

# 嵌入式以太网数据采集与控制系统设计

戴丽萍<sup>1</sup>, 李卓立<sup>2</sup>

(1. 铜川职业技术学院 基础部, 陕西 铜川 727031; 2. 中国石油 川庆钻探长庆井控培训中心, 西安 710000)

**摘要:** 为了提高嵌入式以太网数据的操作精度, 减少数据运行时间, 增加数据运行灵活性以及稳定性, 方便对嵌入式以太网数据进行的有效管理, 需要对嵌入式以太网数据采集与控制系统进行设计; 当前的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法对以太网数据进行采集与控制系统设计时, 因为无法对其进行灵活、高效、全面地采集和控制, 存在数据运行盲区较多, 成本较大的问题, 所以提出一种基于 LonWorks 的嵌入式以太网采集和控制系统设计方法, 即采用局部网络方式进行数据采集, 使嵌入式以太网进行自维护、自组织、自控制的操作; 该方法先利用  $\mu\text{C}/\text{OS II}$  平台完成对嵌入式以太网数据采集与控制系统的硬件设计, 然后依据互式数据迁移技术对嵌入式以太网进行数据采集, 以采集的数据为基础, 采用模糊关联空间理论对采集得到的以太网数据进行过滤, 最后以上述过程为依据, 利用 OPC 服务器程序对过滤后的嵌入式以太网数据进行控制, 由此完成了嵌入式以太网数据采集与控制系统设计; 实验结果证明, 所提方法可以全面精确地对嵌入式以太网数据进行采集和控制, 提高以太网运行速度, 增强网络使用寿命, 为该领域研究发展提供了强有力的依据。

**关键词:** 嵌入式以太网; 数据采集与控制; 系统设计

## Embedded Ethernet Data Acquisition and Control System Design

Dai Liping<sup>1</sup>, Li Zhuoli<sup>2</sup>

(1. Foundation Department, Tongchuan Vocational and Technical College, Tongchuan 727031, China;

2. China Petroleum Changqing well training center, Xi'an 710000, China)

**Abstract:** In order to improve the operation of the embedded Ethernet data accuracy, reduces the running time data, increasing data operation flexibility and stability, convenient and effective management of embedded Ethernet data, put forward a design method of Embedded Ethernet data acquisition and control system based on LonWorks, which uses local mesh to carry on the data acquisition, the embedded Ethernet self maintenance, self organization and control operation. The method to use  $\mu\text{C}/\text{OS II}$  platform of embedded Ethernet data acquisition and control system hardware design, and then on the basis of mutual on the embedded Ethernet technology for data migration data collection, based on the acquisition of data, using the theory of fuzzy correlation space of Ethernet data filtering, finally based on the above process, use of OPC server program to control the filtered embedded Ethernet data, thus completing the embedded Ethernet data acquisition and control system design. The experimental results show that the proposed method can comprehensively accurately complete the embedded Ethernet data acquisition and control, improve the speed of Ethernet, enhance the service life of the network, the research in the field development provides a strong basis.

**Keywords:** embedded Ethernet; data acquisition and control; system design;

## 0 引言

当前, 随着计算机水平和科学技术的不断发展, 嵌入式以太网数据的采集与控制受到了人们的广泛关注和高度重视<sup>[1]</sup>。数据采集与控制系统在温度变化数据的采集与控制、水位高低数据的采集与控制、风速大小数据的采集与控制、电路压力数据的采集与控制等各个领域都有着不可或缺的作用<sup>[2]</sup>。由于嵌入式以太网数据具有不安全性、不稳定性、错综复杂性等特点<sup>[3]</sup>, 需要对其进行高精度稳定的采集与控制, 但大多数数据采集与控制系统设计方法无法对其进行高效全面地采集与控制<sup>[4]</sup>, 导致嵌入式以太网操作时无法得到精准的结果、运行速度慢、运行过程复杂。在这种情况下, 如何对嵌入式以太网数据进行全面准确的采集与控制成为了亟待解决的问题<sup>[5]</sup>。而嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法, 可以对以太网数据进行高精度的采集与控制, 是解决上

述问题的有效途径<sup>[6]</sup>, 成为了数据采集与控制系统设计研究者的主要研究课题, 同时也受到了该领域专家学者的广泛关注, 获得了很多优秀方法<sup>[7]</sup>。

文献 [8] 提出了基于 GPRS 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法。该方法首先采用 STM32F103RBT6 芯片作为嵌入式以太网数据采集与控制系统的核心芯片, 然后通过 RS485 接口设置嵌入式以太网端口以及数据采集与数据控制间隔参数, 最后以此参数为依据实现基于 GPRS 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法。该方法设计的采集与控制系统性能稳定可靠, 但实现过程相对繁琐, 消耗时间较长。文献 [9] 提出了一种基于 ARM9 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法。该方法先利用 AT91RM9200 以及嵌入式 Linux 新型数据采集与控制系统平台, 对嵌入式以太网数据采集系统与控制系统分别进行硬件设计, 然后依据 SPI 串行接口的设计实现以太网数据采集系统与控制系统的融合, 构建嵌入式以太网数据采集与控制系统优化函数, 完成对嵌入式以太网数据采集与控制系统的的设计。该方法下的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计具有强大的数据处理能力, 但存

收稿日期: 2017-04-07; 修回日期: 2017-04-26。

作者简介: 戴丽萍 (1981-), 女, 陕西富平人, 硕士, 讲师, 主要从事计算机技术应用方向的研究。

在采集数据较慢的问题。文献 [10] 提出了一种基于 FPGA 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法。该方法先将系统分为采集控制终端和控制终端两部分，两者采用 SPI 技术交互通信，然后依据多路数据采集和控制接口，对其模拟信号的数据采集模块和数据控制模块进行连接，最后利用连接结果实现基于 FPGA 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计。该方法数据采集与控制系统设计精度高，但存在数据采集不安全的问题。

针对上述产生的问题，提出一种基于 LonWorks 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法。该方法首先对嵌入式以太网数据采集与控制系统进行了硬件设计，以硬件设计为依据，对以太网数据进行采集和过滤的操作，最后以过滤结果为基础，完成了嵌入式以太网数据采集与控制系统设计。仿真实验证明，所提方法可以安全准确地对嵌入式以太网数据进行采集与控制，也证明了该方法是切实可行的。

## 1 基于 LonWorks 的以太网数据采集与控制系统设计方法

### 1.1 嵌入式以太网数据采集与控制系统结构及原理

#### 1.1.1 嵌入式以太网数据采集与控制系统结构

实现嵌入式以太网数据采集与控制系统的设计，首先利用  $\mu C/OSII$  平台完成对其的硬件设计，然后以硬件设计为基础，对以太网数据进行采集与控制<sup>[11]</sup>。嵌入式以太网数据采集与控制系统构造如图 1 所示。

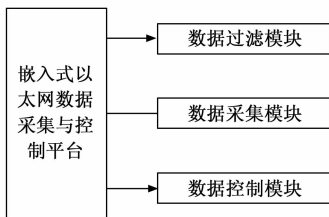


图 1 嵌入式以太网数据采集与控制系统构造

图 1 中嵌入式以太网数据采集与控制系统构造主要由数据过滤模块、数据采集模块、数据控制模块组成。在该构造中各模块可以辅助总系统的高精度数据采集与控制。图 2 是对嵌入式以太网数据采集模块的细化。

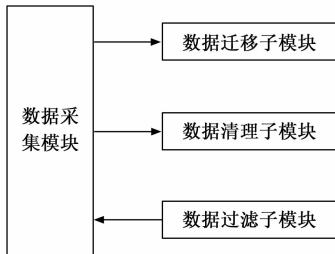


图 2 嵌入式以太网数据采集模块构造

图 2 中对嵌入式以太网数据采集模块进行了细化，在细化中将其分为：数据迁移模块、数据清理模块、在采集数据后对采集的以太网数据进行过滤的数据过滤模块。利用这三部分构建了数据采集模块关系网，该关系网可以高效安全地对嵌入式以太网数据进行采集。

#### 1.1.2 嵌入式以太网数据采集与控制系统原理

嵌入式以太网数据采集与控制系统是指将温度、压力、磁场、位移、流量等模拟量采集、转换成数字量后，再由计算机进行存储、处理、显示或打印的过程。

常用的嵌入式以太网数据采集与控制系统有两种：

1) 以为核心的数据采集系统，即刀形式。它的主要构成通常包括传感器、模拟多路开关、程控放大器、采样保持器、刀转换器、及特殊外设等组成部分。图 1 就是一个典型的采用进行控制的小型数据采集系统。这类系统具有价格低廉、体积小、结构简单、功能强大、应用灵活、稳定可靠等许多优点，因而得到了人们充分的关注并发展成熟起来，现已广泛应用于工业控制、仪器仪表以及简单的通讯设备中而且，由于功能的添加和技术的改进，它们在这些领域还占有相当的数量。这种嵌入式以太网数据采集与控制系统注重的是数据采集和控制的实时性，除了进行一些简单的数字处理之外，一般不进行大规模的数据存储，这是由单片机本身的架构所决定的。对于一些比较复杂的应用场合，比如通讯和控制领域，这种基于的数据采集系统的应用就受到限制。

2) 以计算机为控制核心的嵌入式以太网数据采集与控制系统。自从计算机问世以来，及其兼容机的应用范围越来越广泛。它不再仅仅局限于科学计算和事务管理，而是与基于的各种内总线的接口卡结合，逐渐被应用到实时数据采集等测控领域中。用于工业控制的采用了标准总线，包括工控标准总线、传输位总线一、总线、总线等总线系统间。目前的数据采集板卡一般都采用总线，可以插入主机内形成内插式工作方式。这些总线技术利用机强大的数据处理能力、丰富的软硬件资源，为数据的应用提供了非常有利的条件用户环境好，系统投运时对操作人员的培训期短软件开发便利，有许多成熟的支持程序和应用程序可利用和借鉴维护支持环境好。

#### 1.2 嵌入式以太网数据采集模块和过滤模块

以 2.1 各项信息为依据，采用交互式数据迁移技术对嵌入式以太网进行数据采集，需注意下列问题。

1) 嵌入式以太网数据分析。对被审计的嵌入式以太网数据进行分析，其中也包括将数据读懂，因为嵌入式以太网数据有很多标识，但标识的含义并不明确，所以要对嵌入式以太网数据的标识进行分解。

2) 嵌入式以太网数据采集。按照嵌入式以太网数据的依赖关系，分步执行数据采集，在这一阶段，正确的数据迁移和垃圾数据清理方法可以提高整个以太网数据采集质量。则有嵌入式以太网数据迁移函数  $E_j$ ：

$$E_j = \frac{\sum_{i=1}^m E_r}{N_m} \tag{1}$$

其中： $E_j$  代表嵌入式以太网数据迁移函数计算时第  $j$  次的值， $i$  代表嵌入式以太网采集数据个数， $m$  代表嵌入式以太网数据标识数， $E_r$  代表嵌入式以太网数据标识分解值， $N$  代表嵌入式以太网数据迁移次数。

根据上式所得嵌入式以太网数据迁移函数值，对以太网垃圾数据清理函数进行计算：

$$E_v = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \tag{2}$$

其中:  $E_n$  代表嵌入式以太网垃圾数据清理函数计算时第  $v$  次的值,  $n$  代表嵌入式以太网垃圾数据数量总数。

以嵌入式以太网迁移数据函数和嵌入式以太网垃圾数据清理函数的计算为基础, 给出嵌入式以太网数据采集公式:

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n E_j \sum_{i=1}^n v}{n} \quad (3)$$

其中:  $E_i$  代表嵌入式以太网数据采集函数值。

以上述内容为依据, 完成了对嵌入式以太网数据的采集, 将采集数据进行过滤, 有利于对其进行控制。本文采用模糊关联空间理论对嵌入式以太网数据进行过滤。为了使过滤的水平和过滤的精度更高, 将对嵌入式以太网数据过滤水平值  $\beta$  进行计算。

在进行嵌入式以太网数据过滤水平值计算时, 并非所有的以太网数据属性对以太网数据过滤实体关联度贡献都有一定大的权重, 因此需要对模糊关联空间理论值进行计算。

$$D = f_i \omega(u) * m(\theta) \quad (4)$$

其中:  $D$  代表模糊关联空间理论值,  $f$  代表嵌入式以太网数据过滤实体关联度贡献值,  $\omega$  代表嵌入式以太网数据属性值,  $u$  代表嵌入式以太网数据采集系数,  $\theta$  嵌入式以太网数据采集参数, 为一常数, 当此参数控制在 1.4~1.5 区间内嵌入式以太网数据的采集效率最高。

为了对嵌入式以太网数据进行高质量过滤, 以模糊关联空间理论值为依据, 需要对模糊关联空间理论广义积分进行计算。

$$d = \sum_{u_i \in X} m_i \quad (5)$$

其中:  $d$  代表模糊关联空间理论广义积分,  $X$  代表嵌入式以太网数据采集质量监测值。根据模糊关联空间理论广义积分, 对嵌入式以太网数据过滤水平值  $\beta$  进行计算。

输入嵌入式以太网数据过滤水平值  $\beta$ :

$$\beta = (U, K, V, F_q) q \in K \quad (6)$$

其中:  $K = C \cup D \neq \phi$ ,  $C$  和  $D$  分别代表嵌入式以太网条件属性值和决策属性值,  $\beta$  代表嵌入式以太网数据过滤水平值,  $U$  代表嵌入式以太网数据过滤误差值,  $K$  代表嵌入式以太网条件属性值和决策属性值的总交集值,  $V$  代表嵌入式以太网数据过滤效率值,  $F$  代表嵌入式以太网数据过滤节点,  $q$  代表在嵌入式以太网数据过滤节点处, 以太网条件属性值和决策属性值的交集值。

输出嵌入式以太网数据过滤水平值  $\beta$ :

$$\beta^R = (U, K, V_q^R, F_q^R) q \in K \quad (7)$$

其中:  $R$  代表嵌入式以太网数据过滤中一常量单位。

综上所述, 完成了对嵌入式以太网数据的过滤水平值  $\beta$  的计算, 由此实现了其高质量过滤操作, 为嵌入式以太网数据的控制打下了坚实的基础。

### 1.3 嵌入式以太网数据控制模块

以 2.2 各项数据为依据, 采用 OPC 服务器程序对嵌入式以太网数据进行控制。对数据进行控制时需要考虑被控制的嵌入式以太网数据对象为:

$$x = Cx + Du \quad (8)$$

其中:  $x$  代表嵌入式以太网被控制数据对象。

对上述嵌入式以太网被控制数据进行离散化, 并将最优的控制指标设定为:

$$\xi = \sum_{k=0}^{\infty} [xq + uq_2] \quad (9)$$

其中:  $\xi$  代表嵌入式以太网被控制数据进行离散化时的最优控制指标。

为了保证嵌入式以太网数据控制的时间间隔保持定常, 假设离散化的以太网数据控制状态方程如下所示。

$$x(k+1) = \varphi_c(k) + u(k) \quad (10)$$

其中:  $\varphi$  代表嵌入式以太网数据控制的时间间隔定常值。

上述对嵌入式以太网数据控制状态方程的计算, 将带有随机变延的嵌入式以太网数据控制系统转换为智能定常的数据控制系统, 使数据控制系统变得简单且高效。

以上述信息为依据, 对嵌入式以太网数据控制系数模型进行计算, 完成对以太网数据控制系统的设计。文中将嵌入式以太网数据控制系数记作  $\epsilon$ 。将嵌入式以太网线性随机系统模型融入至其数据控制系数  $\epsilon$  模型中, 用来描述以太网数据控制系统, 两者的结合获得了 7 个嵌入式以太网数据控制函数, 数据控制函数具体描述如下:

$$\epsilon_1 = x_1 + \xi_1 \quad (11)$$

$$\epsilon_2 = (x_1 + \xi_1) * (x_2 + \xi_2) \quad (12)$$

$$\epsilon_3 = (x_1 + \xi_1) * (x_2 + \xi_2) * (x_3 + \xi_3) \quad (13)$$

$$\epsilon_4 = (x_1 + \xi_1) * (x_2 + \xi_2) * (x_3 + \xi_3) * (x_4 + \xi_4) \quad (14)$$

$$\epsilon_5 = (x_1 + \xi_1) * (x_2 + \xi_2) * (x_3 + \xi_3) * (x_4 + \xi_4) * (x_5 + \xi_5) \quad (15)$$

$$\epsilon_6 = (x_1 + \xi_1) * (x_2 + \xi_2) * (x_3 + \xi_3) * (x_4 + \xi_4) * (x_5 + \xi_5) * (x_6 + \xi_6) \quad (16)$$

$$\epsilon_7 = (x_1 + \xi_1) * (x_2 + \xi_2) * (x_3 + \xi_3) * (x_4 + \xi_4) * (x_5 + \xi_5) * (x_6 + \xi_6) * \epsilon(x_7 + \xi_7) \quad (17)$$

其中:  $\epsilon$  代表嵌入式以太网数据控制系数。

通过上式的计算完成了对嵌入式以太网数据控制系统的描述。最后利用嵌入式以太网数据控制最优性能指标完成对其控制系统的设计。其最优性能指标计算公式为:

$$J(k) = E[x(N)q_N + E \sum_{K=0}^{N-1} x] \quad (18)$$

其中:  $J$  代表嵌入式以太网数据控制系统最优性能指标, 为一常数单位, 此指标控制在 0.3~0.4 区间内以太网数据控制效率最高。

综上所述, 依据嵌入式以太网数据控制最优性能指标, 完成了对嵌入式以太网数据控制系统的设计。

## 2 仿真实验结果与分析

为了证明基于 LonWorks 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法的整体有效性, 需要进行一次仿真实验。实验步骤如下:

1) 在 RTL8019AS 的环境下搭建嵌入式以太网数据采集与控制实验仿真平台。实验数据取自于清华大学微机室 100 台含有嵌入式以太网的计算机, 利用基于 LonWorks 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法对实验数据进行采集和控制, 观察系统设计方法有效性和可实现性。表 1 是不同方法下嵌入式以太网数据采集与控制效率 (%) 的对比。

表 1 不同方法下嵌入式以太网数据采集与控制效率对比

采集与控制系统设计方法	数据采集与控制效率/%
GPRS	85.3
ARM9	86.2
FPGA	75.4
LonWorks	97.8

分析表 1 可知, 文献 [8-10] 所提方法设计的嵌入式以太网数据采集与控制系统, 与本文所提方法设计的数据采集与控制系统的效率相差较大, 本文所提基于 LonWorks 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法的数据采集与控制效率较高, 明显优于文献所提方法, 证明了本文方法的可行性。表 2 是嵌入式以太网数据采集参数  $\theta$  对数据采集效率 (%) 的影响, 当此参数控制在 1.4~1.5 区间时嵌入式以太网数据的采集效率 (%) 最高。

表 2 采集参数  $\theta$  对嵌入式以太网数据采集效率影响

采集参数值	数据采集效率/%
1.2	87.9
1.3	89.5
1.4	96.7
1.5	98.5
1.6	90.3

通过表 2 可知, 嵌入式以太网数据采集参数  $\theta$  对数据采集效率有着深度影响, 当参数在 1.4~1.5 区间外时嵌入式以太网数据采集效率, 明显低于参数在 1.4~1.5 区间内, 当参数在 1.4~1.5 区间内采集效率基本在 96.7%~98.5% 之间, 进一步证明了本文所提基于 LonWorks 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法的可实现性。图 3 是文献 [9] 所提方法与本文所提方法数据过滤误差率 (%) 的对比描述。

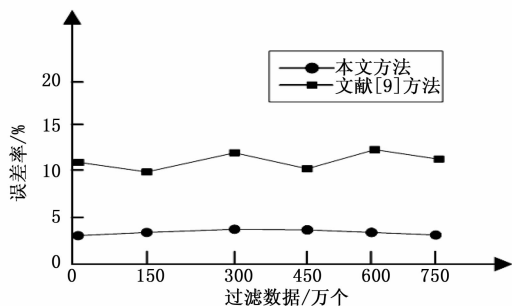


图 3 不同方法下嵌入式以太网数据过滤误差率对比

2) 采用了模糊关联空间理论对嵌入式以太网数据进行过滤。分析图 3 可知, 文献 [9] 所提嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法的误差率, 明显高于本文所提方法的误差率, 这主要是因为本文方法进行嵌入式以太网数据采集与控制系统设计时, 采用了模糊关联空间理论对嵌入式以太网数据进行过滤, 为了使数据过滤的精度更高, 对嵌入式以太网数据过滤水平值  $\beta$  进行计算, 从而完成对它的过滤。图 4 是嵌入式以太网数据控制系统最优性能指标, 对以太网数据控制精度 (%) 的影响。

由图 4 可知, 数据控制系统最优性能指标, 对嵌入式以太

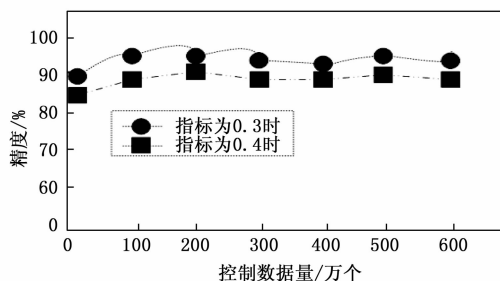


图 4 数据控制系统最优性能指标对数据控制精度影响

网数据控制精度有很大影响, 当数据控制系统最优性能指标在 0.3~0.4 区间时, 随着控制数据量的增加, 数据控制精度也在不断波动, 但在数据控制系统最优性能指标的影响下, 数据控制精度基本在 87% 以上, 此数据证明了本文所提方法可高精度地对嵌入式以太网数据进行控制, 也证明了本文方法的整体有效性, 同时也为该领域的研究发展提供了可靠依据。

仿真实验证明, 所提方法可以高精度地对嵌入式以太网数据采集与控制系统进行设计, 提高数据采集与控制的准确率, 减少嵌入式以太网数据运行时间, 增加该网络的使用寿命。

### 3 结束语

采用当前方法对嵌入式以太网数据进行采集与控制时, 无法对其进行高精度、灵活、全面地数据采集与控制, 存在嵌入式以太网数据操作复杂无序、时间长、数据采集偏差大、数据控制不得当等问题。提出一种基于 LonWorks 的嵌入式以太网数据采集与控制系统设计方法。并通过仿真实验证明, 所提方法可以高精度地对嵌入式以太网数据进行高效安全地采集与控制, 是切实可行的, 并且具有良好的借鉴价值。

#### 参考文献:

- [1] 李 勇, 张以帅, 唐广耀, 等. 基于 MSP430 的温室环境数据采集和控制系统设计 [J]. 微型机与应用, 2016, 35 (7): 94-96.
- [2] 李 明, 安书董, 路 辉. 一种高精度数据采集及控制系统设计 [J]. 航空计算技术, 2016, 46 (5): 123-126.
- [3] 李 琦, 张 康, 王月明. 基于 CoAP 协议的数据采集网关设计 [J]. 电子技术应用, 2015, 41 (6): 154-156.
- [4] 戴敏敏, 王华忠, 杨 飞, 等. EAST 电源数据采集控制系统的设计与实现 [J]. 测控技术, 2015, 34 (3): 44-47.
- [5] 王正万, 李远英. 基于 ZigBee 技术的嵌入式 Web 数据采集系统的研究与应用 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (3): 144-147.
- [6] 张志伟, 靳 鸿, 穆蔚然, 等. 基于千兆以太网的机载雷达数据采集系统设计 [J]. 现代雷达, 2016, 38 (9): 57-60.
- [7] 孙富津, 张林行, 曹家铭, 等. 基于 SOPC 的 8 通道地震数据采集系统设计 [J]. 中国测试, 2016, 42 (3): 73-76.
- [8] 陈桂平, 贺德强, 谭文举, 等. 基于 Linux+ARM 的列控设备数据采集系统设计 [J]. 电子技术应用, 2016, 42 (12): 58-61.
- [9] 郑国勋, 张晓贤, 张 华, 等. 变水头渗透仪数据采集及控制系统硬件设计与实现 [J]. 长春工程学院学报 (自然科学版), 2015, 16 (4): 82-84.
- [10] 黄晓刚, 黄品剑, 汤 剑, 等. 基于机械臂控制系统的数据采集模块研究 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (17): 145-146.
- [11] 郑琨琪, 何光宇. 智能用电网络数据采集与通信机制的研究 [J]. 中国电机工程学报, 2016, 36 (6): 1544-1551.