

انتقال داده افزاره های قابل حمل، بر بستر بلوتوث

به صورت Real-Time و کم توان



سپهر صالحی
دکتر امید شعاعی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

نتایج

در تصاویر زیر بخشی از لاگ های پروژه را مشاهده می کنیم که شامل راه اندازی سرویس های بلوتوث و رفتن به مد advertise است و در بخشی دیگر ولتاژهای خوانده شده از ADC نمایش داده شده است. در تصویر دیگر که اسکرین شات از برنامه موبایل است، سرویس ما و UUID آن مشخص شده، که می تواند اطلاعات خوانده شده از ADC را از طریق بلوتوث دریافت نماید.

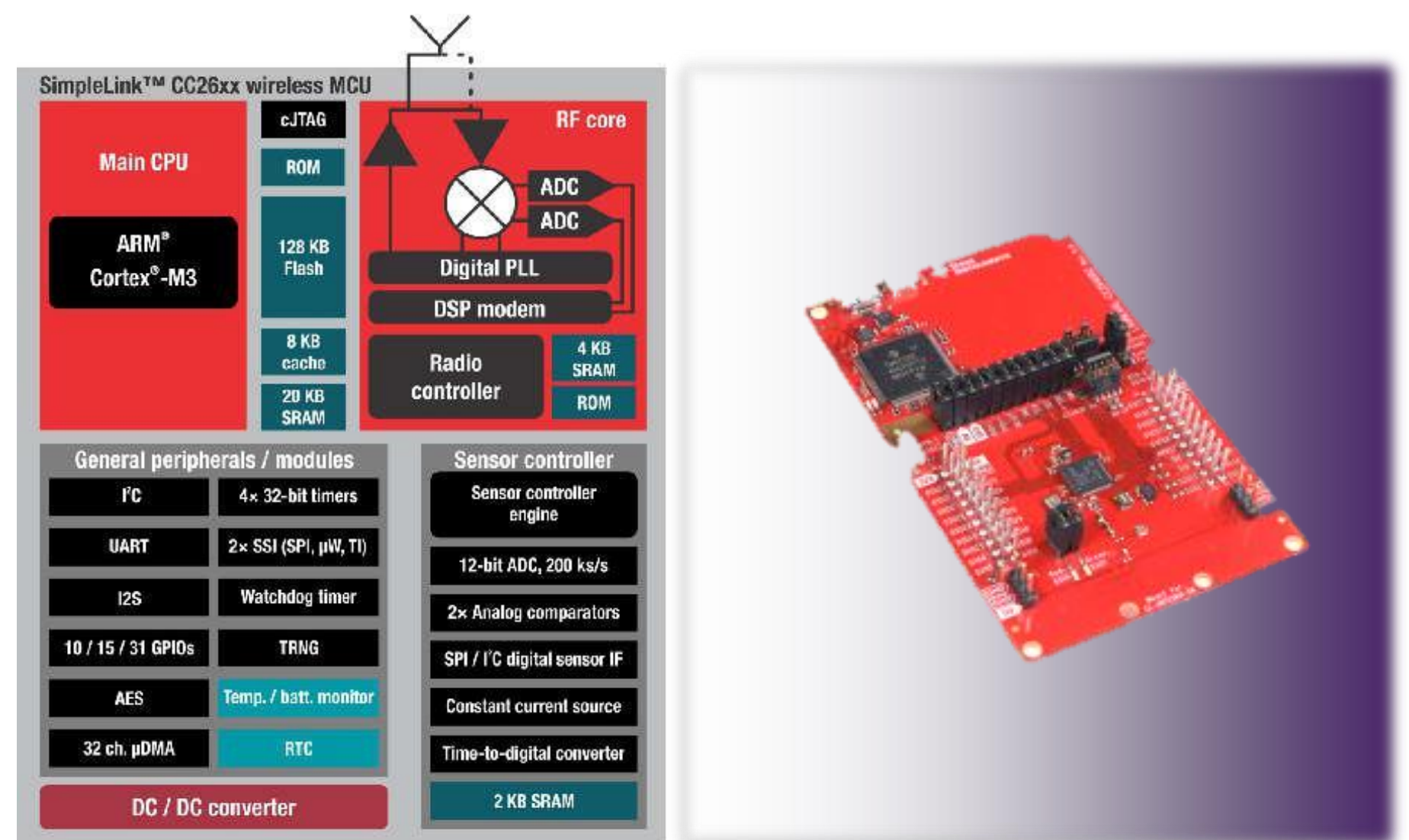
```
#000003 [ 0.014 ] INFO: (led_service.c:1217) Registered service, 5 attributes
#000004 [ 0.014 ] INFO: (button_service.c:1256) Registered service, 7 attributes
#000005 [ 0.015 ] INFO: (data_service.c:1237) Registered service, 6 attributes
#000006 [ 0.015 ] INFO: (led_service.c:1232) Registered callbacks to application.
Struct #200007fc
#000007 [ 0.015 ] INFO: (button_service.c:1273) Registered callbacks to applicati
on. Struct #200007f4
#000008 [ 0.015 ] INFO: (data_service.c:1254) Registered callbacks to application
. Struct #200007fc
#000009 [ 0.015 ] INFO: (led_service.c:1267) SetParameter : LED0 len: 1
#000010 [ 0.015 ] INFO: (led_service.c:1275) SetParameter : LED1 len: 1
#000011 [ 0.015 ] INFO: (button_service.c:1314) SetParameter : BUTTON0 len: 1
#000012 [ 0.015 ] INFO: (button_service.c:1345) Trying to send noti/indi: connHand
le ffff, Noti/Ind disabled
#000013 [ 0.015 ] INFO: (button_service.c:1325) SetParameter : BUTTON1 len: 1
#000014 [ 0.015 ] INFO: (button_service.c:1345) Trying to send noti/indi: connHand
le ffff, Noti/Ind disabled
#000015 [ 0.015 ] INFO: (data_service.c:1292) SetParameter : String len: 40
#000016 [ 0.015 ] INFO: (data_service.c:1303) SetParameter : Stream len: 20
#000017 [ 0.015 ] INFO: (data_service.c:1323) Trying to send noti/indi: connHandle
ffff, Noti/Ind disabled
#000018 [ 0.017 ] INFO: (project_zero.c:11260) (CB) GAP State change: 1, Sending
msg to app.
#000019 [ 0.018 ] INFO: (project_zero.c:11260) (CB) GAP State change: 2, Sending
msg to app.
#000020 [ 0.019 ] INFO: (project_zero.c:1769) GAP is started. Our address: 0x546C
0283324
#000021 [ 0.019 ] INFO: (project_zero.c:1774) Advertising
```

ADC channel 1 convert result: 3361248 uV
ADC channel 0 convert result: 2870864 uV
ADC channel 1 convert result: 3362288 uV
ADC channel 0 convert result: 243616 uV
ADC channel 1 convert result: 3363344 uV
ADC channel 0 convert result: 363328 uV
ADC channel 1 convert result: 3363344 uV
ADC channel 0 convert result: 1056 uV
ADC channel 1 convert result: 3362288 uV
ADC channel 0 convert result: 1056 uV
ADC channel 1 convert result: 3363344 uV

Status: CONNECTED
NOT BONDED
F0001130-0451-4000-
B000-000000000000
PRIMARY SERVICE
CUSTOM SERVICE
F000BABE-0451-4000-
B000-000000000000
PRIMARY SERVICE
CUSTOM CHARACTERISTIC
UUID: F000BEEF-0451-4000-
B000-000000000000
Properties: READ, NOTIFY
Hex: 0x80DE0E007034
Descriptors:
Client Characteristic Configuration
UUID: 0x2902
Notifications or indications disabled

خلاصه

همواره وفق یافتن سریع با فناوری های جدید، اهمیت بسزایی دارد. این تحقیق برای شناخت و تسلط بر SoC کارآمد شرکت TI، یعنی cc2640 انجام شده است. در مقایسه با ماژول های دیگر بلوتوث، علاوه بر این که بسیار کم توان است، وجود سیستم عامل RTOS، به دلیل داشتن قابلیت چندنخی، Real-Time بودن را در نیز برای ما به ارمغان می آورد. آی سی و سیستم عامل فوق، به تازگی عرضه شده و با وجود کارآمدی زیاد از جهت توان و سرعت و قابلیت های بسیار دیگر، کم تر از سایر هم رده هایش شناخته شده است که دلیل آن، پیچیدگی نسبی کار با سیستم عامل فوق است. در این پروژه ساختار سیستم عامل RTOS را شناخته و سعی کرده ایم انتقال داده خوانده شده از چند کانال ADC را در بستر بلوتوث، به صورت کم توان و بلادرنگ انجام دهیم.



جمع بندی

این تحقیق می تواند کاربرد وسیعی در پروژه هایی که برای ارتباط نیاز به بلوتوث دارند و در عین حال توان مصرفی کم از ملزومات آن هاست، داشته باشد. هم چنین Real-Time بودن به خاطر خاصیت چندنخی سیستم عامل، قابلیت است که در میکروکنترلرها دیده نمی شود و پهنه کاربرد آن را گسترش می دهد.

ساختار و روش

در ارتباط بلوتوث، لایه های مختلفی ایفای نقش می کنند. لایه ای باید وجود داشته باشد که مد های دسترسی دیوایس، از جمله کاوش دستگاه، تثبیت ارتباط، پایان دادن ارتباط، کنترل ویژگی های امنیتی همچون پین و تنظیمات دستگاه را اداره کند. در واقع، GenericAccessProfile (GAP)، لایه ای از پروتکل Bluetooth Low Energy است که مسئولیت ارتباط بلوتوث دیوایس را بر عهده دارد. هم چنین لایه ای باید وجود داشته باشد که محتوای داده های انتقالی را مدیریت کند. این لایه GenericAttributeProfile (GATT) نام دارد که مسئول بررسی درخواست های تغییر characteristic هاست. هر characteristic در واقع متغیری است که در ارتباط بلوتوث، می تواند توسط دستگاه های در ارتباط با هم، درخواست خوانده یا نوشته شدن آن صادر شود. هر سرویس بلوتوث که با universally unique identifier (UUID)، شناخته می شود، شامل مجموعه ای از این متغیرهاست.

ما در این پروژه سرویس بلوتوثی روی cc2640 ایجاد کرده ایم که characteristic آن، داده خوانده شده از ADC و یک سری متغیر دیگر برای فهمیدن مد کاری دیوایس است (این که داده ها را با فرکانس خاصی بفرستد یا وقتی درخواستی ارسال شد آن ها را بفرستد). سپس چند thread ایجاد کرده ایم که هر کدام آن ها مسئول خواندن از یک کانال ADC است. بدین ترتیب توانسته ایم همزمان از چند کانال ADC بخوانیم و آن ها را با بلوتوث بفرستیم. گفتنی است سیستم عامل فوق در واقع مجموعه ای از کتابخانه هاست که برای کار با آن ها و راه اندازی سرویس بلوتوث و سایر پریفرال ها، نیاز به فهم ساختار و کارکرد آن ها داریم. کار اصلی این تحقیق نیز همین بوده است. هم چنین با تغییر پارامترهای GAP سعی کرده ایم توان مصرفی در ارتباط بلوتوث را کاهش دهیم، اگرچه خود cc2640 بسیار کم توان می باشد.

مراجع اصلی

1. SYS/BIOS (TI-RTOS Kernel) User's Guide. (2017). [ebook] Texas Instruments. Available at: <http://www.ti.com/lit/ug/spruex3t/spruex3t.pdf> [Accessed 7 Jul. 2018].
2. Dev.ti.com. (2016). BLE-Stack User's Guide — BLE-Stack User's Guide for Bluetooth 4.2 3.01.00.05 documentation. [online] Available at: http://dev.ti.com/tirex/content/simplelink_cc2640r2_sdk_1_40_00_45/docs/ble_stack/ble_user_guide/html/ble-stack-3.x-guide/index.html [Accessed 7 Jul. 2018].
3. Texas Instruments, "CC2640 SimpleLink™ Bluetooth® Wireless MCU Datasheet", Feb. 2015 [Revised 2016].
4. Ti.com. (2016). LAUNCHXL-CC2650 SimpleLink™ CC2650 wireless MCU LaunchPad™ Development Kit | TI.com. [online] Available at: <http://www.ti.com/tool/launchxl-cc2650> [Accessed 7 Jul. 2018].