

#

#

سیستم های جاگذاری شده یا Embedded Systems

نویسنده: هادی رباطی

www.eDev.ir

بهار 1390

www.eDev.ir

مروری بر سیستم های

جایگذاری شده

Embedded Systems

www.eDev.ir

1-2 مقدمه:

این واژه برای سیستم های دیجیتال استفاده می شوند که تنها برای انجام یک یا چند عمل محدود خاص طراحی شده اند و به تنهایی می توانند یک عمل یا عملیاتی محدود را انجام بدهند و هسته اصلی این سیستم ها یک (یا چند) میکروکنترلر یا DSP است که برنامه ریزی شده اند و معمولاً به عنوان مغز یک سیستم سخت افزاری یا مکانیکی عمل می کنند.

این سیستم ها اغلب به جای سیستم های رایانه ای مورد استفاده قرار میگیرند زیرا:

- کوچک و قابل حمل هستند
- ارزان و مقرون به صرفه هستند
- مصرف توان پایین و قابلیت کارکرد با باتری
- Real Time و پاسخ گویی سریع به رویدادهای خارجی
- می توان به تعداد انبوه آنها را تولید کرد
- ...و

استفاده از این سیستم ها در زندگی روزمره ما بسیار زیاد شده است و همگی ما در طول روز با بسیاری از آنها سروکار داریم به عنوان مثال:

- تلفن همراه
- رایانه های قابل حمل
- سیستم ها مسیریاب ماهواره های یا مبتنی بر سنسوردستی
- روبات های هوشمند
- سیستم های اتومبیل مانند سیستم پخش، دزدگیر، ترمر ضد قفل و...
- ترازو های دیجیتال

- سیستمهای نوبت دهی بانک
- دستگاه های حضور و غیاب و کنترل تردد
- گیت های کنترل اعتبار اتوبوس و مترو
- ...

و هزاران مثال دیگر را می توان نام برد بطوریکه شما بایک نگاه به اطراف خود بیشمار از این سیستمها را خواهید یافت.

2-2 اجزای اصلی یک سیستم Embedded :

2-2-1 پردازنده:

پردازنده ای که در این گونه سیستم ها استفاده می شود معمولا مناسب برای وظایف سیستم است زیرا اگر پردازنده کندتر یا به عبارتی ضعیف تر باشد نمی تواند به موقع پاسخگوی وظایف سیستم باشد و اگر خیلی سریع تر باشد هزینه تمام شده سیستم بالا می رود.

خوشبختانه پردازنده های زیادی توسط شرکت های مختلف تولید شده اند که بسته به نیاز سیستم و قیمت تمام شده و قابلیت های آنها می توان از آنها بهره برد. این پردازنده ها که به عبارت هسته یا Core هم از آنها یاد می شود در خانواده های و سری های مختلفی از میکروکنترلرها استفاده شده اند به عنوان مثال پردازنده 8 بیتی AVR را می توان نام برد که در خانواده Attiny , Atmega و در میکروکنترلرهای مختلفی از این خانواده ها تولید شده اند که هر کدام با داشتن چندین قابلیت مختلف از هم جدا شده اند.

لازم به ذکر است پردازنده هایی همچون AVR فقط توسط شرکت ATMEL که خود طراح و سازنده آن بوده است مورد استفاده قرار می گیرد و دیگر شرکت ها مانند Microchip از پردازنده های مختص خود استفاده می کنند پس می توان نتیجه گرفت کد های برنامه را (مخصوصا اگر به زبان اسمبلی باشند) نمی توان از یک معماری به معماری دیگر منتقل کرد.

ولی در این میان پردازنده هایی نیز هستند که معماری و هسته خود را در اختیار شرکت های مختلف قرار داده اند (بفروش رسانده اند) و شرکت های مختلف از آنها در میکروکنترلرهای خود استفاده کرده اند که این کار مشکل انتقال برنامه را از یک میکروکنترلر به میکروکنترلر دیگر برطرف کرده است همچنین نیاز به مطالعه پردازنده و معماری های مختلفی نیست. از این جمله معماری ها میتوان پردازنده های شرکت ARM را نام برد.

پردازنده های ARM 32 ییتی بوده و بر اساس دستور العمل های RISC و با معماری های Von-Neuman یا Harvard طراحی شده اند و امروزه میکروکنترلر ها یا پردازنده های کاربردی (Application Processor) که از این هسته ARM بهره میبرند به عنوان پرکاربرد ترین میکروکنترلر های دنیا بشمار می روند.

2-2-2 سیستم عامل:

اغلب این سیستم ها یک وظیفه ای هستند ولی می توان با استفاده سیستم عامل های زمان واقعی یا Real Time Operating System یا همان RTOS از پردازنده به عنوان چند وظیفه ای استفاده کرد.

این سیستم عامل ها دارای ویژگیهای مختلفی هستند که از جمله آنها می توان موارد زیر را نام برد:

- مدیریت و برنامه اجرای وظیفه ها با اولویت های مختلف
- مدیریت حافظه و Stack
- مدیریت منابع
- ارتباط بین Task ها یا همان وظیفه ها
- ...

در این میان نیز سیستم عامل های مختلفی وجود دارد که بسته به نیاز سیستم ، قابلیت های آنها و هزینه تمام شده

می توان از آنها استفاده کرد.

قابلیت پورت شدن یا به عبارت دیگر اجرا شده سیستم عامل برای میکروکنترلر ما و تاخیر در اجرای وظیفه ها و نوع مدیریت وظیفه ها می تواند ملاک های ما در انتخاب این سیستم عامل ها باشد،بعلاوه بعضی از شرکت های ارائه کننده همراه با این سیستم عاملها بسته های نرم افزار کاربردی مختلف ارائه میدهند از جمله:

- TCP/IP Stack
- GUI Design
- System File
- USB Device
- USB Host
- ...

که این بسته ها نیز می تواند ملاک خوبی برای انتخاب باشد.

همچنین برخی از این سیستم عامل ها بصورت رایگان و متن باز ارائه می شوند مانند سیستم عامل FreeRTOS که انتخاب خوبی می تواند باشد ولی از طرفی باید دانست که جزء سیستم عامل های مطمعا نیستند و برخی از این سیستم عامل ها مانند IAR PowerPac با قابلیت بالا و فایل های راهنمای مناسب می باشند ولی برای استفاده از آنها می بایست آن را خریداری کرد.

در پروژه هایی نیاز به سیستم عامل های سطح بالا مانند Linux یا Windows CE می باشد که در این مواقع می بایست سیستم دارای حافظه کافی و پردازنده سریع معمولا بر پایه پردازنده های ARM باشد.

2-2-3 حافظه های سیستم:

اغلب میکروکنترلر ها علاوه بر واحد پردازنده و گاه واحد کمک پردازنده دارای حافظه های RAM و FLASH و ROM داخلی هستند ولی حجم این حافظه ها کم است و برای سیستم هایی که نیاز به ذخیره سازی اطلاعات با سرعت بالا دارند می بایست حافظه های RAM با سرعت مناسب در سیستم و بر روی برد قرار گرفته شود و باز بسته می تواند از نوع سنکرون و یا آسنکرون باشند.

همچنین در مواقعی که می خواهیم از سیستم عامل های سطح بالا مانند Linux یا Win CE استفاده کنیم می بایست حداقل حافظه مورد نیاز این سیستم عامل ها را فراهم کرد پس اغلب نیاز به حافظه های RAM خارجی سنکرون مانند Ram های SDRAM و DDR RAM داریم.

2-2-4 اجزای جانبی:

اجزای جانبی میکروکنترلر نیز یکی از پارامترهای بسیار مهم دیگر برای انتخاب میکروکنترلر است.

ابتدا بهتر است تعریف از اجزای جانبی میکروکنترلر داشته باشیم:

به عبارت کلی می تواند گفت بجز هسته ، حافظه های داخلی و کنترلر سیستم مانند واحد کنترل وقفه ها ، ریست و همانند آنها بقیه قسمت های دیگر میکروکنترلر جزء اجزای جانبی آن خواهد بود، نمونه ای از اجزای جانبی میکروکنترلر عبارت اند از:

- تایمر/شمارنده
- مبدل آنالوگ به دیجیتال
- مبدل دیجیتال به آنالوگ

#

- رابط های سریال سنکرون و آسنکرون
- رابط USB
- کنترلر USB Host و USB OTG
- لایه شبکه MAC
- کنترلر حافظه های خارجی
- کنترلر LCD
- کنترلر CAN
- ...

شرکت های تولید کننده میکروکنترلر معمولا تنوع زیادی از همین اجزای جانبی داخلی و توانایی آنها را عامل رقابت خود می دانند و بر روی آنها مانورهای زیادی می دهند.

انتخاب میکروکنترلر مناسب با توانایی های مورد نیاز پروژه در همان ابتدای شروع کار عامل بسیار مهمی در صرفه جویی هزینه ها و زمان خواهد بود.

به عنوان مثال : در سیستمی که می بایست به شبکه متصل شده و یک سنسور آنالوگ را خوانده و اطلاعات آن را بر روی یک LCD رنگی (بدون کنترلر) نمایش دهد ، میکروکنترلری باید انتخاب شود که حداقل دارای امکانات زیر باشد :

- مبدل آنالوگ به دیجیتال
- لایه شبکه MAC
- کنترلر LCD
- رابط حافظه خارجی
- واحد DMA مخفف Direct Memory Access
- Timer/Counter
- پردازنده پر سرعت

سه مورد یاد شده بالا بدیهی است که جزء امکانات میکروکنترلر ما می بایست باشد ولی سه مورد دیگر به صورت پنهان مورد نیاز است، چرا؟

رابط حافظه خارجی برای ذخیره حداقل یک فریم از تصویر LCD نیاز است و معمولا به دلیل حجم کم حافظه داخلی میکروکنترلر نمی توان از آن استفاده کرد به صورت مثال برای یک LCD TFT با رزولوشن 240×320 پیکسل با عمق 16 بیت رنگ برای هر پیکسل به $153600 = 8/16 \times 240 \times 320$ بایت نیاز داریم، البته برای یک سیستم معمولی تصویر مطمئنا مابعد و بافر تصویر احتیاج داریم که در هر لحظه (مثلا هر 20

میلیثانیه) یکفریمبافرانمایش دهیم و تغییرات را در فریم دیگر اعمال کنیم، بنابراین به $307200 = 2 \times 153600$ بایت رم احتیاج داریم و معمولا میکروکنترلرها دارای این مقدار رم داخلی نیستند، البته LCDهایی که دارای کنترلرند معمولا به صورت داخلی دارای این مقدار رم (GRAM) هستند و می توان برای این نوع LCD از گذاشتن رم خارجی صرف نظر کرد ولی باز هم ذکر این نکته را که حاصل تجربه بنده بوده است لازم میدانم و آن این که گذاشتن رم خارجی برای LCD های دارای کنترلر باز می تواند سرعت اعمال گرافیکی ما را بالا ببرد زیرا به عنوان مثال می توانیم تمامی تغییرات خود را در یک فریم مجازی موجود در رم انجام بدهیم و در صورت کامل شدن تغییرات LCD را Refresh می کنیم.

واحد DMA برای انتقال مستقیم اطلاعات از حافظه خارجی به کنترلر LCD نیاز است، این کار برای جلوگیری از درگیری CPU برای انتقال و نمایش اطلاعات بر روی LCD می باشد.

یک تایمر هم برای سنکرون کردن تصویر احتیاج است.

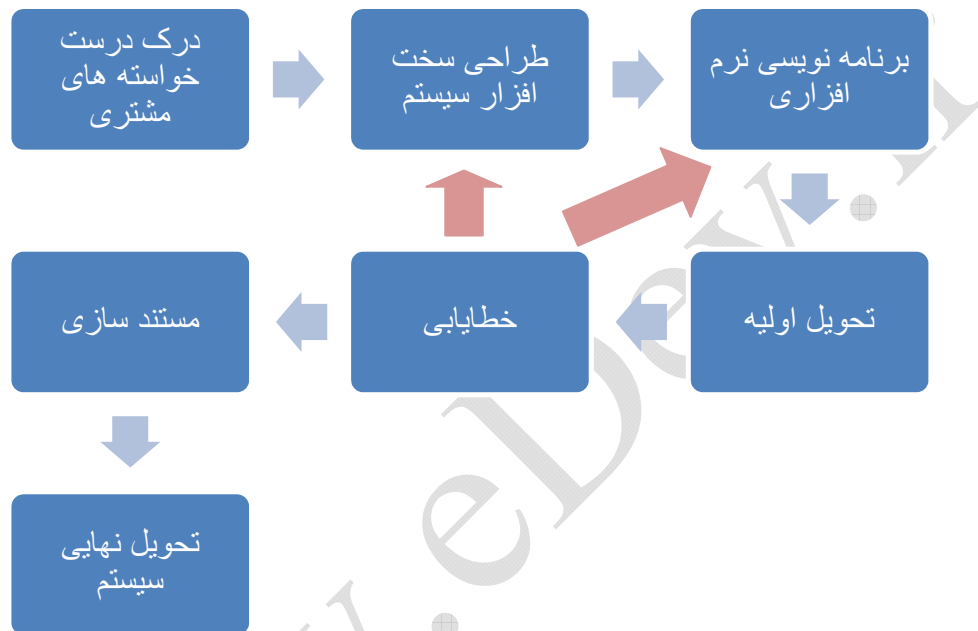
اگر نمایش روی LCD فقط محدود به عکس باشد نیازی به CPU پرسرعت برای آن نیست و مابقی کار شبکه سیستم و نمونه برداری و گاه فیلتر دیجیتال ممکن است نیاز به CPU با سرعت پردازش بالا داشته باشد و همچنین اگر می بایست کارهای گرافیکی سنگین مانند نمایش عقربه، بار و پولیگان های مختلف با سرعت بالا بر روی LCD باز نیازمند پردازنده با سرعت بالا داریم.

همان گونه که در مثال بالا دیدیم برای این پروژه نیاز به میکروکنترلری نداریم که USB Device یا USB Host، مبدل دیجیتال به آنالوگ و ... داشته باشد پس در مجموع می بایست میکروکنترلری مناسب کار خود انتخاب کنیم.

2-3 مراحل ساخت یک سیستم Embedded :

- درک درست خواسته های مشتری
- طراحی سخت افزار سیستم
- برنامه نویسی نرم افزاری
- تحویل اولیه
- خطایابی
- مستند سازی
- تحویل نهایی سیستم

الزامی نیست که مراحل گفته شده بالا حتما پشت سر هم و به ترتیب باشند، میتوان بخشی از هر مرحله را موازی با مراحل دیگر انجام داد، معمولا طراحی سخت افزار در چند سری ممکن است نهایی شود و همه ایرادات آن برطرف شود، به فلوچارت زیر توجه کنید:



2-3-1 درک درست سیستم درخواستی مشتری :

این مرحله همیشه شروع اجرای یک پروژه و ساخت سیستم Embedded می باشد و البته به نظر بنده مهم ترین مرحله زیرا تا اتمام پروژه و تحويل آن تمامی گام ها می بایست بر اثاث خواسته های مشتری باشد.

مهمترین کارها در این مرحله در زیر لیست شده است:

- مشخص شدن کامل ورودی های سیستم
- مشخص شدن تمامی خروجی های سیستم
- شکل، اندازه برد و جعبه ای که PCB می بایست در آن قرار گیرد.
- تامین تغذیه سیستم (باتری ، تغذیه داخلی، تغذیه خارجی و) ...

- مشخص شدن شکل کاربری و نحوه ارتباط کاربر با سیستم
- در صورت نیاز نحوه ارتباط با رایانه و نرم افزار مورد نیاز بر روی رایانه GUI
- چگونگی مستند سازی
- هزینه های انجام پروژه

2-3-2 مشخص شدن کامل ورودی های سیستم:

تمامی ورودی های سیستم شما می بایست مشخص شوند زیرا این ورودی ها داده های اولیه سیستم شما محسوب می شوند و تمام اعمال سیستم شما تابعی از این ورودیها می باشند.

شما می بایست حساسیت بعضی از ورودی های سیستم خود را کاملا در نظر بگیرید و آنها را به یک منبع مطمئن وقفه خارجی و پا پورت های سریع سیستم خود متصل کنید ، این ورودیها معمولا در سیستم های صنعتی و خطوط تولید و دستگاه هایی از این قبیل بسیار مهم و حیاتی می باشند.

تعداد این منابع وقفه خارجی و زمان سرویس دادن به روتین آنها می تواند ملاک مهمی برای انتخاب میکروکنترلر شما باشد.

بعضی از ورودیهای سیستم شما ممکن است آنالوگ باشد در این حالت سه پارامتر دامنه تغییرات، دقت نمونه برداری و در نهایت تعداد نمونه برداری مهم هستند، پس می بایست میکروکنترلری با مبدل آنالوگ به دیجیتال مناسب انتخاب کنید و حتی از IC های جداگانه ADC و ولتاژ های مرجع مناسبی برای آن استفاده کنید.

در ورودی های آنالوگ با دقت بالا و همچنین نرخ نمونه برداری بالا نوع ساخت PCB می تواند نقش مهمی در جلوگیری از تداخل نویز در این ورودیها را داشته باشد.

2-3-3 مشخص شدن تمامی خروجی های سیستم:

خروجی های سیستم شما در اصل محصول سیستم شما هستند و نتیجه کار شما را نشان خواهند داد.

گاه می بایست خروجی شما یک عدد بر روی LCD یا نمایش یک یا چند شاخص باشد و گاه یک بوق هشدار و از این قبیل ولی گاهی خروجی شما می بایست یک سیستم مکانیکی یا صنعتی را کنترل کند که در این حالت ایزوله کردن خروجی و تامین جریان خروجی بسیار مهم است.

خروجی شما می تواند یک سیگنال ساده صفر یا یک و یا سیگنال PWM و یا مقداری آنالوگ باشد پس باز هم در نحوه انتخاب میکروکنترلر خود که قابلیت های مطمعی را ارائه دهد بسیار مهم خواهد بود.

2-3-4 شکل، اندازه برد و جعبه ای که PCB می بایست در آن قرار گیرد:

این مورد فقط در زمان طراحی PCB مورد توجه قرار میگیرد و طراح می بایست قطعات و اندازه آنها را به دقت انتخاب کند مخصوصاً زمانی که فضای کمی در جعبه برای مدار وجود دارد.

2-3-5 تامین تغذیه سیستم:

این پارامتر هم مانند پارامتر قبلی از لحاظ سخت افزاری و در خواست مشتری مهم است.

اگر قرار است سیستم با باتری کار کند، نوع باتری، ولتاژ شارژ، نمایش مقدار و نحوه شارژ آن مهم است مخصوصاً باتری هایی مانند Lithium – ion ها

2-3-6 مشخص شدن شکل کاربری و نحوه ارتباط کاربر با سیستم:

برای سیستم هایی که دارای نمایش گر و مخصوصاً LCD هستند شکل منوها و نمایش مقادیر می بایست مشخص شود.

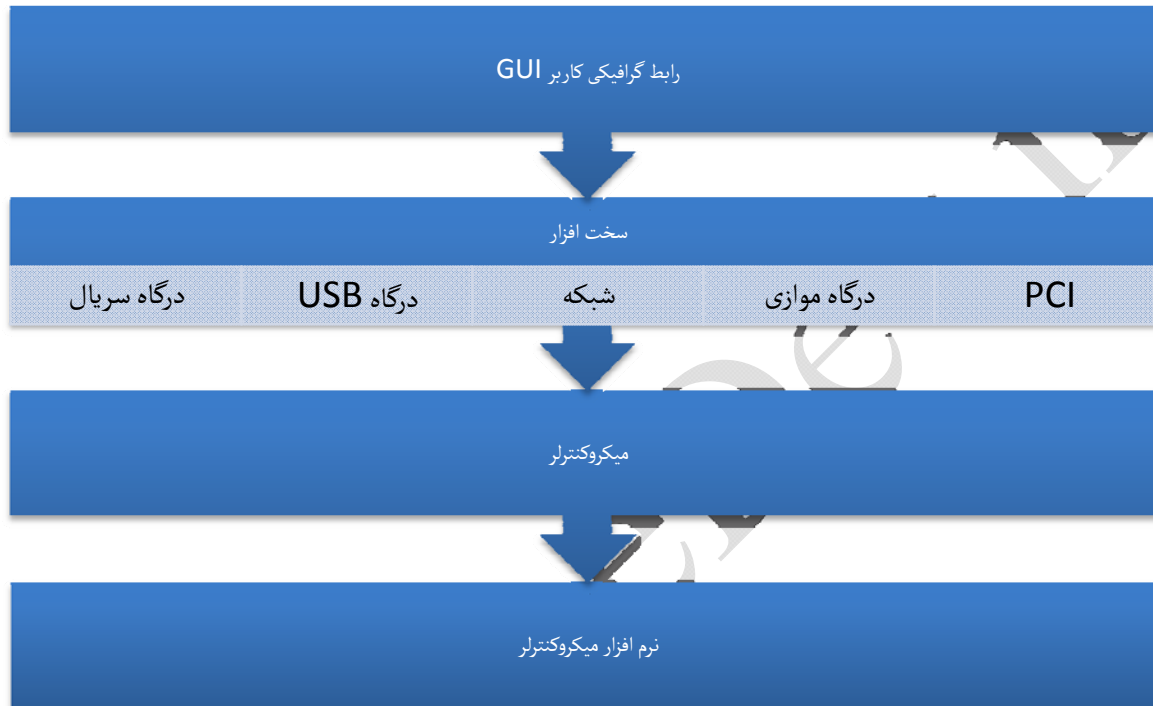
در این چنین پروژه هایی معمولاً می بایست متغییر های تاثیر گذار در خروجی و یا نمایش، توسط کاربر قابل تغییر باشند.

معمولاً در سیستم های Embedded از Keyboard هایی با اشکال مختلف و مناسب برای سیستم استفاده می شود، اگر شکل نمایش منوها برای مشتری مهم و نیز سایز LCD مناسب باشد، استفاده از صفحات لمسی یا همان Touch Screen گزینه مناسبی است.

#

2-3-7 نحوه ارتباط با رایانه و نرم افزار مورد نیاز بر روی رایانه GUI :

گاه سیستم طراحی شده شما نیاز به تبادل اطلاعات به صورت Online و حتی Offline را با رایانه داشته باشد و می بایست از آن اطلاعاتی بگیرد و به آن اطلاعات بدهد، این ارتباط دارای دو جنبه سخت افزاری و نرم افزاری است به شکل زیر توجه کنید:



2-3-7-1 بستر سخت افزار ارتباط:

شکل ارتباط سخت افزاری به معنای چگونگی اتصال رایانه به سیستم شما است و هر کدام دارای معایب و مزایایی است پس شما می توانید بهترین آن را برای کار خود انتخاب کنید و یا سخت افزار شما چندین ارتباط را پشتیبانی کند:

2-3-7-1-1 ارتباط موازی با استفاده از درگاه پرینتر:

این ارتباط قدیمی بوده و در بسیاری از رایانه های امروزی این درگاه حذف شده است.

2-3-7-1-2 ارتباط سریال با استفاده از درگاه COM:

این ارتباط بسیار مرسوم و از پر استفاده ترین رابط هایی است که در سیستم های Embedded از آن استفاده می شود ولی قابلیت شبکه شدن آن پایین بوده و از طرفی سرعت انتقال اطلاعات در آن محدود به حداکثر 115200 بیت در ثانیه است.

3-1-7-3-2 ارتباط USB با Class های مختلف:

این سیستم ارتباطی می توان گفت جزء ارتباط های جدید بوده و اغلب میکروکنترلرهای جدید دارای این قابلیت ارتباطی هستند. از قابلیت های این ارتباط معمولا سرعت بالای ارتباط آن است و بر عکس ارتباط موازی اقلب رایانه های امروزی دارای این رابط هستند و همچنین استفاده از آن برای کاربر نهایی آسان است ولی این ارتباط فقط بین یک رایانه و یک سیستم Embedded می تواند برقرار باشد و به صورت شبکه نمی توان از آن استفاده کرد.

همچنین می توان سیستم خود را به شکل های مختلف برای سیستم عامل رایانه معرفی کرد در بخش توضیحات نرم افزاری در مورد آن بیشتر خواهید دانست.

4-1-7-3-2 ارتباط تحت شبکه با پروتکل های مختلف:

همان گونه که از نام آن مشخص است این ارتباط قابلیت کار در سیستم های شبکه را دارد و انتقال اطلاعات در نرخ بالا امکان پذیر است ولی میکروکنترلر های کمی دارای این قابلیت هستند و معمولا این ارتباط نیاز به چندین قطعه سخت افزاری بر روی مدار دارد.

5-1-7-3-2 سخت افزار قابل جاسازی در درون رایانه با رابط PCI:

زمانی که نیاز به تبادل بسیار سریع اطلاعات بین رایانه و سیستم Embedded است معمولا از این نوع ارتباط استفاده می کنند.

و برای ارتباط Offline استفاده از انواع حافظه های خارجی قابل جداسازی از سیستم مانند SD, MMC, ...

2-7-3-2 نرم افزار رابط رایانه ای: