

白皮书

快速便捷的工业以太网开发

伊崎良平，物联网基础设施业务部门高级工程师，瑞萨电子株式会社

2021年1月

概要

工业以太网 R-IN32M3 模块是支持多协议并搭载可实现高速实时响应和高精度通信控制的 R-IN32M3-EC 的嵌入式模块。由于在小型硬件内置了支持工业以太网所必需的 PHY、RJ45 连接器等硬件以及主流协议 PROFINET、EtherNet/IP™和 EtherCAT®的协议栈，最大程度降低了开发成本，仅需少量工时便可实现对工业网络的支持。

在本资料中，我们将对工业网络的发展动向、开发中遇到的问题以及可解决这些问题的 R-IN32M3 模块解决方案进行说明。

工业以太网

工厂内部网络

工厂内的生产线和设备使用的网络，从上层起可分为三层，即“信息网络”、“控制器网络”和“现场网络”。上层是由通过 IT (Information Technology) 技术连接的信息系统网络构成，而中下层由通过 OT (Operational Technology) 技术连接并采用应用技术的控制器网络和现场网络构成。在工厂内部网络中，IT 与 OT 通信技术随着工业物联网 (IIoT) 的发展而不断深入融合。

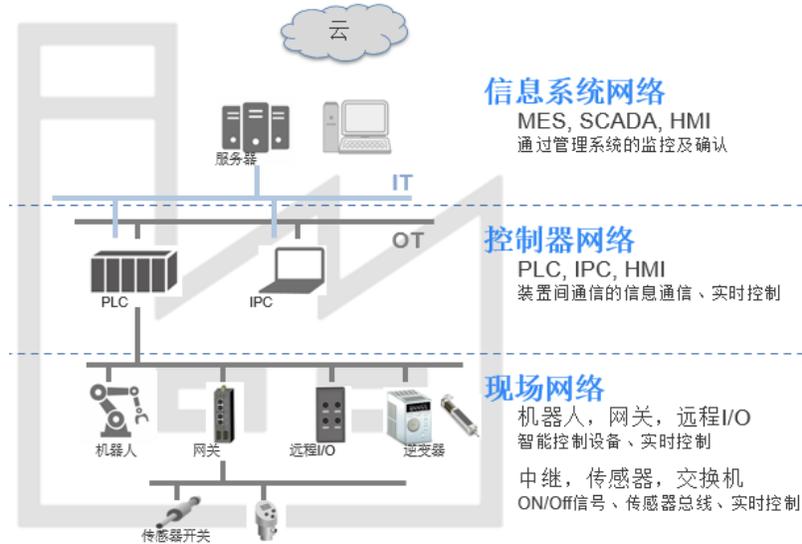


图 1. 工厂内部网络构成

“信息网络”旨在通过 MES (Manufacturing Execution System)、SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 等管理系统，对整个工厂进行监控并获取数据，提高生产效率，提升生产质量，节省生产过程中所耗费的人力，实现整个生产系统的最优化。该层的网络不以控制为目的，因此采用标准以太网的 TCP/IP 进行通信。

“控制器网络”作为 PLC (Programmable Logic Controller)、IPC (Industrial PC) 等主站设备进行控制装置之间的连接或生产线连接，以及与现场网络的从站设备进行控制数据的相互实时通信。

“现场网络”是将上层控制装置作为主站，将逆变器、网关、远程 I/O 等各种控制、测量仪器等作为从站设备连接而成的网络。过去，现场网络设备通过包含 CANopen、CC-Link、DeviceNet™、Modbus、PROFIBUS 等在内的众多串行现场总线构成，但是从 2000 年开始，随着数字化迅速发展，为了顺应设备间处理数据的高速化、大容量化以及实时性的要求，越来越多的企业开始更换为工业以太网。据悉，工业以太网设备节点数已于 2018 年超过了串行现场总线。

工业以太网协议

现有多个工业以太网协议标准，分别由各推荐协会负责管理和应用。接下来，对具有代表性的协议标准进行说明。

EtherCAT®

EtherCAT®是德国 Beckhoff Automation 公司于 2003 年开发的开放式现场网络，由 [EtherCAT Technology Group \(ETG\)](#) 负责管理和运营。数据包数据通过以太网电缆依次传递到与主站相连的各从站，然后再返回至主站。在 1 个周期中，各从站采用了动态读写方式，对数据包数据的相应位置直接读写数据。通过这种方式，该协议能够实现高速、高效的通信，这些通信处理由 ESC (EtherCAT Slave Controller) 控制，因此不必依赖于微控制器的性能也可进行高速、高效的通信。R-IN32M3 模块通过内置 ESC 的 R-IN32M3-EC 和协议栈，可轻松实现 EtherCAT®从站。

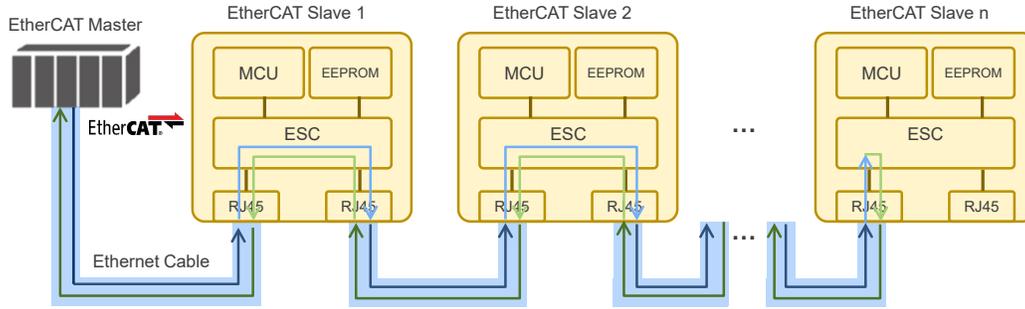


图 2. EtherCAT®通信

PROFINET

PROFINET 是以 1999 年 [PROFIBUS&PROFINET International \(PI\)](#) 发表的 TCP/IP 以太网为基础的开放式现场网络。根据通信周期性能，PROFINET 可分为 3 种不同的等级。PROFINET Class A [NT (Non Real-Time)] 以 TCP/IP 为基础，其周期时间约为 100ms，用于不要求实时性的参数读写。PROFINET Class B [RT (Real-Time)] 引入了软件协议栈，周期时间约为 10ms，用于工业自动化和过程自动化。PROFINET Class C [Isochronous Real-Time] 需要专用控制器，周期时间规定为 1ms 以下。

EtherNet/IP™

EtherNet/IP™是 Rockwell Automation 公司开发的开放式现场网络，由 [Open DeviceNet Vendor Association, Inc. \(ODVA\)](#) 负责管理和应用。CIP (Common Industrial Protocol) 作为控制协议应用于 TCP/IP 以太网，可通过网管型交换机整合控制数据和信息数据，进行优先控制。CIP 也可在 DeviceNet™上使用，因此能够比较简单地移植到 EtherNet/IP™上。此外，这些采用 DeviceNet™的传感器级别的产品也可互相应用。

Modbus TCP

Modbus TCP 是 Modicon 公司开发的现场网络。采用主从方式通信，通信是从主站发出指令之时为契机而开始的。主站可以通过广播对特定的或所有的从站发出指令。

CC-Link IE

CC-Link IE 是 CC-Link 协会于 2007 年开发的开放式现场网络。包括针对控制器开发的 CC-Link IE Control 和针对现场网络开发的 CC-Link IE Field、CC-Link IE Basic 等。CC-Link IE 以千兆位以太网为基础组建网络，因此可实现高速通信。

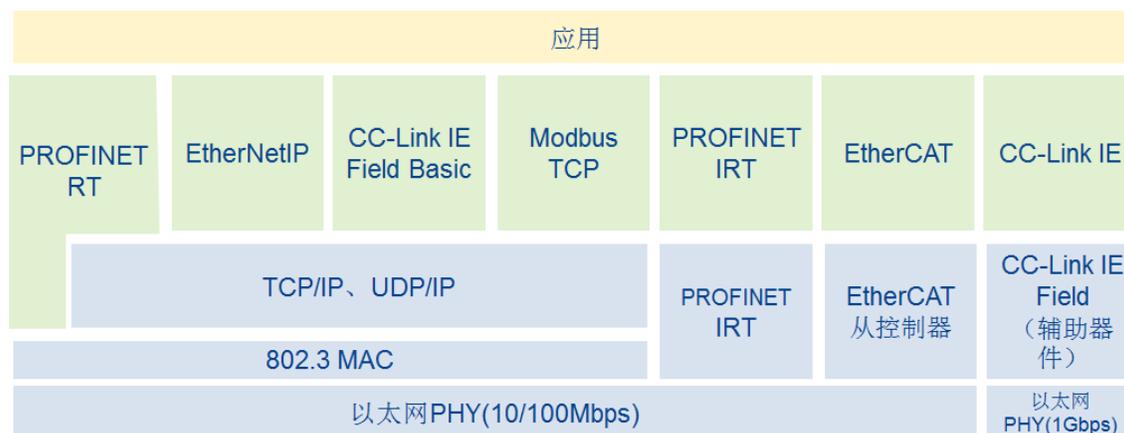


图 3. 工业网络分类

开发中遇到的问题

现场网络的通信方式从传统的串行通信转变为以太网通信，必然需要相应的硬件设计，软件结构也趋向复杂化。尤其是工业以太网与普遍使用的 web、邮件等标准以太网通信不同，鉴于上述的特殊通信方式，企业自行开发门槛较高，引进时会面临以下问题。

(1) 对以太网本身的支持

虽然以太网技术已得到广泛应用，但仍然需要选择 PHY 等部件、确认部件可用性以及考虑到 IEE802.3 合规测试的硬件设计。

(2) 对通信协议的支持

安装协议栈是关键。在没有经验的情况下，技术人员往往感到无从下手。企业自行开发需要消耗相当多的工时，向协议供应商购买也必然会增加一定的成本，而且如果要求支持多个协议，会给企业造成更多负担。因此，尤其是小规模的项目，开发成本并不划算。此外，协议标准一般每年都需要进行规格修订，这也需要对应。

(3) 对评估和认证测试的支持

为了在销售的工业以太网适用产品上添加相应的协议标志，需要通过各协议协会的认知测试。这要求企业具有一定的技术知识，必须实施预先测试。

R-IN32M3 模块解决方案

为了解决工业以太网应用中遇到的问题，瑞萨电子针对工业以太网准备了搭载多协议 LSI R-IN32M3-EC 的 R-IN32M3 模块。以下是该模块的简介与主要特点。

特点

名称	R-IN32M3 模块
产品型号	RY9012A0000GZ00#001

1. 一体式设计，外观小巧
2. 内置三种主流协议
3. 丰富的开发环境



	RY9012A0000GZ00#002
搭载 CPU	R-IN32M3-EC
支持协议	EtherNet/IP  EtherCAT 
产品尺寸	50x34x12mm * 不包括端子
电源电压	3.3 ± 0.15 VDC
消耗功率	Typical 1.3W / Max 2.0W
工作温度	- 40 ~ 70 °C
适用标准	   

图 4. R-IN32M3 模块

R-IN32M3 模块是为现有产品线开发后续产品的理想选择，例如通过工业以太网使设备可视化和收集实时设备信息。

1. 一体式设计，外观小巧

R-IN32M3 模块在 50 x 34 x 12mm 的小巧机盒内置了双端口 RJ-45 连接器及其周边电路。由于在印刷电路板上仅焊接了用于串行通信的排针（9 针），无需专用连接器，电路设计变得非常简单。通过 9 针的排针与主机微控制器进行串行通信（SPI）连接，可实现 PROFINET、EtherNet/IP™ 以及 EtherCAT® 通信。

该模块作为硬件设备，在设计时考虑了合规性测试，同时还以瑞萨电子的质量水准实施了各种可靠性评估。该模块也已获得安全标准认证

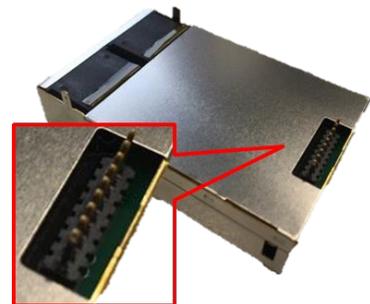


图 5. 外部连接端子

（CE、UL）以及环保认证（REACH、RoHS）。

2. 内置三种主流协议

虽然 R-IN32M3 模块于 2020 年 8 月发售时仅支持 PROFINET 和 EtherNet/IP™，但是本次新增了 EtherCAT®，如图 7 所示，现共支持占据工业以太网协议市场份额约 3/4 的 3 种主流协议。只需从瑞萨电子主页下载最新固件进行更新，硬件即能直接支持 EtherCAT®。

R-IN32M3 模块作为解决方案套件 YCONNECT-IT-I-RJ4501 和主机微控制器，以使用 Arduino 连接器连接



图 6. 协议认证书

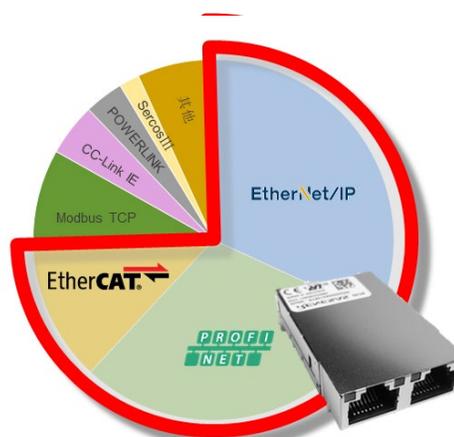


图 7. 各协议市场份额

Synergy SK-S7G2 Starter Kit 的结构，获得了各协议的认证。各协议都必须作为最终产品实施认证测试，不过 R-IN32M3 模块已经实施了认证测试，因此能够比较轻松地取得认证。

此外，各协议标准都会有规格修订。虽然修订后有半年左右的过渡期，但是为了在修订后通过合规测试，也可能会要求支持新的规格。R-IN32M3 模块的固件计划可免费升级，因此企业得以控制包括协议更新维护费用在内的总成本 TC0 (Total Cost of Ownership)。

3. 丰富的开发环境

为了提供使用 R-IN32M3 模块实施评估和产品开发的各种开发环境，我们计划今后将对环境进行进一步扩充。

在开发环境中，通过使用便利的辅助工具 Management Tool，实现各协议的简单主站功能、IP 地址设置等模块配置功能、固件更新功能、日志获取功能，可轻松对 R-IN32M3 模块重新实施初始评估。

我们提供搭载了 R-IN32M3 模块的解决方案套件 YCONNECT-IT-I-RJ4501，作为环境评估工具。只需通过通用的 Arduino 和 P-mod 连接器与各种评估板连接，便可简单进行评估。对于连接 Synergy S7 Starter Kit SK-S7G2 的主机微控制器的样品软件，我们提供用于各种应用的样品项目。

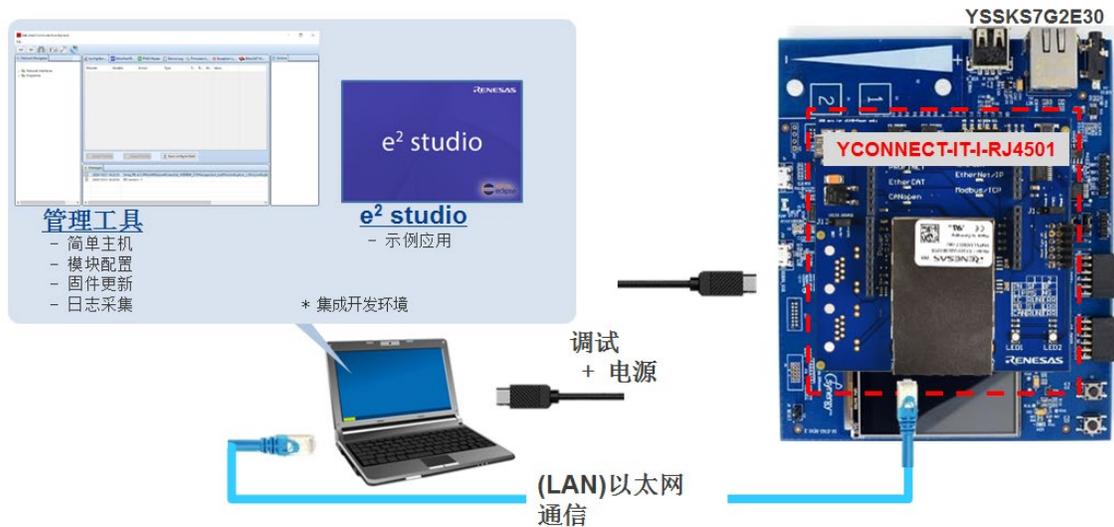


图 8. 开发环境

	Host MCU	开发环境
开发板	Synergy S7	瑞萨电子 <ul style="list-style-type: none"> YCONNECT-IT-I-RJ4501 (含 YSSKS7G2E30)
	RX66T	Shimafuji Electronics Incorporated <ul style="list-style-type: none"> SEMB1320

总结

在本资料中，我们对以太网日益普遍化的工业网络的发展动向，以及推动相关产品开发的 R-IN32M3 模块解决方案进行了说明。

R-IN32M3 模块是集小型封装、工业以太网所必需的硬件以及三种主流通信协议栈于一体的解决方案。该模块不要求企业具有工业网络的专门知识，大幅削减硬件设计、通信协议安装、合规性测试等产品开发所造成的负担，使企业专心地致力于应用开发。

R-IN32M3 模块可通过支持工业以太网实现生产装置内部数据可视化，也可替代现场总线。凭借这些功能，R-IN32M3 模块将为工厂网络数字化做出贡献。

详细信息

- [R-IN32M3 模块](#)：已安装所有支持工业以太网所必需的硬件以及包括 PROFINET、EtherNet/IP™、EtherCAT® 协议栈在内的软件。
- [R-IN32M3 模块 Solution Kit \[YCONNECT-IT-I-RJ4501\]](#)：搭载了 R-IN32M3 模块的解决方案板卡
- [SK-S7G2 入门套件 \[YSSKS7G2E30\]](#)：搭载 Synergy S7 并包含开发环境的套件

-
- [搭载 R-IN32M3 模块的 RX66T Solution Kit SEMB1320](#): 搭载 R-IN32M3 模块和 RX66T 并包含开发环境的套件
 - [工业以太网产品](#): 可支持工业以太网普及的产品群

© 2021 Renesas Electronics Corporation or its affiliated companies (Renesas). All rights reserved. 所有商标或商业名称均是其各自所有者的资产。瑞萨电子认为本文档所含的信息在提供时准确无误，但对其质量或使用不承担任何风险。所有信息均按原样提供，不作任何种类的担保，无论是明示、暗示、法定担保，还是因交易、使用或贸易惯例引发的担保，包括但不限于对适销性、对特定目的适宜性或非侵权性的担保。瑞萨电子对因使用或依赖本文档所含信息造成的任何直接、间接、特殊、结果、偶然或其他损失概不负责，即使已提示相关损失的可能性亦不例外。瑞萨电子保留停止这些产品或更改其产品设计或规范或本文档其他信息的权利，恕不另行通知。所有内容均受美国和国际版权法保护。除非本文档特别准许，否则未经瑞萨电子事先书面许可，不得以任何形式或通过任何方式复制本材料的任何部分。访客或用户不得因任何公开或商业目的而修改、分发、发布、传送本材料的任何内容，亦不得对其创建衍生作品。