

# ICS Lab6 实验报告

NAME: 张展翔

STUDENT NUMBER: PB20111669

## lab0l

---

该程序实现的是l版本的乘法程序，故利用了常规思路，直接相加，采用r1记录乘的个数，故程序如下：

```
int lab0l(int r0,int r1){
    int r7=0;
    LOOP: r7+=r0;
    r1--;
    if(R0) goto LOOP;
    return r7;
}
```

## lab0p

---

p版本利用了位运算的操作来实现指令数的减少

```
int lab0p(int r0,int r1){
    int r2=1,r3=0,r7=0;
    for(int i=0;i<16;i++){
        int r3=r1&r2;
        if(r3) r7+=r0;
        r0*=2;
        r2*=2;
    }
    return r7;
}
```

## fib

---

```
int fib(int r0){
    int r1=1,r2=1,r3=2,r4,r5=1023,r7;
    r0-=2;
    if(r0==0) {
        r7=r5&r3;
        return r7;
    }
```

```

    }
    if(r0<0){
        r7+=1;
        return r7;
    }
    while(r0>0){
        r1*=2;
        r4=r1+r3;
        r1=r2;
        r2=r3;
        r3=r4;
        r0--;
    }
    r7=r5&r3;
    return r7;
}

```

## fib-opt

通过打表法来实现对fib函数的优化，注意到函数值会周期性的出现，可写出如下代码

```

int fib_opt(int r0){
    int fx[148]={1, 1, 2, 4, 6, 10, 18, 30, 50, 86,146, 246, 418, 710, 1178, 1914, 3110, 5024, 8134, 13158, 21292, 34450, 55742, 90192, 145934, 236126, 382118, 618252, 1000380, 1618632, 2618162, 4236894, 6854056, 11090950, 17945044, 29036094, 46981144, 75917238, 122898382, 198815620, 321714002, 520512384, 842226406, 1362738790, 2204965196, 3567703986, 5772669182, 9337574378, 15110243574, 24447817960, 39558061534, 63995879504, 103553691468, 167551561002, 271105252472, 438656843480, 709762095952, 1148318348422, 1858075443374, 3006393848796, 4864469292170, 7870863140544, 12735332432714, 20606195574884, 33341527907598, 53947860340312, 87288591747906, 141236452088218, 228524312428530, 369760864516438, 598285176944558, 967809491462996, 1566094668407554, 2533904160352112, 4100008828759666, 6633913089161778, 10733921850521340, 17367834939683118, 28101756790204458, 45469591729825576, 73571348520028734, 119040939711634192, 192612288231862930, 311653227943497122, 504265516155131310, 815877744096887442, 1320143260252049572, 2136020996368236810, 3456164256620326352, 5592185247988563162, 9048349504358889514, 14640534751349215866, 23688684256338105380, 38329213997687320894, 62017898254025536274, 100346512211613857168, 162364410465640183462, 262710922677253940656, 425077434888867797820, 687788357566121741278, 1112865780243375704098, 1800643902809507445376, 2913509683052883149474, 4714153585862380594850, 7627663188671887734326, 12341816771534268329176, 20069480359696648923026, 32411297130260936662202, 52480777488957605001378, 85092067819654253924580, 137572845398611859115758, 222664913218266074039338, 360237081017910327963918, 582901994216522187089656, 943138875234788261109014, 1526040869451700335172970, 2469179744686488517262554, 3995218619918188802435524, 6464398364599889137608498, 10463578114286077949871072, 16927876483884866087479570, 27391454600483755227350642, 44319331084370643317221714, 71710807585254509394572286, 116029138686135352611823002, 18774894627140596200639518, 30376808495754031461821818, 49151722363894627723004118, 79528616991044759184635936, 128680349654839386906639054, 208209066645884046091275090, 336889416300723405297914278, 545098485955607491204553418, 881907552600430897295767696, 1427005838556138388493181014, 2311893394161569285698938610, 3738899232717700182994700626, 6050792626879269471192839236, 9788681860040838654187549854, 15839474486910108125180389090, 25628156346950946779378229274, 41467630833861054904558618128, 67095787180771163029738847402, 108563417914632161154897465580, 175659184095403124084636312982, 28422260101003528523953477856, 459881785105438406394171191542, 744535386115470567633705954522, 1204417066125502728828177146064, 1948952451240973296461882100586, 3153369517366475925300059246648, 5102321968607449121761841347234, 8255681479853425047123722593822, 13358003448519896168885563940058, 21613685218373321195009286533880, 35071708667193217316895008474118, 56685393885566538412004295008002, 91757092552759755728899303482120, 148442486438353074140903598516238, 240199579001112832552907893532356, 388642065439465906673811392048574, 628831644440578738814719285580810, 1017473713441691570958530677629378, 1646305357881260277573242063110596, 2663779071322851848531772740740174, 4310084429204112019484914803850770, 7073803490525963868016687544590946, 11383887911729075887548602348441122, 18457691402254939756565289893032068, 29841579313984015644113892241573190, 48299270716243954401680181090014258, 78140862128227970045793973331585416, 126439132844471924447474154421609674, 204579004972715895093268127753194930, 331018137817187819540742282174804598, 535597142790903714634010409928009528, 866615280608091534174752692092814126, 1402212423398995253808763091260823654, 2268827604007896787982815783353637780, 3671039927406891941847578874614451906, 5939862531404888729830394658068089686, 9610902458811780671677973531682541592, 15549765089216669401508368190750631278, 25160667548028450071338762822433172874, 40710432637245139472847131013183804150, 65871090185273589544185493835616976026, 106581522822518729016032624848800780182, 172452613007792318560218118684417756338, 280034135830310907576250743533218536514, 452486748838003226592468862317636292852, 732519364668315545168718980901054829370, 1185006103506328771760967843218691021822, 1917525468174644316923146824119745841674, 3102531571680973088684114667338437863096, 5020057039855617405607261491458183704770, 8117588611536590484530376158577929567866, 13137645641392207890137537650016113272636, 21257702252928798295744700141474303037406, 34395347904325388775882237791591232606042, 55653050157254187071626937933065535643448, 90048397061582985367471675724656768259540, 145701447218837173439098613657722303862986, 235749844280420158806570231590789039506426, 381451291499257144175668845248505798167452, 617193135779677317984767463839228137773878, 100864442727893446216043630908773393594130, 162583756305861181014520377292696207371518, 263448199033754612712964008191469521158966, 426031955339615793727484385484165728530554, 699480154373370405740448393675635249689520, 1125512109712986199457932779160104770840074, 1824994264086356605198417158344740510470618, 2950506373809342794656350937529845281311162, 4775498637895700400854768116684585791781780, 7726004911705043195411119054214431073092942, 12501503549596743596265887170904016864874026, 2022750746129244679167700622511844795696608, 3272901099088919038784289339592246482184214, 5295651845218163718411989961504091277880822, 8568553044307182797196279291016337760065038, 13864204889525346515608269252520429037945860, 22432757933843529214019548543536766800011902, 36297062823370715731227817795557196067957962, 58739810757214245245247366049093962867969864, 94971568680584960976475283844651158935929826, 154901379437799206211722650093745121803899690, 250872948118383451458197933942836280739829554, 405774327556182657669920584036581402543729198, 656647275674566109128118517980417523283583642, 1062421603230748766797046401916998925827513286, 1718968878905315424925164919897416449411100730, 2821390482136064191722283437813833972638614174, 4540359361041383616647448357711250421049722618, 7361749843177498741572632277608666393688337062, 11902109225318882358295315635320017814737451506, 19263858068496381079867948002928684108425757950, 31166067293815263438163263638248701923163209394, 50429925362311644518031211641177386031589064844, 81587774409653907956194475279426087954752359288, 132014326025265552574225686920594790076341423732, 213602099636887104592356898561791632107890588176, 345616425662151057166582584782317622184642932620, 559218524798438161760839483304109254292533517064, 904834950435876218927422068086426876400424101508, 1464053475134992380688261551390536030592937616952, 2368868425633868542615703634694672284885451161406, 3832921399768960723543925186085208315478368715850, 6201789825402952304260628820779880599663819877254, 1003465122116391302780455460666508891584273533170, 1623644104656487533806518342744497141550655650314, 2627109226772578836602973803411005933134928783458, 4250774348888666370409489144077503074685584336602, 6877883575661247194215962985588511106821163120056, 11128657802433965305621925971176512213642326240110, 18006439028095230517837891956764623320463481360164, 29135096830528415829953807932431135534105802500318, 47141535858623628647791729889195758854569283640472, 76276631886718841465649659745976890388674485180626, 123418167715342459303487389602732648242833740320670, 20069480359696607748183910945960948645746755152121, 32411297130260969666042649906234213469930127272175, 52480777488957177414226560852195162115676882424229, 85092067819654389572389171758155375235607033644283, 137572845398611601786615732516310588356214165064337, 222664913218266173998842294274465901476825297484391, 360237081017910295780409466032621012732936429904435, 582901994216522417962061750307086914109151641384479, 943138875234788540040903968581692825585262961804523, 1526040869451700757821515726888804737070414523205067, 2469179744686481515643031453470416652655526046410511, 4071043263724512237464547179351033305311041568616055, 6633913089161383954287094352821449957966567115021499, 10733921850521386180502635804272483263277682333026943, 17367834939682772361789730157093932220243243855032387, 28101756790203158542292365961366415483520487000037831, 45469591729823970763085001918460348704797730155043275, 73571348520025132984877732079824497428295460300097719, 119040939711635294797970093998184846132093190455152163, 192612288231849267820957816016645194835890920700206607, 311653227943464562618935527914830040968084111155260751, 504265516155183830439893343931475235803975031855315195, 815877744096647693258850871846305276762059142910370639, 1320143260252731523078823392767780517710167254015425083, 2136020996368963341298696553704255758669278365120479527, 3456164256621195163518569714650561035881389476225533971, 5592185247984416983738441865454816294540490587330588415, 9048349504358633165458317026309071580421601698435642859, 1464053475134984938767683884176388286530271280948620729, 2368868425633826560990535995301869444988382392053675173, 3832921399768968179211367156432350603526493503158729617, 6201789825402989799972903151734219848514604614263784061, 10034651221163205999944816303468439693502715725368838505, 16236441046564611999889632455206859387005431440873892949, 26271092267725017999834448606945279080508147156379447393, 42507743488885633999779264758683698774010862871885001837, 68778835756611251999724080910422098467513578586890556281, 111286578024332411999668897062164197161016294301946110725, 180064390280946471999613713113806295854519010017001655169, 291350968305260431999558529165448394548021725722057209613, 471415358586274391999503345217090493241524431427112754057, 762766318867288351999448161268632591935027137132168308501, 1234181677153324919998896322786053590628530042837223852945, 2006948035969464519998344483303474577563557199887779297389, 3241129713026604119997792643820895564508584256938334741833, 5248077748895743719997240804336316551443611314043389186277, 8509206781965883319996688964851737538378638371148443630721, 13757284539866239199961371560021947407736908922204998075165, 22266491321827635199955853165186157277087179593260552519609, 36023708101790031199950334770350367146437450264316107964053, 58290199421652437199944816375514577015787720875371662408497, 94313887523474833199939297980668786885037991486427216852941, 152604086945176991999337796032230885578540707097482771297385, 246917974468690951999282612083872984272043412708538325741829, 407104326372414911999227428135415082965546118319593870186273, 663391308916138871999172244186957181658948823930649414630717, 1073392185052152831999117060238499280352450929541704959075161, 1736783493968292391998625820753920267287478085652260503519605, 2810175679020431991998073981270341254222505141762816047964049, 4546959172982671591997522141785762241157532207873371592408493, 7357134852002911191996970302301183228092559263983927136852937, 11904093971163151791996421907515993197442830325094482581307381, 1926122882318454779199587351267020306679310088620003802575183, 3116532279434594379199532511782441293614337144730559347019627, 5042655161551733979198979672297862280549364200841114791464071, 8158777440966973579198431832813283267484391256951670335909515, 13201432602527173179197883437967493136834661818057225780353959, 21360209963688569191997335043121703006184932379162781224808403, 34561642566210965191996786648275912875535202940268336669252847, 55921852479842361191996238253430122744885473501373891113707291, 90483495043584757191995689858584332614235744062479445558151735, 146405347513496713191995141463726431307738449673535000002596179, 236886842563380673191989657515268530001241155284590544547040623, 383292139976892633191984173566810628694743861295646089091585067, 620178982540294793191978689618352727388246566906701633536029511, 1003465122116316391919973211670744826081749272017257177980473955, 162364410465643599191996772772226581301677632812781272242491839, 262710922677255559191996224377378680005180338423836826687036283, 425077434888867519191995675982530778698683044034892381131580727, 68
```

```
int mod(int r0){
    while(r0>7){
        r0=r0/8+r0%8;
    }
    if(r0==7) return 0;
    return r0;
}
```

## prime

```
int prime(int r0)
{
    int i=2;
    r1=1;
    while(i*i<=r0){
        if(r0%i==0){
            r1=0;
            break;
        }
        i++;
    }
    return r1;
}
```

## Questions

*How to evaluate the performance of your own high-level language programs*

Answer: 可以通过计算该程序的时间复杂度和空间复杂度来完成对所写程序表现的评估。

- lab0l  $O(n)$
- lab0p  $O(n)$
- fib  $O(n)$
- fib-opt  $O(1)$
- rec  $O(n)$
- mod  $O(n)$
- prime  $O(n^2)$

*Why is a high-level language easier to write than LC3 assembly*

Answer: 从上述转换的程序可以看出，高级语言可以很轻易地去实现乘、除、循环等等LC3语言难以实现的操作，可以更加方便地让我们去写出自己的程序。

*What instructions do you think need to be added to LC3? (You can think about the previous experiments and what instructions could be added to greatly simplify the previous programming)*

可以增加乘、除、左移右移等运算、循环、条件等更加复杂的语句结构等。

*Is there anything you need to learn from LC3 for the high-level language you use?*

学习了LC3，有利于我更好地去理解高级语言实现的本质、原理，理解高级语言实现的底层逻辑，如何去实现每一项步骤的，内存是如何分配的等等，使我得以更加深入的了解程序运行的本质，加深了我对程序的理解。