

HW3
CS528 Fall, 2021

Isaias Rivera

Nov 28, 2020

Part 1 - Fairplay

Implementation

Both users are set to input a vector of length 10, where each element is of a type `Int<8>`. Either user is only allowed to input a 0 or 1.

The output of each user is of a type `Int<8>` and does not have to be a 0 or 1.

The main function simply iterates over both vectors running a bitwise `&` on both input arrays then adding the result to the local variable `Int<8> accum`.

The final value of `accum` is given as the output for both users.

Setup

Count	Alice	Bob	Expected
9	0	1	0
8	1	1	1
7	1	0	0
6	0	1	0
5	0	0	0
4	1	0	0
3	1	1	1
2	1	1	1
1	1	0	0
0	0	1	0

Final Expected Value: 3

Commands Used

Bob Terminal

```
./run_bob -c ../../scalarProduct.sfdl && ./run_bob -r ../../scalarProduct.sfdl "S&b~n2#m8_Q" 4
```

Alice Terminal

```
./run_alice -r ../../scalarProduct.sfdl "5miQ^0s1" localhost
```

Output

Findings

The scalar product of both vectors has worked as expected.

```
[ bytewise@Despotic > run > ? main = ?1
$ ./run_bob -c ../../scalarProduct.sfdl && ./run_bob -r ../../scalarProduct.sfdl "S&b-n2#m8_Q" 4
Program compiled.
Performing multi-to-single-bit transformation.
Transformation finished.
Unique vars transformations.
Unique vars transformations finished.
Program Optimization: Phase I.
Program Optimization: Phase II.
Optimization finished.
Writing to circuit file.
Completed.
Writing to format file.
Completed.
Running Bob...
input.bob[9]1
input.bob[8]1
input.bob[7]0
input.bob[6]1
input.bob[5]0
input.bob[4]0
input.bob[3]1
input.bob[2]1
input.bob[1]0
input.bob[0]1
output.bob3
zsh | 17:49:53

[ bytewise@Despotic > run > ? main = ?1
$ _
zsh | 17:50:16

[ bytewise@Despotic > run > ? main = ?1
$ ./run_alice -r ../../scalarProduct.sfdl "5miQ^0s1" localhost
Running Alice...
input.alice[9]0
input.alice[8]1
input.alice[7]1
input.alice[6]0
input.alice[5]0
input.alice[4]1
input.alice[3]1
input.alice[2]1
input.alice[1]1
input.alice[0]0
output.alice3
zsh | 17:49:58

[ bytewise@Despotic > run > ? main = ?1
$ _
zsh | 17:50:16
```

Figure 1: Terminal Output

Part 2 - HE

Design and Implementation

The design of this cryptographic protocol is fairly simple. The sender simply send their public key to the receiver alongside their matrix where every element is encrypted. The receiver can then run calculations on this matrix, encoding their own values to be used in calculations where applicable. Finally the receiver sends back the final calculation to the sender.

512 bit key

Input

Alice

```
[[108  6 35 83 109 52 23 59]
 [ 5 47 111 64 32 127 70 75]
 [ 21 63 110 39 73 1 21 24]
 [ 95 29 51 80 70 64 2 9]
 [123 127 68 98 73 92 70 104]]
```

Bob

```
[[105 126 60 123]
 [ 82 63 19 24]
 [ 19 79 98 46]
 [ 75 121 91 115]
 [ 49 23 68 33]
 [ 16 11 5 85]
 [ 83 33 26 70]
 [ 98 20 13 4]]
```

Output

Decrypted Result

```
[[32586, 31812, 26614, 34446],
 [28048, 26047, 23501, 31260],
 [20074, 22887, 22613, 17700],
 [24824, 30066, 23778, 31853],
 [53022, 47810, 33971, 48120]]
```

Last Ciphertext

[75694200835340396279123914362778855493184375078847866516017230563851437112743027002097158532706296532861643535088722533899178176652626034179100819166826834269940279366865131495777799074675442377685972687962895306175422831798030858972230732547451077499621471853534369824020476301939407853885249835743783468950,161714642035975227313461891366736526229511824190756787822739632164182580463774272050196674506936151895936854338629754006193399085264276577314357698077467489359213912197608181828275828010702189891042648605264293010728547826405330521729429573086620927484194094889453185891720546977818598144635494392463977051,42556827411130625964853319825758645117468317386783898595432503225849186695844177145632385215400795935094895557493558962013456919978424140117999354062663571448289410291519312148729224921328138099825762340414594289225578912411930654481981256129549484564227975699589042859947694842652265989683291390252845839866,29269945995941592489976208640923631250598598069436140555478651339163576100579748801794560472849701818121213292032923051284483156222902996776597487251801764672590026252518371375591474757410600494253155106644605946236048880363304770074578572028531819108737356096294643093025717530712569249110322930516524107,6201626191779974565418970480314997974474705082015038802974340798583581888901413744723188694487682523245221984221367576183067626307579165978933500328231771534840612688098037584222037697457096580991616258383545169964954545377451264891383727628819252926715567207918860387089488931723194186077349620975685577119,15182338813388850431606158523522427766315297859857923568101814730573992126466422531439573788557698287229571850391801725231865002664561240743754434796376245155138134575438601840730439428130414689798190590160157953427222349868803048792714192638408824024102759640294213730168143118020923559148462771790052120393,48809923575553507488959318999756534014049540016786854299462244307847840350024522519859736908866476156203822070516557097687091294095773907712735249992847729334079608565946496338544600054628852492371727463643865701973977612501388291836380072668311730163560899746729459419051389719745550802050814818337745808,6866925051895945125513090118174344904900772229598933075516523384669387156002220407688505759786444779967934901023499349015978898763610231092590751754128751443855022906868676426779953752898387023012358325514313147299678773067156697952026550683598088823428326365876314107677267851009639332850281765455740081,2577630469494546549092022980604948207687668911221192113195074597917710726308655915659362343590923246761678051547769982723489540034968798040866316523760664626345835054977845360630634703802238286965813446546049197046670991587127029731130779531693088127688580251348064186144804058405160914962738002549162,12953552114266899330032186333653926340720370306780584919400316689959369079346531043400424851129325182537205137569601184221927473880427208439530372953017075264911465530932397255037947859475742805632296928779000820732947111981146754665691054813198426035693673902429204140109552784626818261253582031072908836074,600978135913760491909527688119504383842361777684168017327974470836841032902028634240002580324246067794586820073685651882355367461164817181804177186068138521129516036454451608117098075597006497626438093721786915148881732685792030025531076212742240408561219705242039104295913431173356494831224635481896,3050150917638294416158061486807959979205127292733812009057489488424815083912792450653936185251927321914929565164911460890814924955963242006159378081846,6575261914288773618817652466198854666194047584272316619015841299089470061708994528748747938047443213627388879323940438737201613806815766245530915500064914,364565882164653667633901779902931637369706757670268714039691306939634062068728390450479657189725981681677237836270337750516632363114129984807665692535709789417283161839120639050409279429319953309831910802081933895321080050462629489179016312378112544546143223524686334508727949321884757221660840996920494574008673,19471931234829324570880508851543686947018804239857217303919756721861599713729167225160310688901178371283116271308796703133853689467208025225490909862853169654313387991776459980188421213061117792418225616231985997114867055025151176614157799326228582408626355514491867430615716014092241842311346398736548,364577269180651183299677613658142414520149589744590864197709757788109825875086510267645865946287185147616545220349191641421368735993534193920032855423965985630388825059807971236990048888402587088072941831251484709653347074382967298215455903331554847161120497862066575081000109571411053947999843916087710198,17346079897558732338786414560017644801501895095652910961829666019962620637835108550552941054813438703948792213522935706772319169815614118425468808765212616500736334452763205836440496592307576535370822863619132699211807586679675028421486065516586529254270358744003066815076453986350680483459646882934], [110493279742360643758138744688904150285793364338975178146738884490140834998128983157047218699454210753605197132166123141043225015175286546915938810873896798958990096365796610370365414868485257328207201076789834324120697180266902240857088476689117496501579771512506090296532470231249790590925495082132439870,45351018688111570358044395410743880958758048404565891357292917280981477577052968288619468417782823007681164675702947591092933895304873720293670770748568264218688834395553238915751201473504308952967619332062659802050191631149880759826136350909978520213596711598812798298691697473790000980202381356262,18212176950780648686341909293163736970675767026871403969130693963406206872839045047965718972598168167723783627033775051663236311412998480766569253570978945507332964801164198619738413041498763889543803871287071949880015709888700917048305557195826622144592186596184976770109504572565579344848328257494658689,1162809679871756556763047591049805718127540132968864561520468311662851851602850731909955739878741792651770627950449693068014106708417183444815169277388656340082024620073832413605989331794136323180441717103447341741002283319207746957052115491348237847551509309936893312308606161098231104201775427813054767,1043647346288886737919350733533547616235870443492667148625723508510734476876409631598668586406542472441019679932438863695512015683642385586660389338289952497249496030828523062661115023030823762254999200097042503398664323971426726016825613602051497857320716724170817913780368259176200796945796610507947400,2721487520010486861905530040187156942410676042486531027417984030323082982282629760155832398625776404146212413322933323221727952424977177836582013317825202924258081955587992788287533735939007828266530109970615031884545612392190573064674999756292690708828667523818666419136914587134635952277881089956343858,51130723795311319611655379354489009278473486467506161807902257366323374565485319519669457662266070353394205304562352279269564686398188793731248510457448473552052955354212020590536789064341878589832892716513721877829332566658724302333841319745606018159464991396119493855848782324473873534029382552172152812,165252655240756254284764980639308968428007137619692636447383509954898341814088213942718253703632588549825873177954465199546673685697852120614216976235282738331484933428577465948624942548660079330075272193122468045190283199394648819891801718194473114789443166647528441100829517640876068732420826376496567071, [18176324625127676718963940270536930857659662502193945350228977990643834683739052392300888431350064090286012610728159049234593931042510970196030473099227717724995403486526026104486265802770829050689551572836236835580218643233982738252670941196229441312343069073500752559379254600484349887371021245188,375516789366137329629963673049662214509533648832446052017188403027772661294029681668932158770726857930682187367745831673495716491268419738175165549969511294350435577387179764710678543139837832521198410523999192678191144527782403452495723130016213495133948012208633103002001682522126213226,5574776361462041451594932081250596867330073679879088867793260450863227107269977536898206589017884660081842198596749344587666744261379386203436390782365407953298944425755314483097490827486233250629212996433293940426321923913086579981435421368173229517025139752232543815449804242823778425944488307313464775804,4787468397635947009078193289830222925290126117922654562218130830609508804954739920324969816874065474072543701637881189481006120588995425313893865752240866039706657094839942863956572003659172031725405017808470526412057340245620545257301005243142579592667572212605382257546231066929400201648309143166600220958,2772749095279363078969154027508834441716272456039627949084810600538225447737843312703162685664121752729572475510607552601419131210467884341929955885385821580921125016179556465133509032052407508721074724684665447959728695600729947277422432065833674280090889095405257989514090017648004469997321054814377945111,86066716648782536082539721173750615086161416535073203378612265173220756994101802126079459110946896063127109405490501294112509229074106595693197920466761632903178243480023668720196680529889333825185382343363698623661562574953580099643844129047345691431230341752493179458044793320477950184305935812266261477,510394363053778354435990661625784557542728686508600545655376214739925440426315520116537698622605820007002471319901013358919140941599703003795090410822336955692631055522706385834483053014036345182879256272828388069479230933912765661883160725997482569809458765054023441308070604344535183159478658505832230,4394912559993848790184950923246227363260414196995174000980310497714680681198514455835175674043856180103971183527204944641356898642007940774976341324039455122976026326551558163137542104038877898540973588588961566426586865607410356694876200390805238648835772970067906151596359731756213095924518596916071486709, [11629789095017513307821528932942514395496465880272270865022807097859556935099037428685061294135381910664115069569135786244978184783004974636462127053950411179975890612789738574030489390114049620399687059009677646165331006799833833138190628320591072460477950810610791961769335912708774112885152968067796298,530601213321302167229780715891046830593792680968623590235604543233643410628564527437708329381340809606227968645117382488809014282712615053183418460497864066418067072100924737662301666990402559019562409341009691321918950313726160892645730317570105980412327299311425211234898765120109570997378028686731952255,586792324619661306981137125825823637912645056203260782632854884861210362256531432325674949405578516815414648969952207264775176190501239332910966805294596835760770385159685424860348703396368512579079154230073060358178940440701291662155545121276773098245798489610596569794701651513328468913418039057462067030,365637997493258331053217448531138630866961992838316350034967685085618115537866709352995967094472139580614912235762026806057608113736057744038033006623647505547350853734021058777561459346055242548694500087217197280321294634977766027166567005087187334897415285196726574093980568758453705806094371563676381274555,3868541703967562894278696198356383362674874633316927860828866451529076321077830578443744891997828884195652841874652395319468807080478339493647879379064932985239490255674707996381493595860318267389419509358872675759261417723039026688132292763751475458759004050068823869702511356260724564224061104621345266893,2304858743920732056498972847283691428674287172115886152181907619029854238718432239762348368097567852319645383267303595550442821635277295505985610124252942443250604150910204022821144095852356218682586420250429812313074761427744478130713310990564505564391634788302131599370507347810206034832969674986442,1262606415046247848376002576125961371540580927569896702056129801361270375945526321313045975711868037950438989879180699191256439854671325039892357373095296670785287513845311472123065704537030133048486712841239501142486836590167957766746118543083440095055254522036473286947232161921638652386297253,480948627964649543005590531660428028692303161105675137834767340582545361403481893568363000346077072972902393354477251413535969408029339827077036342430372166719061426346087033486018692011276141902338973594249551186852011762338576209422889332077921302348279933191050460635429583628096047329524917552086772]

1024 bit key

Input

Alice

```
[[116 19 95 94 38 15 48 116]
 [ 14 93 11 73 112 25 108 87]
 [ 17 84 42 53 53 113 72 109]
 [109 12 16 86 117 47 22 21]
 [ 75 49 63 22 14 52 53 100]]
```

Bob

```
[[ 86 100 104 82]
 [ 27 99 20 89]
 [119 110 37 123]
 [ 78 78 1 58]
 [ 79 4 74 61]
 [ 88 68 46 17]
 [102 80 85 47]
 [ 12 14 122 42]]
```

Output

Decrypted Result

```
[[39736, 37899, 37787, 38041],
 [33826, 29517, 33028, 30999],
 [35645, 33952, 33593, 30226],
 [34185, 26274, 27506, 26814],
 [29274, 30229, 31266, 27965]]
```

1329405894723921769965675649905591096288353868978942596712718145573666855154442809359921465724357374086434444508275032830054717186202895828
0506864941441126987978293212932996408113042015800271522433122980013526693453938970208091371873481683515718052789236860162688649929118830308776653077
1221000589773440569337366901514578925602293405348900817561361132198636254347602815742672126597956873746961651517365993740401893134359584701638253879
2942045479359414095020813043052956269739624035848604745848284617543453867849603981626936075945695067117872074850974871510249848175219014302304
0826934333914054425195053819479898477982214943657539513011779689292840524777347175330840781298457186403789096267855591024137482062891716374717
13806069417807378908629247580521008740343674713126194823900947098892965491839700290127255795062836836520109222695820103533777640280064741984558589182
1327783272829386921970593438277990604442395417231691353312800004011828547144838578816837805127702149806442404589831385341821755344923147303185870399638121
738272073942705407458719031699332647891134234154933738507628797734885618342604911662416485967644518680676801969094975306853657937478705894847372864736
3626373789671808305062707398565163282818862474494881802080309087046109058313095793518809178318079157189095068230242148327405698283743178009097
00122479344032483151088262647246508779077943007583418043690505289425165131835906043736929004195613538020367376167105281328887750568542361177801700
267705544055522414986660035484198416379635007932676292269139262893730203326714891688901311561194034248234009224493160357108276334722082561
6155680441572005208352378810169360061455489234219267817382629156845476204159828789906983210401235190132618256852696358466810384167186041020485500
2067555615848125721445957578329835281041256487771998421796574179877475903567555881829354919382030414415104732122523741311588840850748363447810092721
331058797703940796846949359412018414229508757582512234340020904152245468032943857425155381639424064782149729478029379692111624188909979282857559289254772
267155611613119925348995799512417684594326797131804451950674765209775654907651273240725282841952079182082890970169736447389796431308677037675855776711544
82495980674824903651252360388996014239856954293341534095806868110321146149783213186763609064620254780139173614085751962026847536149261580354746565
467241391505364734902872943925536751370669631348770341082013487575294161719845534038199018320063990521313988163125195008471502214257577819041536175
918992893579836927300715874089875708521180034811333807582276548326957241298321685790401365651014779746431104884164352758801555440714293616369097639
426127631955582130494327469834807488055921420475082739584367998592587541199618772759992184785102680586564637293239248014947168024325565851638042074835
206305734329611081513122219193787157619839779690879763689782962010073475057586685226821770473689556137303670803122783864796404724477048279046436122
3493146111645793867924945096290360279470988325404269231119265910017343217686944212294304834764269519282361948429510358592369398014388904861660246917
204020937572552851104915258180468868529828758006195753886735893407065152915571943799033987193290417407172325156275070972418007216966283967017756
030947250312048019519796650415303711274025405331257337143433196894124319054741498400169248377727846912740707581926475150936415898990415602811462556
11982344778796265967934528389949480506963738850143471865137412254175687026873492768729310626633200487635233416370588894306192989197509750125202996156
601862019577217565369661483351609105420605389508569479172501867308965261584092607928230010458173260087726573671104058497189460013208617802632937356
590731183234249023165464867703748254551304900474631034921340349361261299379165339890932276814705672832083889015844227159672716828024428211018007542175
321191981254583872734052751706709157158203342073709643510520720551342031039955533837778975076195417555537858429030214977972060248656511320615273434054790
98876014594100581470359010600577303122909692407879117497635161207081

6696331253917009017615653894702742968884808424199713184814218882729200554339235014043097810515187323775924506700360225294863714147720111445113068324590102
40147578872048690597749607742205361888347349465357064793235354011953218446048481761246082138637017733711795452619437716249349086260326734022010406937925,
2229806317081128153955441380040604647230867492876239808585932367272681146389152591693140607863911917030400824870247126925881303182625394506719572688003
616410784434972244027504433428775444582902560835663534628220587920773214903847367437466148498610067422246908688774235052237585645503546107525140244391392
8532429552951933693773994402722407609373431846805365041790054270665604813672879037928256775666412003278131855782920465793825960527397330403783829359641684
3500219107367706420549986464315084518581969218044190233348941796916269129673116988943455585905896611024035622404239131068144353443261448170483928062719571],
[996816271280922070721633686648431454939254087447045809610497146532017414182653572558423802599448614085217478567179082115690765451514796957273570319874505
6027564446748355326013705382767724370165880729650551466728757403580596107483050452079225739362663482649446508601201723965418949348737019913760681161884392
7835335643901247421692744063013377497676893330009252478875632199462420321357939351453966898779404528810243149175078980285894186031346790315214500957668396
449113333718121802165296738564462471913973861481721540852324434752243161456326607796295971888445855996775880036253254854712237593760550966415469044788119,
973982927154649503030308402349085910893358820932396267983678137492917131771539900394545485795975946270531421328361180379853849065209800308227700261646599
4157390194997810236996593591762022765628923598755323750751459008289426169362628898318989162177865519554416388204894779797657264979391500401159632952479983
2768726116296313166239894011754781177597516465387828077177140713738955755696700776684032302501495791734916664152837401333790038477213216923331683702486045
1806102459770071386917750246808837246690555703797933698311568732967698536890832040838097033651973789737478626191934203264316715404764284353227233217785709,
120757113958687497757984591399374934892446551048090964921712274792781830831906093482695915699721873945655600298311084511796651130188659673308428908873266
5825291465290249875515204906957493649536646258388869656213906819386644172947335676693034735197907269109160553992068651584533351144082595436652210715718999
74259005066918854200171297459199934785907352773510866648105195913949035553000793901552384743426754594518263905089125131172243234201834369695645414607437879
418063928978157128874952556211177175733188175841233652782116965175612175950460346395373073960969596585851256026398156192197991275230850910602604984079115,
3166699121547123689656145037008927743086788099515586791637256128222934128945177131231655185676214586487512033069686321567249975538303056683705520622964842
871210127467218326834718534104255101845300726820219903072885283202128556744771141032523813625906199833388493193130006229855259709246772750873561207369707
6110102881506363640804925705599557913990228529316972327740798804761630414548701110376355608207004993825567504785732604300632788467953525729607389137856449
91314598840649601592591223614196186400466334572161395330543226443830461838168941770477411709646020075958040383659462708506207940405305654271630173169,
2197523534686049007324614302595810251338655286763846008339744883121667441614115064600905623363320911009437009839445712426209949973931356481472561391149804
7943238820928339403908366417905404893207751705098456821773339068658582424075967363567957066365997159353474523778538085521205899532442005045985698332249253
2413944651026763137933176203773142566324327274542657731782947095129372353188191009429523669459344982941585294284984731658085100303296260546099436508661
743478015097299154673946241654421828387826370988569593198037920937975830085229542951263092650372942487182467911815407365280807028180819471294719753408675,
147000810925336108091873308014866375389949351214794827916727473710309548535305882571742169797088293273860024293899921140368872863910801080217524242890504
099277339812032888319270593815238931359472134791651336509123278486633916625200238079512115671706302714266817255804599137209787839793868696540936167418289
16381271597253657863739049127576523884364909286491817285552005060457161046480945766438461981256801589752366156377020077685097580428057734203975856355180
7364164535940161206981235467104879977268672708458439705234419676171851004548204449599750110410424523883726144849399298334219246520026395725353416944244,
8022533656464198294818726404723710370699469357012971078317013852363243691384731292622567567699017689416732360700567024265911078985454684358910295836190610
9889024332619756954411477473065262807889211710473869405637590322869226871905537206193856721792687509061965516002291421548958018576230371243587116252388358
20688687714081154049541165463744741526954323057274014009127015832848691809681587141419130365330034655614853696484630962972467575619944561958241574306902
023211829361127392625516519851212516773711790599379729291670373878617417098397132374014443792003867779088002119827396098808847744284887796945756685,
8351229600695190182688109277337899013403500327745914336505085005142692788467963713800878788252849359705158356320221164989503395044491529936435470199885956
8284215850681345980408291068948635459317557954356318394427029727198797359454157617631343168945359798604980950929261591535855203010071973002956120342399107
79742247356891515688087246116042591693423242684992899900184034830829467287890581412436190440580093927417879802288004533655805812150823101245311580136582195
17825519688165472066411168999720775061679369742457857350365008106812978526411868133215626352419095220140910476306808340938350625946125898041746633356043],
[6791384614801320947288285487455056875901390215642218263842056536540772836740126153585825127598990344363628827981010026976358464352890770516165145986
770841024771449039884296601452929269507460946189320590437266278258393926298801323671280214828860300961499321749854437369167984548901213452443129360453187599
8890602516918570861726508381405096853252344297374245561667837520231345376083395972965520325018007996210229594140292139219288112964960075141195769515438819
2149017402789688212337154295050352711220015376076701394051416228312354761076982172738358528964959119298228123018909345336625981063364167634016841608275016,
8290538130945968426846880425260064751255244822807671483587618682357394533878628839253105575603478184999306515166771532242951048991063498068776790529882486
4831716774639165029034319439366516725469745224018052966581816844270823843862540486830213048843287476598440794555620610691914535777114175135981189929989185
16837624250856765545551378946861506096750753276336875079413960368659495104923218907563687218474330084980813276051746060393333026709801505419737109452711279
9677749051216614591518079266850813634529879126637122298711336921461129781867709962689184691851871080273360911599666047272965910584606833927656282124612176,
9597020412200096083596094139740355131691210394998700598156940836295102793602708656699364593611375805562521833405814803465997523847347715616835882271890520
82781870122448380123646505979392834008444370899629906610605882500190232824471195709340494316220797580463148218434925391537853057286357202279793418741464572
616764160072340636192919436238818777531673110859229710274462663457399401715684966157738220869374827322142967183016970756584239721715188411334090143937509
4180332717611946501907063195071004006494606070994532560246991897940212343101645271983957783429453261075916619240347445588981221562508528961016336227020560,
80353223779427940699322709062240445060631232212088015661785252023121671857942819312262664220810495458374668803067401505582370357914299446735506499550817
2088582321203104628607112897083612993588554644773606267985549912237265424453785965536751074182038098416166224989061403427705236288119589088961260606180614
1543897492273563162028966995166233683269568094162941231480788580902505569180631690781867709927021402413325989369981926475683741440316784509703820548440154
3817141215799348308931780307991410255264338371354964940191516622719375463652669919490863459640545725343804511023241913091247549787634497823092937201913143,
8658261299503680749157903958162080900016713773728742908636568410091992394199701744168225665367225816216163778592302591560738459927269854981505627755738775
857845908492932549001877011122152627137763908962213884191915954774054041214541103925539883316704846496690737071281249059475454539427297467899609686758608
8405937721060140614218019309151408094340457539664861742212954161063582449275421261057238254058896591801577934839854111635331727207113537096160234491902857
489092311820976279069944500402419235904556978930615170926661883744666283228758325134646981151271622155948633953780914503161603256153879758614769560248226,
107472625341535224633950368270137832791015293568153889605726917899090697920860052550043988521148302989263544576513310856058167545886773025791619977231632
8674690943924978975468864362199197768098815687763039690421690052010810931959759331320650877352126841510877058455260546321163651426090765024129354255953350
59312261035688426617182064893620286815236592944805098781475851599148452838142086389202097915180686788503576631399070291115762908683923422932932405737903598
46894191640998283646786099420204104840314468959101712646353810143839964951960860474489508058195190971450829434324151135131631322063895294176591389470185767,
31102217341161965669062083905636059423963408419350175225313621020261379508802075684491688971710963874577964553681492436918877282142833908959376155767737648
727487466122520307186287467428014967505405611155948549463722178039708412847556409554632050028478554105735866982601407020268793146491111948083107948542526179
34613001646712706772255170538014095963903951169666176226346944471662629975011745731789772899389684902212250759067445788596326040511435229316422625678
9031328536203238323772177182443908141273398524458875454986402629598176123724166771256208239985476075760206282027934847630704365734357728867348378208822710,
7656803567176945471628257120189485219136636936422418803899369558691483494416460272500129695632759363624622645641084849281246167601936202703172051905811285
653409182716213845387278788621374025324354428030891155017170917966124846079426024291528136831845027101487822463610543544865214841468241840257387727917785
3664650911340862523494173420041774810112447519701523646167739510929318712005635355442936565088791878006746463131303993869642543883755210225413124611467909
73107909887915306032803154176156006972643123264375421248783961224450787641038766292636179936288601761988355332391196216332560801244423037641788176969165539]