

طراحی و پیاده‌سازی یک شبکه سریال برای سیستم‌های میکروکنترولی مبتنی بر پروتکل RS232

پیام سنائی^۱

گروه برق- الکترونیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

E-mail: Paiaam_sanaee@yahoo.com

چکیده

در حال حاضر یکی از مطرح‌ترین و مهم‌ترین مباحث در علم کنترل پیاده‌سازی نمودن سیستم‌های اتوماتیک و دستگاه‌های اندازه‌گیری توسط میکروکنترلرها می‌باشد. میکروکنترلرها، بدلیل کارآمدی، اقتصادی بودن و سادگی سخت افزار مصارف فراوانی در صنعت پیدا نموده‌اند. پیشرفت‌های فراوانی که در سه دهه اخیر با ارائه میکروکنترلرهای جدید و قوی انجام گرفته است، ما را برآن داشت تا این بحث را با یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های اخیر علم سخت‌افزار یعنی شبکه‌های کامپیوتری، ادغام نماییم. جهت حصول به این امر، معماری و پروتکل نرم‌افزاری تهیه و طراحی گردید تا از طریق آن بتوان شبکه کامپیوتری محلی را برای میکروکنترلرها مبتنی بر درگاه سریال و پروتکل RS232 ایجاد نمود. در این شبکه محلی از یک کامپیوتر PC به عنوان سرویس دهنده Server استفاده نموده و هر سیستم میکروکنترولی یک سرویس گیرنده Client می‌باشد. در این شبکه امکان تبادل اطلاعات و انتقال فایل وجود دارد. استفاده از درگاه سریال باعث گردیده تا بتوان چندین سیستم میکرو کنترلی را نیز بدون نیاز به کارت شبکه به سادگی به یکدیگر متصل نمود. در این مقاله توضیحاتی چند در ارتباط با معماری و عملکرد نرم افزاری سیستم‌ها داده خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های کامپیوتری – درگاه سریال – میکروکنترلرها

مقدمه

این است که بدلیل متمرکز بودن سیستم کنترلی PLC, PC و بُعد مسافت و پراکندگی احساسگرها (Sensors) نمی‌توان به طور مستقیم سیگنال‌های اطلاعاتی به ویژه آنالوگ را به آنها متصل نمود لذا در این سیستم‌ها فرستنده‌ها (Transmitters) نقش بارزی را ایفا می‌کنند. افزایش طول خطوط ارتباطی آنالوگ باعث می‌شود تا اغتشاش و اعوجاج در سیگنال آنالوگ مشاهده شده و همچنین بدلیل مقاومت داخلی خطوط انتقال سیگنال اطلاعاتی دچار افت می‌شود [2]. افزایش تعداد سیگنال‌های

امروزه اغلب سیستم‌های کنترلی به سه صورت زیر پیاده‌سازی می‌شوند.

- PC Base.
- PLC Base.
- Microcontroller Base.

که هر کدام از موارد فوق دارای مزایا و معایب می‌باشند [1]. یکی از مشکلات سیستم‌های اول و دوم در

¹ عضو هیات علمی گروه برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

اندازه‌گیری تعداد محدودی از پارامترها و یا کنترل درگاه‌های ورودی/خروجی را خواهند داشت.

وظیفه انجام پردازش اولیه روی داده‌ها، استنتاج و تصمیم‌گیری به عهده سیستم میکروکنترلی می‌باشد که این کار را هم با حداکثر سرعت و دقت انجام می‌دهند. از کنار هم قرار دادن این واحدهای مستقل می‌توان یک سیستم بسیار بزرگ را پیاده سازی نمود هر واحد بطور مستقل دارای پردازنده بوده و بصورت موازی عملیات پردازش و استخراج اطلاعات را از داده‌های خام انجام می‌دهند. این سیستم می‌تواند نوعی سیستم کنترلی توزیع‌شده^۳ باشد. همچنین چون سیستم ها کوچک و مجتمع می‌باشند برای نمایش اطلاعات از نمایشگرهای هفت قسمتی، LEDها و صفحات LCD به فراخور استفاده می‌شوند. اینجا است که نیاز به یک شبکه انتقال اطلاعات و دستورات مابین میکروها احساس می‌گردد [2,3].

در اینجا مناسب است که از یک کامپیوتر PC به عنوان سرور استفاده^۴ شبکه استفاده کرد. اگر بستر نرم‌افزاری WIN XP را انتخاب نماییم از این کامپیوتر نه تنها به عنوان یک متمرکز کننده اطلاعات می‌توانیم استفاده نماییم بلکه می‌توان اطلاعات دریافتی را در هم دیگر تلفیق^۵ نموده و حتی برخی از پردازش‌های سنگین و زمان‌بر را که نیاز به پردازنده قوی‌تری دارند در این کامپیوتر PC انجام داد. با توجه به امکانات نمایشی^۶، بانک‌ها اطلاعاتی^۷، صفحات گسترده^۸ می‌توان گزارشات، جداول، گراف‌ها و نمودارها ترسیم نموده و چاپ نماید. همچنین بدلیل وجود دستگاه‌های ذخیره‌سازی اطلاعات با حجم بالا^۹، امکان امکان دسترسی به شبکه‌های محلی^{۱۰} و دور از طریق مودم^{۱۱} و اینترنت توانایی ثبت داده‌ها و انتقال آنها وجود دارد که این امر در شکل ۱ نمایش داده شده است. بدین ترتیب کامپیوتر عمل جمع‌آوری اطلاعات و ذخیره‌سازی،

آنالوگ باعث افزایش تعداد خطوط ارتباطی نیز گشته و از لحاظ اقتصادی هزینه‌های کابل کشی افزایش می‌یابد. از دیگر مشکلات در سیستم‌های کنترلی PC Base این است که طراحی و ساخت کارت‌های I/O بر اساس گذرگاه‌های PCI که هم‌اکنون در کامپیوترهای PC استفاده می‌شوند و مدیریت منابع وقفه‌دهنده و تبادل اطلاعات در سیستم عامل Windows پیچیده بوده نیاز به نوشتن چهارگردان‌های (Device Driver) بر اساس WDM, VXD دارد.

همچنین بدلیل Multitask بودن این سیستم عامل حجیم، مشکلات زمان حقیقی^۱ نبودن و عدم قابلیت اعتماد^۲ بالا را دارا می‌باشد. مشکل اصلی هنگامی آشکار می‌شود که با افزایش تعداد درگاه‌های ورودی/خروجی، حجم محاسبات مربوط به پیش‌پردازش‌های اولیه روی داده‌ها نظیر و فیلترهای دیجیتال نیز افزایش چشمگیری می‌یابند و دیگر کامپیوتر به تنهایی توانایی کنترل درگاه‌های ورودی/خروجی را نخواهد داشت.

اما در سیستم‌های کنترلی بسیار کوچک و دستگاه‌های اندازه‌گیری متداول و معمول در صنایع میکروکنترلرها به کمک تراشه‌های جانبی نوین و پیشرفته‌ای مانند A/Dهای دقیق و EEPROMها و... مناسب‌ترین انتخاب می‌باشند. از مزایای سیستم‌های میکروکنترلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱ - سادگی سخت‌افزاری و ابعاد فیزیکی کوچک.

۲ - اقتصادی بودن و هزینه پایین.

۳ - نگارش برنامه در سطح زبان اسمبلی و در نتیجه سرعت بالای پردازش.

همچنین می‌توان از این سیستم‌ها بصورت توزیع شده استفاده نمود. بدلیل تعداد درگاه‌های ورودی و خروجی و سرعت میکرو، هر کدام از این دستگاه‌ها وظیفه

³ Distributed Control System

⁴ Server

⁵ Data fusion

⁶ Visual

⁷ Data base

⁸ Spread sheet

⁹ Mass storage device

¹⁰ Local Area Network

¹¹ Modem

¹ Real time

² Reliability

ثبت و نمایش آنها را انجام می‌دهد و می‌توان از آن به عنوان یک ثبت کننده اطلاعات¹ استفاده نمود. حتی اگر نرخ ورودی اطلاعات در حد قابل قبولی باشد می‌توان عملیات کنترلی را نیز به عهده کامپیوتر سپرد [3,4,5].

معماری شبکه

بدلیل اینکه اکثر قریب به اتفاق میکروکنترلرها دارای درگاه سریال بوده و کامپیوترها هم دارای درگاه های سریال می‌باشند. راحت ترین طریق تبادل اطلاعات بین سیستم ها و کامپیوتر استفاده از انتقال اطلاعات سریال مبتنی بر پروتکل های RS232, RS422, RS485 می‌باشد. از مزایای انتقال اطلاعات به صورت سریال غیر همزمان² بودن بودن عمل تبادل اطلاعات و این بدان معنا است که برای انتقال اطلاعات نیازی به ارسال پالس ساعت نیست بنابراین امر تبادل اطلاعات ساده تر شده و کانال های ارتباطی کاهش می‌یابد. هاز دیگر مزایای انتقال اطلاعات با استفاده از پروتکل RS232 اینکه به سادگی توسط مدارات واسط می‌توان داده‌ها را به صورت رادیویی³ و یا مادون قرمز⁴ ارسال نمود. هم‌اکنون تراشه‌هایی مبدلی⁵ وجود دارند که پروتکل RS232 را به USB و Bluetooth تبدیل می‌نمایند [6,7].

از معروف ترین توپولوژی‌هایی که می‌توان برای لینک های مخابراتی در نظر گرفت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [2].

- STAR
- RING
- BUS

که هر کدام از این ساختارها مزایا و معایب خاص خود را دارا می‌باشند. اگر چه در توپولوژی Star ارتباط بین کامپیوتر Server و سیستم های میکروکنترلری مستقیم و یک به یک بوده (Peer to Peer) و از حداکثر سرعت تبادل داده‌ها برخوردار است اما به دلیل محدودیت تعداد درگاه‌های سریال کامپیوتر این توپولوژی مناسب نمی‌باشد.

البته در صورت لزوم می‌توان از سیستم های Multi Port به عنوان کسترش دهنده درگاه‌های سریال استفاده نمود تا تعداد درگاه‌های سریال را در کامپیوتر افزایش دهیم. توپولوژی Ring نیز به لحاظ پیاده‌سازی ساده می‌باشد اما مشکلات حجم بالای تبادل اطلاعات و ترافیک بالای خط را دارد. از بین توپولوژی‌های مختلف توپولوژی Bus به عنوان زیرساخت ارتباطی بین واحدهای میکرو کنترولی انتخاب کردیم. خاطر نشان می‌نماییم که نحوه ارتباط سریال در واحدهای سخت افزاری و کامپیوتری بصورت Null Modem است. در این شبکه از کامپیوتر PC به عنوان Server استفاده می‌نماییم. نکته مهم دیگر در این معماری این است که خط Send کامپیوتر را به خطوط Recive تمامی میکروکنترلرها متصل کرده و خطوط Send میکروکنترلرها را توسط بافرهای سه‌حالت یا گیت‌های Open Collector به یکدیگر متصل نموده و سپس به خط Recive درگاه سریال کامپیوتر PC متصل می‌کنیم.

پروتکل ارتباطی

در اینجا وظیفه زمانبندی و مدیریت تبادل اطلاعات به عهده کامپیوتر PC است. اطلاعاتی که کامپیوتر ارسال نماید تمام واحدهای سخت‌افزاری دریافت می‌کنند. هر واحد سخت‌افزاری دارای یک شماره شناسایی یکتا⁶ ی ۸ بیتی می‌باشد و در ابتدا همگی در مُد گیرندگی اطلاعات قرار دارند. سپس کامپیوتر بر اساس یک جدول زمانبندی از پیش تعیین شده مبتنی بر اولویت‌های زمانی هر واحد، پیام کنترلی درخواست اطلاعات⁷ از واحد n ام را ، ارسال می‌نماید. تمامی واحدهای سخت‌افزاری این پیام را دریافت می‌نمایند و شماره واحد انتخاب شده را با شماره خود مقایسه نموده و در صورت برابری بسته اطلاعاتی⁸ را ارسال می‌نمایند. در این هنگام کانال ارتباطی به واحد n ام تخصیص داده شده است و دیگر احتمال تصادم⁸ اطلاعات

⁶ RFD (Request For Data)

⁷ Data packet

⁸ Collision

¹ Event recorder

² Asynchron

³ Radio frequency

⁴ Infrared (IrDA)

⁵ Bridge

می‌یابد. در انتها با استفاده از یک بایت انتهای بسته اطلاعاتی را مشخص می‌نمایم.

نرم‌افزار گردآوری اطلاعات

برنامه نوشته شده SNET نام دارد. این نرم افزار توسط کامپایلر Visual C++ 6.0 و به کمک یک کی از OCX های پر قدرت بنام MSComm تهیه گردیده است. در این برنامه پایگاه اطلاعاتی ایجاد شده و رکورد اطلاعاتی نظیر هر واحد سخت افزاری شامل شماره کارت، بازه زمانی مراجعه به کارت، شماره اولویت و تقدّم، یک کلاس صف حلقوی جهت ارسال اطلاعات و نیز کلاس صف حلقوی جهت دریافت اطلاعات می‌باشد. این کلاس دارای توابعی جهت ذخیره سازی و بازیابی اطلاعات می‌باشد. در این برنامه یک زمان سنج وظیفه اندازه گیری زمان را به عهده دارد. به ازای هر برهه زمانی با مراجعه به جدول، دستگاه‌های که نیاز به سرویس دارند مشخص شده و دستگاه‌های مشخص شده را بر اساس اولویت مرتب می‌نماید. به هنگام ارسال اطلاعات، صرفاً از طریق بسته فرمان اطلاعات به کارت های سخت افزاری ارسال گشته و به هنگام دریافت، داده‌ها را از بسته اطلاعاتی برگشتی استخراج می‌گردد و در نهایت واسط تبادل اطلاعات بافرهای حلقوی می‌باشند. از طریق این برنامه می‌توان داده‌ها را با سایر برنامه‌های سطح بالا با متدهای متعددی تبادل کرد.

نتیجه گیری

این برنامه به همراه سخت افزارهای مربوطه، مراحل تست خود را سپری نموده است. از این مجموعه برای اندازه گیری دما و فشار در بخش های مختلف برج تقطیر الکل کارخانه ارومیه و همچنین انجام امر توزین بالمیل ها و هاپرها در کارخانه کاشی مرجان شماره ۲ اصفهان استفاده شده است. نرخ تبادل اطلاعات 9600 bps هنگامی که متوسط زمان سرکشی هریک از کارت های سخت افزاری از مقدار 150ms کمتر باشد ترافیکی در خطوط احساس نمی‌شود.

پیشنهاد می‌گردد که در ادامه کار از درگاه های USB استفاده گردد. مخصوصاً گذرگاه های I²C, SPI که امروزه

روی خطوط ارتباطی وجود نداشته و ترافیک خطوط ارتباطی کاهش می‌یابد. در صورتی که کامپیوتر پاسخی از واحد n ام در ظرف مدت t ثانیه¹ دریافت ننماید مجدداً پیام درخواست دریافت اطلاعات از این واحد را ارسال می‌کند. این کار حداکثر سه بار تکرار می‌شود. در صورتی که پیامی از واحد n ام دریافت نشد کامپیوتر PC این دستگاه را خاموش فرض نموده از لیست دستگاه‌های فعال حذف می‌نماید.

بسته‌های اطلاعاتی، وظیفه جابجایی اطلاعات چه مربوط به فرامین سیستم‌های موجود در شبکه و چه داده‌های پیام و نیز انتقال فایل‌ها را بر عهده دارند. در بسته‌های فرمان، وابسته به فرمانی که به سرویس گیرنده از طرف سرویس دهنده می‌رسد و چه بالعکس، تصمیم مناسب اتخاذ شده و عملیات مورد درخواست انجام می‌گیرد. در اینجا دو نوع بسته اطلاعاتی وجود دارد. که یکی فرمان و دیگری اطلاعات می‌باشد. آرایش و قالب بسته فرمان در شکل ۳ نمایش داده شده است.

در بایت اول از Command Packet کد انحصاری 0AH نشانه آغاز یک بسته فرمان می‌باشد. بایت دوم شماره دستگاه درخواست کننده (که در اینجا کامپیوتر بوده و 00H می‌باشد) قرار دارد. در بایت سوم شماره دستگاهی را که مایل به برقراری ارتباط با آن می‌باشیم قرار می‌دهیم. و بنابراین حداکثر ۲۵۵ دستگاه میکروکنترلی خواهیم داشت. چهار بایت بعدی را برای مشخص نمودن مثلاً کانال ارتباطی و یا شماره I/O داخلی همچنین اطلاعاتی که به دستگاه خروجی ارسال می‌نماییم، می‌توانیم استفاده کنیم. در انتها از یک بایت نشان دادن خاتمه بسته استفاده می‌کنیم.

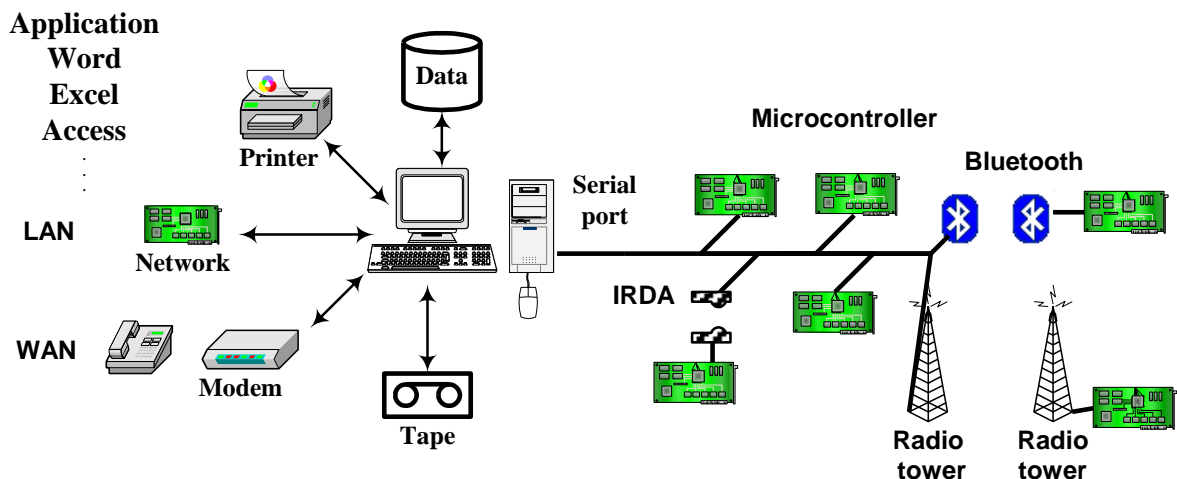
در بایت اول از DATA Packet کد انحصاری 05H بیانگر آغاز بسته اطلاعاتی می‌باشد. بایت دوم شماره واحد سخت‌افزاری ارسال کننده داده‌ها را مشخص می‌کند. بایت بعدی طول بخش اطلاعات را مشخص می‌کند. که حداکثر ۲۵۵ بایت می‌تواند باشد. مزیتی که شناور کردن طول بخش اطلاعات دارد در این است که هم حجم تبادل اطلاعات و هم زمان مورد نیاز کاهش چشمگیری

¹ Dead time

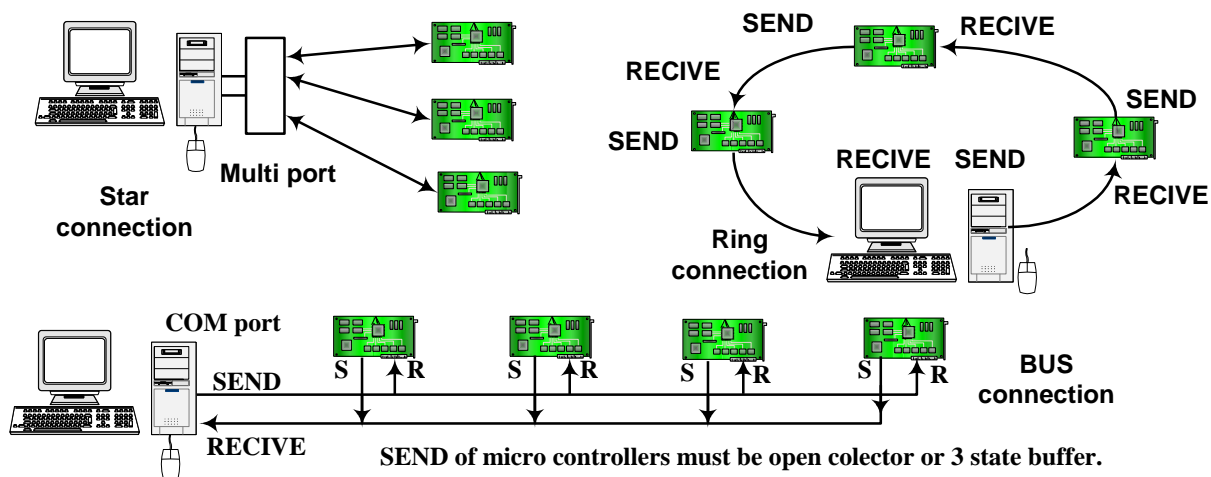
تعداد زیادی از تراشه‌های جانبی، خود به طور مستقیم این گذرگاه‌ها را پشتیبانی نموده و بدون نیاز به میکروکنترلرها می‌تواند اطلاعات را بصورت بیواسطه از طریق این گذرگاه‌ها ارسال و دریافت نمایند. در نهایت توسط زبان‌های توصیف سخت‌افزار مانند VHDL, Verilog و تراشه‌های FPGA درگاه‌های سریال سریع، مطمئن و کارایی را برای سیستم‌های دیجیتال طراحی نمود.

مراجع

1. J. Zhou, A. Mason; "Communication Buses and Protocols for Sensor Networks"; Sensors; pp 204-257;2003.
2. A.S. Tanenbaum;"Computer Network"; Prentice Hall; 3rd ed ; pp 145 ; 1996.
3. Y. EROL, H. H. BALIK, S. INAL, D. KARABULUT; "Safe and Secure PIC Based Remote Control Application for Intelligent Home";IJCSNS ;PP179-182; VOL7; NO5;2007 NOV.
4. M. Beigl, C. Decker, A. Krohn, T. Riedel, T. Zimmer; "µParts: Low Cost Sensor Networks at Scale"; Sensors; 2002.
5. F. Hansseb, R. Krikke, B. Baron, P. G. Jansen, H. Scholten; " Experimental implementation of a real-time token-based network protocol on a microcontroller"
6. P. Levis , D. Culler. Mat'ee; "A tiny virtual machine for sensor networks". In International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, San Jose, CA, USA, Oct. 2002.
7. J. P. Bruckmeyer, E. M. Schwartz, A. A. Arroyo; "Hybrid Communication Network for Autonomous Agents"; Conference on Recent Advances in Robotics May 2000, Florida Atlantic University.

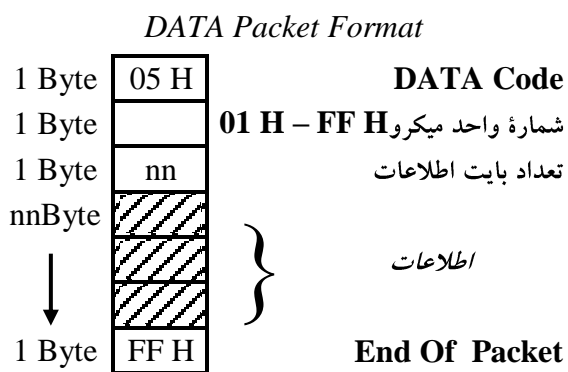


شکل ۱ شمای یک شبکه نمادین مبتنی بر گذرگاه سریال

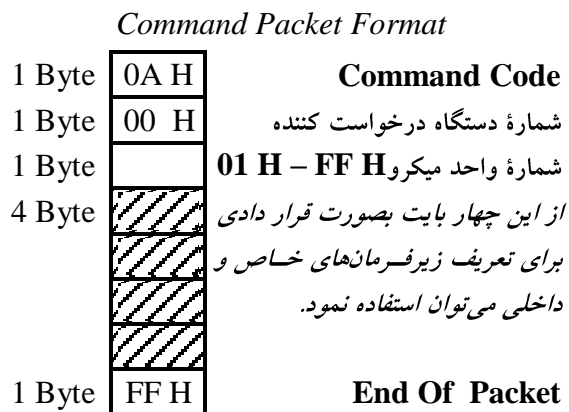


SEND of micro controllers must be open collector or 3 state buffer.

شکل ۲ توپولوژی اتصالی انواع شبکه‌ها



شکل ۴ بسته اطلاعاتی ارسالی از جانب میکروها



شکل ۳ بسته فرمان ارسالی از جانب PC