



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/11.28.13.42-MAN

## GUIA PARA OPERAÇÃO DO CUBECOMPUTER

Charles Pereira de Araújo

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MSH9SL>>

INPE  
São José dos Campos  
2016

## **PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@inpe.br

## **COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):**

### **Presidente:**

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

### **Membros:**

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (CTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SID) **BIBLIO-**

### **TECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/11.28.13.42-MAN

## GUIA PARA OPERAÇÃO DO CUBECOMPUTER

Charles Pereira de Araújo

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MSH9SL>>

INPE  
São José dos Campos  
2016



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação



**CONASAT**  
CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES AMBIENTAIS

# CONSTELAÇÃO DE NANO SATÉLITES PARA COLETA DE DADOS AMBIENTAIS

## RELATÓRIO TÉCNICO

### Guia para operação do CubeComputer

CNS-MNL-SY-04-001-V00.00

Julho, 2016

## Registro de Propriedade do Documento

| Autores                   | Organização | Data       | Assinatura |
|---------------------------|-------------|------------|------------|
| Charles Pereira de Araújo | INPE/CRN    | 13/07/2016 |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |
|                           |             |            |            |

| Aprovação                        | Organização | Data       | Assinatura |
|----------------------------------|-------------|------------|------------|
| Manoel Jozeane Mafra de Carvalho | INPE/CRN    | __/__/2016 |            |

## Histórico de Modificações

| Edição | Data | Modificações | Visto |
|--------|------|--------------|-------|
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |
|        |      |              |       |

## ÍNDICE

### Conteúdo

|  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. RESUMO .....                                      | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| 2 - CONTEÚDO .....                                   | 4                            |
| 3 - CONFIGURANDO O SOFTWARE .....                    | 4                            |
| 3.1- INSTALANDO O COMPILADOR.....                    | 4                            |
| 3.2- INSTALANDO O SIMPLICITY STUDIO.....             | 5                            |
| 3.3- ECLIPSE E O WORKSPACE.....                      | 6                            |
| 4- BUILDING, LOADING E DEBUGGING UMA APLICAÇÃO ..... | 7                            |
| 5- SOURCE APPLICATION OVERVIEW.....                  | 9                            |
| 5.1- BACKGROUND.C .....                              | 9                            |
| 5.2- COMMS.C .....                                   | 9                            |
| 5.3- TEST.C.....                                     | 10                           |
| 5.4- TEST.C.....                                     | 10                           |
| 6- CRIANDO UM SOFTWARE CUSTOMIZADO.....              | 11                           |
| 6.1- RESTRIÇÕES DO HARDWARE.....                     | 11                           |
| 6.2- PIGGYBACK HEADER.....                           | 12                           |
| 6.3- MAKEFILE.....                                   | 12                           |
| 7. DOCUMENTAÇÃO ÚTIL .....                           | 13                           |

### LISTA DE ABREVIações

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| BSP  | Board Support Package         |
| ESL  | Electronic Systems Laboratory |
| MCU  | Microcontrolador              |
| GPIO | General Purpose Input Output  |

### LISTA DE FIGURAS

|   |   |
|---|---|
| Figura 1 : Opção a ser escolhida .....              | 4 |
| Figura 2: Interface do Simplicity Studio.....       | 5 |
| Figura 3 : Pacotes a ser instalados .....           | 5 |
| Figura 4 : MCU a ser utilizado .....                | 6 |
| Figura 5 : Area de desenvolvimento do Eclipse ..... | 7 |
| Figura 6 : MCU em modo Debug OUT .....              | 7 |
| Figura 7 : Conexão dos equipamentos .....           | 8 |
| Figura 8 : Configuração do GDB Server .....         | 8 |

## 1. Escopo

Este presente relatório tem como objetivo apresentar um resumo breve de como funciona o *Building*, *Loading* e o *Debugging* de uma aplicação usando o CubeComputer, desde a instalação dos software ate o manuseio com o equipamento. Esse relatório foi baseado no relatório General Purpose Onboard Computer.

## 2 - Conteúdo

O CubeComputer, apresentado nesse relatório, é fornecido com o software para programar e desenvolver o código para o CubeComputer. Bibliotecas e código de teste é fornecido em um espaço de trabalho para o usuário para começar com CubeComputer. Segue a descrição do acervo contido no CD:

| Pasta                          | Conteúdo  |
|--------------------------------|---|
| \CubeComputerBSP\documentation | Contém uma coleção de documentos úteis sobre o CubeComputer                                     |
| \CubeComputerBSP\eclipse       | Contém as configurações e os plug-ins do ambiente de integrado para desenvolvimento do software |
| \CubeComputerBSP\installations | Contém todos os executáveis necessários para a instalação dos programas                         |
| \CubeComputerBSP\workspace\    | Diretório para usar o eclipse   |
| .\workspace\metadata\          | Contém todas as configurações para uso do Eclipse   |
| .\workspace\libraries\         | Contém todas as bibliotecas externas para a aplicação do CubeComputer                           |

## 3 - Configurando o Software

Copie todo o conteúdo “CubeComputerBSP” para o seu ambiente de trabalho.

### 1.1 3.1- Instalando o compilador

O compilador usado foi o “*Sourcery CodeBench Lite for ARM/EABI*”. Para instalar o compilador, execute-o no seguinte diretório : “CubeComputerBSP\Intallations\arm-2013.05-23-arm-none-eabi.exe”

Quando você for questionado, no ato da instalação, sobre a adição e/ou modificação da variável de trabalho, deve-se escolher a opção ( Modify PATH for all users )como mostra a figura a seguir :

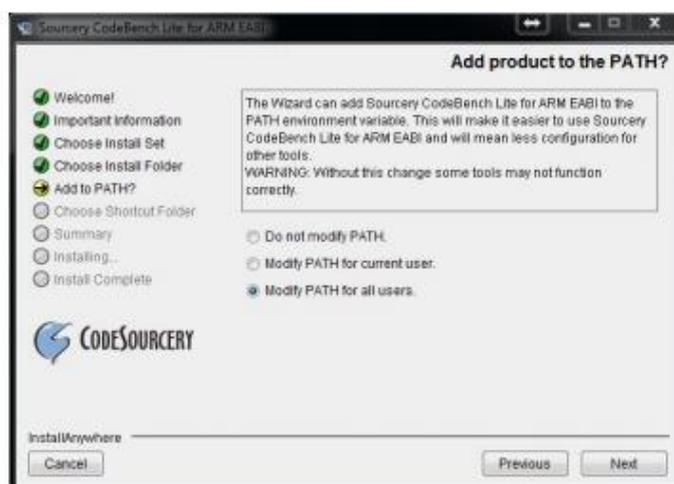


Figura 1 : Opção a ser escolhida

## 3.2- Instalando o Simplicity Studio

O Simplicity Studio centraliza todas as aplicações, programas de exemplo e documentação para o MCU usado no CubeComputer. Execute o aplicativo “Install Simplicity Studio.exe” no diretório "CubeComputerBSP\Installations". O Simplicity Studio também irá instalar o SEGGER JLink GDB Server, que vai ser utilizado para ligar ao MCU através da interface Jlink.

Uma vez instalado, clique em "Adicionar / Remover Pacotes" ícone, baixe e instale os produtos EFM32 no Simplicity Studio.

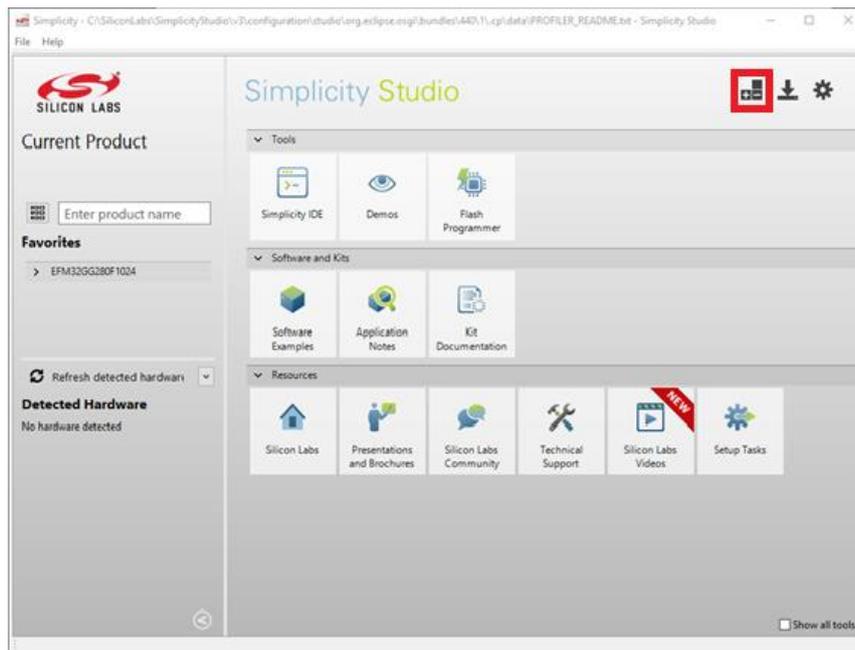


Figura 2: Interface do Simplicity Studio

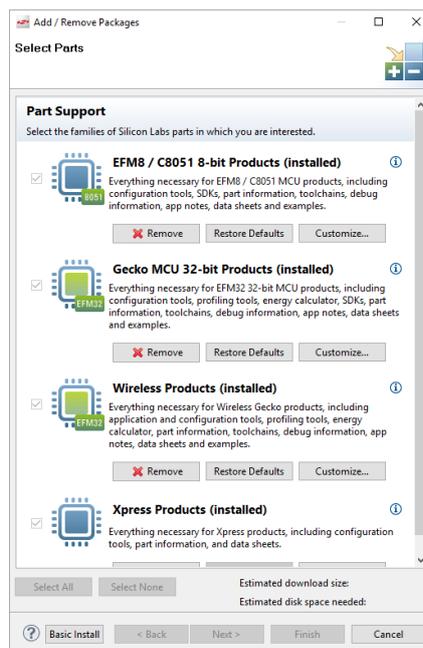
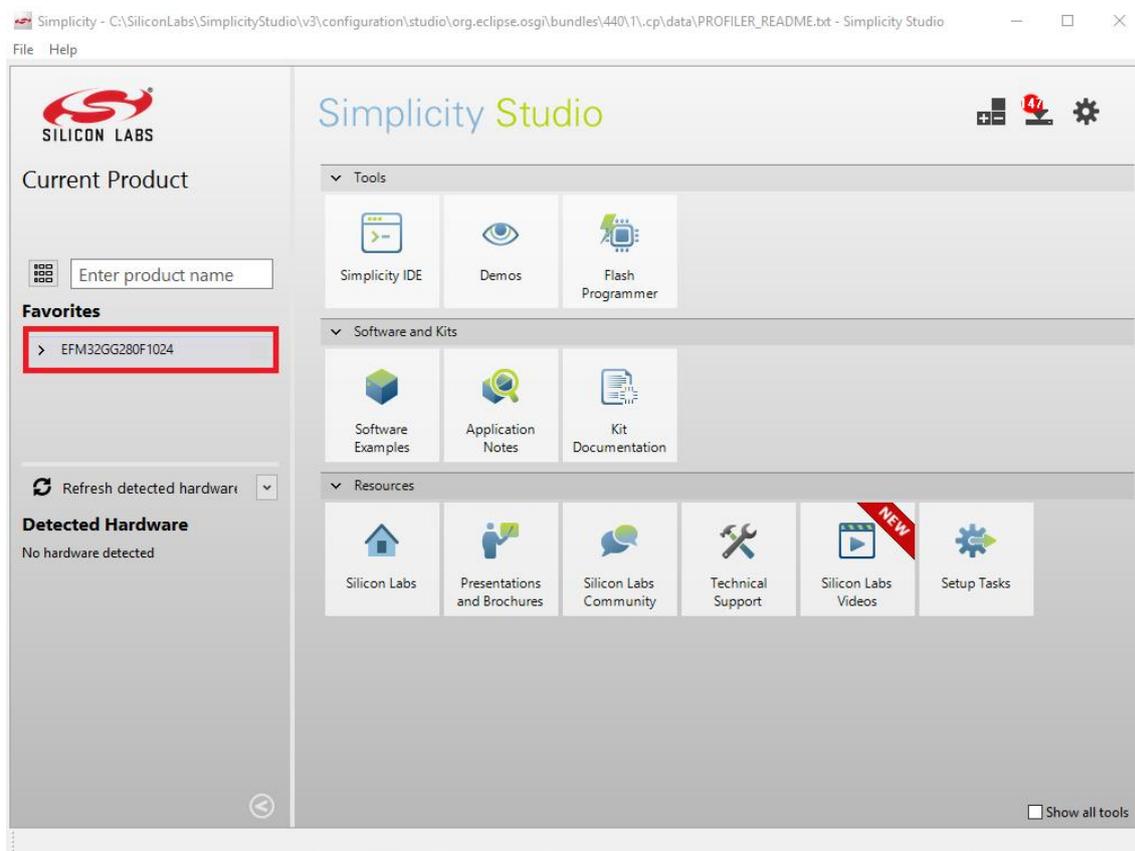


Figura 3 : Pacotes a ser instalados

Especifique o MCU correto (EFM32GG280F1024) no campo "Produto" no Simplicity Studio para ter acesso ao Manual de Referência correta e Folha de Dados. O campo produto é marcada em Figura 4.



**Figura 4 : MCU a ser utilizado**

PS: Não atualizar o firmware do MCU.

### 3.3- Eclipse e o Workspace

Execute "`\\CubeComputerBSP\eclipse\eclipse.exe`" e defina o espaço de trabalho(workspace) do eclipse para "`\\ CubeComputerBSP \ workspace`", como mostrado na Figura 5. Eclipse requer Java Runtime Ambiente e exigirá que você instalá-lo antes de poder utilizar eclipse.

O ambiente eclipse já foi configurado para trabalhar com o compilador e é capaz de programar o CubeComputer. A arquivo em PDF "`AN0023 EFM32 eclipse toolchain`" descreve como eclipse foi instalado e é fornecido no diretório "Documentation".

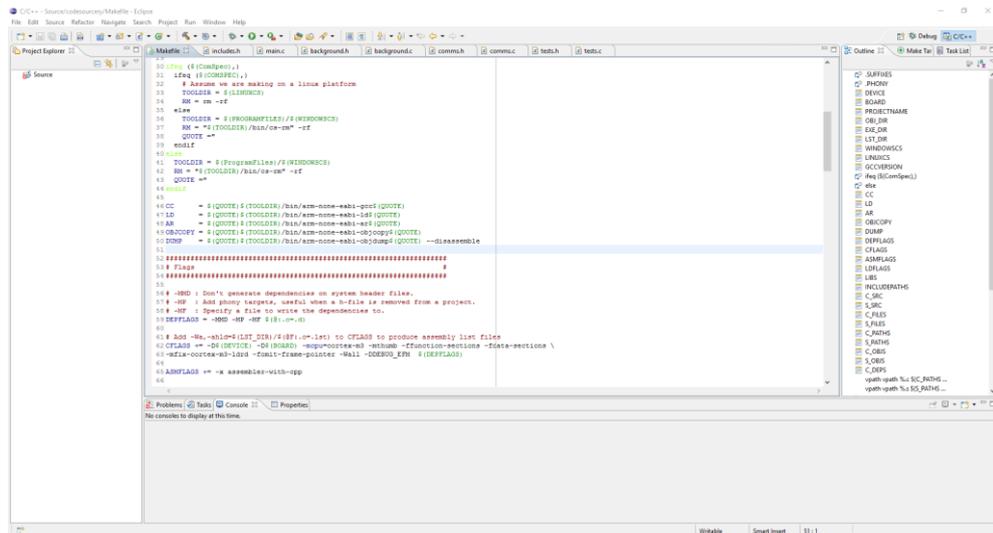


Figura 5 : Área de desenvolvimento do Eclipse

#### 4- *Building, Loading e Debugging* uma aplicação

1. Abra o Eclipse e clique em Build Project que se encontra em:

Project – Build Project

2. Certifique-se que tanto o J-Link debugger está conectado ou o kit Starter é configurado como um debugger. O link a seguir, mostra como conectar o kit start como debugger:

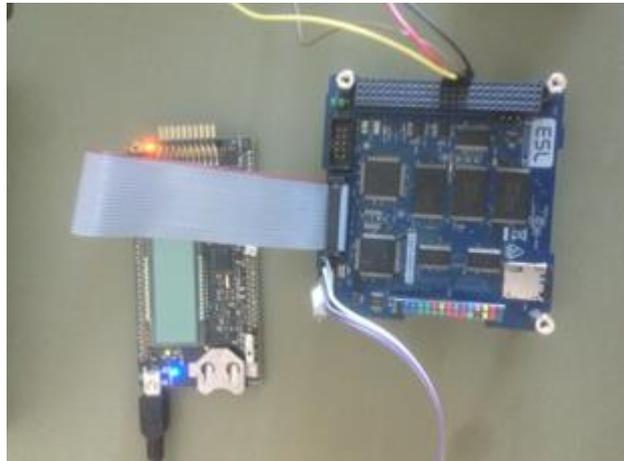
<http://community.silabs.com/t5/32-bit-MCU/Debugging-with-the-EFM32-Starter-Development-Kits/m-p/97969#M3>

3. Abra o Simplicity Studio e clique em *Kit Manager application*
4. Defina o modo do debugger do kit starter, se você estiver usando um kit inicial para programar o CubeComputer. Certifique-se que o starter kit "Debug Mode" está definido para "OUT",. Certifique-se de que o LED "DEBUG OUT" está ligado, no MCU, conforme a figura 6.



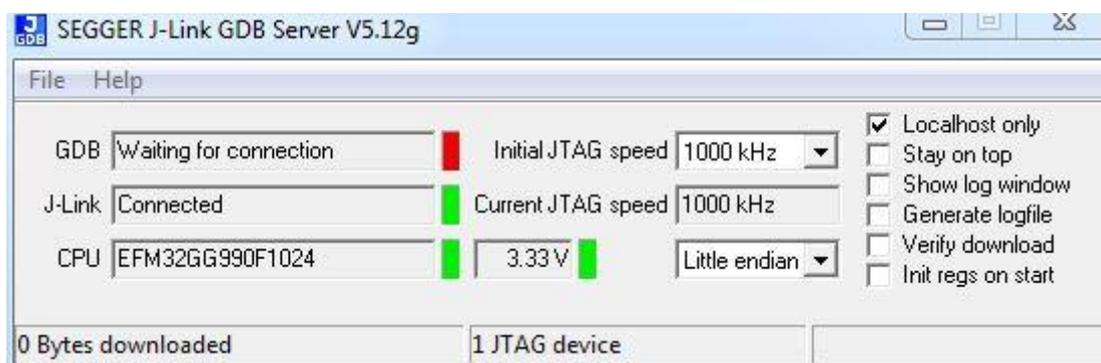
Figura 6 : MCU em modo Debug OUT

5. Verifique se o CubeComputer está recebendo 3,3 V de alimentação. Consulte o *datasheet* para obter detalhes sobre as conexões para alimentação e terra.
6. Ligue o cabo UART no P101. Consulte o *datasheet* para obter detalhes sobre os pinos.



**Figura 7 : Conexão dos equipamentos**

7. Certifique-se que o GDB Server esta conectado e funcionando, como a figura a seguir :



**Figura 8 : Configuração do GDB Server**

8. Inicie a configuração debugger para o MCU e execute o aplicativo no modo debugger:

Run – Debug History – Source

## 5- *Source Application Overview*

O código *main.c* contém um aplicativo de teste simples que mostra o uso da biblioteca de driver para operar os diferentes periféricos e subsistemas de CubeComputer.

O projeto de origem contém um programa simples que pode ser usado como uma base para o desenvolvimento do software. O programa consiste em 3 partes:

### 5.1- **Background.c**

Este arquivo contém as rotinas de serviço de interrupção (*IRQs*) para as tarefas de fundo responsáveis pela segurança do subsistema do Cubecomputer, como o circuito anti-latchup, watchdog interno/externo e correção e detecção de erros da SRAM.

### 5.2- **Comms.c**

Este arquivo contém os *IRQs* para os periféricos de comunicação, como UART, I2C e CAN. Um exemplo de protocolo unificado (Tabela 1) foi implementado entre os diferentes periféricos Comms. Isso permite que o usuário possa se concentrar apenas na atualização e processar as diferentes mensagens de telecomando e telemetria.

| <i>Message Type</i> | <i>ID</i>   | <i>Data direction</i> |
|---------------------|-------------|-----------------------|
| <b>Telecommand</b>  | 0x00 – 0x7F | Data Received         |
| <b>Telemetry</b>    | 0x80 – 0xFF | Data Transmitted      |

### 5.3- Test.c

Um resumo de todas as sub-rotinas de teste estão listados abaixo na tabela abaixo:

| <i>Subroutine</i>     | <i>Descrição</i>   |
|-----------------------|--|
| <b>TEST_RTC()</b>     | Testa o clock para a saída UART.   |
| <b>TEST_EBI()</b>     | Testa a interface de barramento externo através da leitura e escrita para todos os módulos de memória externos e produz os resultados na UART.                   |
| <b>TEST_I2C()</b>     | Testa a interface I2C, lendo e escrevendo para um módulo externo EEPROM I2C de saída e os valores ao longo do UART. O EEPROM não é fornecido com o CubeComputer. |
| <b>TEST_ADC()</b>     | Testa a interface analógica – digital por amostragem dos canais de tensão, corrente e temperatura e os valores de saída na UART.                                 |
| <b>TEST_microSD()</b> | Testa a interface para cartão micro SD, abrindo um arquivo de texto e escrevendo um string dentro dele.  |

A função TEST\_I2C () exige que o I2C seja iniciado no modo master. Exige também que o EEPROM externa seja ligado ao CubeComputer. A função também precisa de ser adicionados à lista de comando comms.c a ser chamado pelo usuário através do link UART.

Os seguintes hardwares são recomendados para as funções de teste:

- ST M24C64 I2C externo EEPROM.
- BV4221-V2 USB para conversor de I2C.
- UM232R UART ao conversor USB.

### 5.4- Test.c

Este é o lugar onde o usuário deve adicionar o código do aplicativo. O loop principal ", while ()" deve ser visto como o ciclo do software de voo que é executado todos os comandos em "x", onde "x" é a quantidade de segundos. Dentro entre malhas de controle, o MCU deve esperar em um estado de baixa energia pronto para processar qualquer telecomando a ser recebido.

## 6- Criando um software customizado

O CubeComputer é baseada em torno da Energia Micro MCU EFM32GG280F1024. Isto é, portanto, possível desenvolver software personalizado para o CubeComputer usando alguns drivers, notas de aplicação e programas de exemplo disponíveis no Micro Energia (agora Silicon Labs) website. O usuário pode incentivar a usar o projeto fonte como ponto de partida, para minimizar o tempo de instalação, e usar a biblioteca BSP fornecido na medida do possível.

### 6.1- Restrições do Hardware

Ao criar um aplicativo personalizado é sempre importante levar em consideração as limitações de hardware, configurações essas que serão mostradas na tabela a seguir:

| Peripheral | Description   |
|------------|---|
| UART0      | Assigned to location 0 and is routed to the PiggyBack header P600,P7,P9. Can also be used as GPIO pins.                       |
| UART1      | Assigned to location 2 and routed to P101.  |
| USART1     | Assigned to location 1, SPI mode and routed to CAN controller. (CubeComputer V3B)   |
| USART2     | Assigned to location 1, SPI mode and routed to microSD card.  |
| I2C0       | Assigned to location 2, routed to H1,P41,P43.   |
| I2C1       | Assigned to location 0, can be routed to H1,P1,P23 or P600,P8,P10 or both depending on user selection.                        |
| EBI        | Assigned to location 0 (AD0-15, CS0-4, ALE, nRE, nWE).<br>Configured to work in multiplexed, 8-bit Data, 24-bit address Mode. |
| ADC0       | CubComputerV3A: channels 0,1,4,5 used, available on PBH<br>CubeComputerV3B: channels 4,5,6,7 used, available on PBH           |
| ACMP0      | channel 2 (SRAM1 current)   |
| ACMP1      | channel 0 (SRAM2 current)   |
| GPIO       | CubeComputerV3A: PD7, power for SRAM1, enable high<br>CubeComputerV3B: PC0, power for SRAM1, enable high                      |
|            | CubeComputerV3A: PD8, power for SRAM2, enable high<br>CubeComputerV3B: PC1, power for SRAM2, enable high                      |
|            | PC14, enable for SRAM1, enable low  |
|            | PC15, enable for SRAM2, enable low  |
|            | PF9, Watchdog enable & toggle   |
|            | PE2,3, FPGA control pins  |
|            | PB0,1,2, FPGA error pins  |
|            | PC11,12,13 CAN control pins   |

## 6.2- PiggyBack Header

A PBH (PiggyBack Header) permite ao usuário criar hardware personalizado que pode ser conectado diretamente ao CubeComputer. A pinagem e funcionalidade dos pinos de cabeçalho PBH estão descritos na Tabela a seguir.

| PBH Pin                | MCU Pin                  | Signal   | Description   |
|------------------------|--------------------------|----------|---|
| 1,2                    | -                        | V_Bat    | Battery supply from main header   |
| 3,4                    | -                        | 5V_MH    | 5V supply from main header  |
| 5,6                    | -                        | 3V3_MH   | 3.3V supply from main header  |
| 7                      | PF7                      | UART_RX  | Miscellaneous UART RX   |
| 9                      | PF6                      | UART_TX  | Miscellaneous UART TX   |
| 8                      | PC5                      | I2C_SCL  | Subsystem I <sup>2</sup> C clock signal   |
| 10                     | PC4                      | I2C_SDA  | Subsystem I <sup>2</sup> C data signal  |
| 11                     | PE5                      | SPI_CLK  | Miscellaneous SPI clock signal  |
| 13                     | PE4                      | SPI_CS   | Miscellaneous SPI chip select   |
| 15                     | PE7                      | SPI_MOSI | Miscellaneous SPI master out/slave in   |
| 17                     | PE6                      | SPI_MISO | Miscellaneous SPI master in/slave out   |
| 12,14,<br>16,19        | PA8-10,<br>PB11          | PWM      | PWM output signals  |
| 18,20,<br>21,22,<br>24 | PA11-13,<br>PB12,<br>PE0 | GPIO     | General purpose input/output  |
| 23                     | PD8                      | BU_VIN   | This pin is used to power the backup power domain. The backup power domain is used by the Backup Real Time Clock. |
| 25-28                  | PD4-PD7                  | ADC      | 12-bit ADC. Connected to the MCU through a voltage follow op-amp circuit. These pins cannot be used as GPIO pins  |
| 29,30                  | -                        | GND      |   |

## 6.3- Makefile

Ao criar software personalizado para o CubeComputer, certifique-se de adicionar esses arquivos para o lista de C-arquivos no makefile localizado em "`\" CubeComputer \ workspace \ Source \ CodeSourcery \`". E se os arquivos `.c` e `.h` não estão localizados na pasta de origem do projeto, o seu caminho de inclusão deve também ser adicionado no makefile.

## 7. Documentação útil

A documentação a seguir é útil na compreensão e funcionamento do CubeComputer e seus subsistemas. Estes documentos podem ser encontrados na subpasta documentação no CubeComputer pacote suporte placa: "\\ CubeComputerBSP \ documentation \".

- MCU EFM32GG Reference Manual MCU EFM32GG280 Datasheet
- AN0023 EFM32 Eclipse Toolchain
- AN0062 EFM32 Programming guide
- AN01 CubeComputer Bootloader
- CubeComputer Data Sheet
- CubeComputer CAN Documentation
- External Watchdog Data Sheet
- CubeComputer System I2C Health Check