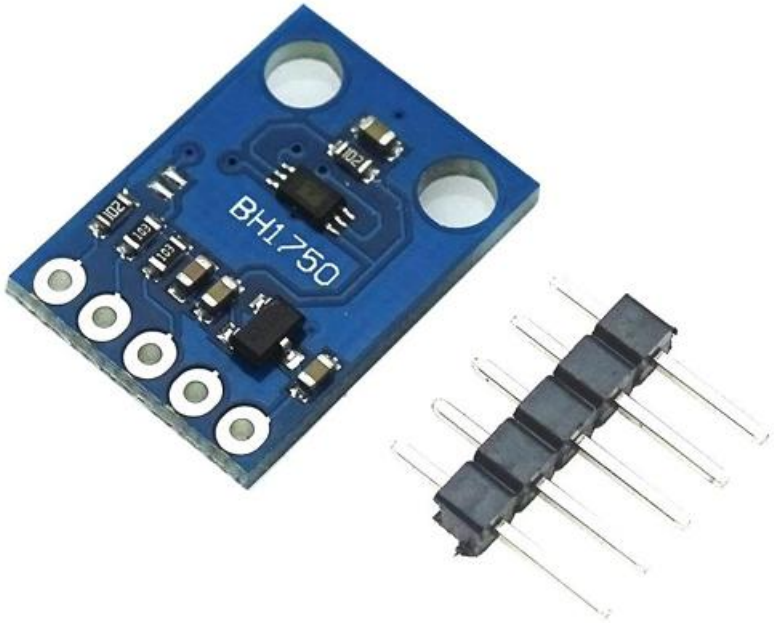
1. Tổng quan về cảm biến BH1750

Cảm biến BH1750 được sử dụng để đo cường độ ánh sáng theo đơn vị lux, cảm biến có ADC nội và bộ tiền xử lý nên giá trị được về ra là giá trị trực tiếp cường độ ánh sáng lux mà không cần phải qua bất kỳ xử lý hay tính toán nào. Cảm biến BH1750 giao tiếp với MCU thông qua giao thức I2C.

Thông số kỹ thuật:

- Nguồn: 3~5VDC
- Điện áp giao tiếp: TTL 3.3~5VDC
- Chuẩn giao tiếp: I2C
- Khoảng đo: 1 -> 65535 lux
- Kích cỡ: 21*16*3.3mm



2. Porting BH1750 cho BeagleBone Black(BBB)

Cảm biến BH1750 sử dụng giao thức I2C để gửi nhận dữ liệu nên việc đầu tiên trong quá trình porting là xác định bus I2C và chân pins của BBB sẽ sử dụng

2.1. Xác định bus I2C và chân (pins) của BBB sẽ sử dụng

Mục tiêu của bước này là kiểm tra các bus I2C và các chân còn trống có thể sử dụng. Để làm được điều này, ta cần xem bảng pin-muxing và sơ đồ mạch (schematic) của BBB.

Dựa vào tài liệu pin-muxing table ta thấy rằng hai chân P9_24 và P9_26 có thể dùng cho bus I2C1 nếu được cấu hình ở mode 3

P9 Pin	Offset	mode0	mode1	mode2	mode3	mode4
P9_1	GND					
P9_2	GND					
P9_3	3.3V					
P9_4	3.3V					
P9_5	VDD_5V					
P9_6	VDD_5V					
P9_7	SYS_5V					
P9_8	SYS_5V					
P9_9	PWR_BUT					
P9_10		Reset_Out				
P9_11	0x870	gpmc_wait0	gmii2_crs	gpmc_csn4	rmii2_crs_dv	mmc1_sdcd
P9_12	0x878	gpmc_be1n	gmii2_col	gpmc_csn6	mmc2_dat3	gpmc_dir
P9_13	0x874	gpmc_wpn	gmii2_rxerr	gpmc_csn5	rmii2_rxerr	mmc2_sdcd
P9_14	0x848	gpmc_a2	gmii2_txd3	rgmii2_td3	mmc2_dat1	gpmc_a18
P9_15	0x840	gpmc_a0	gmii2_txen	rgmii2_tctl	rmii2_txen	gpmc_a16
P9_16	0x84C	gpmc_a3	gmii2_txd2	rgmii2_td2	mmc2_dat2	gpmc_a19
P9_17	0x95C	spi0_cs0	mmc2_sdwp	I2C1_SCL	ehrpwm0_synci	pr1_uart0_txd
P9_18	0x958	spi0_d1	mmc1_sdwp	I2C1_SDA	ehrpwm0_tripzone_input	pr1_uart0_rxd
P9_19	0x97C	uart1_rtsn	timer5	dcan0_rx	I2C2_SCL	spi1_cs1
P9_20	0x978	uart1_ctsn	timer6	dcan0_tx	I2C2_SDA	spi1_cs0
P9_21	0x954	spi0_d0	uart2_txd	I2C2_SCL	ehrpwm0B	pr1_uart0_rts_n
P9_22	0x950	spi0_sclk	uart2_rxd	I2C2_SDA	ehrpwm0A	pr1_uart0_cts_n
P9_23	0x844	gpmc_a1	gmii2_rxdv	rgmii2_rctl	mmc2_dat0	gpmc_a17
P9_24	0x984	uart1_txd	mmc2_sdwp	dcan1_rx	I2C1_SCL	
P9_25	0x9AC	mcasp0_ahclkx	eQEP0_strobe	mcasp0_axr3	mcasp1_axr1	EMU4
P9_26	0x980	uart1_rxd	mmc1_sdwp	dcan1_tx	I2C1_SDA	
P9_27	0x9A4	mcasp0_fsr	eQEP0B_in	mcasp0_axr3	mcasp1_fsx	EMU2
P9_28	0x99C	mcasp0_ahclkr	ehrpwm0_synci	mcasp0_axr2	spi1_cs0	eCAP2_in_PWM2_out

Tiếp tục, dựa vào tài liệu schematic ta thấy rằng chân P9_24 và P9_26 không được kết nối vào bất kỳ thiết bị nào. Vì vậy ta có thể sử dụng chân P9_24 và P9_26 để kết nối với BH1750

Sơ đồ kết nối BH1750 với BBB

BBB	BH1750
3.3V	VCC
GND	GND
P9_24	SCL
P9_26	SDA

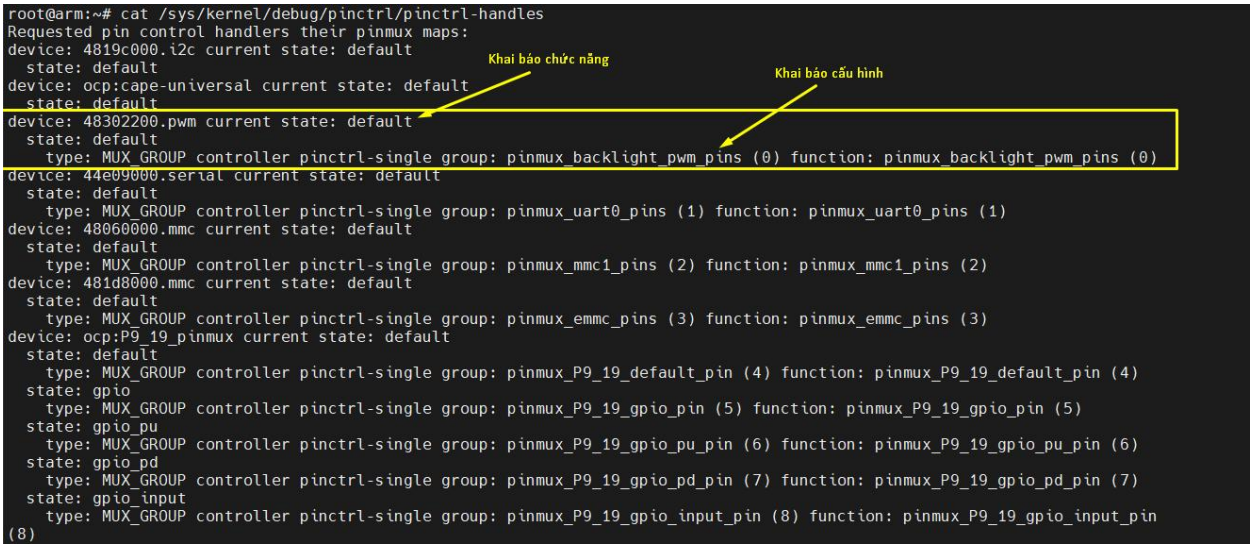
Tiếp theo, ta cần cấu hình pinctrl cho chân này trong device tree

2.2. Cấu hình pinctrl trong device tree

Mục tiêu của bước này là cấu hình pinctrl cho chân P9_24 và P9_26 trong device tree hoạt động ở mode 3.

Trước khi cấu hình, chúng ta cần kiểm tra xem 2 chân này đã được cấu hình chưa bằng cách đọc nội dung của file `pinctrl-handles` bằng command

‘cat /sys/kernel/debug/pinctrl/pinctrl-handles’




```
root@arm:~# cat /sys/kernel/debug/pinctrl/pinctrl-handles
Requested pin control handlers their pinmux maps:
device: 4819c000.i2c current state: default
  state: default
device: ocp:cape-universal current state: default
  state: default
device: 48302200.pwm current state: default
  state: default
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_backlight_pwm_pins (0) function: pinmux_backlight_pwm_pins (0)
device: 44e09000.serial current state: default
  state: default
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_uart0_pins (1) function: pinmux_uart0_pins (1)
device: 48060000.mmc current state: default
  state: default
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_mmc1_pins (2) function: pinmux_mmc1_pins (2)
device: 481d8000.mmc current state: default
  state: default
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_emmc_pins (3) function: pinmux_emmc_pins (3)
device: ocp:P9_19_pinmux current state: default
  state: default
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_P9_19_default_pin (4) function: pinmux_P9_19_default_pin (4)
  state: gpio
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_P9_19_gpio_pin (5) function: pinmux_P9_19_gpio_pin (5)
  state: gpio_pu
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_P9_19_gpio_pu_pin (6) function: pinmux_P9_19_gpio_pu_pin (6)
  state: gpio_pd
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_P9_19_gpio_pd_pin (7) function: pinmux_P9_19_gpio_pd_pin (7)
  state: gpio_input
    type: MUX_GROUP controller pinctrl-single group: pinmux_P9_19_gpio_input_pin (8) function: pinmux_P9_19_gpio_input_pin
(8)
```

Trong cấu hình pinctrl, mỗi khai báo cấu hình sẽ được liên kết với một khái báo chức năng và điều này có thể được quan sát khi đọc nội dung của file pinctrl-handles. Do đó, các khái báo cấu hình xuất hiện trong file này cho thấy chúng đang được áp dụng trên BeagleBone Black (BBB). Dựa trên các thông tin đó, ta có thể đối chiếu với device tree để kiểm tra trạng thái cấu hình của các chân P9_24 và P9_26. Trong trường hợp hiện tại, hai chân này vẫn chưa được cấu hình.

Để thực hiện cấu hình pinctrl cho chân P9_24 và P9_26 chúng ta truy cập vào file ‘build/tmp/work-shared/beaglebone-yocto/kernel-source/arch/arm/boot/dts/am335x-boneblack.dts’và thêm đoạn code sau:

```
&am33xx_pinmux {
        i2c1_pins: pinmux_i2c1_pins {
                pinctrl-single,pins = <
                        AM33XX_PADCONF(AM335X_PIN_UART1_RXD, PIN_INPUT_PULLUP,
MUX_MODE3)     /* uart1_rxd.i2c1_sda */
                        AM33XX_PADCONF(AM335X_PIN_UART1_TXD, PIN_INPUT_PULLUP,
MUX_MODE3)     /* uart1_txd.i2c1_scl */
                >;
        };
};
```

```
&i2c1 {
        pinctrl-names = "default";
        pinctrl-0 = <&i2c1_pins>;
        status = "okay";
};
```

Thực hiện rebuild lại kernel bằng command sau:

```
$ bitbake -f -c compile linux-yocto
$ bitbake -c deploy linux-yocto
```

Tiếp theo, thêm i2c-tools package để có thể sử dụng command line 'i2cdetect' cho việc debug. Sau đó, rebuild lại image để update thay đổi.

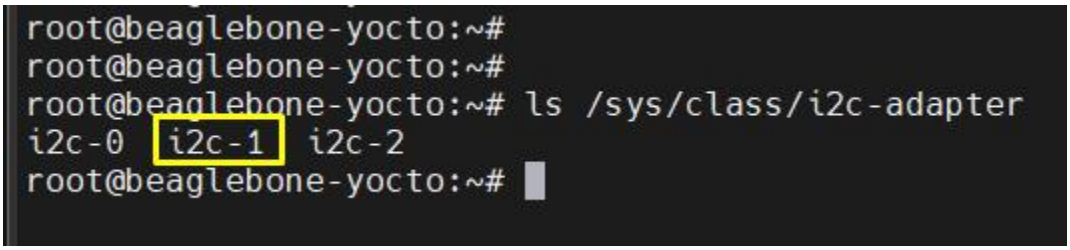
```
$ bitbake core-image-full-cmdline
```

Cuối cùng, chúng ta sẽ cần flash image vào sdcard và kiểm tra cấu hình

2.3. Kiểm tra cấu hình

Mục tiêu của bước này là kiểm tra xem bus I2C1 đã được enable và cấu hình pinctrl cho chân P9_24 và P9_26 đã chính xác chưa.

Thực hiện command 'ls /sys/class/i2c-adapter' để kiểm tra bus I2C1 đã được enable chưa. Nếu xuất hiện i2c-1, nghĩa là bus I2C1 đã được enable



Thực hiện command 'cat /sys/kernel/debug/pinctrl/pinctrl-handles' để kiểm tra pinctrl của các chân đã cấu hình chưa. Nếu xuất hiện pinmux_i2c1_pins, nghĩa là được cấu hình thành công.

Tiếp theo, chúng ta sẽ kiểm tra address của BH1750 và viết chương trình demo

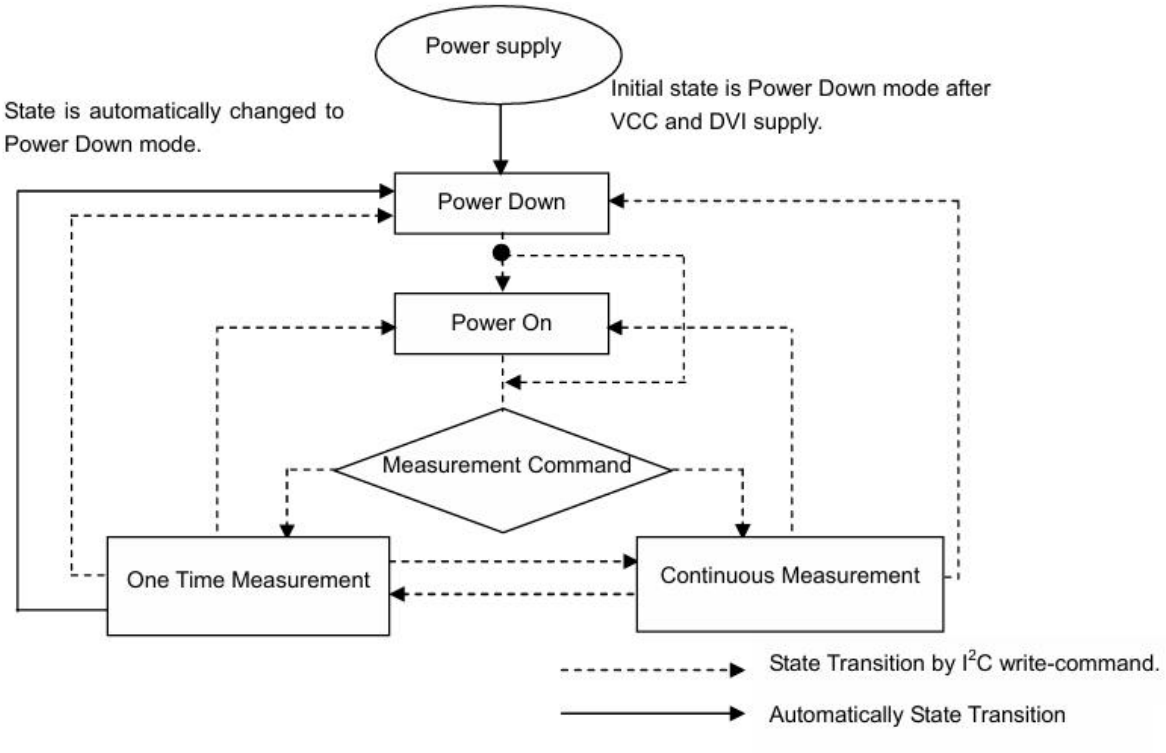
2.4. Kiểm tra address của BH1750 và viết chương trình demo

Mục tiêu của bước này kiểm tra được address của BH1750 và lấy address đó để viết chương trình demo đọc được dữ liệu lux từ BH1750 và in ra màn hình console.

Chúng ta có thể kiểm tra address của BH1750 bằng command 'i2cdetect -y -r 1'. 0x23 được trả về sau command chính là address của cảm biến.

```
root@beaglebone-yocto:~# i2cdetect -y -r 1
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:                         -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- 23 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- --
root@beaglebone-yocto:~#
```

Trước khi xây dựng chương trình demo đọc dữ liệu lux từ BH1750, chúng ta sẽ đi qua về logic hoạt động của nó.



Khi cảm biến BH1750 được cấp nguồn, nó sẽ mặc định chuyển sang chế độ Power Down. Trong chế độ này, cảm biến không hoạt động và sẽ chờ lệnh điều khiển tiếp theo. Để đọc được giá trị lux, chúng ta cần đưa cảm biến vào chế độ đo (measurement mode) bằng cách gửi lệnh đo thích hợp.

BH1750 hỗ trợ 6 chế độ đo khác nhau, mỗi chế độ có tốc độ và độ chính xác khác nhau tùy theo yêu cầu sử dụng.

Instruction	Opcode	Comments
Continuously H-Resolution Mode	0b00010000	Bắt đầu đo ở độ phân giải 1lx. Thời gian đo khoảng là 120ms.
Continuously H-Resolution Mode2	0b00010001	Bắt đầu đo ở độ phân giải 0.5lx. Thời gian đo khoảng là 120ms.
Continuously L-Resolution Mode	0b00010011	Bắt đầu đo ở độ phân giải 4lx. Thời gian đo khoảng là 16ms.
One Time H-Resolution Mode	0b00100000	Bắt đầu đo ở độ phân giải 1lx. Thời gian đo khoảng là 120ms. Sau khi đo, cảm biến tự chuyển về Power Down.
One Time H-Resolution Mode2	0b00100001	Bắt đầu đo ở độ phân giải 0.5lx. Thời gian đo khoảng là 120ms. Sau khi đo, cảm biến tự chuyển về Power Down.
One Time L-Resolution Mode	0b00100011	Bắt đầu đo ở độ phân giải 4lx. Thời gian đo khoảng là 16ms. Sau khi đo, cảm biến tự chuyển về Power Down.

NOTE: Nhà sản xuất khuyến nghị sử dụng chế độ H-Resolution do thời gian đo lâu hơn sẽ giúp giảm nhiễu và cho kết quả chính xác hơn.

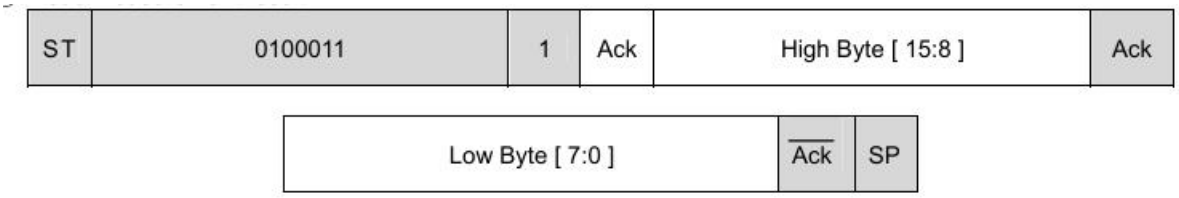
Chúng ta sẽ đi vào một ví dụ cấu hình BH1750 hoạt động ở Continously H-resolution mode sau đó đọc dữ liệu.

B1. Gửi 'Continously H-resolution mode' mode

ST	0100011	0	Ack	00010000	Ack	SP

B2. Đợi 120ms để BH1750 thực hiện đo lường

B3. Đọc kết quả đo lường và chuyển đổi sang lux



lux = (high_byte << 8) | (low_byte << 0) & 0xFFFF

Dưới đây là chương trình demo để đọc dữ liệu ánh sáng (lux) từ cảm biến BH1750 và in kết quả ra màn hình console:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <linux/i2c-dev.h> /* header chứa defines và hàm để tương tác với i2c chardev */
#include <sys/ioctl.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>

#define BH1750_ADDR     0x23
#define I2C_DEVICE      "/dev/i2c-1"

int main(int argc, char *argv[])
{
    int fd;
    int len;

    /* Open device file /dev/i2c-1 tương ứng với bus I2C1 */
    fd = open(I2C_DEVICE, O_RDWR);
    if (fd < 0)
    {
        fprintf(stderr, "Failed to open '%s'\n", I2C_DEVICE);
        return -1;
    }
```

```
/* Set địa chỉ 0x23 */
if (ioctl(fd, I2C_SLAVE, BH1750_ADDR) < 0)
{
    fprintf(stderr, "Failed to set address '%d'\n", BH1750_ADDR);
    return -1;
}

for (int i = 0; i < 20; ++i)
{
    char cmd = 0b00100000; /* One Time H-Resolution Mode command */
    char buf[2];

    /* Gửi lệnh đến cảm biến bh1750 */
    len = write(fd, &cmd, sizeof(cmd));
    if (len < 0)
    {
        fprintf(stderr, "Failed to write command to bh1750\n");
        return -1;
    }

    usleep(120000); // /* Chờ 120 ms */

    /* Đọc dữ liệu từ cảm biến bh1750 */
    len = read(fd, buf, 2);
    if (len < 0)
    {
        fprintf(stderr, "Failed to read data from bh1750\n");
        return -1;
    }

    /* Convert dữ liệu sáng lux */
    int lux = (buf[0] << 8 | buf[1] << 0) & 0xFFFF;
```

```
            printf("lux: %d\n", lux);

            usleep(500000); // 500 ms
        }

        return 0;
    }
```

Bây giờ, chúng ta sẽ thực hiện cross compile chương trình bằng những command sau:

```
$ source /opt/poky/4.0.26/environment-setup-cortexa8hf-neon-poky-linux-gnueabi
$ ${CC} -o bh1750 bh1750.c
```

Khi chạy chương trình trên BBB, bạn sẽ thấy kết quả hiển thị ra màn hình