

Lab 9

Prime number

1. 問題描述

鳳梨國國人大多信奉九天玄女，今年廟方在台灣將舉辦一場盛大的降肉季。但由於台灣地狹人稠，寸土寸金，為了減少進場排隊時所佔的空間，排隊人數必須有所限制。主辦單位希望排隊的人數可以排成數排，以便縮小排隊佔地以及方便入場。排隊至少兩排以上，才不會浪費會場空間。



圖一、輸入為場地可容納的人數(10人)



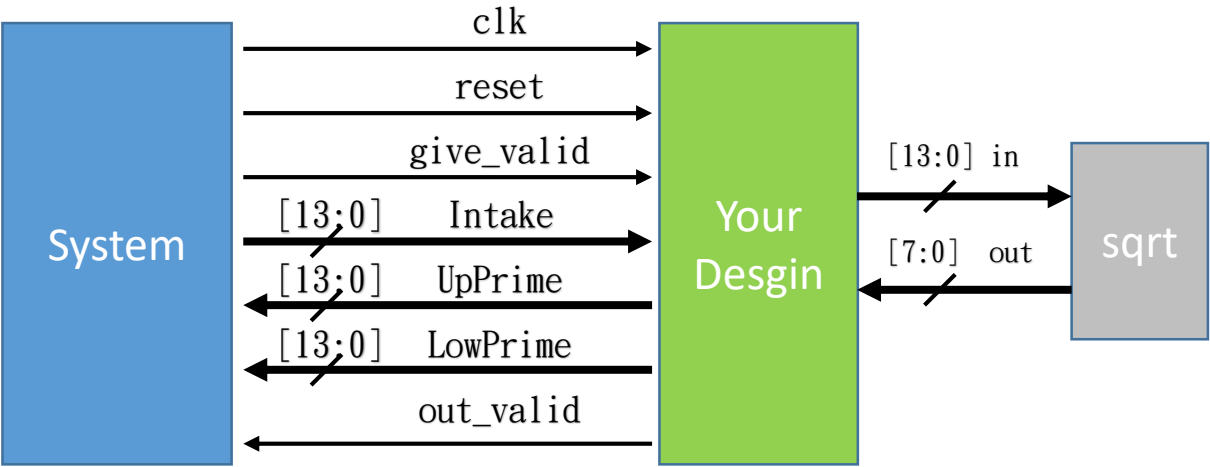
圖二、場地可允許的人數(8人、9人)

圖三、輸出為場地禁止的人數(7人、11人)

由於信徒大多結伴同行，只好讓參加人數多一點或少一點。假設場地約可容納10人，最後進來9人，也還可以排成三列，每排3人，但若進場人數為7人或11人，是為質數，就無法排成兩排或以上。廟公數學不太好，不知道多幾人不行，或少幾人不行。請設計找出可容納人數的最相鄰的兩質數。

2. 設計規格

2.1 系統方塊圖



圖四、系統方塊圖

2.2 輸入/輸出介面

Lab 9

表一、輸入/輸出訊號

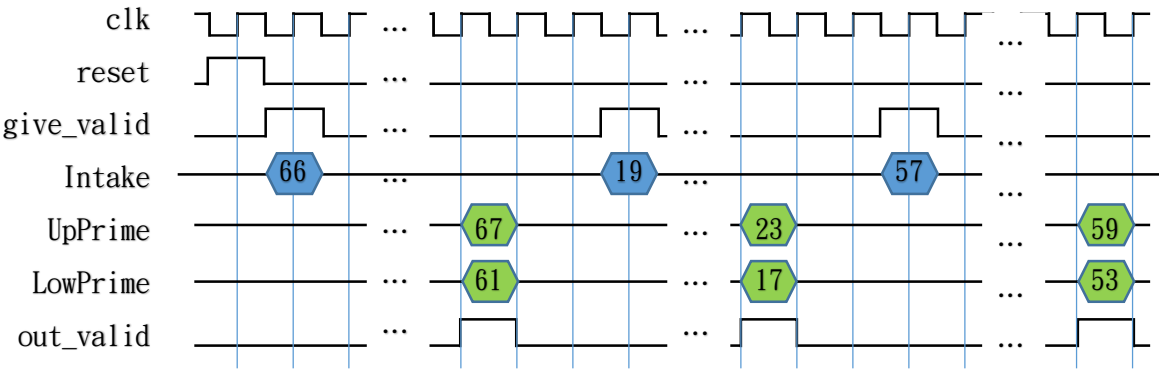
Signal Name	I/O	Width	Simple Description
clk	I	1	本系統為同步於時脈正緣之同步設計。
reset	I	1	高位準非同步(active high asynchronous)之系統重置信號。
give_valid	I	1	有效的輸入訊號，為high時，表示目前的Intake為有效輸入。
Intake	I	14	場地可容納的人數。(範圍 3 ~ 9972)
UpPrime	O	14	大於場地可容納人數的最小質數。(範圍 2 ~ 9973)
LowPrime	O	14	小於場地可容納人數的最大質數。(範圍 2 ~ 9973)
out_valid	O	1	有效的輸出訊號，為high時，表示目前的UpPrime及LowPrime為有效輸出。

Sqrt

Signal Name	I/O	Width	Simple Description
in	I	14	輸入值。
Out	O	8	輸出為 $\lfloor \sqrt{in} \rfloor$ 。

2.3 資料輸入與結果輸出描述

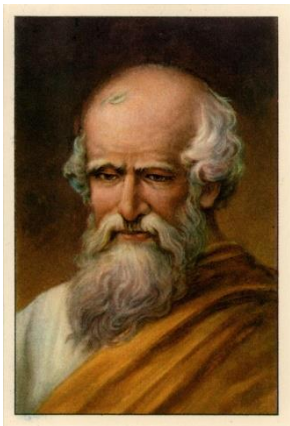
- 廟公會在一開始跟你打pass，將give_valid拉為High，此時的場地可容納人數Intake為合法輸入狀態。
- 廟公會在 reset 後的 1 個 cycle 將傳送 1 個場地的資料給你。
- 廟公給完資料後即開始等待你的回應 **300個cycle**，當你計算完成後，須將 out_valid 訊號拉為 High，並在同一 cycle 從 UpPrime、LowPrime 輸出計算結果，接著在下一 cycle 將 out_valid 拉回 low。
- 當 out_valid 變成 low 後，廟公會從下一 cycle 開始輸入下一筆測資的內容，傳送完下一個場地的資料後，將再度進入等待回應狀態。
- 前後兩筆測資互不相關，每一個場地都應以全新場景看待，**共 50 個場地**。
- 為避免廟公看錯輸出資料，發送 reset 時，你應該將 out_valid 設為 low，並且在每次輸出結果後，將 out_valid 再次復歸為 low。



圖五、資料輸入與結果輸出(測資1~3)

2.4 輸入/輸出介面

要找到 m 相鄰兩質數的話，可將輸入 m 作為原點，同時往上 $m + 1$ 和往下 $m - 1$ 尋訪。根據古希臘數學家Sieve of Eratosthenes(埃拉托斯特尼)的質數篩法(埃拉托斯特尼篩法)，要確認 $N = m + x$, $x \in \mathbb{Z}$ 是否為質數，不需要將迴圈計數到 $N - 1$ 次，而只需要確定 N 是否能被 $0 \sim \sqrt{N}$ 整除，即可確定 N 是否為質數，證明如下：



若 N 為合數，且有 r 個因數($r \geq 2$)

反證明 $P_1, P_2, \dots, P_r > \sqrt{N}$

$$N = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_r > N^{\frac{r}{2}}$$

$$N^{\frac{r}{2}} \geq N \left(\because \frac{r}{2} \geq 1 \right)$$

$\because N > N^{\frac{r}{2}}$ 和 $N^{\frac{r}{2}} \geq N$ 相矛盾

\therefore 反證成立

圖六、埃拉托斯特尼

3. 評分標準

本次作業評分方式會依照設計完成程度和完成時間，分為 A、B、C、D 四種等級。作業最多兩人一同協作完成，若三人以上程式碼雷同，則三人**皆視為等級 D**，兩人只須要有一人繳交程式碼即可，請在程式碼前面註明兩人的姓名學號。結報(**每人**)內容須包含協作者名稱、程式貢獻比例、程式面積、設計心得、遭遇的困難和解決的方法。

◆ 等級 A：100 分

等級 A 條件：

- a、在時限內完成。
- b、通過防抄襲比對。

◆ 等級 B：80 分

等級 B 條件：

- a、在時限內完成。
- b、使用範例程式碼(截止日前三天公布)完成。

◆ 等級 C：60 分

等級 C 條件：

- a、在截止後一周內完成。
- b、使用範例程式碼(截止日前三天公布)或自己撰寫，並通過防抄襲比對。

◆ 等級 D：0 分

等級 D 條件：符合下列任一項

- a、未繳交程式。
- b、繳交程式碼功能不齊全。
- c、未通過防抄襲比對。

3.1 程式面積

將完成的程式，使用 Quartus 軟體合成，並記錄下程式使用的邏輯閘和暫存器數量。

Family	MAX 10
Device	10M50DAF484C7G
Timing Models	Final
Total logic elements	764 / 49,760 (2 %)
Total registers	289
Total pins	36 / 360 (10 %)
Total virtual pins	0
Total memory bits	0 / 1,677,312 (0 %)
Embedded Multiplier 9-bit elements	2 / 288 (< 1 %)
Total PLLs	0 / 4 (0 %)
UFM blocks	0 / 1 (0 %)
ADC blocks	0 / 2 (0 %)

圖七、Quartus合成的數據報告

4. 附錄

附錄4.1~3為設計檔案說明；附錄4.4為提供之質數表；

4.1 設計檔案說明

表二、設計檔案說明

檔名	檔案說明
lab9.v	所有學生使用的設計檔，包含輸入輸出宣告。
lab9_tb.v	TestBench檔案。
data.dat	測資資料。

4.2 測試檔內容

本次練習所提供的testbench檔案和設計檔，有多增加幾行特別用途的敘述：

```
“lab9_tb.v”
`define PAT "data.dat"
`define End_CYCLE 1000000

-----
“lab9.v”
module lab9(.....);
...
for(i = 0; i < `length; i = i+1)
    $dumpvars(1, count[i]);
...

```

(可以自行更換測資檔)
(可以自行決定最終運行時間)

(若要在gtkwave輸出多維陣列時，需加此行)

4.3 特殊情況

若在執行的過程中出現以下警告，可以忽略：

```
VCD info: dumpfile Lab.fsdb opened for output.
VCD warning: array word Pin_Name will conflict with
an escaped identifier.
```

4.4 質數表

2	3	5	7	11	13	17	19	23	29	31	37	41	43	47	53	59	61	67	71
73	79	83	89	97	101	103	107	109	113	127	131	137	139	149	151	157	163	167	173
179	181	191	193	197	199	211	223	227	229	233	239	241	251	257	263	269	271	277	281
283	293	307	311	313	317	331	337	347	349	353	359	367	373	379	383	389	397	401	409
419	421	431	433	439	443	449	457	461	463	467	479	487	491	499	503	509	521	523	541
547	557	563	569	571	577	587	593	599	601	607	613	617	619	631	641	643	647	653	659
661	673	677	683	691	701	709	719	727	733	739	743	751	757	761	769	773	787	797	809
811	821	823	827	829	839	853	857	859	863	877	881	883	887	907	911	919	929	937	941
947	953	967	971	977	983	991	997	1009	1013	1019	1021	1031	1033	1039	1049	1051	1061	1063	1069
1087	1091	1093	1097	1103	1109	1117	1123	1129	1151	1153	1163	1171	1181	1187	1193	1201	1213	1217	1223
1229	1231	1237	1249	1259	1277	1279	1283	1289	1291	1297	1301	1303	1307	1319	1321	1327	1361	1367	1373
1381	1399	1409	1423	1427	1429	1433	1439	1447	1451	1453	1459	1471	1481	1483	1487	1489	1493	1499	1511
1523	1531	1543	1549	1553	1559	1567	1571	1579	1583	1597	1601	1607	1609	1613	1619	1621	1627	1637	1657
1663	1667	1669	1693	1697	1699	1709	1721	1723	1733	1741	1747	1753	1759	1777	1783	1787	1789	1801	1811
1823	1831	1847	1861	1867	1871	1873	1877	1879	1889	1901	1907	1913	1931	1933	1949	1951	1973	1979	1987
1993	1997	1999	2003	2011	2017	2027	2029	2039	2053	2063	2069	2081	2083	2087	2089	2099	2111	2113	2129
2131	2137	2141	2143	2153	2161	2179	2203	2207	2213	2221	2237	2239	2243	2251	2267	2269	2273	2281	2287
2293	2297	2309	2311	2333	2339	2341	2347	2351	2357	2371	2377	2381	2383	2389	2393	2399	2411	2417	2423
2437	2441	2447	2459	2467	2473	2477	2503	2521	2531	2539	2543	2549	2551	2557	2579	2591	2593	2609	2617
2621	2633	2647	2657	2659	2663	2671	2677	2683	2687	2689	2693	2699	2707	2711	2713	2719	2729	2731	2741
2749	2753	2767	2777	2789	2791	2797	2801	2803	2819	2833	2837	2843	2851	2857	2861	2879	2887	2897	2903
2909	2917	2927	2939	2953	2957	2963	2969	2971	2999	3001	3011	3019	3023	3037	3041	3049	3061	3067	3079
3083	3089	3109	3119	3121	3137	3163	3167	3169	3181	3187	3191	3203	3209	3217	3221	3229	3251	3253	3257
3259	3271	3299	3301	3307	3313	3319	3323	3329	3331	3343	3347	3359	3361	3371	3373	3389	3391	3407	3413
3433	3449	3457	3461	3463	3467	3469	3491	3499	3511	3517	3527	3529	3533	3539	3541	3547	3557	3559	3571
3581	3583	3593	3607	3613	3617	3623	3631	3637	3643	3659	3671	3673	3677	3691	3697	3701	3709	3719	3727
3733	3739	3761	3767	3769	3779	3793	3797	3803	3821	3823	3833	3847	3851	3853	3863	3877	3881	3889	3907
3911	3917	3919	3923	3929	3931	3943	3947	3967	3989	4001	4003	4007	4013	4019	4021	4027	4049	4051	4057
4073	4079	4091	4093	4099	4111	4127	4129	4133	4139	4153	4157	4159	4177	4201	4211	4217	4219	4229	4231
4241	4243	4253	4259	4261	4271	4273	4283	4289	4297	4327	4337	4339	4349	4357	4363	4373	4391	4397	4409
4421	4423	4441	4447	4451	4457	4463	4481	4483	4493	4507	4513	4517	4519	4523	4547	4549	4561	4567	4583
4591	4597	4603	4621	4637	4639	4643	4649	4651	4657	4663	4673	4679	4691	4703	4721	4723	4729	4733	4751
4759	4783	4787	4789	4793	4799	4801	4813	4817	4831	4861	4871	4877	4889	4903	4909	4919	4931	4933	4937
4943	4951	4957	4967	4969	4973	4987	4993	4999	5003	5009	5011	5021	5023	5039	5051	5059	5077	5081	5087
5099	5101	5107	5113	5119	5147	5153	5167	5171	5179	5189	5197	5209	5227	5231	5233	5237	5261	5273	5279
5281	5297	5303	5309	5323	5333	5347	5351	5381	5387	5393	5399	5407	5413	5417	5419	5431	5437	5441	5443
5449	5471	5477	5479	5483	5501	5503	5507	5519	5521	5527	5531	5557	5563	5569	5573	5581	5591	5623	5639
5641	5647	5651	5653	5657	5659	5669	5683	5689	5693	5701	5711	5717	5737	5741	5743	5749	5779	5783	5791
5801	5807	5813	5821	5827	5839	5843	5849	5851	5857	5861	5867	5869	5879	5881	5897	5903	5923	5927	5939
5953	5981	5987	6007	6011	6029	6037	6043	6047	6053	6067	6073	6079	6089	6091	6101	6113	6121	6131	6133
6143	6151	6163	6173	6197	6199	6203	6211	6217	6221	6229	6247	6257	6263	6269	6271	6277	6287	6299	6301
6311	6317	6323	6329	6337	6343	6353	6359	6361	6367	6373	6379	6389	6397	6421	6427	6449	6451	6469	6473
6481	6491	6521	6529	6547	6551	6553	6563	6569	6571	6577	6581	6599	6607	6619	6637	6653	6659	6661	6673
6679	6689	6691	6701	6703	6709	6719	6733	6737	6761	6763	6779	6781	6791	6793	6803	6823	6827	6829	6833
6841	6857	6863	6869	6871	6883	6899	6907	6911	6917	6947	6949	6959	6961	6967	6971	6977	6983	6991	6997
7001	7013	7019	7027	7039	7043	7057	7069	7079	7103	7109	7121	7127	7129	7151	7159	7177	7187	7193	7207
7211	7213	7219	7229	7237	7243	7247	7253	7283	7297	7307	7309	7321	7331	7333	7349	7351	7369	7393	7411
7417	7433	7451	7457	7459	7477	7481	7487	7489	7499	7507	7517	7523	7529	7537	7541	7547	7549	7559	7561
7573	7577	7583	7589	7591	7603	7607	7621	7639	7643	7649	7669	7673	7681	7687	7691	7699	7703	7717	7723
7727	7741	7753	7757	7759	7789	7793	7817	7823	7829	7841	7853	7867	7873	7877	7879	7883	7901	7907	7919
7927	7933	7937	7949	7951	7963	7993	8009	8011	8017	8039	8053	8059	8069	8081	8087	8089	8093	8101	8111
8117	8123	8147	8161	8167	8171	8179	8191	8209	8219	8221	8231	8233	8237	8243	8263	8269	8273	8287	8291
8293	8297	8311	8317	8329	8353	8363	8369	8377	8387	8389	8419	8423	8429	8431	8443	8447	8461	8467	8501
8513	8521	8527	8537	8539	8543	8563	8573	8581	8597	8599	8609	8623	8627	8629	8641	8647	8663	8669	8677
8681	8689	8693	8699	8707	8713	8719	8731	8737	8741	8747	8753	8761	8779	8783	8803	8807	8819	8821	8831
8837	8839	8849	8861	8863	8867	8887	8893	8923	8929	8933	8941	8951	8963	8969	8971	8999	9001	9007	9011
9013	9029	9041	9043	9049	9059	9067	9091	9103	9109	9127	9133	9137	9151	9157	9161	9173	9181	9187	9199
9203	9209	9221	9227	9239	9241	9257	9277	9281	9283	9293	9311	9319	9323	9337	9341	9343	9349	9371	9377
9391	9397	9403	9413	9419	9421	9431	9433	9437	9439	9461	9463	9467	9473	9479	9491	9497	9511	9521	9533
9539	9547	9551	9587	9601	9613	9619	9623	9629	9631	9643	9649	9661	9677	9679	9689	9697	9719	9721	9733
9739	9743	9749	9767	9769	9781	9787	9791	9803	9811	9817	9829	9833	9839	9851	9857	9859	9871	9883	9887
9901	9907	9923	9929	9931	9941	9949	9967	9973											