BabyOS设计和使用手册

V0.2.1

BabyOS V7.4.5

修订记录：

日期	记录	修订人
2022.03.18	编写初稿	notrynohigh
2022.06.05	增加功能模块详细介绍	notrynohigh
2022.06.06	修改按键模块的描述，文档对应代码的版本号	notrynohigh

目录

1. 项目介绍

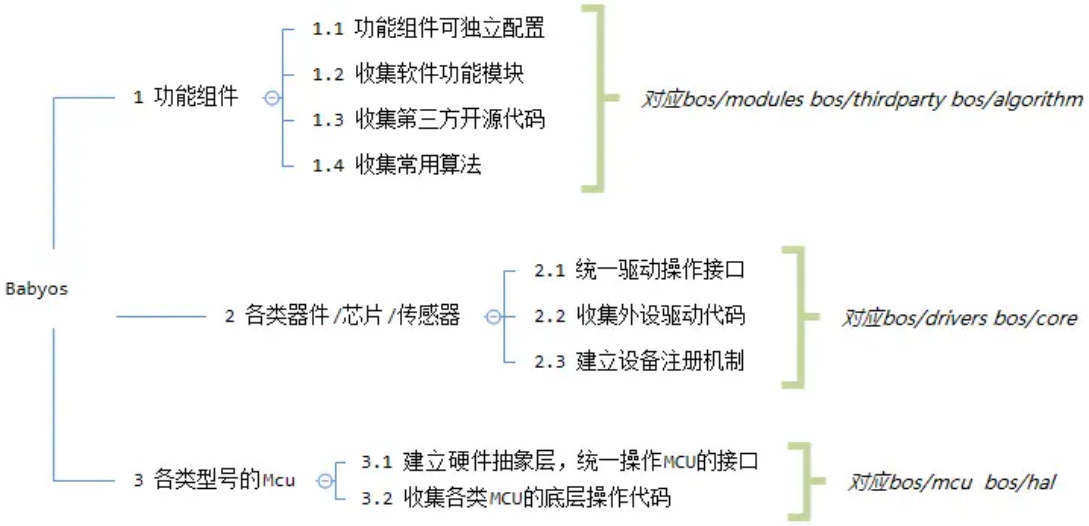
BabyOS构想是搭建一个货架存放软件CBB（CommonBuildingBlock）。

不同产品、系统之间有许多共用的模块，这些模块调试稳定后放入货架作为积累。久而久之，货架上便有许多成熟的CBB供开发人员使用。减少大量重复劳动或者研发已经存在的成果。另一方面，如果产品是基于这些成熟的CBB搭建而成，产品的质量、进度都会得到更好的控制和保证。

货架的搭建和CBB积累并不是一个人可以完成的，需要集合众人的力量。于是2019年底发起了BabyOS开源项目。开发人员以兴趣为动力，无任何薪资报酬。坚持开源互助，共同进步。

2. 设计思路

BabyOS是想搭建一个货架，那么货架上是怎么存放东西的呢？这便决定了代码的结构。



3. 快速体验

以STM32F107进行说明。相关的例子在 https://gitee.com/notrynohigh/BabyOS_Example

3.1 准备基础工程

基础功能需要做到以下几点：

①MCU时钟及片内外的初始化：

初始化时钟、GPIO、滴答定时器和串口1。

②实现用于心跳的定时器：

将滴答定时器作为心跳时钟。

```
static void _ClockInit()
{
    NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_4);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA | RCC_APB2Periph_USART1 |
RCC_APB2Periph_AFIO, ENABLE);
}

static void _GpioInit()
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode  = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin   = GPIO_Pin_9;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin  = GPIO_Pin_10;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
}

static void _UartInit()
{
    NVIC_InitTypeDef  NVIC_InitStruct;
    USART_InitTypeDef USART_InitStructure;
    USART_InitStructure.USART_BaudRate            = 115200;
    USART_InitStructure.USART_WordLength          = USART_WordLength_8b;
    USART_InitStructure.USART_StopBits            = USART_StopBits_1;
    USART_InitStructure.USART_Parity              = USART_Parity_No;
    USART_InitStructure.USART_HardwareFlowControl =
USART_HardwareFlowControl_None;
    USART_InitStructure.USART_Mode                = USART_Mode_Rx |
USART_Mode_Tx;
    USART_Init(USART1, &USART_InitStructure);
    USART_ITConfig(USART1, USART_IT_RXNE, ENABLE);
    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannel                   = USART1_IRQn;
    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelCmd                = ENABLE;
    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 1;
    NVIC_InitStruct.NVIC_IRQChannelSubPriority        = 0;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStruct);
    USART_Cmd(USART1, ENABLE);
}
```

```
void BoardInit()
{
    _ClockInit();
    _GpioInit();
    _UartInit();
}
```

```
//滴答定时器
SysTick_Config(SystemCoreClock / TICK_FRQ_HZ);
NVIC_SetPriority(SysTick_IRQn, 0x0);
```

3.2 添加BabyOS代码

路径	部分/全部	用于快速体验
bos/algorithm	根据需要添加	*暂时不添加其中文件*
bos/core	全部添加	*全部添加*
bos/drivers	根据需要添加	*暂时不添加其中文件*
bos/hal	全部添加	*全部添加*
bos/mcu	根据需要添加	*添加bos/mcu/st/stm32f10x/路径代码*
bos/modules	全部添加	*全部添加*
bos/thirdparty	根据需要添加	*添加bos/thirdparty/nr_micro_shell/路径代码*
bos/utils	全部添加	*全部添加*
bos/_config		*b_config.h 全局 配置文件* *b_device_list.h 注册设备的文件* *b_hal_if.h 驱动接口文件*

编译器添加两个路径即可：

`bos/`

`_config/` 如果配置文件拷贝到其他路径了，则添加相应路径即可。

3.3 修改配置

配置项	说明	用于快速体验
Version Configuration	版本配置项，硬件和固件版本	*无改动*
Platform Configuration	平台配置项，指定心跳频率和MCU平台	*MCU平台选择 STM32F10X_CL*
Hal Configuration	硬件接口配置，可配置硬件接口参数是固定还是可变的	*无改动*
Utils Configuration	实用软件配置，部分软件代码的配置	*无改动*
Modules Configuration	模块配置项，各个功能模块的配置	*无改动*
Thirdparty Configuration	第三方开源代码配置项	*勾选 NR Micro Shell Enable/Disable*

`b_hal_if.h`中指定DEBUG接口

```
#ifndef __B_HAL_IF_H__
#define __B_HAL_IF_H__
#include "b_config.h"
// debug
#define HAL_LOG_UART B_HAL_UART_1
#endif
```

3.4 调用必要的函数

包含头文件 `b_os.h`

①滴答定时器中断服务函数调用 `bHalIncSysTick();`

```
void SysTick_Handler()
{
    bHalIncSysTick();
}
```

②调用`bInit();` bExec();`

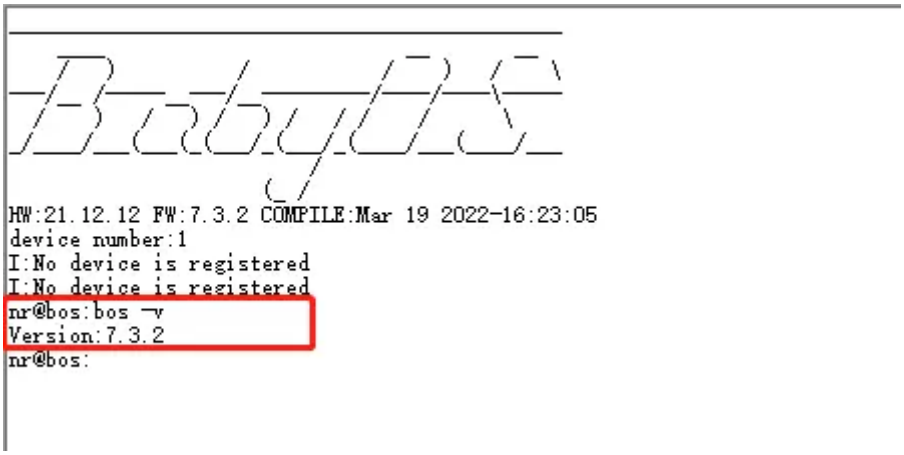
```
int main()
{
    BoardInit();
    SysTick_Config(SystemCoreClock / TICK_FRQ_HZ);
    NVIC_SetPriority(SysTick_IRQn, 0x0);

    bInit();          //bos初始化
    bShellInit();     //shell初始化
    while (1)
    {
        bExec();      //bos执行函数
    }
}
```

③由于勾选了shell功能模块，所以需要在串口接收中断服务函数里调用`bShellParse`，将数据喂给模块。

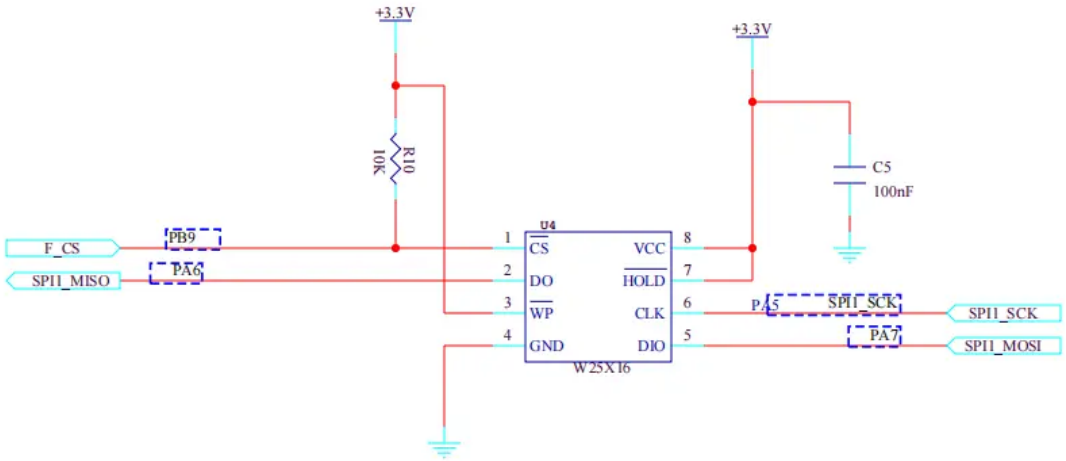
3.5 快速体验结果

BabyOS的shell模块默认支持查询版本的指令，输入 `bos -v` 便可以查询到版本。



4. 进阶体验

完成快速体验后，再体验设备的注册和相关操作。以SPIFlash为例进行说明。



SPI FLASH

4.1 补充MCU资源初始化

在快速体验工程的基础上，增加了硬件SPI，和F_CS引脚。增加SPI的初始化以及GPIO的初始化。

代码省略....

4.2 添加驱动文件

添加 `bos/drivers/b_drv_spiflash.c`

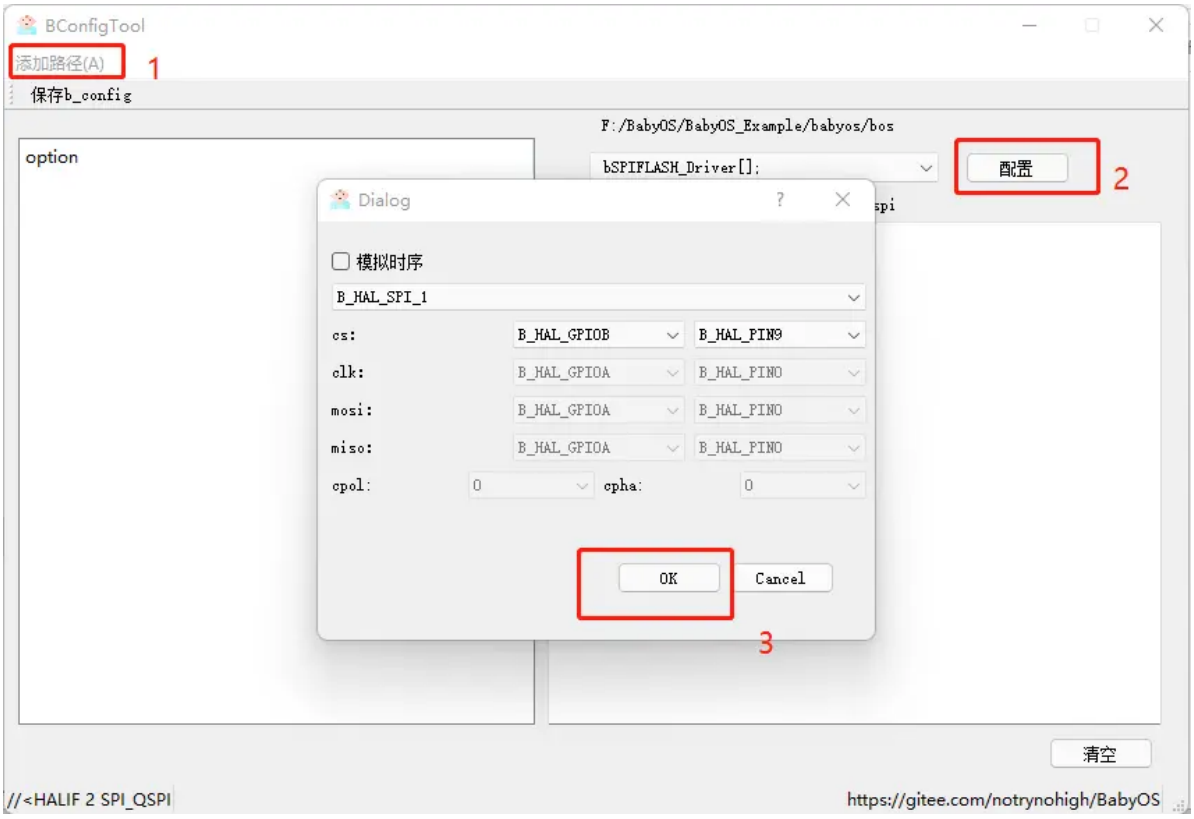
BabyOS里面SPIFLASH的驱动是基于sfud代码编写。因此也要添加sfud部分的代码。

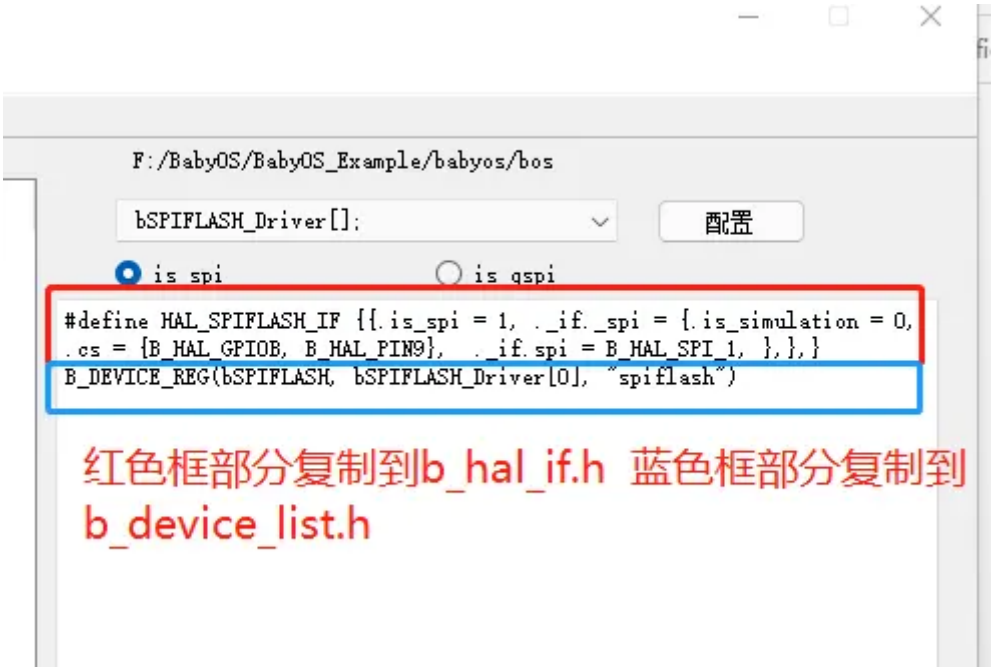
添加 `bos/drivers/sfud/` 路径的代码。

4.3 添加硬件接口

在b_hal_if.h里面添加硬件接口。

可利用BabyOS配置工具生成代码。https://gitee.com/notrynohigh/bconfig-tool/releases/V0.0.2





由于sfud需要知道有多少个SPIFLASH，所以在`b_hal_if.h`里面增加一个宏：

```
#define HAL_SPIFLASH_TOTAL_NUMBER 1
```

4.4 记录开机次数

在SPIFLASH的地址0x00000000记录开机次数，增加如下代码

```
int fd = -1;
uint32_t boot_count = 0;
fd = bOpen(bSPIFLASH, BCORE_FLAG_RW);
bLseek(fd, 0);
bRead(fd, (uint8_t *)&boot_count, sizeof(boot_count));
b_log("boot:%d\r\n", boot_count);
boot_count += 1;
```

```
bFlashErase_t bFlashErase;
bFlashErase.addr = 0;
bFlashErase.num  = 1;
bCtl(fd, bCMD_ERASE_SECTOR, &bFlashErase);
bLseek(fd, 0);
bWrite(fd, (uint8_t *)&boot_count, sizeof(boot_count));
bClose(fd);
```

5.概要介绍

5.1 添加MCU

`bos/mcu/`路径是存放已调试过的MCU型号，命名规则是：*bos/mcu/厂商/型号/*。

`bos/hal/`目录的文件及文件内定义的接口目前并不是很全，这部分的策略是：*一点点添加，上层代码有需要时再添加。*

下图中黑色部分是HAL部分的内容，蓝色部分是MCU部分需要实现的，绿色部分是UTILS提供的模拟时序。

SPI和I2C接口支持模拟时序，HAL层判断是否使用模拟时序，然后调用对应接口。

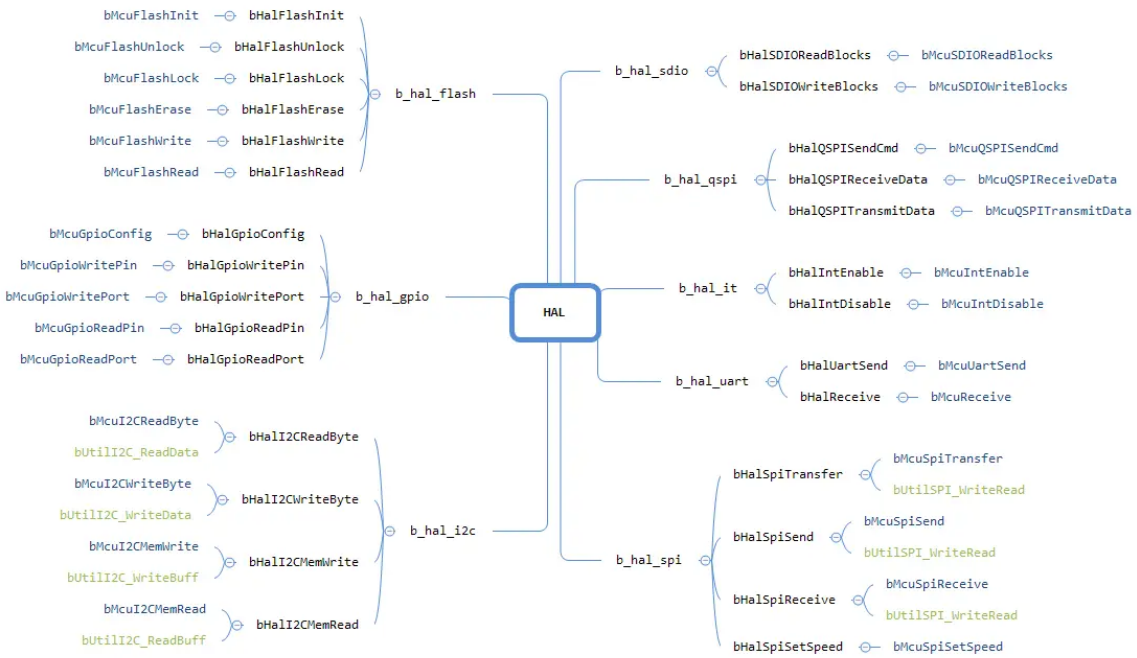
因此新增MCU型号：

①新建目录，添加文件

②实现蓝色部分的接口

③修改`_config/b_config.h`，为*MCU Platform*增加一个选项

```
//<o> MCU Platform
//<1001=> STM32F10X_LD
//<1002=> STM32F10X_MD
//<1003=> STM32F10X_HD
//<1004=> STM32F10X_CL
//<1101=> STM32G0X0
//<2001=> NATION_F40X
//<3001=> MM32SPIN2X
//<3002=> MM32SPIN0X
//<4001=> HC32L13X
//<7001=> CH32F103
#define MCU_PLATFORM 1004
```


HAL
b_hal_flash
bMcuFlashInit
bHalFlashInit
bMcuFlashUnlock
bHalFlashUnlock
bMcuFlashLock
bHalFlashLock
bMcuFlashErase
bHalFlashErase
bMcuFlashWrite
bHalFlashWrite
bMcuFlashRead
bHalFlashRead
b_hal_gpio
bMcuGpioConfig
bHalGpioConfig
bMcuGpioWritePin
bHalGpioWritePin
bMcuGpioWritePort
bHalGpioWritePort
bMcuGpioReadPin
bHalGpioReadPin
bMcuGpioReadPort
bHalGpioReadPort
b_hal_i2c
bMcuI2CReadByte
bHalI2CReadByte
bUtilI2C_ReadData
bMcuI2CWriteByte
bHalI2CWriteByte
bUtilI2C_WriteData
bMcuI2CMemWrite
bHalI2CMemWrite
bUtilI2C_WriteBuff
bMcuI2CMemRead
bHalI2CMemRead
bUtilI2C_ReadBuff
b_hal_sdio
bHalSDIOReadBlocks
bMcuSDIOReadBlocks
bHalSDIOWriteBlocks
bMcuSDIOWriteBlocks
b_hal_qspi
bHalQSPISendCmd
bMcuQSPISendCmd
bHalQSPIReceiveData
bMcuQSPIReceiveData
bHalQSPITransmitData
bMcuQSPITransmitData
b_hal_it
bHalIntEnable
bMcuIntEnable
bHalIntDisable
bMcuIntDisable
b_hal_uart
bHalUartSend
bMcuUartSend
bHalReceive
bMcuReceive
b_hal_spi
bHalSpiTransfer
bMcuSpiTransfer
bUtilSPI_WriteRead
bHalSpiSend
bMcuSpiSend
bUtilSPI_WriteRead
bHalSpiReceive
bMcuSpiReceive
bUtilSPI_WriteRead
bHalSpiSetSpeed
bMcuSpiSetSpeed

5.2 HAL层介绍

Hal层一方面是给MCU层提供统一的接口。还有如下几点作用：

①提供心跳时间的查询

②提供微秒级和毫秒级延时函数

③提供通讯接口的数据结构

5.2.1 心跳时钟

使用BabyOS,需要给予一个心跳时钟。心跳时钟的频率在`_config/b_config.h`里定义`TICK_FRQ_HZ`，使用者自行实现一个定时器，并定时调用`bHalIncSysTick`。应用代码中可根据`bHalGetSysTick`获取心跳时钟计数值。

5.2.2 延时函数

提供`bHalDelayMs`和`bHalDelayUs`两个阻塞型延时函数。毫秒级延时是通过心跳计算的。微妙级函数是通过for循环阻塞。`bHalInit`中会计算微秒级延时所用到的参数，以此尽量保证微秒级函数的精准性。

5.2.3 通讯接口

HAL层提供通讯接口的数据结构：

```
//GPIO
typedef struct
{
    bHalGPIOPort_t port;
    bHalGPIOPin_t  pin;
} bHalGPIOInstance_t;

//I2C
typedef struct
{
    uint8_t dev_addr;
    uint8_t is_simulation;
    union
    {
        bHalI2CNumber_t i2c;
        struct
        {
            bHalGPIOInstance_t clk;
            bHalGPIOInstance_t sda;
        } simulating_i2c;
    } _if;
} bHalI2CIf_t;

//SPI
typedef struct
{
    uint8_t is_simulation;
    union
    {
        bHalSPINumber_t spi;
```

```
        struct
        {
            bHalGPIOInstance_t miso;
            bHalGPIOInstance_t mosi;
            bHalGPIOInstance_t clk;
            uint8_t            CPOL;
            uint8_t            CPHA;
        } simulating_spi;
    } _if;
    bHalGPIOInstance_t cs;
} bHalSPIIf_t;

//UART
typedef enum
{
    B_HAL_UART_1,
    B_HAL_UART_2,
    ....
    B_HAL_UART_NUMBER
} bHalUartNumber_t;

//LCD
typedef struct
{
    union
    {
        uint32_t rw_addr;
        struct
        {
            bHalGPIOInstance_t data;
            bHalGPIOInstance_t rs;
            bHalGPIOInstance_t rd;
            bHalGPIOInstance_t wr;
            bHalGPIOInstance_t cs;
        } _io;
        struct
        {
            bHalGPIOInstance_t rs;
            bHalSPIIf_t        _spi;
        } _spi;
    } _if;
    uint8_t if_type;  // 0: _io  1: rw_addr  2: _spi
} bLCD_HalIf_t;
```

5.3 驱动层介绍

BabyOS操作设备的方式是，打开、读/写/控制，关闭。这么设计的想法是，打开（唤醒设备）然后对设备进行操作（读/写/配置），最后关闭（休眠设备）。

`bos/driver/inc/b_driver.h` 里有一个数据结构：

```
typedef struct bDriverIf
{
    int status;
    int (*init)(void);
    int (*open)(struct bDriverIf *pdrv);
    int (*close)(struct bDriverIf *pdrv);
    int (*ctl)(struct bDriverIf *pdrv, uint8_t cmd, void *param);
    int (*write)(struct bDriverIf *pdrv, uint32_t offset, uint8_t *pbuf,
uint32_t len);
    int (*read)(struct bDriverIf *pdrv, uint32_t offset, uint8_t *pbuf, uint32_t
len);
    void *_hal_if;
    union
    {
        uint32_t v;
        void *   _p;
    } _private;
} bDriverInterface_t;
```

每个驱动文件的目标便是实现 `bDriverInterface_t` 里面的各个元素。

status 驱动初始化异常则将 status 设为-1 反之设 为 0。 操作设备时检测此项，如果是-1 则不执行。

init 负责执行初始化，用于运行过程中再次初始化。

open 负责唤醒操作，此处可执行设备唤醒。如果设备没有休眠状态，可以赋值为 NULL 。

close 负责休眠的操作，此处可执行设备休眠。如果设备没有休眠状态，可以赋值为 NULL 。

ctl 负责对设备进行配置或者执行特定的操作，例如擦除，切换状态等。ctl 的调用需要传入指令 cmd 和对应的参数。 执 行成功返回 0，失败或者不支持指令则返回-1。

write 负责传输数据至设备，执行成功返回实际发送的数据长度，执行失败则返回-1。

read 负责从设备获取数据，获取数据的最小单元依据设备功能而定，例如，存储设备，最小可以获取 1 个字节；3 轴加速度设备，最小单元为 3 个加速度值；温湿度传感器最小单元是一组温度湿度值。读取的最小单元需 要在驱动的 h 文件进行说明让使用者能明白。

_hal_if 指向当前驱动对应的硬件接口。

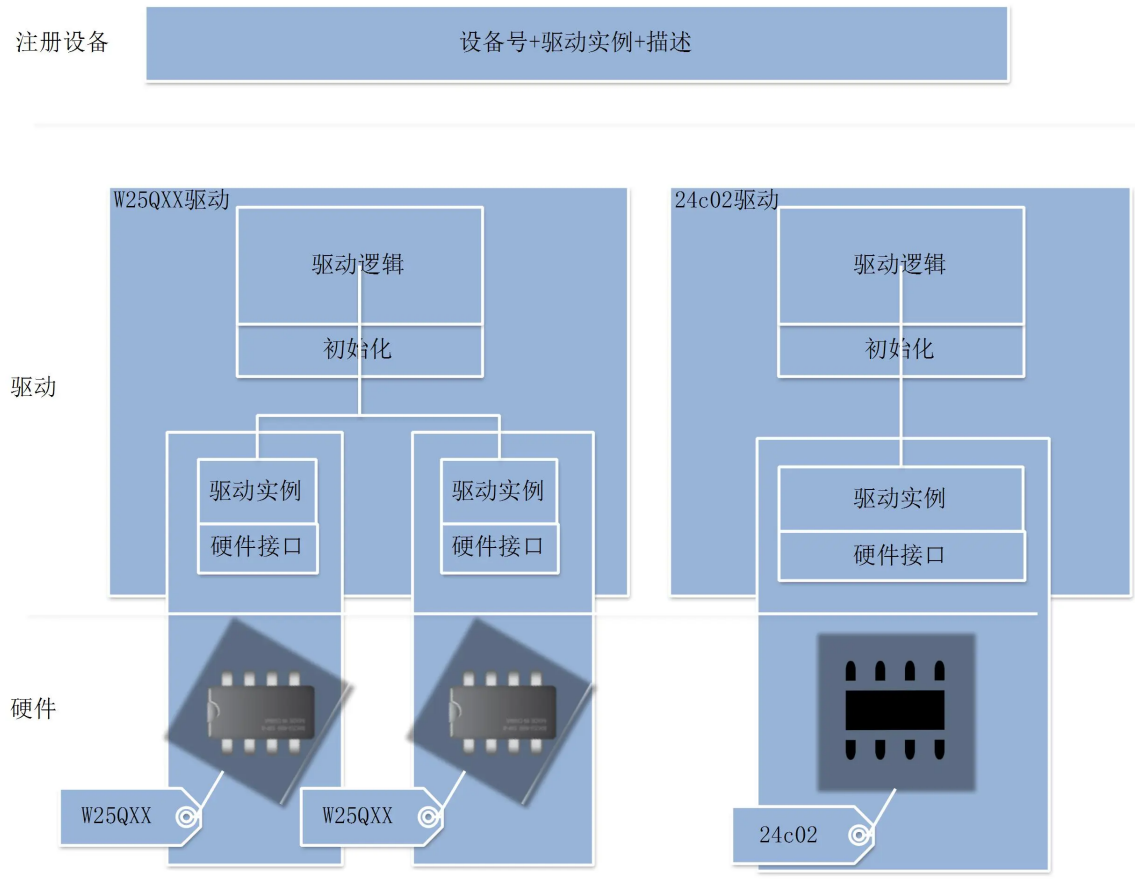
private 当驱动需要携带私有参数时，则利用这个字段。例如 flash 的 id，可以放在 *private.v。如果需要存放更多的信息，那么就利用*private.p 指向一片数据区域。

5.3.1 硬件接口

每个驱动的硬件接口通过 `HAL_XXXX_IF` 指定，在驱动文件代码中会有如下一行代码：

```
HALIF_KEYWORD bXXXX_HalIf_t bXXXX_HalIfTable[] = HAL_XXXX_IF;
//或
HALIF_KEYWORD bXXXX_HalIf_t bXXXX_HalIf = HAL_XXXX_IF;
```

这两种分别对应哪种情况呢，通过下图可以看出。



硬件接口的两种情况：

1）存在有相同设备的情况，例如接入 MCU 的有两个 Flash 芯片

2）当前驱动对应的设备不会存在多个，例如屏，一般只会接 1 块屏

第一种情况时，可通过如下宏获取当前的硬件接口：

```
#define bDRV_GET_HALIF(name, type, pdrv) type *name = (type *)((pdrv)->_hal_if)
//例如：bDRV_GET_HALIF(_if, bSPIFLASH_HalIf_t, pdrv);
//_if便是指向硬件接口的指针
```

5.3.2 注册设备

操作设备是通过设备号进行，那么注册设备便是将设备号与驱动实例进行绑定。
`bos/driver/inc/b_driver.h`列出了已有的驱动实例。

`b_device_list.h`中通过宏进行注册：

```
B_DEVICE_REG(bSPIFLASH, bSPIFLASH_Driver[0], "spiflash")
B_DEVICE_REG(bILI9341, bILI9341_Driver, "ili9341")
```

设备管理涉及到以下几个数据结构：

```
#define B_DEVICE_REG(dev, driver, desc)
#include "b_device_list.h"

typedef enum
{
```

```
#define B_DEVICE_REG(dev, driver, desc) dev,
#include "b_device_list.h"
    bDEV_NULL,
    bDEV_MAX_NUM
} bDeviceName_t;

static bDriverInterface_t bNullDriver;
static bDriverInterface_t *bDriverTable[bDEV_MAX_NUM] = {
#define B_DEVICE_REG(dev, driver, desc) &driver,
#include "b_device_list.h"
    &bNullDriver,
};

static const char *bDeviceDescTable[bDEV_MAX_NUM] = {
#define B_DEVICE_REG(dev, driver, desc) desc,
#include "b_device_list.h"
    "null",
};
```

设备注册便是填充了`bDeviceName_t` `bDriverTable` `bDeviceDescTable`，以设备号为索引，可以从`bDriverTable`找到对应的驱动实例，从`bDeviceDescTable`中找到设备的描述。

5.3.3 操作设备

```
int bReinit(uint8_t dev_no);
int bOpen(uint8_t dev_no, uint8_t flag);
int bRead(int fd, uint8_t *pdata, uint16_t len);
int bWrite(int fd, uint8_t *pdata, uint16_t len);
int bCtl(int fd, uint8_t cmd, void *param);
int bLseek(int fd, uint32_t off);
int bClose(int fd);
int bModifyHalIf(uint8_t dev_no, uint32_t type_size, uint32_t off, const uint8_t
*pval,
                 uint8_t len);
```

dev_no 注册设备时指定的设备号

fd 打开设备后返回的句柄，最多同时打开10（`BCORE_FD_MAX`）个设备。

配置项`_HALIF_VARIABLE_ENABLE`用于配置是否允许硬件接口可以改动。

```
#if _HALIF_VARIABLE_ENABLE
#define HALIF_KEYWORD static
#else
#define HALIF_KEYWORD const static
#endif
```

`bModifyHalIf`使用例子：

```
//oled硬件接口数据结构是 bOLED_HalIf_t
typedef struct
{
   union
  {
       bHalI2CIf_t _i2c;
       bHalSPIIf_t _spi;
  } _if;
   uint8_t is_spi;
} bOLED_HalIf_t;
// 修改IIC的设备地址 OLED是注册的设备号，dev_addr变量存放着新的指。
bModifyHalIf(OLED, sizeof(bOLED_HalIf_t),(uint8_t)(&(((bOLED_HalIf_t *)0)->_if._i2c.dev_addr)), &dev_addr, 1)
```

5.4 SECTION介绍

`b_section.h`定义段的操作。现有的段有如下几个：

```
bSECTION_DEF_FLASH(bos_polling, pbPoling_t);
#define BOS_REG_POLLING_FUNC(func) //将func放入bos_polling段

bSECTION_DEF_FLASH(driver_init_0, pbDriverInit_t);
bSECTION_DEF_FLASH(driver_init, pbDriverInit_t);
#define bDRIVER_REG_INIT_0(func)  //将func放入driver_init_0段
#define bDRIVER_REG_INIT(func)    //将func放入driver_init段

bSECTION_DEF_FLASH(b_mod_shell, static_cmd_st);
#define bSHELL_REG_INSTANCE(cmd_name, cmd_handler)  //将cmd信息放入b_mod_shell段

bSECTION_DEF_FLASH(b_mod_param, bParamInstance_t);
#define bPARAM_REG_INSTANCE(param, param_size)   //将参数信息放入b_mod_param段
```

驱动文件最后会有一行这样的代码：`bDRIVER_REG_INIT(bXXXX_Init);`将初始化函数放入`driver_init`段。

```
//设备初始化时，将遍历driver_init_0和driver_init内的函数，并执行。
int bDeviceInit()
{
    memset(&bNullDriver, 0, sizeof(bNullDriver));
    bSECTION_FOR_EACH(driver_init_0, pbDriverInit_t, pdriver_init_0)
    {
        (*pdriver_init_0)();
    }
    bSECTION_FOR_EACH(driver_init, pbDriverInit_t, pdriver_init)
    {
        (*pdriver_init)();
    }
    return 0;
}
```

```
int bExec()
{
    //BabyOS的执行函数遍历需要轮询的函数即在bos_polling段的函数。
    bSECTION_FOR_EACH(bos_polling, pbPoling_t, polling)
    {
        (*polling)();
    }
    return 0;
}
```

当使用gcc编译时，需要编辑链接文件，在链接文件中补充这几个段，例如：

```
/* Define output sections */
SECTIONS
{
  ......
  /* BabyOS Section -------------*/
  .driver_init :
```

```
  {
    . = ALIGN(4);
    PROVIDE(__start_driver_init = .);
    KEEP(*(SORT(.driver_init*)))
    PROVIDE(__stop_driver_init = .);
    . = ALIGN(4);
  } > FLASH

  .driver_init_0 :
  {
    . = ALIGN(4);
    PROVIDE(__start_driver_init_0 = .);
    KEEP(*(SORT(.driver_init_0*)))
    PROVIDE(__stop_driver_init_0 = .);
    . = ALIGN(4);
  } > FLASH

  .bos_polling :
  {
    . = ALIGN(4);
    PROVIDE(__start_bos_polling = .);
    KEEP(*(SORT(.bos_polling*)))
    PROVIDE(__stop_bos_polling = .);
    . = ALIGN(4);
  } > FLASH

  .b_mod_shell :
  {
    . = ALIGN(4);
    PROVIDE(__start_b_mod_shell = .);
    KEEP(*(SORT(.b_mod_shell*)))
    PROVIDE(__stop_b_mod_shell = .);
    . = ALIGN(4);
  } > FLASH

  /* BabyOS Section ---------end----*/
  ......
}
```

5.5 功能组件

功能组件包括: 功能模块、第三方开源代码，算法模块和工具模块。

组件	描述	代码
功能模块	收集BabyOS开发者编写的通用软件模块	b_mod_adchub b_mod_button b_mod_error b_mod_fs b_mod_gui b_mod_kv b_mod_menu b_mod_modbus b_mod_param b_mod_protocol b_mod_pwm b_mod_shell b_mod_timer b_mod_trace b_mod_xm128 b_mod_ymodem
第三方开源	收集第三方实用的开源代码	cjson cm_backtrace fatfs flexiblebutton littlefs nr_micro_shell ugui sfud
算法模块	收集常用的算法。目前这部分处于空白状态	
工具模块	支持其他各模块的通用代码	b_util_at b_util_fifo b_util_i2c b_util_log b_util_lunar b_util_memp b_util_spi b_util_uart b_util_utc

组件的每个部分都可以通过全局配置文件使能以及配置参数。组件中的代码，操作MCU资源只能调用HAL层接口，操作设备只能基于设备号进行操作。

组件中每个c文件功能单一,提供的功能接口放在对应的h文件。尽量做到，根据h文件的函数名便知道如何使用。

6. 功能模块

6.1 b_mod_adchub

6.1.1 数据结构

```
//回调 ad_val：ADC值    arg:用户指定传入的参数
typedef void (*pAdchubCb_t)(uint32_t ad_val, uint32_t arg);

typedef struct _AdcInfo
{
    uint8_t          seq;      //序号，每个实例中序号不能一样
    uint8_t          filter;   //是否进行默认滤波处理
    uint8_t          flag;     //buf是否填充满
    uint8_t          index;    //当前喂入的数据放入buf的索引
    pAdchubCb_t      callback; //回调函数
    uint32_t         arg;      //指定回调传入的参数
    uint32_t         buf[FILTER_BUF_SIZE];
    struct _AdcInfo *next;
    struct _AdcInfo *prev;
} bAdcInfo_t;

typedef bAdcInfo_t bAdcInstance_t;

//快速创建实例的宏，name:实例名 ad_seq:序号 filter_en：是否需要滤波 cb:回调 cb_arg:回调参数
#define bADC_INSTANCE(name, ad_seq, filter_en, cb, cb_arg) \
    bAdcInstance_t name = {                                \
        .seq      = ad_seq,                                \
        .filter   = filter_en,                             \
        .callback = cb,                                    \
        .arg      = cb_arg,                                \
    }
```

6.1.2 接口介绍

```
//注册ADCHUB实例，所有注册的实例将组成列表
int bAdchubRegist(bAdcInstance_t *pinstance);
//喂ADC数据，ad_seq:ADC的序号 ad_val:ADC的值
int bAdchubFeedValue(uint8_t ad_seq, uint32_t ad_val);
```

6.1.3 使用例子

```
//回调函数
void _AdcCallback(uint32_t ad_val, uint32_t arg)
{
    b_log("%d:%d\r\n", arg, ad_val);
    if (arg == 2)  //可以根据arg来判断是哪个实例的回调
    {
        //.....
    }
}
```

```
//此处定义实例，序号分别填的是10和16，在喂数据时候要对应
//由于使用同一个回调函数，那么回调带入的参数要区分，分别是1 和 2
bADC_INSTANCE(ADTest, 10, 1, _AdcCallback, 1);
bADC_INSTANCE(ADTemp, 16, 1, _AdcCallback, 2);
int main()
{
    ...
    bInit();
    //注册实例
    bAdchubRegist(&ADTest);
    bAdchubRegist(&ADTemp);
    ...
}

//喂数据，中断里获取ADC值，然后喂数据
void ADC1_2_IRQHandler()
{
    uint32_t tmp = 0;
    if (ADC_GetITStatus(ADC1, ADC_IT_JEOC) == SET)
    {
        ADC_ClearITPendingBit(ADC1, ADC_IT_JEOC);
        tmp = ADC_GetInjectedConversionValue(ADC1, ADC_InjectedChannel_1);
        bAdchubFeedValue(10, tmp);
        tmp = ADC_GetInjectedConversionValue(ADC1, ADC_InjectedChannel_2);
        bAdchubFeedValue(16, tmp);
    }
}
```

6.2 b_mod_button

此功能模块是对第三方代码FlexibleButton的封装。支持独立按键和矩阵按键。

6.2.1 数据结构

```
//按键事件回调的数据类型
typedef void (*pBtnEventHandler_t)(uint16_t event, uint8_t param);

//按键事件，1个按键可以同时注册多个事件
#define BTN_EVENT_DOWN (0x001)
#define BTN_EVENT_CLICK (0x002)
#define BTN_EVENT_DOUBLE_CLICK (0x004)
#define BTN_EVENT_REPEAT_CLICK (0x008)
#define BTN_EVENT_SHORT (0x010)
#define BTN_EVENT_SHORT_UP (0x020)
#define BTN_EVENT_LONG (0x040)
#define BTN_EVENT_LONG_UP (0x080)
#define BTN_EVENT_LONGLONG (0x100)
#define BTN_EVENT_LONGLONG_UP (0x200)
```

6.2.2 接口介绍

```
//初始化，指定short long longlong的时长，单位ms
int  bButtonInit(uint16_t short_xms, uint16_t long_xms, uint16_t llong_xms);
//注册事件，id:按键的id event:事件 handler:处理事件的回调函数
void bButtonRegEvent(uint8_t id, uint16_t event, pBtnEventHandler_t handler);
```

6.2.3 使用例子

b_config.h **配置独立按键的数量，配置矩阵按键的行和列**

b_hal_if定义按键的硬件接口，**顺序决定了按键的ID。**

```
// Button
//独立按键：{PORT, PIN, 按键按下时IO电平}
#define HAL_B_BUTTON_GPIO                                                   \
    {                                                                       \
        {B_HAL_GPIOC, B_HAL_PIN4, 0}, {B_HAL_GPIOB, B_HAL_PIN10, 0},       \
            {B_HAL_GPIOC, B_HAL_PIN13, 0}, {B_HAL_GPIOA, B_HAL_PIN0, 0}, \
    }
//矩阵按键，{{行对应的GPIO}，{列对应的GPIO}}
#define HAL_B_MATRIXKEY_GPIO {{{B_HAL_GPIOE, B_HAL_PIN8}, {B_HAL_GPIOE,
B_HAL_PIN9}}, {{B_HAL_GPIOE, B_HAL_PIN10}, {B_HAL_GPIOE, B_HAL_PIN11}}}

void BtnEventHandler(uint16_t event, uint8_t param)
{
    if (event == BTN_EVENT_CLICK)
    {
        b_log("BTN_EVENT_CLICK\r\n");
    }
    if (event == BTN_EVENT_DOUBLE_CLICK)
    {
        b_log("BTN_EVENT_DOUBLE_CLICK\r\n");
    }
    if (event == BTN_EVENT_SHORT)
    {
        b_log("BTN_EVENT_SHORT\r\n");
    }
    if (event == BTN_EVENT_LONG)
    {
        b_log("BTN_EVENT_LONG\r\n");
    }
    if (event == BTN_EVENT_LONGLONG)
    {
        b_log("BTN_EVENT_LONGLONG\r\n");
    }
}

int main()
{
    ...
    bInit();
    bButtonInit(3000, 5000, 8000);
    //ID 0 对应PC4口接的按键
    bButtonRegEvent(0, BTN_EVENT_CLICK | BTN_EVENT_DOUBLE_CLICK,
BtnEventHandler);
```

```
    //ID 1 对应PB10口接的按键
    bButtonRegEvent(1, BTN_EVENT_SHORT, BtnEventHandler);
    //ID 2 对应PC13口接的按键
    bButtonRegEvent(2, BTN_EVENT_LONG, BtnEventHandler);
    //ID 3 对应PA0口接的按键
    bButtonRegEvent(3, BTN_EVENT_LONGLONG, BtnEventHandler);
    //矩阵按键的ID在独立按键之后。矩阵按键的ID
    /*  ---------------->行
        key(4)   key(5)
        key(6)   key(7)
    */
#if _MATRIXKEY_ENABLE
    bButtonRegEvent(4, BTN_EVENT_CLICK | BTN_EVENT_DOUBLE_CLICK,
BtnEventHandler);
    bButtonRegEvent(5, BTN_EVENT_SHORT, BtnEventHandler);
    bButtonRegEvent(6, BTN_EVENT_LONG, BtnEventHandler);
    bButtonRegEvent(7, BTN_EVENT_LONGLONG, BtnEventHandler);
#endif
    ...
}
```

6.3 b_mod_error

6.3.1 数据结构

```
typedef void (*pecb)(uint8_t err);   //错误发生后的回调

#define INVALID_ERR ((uint8_t)0xFF)

#define BERROR_LEVEL_0 0X00    //错误等级0，调用回调后自动从队列中移除
#define BERROR_LEVEL_1 0X01    //错误等级1，需要手动从队列移除
```

6.3.2 接口介绍

```
//初始化并传入回调函数
int bErrorInit(pecb cb);
//注册错误，err:错误号 level:错误等级
//interval_ms:间隔时间，level为BERROR_LEVEL_1时有效。
//当错误发生后执行一次回调，如果错误没有被清除，则interval_ms时间后再次执行回调
int bErrorRegist(uint8_t err, uint32_t interval_ms, uint32_t level);
//清除指定的错误
int bErrorClear(uint8_t e_no);
//查询错误是否存在
int bErrorIsExist(uint8_t e_no);
//查询错误队列是否为空，即没有错误发生或者发生的错误都已经被处理
int bErrorIsEmpty(void);
```

6.3.3 使用例子

```
#define BAT_LOW (0)
#define MEM_ERR (1)

void SystemErrCallback(uint8_t err)
{
    b_log_e("err:%d\r\n", err);
}

int main()
{
    ...
    bInit();
    bErrorInit(SystemErrCallback);
    bErrorRegist(BAT_LOW, 3000, BERROR_LEVEL_1); //当错误发生时调用
    bErrorRegist(MEM_ERR, 0, BERROR_LEVEL_0);    //当错误发生时调用
    ...
}
```

6.4 b_mod_fs

6.4.1 数据结构

```
//定义了两个物理盘，SPIFLASH和SDCARD
typedef enum
{
#if _SPIFLASH_ENABLE
    E_DEV_SPIFLASH, /* Map SPIFLASH to physical drive*/
#endif
#if _SD_ENABLE
    E_DEV_SDCARD, /* Map MMC/SD card to physical drive*/
#endif
    E_DEV_NUMBER,
} FS_DEV_Enum_t;
```

6.4.2 接口介绍

```
//b_mod_fs是对接fatfs和littlefs
//b_mod_fs主要是提供初始化函数，其他文件级操作使用fatfs或者littlefs提供的接口。
//初始化函数
int bFS_Init(void);
//提供的测试函数，主要是通过文件的方式记录开机次数
int bFS_Test(void);
```

6.4.3 使用例子

```
int main()
{
    ...
    bInit();
    bFS_Init();
    bFS_Test();
    ...
}
```

6.5 b_mod_gui

6.5.1 接口介绍

```
//b_mod_gui是对接ugui
//b_mod_gui主要是提供初始化函数，其他图形化操作使用ugui提供的接口。
//初始化函数，lcd:显示的设备号  touch:触摸的设备号
int bGUI_Init(int lcd, int touch);
```

6.5.2 使用例子

```
int main()
{
    ...
    bInit();
    bGUI_Init(bILI9341, NULL);
    UG_FillScreen(C_RED);
    UG_PutString(0, 0, "hello world");
    UG_PutString(0, 100, "babyos ili9341");
    ...
}
```

6.6 b_mod_kv

6.6.1 数据结构

```
//bKV的状态
#define bKV_IDLE 0
#define bKV_BUSY 1
#define bKV_ERROR 2
//bKV区域至少是有4个最小可擦除单位。
//【数据索引1】【数据1】 【数据索引2】【数据2】
#define bKV_SECTOR_T1 0X01
#define bKV_SECTOR_T2 0X02
#define bKV_SECTOR_D1 0X04
#define bKV_SECTOR_D2 0X08
#define bKV_SECTOR_ALL 0X0F
```

```
//KV区域的标志字符串
#define bKV_HEAD_STR "B_KV"

#define bKV_ALIGN_4BYTES(n) (((n) + 3) / 4 * 4)
```

6.6.2 接口介绍

```
//初始化，dev_no：存储数据的设备号 s_addr:起始地址 size:存储区域尺寸 e_size:最小擦除单位大小
int bKV_Init(int dev_no, uint32_t s_addr, uint32_t size, uint32_t e_size);
//设置KV的数据
int bKV_Set(const char *key, uint8_t *pvalue, uint16_t len);
//读取KV数据
int bKV_Get(const char *key, uint8_t *pvalue);
//删除KV的KEY
int bKV_Delete(const char *key);
```

6.6.3 使用例子

```
int main()
{
    ...
    bInit();
    bKV_Init(bSPIFLASH, 0x0, 40960, 4096);
    if(0 > bKV_Get("boot", (uint8_t *)&boot_count))
    {
        boot_count = 0;
    }
    b_log("boot : %d\r\n", boot_count);
    boot_count += 1;
    bKV_Set("boot", (uint8_t *)&boot_count, sizeof(boot_count));
    ...
}
```

6.7 b_mod_menu

6.7.1 数据结构

```
//更新UI的函数，pre_id：当前界面是从pre_id的界面切换过来
typedef void (*pCreateUI)(uint32_t pre_id);

//切换菜单的操作
#define MENU_UP 1
#define MENU_DOWN 2
#define MENU_BACK 3
#define MENU_ENTER 4
```

6.7.2 接口介绍

```
//增加同等级的菜单。创建第一个节点时，参考ID和界面ID值相同。
int      bMenuAddSibling(uint32_t ref_id, uint32_t id, pCreateUI f);
//增加子级菜单
int      bMenuAddChild(uint32_t ref_id, uint32_t id, pCreateUI f);
//菜单切换操作
void     bMenuAction(uint8_t cmd);
//直接跳转到ID界面
void     bMenuJump(uint32_t id);
//获取当前显示界面的ID
uint32_t bMenuCurrentID(void);
//设置ID界面的可视化状态，用于隐藏和显示界面
int      bMenuSetVisible(uint32_t id, uint8_t s);
```

6.7.3 使用例子

```
//定义4个按键进行菜单切换操作
void BtnEventHandler0(uint16_t event, uint8_t param)
{
    bMenuAction(MENU_UP);
}
void BtnEventHandler1(uint16_t event, uint8_t param)
{
    bMenuAction(MENU_DOWN);
}
void BtnEventHandler2(uint16_t event, uint8_t param)
{
    bMenuAction(MENU_BACK);
}
void BtnEventHandler3(uint16_t event, uint8_t param)
{
    bMenuAction(MENU_ENTER);
}

//创建菜单。更多的代码，参考example仓库的例程。
int bMenuInit()
{
    bMenuAddSibling(LEVEL0_MENU0_ID, LEVEL0_MENU0_ID, Level0Menu0F);
    bMenuAddSibling(LEVEL0_MENU0_ID, LEVEL0_MENU1_ID, Level0Menu1F);
    bMenuAddSibling(LEVEL0_MENU1_ID, LEVEL0_MENU2_ID, Level0Menu2F);

    bMenuAddChild(LEVEL0_MENU0_ID, LEVEL1_MENU0_ID, Level1Menu0F);
    bMenuAddChild(LEVEL0_MENU1_ID, LEVEL1_MENU1_ID, Level1Menu1F);
    bMenuAddChild(LEVEL0_MENU2_ID, LEVEL1_MENU2_ID, Level1Menu2F);

    return 0;
}
```

6.8 b_mod_modbus

6.8.1 数据结构

```
//这部分代码主要是提供RTU模式的主机读写功能
//从机返回读数据结果的数据结构
typedef struct
{
    uint8_t   func;
    uint8_t   reg_num;
    uint16_t *reg_value;
} bMB_ReadResult_t;
//从机返回写数据结果的数据结构
typedef struct
{
    uint8_t  func;
    uint16_t reg;
    uint16_t reg_num;
} bMB_WriteResult_t;
//传入回调函数的数据结构
typedef struct
{
    uint8_t type;  // 0: read     1:write
    union
    {
        bMB_ReadResult_t  r_result;
        bMB_WriteResult_t w_result;
    } result;
} bMB_SlaveDeviceData_t;

typedef void (*pMB_Send_t)(uint8_t *pbuf, uint16_t len);
typedef void (*pMB_Callback_t)(bMB_SlaveDeviceData_t *pdata);
//指定发送函数和回调函数
typedef struct
{
    pMB_Send_t     f;
    pMB_Callback_t cb;
} bMB_Info_t;

typedef bMB_Info_t bModbusInstance_t;

//可以通过这个宏快速创建实例，创建实例的时候指定发送和回调函数
#define bMODBUS_INSTANCE(name, pSendData, pCallback) \
    bModbusInstance_t name = {.f = pSendData, .cb = pCallback};
```

6.8.2 接口介绍

```
//读取寄存器的值
int bMB_ReadRegs(bModbusInstance_t *pModbusInstance, uint8_t addr, uint8_t func,
uint16_t reg,uint16_t num);
//写寄存器的值
int bMB_WriteRegs(bModbusInstance_t *pModbusInstance, uint8_t addr, uint8_t
func, uint16_t reg, uint16_t num, uint16_t *reg_value);
//将接收到的数据喂给模块，让模块进行解析。解析正确后执行回调
int bMB_FeedReceivedData(bModbusInstance_t *pModbusInstance, uint8_t *pbuf,
uint16_t len);
```

6.8.3 使用例子

```
//...待添加
```

6.9 b_mod_param

6.9.1 数据结构

注意：**使用此功能模块，需要同时使能shell功能模块**

```
//size:变量的大小Byte name：变量名 addr:变量地址
typedef struct
{
    uint8_t size;
    char*   name;
    void*   addr;
} bParamStruct_t;

typedef bParamStruct_t bParamInstance_t;

#define _PARAM2STR(n) (#n)
//注册实例，指定需要调整的变量名和变量大小
#define bPARAM_REG_INSTANCE(param, param_size)
       \
  bSECTION_ITEM_REGISTER_FLASH(b_mod_param, bParamInstance_t, CONCAT_2(do_,
param)) = { \
        .size = param_size, .name = _PARAM2STR(param), .addr = &(param)};
```

6.9.2 接口介绍

```
//通过 #define bPARAM_REG_INSTANCE(param, param_size) 注册实例后，通过shell操作
//例如变量名 i
//param i  查询变量值
//param i 8 设置变量名值为8
```

6.9.3 使用例子

```
static uint32_t TestTick = 0;
//为了测试，变量值每秒增加1
void TestParamF()
{
    TestTick += 1;
}
//通过指令查询和调整TestTick的值
bPARAM_REG_INSTANCE(TestTick, 4);

int main()
{
    ...
    bInit();
    bShellInit();
```

```
    ...
    while (1)
    {
        bExec();
        BOS_PERIODIC_TASK(TestParamF, 1000);
    }
}
/*
nr@bos:bos -v
Version:7.4.0
nr@bos:param TestTick     //查询变量值
TestTick:19
nr@bosparam TestTick      //查询变量值
TestTick:23
nr@bosparam TestTick 0    //设置变量值为0
nr@bosparam TestTick      //再次查询
TestTick:4
nr@bos:*/
```

6.10 b_mod_protocol

此模块提供通用协议格式，测试软件（https://gitee.com/notrynohigh/BabyOS_Protocol/tree/master）：

```
/**
|      |                    |                     |       |          |       |
| :--- | ------------------ | ------------------- | ----- | -------- | ----- |
| Head | Device ID          | Len（cmd+param）     | Cmd   |  Param   | Check |
| 0xFE | sizeof(bProtoID_t) | sizeof(bProtoLen_t) | 1Byte | 0~nBytes | 1Byte |
*/
```

设备ID的长度以及len字段的长度可以在b_config文件进行配置。

设备ID：发送数据时，该字段是**目标设备的ID**， 如果设备ID为0xFFFFFFFF表示广播。

接收数据时，**判断ID字段与自身的ID是否匹配。**或者ID是否为0xFFFFFFFF。

6.10.1 数据结构

```
#if PROTO_FID_SIZE == 1
typedef uint8_t bProtoID_t;
#define INVALID_ID 0XFF
#elif PROTO_FID_SIZE == 2
typedef uint16_t bProtoID_t;
#define INVALID_ID 0XFFFF
#else
typedef uint32_t bProtoID_t;
#define INVALID_ID 0XFFFFFFFF
#endif

#if PROTO_FLEN_SIZE == 1
typedef uint8_t bProtoLen_t;
#else
typedef uint16_t bProtoLen_t;
```

```
#endif

#pragma pack(1)
typedef struct
{
    uint8_t     head;
    bProtoID_t  device_id;
    bProtoLen_t len;
    uint8_t     cmd;
} bProtocolHead_t;
#pragma pack()
//分发函数，当接收的数据按照协议解析成功，则调用分发函数
typedef int (*pdispatch)(uint8_t cmd, uint8_t *param, bProtoLen_t param_len);

#define PROTOCOL_HEAD 0xFE
```

6.10.2 接口介绍

```
//初始化，指定设备自身的ID和分发函数
int bProtocolInit(bProtoID_t id, pdispatch f);
//修改设备ID
int bProtocolSetID(bProtoID_t id);
//将接收到的数据喂给模块进行解析
int bProtocolParse(uint8_t *pbuf, bProtoLen_t len);
//将数据根据协议打包。打包完成的数据放在pbuf,同时返回数据长度
int bProtocolPack(uint8_t cmd, uint8_t *param, bProtoLen_t param_size, uint8_t
*pbuf);
```

6.10.3 使用例子

```
//协议分发函数 cmd:指令 param:参数  param_len:参数长度
int ProtocolDispatch(uint8_t cmd, uint8_t *param, bProtoLen_t param_len)
{
    b_log("cmd:%d param_len: %d\r\n", cmd, param_len);
    // 添加指令对应的执行代码
    return 0;
}

//接收空闲
int ProtocolRecCallback(uint8_t *pbuf, uint16_t len)
{
    //接收完一段数据后，将数据给模块进行解析
    bProtocolParse(pbuf, len);
    return 0;
}

bUTIL_UART_INSTANCE(protocol, 128, 100, ProtocolRecCallback);

int main()
{
    ...
    bInit();
    bProtocolInit(0x520, ProtocolDispatch);
    ...
}
```

6.11 b_mod_pwm

6.11.1 数据结构

```
#define PWM_HANDLER_CCR (0)
#define PWM_HANDLER_PERIOD (1)
//PWM回调函数，type： PWM_HANDLER_CCR or PWM_HANDLER_PERIOD
typedef void (*pPwmHandler)(uint8_t type);

typedef struct bSoftPwmStruct
{
    uint32_t               repeat;   //指定重复次数，为0则一直重复
    uint32_t               tick;     //用于计时
    uint32_t               period;   //周期，单位ms
    uint32_t               ccr;      //CCR，单位ms
    pPwmHandler            handler;  //回调执行函数
    uint32_t               flag;     //执行回调标志
    struct bSoftPwmStruct *next;
} bSoftPwmStruct_t;

typedef bSoftPwmStruct_t bSoftPwmInstance_t;

// 创建PWM实例，指定PWM的参数
#define bPWM_INSTANCE(name, _period, _ccr, _repeat) \
    bSoftPwmInstance_t name = {.period = _period, .ccr = _ccr, .repeat =
_repeat};
```

6.11.2 接口介绍

```
//启动PWM，并指定回调
int bSoftPwmStart(bSoftPwmInstance_t *pPwmInstance, pPwmHandler handler);
int bSoftPwmStop(bSoftPwmInstance_t *pPwmInstance);
int bSoftPwmReset(bSoftPwmInstance_t *pPwmInstance);
int bSoftPwmSetPeriod(bSoftPwmInstance_t *pPwmInstance, uint32_t ms);
int bSoftPwmSetCcr(bSoftPwmInstance_t *pPwmInstance, uint32_t ms);
```

6.11.3 使用例子

```
bPWM_INSTANCE(led1_pwm, 20, 5, 0);
bPWM_INSTANCE(led2_pwm, 20, 18, 0);

void PwmHandler1(uint8_t type)
{
    if(type == PWM_HANDLER_CCR)
    {
        bHalGpioWritePin(B_HAL_GPIOD, B_HAL_PIN7, 0);
    }
    else
    {
        bHalGpioWritePin(B_HAL_GPIOD, B_HAL_PIN7, 1);
    }
}
```

```
void PwmHandler2(uint8_t type)
{
    if(type == PWM_HANDLER_CCR)
    {
        bHalGpioWritePin(B_HAL_GPIOD, B_HAL_PIN3, 0);
    }
    else
    {
        bHalGpioWritePin(B_HAL_GPIOD, B_HAL_PIN3, 1);
    }
}

int main()
{
    ...
    bInit();
    bSoftPwmStart(&led1_pwm, PwmHandler1);
    bSoftPwmStart(&led2_pwm, PwmHandler2);
    ...
}
```

6.12 b_mod_shell

此软件模块对接nr_micro_shell

6.12.1 数据结构

```
typedef void (*pCmdHandler)(char argc, char *argv);

//注册指令和指令的执行函数
#define bSHELL_REG_INSTANCE(cmd_name, cmd_handler)
```

6.12.2 接口介绍

```
//shell模块初始化
//初始化后，添加了默认指令，bos -v 查询版本
void bShellInit(void);
//解析函数，接收的数据放入此处解析
int  bShellParse(uint8_t *pbuf, uint16_t len);
```

6.12.3 使用例子

```
int main()
{
    ...
    bInit();
    bShellInit();
    ...
}

void USART1_IRQHandler()
{
    uint8_t uart_dat = 0;
```

```
    if (USART_GetITStatus(USART1, USART_IT_RXNE) == SET)
    {
        USART_ClearITPendingBit(USART1, USART_IT_RXNE);
        uart_dat = USART_ReceiveData(USART1);
        bShellParse(&uart_dat, 1);    //shell 解析
    }
}
```

6.13 b_mod_timer

6.13.1 数据结构

```
//定时器回调
typedef void (*pTimerHandler)(void);

typedef struct bSoftTimerStruct
{
    uint8_t                 repeat;  //单次定时还是重复，0：单次   1：重复
    uint32_t                tick;
    uint32_t                period;
    pTimerHandler           handler;
    struct bSoftTimerStruct *next;
} bSoftTimerStruct_t;

typedef bSoftTimerStruct_t bSoftTimerInstance_t;
//创建实例的宏
#define bTIMER_INSTANCE(name, _period, _repeat) \
    bSoftTimerInstance_t name = {.period = _period, .repeat = _repeat};
```

6.13.2 接口介绍

```
int bSoftTimerStart(bSoftTimerInstance_t *pTimerInstance, pTimerHandler
handler);
int bSoftTimerStop(bSoftTimerInstance_t *pTimerInstance);
int bSoftTimerReset(bSoftTimerInstance_t *pTimerInstance);
int bSoftTimerSetPeriod(bSoftTimerInstance_t *pTimerInstance, uint32_t ms);
```

6.13.3 使用例子

```
bTIMER_INSTANCE(timer1, 1000, 1);
bTIMER_INSTANCE(timer2, 2000, 1);
void Timer1Handler()
{
    b_log("babyos\r\n");
}
void Timer2Handler()
{
    b_log("hello \r\n");
}
int main()
{
    ...
```

```
    bInit();
    bSoftTimerStart(&timer1, Timer1Handler);
    bSoftTimerStart(&timer2, Timer2Handler);
    ...
}
```

6.14 b_mod_trace

当前软件模块对接的是CmBacktrace

6.14.1 数据结构

```
//...
```

6.14.2 接口介绍

```
int bTraceInit(const char *pfw_name); //初始化并指定固件名
```

6.14.3 使用例子

参考https://gitee.com/Armink/CmBacktrace/tree/master

6.15 b_mod_xm128

6.15.1 数据结构

```
//XMODEM回调，number是序号，pbuf是指向数据的指针，当pbuf为NULL时，表示接收完毕
typedef void (*pcb_t)(uint16_t number, uint8_t *pbuf);
//发送函数，用于发送指令
typedef void (*psend)(uint8_t cmd);
```

6.15.2 接口介绍

```
//初始化，指定回调和发送函数
int bXmodem128Init(pcb_t fcb, psend fs);
//将接收的数据喂给模块进行解析
int bXmodem128Parse(uint8_t *pbuf, uint8_t len);
//XModem开始和停止
int bXmodem128Start(void);
int bXmodem128Stop(void);
```

6.15.3 使用例子

```
uint8_t FileBuf[1024];
uint16_t FileLen = 0;
//XModem回调
void XModemCallback(uint16_t number, uint8_t *pbuf)
{
```

```
    if(pbuf != NULL)
    {
        memcpy(&FileBuf[FileLen], pbuf, 128);
        FileLen += 128;
    }
}
//XModem 发送接口
void XmodemSend(uint8_t cmd)
{
    bHalUartSend(HAL_LOG_UART, &cmd, 1);
}
//串口接收空闲，需要接收空闲后喂数据
int UartIdleCallback(uint8_t *pbuf, uint16_t len)
{
    bXmodem128Parse(pbuf, len);
    return 0;
}
//建立串口接收实例
bUTIL_UART_INSTANCE(XmodemRec, 200, 50, UartIdleCallback);

int main()
{
    ...
    bInit();
    bXmodem128Init(XModemCallback, XmodemSend);

    //开始传输
    bXmodem128Start();
    ...
}

void USART1_IRQHandler()
{
    uint8_t uart_dat = 0;
    if (USART_GetITStatus(USART1, USART_IT_RXNE) == SET)
    {
        USART_ClearITPendingBit(USART1, USART_IT_RXNE);
        uart_dat = USART_ReceiveData(USART1);
        bUtilUartRxHandler(&XmodemRec, uart_dat);
    }
}
```

6.16 b_mod_ymodem

6.16.1 数据结构

```
//ymodem回调。t:标题或者数据 pbuf:数据 len:数据长度
typedef void (*pymcb_t)(uint8_t t, uint8_t *pbuf, uint16_t len);
//发送接口
typedef void (*pymsend)(uint8_t cmd);
```

6.16.2 接口介绍

```
//初始化，提供回调和发送接口
int bYmodemInit(pymcb_t fcb, pymsend fs);
//解析函数，收到的数据喂入进行解析
int bYmodemParse(uint8_t *pbuf, uint16_t len);
//YModem的开始和停止
int bYmodemStart(void);
int bYmodemStop(void);
```

6.16.3 使用例子

```
uint8_t FileBuf[1024];
uint16_t FileLen = 0;
//回调函数，t可以为文件名也可以是文件数据 pbuf是数据，当pbuf为NULL时结束 len是数据的长度
void YModemCallback(uint8_t t, uint8_t *pbuf, uint16_t len)
{
    if(pbuf != NULL && (t == YMODEM_FILEDATA))
    {
        memcpy(&FileBuf[FileLen], pbuf, len);
        FileLen += len;
    }
}
//YModem发送接口
void YmodemSend(uint8_t cmd)
{
    bHalUartSend(HAL_LOG_UART, &cmd, 1);
}
//串口接收空闲
int UartIdleCallback(uint8_t *pbuf, uint16_t len)
{
    bYmodemParse(pbuf, len);
    return 0;
}
//串口接收实例
bUTIL_UART_INSTANCE(YmodemRec, 1128, 50, UartIdleCallback);

int main()
{
    ...
    bInit();
    bYmodemInit(YModemCallback, YmodemSend);

    //启动传输
    bYmodemStart();
    ...
}

void USART1_IRQHandler()
{
    uint8_t uart_dat = 0;
    if (USART_GetITStatus(USART1, USART_IT_RXNE) == SET)
    {
        USART_ClearITPendingBit(USART1, USART_IT_RXNE);
        uart_dat = USART_ReceiveData(USART1);
        bUtilUartRxHandler(&YmodemRec, uart_dat);
```

```
    }
}
```

6.17 b_mod_iap

详细介绍：

https://gitee.com/notrynohigh/BabyOS/wikis/BabyOS固件升级功能

6.17.1 数据结构

```
typedef struct
{
    int  stat;              //iap状态
    int  app_invalid;       //应用程序有效性标志
    int  app_fail_count;    //跳转app无法正常运行的次数
    char file_name[B_IAP_FILENAME_MAXLEN + (4 - (B_IAP_FILENAME_MAXLEN % 4))];
} bIapFlag_t;

typedef struct
{
    uint8_t  dev_no;    //暂存新固件的设备号，不需要暂存可以忽略
    uint32_t len;       //固件长度
    uint32_t c_crc32;   //固件数据CRC32校验值
} bIapFwInfo_t;

typedef void (*pJumpFunc_t)(void);
```

6.17.2 接口介绍

```
//弱函数，用户可以自行实现跳转函数
void bIapJump2Boot(void);
void bIapJump2App(void);

//初始化函数，传入MCUFLASH的设备号
int bIapInit(uint8_t dev_no);
//传入新固件的固件名，以此触发升级流程
int bIapStart(const char *pfname);
//应用程序调用，会判断当前升级状态，然后清除标志
int bIapAppCheckFlag(void);
//BOOT程序调用，根据升级标志返回下一步操作：等待新固件或者跳转
int bIapBootCheckFlag(void);
//BOOT程序调用，传入获取新固件数据的结果（成功或者失败）
int bIapUpdateFwResult(int result);
//BOOT程序调用，设置新固件信息，根据固件信息准备好存储区域
int bIapSetFwInfo(bIapFwInfo_t *pinfo);
//BOOT程序调用，将收到的固件数据传入，最终会写入到FLASH中
int bIapUpdateFwData(uint32_t index, uint8_t *pbuf, uint32_t len);
//BOOT程序调用，获取完数据后，调用此函数校验固件
int bIapVerifyFwData(void);
```

6.17.3 使用例子

https://gitee.com/notrynohigh/BabyOS_Example/tree/BearPi/

例程仓库小熊派分支，利用XModem128传输数据进行固件升级

7.工具模块

7.1 b_util_at

7.1.1 数据结构

```
//at的回调，id：调用AT发送后返回的id result:运行的结果
typedef void (*bAtCallback_t)(uint8_t id, uint8_t result);

#define AT_INVALID_ID (0XFF)

#define AT_STA_NULL (0)
#define AT_STA_OK (1)
#define AT_STA_ERR (2)
#define AT_STA_ID_INVALID (3)
```

7.1.2 接口介绍

```
int bAtGetStat(uint8_t id);
int bAtRegistCallback(bAtCallback_t cb);
//将接收的数据喂给模块
int bAtFeedRespData(uint8_t *pbuf, uint16_t len);
//AT发送指令，发送的指令会放入队列，并返回id。
//pcmd：at指令 cmd_len:指令长度 presp:期待的回复内容 resp_len:回复内容的长度
//uart:串口号 timeout:允许的超时时间
int bAtCmdSend(const char *pcmd, uint16_t cmd_len, const char *presp, uint16_t
resp_len, uint8_t uart, uint32_t timeout);
```

7.2 b_util_fifo

7.2.1 数据结构

```
typedef struct
{
    uint8_t *         pbuf;
    uint16_t          size;
    volatile uint16_t r_index;
    volatile uint16_t w_index;
} bFIFO_Info_t;
typedef bFIFO_Info_t bFIFO_Instance_t;
//创建fifo实例
#define bFIFO_INSTANCE(name, _fifo_size)     \
    static uint8_t   fifo##name[_fifo_size]; \
    bFIFO_Instance_t name = {.pbuf = fifo##name, .size = _fifo_size, .r_index =
0, .w_index = 0};
```

7.2.2 接口介绍

```
//FIFO的常用操作
int bFIFO_Length(bFIFO_Instance_t *pFIFO_Instance, uint16_t *plen);
int bFIFO_Flush(bFIFO_Instance_t *pFIFO_Instance);
int bFIFO_Write(bFIFO_Instance_t *pFIFO_Instance, uint8_t *pbuf, uint16_t size);
int bFIFO_Read(bFIFO_Instance_t *pFIFO_Instance, uint8_t *pbuf, uint16_t size);
```

7.3 b_util_i2c

7.3.1 数据结构

```
//模拟I2C的GPIO定义
typedef struct
{
    bHalGPIOInstance_t sda;
    bHalGPIOInstance_t clk;
} bUtilI2C_t;
```

7.3.2 接口介绍

```
//模拟I2C的常用操作
void bUtilI2C_Start(bUtilI2C_t i2c);
void bUtilI2C_Stop(bUtilI2C_t i2c);
int  bUtilI2C_ACK(bUtilI2C_t i2c);
void bUtilI2C_mACK(bUtilI2C_t i2c);

void    bUtilI2C_WriteByte(bUtilI2C_t i2c, uint8_t dat);
uint8_t bUtilI2C_ReadByte(bUtilI2C_t i2c);

int     bUtilI2C_WriteData(bUtilI2C_t i2c, uint8_t dev, uint8_t dat);
uint8_t bUtilI2C_ReadData(bUtilI2C_t i2c, uint8_t dev);

int bUtilI2C_ReadBuff(bUtilI2C_t i2c, uint8_t dev, uint8_t addr, uint8_t *pdat,
uint8_t len);
int bUtilI2C_WriteBuff(bUtilI2C_t i2c, uint8_t dev, uint8_t addr, const uint8_t
*pdat, uint8_t len);
```

7.4 b_util_spi

7.4.1 数据结构

```
//模拟SPI的GPIO定义和SPI参数
typedef struct
{
    bHalGPIOInstance_t miso;
    bHalGPIOInstance_t mosi;
    bHalGPIOInstance_t clk;
    uint8_t            CPOL;
    uint8_t            CPHA;
} bUtilSPI_t;
```

7.4.2 接口介绍

```
//模拟SPI的读写操作
uint8_t bUtilSPI_WriteRead(bUtilSPI_t spi, uint8_t dat);
```

7.5 b_util_log

在b_hal_if定义log输出的串口号。

7.5.1 接口介绍

```
#define b_log_i(...)
#define b_log_w(...)
#define b_log_e(...)
#define b_log(...)
```

7.6 b_util_lunar

7.6.1 数据结构

```
//阴历数据结构
typedef struct
{
    uint16_t year;
    uint8_t  month;
    uint8_t  day;
} bLunarInfo_t;
```

7.6.2 接口介绍

```
//阳历转阴历
int bSolar2Lunar(uint16_t syear, uint8_t smonth, uint8_t sday, bLunarInfo_t
*plunar);
```

7.7 b_util_memp

7.7.1 数据结构

```
//需要监控的信息，unused_unit 统计最小未使用量
typedef struct
{
    uint16_t unused_unit;
} bMempMonitorInfo_t;
//内存链表
typedef struct bMempList
{
    uint8_t           *p;
    uint32_t          total_size;
    uint32_t          size;
    struct bMempList *next;
    struct bMempList *prev;
} bMempList_t;
```

7.7.2 接口介绍

```
//申请和释放空间
void *bMalloc(uint32_t size);
void  bFree(void *paddr);

#if _MEMP_MONITOR_ENABLE
void bMempGetMonitorInfo(bMempMonitorInfo_t *pinfo);
#endif
//内存链表初始化
int bMempListInit(bMempList_t *phead);
//申请空间存p指向的数据，再将此次申请的空间放入链表
int bMempListAdd(bMempList_t *phead, uint8_t *p, uint32_t len);
//释放链表中所有动态申请的内存
int bMempListFree(bMempList_t *phead);
//内存链表里存储的数据转为连续内存存储
uint8_t * bMempList2Array(const bMempList_t *phead);
```

7.8 b_util_memp

7.8.1 数据结构

```
//串口接收空闲的回调
typedef int (*pbUartIdleCallback_t)(uint8_t *pbuf, uint16_t len);

typedef struct UtilUart
{
    uint8_t              *pbuf;      //用于接收数据的存储区
    uint16_t              buf_size; //存储区的大小
    volatile uint16_t     index;    //存储数据的索引
    uint32_t              idle_thd_ms; //idle_thd_ms无新数据则判断空闲
    pbUartIdleCallback_t callback; //空闲回调
    uint32_t              l_tick;   //接收最后一个数据时的tick值
    uint32_t              l_index;  //接收最后一个数据时的索引
    struct UtilUart      *next;
    struct UtilUart      *prev;
```

```
} bUitlUart_t;

typedef bUitlUart_t bUitlUartInstance_t;

//用于创建串口接收实例
#define bUTIL_UART_INSTANCE(name, buf_len, idle_ms, cb) \
    static uint8_t      Buf##name[buf_len];             \
    bUitlUartInstance_t name = {                        \
        .pbuf        = Buf##name,                       \
        .buf_size    = buf_len,                         \
        .idle_thd_ms = idle_ms,                         \
        .callback    = cb,                              \
        .index       = 0,                               \
        .l_tick      = 0,                               \
        .l_index     = 0,                               \
        .prev        = NULL,                            \
        .next        = NULL,                            \
    }
```

7.8.2 接口介绍

```
//将实例与串口号绑定
void bUtilUartBind(uint8_t uart_no, bUitlUartInstance_t *pinstance);
//    bUtilUartRxHandler 和 bUtilUartRxHandler2 效果是一样
//    但是，只有通过bUtilUartBind绑定串口号，才能调用bUtilUartRxHandler2
void bUtilUartRxHandler(bUitlUartInstance_t *pinstance, uint8_t dat);
void bUtilUartRxHandler2(uint8_t uart_no, uint8_t dat);
//    获取当前BUF中已经收到的数据长度
uint16_t bUtilUartReceivedSize(bUitlUartInstance_t *pinstance);
uint16_t bUtilUartReceivedSize2(uint8_t uart_no);
```

7.9 b_util_utc

7.9.1 数据结构

```
typedef struct
{
    uint16_t year;
    uint8_t  month;
    uint8_t  day;
    uint8_t  week;
    uint8_t  hour;
    uint8_t  minute;
    uint8_t  second;
} bUTC_DateTime_t;

typedef uint32_t bUTC_t;
```

7.9.2 接口介绍

```
//UTC与时间结构相互转换
//UTC的起始时间是2000年1月1日0时0分0秒
void   bUTC2Struct(bUTC_DateTime_t *tm, bUTC_t utc);
bUTC_t bStruct2UTC(bUTC_DateTime_t tm);
```

8. 参与开发

目前还需要广大开源爱好者的加入，将货架做稳固，再填充高质量的货物。

https://gitee.com/notrynohigh/BabyOS （主仓库）

https://github.com/notrynohigh/BabyOS （自动同步）

管理员邮箱：notrynohigh@outlook.com

开发者基于https://gitee.com/notrynohigh/BabyOS仓库dev分支进行。

有贡献的开发者（不局限于提交代码），记录到http://babyos.cn/网站Team页面。

有意者随时私信联系！