	0.85	1.00	整体封装高度
A1	0	0.02	0.05	主体托起高度
A2	—	—	0.90	模制盖厚度
D/E	3.90	4.00	4.10	X/Y 主体尺寸
D1/E1	3.55	3.75	3.95	X/Y 模制盖尺寸
D2/E2	2.40	2.50	2.60	X/Y 外露焊盘尺寸
L	0.30	0.40	0.50	端子长度
b	0.18	0.25	0.30	端子宽度
k	0.25	—	—	端子与外露焊盘的间隙
e	0.50 BSC			端子间距

- 注 1: 除非另有说明, 否则所有尺寸均以毫米为单位。  
2: 尺寸“b”适用于电镀端子, 在距离端子尖端0.15到0.30 mm的位置测量。  
3: 引脚1标识符可能有所不同, 但始终位于图中指示的区域内。



SEE NOTE 2

LAND PATTERN DIMENSIONS			
SYMBOL	MIN	NOM	MAX
GD/GE	3.05	-	3.10
D2'/E2'	-	2.50	2.50
Pad: X	-	0.28	0.28
Pad: Y	-	0.69	0.69
e	0.50		

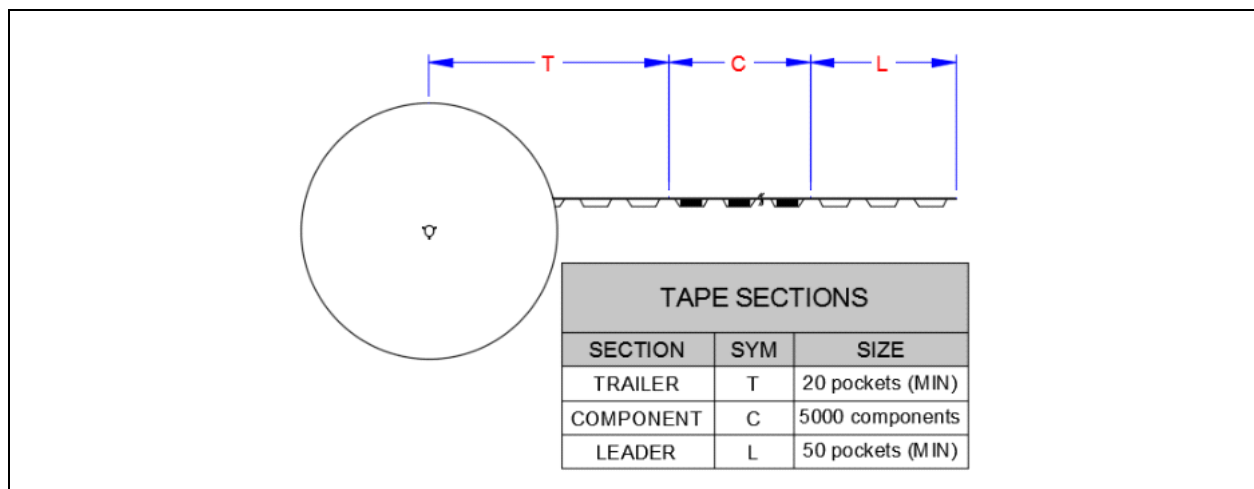
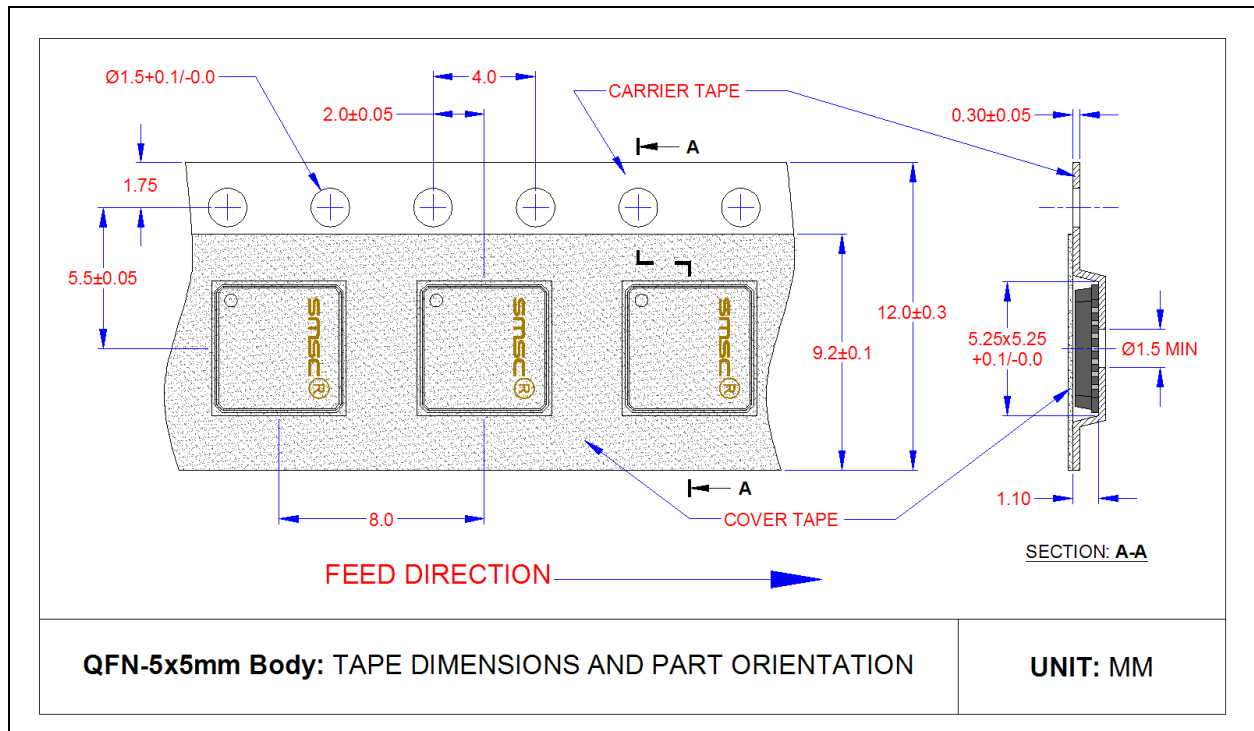
## NOTES:

1. THE USER MAY MODIFY THE PCB LAND PATTERN DESIGN AND DIMENSIONS BASED ON THEIR EXPERIENCE AND/OR PROCESS CAPABILITY
2. EXPOSED SOLDERABLE COPPER AREA OF THE CENTER PAD CAN BE EITHER SOLID OR SEGMENTED
3. MAXIMUM THERMAL AND ELECTRICAL PACKAGE PERFORMANCE IS ACHIEVED WHEN AN ARRAY OF SOLID VIAS IS INCORPORATED IN THE CENTER LAND PATTERN

## 6.2 24-SQFN (锯切)

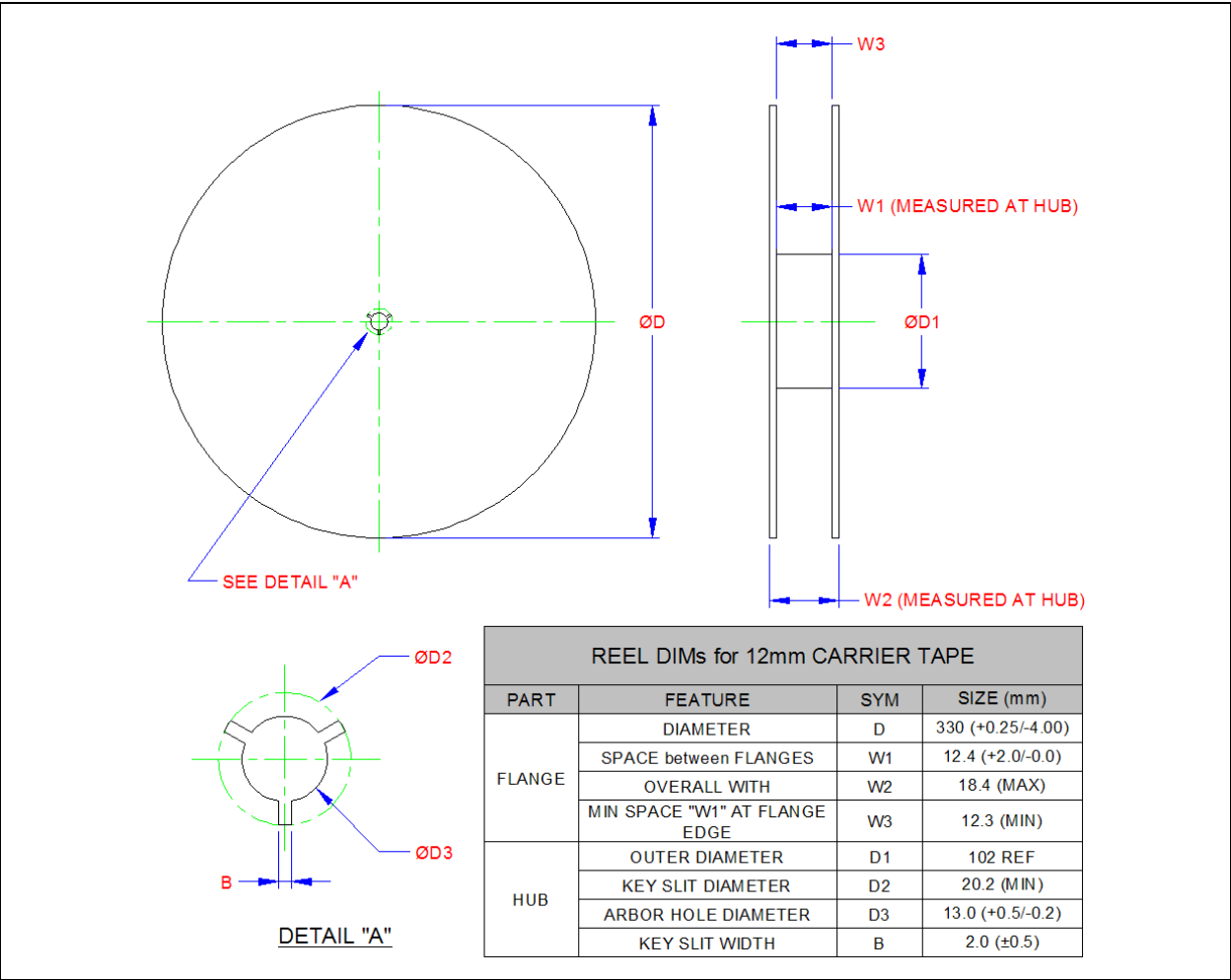


## 6.3 卷带式信息



注： 标准卷尺寸为每卷5000片。

# LAN8720A/LAN8720AI



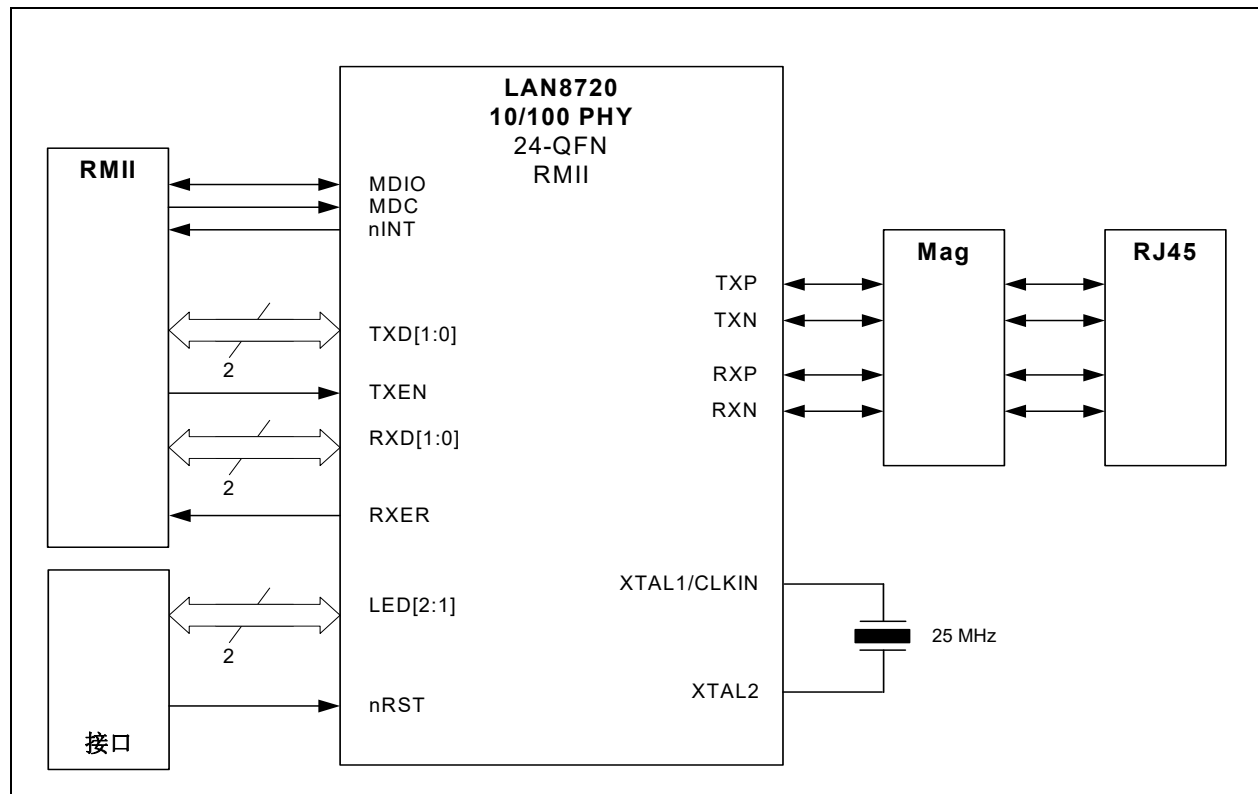
## 7.0 应用笔记

### 7.1 应用图

该器件只需少量外部元件。磁件中心抽头的电压介于2.5和3.3V之间。

#### 7.1.1 RMII图

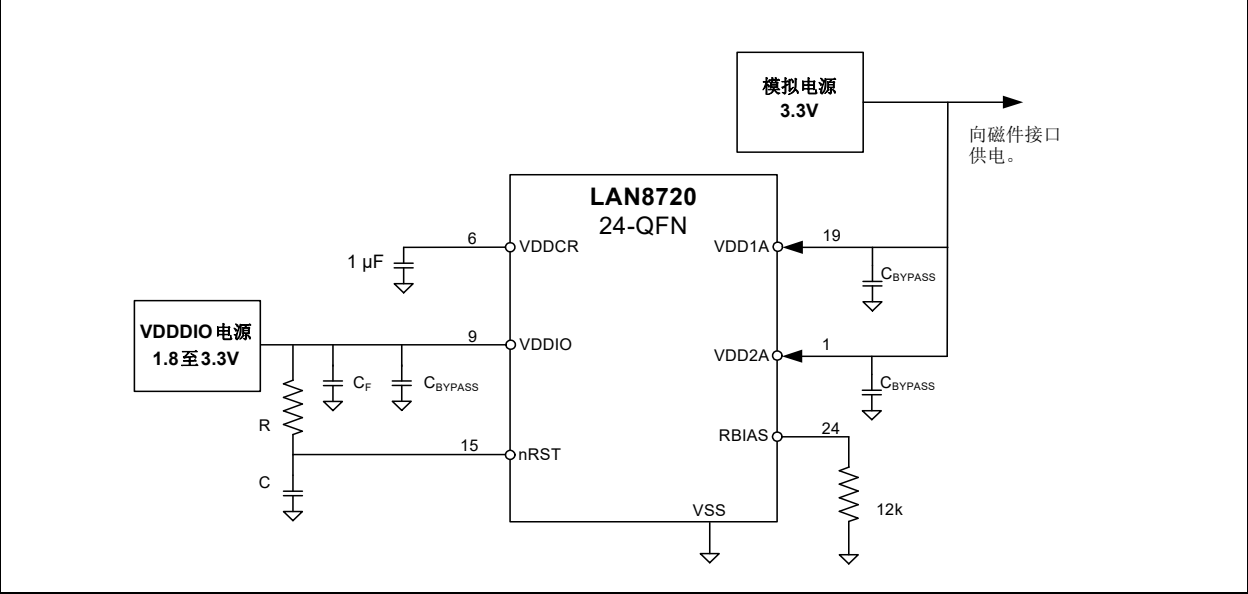
图7-1： 简化应用图



#### 7.1.2 电源图

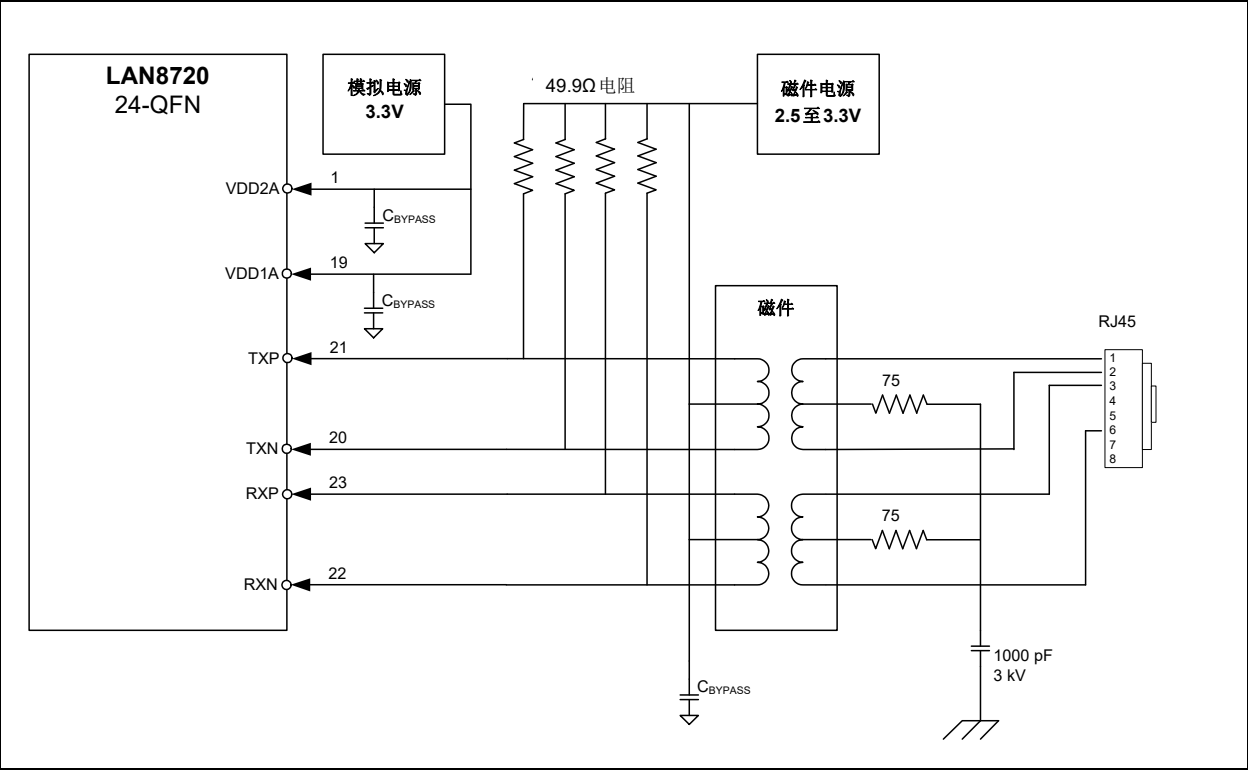
# LAN8720A/LAN8720AI

图 7-3: 电源系统简要框图



## 7.1.3 双绞线接口图

图 7-5: 铜接口图





## 附录A： 数据手册版本历史

表A-1： 版本历史

版本	节/图/条目	修正
版本B (07-15-16)	第52页的第5.1节“绝对最大值*”	更新了XTAL1/CLKIN相对于地的正电压。
	第55页的表5-3“非可变I/O缓冲器特性”	更新了ICLK型缓冲器（XTAL1输入）最后一行（高电平输入电压）的最小值/最大值。
版本A (06-24-16)	全部	将文档转换为Microchip格式，用于取代SMSC版本1.4（08-23-12）。
	第52页的第5.2节“工作条件**”	将VDDCR工作限值从“+1.14V至+1.26V”提高到“+1.08V至+1.32V”
	第63页的第5.6节“时钟电路”	新增了100 $\mu$ W晶振规范和电路图。本节现分为两小节，一小节针对300 $\mu$ W晶振，另一小节针对100 $\mu$ W晶振。
	第66页的第6.0节“封装信息”	添加了包含SQFN封装信息的新小节。
	第75页的“产品标识体系”	更新了锯切SQFN封装选项的订购代码。
版本1.4 (08-23-12)	第4.2.2节“基本状态寄存器”	更新了bit 10:8的定义。
版本1.3 (04-20-11)	第60页的表5-9“RMII时序值（REF_CLK输出模式）”	将 $t_{\text{oval}}$ 最大值从10.0 ns更新为5.0 ns。
版本1.2 (11-10-10)	第60页的第5.5.4节“RMII接口时序”	在图和表格中添加RXER。

# LAN8720A/LAN8720AI

---

## MICROCHIP 网站

Microchip 网站 ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容:

- **产品支持** —— 数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持** —— 常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务** —— 产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

## 变更通知客户服务

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时, 收到电子邮件通知。

欲注册, 请访问 [www.microchip.com/pcn](http://www.microchip.com/pcn), 然后按照注册说明进行操作。

## 客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助:

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 <http://microchip.com/support> 获得网上技术支持。

# LAN8720A/LAN8720AI

## 产品标识体系

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

<div>部件编号</div> <div>器件      温度范围      卷带式选项      封装</div>		<div>[X] - [X]<sup>(1)</sup> - [XXX]</div>	
<div>器件：            LAN8720A</div> <div>温度范围：      CP      =    0°C 至    +85°C    (扩展商业级)                      i-CP    =  -40°C 至    +85°C    (工业级)</div> <div>卷带式选项：    空白    =  标准包装 (托盘式)                      TR        =  卷带式<sup>(1)</sup></div> <div>封装：            空白    =  冲压封装 (24 引脚 QFN)                      ABC     =  锯切封装 (24 引脚 SQFN)</div>		<div>示例：</div> <div>a)    LAN8720Ai-CP-TR          工业级温度，卷带式，24 引脚 QFN (冲压)</div> <div>b)    LAN8720A-CP-ABC          扩展商业级温度，托盘式，24 引脚 SQFN (锯切)</div> <div>注 1：    卷带式标识符仅出现在产品目录的部件编号描述中。该标识符用于订货目的，不会印刷在器件封装上。关于包装是否提供卷带式选项的信息，请咨询当地的 Microchip 销售办事处。</div>	

# LAN8720A/LAN8720AI

---

注:

请注意以下有关 **Microchip** 器件代码保护功能的要点：

- **Microchip** 的产品均达到 **Microchip** 数据手册中所述的技术指标。
- **Microchip** 确信：在正常使用的情况下，**Microchip** 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 **Microchip** 数据手册中规定的操作规范来使用 **Microchip** 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- **Microchip** 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- **Microchip** 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。**Microchip** 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 **Microchip** 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案（Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 **Microchip** 产品性能和使用情况的有用信息。**Microchip Technology Inc.** 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 **Microchip Technology Inc.** 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。**Microchip** 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。**Microchip** 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 **Microchip** 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 **Microchip** 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 **Microchip** 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

有关 **Microchip** 质量管理体系的更多信息，请访问  
[www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

## 商标

**Microchip** 的名称和徽标组合、**Microchip** 徽标、**Adaptec**、**AnyRate**、**AVR**、**AVR** 徽标、**AVR Freaks**、**BesTime**、**BitCloud**、**chipKIT**、**chipKIT** 徽标、**CryptoMemory**、**CryptoRF**、**dsPIC**、**FlashFlex**、**flexPWR**、**HELDO**、**IGLOO**、**JukeBlox**、**KeeLoq**、**Kleer**、**LANCheck**、**LinkMD**、**maxStylus**、**maxTouch**、**MediaLB**、**megaAVR**、**Microsemi**、**Microsemi** 徽标、**MOST**、**MOST** 徽标、**MPLAB**、**OptoLyzer**、**PackTime**、**PIC**、**picoPower**、**PICSTART**、**PIC32** 徽标、**PolarFire**、**Prochip Designer**、**QTouch**、**SAM-BA**、**SenGenuity**、**SpyNIC**、**SST**、**SST** 徽标、**SuperFlash**、**Symmetricon**、**SyncServer**、**Tachyon**、**TempTrackr**、**TimeSource**、**tinyAVR**、**UNI/O**、**Vectron** 及 **XMEGA** 均为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国和其他国家或地区的注册商标。

**APT**、**ClockWorks**、**The Embedded Control Solutions Company**、**EtherSynch**、**FlashTec**、**Hyper Speed Control**、**HyperLight Load**、**IntelliMOS**、**Libero**、**motorBench**、**mTouch**、**Powermite** 3、**Precision Edge**、**ProASIC**、**ProASIC Plus**、**ProASIC Plus** 徽标、**Quiet-Wire**、**SmartFusion**、**SyncWorld**、**Temux**、**TimeCesium**、**TimeHub**、**TimePictra**、**TimeProvider**、**Vite**、**WinPath** 和 **ZL** 均为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国的注册商标。

**Adjacent Key Suppression**、**AKS**、**Analog-for-the-Digital Age**、**Any Capacitor**、**AnyIn**、**AnyOut**、**BlueSky**、**BodyCom**、**CodeGuard**、**CryptoAuthentication**、**CryptoAutomotive**、**CryptoCompanion**、**CryptoController**、**dsPICDEM**、**dsPICDEM.net**、**Dynamic Average Matching**、**DAM**、**ECAN**、**EtherGREEN**、**In-Circuit Serial Programming**、**ICSP**、**INICNet**、**Inter-Chip Connectivity**、**JitterBlocker**、**KleerNet**、**KleerNet** 徽标、**memBrain**、**Mindi**、**MiWi**、**MPASM**、**MPF**、**MPLAB Certified** 徽标、**MPLIB**、**MPLINK**、**MultiTRAK**、**NetDetach**、**Omniscient Code Generation**、**PICDEM**、**PICDEM.net**、**PICkit**、**PICtail**、**PowerSmart**、**PureSilicon**、**QMatrix**、**REAL ICE**、**Ripple Blocker**、**SAM-ICE**、**Serial Quad I/O**、**SMART-I.S.**、**SQL**、**SuperSwitcher**、**SuperSwitcher II**、**Total Endurance**、**TSHARC**、**USBCheck**、**VariSense**、**ViewSpan**、**WiperLock**、**Wireless DNA** 和 **ZENA** 均为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国和其他国家或地区的商标。

**SQTP** 为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国的服务标记。

**Adaptec** 徽标、**Frequency on Demand**、**Silicon Storage Technology** 和 **Symmcom** 均为 **Microchip Technology Inc.** 在除美国外的国家或地区的注册商标。

**GestIC** 为 **Microchip Technology Inc.** 的子公司 **Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG** 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2020, **Microchip Technology Incorporated** 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-6400-6

## 全球销售及服务网点

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

**亚特兰大 Atlanta**  
Duluth, GA  
Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

**奥斯汀 Austin, TX**  
Tel: 1-512-257-3370

**波士顿 Boston**  
Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

**芝加哥 Chicago**  
Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

**达拉斯 Dallas**  
Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

**底特律 Detroit**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

**中国 - 北京**  
Tel: 86-10-8569-7000

**中国 - 成都**  
Tel: 86-28-8665-5511

**中国 - 重庆**  
Tel: 86-23-8980-9588

**中国 - 东莞**  
Tel: 86-769-8702-9880

**中国 - 广州**  
Tel: 86-20-8755-8029

**中国 - 杭州**  
Tel: 86-571-8792-8115

**中国 - 南京**  
Tel: 86-25-8473-2460

**中国 - 青岛**  
Tel: 86-532-8502-7355

**中国 - 上海**  
Tel: 86-21-3326-8000

**中国 - 沈阳**  
Tel: 86-24-2334-2829

**中国 - 深圳**  
Tel: 86-755-8864-2200

**中国 - 苏州**  
Tel: 86-186-6233-1526

**中国 - 武汉**  
Tel: 86-27-5980-5300

**中国 - 西安**  
Tel: 86-29-8833-7252

**中国 - 厦门**  
Tel: 86-592-238-8138

**中国 - 香港特别行政区**  
Tel: 852-2943-5100

**中国 - 珠海**  
Tel: 86-756-321-0040

**台湾地区 - 高雄**  
Tel: 886-7-213-7830

**台湾地区 - 台北**  
Tel: 886-2-2508-8600

**台湾地区 - 新竹**  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

**澳大利亚 Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733

**印度 India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

**印度 India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

**印度 India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

**日本 Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

**日本 Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

**韩国 Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

**韩国 Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

**马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

**马来西亚 Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870

**菲律宾 Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

**新加坡 Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

**泰国 Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

**越南 Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 欧洲

**奥地利 Austria - Wels**  
Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

**丹麦 Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4485-5910  
Fax: 45-4485-2829

**芬兰 Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

**法国 France - Paris**  
Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

**德国 Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700

**德国 Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

**德国 Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

**德国 Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

**德国 Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

**德国 Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

**以色列 Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

**意大利 Italy - Milan**  
Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

**意大利 Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

**荷兰 Netherlands - Drunen**  
Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

**挪威 Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

**波兰 Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

**罗马尼亚 Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

**西班牙 Spain - Madrid**  
Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

**瑞典 Sweden - Gothenburg**  
Tel: 46-31-704-60-40

**瑞典 Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

**英国 UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820