

Adafruit 16x32 LED Guide For BeagleBone

By: Jasper Wong

Introduction

This guide is written for students in CMPT 433 to help with wiring and executing the code to drive the Adafruit 16x32 LED matrix. Included with this guide is sample code for the LED matrix written by Janet Mardjuki and updated by Jasper Wong to be compatible with the BeagleBoard.org Debian Bullseye Minimal Image 2022-11-01 on the BeagleBone Green. Although components were tested on a BeagleBone Green, this guide should be compatible for running the LED Matrix on a BeagleBone Black as the pin outs are identical.

Wiring

Before wiring the LED Matrix to the BeagleBone, make sure the system is turned off and unplugged.

Included below is the orientation of the board with the orientation of the pins:

G1	R1
GND	B1
G2	R2
GND	B2
B	A
D	C
LAT	CLK
GND	OE

The pins correspond with the holes on the other side of the ribbon cable facing the camera.

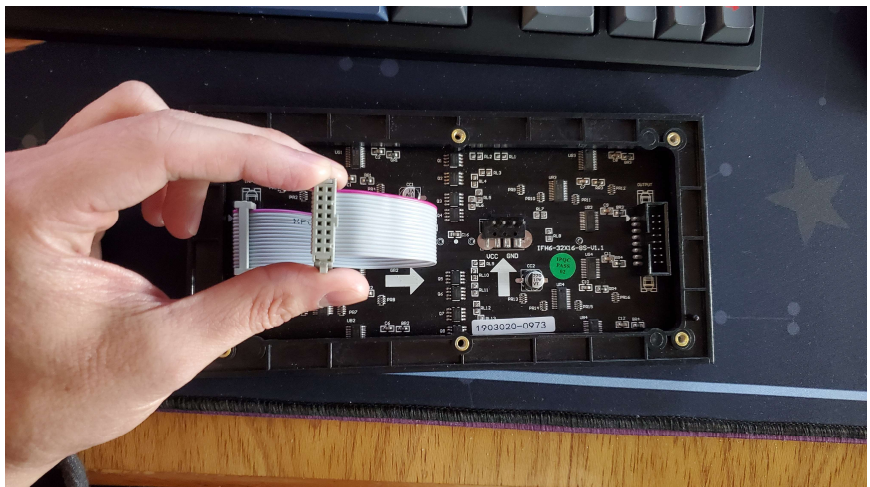


Figure 1: LED Matrix Pin Out Configuration

The arrows serve to help with orientation, with one facing right and the other facing up. There will be two ports where you can plug a provided ribbon, but only the port on the right is for input. Below is a table for where the pins will be wired to on the BeagleBone (see Figure 2):

These will be the last 12 pins on the corner of P8	R1 [GPIO_8] – Pin 35	G1 [GPIO_80] – Pin 36
	B1 [GPIO_78] – Pin 37	G2 [GPIO_79] – Pin 38
	R2 [GPIO_76] – Pin 39	B [GPIO_77] – Pin 40
	B2 [GPIO_74] – Pin 41	LAT [GPIO_75] – Pin 42
	A [GPIO_72] – Pin 43	CLK [GPIO_73] – Pin 44
	C [GPIO_70] – Pin 45	OE [GPIO_71] – Pin 46
These can be connected to any of the ground pins of P9	GND - Pin 43 (P9)	GND - Pin 44 (P9)
	GND - Pin 45 (P9)	D - Pin 46 (P9)

Where those pins are mapped to GPIO on Linux (same mapping as in the GPIO Guide):

65 possible digital I/Os

P9				P8			
1	2	3	4	1	2	3	4
1	2	3	4	1	2	3	4
DGND	VDD_3V3	VDD_5V	SYS_5V	DGND	VDD_3V3	VDD_5V	SYS_5V
PWR_BTN	GPIO_30	GPIO_31	GPIO_48	DGND	GPIO_38	GPIO_34	GPIO_66
GPIO_5	GPIO_17	GPIO_18	GPIO_19	GPIO_69	GPIO_45	GPIO_23	GPIO_47
GPIO_21	GPIO_23	GPIO_25	GPIO_27	GPIO_10	GPIO_86	GPIO_87	GPIO_10
GPIO_29	GPIO_31	AIN4	AIN6	GPIO_9	GPIO_8	GPIO_78	GPIO_76
GPIO_39	GPIO_41	AIN2	AIN0	GPIO_33	GPIO_35	GPIO_74	GPIO_72
GPIO_43	GPIO_45	AIN3	AIN1	GPIO_37	GPIO_39	GPIO_70	GPIO_71
GPIO_47	GPIO_49	AIN4	AIN6	GPIO_41	GPIO_43		
GPIO_51	GPIO_53	AIN2	AIN0	GPIO_45	GPIO_47		
GPIO_55	GPIO_57	AIN3	AIN1	GPIO_49	GPIO_51		
GPIO_61	GPIO_63	AIN4	AIN6	GPIO_53	GPIO_55		
GPIO_65	GPIO_67	AIN2	AIN0	GPIO_57	GPIO_59		
GPIO_71	GPIO_73	AIN3	AIN1	GPIO_61	GPIO_63		
GPIO_75	GPIO_77	AIN4	AIN6	GPIO_65	GPIO_67		
GPIO_81	GPIO_83	AIN2	AIN0	GPIO_69	GPIO_71		
GPIO_85	GPIO_87	AIN3	AIN1	GPIO_73	GPIO_75		
GPIO_91	GPIO_93	AIN4	AIN6	GPIO_77	GPIO_79		
GPIO_95	GPIO_97	AIN2	AIN0	GPIO_81	GPIO_83		
GPIO_101	GPIO_103	AIN3	AIN1	GPIO_85	GPIO_87		
GPIO_105	GPIO_107	AIN4	AIN6	GPIO_89	GPIO_91		
GPIO_111	GPIO_113	AIN2	AIN0	GPIO_93	GPIO_95		
GPIO_115	GPIO_117	AIN3	AIN1	GPIO_97	GPIO_99		
GPIO_121	GPIO_123	AIN4	AIN6	GPIO_101	GPIO_103		
GPIO_125	GPIO_127	AIN2	AIN0	GPIO_105	GPIO_107		
GPIO_131	GPIO_133	AIN3	AIN1	GPIO_109	GPIO_111		
GPIO_135	GPIO_137	AIN4	AIN6	GPIO_113	GPIO_115		
GPIO_141	GPIO_143	AIN2	AIN0	GPIO_117	GPIO_119		
GPIO_145	GPIO_147	AIN3	AIN1	GPIO_121	GPIO_123		
GPIO_151	GPIO_153	AIN4	AIN6	GPIO_125	GPIO_127		
GPIO_155	GPIO_157	AIN2	AIN0	GPIO_129	GPIO_131		
GPIO_161	GPIO_163	AIN3	AIN1	GPIO_133	GPIO_135		
GPIO_165	GPIO_167	AIN4	AIN6	GPIO_137	GPIO_139		
GPIO_171	GPIO_173	AIN2	AIN0	GPIO_141	GPIO_143		
GPIO_175	GPIO_177	AIN3	AIN1	GPIO_145	GPIO_147		
GPIO_181	GPIO_183	AIN4	AIN6	GPIO_149	GPIO_151		
GPIO_185	GPIO_187	AIN2	AIN0	GPIO_153	GPIO_155		
GPIO_191	GPIO_193	AIN3	AIN1	GPIO_157	GPIO_159		
GPIO_195	GPIO_197	AIN4	AIN6	GPIO_161	GPIO_163		
GPIO_201	GPIO_203	AIN2	AIN0	GPIO_165	GPIO_167		
GPIO_205	GPIO_207	AIN3	AIN1	GPIO_169	GPIO_171		
GPIO_211	GPIO_213	AIN4	AIN6	GPIO_173	GPIO_175		
GPIO_215	GPIO_217	AIN2	AIN0	GPIO_177	GPIO_179		
GPIO_221	GPIO_223	AIN3	AIN1	GPIO_181	GPIO_183		
GPIO_225	GPIO_227	AIN4	AIN6	GPIO_185	GPIO_187		
GPIO_231	GPIO_233	AIN2	AIN0	GPIO_189	GPIO_191		
GPIO_235	GPIO_237	AIN3	AIN1	GPIO_193	GPIO_195		
GPIO_241	GPIO_243	AIN4	AIN6	GPIO_197	GPIO_199		
GPIO_245	GPIO_247	AIN2	AIN0	GPIO_201	GPIO_203		
GPIO_251	GPIO_253	AIN3	AIN1	GPIO_205	GPIO_207		
GPIO_255	GPIO_257	AIN4	AIN6	GPIO_209	GPIO_211		
GPIO_261	GPIO_263	AIN2	AIN0	GPIO_213	GPIO_215		
GPIO_265	GPIO_267	AIN3	AIN1	GPIO_217	GPIO_219		
GPIO_271	GPIO_273	AIN4	AIN6	GPIO_221	GPIO_223		
GPIO_275	GPIO_277	AIN2	AIN0	GPIO_225	GPIO_227		
GPIO_281	GPIO_283	AIN3	AIN1	GPIO_229	GPIO_231		
GPIO_285	GPIO_287	AIN4	AIN6	GPIO_233	GPIO_235		
GPIO_291	GPIO_293	AIN2	AIN0	GPIO_237	GPIO_239		
GPIO_295	GPIO_297	AIN3	AIN1	GPIO_241	GPIO_243		
GPIO_301	GPIO_303	AIN4	AIN6	GPIO_245	GPIO_247		
GPIO_305	GPIO_307	AIN2	AIN0	GPIO_249	GPIO_251		
GPIO_311	GPIO_313	AIN3	AIN1	GPIO_253	GPIO_255		
GPIO_315	GPIO_317	AIN4	AIN6	GPIO_257	GPIO_259		
GPIO_321	GPIO_323	AIN2	AIN0	GPIO_261	GPIO_263		
GPIO_325	GPIO_327	AIN3	AIN1	GPIO_265	GPIO_267		
GPIO_331	GPIO_333	AIN4	AIN6	GPIO_269	GPIO_271		
GPIO_335	GPIO_337	AIN2	AIN0	GPIO_273	GPIO_275		
GPIO_341	GPIO_343	AIN3	AIN1	GPIO_277	GPIO_279		
GPIO_345	GPIO_347	AIN4	AIN6	GPIO_281	GPIO_283		
GPIO_351	GPIO_353	AIN2	AIN0	GPIO_285	GPIO_287		
GPIO_355	GPIO_357	AIN3	AIN1	GPIO_289	GPIO_291		
GPIO_361	GPIO_363	AIN4	AIN6	GPIO_293	GPIO_295		
GPIO_365	GPIO_367	AIN2	AIN0	GPIO_297	GPIO_299		
GPIO_371	GPIO_373	AIN3	AIN1	GPIO_301	GPIO_303		
GPIO_375	GPIO_377	AIN4	AIN6	GPIO_305	GPIO_307		
GPIO_381	GPIO_383	AIN2	AIN0	GPIO_309	GPIO_311		
GPIO_385	GPIO_387	AIN3	AIN1	GPIO_313	GPIO_315		
GPIO_391	GPIO_393	AIN4	AIN6	GPIO_317	GPIO_319		
GPIO_395	GPIO_397	AIN2	AIN0	GPIO_321	GPIO_323		
GPIO_401	GPIO_403	AIN3	AIN1	GPIO_325	GPIO_327		
GPIO_405	GPIO_407	AIN4	AIN6	GPIO_329	GPIO_331		
GPIO_411	GPIO_413	AIN2	AIN0	GPIO_333	GPIO_335		
GPIO_415	GPIO_417	AIN3	AIN1	GPIO_337	GPIO_339		
GPIO_421	GPIO_423	AIN4	AIN6	GPIO_341	GPIO_343		
GPIO_425	GPIO_427	AIN2	AIN0	GPIO_345	GPIO_347		
GPIO_431	GPIO_433	AIN3	AIN1	GPIO_349	GPIO_351		
GPIO_435	GPIO_437	AIN4	AIN6	GPIO_353	GPIO_355		
GPIO_441	GPIO_443	AIN2	AIN0	GPIO_357	GPIO_359		
GPIO_445	GPIO_447	AIN3	AIN1	GPIO_361	GPIO_363		
GPIO_451	GPIO_453	AIN4	AIN6	GPIO_365	GPIO_367		
GPIO_455	GPIO_457	AIN2	AIN0	GPIO_369	GPIO_371		
GPIO_461	GPIO_463	AIN3	AIN1	GPIO_373	GPIO_375		
GPIO_465	GPIO_467	AIN4	AIN6	GPIO_377	GPIO_379		
GPIO_471	GPIO_473	AIN2	AIN0	GPIO_381	GPIO_383		
GPIO_475	GPIO_477	AIN3	AIN1	GPIO_385	GPIO_387		
GPIO_481	GPIO_483	AIN4	AIN6	GPIO_389	GPIO_391		
GPIO_485	GPIO_487	AIN2	AIN0	GPIO_393	GPIO_395		
GPIO_491	GPIO_493	AIN3	AIN1	GPIO_397	GPIO_399		
GPIO_495	GPIO_497	AIN4	AIN6	GPIO_401	GPIO_403		
GPIO_501	GPIO_503	AIN2	AIN0	GPIO_405	GPIO_407		
GPIO_505	GPIO_507	AIN3	AIN1	GPIO_409	GPIO_411		
GPIO_511	GPIO_513	AIN4	AIN6	GPIO_413	GPIO_415		
GPIO_515	GPIO_517	AIN2	AIN0	GPIO_417	GPIO_419		
GPIO_521	GPIO_523	AIN3	AIN1	GPIO_421	GPIO_423		
GPIO_525	GPIO_527	AIN4	AIN6	GPIO_425	GPIO_427		
GPIO_531	GPIO_533	AIN2	AIN0	GPIO_429	GPIO_431		
GPIO_535	GPIO_537	AIN3	AIN1	GPIO_433	GPIO_435		
GPIO_541	GPIO_543	AIN4	AIN6	GPIO_437	GPIO_439		
GPIO_545	GPIO_547	AIN2	AIN0	GPIO_441	GPIO_443		
GPIO_551	GPIO_553	AIN3	AIN1	GPIO_445	GPIO_447		
GPIO_555	GPIO_557	AIN4	AIN6	GPIO_449	GPIO_451		
GPIO_561	GPIO_563	AIN2	AIN0	GPIO_453	GPIO_455		
GPIO_565	GPIO_567	AIN3	AIN1	GPIO_457	GPIO_459		
GPIO_571	GPIO_573	AIN4	AIN6	GPIO_461	GPIO_463		
GPIO_575	GPIO_577	AIN2	AIN0	GPIO_465	GPIO_467		
GPIO_581	GPIO_583	AIN3	AIN1	GPIO_469	GPIO_471		
GPIO_585	GPIO_587	AIN4	AIN6	GPIO_473	GPIO_475		
GPIO_591	GPIO_593	AIN2	AIN0	GPIO_477	GPIO_479		
GPIO_595	GPIO_597	AIN3	AIN1	GPIO_481	GPIO_483		
GPIO_601	GPIO_603	AIN4	AIN6	GPIO_485	GPIO_487		
GPIO_605	GPIO_607	AIN2	AIN0	GPIO_489	GPIO_491		
GPIO_611	GPIO_613	AIN3	AIN1	GPIO_493	GPIO_495		
GPIO_615	GPIO_617	AIN4	AIN6	GPIO_497	GPIO_499		
GPIO_621	GPIO_623	AIN2	AIN0	GPIO_501	GPIO_503		
GPIO_625	GPIO_627	AIN3	AIN1	GPIO_505	GPIO_507		
GPIO_631	GPIO_633	AIN4	AIN6	GPIO_509	GPIO_511		
GPIO_635	GPIO_637	AIN2	AIN0	GPIO_513	GPIO_515		
GPIO_641	GPIO_643	AIN3	AIN1	GPIO_517	GPIO_519		
GPIO_645	GPIO_647	AIN4	AIN6	GPIO_521	GPIO_523		
GPIO_651	GPIO_653	AIN2	AIN0	GPIO_525	GPIO_527		
GPIO_655	GPIO_657	AIN3	AIN1	GPIO_529	GPIO_531		
GPIO_661	GPIO_663	AIN4	AIN6	GPIO_533	GPIO_535		
GPIO_665	GPIO_667	AIN2	AIN0	GPIO_537	GPIO_539		
GPIO_671	GPIO_673	AIN3	AIN1	GPIO_541	GPIO_543		
GPIO_675	GPIO_677	AIN4	AIN6	GPIO_545	GPIO_547		
GPIO_681	GPIO_683	AIN2	AIN0	GPIO_549	GPIO_551		
GPIO_685	GPIO_687	AIN3	AIN1	GPIO_553	GPIO_555		
GPIO_691	GPIO_693	AIN4	AIN6	GPIO_557	GPIO_559		
GPIO_695	GPIO_697	AIN2	AIN0	GPIO_561	GPIO_563		
GPIO_701	GPIO_703	AIN3	AIN1	GPIO_565	GPIO_567		
GPIO_705	GPIO_707	AIN4	AIN6	GPIO_569	GPIO_571		
GPIO_711	GPIO_713	AIN2	AIN0	GPIO_573	GPIO_575		
GPIO_715	GPIO_717	AIN3	AIN1	GPIO_577	GPIO_579		
GPIO_721	GPIO_723	AIN4	AIN6	GPIO_581	GPIO_583		
GPIO_725	GPIO_727	AIN2	AIN0	GPIO_585	GPIO_587		
GPIO_731	GPIO_733	AIN3	AIN1	GPIO_589	GPIO_591		
GPIO_735	GPIO_737	AIN4	AIN6	GPIO_593	GPIO_595		
GPIO_741	GPIO_743	AIN2	AIN0	GPIO_597	GPIO_599		
GPIO_745	GPIO_747	AIN3	AIN1	GPIO_601	GPIO_603		
GPIO_751	GPIO_753	AIN4	AIN6	GPIO_605	GPIO_607		
GPIO_755	GPIO_757	AIN2	AIN0	GPIO_609	GPIO_611		
GPIO_761	GPIO_763	AIN3	AIN1	GPIO_613	GPIO_615		
GPIO_765	GPIO_767	AIN4	AIN6	GPIO_617	GPIO_619		
GPIO_771	GPIO_773	AIN2	AIN0	GPIO_621	GPIO_623		
GPIO_775	GPIO_777	AIN3	AIN1	GPIO_625	GPIO_627		
GPIO_781	GPIO_783	AIN4	AIN6	GPIO_629	GPIO_631		
GPIO_785	GPIO_787	AIN2	AIN0	GPIO_633	GPIO_635		
GPIO_791	GPIO_793	AIN3	AIN1	GPIO_637	GPIO_639		

Included in the kit is a power cable terminating in Molex (connected through a barrel plug), which is needed to supply sufficient power to the LED Matrix. There will be two Molex connectors, where one can be left dangling and not connected. Wiring is as shown below:

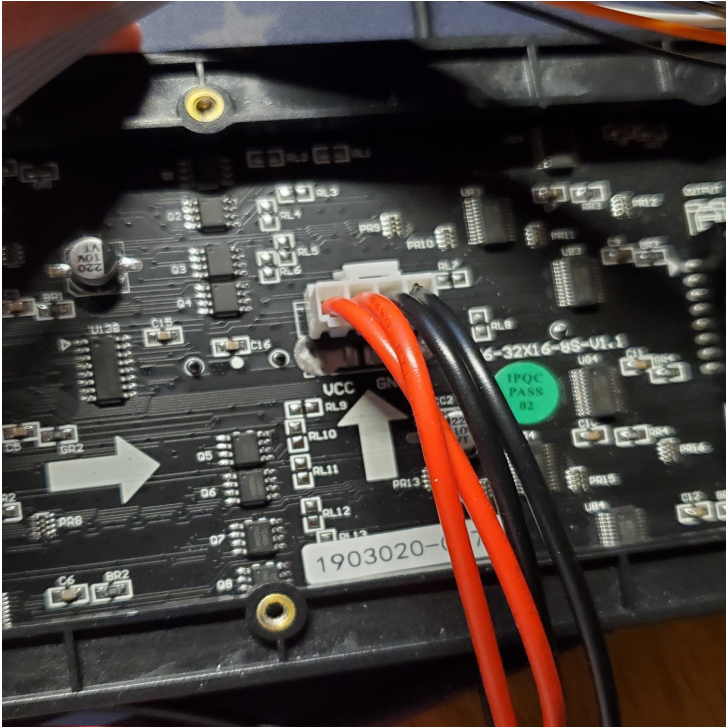


Figure 4: Power Cable to the LED Matrix

Wiring of jumper cables can be done either directly to the BeagleBone or through the Zen Cape pass-through pins.

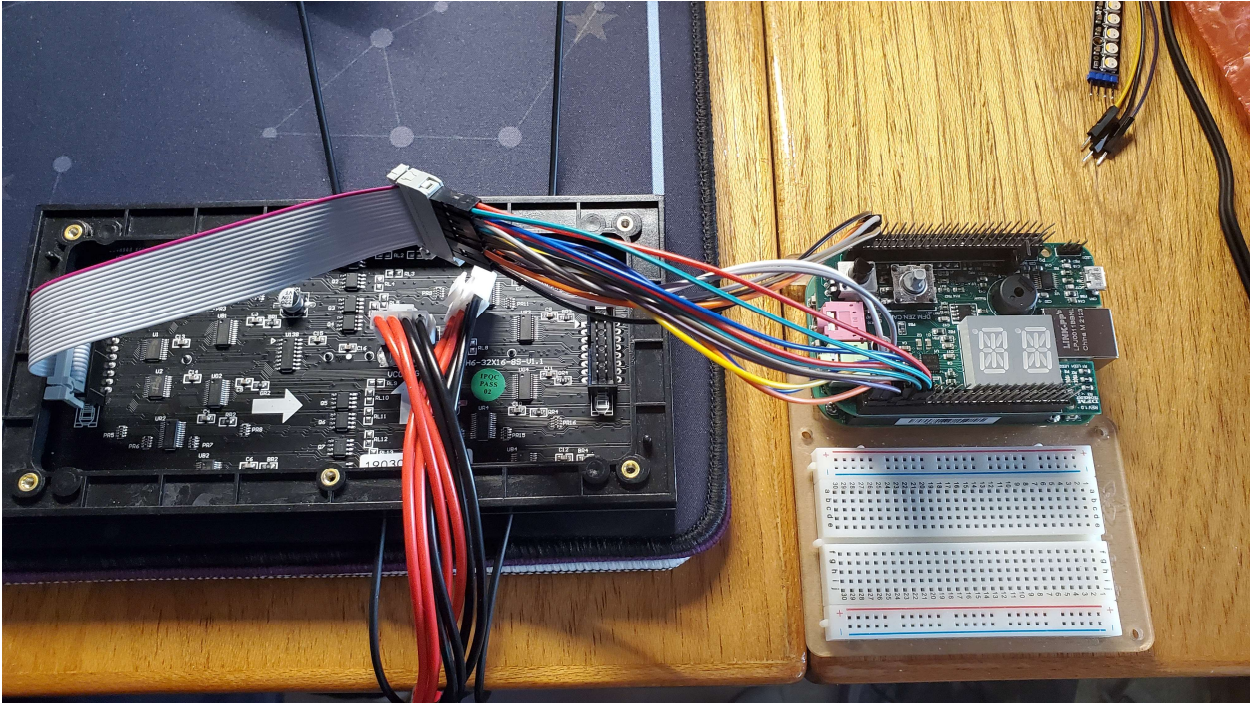


Figure 5: Final Wiring Configuration

Sample Code

Included with this guide is updated sample code from previous guides. In the case that the updated sample code is unavailable, a previous version of the code can be found at

https://github.com/Montreal/BeagleBone-Green-Adafruit-16x32-LED-Matrix-Sample-Code/blob/master/test_ledMatrix.c

The export process of pins seems to have changed with the newer Debian image used in the course, and so the code will segmentation fault without displaying any lights.

To fix, replace the `exportAndOut` function (starting on line 70) from the code linked above with the code in the following page:

```

// Taken from page 7 of assignment 1 description
static void sleepForMs(long long delayInMs)
{
    const long long NS_PER_MS = 1000 * 1000;
    const long long NS_PER_SECOND = 1000000000;
    long long delayNs = delayInMs * NS_PER_MS;
    int seconds = delayNs / NS_PER_SECOND;
    int nanoseconds = delayNs % NS_PER_SECOND;
    struct timespec reqDelay = {seconds, nanoseconds};
    nanosleep(&reqDelay, (struct timespec *)NULL);
}

/**
 * exportAndOut
 * Export a pin (if not already exported) and set the direction to output
 * @params
 * int pinNum: the pin number to be exported and set for output
 */
static void exportAndOut(int pinNumber)
{
    char fileNameBuffer[1024];
    sprintf(fileNameBuffer, "/sys/class/gpio/gpio%d/direction", pinNumber);
    FILE *gpioDirP = fopen(fileNameBuffer, "w");

    // Check for whether the pin is exported
    if (gpioDirP == NULL) {
        // If the pointer is NULL, the pin has not been exported, so export it
        FILE *pFile = fopen("/sys/class/gpio/export" , "w");
        if (pFile == NULL) {
            printf("ERROR: Unable to open export file.\n");
            exit(1);
        }
        fprintf(pFile, "%d", pinNumber);
        fclose(pFile);
        sleepForMs(330);

        // Pin should now be exported, so reassign the gpioDirP file pointer
        gpioDirP = fopen(fileNameBuffer, "w"); // okay to be reassigned as it was
        NULL
    }

    // Now set the direction to out
    fprintf(gpioDirP, "out");
    fclose(gpioDirP);
}

```

Change of displayed color is done through `ledMatrix_setPixel(int x, int y, int colour)`, where the variable of note is `colour`. Since the board in the sample code is being driven through GPIO, and not through PWM, there are only seven colors available to be displayed, represented by three bits where one bit corresponds to red, another to green, and the last to blue.

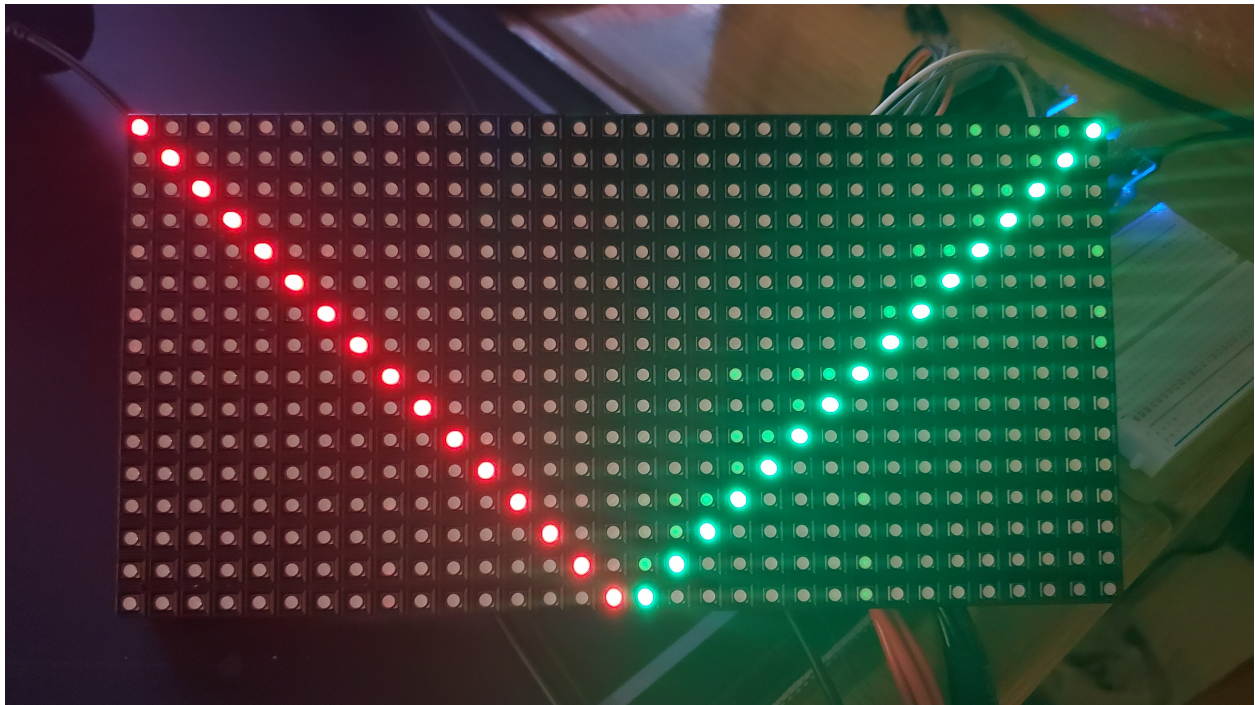


Figure 6: Expected Output of the Sample Code to the LED Matrix

Troubleshooting

- If the BeagleBone is not booting up, it is either one of two things:
 - The Molex power connector is not connected. In this case, unplug the BeagleBone, connect the Molex power cable to the LED matrix, and reconnect the BeagleBone.
 - Power is connected but the BeagleBone is not booting up. In this case, double check that the cables are connected correctly.
- It is normal for the LEDs to flicker randomly in the provided code. This is due to non-deterministic timing and nature of the operating system. If the display is flickering a lot and erratically, there are two possible options:
 - Option 1 (easier): If your program is running a lot of threads, try to schedule the thread running the LED using `SCHED_FIFO` to give it high priority. You will need to then adjust timings of the LED thread to ensure other threads are not starved of CPU run time.
 - Option 2 (harder): Another option is to run the LED Matrix off of the BeagleBone's PRU (Programmable Real-time Unit), which is a separate CPU running independently from Linux controlled through `remoteproc`. This should eliminate flickering completely, but is significantly harder to get up and running with shared memory (using `mmap`)

compared to thread scheduling. Refer to code provided in the link for PRU:

https://beagleboard.org/static/prucookbook/#blocks_rgb1

- If parts of the LED matrix is not working, double check the connections to the BeagleBone.

References

- <https://opencoursehub.cs.sfu.ca/bfraser/grav-cms/cmpt433/links/files/2019-student-howtos/Adafruit16x32LEDMatrix.pdf>: 2019 Adafruit 16x32 LED Matrix Guide for the table in Figure 1 and 2
- <https://opencoursehub.cs.sfu.ca/bfraser/grav-cms/cmpt433/links/files/2018-student-howtos/Adafruit16x32LEDMatrixGuide.pdf>: 2018 Adafruit 16x32 LED Matrix Guide (Group A) for the table in Figure 3 explaining the functionalities in the pin and for the code from which the provided code is modified from (originally by Janet Mardjuki)