٣٧١٩٩

به نام خدا

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تاریخ ثبت ۱۳۸۰/۸/۲۰

دانشکده مهندسی کامپیوتر

طراحی یک شبکه DCS مبتنی بر Ethernet

013831

ابوالقاسم قاسمپور

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی کامپیوتر - هوش مصنوعی

استاد راهنما:

دکتر مرتضی آنالویی

خرداد ماه ۱۳۸۰

۳۷/۱۹۹

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

و همه آنهایی که دوستشان دارم

چکیده:

یکی از مقوله هایی که امروزه در زمینه اتوماسیون مورد توجه قرار گرفته است ، مسئله ایجاد شبکه برای کنترل فرآیندهای صنعتی است . در این زمینه ، شبکه ها و پروتکلهای متنوعی ارائه شده است. ابتدا مروری بر سیستمهای مدرنیزه استفاده شده در صنعت خواهیم داشت و به اختصار مسائل موجود در ساخت سیستمهای پیشرفته کنترلی بیان و راه حلهایی ارایه شده است. سپس سیستم DCS[1] را مورد بررسی قرار میدهیم و در این مقوله به چند نمونه از شبکه های استفاده شده از جمله شبکه Ethernet می پردازیم. پس از اینکه راه کارهایی برای طراحی و پیاده سازی یک شبکه DCS مبتنی بر Ethernet ارایه دادیم یک سیستم فرضی DCS مبتنی بر Ethernet Switch را پیشنهاد می کنیم و قسمتهای نرم افزاری این سیستم را پیاده سازی می‌کنیم.

سیستم فرضی ما دارای قسمتهای مختلف زیر می باشد:

الف) LCU : جمع آوری اطلاعات پروسه و انجام حلقه های PID و فرمانهای متوالی.

ب) DAS : پردازش اطلاعات و مدیریت خطا و رویدادهای اتفاق افتاده در پروسه.

ج) OWS : رابط اپراتوری و نمایش اطلاعات پروسه.

د) EWS : ایستگاه مهندسی.

کلمات کلیدی:شبکه های صنعتی ، سیستم کنترل توزیعی(DCS) ، پروتکل Ethernet ، سوییچ ، سیستمهای بلادرنگ ، Field Bus ، SCADA ، واحد کنترل محلی(LCU) ، OWS و EWS.

---

[1] Distributed Control System

تشکر و قدردانی

همیشه دوست داشتم پروژه ام یک پروژه کاربردی باشد تا شـاید توانسـته باشـم در راه رشـد و ترقـی میـهن عزیزمان قدمی برداشته باشم .

انجام این پروژه برمی گردد به یک سال و نیم کار مداوم و تمام وقت در شرکت مهندسی برق و الکـترونیک کرمان تابلو. در آنجا همراه با یک گروه مهندسی طراحی نرم افزار یک سیستم DCS جـهت نصـب در پـروژه بزرگ کرخه را عهده دار بودیم. به این خاطر که Ethernet از قابلیت اطمینان بالایی برخـوردار نیسـت همیشـه این شک برای ما باقی بود که مبادا این سیستم نتواند به صورت عملی پاسخگو باشد .

این مسئله باعث ایجاد جرقه ای در ذهن من شد که چه راه کارهایی برای استفاده از Ethernet در شبکه های صنعتی وجود دارد برای انجام این پروژه منابع و مراجع پیش از ۱۰ شـرکت بـزرگ سـازنده DCS را مطالعـه و بررسی کردم . اطلاعات گرفته شده از اینترنت ، مقالات ارایه شده درکنفرانسهای قبل ومجلات علمی دنیـا از جمله IEEE و کارهای انجام شده در دانشگاههای دیگر را بررسی ، مطالعه و ترجمه نمودم . حاصل کار جمع آوری مختصری است که در پیش رو می بینید.

در اینجا جا دارد از جناب آقای دکتر آنالویی استاد ارجمند که از راهنماییـهای خالصانـه ایشـان در انجـام ایـن تحقیق بهره مند شدم و پیش نویس رساله را به دقت مورد بررسی قرار داده و نظرات ارزشمندی جهت تصحیح و بهبود آن ابراز داشتند و نیز از جناب آقایان دکتر جاهد مطلق و دکتر پدرام که در نشست انجام این پایان نامه شرکت نمودند مراتب سپاس را ابراز نمایم.

برخود لازم می دانم از خانم الهام قنبری که در اتمام پروژه مرا یاری رساندند و کلیه دوستان و همکـارانم کـه همواره و بخصوص در مراحل انجام این رساله از همکاریهای بیدریغشان برخوردار بودم صمیمانه تشکر نمایم.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل ۱: مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲

فصل ۲ : معرفی اجمالی سیستم های کنترل

۲-۱ مقدمه ۹
۲-۲ پیکربندی سیستم های کنترل ۹
۲-۳ ساختار سلسله مراتبی (چند سطحی) یا روش PLC/SCADA ۹
۲-۴ روش FCS ۱۱
۲-۴-۱ Foundation Fieldbus به عنوان استاندارد ۱۲
۲-۵ روش DCS ۱۳
۲-۶ بررسی اجمالی سیستمهای کنترل توزیع شده..... ۱۸
۲-۷ مسائل موجود در ساخت یک سیستم DCS : ۱۹
۲-۷-۱ مسائل نیروی انسانی : ۱۹
۲-۷-۲ مسائل تخصصی موجود : ۲۰
۲-۷-۲-۱ حساسه ها و محرکه های هوشمند: ۲۰
۲-۷-۲-۲ REDUNDANCY: ۲۰
۲-۷-۲-۳ کنترلگرهای قابل برنامه ریزی: ۲۰
۲-۷-۲-۴ نرم افزارهای کنترلگر ها: ۲۱
۲-۷-۲-۵ خطوط ارتباطی بلادرنگ (فیلد باس): ۲۲
۲-۷-۲-۶ بخشهای ارتباط انسان ـ ماشین:... ..... ۲۳
۲-۷-۲-۷ نرم افزارهای مهندسی: ۲۴
۲-۷-۲-۸ DIAGNOSTICS : ۲۵
۲-۸ امکانات غنی تعبیه شده در استاندارد : ۲۵
۲-۹ عوامل مربوط به قابلیت اطمینان در سیستمهای کنترل و DCS : ۲۶
۲-۱۰ سخت افزار سیستم DCS ـ تست کیفیت:..... ۲۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۳ : پروتکلهای Ethernet و IP برای DCS	
۳-۱ مقدمه :	۳۰
۳-۲ پروتکل ۸۰۲/۳ برای زیر لایه مک:	۳۱
۳-۳ الگوریتم عقب گرد توانی دو دویی:	۳۳
۳-۴ مشکلات استفاده از Ethernet در شبکه های DCS :	۳۴
۳-۴-۱ نحوه پردازش پیام توسط کارت شبکه :	۳۵
۳-۴-۲ غیر قابل پیش بینی بودن ارسال پیام در زمان برخورد:	۳۵
۳-۴-۳ دلایل دیگر استفاده نکردن از Ethernet در شبکه های بلادرنگ:	۳۵
۳-۴-۴ شرایط استفاده از Ethernet در شبکه های صنعتی:	۳۷
۳-۵ ایده استفاده شده در استاندارد IEEE ۸۰۲/۴ :	۳۷
۳-۶ پیاده سازی یک پروتکل دوگانه :	۳۹
۳-۶-۱ الگوریتم پایه :	۴۰
۳-۶-۲ کنترل ورودی :	۴۲
۳-۶-۳ بحث قابلیت اطمینان :	۴۲
۳-۷ طرح تخصیص پهنای باند برای ارتباطات بلادرنگ Ethernet:	۴۳
۳-۷-۱ نیازمندیها :	۴۴
۳-۷-۲ جزئیات پروتکل :	۴۵
۳-۷-۳ اصلاح طرح تخصیص :	۴۸
۳-۸ بکارگیری سوییچ در شبکه های محلی ۸۰۲/۳ :	۵۱
۳-۸-۱ مزایای استفاده از سوییچ :	۵۲
۳-۹ استانداردهای مختلف استفاده شده در سوییچ:	۵۳
۳-۹-۱ Quality of Service(QoS):	۵۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۹-۲ بررسی استاندارد IEEE 802.1 P,Q :	۵۴
۳-۹-۳ استاندارد Vlan:	۵۵
۳-۹-۴ اولویت بندی در Switch :	۵۶
۳-۹-۴-۱ روش اولویت IP و نوع سرویس:	۵۷
۳-۹-۴-۲ صف فریمها :	۵۷
۳-۹-۴-۳ الگوریتمهای مختلف صف بندی:	۵۸
۳-۹-۴-۴ انواع ترافیک :	۶۱
۳-۹-۵ استاندارد RSVP:	۶۲
۳-۹-۶ استاندارد ISSLL :	۶۳
۳-۱۰ مشکلات مربوط به سوییچ و ارایه راه حلهای مربوطه:	۶۳
۳-۱۰-۱ Broadcast کردن پیامها :	۶۳
۳-۱۰-۲ Redundancy در سوییچ:	۶۳
۳-۱۰-۳ افزایش سرعت سوییچ:	۶۳
۳-۱۰-۴ مسایل مربوط به Interoperabilty و Internetworking:	۶۴
۳-۱۰-۵ پشتیبانی کردن از Multicast در سوییچ:	۶۴
۳-۱۰-۶ جلوگیری از وقوع تراکم :	۶۴
۳-۱۰-۷ روش پردازش پیامهای ورودی:	۶۵
۳-۱۰-۸ QoS ضمنی و صریح:	۶۶

فصل ۴ : معماری DCS مبتنی بر Ethernet-Switch

۴-۱ مقدمه :	۶۹
۴-۲ معماری شبکه :	۷۰
۴-۲-۱ سیستمی با QoS ضمنی :	۷۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۲-۲ یک سیستم DCS بدون QoS:	۷۰
۴-۲-۳ تقسیم به قطعات کوچکتر با HUB و دو کارت شبکه بر روی DAS :	۷۱
۴-۲-۴ از بین بردن روش backbone و رسیدن به پهنای باند بیشتر :	۷۲
۴-۲-۵ سرعت بیشتر - حذف bottlenecks :	۷۲
۴-۲-۶ ارتباطات Full Duplex:	۷۳
۴-۳ مشخصات سیستمهای DCS مبتنی بر Ethernet Switch:	۷۴
۴-۴ سیستم DCS مرکب از Ethernet و Fieldbus :	۷۵
۴-۵ استفاده از Ethernet در تمام واحدهای سیستم DCS:	۷۶
۴-۶ معماری سیستمهای بلادرنگ مبتنی بر سوییچ :	۷۷
۴-۶-۱ انواع سوییچ :	۷۷
۴-۶-۲ توپولوژی ستاره در Ethernet Switch:	۷۸
۴-۶-۳ توپولوژی حلقه در طراحی سیستم DCS:	۸۰
۴-۷ High Availability IA Network :	۸۱
۴-۷-۱ تشخیص خطاهای Single Point:	۸۱
۴-۷-۲ ارایه یک سیستم DCS با Redundancy کامل:	۸۳
۴-۸ مقایسه یک DCS مبتنی بر Ethernet Switch با یک شبکه FieldBus :	۸۴
۴-۹ ارایه سوییچ نمونه CATALYST-2948G:	۸۹
فصل ۵ : پیاده سازی نرم افزاری سیستم کنترل توزیعی	
۵-۱ مقدمه :	۹۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۲ بخش DAS :	۹۳
۵-۳ بررسی تفصیلی بخشهای مختلف سیستم DAS :	۹۵
۵-۳-۱ لایه COM یا Communication Handler :	۹۶
۵-۳-۱-۱ نحوه Login یک ایستگاه جدید :	۹۶
۵-۳-۲ لایه پردازش پیامهای ایستگاهها (LCU , OWS) :	۹۷
۵-۳-۲-۱ لایه پردازش پیام ایستگاههای OWS :	۹۷
۵-۳-۲-۲ لایه پردازش پیام ایستگاههای LCU :	۹۸
۵-۳-۳ هسته مرکزی DAS یا AEH (Alarm Event Handler) :	۹۹
۵-۳-۳-۱ پردازش پیامهای LCU (ProcessLCUmessage):	۹۹
۵-۳-۳-۲ پردازش پیامهای OWS (ProcessOWSmessage):	۱۰۰
۵-۳-۴ INI یا Database Intitializer :	۱۰۱
۵-۳-۵ شرح وظایف DSP (Disk Spooler):	۱۰۲
۵-۳-۶ شرح وظایف AEP (Alarm Event Printer):	۱۰۳
۵-۳-۷ Mutex های استفاده شده در برنامه :	۱۰۳
۵-۳-۸ mailslot های استفاده شده در برنامه :	۱۰۴
۵-۴ ساختار پیامهای DAS-OWS در سیستم DCS :	۱۰۵
۵-۵ ایستگاه کاری اپراتوری (OWS) :	۱۰۷
۵-۵-۱ برخی از صفحات قابل استفاده جهت نمایش اطلاعات:	۱۰۷
۵-۶ واحد مهندسی(EWS) :	۱۱۲
۵-۶-۱ نرم افزار ایستگاه مهندسی EWS :	۱۱۳
۵-۷ راهکارهای نرم افزاری جهت بالا بردن سرعت در سیستم DAS:	۱۱۵
۵-۷-۱ ویژگیهای کاربردی پروتکل:	۱۱۵
۵-۷-۱-۱ روش دریافت اطلاعات :	۱۱۵
۵-۷-۱-۲ دریافت کل اطلاعات ایستگاه در اولین تماس :	۱۱۵
۵-۷-۱-۳ پروتکل RBE :	۱۱۶
۵-۷-۱-۴ امکان دسته بندی مقادیر :	۱۱۶
۵-۷-۱-۵ امکان جمع آوری و ارسال خطاهای سیستم LCU :	۱۱۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۷-۱-۶ امکان جمع آوری آمار خطاهای ارتباطی :	۱۱۶
۵-۷-۱-۷ امکان پیکره بندی LCU :	۱۱۶
۵-۷-۱-۸ امکان کم الویت نمودن ایستگاههای بي‌جواب :	۱۱۶
فصل ۶ : نگاهی دقیقتر به سیستم LCU	
۶-۱ مقدمه	۱۲۰
۶-۲ وظایف LCU ها	۱۲۰
۶-۳ مشخصات سیستم LCU	۱۲۱
۶-۴ سرویس های لایه لینک داده	۱۲۵
۶-۴-۱ نحوه تبادل اطلاعات و تفسیر فریم های اطلاعاتی	۱۲۵
۶-۵ استراتژی Polling در DAS	۱۲۷
۶-۵-۱ مرحله آغازین (Initialization State)	۱۲۷
۶-۵-۲ مرحله کار عادی (Normal State)	۱۲۷
۶-۵-۳ مرحله زمانی (Timed State)	۱۲۷
۶-۵-۴ مرحله وقفه ای (Interrupt State)	۱۲۷
۶-۵-۵ مرحله خطا (Error State)	۱۲۸
۶-۶ ویژگیهای کاربردی پروتکل	۱۲۸
۶-۶-۱ دریافت کل اطلاعات ایستگاه در اولین تماس	۱۲۸
۶-۶-۲ پروتکل RBE	۱۲۸
۶-۶-۳ امکان دسته بندی مقادیر :	۱۲۸
۶-۶-۴ امکان جمع آوری و ارسال خطاهای سیستم LCU	۱۲۸
۶-۶-۵ امکان جمع آوری آمار خطاهای مخابراتی	۱۲۹
۶-۶-۶ امکان پیکره بندی از راه دور	۱۲۹
۶-۶-۷ امکان کم الویت نمودن ایستگاههای بی جواب	۱۲۹
۶-۷ سطوح مختلف LCU	۱۲۹
۶-۷-۱ سطح اول OPI (Operator Interface)	۱۲۹
۶-۷-۲ سطح دوم SDP	۱۳۰

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶-۷-۳ سطح سوم IOH (Input / Output handling):	۱۳۱
۶-۸ مقدمه ای بر نرم افزارهای سیستم (LCU) :	۱۳۳
۶-۸-۱ VME-LCU :	۱۳۳
۶-۸-۲ مدل نرم افزاری:	۱۳۳
۶-۸-۳ مشخصات نرم افزاری سیستم کنترل VME-LCU :	۱۳۵
۶-۸-۴ مدل نرم افزاری X-LCU:	۱۳۷
۶-۸-۵ نرم افزار سیستم کنترل LCU :	۱۴۰
۶-۹ بخشهایی مهم واحد LCU :	۱۴۲
۶-۹-۱ مدول های مختلف VME-LCU :	۱۴۵
۶-۹-۲ مدول های مختلف X-LCU :	۱۴۸
۶-۱۰ Remote Engineering Terminal :	۱۵۰
فصل ۷ :نتیجه گیری	
۷-۱ مقدمه :	۱۵۲
۷-۲ مقایسه شبکه های مبتنی بر Ethernet با شبکه های FieldBus :	۱۵۲
۷-۳ اتصال به شبکه جهانی اینترنت :	۱۵۶
فصل ۸ : منابع و مراجع	
۸-۱ منابع و مراجع	۱۵۸
ضمایم	
ضمیمه ۱ : جزئیات محاسبات زمانی Ethernet با ترافیک بلادرنگ	۱۶۱
ضمیمه ۲ : جزئیات محاسبات زمانی Ethernet با ترافیک بلادرنگ و غیر بلادرنگ	۱۷۱
ضمیمه ۳ : چگونگی برنامه نویسی شبکه تحت TCP/IP با استفاده از سوکت	۱۸۱
ضمیمه ۴ : استاندارد IEC 1131.3	۱۸۷

فهرست اشکال و جداول

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : نمایی از یک سیستم DCS ۳

شکل ۱-۲ : هرم سیستم DCS ۳

شکل ۲-۱ : نمایی از یک سیستم PLC/SCADA ۱۰

شکل ۲-۱ : ساختار یک سیستم DCS ۱۴

شکل ۳-۱ : قالب قاب ۸۰۲/۳ ..... ۳۱

شکل ۳-۲ : تشخیص برخورد در زمان 2τ انجام می شود ۳۲

شکل ۳-۳ : برخورد عامل اصلی در غیر قطعی شدن پروتکل Ethernet ۳۴

شکل ۳-۴ : یک شبکه Ethernet 10Mbps اشتراکی ۳۶

شکل ۳-۵ : گذرگاه نشانه ۳۸

شکل ۳-۶ : نمونه مشخصی از شبکه ۴۱

شکل ۳-۷ : Constant RT Session Size ۴۳

شکل ۳-۸ : ساختار Frame در TDMA-Ethernet ۴۴

شکل ۳-۹ : فرمت بسته ۴۵

شکل ۳-۱۰: دیاگرام حالت پروسه تخصیص پهنای باند ۴۷

شکل ۳-۱۱: دیاگرام حالت پروسه تخصیص باند ۴۹

شکل ۳-۱۲: طرح اصلاح شده تخصیص پهنای باند ۵۱

شکل ۳-۳ : شبکه محلی ۸۰۲/۳ راه گزینی ۵۱

شکل ۳-۱۴: Header پروتکل اینترنت ۵۷

شکل ۳-۱۵: الگوریتم صف بندی بلادرنگ(RTO) ۵۹

شکل ۳-۱۶: رفتار اولویت صف ۶۰

شکل ۳-۱۷: رفتار Custom Queuing ۶۰

شکل ۳-۱۸: یک شبکه Ethernet-Switch با QoS ضمنی ۶۶

شکل ۳-۱۹: شبکه Ethernet-Switch با QoS صریح ۶۷

شکل ۴-۱ : سیستمی با QoS ضمنی ۷۰

شکل ۴-۲ : شبکه DCS مبتنی بر Backbone بدون QoS ۷۱

شکل ۴-۳ : بلوک دیاگرام اجزای سیستم DCS مبتنی بر HUB ۷۱

شکل ۴-۴ : از بین بردن روش backbone با استفاده از سوییچ در شبکه DCS ۷۲

فهرست اشکال و جداول

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۵ : استفاده از Fast Ethernet در رابطه با DAS ها ۷۳

شکل ۴-٦ : ارتباطات Full-Duplex همراه با سوییچ باعث حذف برخورد می گردد..... ۷۳

شکل ۴-۷ : مقایسه دامنه استفاده از Ethernet در لایه های مختلف شبکه DCS با پروتکلهای دیگر شبکه ۷۵

شکل ۴-۸ : شبکه ای مرکب از Ethernet وfieldbus ۷٦

شکل ۴-۹ : استفاده از Ethernet در تمام دامنه های سیستم ۷۷

شکل ۴-۱۰: شبکه ای متشکل از WorkGroup و Backbone..... ۷۸

شکل ۴-۱۱: توپولوژی یک شبکه فرضی در IA..... ۷۸

شکل ۴-۱۲: توپولوژی استار..... ۷۹

شکل ۴-۱۳: توپولوژی حلقه ۸۰

شکل ۴-۱۴: توپولوژی Ring در شبکه Ethernet ۸۱

شکل ۴-۱۵: مدیریت Redundancy ۸۲

شکل ۴-۱٦: بروز خطا در شبکه Ethernet Ring..... ۸۲

شکل ۴-۱۷: ایجاد ارتباط فیزیکی در سوییچ در زمان تشخیص قطعی شبکه..... ۸۳

شکل ۴-۱۸: یک شبکه کاملا Redundant..... ۸۳

شکل ۴-۱۹: یک شبکه Master/Slave مبتنی بر RS485 ..... ۸۴

شکل ۴-۲۰: همان شبکه بالا با استفاده از پروتکل Ethernet –Switch ۸۵

شکل ۴-۲۱: نحوه ارسال دیتا مطابق سناریوی شماره ۱..... ۸۷

شکل ۵-۲ : واحدهای مختلف DAS وچگونگی ارتباط با دیگر سیستمها ۹۵

شکل ۵-۳: نمایش کلی از نمای سیستم ۱۰۸

شکل ۵-۴ : نمایش وضعیت یک نقطه..... ۱۱۰

شکل ۵-۵ : نمایی از انواع آلارمها ۱۱۱

شکل ٦-۱ : نمایی ازیک پروسه صنعتی و یک نوع LCU..... ۱۲۰

شکل ٦-۲ : بخشهای مختلف نرم افزار LCU و ارتباط آنها با یکدیگر ۱۳۴

شکل ٦-۳ : مدولهای مختلف سیستم عامل OS-9 و ارتباط آنها ۱۳٦

شکل ٦-۴ : نحوه قرارگیری مدولها و ارتباط آنها..... ۱۴۳

شکل ٦-۵ : نحوه ارتباط مدولهای مختلف در VME-LCU..... ۱۴۴

شکل ٦-٦ : نحوه ارتباط سیگنالهای پروسه با مدولهای مختلف پروسه..... ۱۴۷

شکل ٦-۷ : نحوه اتصال مدولها و ارتباط انها در کامپیوتر X-Bus ۱۴۸

فهرست اشکال و جداول

عنوان **صفحه**

شکل ٦-٨ : نحوه ارتباط مدولهای مختلف در X-LCU ١٢٩

شکل ٧-١ : پیشرفت Ethernet به پایین ترین سطح ١٥٢

شکل ٧-٢ : آینده شبکه های صنعتی..... ١٥٥

شکل ٧-٣ : نمونه ای از گزارشات MIS و MES ١٥٦

فهرست جداول

جدول ١-١ : مقایسه ای از شبکه های مختلف استفاده شده در صنعت ٢

جدول ٢-١ : تعدادی از سازندگان Fieldbus ١٣

جدول ٣-١ : مثال مجموعه رشته ها(interslot time =0.5 ms) ٥٠

جدول ٣-٢ : رنج Frame Time (γ =2.5 ms) ٥٠

جدول ٣-٣ : جدول تخصیص (F=14.0) ٥٠

جدول ٣-٤ : ایجاد اولویت کاربر ٥٦

جدول ٣-٥ : یک نگاشت کلاس ترافیک به اولویت کاربر پیشنهادی..... ٥٨

جدول ٣-٦ : نگاشت کلاس ترافیک به نوع ترافیک ٦١

جدول ٣-٧ : نگاشت کلاس ترافیک به اولویت کاربر ٦١

جدول ٤-١ : سناریوهای مختلف استفاده شده در شبکه IA..... ٨٥

جدول ٤-٢ : فاصله زمانی ارسال پیام از کنترل Master به سوییچ محلی ٨٦

جدول ٤-٣ : فاصله زمانی ارسال پیام از سوییچ محلی به هر کدام از بلوکهای I/O..... ٨٦

جدول ٤-٤ : فاصله زمانی ارسال پیام از یک سوییچ محلی به سوییچ محلی دیگر..... ٨٦

جدول ٤-٥ : سناریوی ١ -10/100/10 Mbps ٨٧

جدول ٤-٦ : زمان Scan Time مطابق سناریوی ١ (Scan Time =34 x 67.2µs= 2.285 ms) ... ٨٨

جدول ٤-٧ : زمان ST در سناریوی٢ (Stime = (32 x 6.72µs)+(2 x 67.2µs) = 349.4µs) ٨٨

جدول ٤-٨ : زمان ST در سناریوی ٣ (Scan time = (34 x 6.72µs) = 228.5 µs) ٨٨

جدول ٤-٩ : زمان ST در سناریوی ٤ (Stime = (32 x 0.672µs)+(2 x 6.72µs) = 34.9 µs) ٨٨

جدول ٤-١٠: خلاصه محاسبات زمانی مربوط به چهار سناریو ٨٩

جدول ٤-١١: خلاصه محاسبات زمانی مربوط به چهار سناریو در حالت ترافیک غیر بلادرنگ در شبکه ... ٨٩

جدول ٥-١ : فایلهای موجود در RealTime DataBase (RTDB) ١٠٢

جدول ٦-١ : برخی از مشخصات سخت افزاری کامپیوتر صنعتی VME-BUS ١٢٣

جدول ٦-٢ : برخی از مشخصات سخت افزاری کامپیوتر صنعتی X-Bus..... ١٢٨

جدول ٧-١ : مقایسه شبکه های مبتنی بر Ethernet با سیستمهای Fieldbus..... ١٥٢

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران