

=====

æçµå ä,fä;æí

=====

æçµå ä,fä;æí

ä“ä”æç ç<sup>a</sup> æ-ä¥ç ŁŒŁfi;đi æç†»ç<sup>a</sup> äæçµå ç ĩ... å ä,fç‘ 3 ç ĩ... ä äí Ø“ ææĩ... <https://hansimov.gitbook.io/csapp/>

åŒ% Ł ĩ... Hansimov (<https://github.com/Hansimov>)\\

OCR æíæĩ... WPS PDF

æŁçĩ... ä, åĴ (<https://github.com/taseikyo>)

GitHubĩ... <https://github.com/Hansimov/csapp> (<https://github.com/Hansimov/csapp>)

åŒ%å¥Ø må ĩ... ä<sup>a</sup> å Łå<sup>a</sup> ç‘ 1<sup>a</sup> 7<sup>a</sup> 8<sup>a</sup> 9<sup>a</sup> 10<sup>a</sup> 11<sup>a</sup> 12 ç‘ ĩ... åØ måĩ Ø“ đĩ ä ĩ... äí Ø“ 1<sup>a</sup> 2 ææç

ä%å¥Ø må ĩ... ç‘ 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6 ç‘ ĩ... äí Ø“ 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> 7<sup>a</sup> 8<sup>a</sup> 9 ææç

[Image: &#x6DF1;&#x5165;&#x7406;&#x89E3;&#x8BA1;&#x7B97;&#x673A;&#x7CFB;&#x7EDF; - Computer Systems: A Programmer&apos;s Perspective]

=====

å”ç Ł ç Łfi

=====

å”ç Ł ç Łfi

æŁ ”äå·ä¥æĩ... æŁĴ æØ Ĵç Œ åfç†æ å Ø æ¥æ%çæç åfæíŁŒ Ł ĩ... ä%ĴŁ¥Ĵæå%äĩŒåŁŁ “çŒŒ åfç  
å ç ŁĴ ç ä ĩ... ç/ä%ç äŒä ç ä æŁ tç ŁŒ æŁŒ çŒäĩ åç<sup>a</sup> å ĩ... Łfi;đi æåfç äç Łfi,äæå—å æå æŒŁ”«äç  
æíŁŒ Ł ĩ... å Ł “æåfŁ ä“æĩ... åŒä•å...åŒä ä.. å äæç æØ Ł å Ø<sup>a</sup>

[illegible]

[Image: Image]

[Image: Image]

æǣ̃ «ç çfiç ællLSEØ ææLfiçfi æðç»ç ç æLçæð æl̥i... æ̃fĩ æ̃% æ̃-ç̃Lç æ̃ æ̃l̥fĩ æ̃% æ̃ĩ æ̃ĩ æ̃p̃æ̃æ̃æ̃% æ̃-  
 æ̃fĩ... æ̃ æ̃æ̃% ç»ç<sup>a</sup> ç... Lfĩ æ̃p̃ æ̃% ç»ç æ̃æ̃L<sup>a</sup> L æ̃äfaæ̃æ̃ ç æ̃ æ̃ ç Lç æ̃faæ̃ æ̃ ç ĩ... LfĩLç̃ æ̃ çp̃ç æ̃ æ̃  
 æðç»ç ç æ̃æ̃% ç æ̃ æ̃ ç, ĩ... æ̃æ̃æ̃ĩ... æ̃ĩ, æ̃ æ̃ æ̃çççç» æ̃fa ç»ç L%oifiç æ̃fĩ ç ç æ̃ æ̃æ̃Lfĩ... æ̃äfa æ̃æ̃ æ̃æ̃  
 æ̃p̃æ̃L ç»ç æ̃ æ̃äfa æ̃æ̃æ̃ æ̃ æ̃ æ̃ ç Lç Lç ç æ̃ Lf ç æ̃ æ̃ Lç æ̃æ̃æ̃æ̃ ç æ̃ æ̃ĩ.<sup>a</sup>

\* âç Ø Łf ă/ăşç ă“ă ĩ... ä Łfi,æł 1ĩ% 2 ä“ă æł<sup>a</sup> ä Ł ‹ă æç... ă ă æłfi ăşç ç ä» Łç<sup>a</sup>

\* ɕʰ6ɕʰ i... ʔ ʔpʔpʔ- ʔɕʰ ʔeʔ ʔi,, ʔʰɕʰpʰ ʔʰ ʔ ʔeʔli-i... ʔ ʔpʔpʔɕʰ»ɕʰ ʔeʔli;ɕʰi ʔeʔɕʰ»ɕʰ ʔ ʔeʔɕʰ-ʔeʔʔliʔɕʰ ɕʰ ʔ pʔ  
ɕʰ ʔ ʔi ʔ ʔi... ʔ ʔpʔpʔɕʰ»ɕʰ ʔeʔ ʔeʔɕʰ-ʔ ʔ ʔi,, ʔ ʔ ʔ ʔeʔli; ʔ fi ʔeʔ ʔ ɕʰ ʔ ʔpʔliʔɕʰ ʔ ʔeʔ ʔ- ʔɕʰ ʔeʔ ʔeʔ





- \* 5 6 7 8 9 10 11 12

... ..

### ...

... 1998 ... ..

ICS ... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

- \* ORGi... ..
- \* ORGi+... ..
- \* ICSi... ..
- \* ICS+... ..



Kesden<sup>a</sup> Bruce Maggs<sup>a</sup> Todd Mowry<sup>a</sup> Andreas Nowatzky<sup>a</sup> Frank Pfenning<sup>a</sup> Markus Pueschel<sup>a</sup> Ant  
Rowe<sup>a</sup> David Winers<sup>a</sup> 2019 Linux Foundation<sup>a</sup> 2019

Jason Fritts<sup>a</sup> St. Louis University<sup>a</sup> Cindy Noris<sup>a</sup> Appal  
Cheng Chen<sup>a</sup> Wuhan University<sup>a</sup> Back  
Virginia Tech<sup>a</sup>

Rami Ammari<sup>a</sup> Paul Anagnostopoul  
Ji Bin<sup>a</sup> Sharbel Bousemaan<sup>a</sup> Richard Callahan<sup>a</sup> Seth Chaiken<sup>a</sup> Cheng Chen<sup>a</sup> Libo Chen<sup>a</sup> Ta  
Du<sup>a</sup> Pascal Garcia<sup>a</sup> Yili Gong<sup>a</sup> XX11 Ronald Greenberg<sup>a</sup> Dorukhan Gul6z<sup>a</sup> Dong Han<sup>a</sup> Dominik  
Helm<sup>a</sup> Ronald Jones<sup>a</sup> Mustafa Kazdagli<sup>a</sup> Gordon Kindlmann<sup>a</sup> Sankar Krishnan<sup>a</sup> Kanak Kshetri<sup>a</sup> Ju  
Lu<sup>a</sup> Qian-gqiang Luo<sup>a</sup> Sebastian Luy<sup>a</sup> Lei Ma<sup>a</sup> Ashwin Nanjappa<sup>a</sup> Gregoire Paradis<sup>a</sup> Jonas Pfen  
ninger<sup>a</sup> Karl Pichotta<sup>a</sup> David Ramsey<sup>a</sup> Kaustabh Roy<sup>a</sup> David Selvaraj<sup>a</sup> Sankar Shan-mugam<sup>a</sup> Domi  
Smulkowska<sup>a</sup> Dag Sorbo<sup>a</sup> Michael Spear<sup>a</sup> Yu Tanaka<sup>a</sup> Steven Tri-canowicz<sup>a</sup> Scott Wright<sup>a</sup> Waiki  
Wright<sup>a</sup> Han Xu<sup>a</sup> Zhengshan Yan<sup>a</sup> Firo Yang<sup>a</sup> Shuang Yang<sup>a</sup> John Ye<sup>a</sup> Taketo Yoshida<sup>a</sup> Yan Zhu<sup>a</sup>  
Zink<sup>a</sup>

Godmar Back<sup>a</sup> Vir-  
Polytechnic Institute<sup>a</sup> Aran Clauson<sup>a</sup> Western Washington University<sup>a</sup> C  
Gray<sup>a</sup> Wheaton College<sup>a</sup> Paul Haiduk<sup>a</sup> West Texas A&M Un  
Hamey<sup>a</sup> Macquarie University<sup>a</sup> Eddie Kohler<sup>a</sup> Harvard<sup>a</sup> Hu  
Polytechnic Institute<sup>a</sup> Robert Marmorstein<sup>a</sup> Longwood University<sup>a</sup> James  
Riely<sup>a</sup> DePaul University<sup>a</sup>

Paul Anagnostopoulos<sup>a</sup> Camp<sup>a</sup> Jennifer McClain<sup>a</sup> Laurel Muller<sup>a</sup> Ted Laux  
1

Prentice Hall<sup>a</sup> Marcia Horton<sup>a</sup> Matt Goldstein<sup>a</sup>

2

CS APP 2

ICS Lf  
Eckhardt<sup>a</sup> Greg Ganger<sup>a</sup> Seth Goldstein<sup>a</sup> Greg Kesden<sup>a</sup> Bruce Maggs<sup>a</sup> Todd Mowry<sup>a</sup> Andreas  
Nowatzky<sup>a</sup> Frank Pfenning<sup>a</sup> Markus Pueschel<sup>a</sup>

Daniel Amelang<sup>a</sup> Rui Baptista<sup>a</sup> Quarup Barreirinh  
Brauer<sup>a</sup> Jordan Brough<sup>a</sup> Yixin Cao<sup>a</sup> James Carll<sup>a</sup> Rui Car-valho<sup>a</sup> Hyoung-Kee Choi<sup>a</sup> Al Davis<sup>a</sup> Gra  
Davis<sup>a</sup> Christian Dufour<sup>a</sup> Mao Fan<sup>a</sup> Tim Freeman<sup>a</sup> Inge Frick<sup>a</sup> Max Gebhardt<sup>a</sup> JefGoldblat<sup>a</sup> Thoma  
Gross<sup>a</sup> Anita Gupta<sup>a</sup> John Hampton<sup>a</sup> Hiep XXII Hong<sup>a</sup> Greg Israelsen<sup>a</sup> Ronald Jones<sup>a</sup> Haudy  
Kazemi<sup>a</sup> Brian Kell<sup>a</sup> Constantine Kousoulis<sup>a</sup> Sacha Krakowiak<sup>a</sup> Arun Krishnaswamy<sup>a</sup> Martin  
Kulas<sup>a</sup> Mchael Li<sup>a</sup> Zeyang Li<sup>a</sup> Ricky Liu<sup>a</sup> Mario Lo Conte<sup>a</sup> Dirk Maas<sup>a</sup> Devon Macey<sup>a</sup> Carl









1.2 ǣ ǣ' ʅ ǣ «ǣǣ» ǣ ǣ' ʅ » ʅ fl æǣ ǣ ʅ æ..ǣ..

å Unix ç»ç» ä ï... ä ææä¶â°çfiææä¶ç Ł%«å æfç-ç.. Łfl å¤Ø'-å¤å ä' äi æç â¶

[illegible]

\* 0c ǎç 0 ¶¶¶ 0c ǎç ǎ¶i... cppi... ææiǎ¥ǎ ǎf \# ǎ.. ǎç ǎ%ǎ¶i... æ¶iæǎ æi ç C ǎ ǎ ǎ æ¶i hello.c  
stdio.h ç ǎ æi, i... ¶¶æi ç. ææǎ¥ǎ ǎ ææǎ ǎ ǎ æǎ-ǎ ǎ ǎ ǎ fǎ ǎ C ǎ ǎ i... 0 ǎ, æiǎ¥. i %ǎ ǎ ǎ æǎ ¶¶æi  
\* ç.. ¶¶ 0 ¶¶¶ ç.. ¶¶ ǎ¶i... cc1i... ǎ ææææ¶¶ hello.i ç »¶¶ æææææ¶¶ hello.si... æi ǎ ǎ ǎ ǎ æç.. ¶¶i

main:

[illegible]

\* \*\*æç.. Ø ¶æ¶ \*\*æä æ¶... æç.. å¶ī... asī... ä' hello.s ç »¶fi ææå¶¶fi)¶ææ/ī... æLç ä' ææ/æå  
programī... ç æ..å... ī... å¶ā¶ä' æä å å¶çfiææ¶¶ hello.o ä<sup>a</sup> hello.o ææ¶¶æä ä'ä' Lç å¶ææ¶¶ī... āi  
ç ææ/ç.. ç<sup>a</sup> ¶æææ(å¶ææç.. L<sup>3/4</sup>å¶ä)æå.. hello.oææ¶¶ī... ä' ç å¶ä å ä-ç<sup>a</sup>

[illegible]

GCC æ GNU'... GNU æ GNU's Not Unix ç ç.. 'à ì... Øj,çfiä.. à ä"æç ä.. ä æç çä¥ä•ä, äª GNU Øj, ä Lþç ä ä"à ø ç æä Øj,çfiä Lfl¥Øj,çfic çfiæø ä,äi ä§ì... ä-ælä.. à ä"ä ä"äi æç ç» Unix ç ç» ç» Ì... ä



æð% ç»ç» ç ææä»£f Ø ðä»¶ç çfläç ï... ä% ä æð/äï... ä ææflç- Linux Øj,,çfiç«ç» ä ä-£ æç æ GNU  
£°£fl äð» æ ç.. äð» Ø ææäð» ä ç ä ££ ä¶æä»¶ç äð»ä»ð»ä ä¶ä ä¶ä»¶ç GCC ç.. £fl äð»ä»ç» ä æ  
C» C++» Fortran» Java» Pascal» Ø çä äfl,£-j C £fl»£ð ï... Objective-Cï... ä Ada»

GNU Øj,,çfiä ä/ä Ø äjç æç»ï... ä% æflä-ä,ä,£ç«äç%ç» ç»ä£ä.. ææç ££ äðï... Ø ä,ä Linux £ ç»ä  
softwareï... ç æ äç ï... æäç free ä»£ «ç-£ð £fi»ï... free speechï... äç ä £ «ä ä æï... £ Ø ä £.,äç  
ä ææ æ££ äð»ä»ç» äfä ££ £f ä% ä ä GNU äð»ä»ï... äï ä»ç» Linux ä ææä/ä çfläç æ

---

### 1.3 ä £§£ç.. £fl ç»ç» ä ä% äð» æfläçæç ä ç

---

### 1.3 ä £§£ç.. £fl ç»ç» ä ä% äð» æfläçæç ä ç

äfl,ä ä hello.c ££ æçfi ä ç ç» ä ï... æä»äflä»ð»ç» ç.. £fl ç»ç» ç ææçfiææç æäð»£ç æ ä% æflï... æä ä

\* ä.. ä ç» ä æ££ %» ç»ä£ç.. £fl äð» %æflæç ç äð»ä»ï... Ø ä,äflä»ç æä/ä%ç ä£ç æ ä% ä»ç» ä ï... æ  
ç» ä ä»ä»ä»ç ç.. ç Ø æï... æä»çfiäfl Ø £f ä £§£ä ä æäð»£ç ä»ð» ç.. £fl äð» ä ä ç C £fl»äð£%»ä æ  
£fl»äð»æ æä/äï... ä ä»ä%æ£°çðç ä.. Ø æä»çfi... while äçflä for äçflæææä ï... æð ä.. çðæ æç» çç  
££ æç ä æäï... ££ £j £ðæ»ä «ä/äçï... ä»ä ä æä»ä»æfi ä ä° ææä ä ä çfi æfljç£».. äç æä»ä-£ %

äðç«3ç» äï... æä»ä»ä»ç» x86-64ï... æ££ ä ä»£ Linux» Macintosh ä Windows £fiçfi æç æäð£fl»£ð æ  
£fl»£ð ç» æç»£fl æ££ çfi æäð£fl»£ð ç æ äðç«5 ç» äï... ä% ä äfä ä ä% Ø ££ çfi ä £%»æç£fl»£ð ä£ç  
ç» äï... ä% ä äfä ä äð»ç»ç» ç ä æç» æç»... C £fl»£ð ç.. £fl äð» ä ä æç» ä æäð» ä äï... ä»ð»ä

\* ç £§£Ø ææflä»çç Ø £flfl» ææææ»ç ç» Ø ï... ä ä æä/ä»ä»æç ç» ä Ø £flflä/ä» %ä Ø ææäð» æ  
æä Ø ä äð»- ä Ø ç ä»ä»æflä ä ï... ä ææ% äð» ä ç C  
æä»¶ä»äfl ä ä ä ä ç,ä ç ä/ä»äð»- ä Ø ä.. ä ç ä ä ï... Ø æä ä äðæä ç ä»ä»æflä ä ï... æä»äð»ä%»£j ä  
ç» äï... ä% ä ä/ä££ ä Ø fiØç ç ç æ»

\* Ø £ä äfl äðæ. æ ää»æï... ç.. ä»ä»æ»Ø £flflæfl æäçæç% ç» ä Internet æäjð»äfl äðæ. æç ä»£  
ä æ.. ä.. æ äfä äfl äðç.. ç ç ç»ä»æç £§£ææflä æç»¶ä;æflä äð»ç» ä æç ç æä.. ä.. ä.. £ðç ä æ»  
ç» äæ£ç»ä æä ç ä ç.. ä»ä»æ»Ø £flfl» æä»££ ä äfä ç» ä ä ç.. £fl äð» æä% ç»ç» äflä»ççæçØ ä%

---

### 1.4 ä ç äð£fl»ä¶£§£Ø äð» äð» ä äç æä/

---

### 1.4 ä ç äð£fl»ä¶£§£Ø äð» äð» ä äç æä/

æä»ï... hello.c æç» ä ä»ç» £ç«ç.. £fl ç»ç» ç»£fl æä äfläç£j çfiææä»¶ helloï... ä¶£ç«ä æäç ç ä æ  
ç ä ççç» ä ä»¶

```
linux> ./hello
hello, world
linux>
```

[illegible]

1.4.1 ɕʰ » ɕ ɕ » ɕʰ

ä"ä ç ŁŁŁŁ Ł; hello ɸ ä ʃiä ç ä ä ä i... æə ʌ f ä ŁŁä ä"ä,ä ɸ»ɸ ç ɸ(ə)ŋɸ ɸ i... ʃ ä³⁄₄-4 æɸª  
ɸ»ɸ äʃä æç æj ä i... æ% æiææäŋä ɸ»ɸ ä æç.ä ç äŁŁ ä ç,æª çªɸä Łf æä Ł Ł ä.. ä³⁄₄æä ä æä

1. æʊçʔ

[illegible]

2. I/O  $\frac{1}{3}$

I/Oi... L<sup>3</sup>a¥/L<sup>3</sup>a”i... Lfi<sup>3</sup>æiç»ç» ä æ Ø m q ç ç L ç»Ø Ø <sup>a</sup> æä«ç ç’æ/ç»ç» å æå ä“ I/O  
Lfi<sup>3</sup>â¶%o ä”çmæL<sup>3</sup>a¥ç Ø fiç å Ø... æi... æ%o ä”çmæL<sup>3</sup>a”ç æq’âm... ä¥å çmæ Ø ; æå âmpææiå ç d’ ç ç

[illegible]

[Image: Image]

> å³/4-4 ä ä“å,å ç†»ç ç ç(ä)¶ç æ

 $\succ$ 

> CPUi... ä>äfiäç å å i... ALUi... çfi æl/Ø »Ł<sup>3</sup>/å å i... PCi... ç å' Łfi;æåmï... USBi... Ø çæä†Ł; æç'ç

[illegible]

### 3. ä»å

ä“ä ää ä“ä-ä!ä ääLfi... ääç ääçLj ä ä ä!... çää ää ä ä ä ç ç ää ä” ç'ç ä äLfi-... ä  
 ç i... ää“ä L Ø %ää!äflä ç ää i... ää çä... i... Lç ä ää ää” Ø !ä.. ä ç ä L äLfi-... ç ää  
 ä ä ä Ø ç,ä!,ä ç ää!j,ç ää ää!ç» ä ä ä ç ä ä i... ääLçLj Linux ç x86-64 äää i... short ç—  
 ä“ä L i... L long ä double ç» ä Ø Lf 8ä“ä L ä ç 6 ç ä ä% ä ç ä ääää!... ä ä DRAM L fi

ä æçfiææä¶ hello ä'ç ä'£ç ä ææfLç«ä £%%ä»ä i... ä'ç ä pã-ä.. æ æLj; hello ç ä' ç main ç ä' ä'ç  
ä ç fätä'ç ä £ ä »ä»ä ä'ä'lä'ä ä pææ¶¶ i... ä ä' ä'l ä ä pææ¶¶ ¶ä'ä'lä'ä æd'Lfia³ i... æç æd'ä pã- ä ä ^ £





[Image: &#x56FE; 1-13

> ææāā ä ä“ī... ā Ł„ç ī... çāā 386ī... 486ī... AT ä ç æā% ç»ç ī... ā“ælä ā% ç-ā%i... āi ä ä.. ā G

æð%ð-å.. ð ð ð ð... ç'åðð «Lf ði æð' æð æð'ð'å ð% ði,, minix ç æ»ð% å ðf ælð ð... å ð'æç æð  
>  
> æç'åðð'ç' ð'æð bashi... 1.08i... å  
gci... 1.40i... i... ð'ð ç ð å »L %Lç Lç<sup>a</sup> Lç æð'ç æð Lf å ð'æç æð'ð æLfi'ð å ð'æð çðð ð' i... ð'ð i.  
>  
> Linus \(\torvalds@kruna.helsinki.fi\)

ð-å Torvalds æLfi-ç i... æ å æ" Linux ç Lçç,,æ Minixi... ç- Andrew S. Tanenbaum å"ð æL ççfiç å.. å  
æð æi... ç æ æ æLfi-i... Lç ð-æð å å' Linux ð æð å- æð"ð ææð å æ çL-j<sup>a</sup> ð Lç å GNU ði,,ç  
æð% ç'ç' ç ç æi... å æð æð ææææç å"ç Lfiæ%<sup>a</sup> æ ææLfiæ å"ðå Lfiçfi æi... Linux åæL å-ç æð,çæ

=====

1.8 ç'ç' æ ð -å'çç% ç ð æi

=====

1.8 ç'ç' æ ð -å'çç% ç ð æi

ç'ç' æ. «æL çæi... æð æ çææç'ç' Lð ð"ð æ"å'ç ç ç æ'ð åL%fiæ'ç' ð å ð%<sup>a</sup> ði ð ð i... ç'æLç'ç'ç'  
æç"<sup>a</sup> ð% ç'ç' æ æ"å æ'ð æ'å L å'ç% ç ð ð æðæi... æææç'ç' Lç ç% ç'ç' åLæfå ææðåi... L æææ

[Image: &#x56FE; 1-14 &#x7F51;&#x7EDC;&#x4E5F;&#x662F;&#x4E00;&#x79CD; I/O  
&#x8BBE;&#x5907;]

ð ç Internet Lç æç åç ç% ç'ç' i... æ ð å"ð æð æ'ð æiæ'åfð å å"ð æð'ç' æð'Lfiçfi æç'ç' æð  
Lç æç æ çðð %æiå"ð ç% ç'ç' æ'ð æ'ð æiç'ç' å L %<sup>a</sup> å å" hello ç'æi... æð æ'ð æ'ð çç æç telnet æ çðð  
æiçæç'fiLç æLç ç æ'ð æ'ç telnet æðjåð<sup>a</sup> åææ'ç' æ% å'ç ç æ'æ'ðLç Lç shell å i... Lç ç'fiç shel  
1-15 æç'ç' æ æ"å ææç'ç'

[Image: &#x56FE; 1-15 &#x5229;&#x7528; telnet  
&#x901A;&#x8FC7;&#x7F51;&#x7EDC;&#x8FDC;&#x7A0B;&#x8FD0;&#x884C; hello]

ð% æð æ'ð telnet æiçæç'fið fiæâ æ helloâ å çfæ'ð æ'ð åL%fið fiâ i... æiçæç'fiL%fiæ'ç' æ-å.. æLç æ"å  
æðjåðæ ç% ç'ç' æææ'ðLç æ"å çfæ'ð i... æ.. ææi å.. ð ç'ç' ç'fi shell ç æ"<sup>a</sup> æð æi... Lç ç'fi shell Lç  
æðjåðð Lç ç% ç'ç' æLæ"æ'å'å'ç' telnet æiçæç'fi... æiçæç'fiæ-æLæ"æ'å'å'å'å'ææ'ç ææ'ç' ç'fiæ<sup>a</sup>  
ç æ' i... æ% æ'åfå.. æ' æ% æð ç% ç'ç' æ' çç æ' i... æ'ð ççLç æ'çLfi å æ"ð æ'ç' å ç Web æðjåð<sup>a</sup>

=====

1.9 ð Lf æ»ðç

=====

1.9 ð Lf æ»ðç





1.67<sup>^</sup> i... Ø £ä, ä% ä Øj»ä¥ä ä «ç Ø äfØ £ £ ä§æä i...

£fl¥Ø fiØ£ £fl.æ Amdahl äi ää ä» ä Ø ç²ä £fiçfi æç»ç»<sup>a</sup>

A. ææiä'ä.. 1.1i... æ £=0.6i... k=1.5<sup>a</sup> æç.æä£fl.i... ä²£ ä§æ£ £i Ø'¶ç 1500 ä'Ø Ø £f 10ä"ä æfi...  
25^(10i... 10\)=1.25<sup>^</sup> <sup>a</sup>

B. ææiä'ä.. 1.1i... æ £=0.6i... £f æ S=1.67i... ä äflçfi ä" k<sup>a</sup> æç.æä£fl.i... £f ä%££i ç ä Ø äf£æ<sup>°</sup>  
10 ä æfi... ä æi... Ø £ £ ä§æç æfiØ .ä-ä" 5 ä"ä æfi<sup>a</sup> £ £ ä-£f æ £i Ø'¶Ø äfä" 300 ä'Ø /ä æfi... äi,,ä

ç ä Ø£ 1.2

ä'ä,ç ä ä"Ø² ä% ç äiçææ£fl"i... ä ä ä"ç æç £%flä¶æ£ £ %ä æ£ £ 2<sup>^</sup> <sup>a</sup> £ £ Øi,,ä» äj£ç«ä Ø ç ä%<sup>a</sup>  
ä ä% ä...i... æ£ %£æä% æ£ £ %çfiæi...

ç £§£ Amdahl äi ääæ%ç æä ä-æi£§£ä±ä ä' äi ää æØ£ £f æ ä% ä» ç,,æ ç £§ äfæç ä'ä.. 1.1<sup>a</sup>

æØ£ æiä'ä.. ç çfi ä ä ç²ä ä±ç¥ S=2i... £=0.8i... ä £fiçfi ki...

\$\$  
\begin{align}  
2 &= \frac{1}{(1-0.8)+0.8/k} \\ 0.4+1.6/k &= 1.0 \\ k &= 2.67  
\end{align}  
\$\$

Amdahl äi ää ä"æ£¶£ç ç,,æ æäæi£ £ k £¶ ä ä æfiç ææ<sup>a</sup> £ £ ä-æä±ç i... æä'äflä¥ä ç»ç» ç æä

\$\$  
S\_{\infty}=\frac{1}{(1-\alpha)} \tag{1.2}  
\$\$

ää"ää i... äf æ 60% ç ç»ç» £ %ä ä Ø ä"ä £ -æfiØ .ç ç äfi... æä'£ •äç ä ä Ø æ ä ä" ä"æ 1/0.4=2.5

Amdahl äi ääæ£ç"ä æä ä» ä% £ £ ç ç ä £ ä'ä Ø/ä äflä¥ç²ä²ä Ø £fiçfi æç»ç» æØ çä, äi... äi £ £ ä  
æiæææä ç i... ä²£ Ø æä'ä,ææ£ £ %æä 2 ä ææØ« ç æä ä'ä<sup>a</sup> £ £ ä Ø« ç æä ä'ä ä"æØ £ £ ä..

1.9.2 ä¶ä ä ä¶£i

æä £fiçfi æç æä"ä ä±ä)i... æää"Ø æ æfiØ'-ä²£ æç æç»ä²ä i... ä ä"æiæä'æ££ £fiçfi æä ääæi...  
æi£fiä¶ä i... concurrencyi... æiä ä"Ø ç²ç æ äµ... æä ä"ä æfiäæä ä"æäç ç»ç» i... £ æi£fiä¶£i i...  
æ%£-jâ- æä £ £ ç²ä ä²æi... æä'æç§ç»ç» ä- æç æäç-Ø« ä% ç Øj"ä"Ø ç,,ä.. "£° ä ä"ä- æä



[illegible]



[illegible]



2.1.8 C 4f1) 4x ä) ç Ø » 4<sup>3</sup> 4<sub>2</sub> 4i



2.1.9 C ԷֆլօԷԻ օ՛ճ ճՅ՝Ձ% Էժ ցի

2.2 թթԷլլԻճ՝

2.2 թթԷլլԻճ՝

2.3 թթԷլլ ցի

2.3 թթԷլլ ցի

2.4 թլլԻճ,,թ

2.4 թլլԻճ,,թ

2.5 թ՛ ճ՛

2.5 թ՛ ճ՛

ձիլլձ՛Ձ% ձ

ձիլլձ՛Ձ% ձ

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

ASM: IA32 - IA32





linux> gcc -Og -o p p1.c p2.c

â%â/ gcc æç ä-æfi GCC C ç.. ðfi âðâ â ä"ðç æfi Linux Ø» ðfiç ç.. ðfi âðâ... æâ ðâ, âfiâ»ðfi â âçð cc a  
âðç æâ% ç æç æðâðçðç ç ä.. â ç ðçðâ ð%ççðçð« ðçðâ«ä.. â ðçç ç âðç ä.. âðð â ð%çð... â»ðç ðâ  
ä.. â ð% ä"âðâ, âðâ... çfiâ ð% æâ ðâ â ä.. â çðçâ«æfi... â ç ä.. â ç â ðâ â ði ð âi ð âi... â ðâç ðð ç a

âf-Ogâfi... GCC ç æ 4.8 â.. âðâ ðç ä"ä.. â ç ðçðâ ð%æç GCC ç æâ âfiâ â ðð GNU ç.. ðfi âðâ ðfi  
æfi ð... âfið %æfiæ%çð æ... ç æç âðç ð%ðçðâ â ðç ðð ç æ

âi ð â gcc â%â/ççðâ â æâ ç ðð ð... ðæâðçð ð%â æâfiâðç âðç â ðð ð... C ðç ðç âðâ æâ  
æææfi ç âi â âfiæfi... ç.. ðfi âðâðçð âðææâfiç æ ç.. âðç ð... â â â â«â» p1.s â p2.sâ æð æfi... æ  
p2.oâ çfiæâðç æfiæðâðç ç â ð ð%çâ.. ð... âi â âæææâ/ç ð ðç âfiðç"ð... ð% æfiðç æiæâ«âðâðâ-  
printfi... ç âðç â âfi... âfiðçð æç ç âfiâðç âðç æâfi ði... ç-â%â/ç æçðç -o pæfi ç ð... â fiâðç  
ç æðfiçð ââ ç ðç ä â â ð%çâ.. ç æðâðçðç â ð ç âðç»âðâ ð æç ðç ð

### 3.2.1 æðâðçðçðç

æðâð 1.9.3 ð âðfiððç çð ðæi... ðfiçð æç»çð ð%ççðâ ðçð â â ð%çâ.. ç æ%ç-ð... âçðæðâ â ç æ%  
âð æfiæfi... Instruction Set Architecturei... ISAi... æâi â æðâðçðçð ç æ..â.. â ðç âi... âi âi â ðç ç  
ISAi... â æ

x86-64i... ðçð ç ðç âæðçæ%â æ ææâ/ð %æfiæðç"â æðç ð... â ææâ/ç æâ ð... â æâ â.. æ  
ISA æfi çðç"â æðç ç ðç â"âi âðâ ðç ðçð ð%ç-ðæfi... æðâðçðçð â ð%ççðçð â â ââ æfi æââ ð... æ  
ð%fiâfiçð â ðçæfi... ðç ä.. âðçð 9 çð âðfiðâ

âðæð"ç.. ðfi ðç ðð ð... ç.. ðfi âðâ.. âi æððððð ç âðâ% ð... ð æçð C ðfiðð æðç ç,âi,æðç%ç-ð æð  
âfiæ..â.. ç,æð... æ ç.. âðç ç â»ðç ç,ç,æfiâ çðâfiðfi»æðæ%ç æææ..â.. ðçð"â ð%ðçð ðçðæ ç.. â

x86-64 ç æðâðçðçð â â æ ç C âðçð ðfiâ«ð â,ðçâ â ðð â,âi, C ðfiðð çð â ðð ð ç ðçð æðð %æfiâ

\* çð ð ðfiæðâi... ð â,çð"â â PCâ ð... âð x86-64 âçð ð... rip ðçð"ð... çð â"ðð æðç ç â æ ææâ/âðâ â â  
\* ææâi â âðæâfiâ â« 16 â"â%â ç ð% çðfi... â â«â âð 64 ð% ç â...â ðç äi â âðâfiâ»ðâ âðââ ð... âi,  
ðfiðð ç æð ð... æææææfiâ æç âi â âðçð«çðæðfið% æðð ðð ç çðçæfi... ð âfiâ ç âi â âðçðæðâ  
\* æðfiçð âi â âðçð â ç æðç æðç çð æfiæð »ðçæâ/ç çfiæðæfiâ âi â çðæðâ çðæfiæðæðçð æðfi  
\* â çð âð âi â âðâfiâ»ðâ æð â"æðâ"ææææfiç,æðâ...â

ð%çfi C ðfiðð æðâ â çð æðâ ð... âfiâ»ðââ â âðææâ âð â çð ææfiç»â ç âi,ðç-ð... ð% æfiæðâðçðçð â  
ðfiðð âçð ðç ææfiç»â ð... æð æçð â ç æi... âðæðâðçðçð âçððçð ç ðç çð ç ðç æðçð"â âðð%æfiâi,

çð â â â â«ð... çð ç âfiâðçð æðâðçðçð ð... æâ% ç»çð ðð ðç ç âð æðæfi... çðæðçðçð ðç çðçð ðç ðç ðçðâ ðç  
âð%æðð ç ð...â æðâð ððæðçð... çð â â çðð æââ æâi»â â âðâ»æçð âi ç æfiâ»ð... â"ææð ç  
ð% ç â æðçð"çâ âðçðâ ç âi çðâi... ðç ä"ââ çð« 16 ð% æðçð»ðfið%fiâ» Oð... æâ»ðâ â"ââ âi ð âð  
ðç ââ çð â"â ðç ðçð"â,â çð çð â"ä.. ðfiðð fiâ â â ð æâ â â ðç ææâ æâ% ç»çð ðç ðçðçðçð ðç æâ

â ææðâðæâ/â"æðçð âðð â,â"æç æâ% â æð ð... ð â æðâi â âðçð âðææâ ç,â ð... âðâ âðâðâ âi â âð



ኒገ ልጅ-ሰጠኛው የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

የሰጠው - የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

ኒገ ልጅ-ሰጠኛው የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

(gdb) x/14xb multstore

ኒገ ልጅ-ሰጠኛው የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

ኒገ ልጅ-ሰጠኛው የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

linux> objdump -d mstore.o

የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

```
# Disassembly of function sum in binary file mstore.o
0000000000000000 <multstore>:
```

Offset	Bytes	Equivalent assembly language
0:	53	push %rbx
1:	48 89 d3	mov %rdx,%rbx
4:	e8 00 00 00 00	callq 9 <multstore+0x9>
9:	48 89 03	mov %rax,(%rbx)
c:	5b	pop %rbx
d:	c3	retq

የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

\* x86-64 ስርዓት ይገልጻል፡፡ 1 ለ 15 ስርዓት ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡ ይህም የሰጠውን ድምፅ ይገልጻል፡፡

```
#include <stdio.h>
```

```
void multstore(long, long, long *);
```

```
int main() {  
    long d;  
    multstore(2, 3, &d);  
    printf("2 * 3 --> %ld\n", d);  
    return 0;  
}
```

```
long mult2(long a, long b) {  
    long s = a * b;  
    return s;  
}
```

ç¶ā ī... æä ç¶āf ä æä ç æāflæçŁj æä¶¶ progī...

```
linux> gcc -Og -o prog main.c mstore.c
```

æä¶¶ prog ā æä 8655 ā“ā Ł ī... ā ā“āī ā ä ā ā ā“ā ā“āŁŁ ņ ç äŁç ī... ŁŁ ā ā“ā ç¶āæāflāā ç æç ā ç

```
linux> objdump -d prog
```

ā æ ç... ā¶ā.. æ%ā ā“ā ç æŁç ā ā ī... ā æä Ø çŁŁ æī...

# Disassembly of function sum in binary file prog

Offset	Bytes	Equivalent assembly language
-----		
0000000000400540 <multstore>:		
400540:	53	push %rbx
400541:	48 89 d3	mov %rdx,%rbx
400544:	e8 42 00 00 00	callq 40058b <mult2>
400549:	48 89 03	mov %rax,(%rbx)
40054c:	5b	pop %rbx
40054d:	c3	retq
40054e:	90	nop
40054f:	90	nop

ŁŁ æīæŁç ä mstore.c ā æ ç... äŞç ç æŁç ā ä, āī ā¶ā æā ā¶āā ā“ā»Łf ç ā“ā«æāflæçŁjā ā“ā ç āā ā ā ā Ø  
callq æä/L° ç¶ā%æ mult2 Ø Łf ä%Łç¶ç āā ī... ā æ ç... æŁç ç 4 Łj ī... ā Ø æāāç ä »ājā ā ā-æā”ā  
9 Łj ī... ā ŁŁ ä/ææä/āī, ç ā æjæä%-ā ī... ā ā“āī ä ā“āç°āŁŁ ā æä/ā Ø çī... ç 7 Łj ī... ā æā¶ŁŁ ä æä

3.2.3 ā†ā æ..ā.. ç æŁŞŁ





å å¶¶ä ä ä æä ¸%öççç å¶å°ç Ø» £fi/æ..å.. ª å¶ä ä ä ç... ¸ å¶å°i... å æ Microsoft ç å¶å°i... ä¶å æææ..å.. ç ª £ç ä/ç ææ..å.. å¶£fi,äæØ çææä å ª ä/ç i... ¸%öççç £ç ¸å%ä/£ç i... GCC åflä¶äçç multstore.c

linux> gcc -Og -S -masm=intel mstore.c

£ç ä“å%ä/ä/ä ä æ ç... ä£ç i...

```
multstore:
    push    rbx
    mov     rbx, rdx
    call    mult2
    mov     QWORD PTR [rbx], rax
    pop     rbx
    ret
```

æä ç å° Intel å ATT ææ..å.. å¶ä ä æØ çææä å i...

- \* Intel ä£ç ç ç¶ä æç”äç å ç... ª æä ç å°æä/push å movi... £ ä æ pushq å movqª
- \* Intel ä£ç ç ç¶ä ä å å¶å å å Ø çç å i... å çfå°i... çç æ rbxi... £ ä æ i... rbxª
- \* Intel ä£ç ççä å ç ææ.. ææ£ç å å çç ¸% ççfi... ä/ç æ å QWORD PTR [rbx]å £ ä æ å \(%rbx)å
- \* å¶äæä“ææ% æç æä/æäi i... å å”ææ% æç Øj”ä ç,å ª ¸% å¶ä/ç ææ..å.. ä Ø £ç £ç £%æç æi i...

£ %ç¶åæä ç £ç£ç ä ¸%öçç Intel ææ..å.. i... ¸% æåå£ “ Intel å Microsoft ç ææä i... ¸% ä.. Ø

ç% ç ææ ASM:EASM - æ C ¸ ä å æ ç... ä£ç ç å £çæ

£ %ç¶ C ç... £fi å¶åæç ä ä£ç£ç £fiçfi £%æåååå£ç æØ ç£çç”£ç ¶i... ¸% æä ç¶æä ä æåå çç å¶çfi çfi ææØ »£ç£ç çfi æi... ç æäç £ç çfi ç æç ¸% 8 ¸% äæå¶æä 1i... Ø £ä ä-ä.. æä ä“å 0ª £ç Ø ç PF £çç” å parity flagi... æ å¶æä i... å C £fi£ç ä£fiçfi £ç ä“äçæØ £f £çä 7 æç»¸% 2.65i... ª å¶å%ä ¸% ä”æ çfi ææØ »£ç£ç çfi ç ä Ø å i... çæ¶ Ø %äi æä £ç Øi,£fiçfi i... £ C ¸ ä å

å C ¸ ä äæåæç ç... ä£ç æç/ç ææª ç“ä ç æi... æä (åflä)ç... å äi æç å%æi... æ£ç ä ä“çç ç æ ç £fi£ç äfå ç ä£ç å å¶£çª ç“ä ç ææ æi... æä (åflä)ç%öçç GCC ç å £ æ ç... i... inline assembly ¸ ä ä å«çfi ç ç æ ç... ä£çª £ç ç æç ç æ%äæi ä ä ä æåç,åçç ä£ç Ø ª

¸% ç¶i... å C ¸ ä ä å æ ç... ä£ç ¸%ä£ç ä ä£ç ä æç»ç,æç æåç,åçi... ä/ç x86-64i... i... æä

### 3.3 ææææ..å..

### 3.3 ææææ..å..

ç-ä' äflä» 16 ä% ä% ç»ç» ææä- æ 32 ä% ç i... Intel ççæflfl» ä ä i... wordi... ä Ljçç' 16 ä% ææçç-»ä ä  
ä% æä» ä ä ä i... quad wordsi... ä ä ä³-1 ç» ä"ä C flfl»ä ä"æææçç-»ä äfl,ä ç x86-64 Ljçç"ä æä int  
Ljçç"i... ä äçä" 8 ä L ç ä ä i... 64 ä% æäççææä-çç æç æ x86-64 ä'i... ææçç-»ä long äi ç"ä" 64 ä%  
long ææçç-»ä i... æäçç %æflä ä æä% ä x86-64 æäçç ä æä æä æç ç äfl,ä L ä ä ä ä ç æäç

```
| Cæ°æ | Intelææçç-»ä | æç.. äçç ä ç.. | ääi... ä L i... |  
| :--- | :--- | :---: | :---: |  
| char | ä L | b | 1 |  
| short | ä | w | 2 |  
| int | ä ä | l | 4 |  
| long | ä ä | q | 8 |  
| char * | ä ä | q | 8 |  
| float | ä çäçf | s | 4 |  
| double | ä çäçf | l | 8 |
```

> ä³-1 C flfl»ä ææçç-»ä äç x86-64 äç ää ä ä 64 ä% æäçä'i... æç ç 8 ä L

æçç,æä»Lç æäçç ä%ä... i... ä çäçf... 4 ä L i... ä...i... äfl,ä ä C flfl»ä ææçç-»ä floati... ä çäçf... 8  
äflæç äfläç äçä ää äi ççLç äfl,ä ççç,æç 80 ä% i... 10 ä L i... æçç,æ...ä.. Lç Lj äçç ç æçç,Lç ç i...  
ææäi Lç çç æ...ä.. ä Lç æä»ä ä"Lfifä%çççç çç æ...ä.. ä äi ä L %çç»æääflä ç-»ä ç æäçä i... L ä

çç äçç"i... ääæ GCC ç æç æç.. äçç æäçç %æä ä"ä ççç ä ç.. i... Ljççææä% æç ää ä äç i... æä  
movqi... ä.. ç ä ä i... ä ä ç.. ä lä ççæçLjçç"ä ä i... ä ä" 32 ä% æçççç ææi ä ç ä i... long wordi...  
ä L ä çäçfæçç,æ Lç ä ä.. äçç æäç i... ä ä"æçç,æä%çççç æäç ç äi äçä ä ç æäç/ä äi ä äçä

### 3.4 Lfiçç fiäçæi

### 3.4 Lfiçç fiäçæi

ä ä" x86-64 ç ä»æfläç ä ä i... CPUi... ä ä«ä ç» 16 ä"ä äç 64 ä% ä...ç ç çççç äi ä äçä Lç ä äi ä äçç  
ä"äi ä äçä äi ä»ç ä ä ç %äç %r ä.. äi... ä Lç ä ççç Lç ç ä ä ä ç ä%ä Lç ä ç ä ä i... Lç æçç-ä æ  
%ax ä° %bpä æä äi ä äçç %æçç,æç çççç i... äi ä»ç ä ä ä-ä æä Lç ä ä ä ç ççç ä æä-ä° IA32 æææ  
x86-64 ä i... ä æçç 8 ä"äi ä äçä æ 64 ä% i... æäçç %rax ä° %rbpä ççä äi... Lç ä ä ä 8 ä"æçç äi  
%r15ä

çç ä³-2 ä»äç ç ææææç i... æäç/äfläçäfl,Lç 16 ä"äi ä äçç ä% ä% ä L ä»ä æä ä ä ääç ææiLç Lj æ  
ä% æä% äfläççLfiçç fiæä% ç 4 ä"ä L i... L 64 ä% æä% äfläççLfiçç fiæä"äi ä äçä

äçä ç çç ç ä i... æä»ä.. ä-ççäæä/i... ääfläç æ 1 ä L ä 2 ä L ä 4 ä L ä 8 ä L ä...ä ä% Lç ä  
ä L ç æç æä/i... äi ä äçä ääç ä L ä.. æä æi... äfl,ææäççLç ä i... ç æ 1 ä L ä 2 ä L æä ç æäç/ä..  
0ä ä ççç æçç ä äiä% ä"ä IA32 ä° x86-64 ç æä ç ä ççä L ç ççç ä

å°å	å...
:---:	:---:

```
| 0x100 | 0xFF |
| 0x104 | 0xAB |
| 0x108 | 0x13 |
| 0x10C | 0x11 |
```

```
| ðŀ â ¢ | â... |
| :---: | :---: |
| %rax | 0x100 |
| %rcx | 0x1 |
| %rdx | 0x3 |
```

ä «â ä ĺ; ¢... ¢» ä "æ"æ% æç ä...ï...

```
| æ% æ | â... |
| :--- | :--- |
| %rax | |
| 0x104 | |
| $0x108 | |
| \(%rax\)| |
| 4\(%rax\)| |
| 9\(%rax,%rdx\)| |
| 260\(%rcx,%rdx\)| |
| 0xFC\(%rcx,4\)| |
| \(%rax,%rdx,4\)| |
```

### 3.4.2 ææä.. Ø æä/

æØç ç, æ%ççç æä/æä ææä» ä ä"æ% ç%fiä ä¶â°ä f ä ä"æ% ç%fiç æä/æ æ% æĸ; ¢"ç Ø ççææ%ç æä/æ æä/æ  
Ø æä/ï... ðŀ ä» æĸ æä çfiç ç»â ä ä ĺ... æĸ æĸ ĸ ç ĸ%»æä ä ĺ... æĸ äæç ä ä æfiæ% ççä ä æ ææä» æ

â°â-4 ä â"ç æææfi ä æ%çä.. ç ææä.. Ø æä/ä â MOV ç»â ĸ ä æä/æææä» ææ% ç%fiä ä¶â°çfiç æ%  
movqâ ĸ ä æä/Ø %æĸ ĸ æç ææ% ĺ... ä»ĸ f ä"â«âæä ðŀ ä»ææ% ç ææäæä ä ä ĺ... ä æ«æ 1<sup>a</sup> 2<sup>a</sup> 4<sup>a</sup>

```
| æä/| ææ | æĸ° | |
|---|---|---|---|
| MOV      S, D | D â S | ä.. Ø |
| movb | | ä.. Ø ä ĸ |
| movw | | ä.. Ø ä |
| movl | | ä.. Ø ä ä |
| movq | | ä.. Ø ä ä |
| movabsq | I, R | R â I | ä.. Ø ¢ ðŀ,ç ä ä |
```

> â°â-4 fi ä ç ææä.. Ø æä/

> á³-6 çfá•ää æäiä.. Ø æä/ª MOVS æä/ª¥äí á áªää á áª ä% ä"äi... ä¥äí á áªä% ä"çfiçª cltç









အဲဒါဆင့်... နှစ်ခု... နှစ်ခု... အဲဒါ... compiler driver... ဒါ... ဆိုတဲ့နာမည်ကိုလည်း  
 နှစ်ခု... နှစ်ခု... အဲဒါ... အဲဒါ... shell ပေါ်မှာ GCC ကို... အဲဒါ...

```
linux> gcc -Og -o prog main.c sum.c
```

**A** ð-2 æð Ø'-åmç d' åmd ç'açd ä'ä ASCII ç ææ»¶ç »Lfl æâfæsLi çfiææ»¶æç Li ä"<sup>a</sup> i... æ%  
Øç äç åvî... cppî... âfî... âï ä C ç æç d' main.cç »Lfl æä ä“ ASCII ç ç ä)Ø ·æ»¶ main.iî...

```
cpp [other arguments] main.c /tmp/main.i
```

âfC Øç ăç ăm... cppi... âfi... ămăă GCC ç ăă'i... Øç ăç ămŁç«Ø ăăç.. Łfi ămØ'—ămŕ ă' ă'a

[Image: &#x56FE; 7-2 &#x9759;&#x6001;&#x94FE;&#x63A5;&#x3002;&#x94FE;&#x63A5;&#x5668;&#x06;&#x53EF;&#x91CD;&#x5B9A;&#x4F4D;&#x76EE;&#x6807;&#x6587;&#x4EF6;&#x7EC4;&#x5408;&#x6765;&#xFF0C;&#x5F62;&#x6210;&#x4E00;&#x4E2A;&#x53EF;&#x6267;&#x884C;&#x76EE;&#x6587;&#x4EF6; prog]

æä æi... Ø'-åm d' L; L; C ç.. Lfl åm... cc1... i... äi ä main.i ç »Lfl æä ä" ASCII æ ç.. Lfl) Læ æä" ¶

```
cc1 /tmp/main.i -Og [other arguments] -o /tmp/main.s
```

çʰǎ i... Ø'-åmç a' ɬɬ ɬɬ æ ç... åm... asī... i... āi ā main.s ç »ɬɬ æä ä"afɬ āi ä% çfiææä"i... relocata

```
as [other arguments] -o /tmp/main.o /tmp/main.s
```

[illegible]

```
ld -o prog [system object files and args] /tmp/main.o /tmp/sum.o
```

Łf ŁŁ ŁŁ āflāŁŁ āā¶ progī... āā¶ ā Linux shell Ć ā%āāŁŁ ā Ł<sup>3</sup>/āāĀ Ć ā ā ī...

```
linux> ./prog
```

shell Ł° çæ% ç»ç» ää ä«â«å å Ł%%åï... loaderï... ç å%æï... ãï ä åflæŁ; æä¶ prog äç äŁç å æ

7.2 ~~0 æ0 3/4~~

7.2 ~~Ø æØ 3/4~~

3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000-1001-1002-1003-1004-1005-1006-1007-1008-1009-1010-1011-1012-1013-1014-1015-1016-1017-1018-1019-1020-1021-1022-1023-1024-1025-1026-1027-1028-1029-1030-1031-1032-1033-1034-1035-1036-1037-1038-1039-1040-10



æ ä“çfã•Ø %øLç«å Ø å°çfiææä»¶ç æä“L ï... ç– section



```

{
    swap();
    return 0;
}

extern int buf[];

int *bufp0 = &buf[0];
int *bufp1;

void swap()
{
    int temp;

    bufp1 = &buf[1];
    temp = *bufp0;
    *bufp0 = *bufp1;
    *bufp1 = temp;
}

```

> a³⁴-5 7» ä Øç 7.1 ç ç'ä¼ä

ŁŁ Ø 7» ä Øç ç çfiç ælâfiâ'ä% ç Ł\$ŁØ æ³â¼çfâ•â C â Ø â â%æä Ø ·ç âłçł»ª æ³æ C ç â- Ø ¼â Ø

```

| çfâ• | .symtab æçfiï... | çfâ•ç-»â | â¼â"ä"æjâ ä»äfi ä | Ł |
| :--- | :---: | :---: | :---: | :---: |
| buf | â ĩ, | äØ ¼ | main.o | .data |
| bufp0 | â ĩ, | â¼â- | swap.o | .data |
| bufp1 | â ĩ, | â¼â- | swap.o | COMMON |
| swap | â ĩ, | â¼â- | swap.o | .text |
| temp | â | â | â | â |

```

=====

7.6 çfâ•Ł\$Łæ

=====

7.6 çfâ•Ł\$Łæ

Ø æ³â¼Ł\$Łæçfâ•â.. ç¼ç æ³æ ælâ æ ä"â.. ç¼ä fi Ł³â¼ç âflØ fi ä% çfiææä»¶ç çfâ•Łj¼äç ä ä"çfiäfi ç ç  
 â"â Łfi,æ ä"æjâ ä»ä ä"â- Ø ¼çfâ•æä ä"äfi äª Ø æâ- Ø ¼â Ø ä ä.. ææâØ æ³â¼çfâ•ï... ç.. Łfi â¼ŁŁ Ł  
 äŁŁ ĩ... äfi,â¼â- çfâ•ç â.. ç¼Ł\$Łææâ-æ æä¼ªª ä% ç.. Łfi â¼Ø â"ä ä"ä ælâ¼â% â æjâ ä»äfi ä ç çfâ•ï... ä  
 äçª æ³æ æ³â¼â¼äfi ç ä»ä% Ł³â¼ææjâ ä»Ø %æä âŁŁ ä"Łç«â.. ç¼çfâ•ç äfi ä ĩ... ä-Ł³â"ä æfi... Ø ä

```
int main() {
    foo();
    return 0;
}
```

```
linux> gcc -Wall -Og -o linkerror linkerror.c
/tmp/ccSz5uti.o: In function 'main':
/tmp/ccSz5uti.o(.text+0x7): undefined reference to 'foo'
```

æ - æl, C++ å Java ä Ø æ

&L\_c &afi... C++ a Java %o/c&a...fi,,c Ø æø ç¥ª ää“Lç«Ø æç ç»a a afiç-a a ä:a çfç æææØ i..  
 3Fooª ææ Lç«ç.. ç ä”a ææ a i... a Ø çä ä \i... a ä Lç«Ø æç ç»a i... a a ä æä”a æç a a æ ç.. ç  
 bar\3Foollª Ø æâ&-a Ø a æææ a a ç ç ¥æfiç,ä.....çª

```
/* foo1.c */
int main()
{
```



```

    return 0;
}

/* bar1.c */
int main()
{
    return 0;
}

```

åL ä“æåä”i... Ø æåä ç æä æØ Lflflä jæli... å ä”å..”çfå• main Lç«äi ä, ä’ äæi... L§ å 1i... i...

```

linux> gcc foo1.c bar1.c
/tmp/ccq2Uxnd.o: In function 'main':
bar1.c:(.text+0x9): multiple definition of 'main'

```

ç,ä.....å”i... Ø æåä ç æä æØ Lflflä jæli... å ä”å..”çfå• x Lç«äi ä, ä’ äæi... L§ å

```

/* foo2.c */
int x = 15213;

int main()
{
    return 0;
}

```

```

/* bar2.c */
int x = 15213;

```

```

void f()
{
}

```

ç”L i... ç æåä ä“æåä Ø x æLç«å æ å i... Ø Lä, Ø æåä äi Ø åØ æåä fä ä“æåä ä’ äi ä ç å..”çfå•

```

/* foo3.c */
#include <stdio.h>
void f(void);

int x = 15213;

int main()
{
    f();
    printf("x = %d\n", x);
    return 0;
}

```

```

/* bar3.c */
int x;

void f()
{
    x = 15212;
}

```

åŁŁ ŁŁ æſſi... å%æ f æ x ç å...ç– 15213 æä” 15212i... ŁŁ ä.. ç» main å%æç æ%Ł åfæä å æŁŁ ç a

```

linux> gcc -o foobar3 foo3.c bar3.c
linux> ./foobar3
x = 15212

```

æf æ x æä”ä“ä..–äſi ä ſi... ä ä.. å ç ç,å ç ä æi... ŁŒ å 3i... i...

```

/* foo4.c */
#include <stdio.h>
void f(void);

int x;

int main()
{
    x = 15213;
    f();
    printf("x = %d\n", x);
    return 0;
}

```

```

/* bar4.c */
int x;

void f()
{
    x = 15212;
}

```

ŁŒ å 2 å ŁŒ å 3 ç ä çä.. Ø æä ä ä æäſi ŁŒ ç ŁŁ ŁŁ æſſi... äſi,ä ä ŁfŁŒ ç ç ä å æŁſi... æſiæØ  
 ä ä,ååä ä“æjå ä äſi ä ä” inti... Ł ååfä ä“æjå ä äſi ä ä” doublei...

```

/* foo5.c */
#include <stdio.h>
void f(void);

```

```
int main()
{
    f();
    printf("x = 0x%x y = 0x%x\n",
           x, y);
    return 0;
}
```

```
void f()
{
    x = -0.0;
}
```

```
linux> gcc -Wall -Og -o foobar5 foo5.c bar5.c
/usr/bin/ld: Warning: alignment 4 of symbol 'x' in /tmp/ccUgK5g.o
is smaller than 8 in /tmp/ccbTLcb9.o
linux> ./foobar5
x = 0x0 y = 0x80000000
```

[illegible][illegible]

A.

(a) REF(main.1)  $\hat{=}$  DEF(\\.\.)

(b) REF(main.2)  $\hat{=}$  DEF(\\.\.)

```
/* Module 1 */
int main()
{
}
```

```
/* Module 2 */
int main;
int p2()
{
}
```

B.

(a) REF(main.1)  $\hat{=}$  DEF(\\.\.)

(b) REF(main.2)  $\hat{=}$  DEF(\\.\.)

```
/* Module 1 */
int main()
{
}
```

```
/* Module 2 */
int main = 1;
int p2()
{
}
```

C.

(a) REF(x.1)  $\hat{=}$  DEF(\\.\.)

(b) REF(x.2)  $\hat{=}$  DEF(\\.\.)

```
/* Module 1 */
int x;
void main()
{
}
```

```
/* Module 2 */
```

```
double x = 1.0;
int p2()
{
}
```

Lj ælā ā“đī ā ç ō” ä ī... æ æ ð% ãl, Unix Ø ææåðŁÆæåðä ä“â¥ä æja ä) æđī ä, ç åpå- çfå•ææð%ççðŁ

A. Ø ~~æ~~ ḁ ḁ Ø æ̃ ã ä̃ ḁ æ̃ ã 1 ä̃ ç̃ ḁ.. ç̃ f̃ ḁ•i... Ł ä̃ æ̃ ã ã ä̃ ḁ æ̃ ã 2 ä̃ ç̃ ḁ.. ç̃ f̃ ḁ•i... Ł̃ ã 2i... i...

```
İ... aİ... REF(main.1) â DEFİ... main.1İ...
```

```
İ... bİ... REF(main.2) â DEFİ... main.1İ...
```

B. Lj ælā ā“Ø Lflifi... å ä”æ ā“æja Ø %äi ä ä ä ä“å..”çfå• maini... ŁŞ å 1i... a

C. Ø æ̃ ã ã Ø æ̃ ĩ ä̃ ã æ̃ j̃ ã 2 ä̃ ç̃ ä̃... ç̃ f̃ ã • ĩ... Ł̃ ä̃ æ̃ ĩ ä̃ ã æ̃ j̃ ã 1 ä̃ ç̃ ä̃... ç̃ f̃ ã • ĩ... Ł̃ ç̃ ä̃ 2 ĩ... ĩ...

İ... aİ... REF(x.1) â DEFİ... x.2İ...

İ... bİ... REF(x.2) â DEFİ... x.2İ...

7.6.2 ä Ø æØ <sup>3</sup>æ <sup>9</sup>ä'

Lj ä æ ä... æä Ø % ælā LfiØ æāpLfi» ā ä ō ālfØ āi ā% çfææä ¶ii... ā¶æāi ā Ø æLpæfi... ā%çæ  
ŕ"ā"Ø æā i... staticlibraryi... i... āi āflā¥çpā Ø æānpç L³ā¥ā ā% Ø æāpæØ ā ā"L³ā"ç āflāŁj æā¶

ä"ä ä ç»ç ıf ælæä ç æ ælæä... ä¥ ISO C99 ä"ä... äi äi ä ä ç ä,ä ç æä l/Oä ä çfä+æä% ä æ  
randä äi ä äm libc.a ä äi... äi,ä ä C ç ä ælfl-Ø %æläflçç ä ISO C99 ıç äm libm.a ä äi ä ä ç ä

Lfi æð «æç ç ð æð æ%ççð æð i... ç.. Lfi ámpá.. á æ”á ä.. æ%ççð» ð æð æð ççæææL ç æ á%æð ð æí... Ø ççç æ-L ç ç æð... æ% æL ç ç æð æí, C L L æð á Ø ç i... á æ” C æð æí ð æ” æð ç æð á æ“æç ç.. Lfi ámpç æ çL i... æí, æ æ ççç æ á L L æí... L ç ç æð ä.. æð ð æð ç ç i... á æ” æð á%æð æ

~~åfä~~ ~~ss~~ ~~æd~~ ~~ææç~~ ~~æå~~ C å%æð %æåä ä“å çç åflø ãí æ% çfiææjå ä“ï... æ f Lfl· libc.o ä“ï... ä“ ç

```
linux> gcc main.c /usr/lib/libc.o
```

[illegible][illegible]



```
linux> gcc -c addvec.c multivec.c
linux> ar rcs libvector.a addvec.o multivec.o
```

Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`... Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`...

```
#include <stdio.h>
#include "vector.h"
```

```
int x[2] = {1, 2};
int y[2] = {3, 4};
int z[2];
```

```
int main()
{
    addvec(x, y, z, 2);
    printf("z = [%d %d]\n", z[0], z[1]);
    return 0;
}
```

> Á 7-7 er `addvec` og `multivec` notaðir í `main2.c`...

Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`... Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`...

```
linux> gcc -c main2.c
linux> gcc -static -o prog2c main2.o ./libvector.a
```

Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`...

```
linux> gcc -c main2.c
linux> gcc -static -o prog2c main2.o -L. -lvector
```

Á 7-8 er `addvec` og `multivec` notaðir í `main2.c`... Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`...

[Image: Á 7-8 er `addvec` og `multivec` notaðir í `main2.c`...]

Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`... Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`...

7.6.3 Er `addvec` og `multivec` notaðir í `main2.c`...

Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`... Það er hægt að nota `addvec` og `multivec` í `main2.c`...







\* R\X86\64\\_32^ Ø ãi ã% ã ä“ã%ç 32 ã% ç ãi,ã%ã ç ä.. ç^a Ø Łç ç ãi,ãi»ã ï... CPU ç.ã%ç çã

### 7.7.2 Ø ãi ã%o çfã•ã.. çx

```

foreach section s {
  foreach relocation entry r {
    refptr = s + r.offset; /* ptr to reference to be relocated */

    /* Relocate a PC-relative reference */
    if (r.type == R_X86_64_PC32){
      refaddr = ADDR(s) + r.offset; /* ref's run-time address */
      *refptr = (unsigned) (ADDR(r.symbol) + r.addend - refaddr);
    }

    /* Relocate an absolute reference */
    if (r.type == R_X86_64_32)
      *refptr = (unsigned) (ADDR(r.symbol) + r.addend);
  }
}

```

```

0000000000000000 <main>:
0: 48 83 ec 08      sub    $0x8,%rsp
4: be 02 00 00 00   mov    $0x2,%esi
9: bf 00 00 00 00   mov    $0x0,%edi    %edi = &array
                        a: R_X86_64_32 array      Relocation entry
e: e8 00 00 00 00   callq 13 <main+0x13> sum()
                        f: R_X86_64_PC32 sum-0x4      Relocation entry
13: 48 83 c4 08      add    $0x8,%rsp
17: c3              retq

```



1i... 3 PC a aææ

2i... PC a PC + 0x5 = 0x4004e3 + 0x5 = 0x4004e8

a æi... Lf æLj ç ä ä ææä/ä-æi sum ä/ç ç ç ä ææä/ï... Lj ä% ç ¶ä-æiæä æLf ç i...

2. Ø äi ä% ç äi,,å.. ç

Ø äi ä% ç äi,,å.. ç ç,ä% çfi a a ä/ï... ä7-11 ç ç 4 Lj äï... mov æä/ä array ç aå i... ä ä 32 ä% ç ç ä% çfi... a æ 1 a L æä% ç Oxbfi... a Ø çL ç äi,, array ç 32 ä% ç äi,,å.. ç ç a ä% çf

äi,,ä ç a ä% çfæçfi r a æ 4 ä a äi...

```
r.offset = 0xa
r.symbol = array
r.type = R_X86_64_32
r.addend = 0
```

Lj ä a äi Lf Ø ææLf äfiæä a ç»Ø 0xa å.. ç ç ç äi,,å.. ç ç... Lj ææLf Lj æäi ä ä.. æå arra

ADDR(r.symbol) = ADDR(array) = 0x601018

Ø ææä%ççä7-10 äçfi æ ç ç 13 Lj äfiæä å.. ç ç...

```
*refptr = (unsigned) (ADDR(r.symbol) + r.addend)
           = (unsigned) (0x601018 + 0)
           = (unsigned) (0x601018)
```

åäåç åflæLj çfiææä ¶äï... Lfåå.. çæä Ø ç Ø äi ä% ä%çå.. i...

4004d9: bf 18 10 60 00 mov \$0x601018,%edi %edi = &array

ç...å aå Lï... ä7-12 ç a ä æ ç åflæLj çfiææä ¶äïØ äi ä% ç .text L a .data  
L a åä L%ç æiå i... a L%åä.. æLj ä L äç a L çæä ¶äå a i... ä a Lj Lj æ»ä% äfiæäæL

```
00000000004004d0 <main>:
4004d0: 48 83 ec 08      sub $0x8,%rsp
4004d4: be 02 00 00 00   mov $0x2,%esi
4004d9: bf 18 10 60 00   mov $0x601018,%edi %edi = &array
4004de: e8 05 00 00 00   callq 4004e8 <sum> sum()
4004e3: 48 83 c4 08      add $0x8,%rsp
4004e7: c3               retq
```

00000000004004e8 <sum>:

```

4004e8: b8 00 00 00 00    mov $0x0,%eax
4004ed: ba 00 00 00 00    mov $0x0,%edx
4004f2: eb 09             jmp 4004fd <sum+0x15>
4004f4: 48 63 ca         movslq %edx,%rcx
4004f7: 03 04 8f         add (%rdi,%rcx,4),%eax
4004fa: 83 c2 01         add $0x1,%edx
4004fd: 39 f2           cmp %esi,%edx
4004ff: 7c f3           jl 4004f4 <sum+0xc>
400501: f3 c3           repz retq

```

```

00000000000601018 <array>:
601018: 01 00 00 00 02 00 00 00

```

> 7-12 afləşli əä¶ prog ç ətØ ãi ð% ç .text Ł ă .data Ł ă ă ç C əŁç ăă7-1 ă

ç ă Øç 7.4

æØç əlăđă ă7-12a ăç ətØ ãi ð% ç ă ç ă

A. ç 5 Łj ăđl, sum ç Ø ãi ð% ă.. ççç ă ăŁŁ ă¶ăă əlăđă ĩ...

B. ç 5 Łj ăđl, sum ç Ø ãi ð% ă.. ççç ă ăŁŁ ă¶ăă əlăđă ĩ...

ŁŁ Ø Øç ă ç əlă7-12a ăç ă æç.. ă Łjă çfiç əlŁfi'ð% ç ă Ø Łfl»ă æç.. ă Łjă... ă¶ă æð% đl,

A. ç 5 Łj Łç«Ø ãi ð% ă.. ççç ă ăŁŁ ă¶ăă ă" 0x4004dfă

B. ç 5 Łj Łç«Ø ãi ð% ă.. ççç ă ăŁŁ ă¶ăă ă" 0x5ă Łfið% ĩ... ă æç.. ă Łjç ă ç ă.. çăăă əlçă ççfl

ç ă Øç 7.5

Ł Ł çfiææä¶ m.o ăđl, swap ă%æç Ł° ççĭ... ă7-5ĭ... ă

```

9: e8 00 00 00 00    callq e <main+0xe>    swap()

```

đi ç Ø ãi ð% æçfiç ă ĩ...

```

r.offset = 0xa
r.symbol = swap
r.type   = R_X86_64_PC32
r.addend = -4

```

çăăă Łfiç ăăă m.o ăç .text Ø ãi ð% ăăă 0x4004d0ĭ... đ swap Ø ãi ð% ăăă 0x4004e8ă Ø Ł  
ç Ø ãi ð% ă.. ççç ăăă əlă ă ĩ...

**ELF** áflast; æð¶ŁŁ«Łfi%ſijāāāī,æå Ł%%åđ ā ĩ... áflast; æð¶ŁŁŁĸ Œ»)ĸ ĸ Ĩ... chunkĩ... ŁŁ«æđ āŁŁ  
7-14 ā-ĸđ āflast; æð¶ŁŁ prog ĸ Œ đ āØ Łĸmĩ... æłŁ– OBDUMP æđĸ<sup>a</sup>







7.11 ä» ä' cꞑꞑ ä' ä'å Ł%00%00å Ø 3æå-ä«ä'

å°¦fiå ä"æi... æä» ¤â¸¸ LfiæLfi"ä å¸ä ç¸¸ä ä L¸«å L%%å æLj å æi... å¸æØ æååå L%%å Ø æåå-ä  
å"ä ç¸¸ä"ª

å¸æØ æååä Øj,,å.."æ¸æç¸¸ ææiª ä Ø æååä ä ç°fi ä ç ä¸ç äi...

\* å å L%flä»ªª æL%fl Wmdows  
ä ç¸¸ç å.. å L å,ä,äç¸¸ä-ä«ä æåå å L%flä»ªææª ä» ä»ç æä ä"å-ä ç æç æi... çªå ç¸¸æåflä»ªä L%%åi..  
\* æå"Ø« æL % Web æåjå¸ª Lfi,ä Web æåjå¸ª æå¸æå äi,,i... æj ä"æå ç Web ØjµØ ¸ª L.fæå% Ø  
å å"ä ä"å L¸ ç i... äªåæLfiª L¸ ç ç ä äæä»L¸ Lj CGI ç ä æç æå¸æå äi,,ª çªL i... ç°ä»LØ« æL %

åªæL•flæiä æä"ç æå¸æå äi,,ç å%%ææå å¸å-ä«ä äªª æåä æL " Web æL¸ å¸ç Lfi•æ åL»æi... æåj  
å L¸ ç ç ä äæä»L¸ Lj å%%æª å%%æä.. ä çç.. å å¸æåjå¸ª å"å ç"Ø ·ä)i... æåªª"Lf ä ä"fi å ç å%%æL°  
Ø å ææåjå¸ª... ä-åflä»ªææªªå å¸ç å%%æi... äªª æªª æç å%%æª

Linux ¸ª»çª ä"å¸æØ æåååäª ä ä"fi å ç æååi... å Lfi,ä ç¸¸ä ä åL¸ Lj æiå L%%å Ø æåå-ä«äªª

```
#include <dlfcn.h>
```

```
void *dlopen(const char *filename, int flag);
```

```
// L¸ å i... L æåå å ä"æå åªæç æØ i... L æå"Ø å ä" NULLª
```

dlopen å%%æå L%%å Ø æåå-ä«äª filenameo ç¸¸â¸¸ªf RTLD\GLOBAL Ø Øj,,æå.. ä ç ä L¸ææ filena  
rdynamic Ø Øj,,ç.. Lfi ç i... Ø Lä äi,,çfå•L¸ææ Lª i... äi ç å¸å- çfå•ä æiåflçªªª flag å æä; Øj»Lf ä  
RTLD\LAZY æä; i... Lfiææä; æç"Ø æåååL¸ çfå•L¸æçç.å°¦Lj æL "ä ä¸ç ä»çªª L¸ ää"å...ä¸ç ä»ªª

```
#include <dlfcn.h>
```

```
void *dlsym(void *handle, char *symbol);
```

```
// L¸ å i... L æåå å ä"æå çfå•ç æØ i... L æå"Ø å ä" NULLª
```

dlsym å%%æç Lªææiä ä"æå å Ø ¸â¸¸ª æå.. ä ç å-ä«ä ç åªæå ä ä" symbol å å i... äª æLfiççfå•å å¸i

```
#include <dlfcn.h>
```

```
int dlclose (void *handle);
```

```
// L¸ å :L æåå å ä"Øi... L æå"Ø å ä"-1.
```

äª ææjæåªªªª å-ä«ä L¸ å¸å%ççL¸ ä"å-ä«ä i... dlcloseå%%æäª-å,L%%åLfiªª-ä«äªª

```
include <dlfcn.h>
```

```
const char *dlerror(void);
```

```
// L_ä ä... äf ää Ø çäi,, dlopena dlsym æ dclose ç L° çäL·¥i...  
// ä ä"Ø Lflflæ äli... äf ää Ø çç L° çää ä... ä ä" NULLa
```

```
dlerror ä%æL_ä ä ä"ä çfäti... äi æL_ç æL° çä dlopena dlsym æL dclose ä%æä ä ç ç æL_ç Ø ä  
ä37-17 ä-ç"ä äf ä%ä çäL_ä ä"ä ää ää ää ää ää ç libvector.so ä-ä"ä ä ä... çä ä L° çä ä ç äddvec ää ää
```

```
linux> gcc -rdynamic -o prog2r dll.c -ldl
```

```
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <dlfcn.h>
```

```
int x[2] = {1, 2};  
int y[2] = {3, 4};  
int z[2];
```

```
int main()
```

```
{  
    void *handle;  
    void (*addvec)(int *, int *, int *, int);  
    char *error;
```

```
    /* Dynamically load the shared library containing addvec() */  
    handle = dlopen("./libvector.so", RTLD_LAZY);  
    if (!handle) {  
        fprintf(stderr, "%s\n", dlerror());  
        exit(1);  
    }
```

```
    /* Get a pointer to the addvec() function we just loaded */  
    addvec = dlsym(handle, "addvec");  
    if ((error = dlerror()) != NULL) {  
        fprintf(stderr, "%s\n", error);  
        exit(1);  
    }
```

```
    /* Now we can call addvec() just like any other function */  
    addvec(x, y, z, 2);  
    printf("z = [%d %d]\n", z[0], z[1]);
```

```
    /* Unload the shared library */  
    if (dlclose(handle) < 0) {  
        fprintf(stderr, "%s\n", dlerror());
```

အနုပညာရှင်တို့သည် ပုံရိပ်ပြသမှုများကို မြန်မာနိုင်ငံတော်၏ နိုင်ငံရေး၊  
 အခြေခံဥပဒေနှင့် လူ့အခွင့်အလမ်းများကို ထိခိုက်စေရန် ကြိုးပမ်း  
 ဆောင်ရွက်ခဲ့ကြောင်း တွေ့ရှိရပါသည်။





Linux Ø æØ æāāææçç --wrap f æå; Ł; Ł; Ø æāæææ Ł; ä“æå; å Łfl Ø æāāææ... æā, çfā•f ç å...  
 \\real\\fi... å ç... æåä“ä å ç; ĭ... ç å... çŁŁ£ææ” fā ā3/7-21 ç ā”æā” ç”āç ā ç å Ł£ ā%ææ





ç... ¼fl ællæp0 ¼f ¼ %00¼¼fi¼0 fiç ð' ç ææ»¼ç ï... 0 ææællæp0 ¼f ¼ %00¼¼fi¼0 fiç ð' ç åfl0 ði æ%0 ði,,¼,  
LD\PRELOAD çflæç å 0<sup>a</sup>

ð' æ LD\PRELOAD çflæç å 0 ¼ç «¼fi¼0%fiä"ä ä"ä-ä"ä ¼¼flä¼å ç å ¼j¼ï... ä»¼ç"æ..æå å•å 0 ï... ï... 0 ¼ä  
LINUX.SOï... ä.. å æçç LD\PRELOAD ð' ï... ç¼¼å ææççä»æ%0 å¼¼ä» ç ð' æä ¼¼ ä"æå¼¼ï... æ%0 æ%0 å ¼%

å¾-22 å-ç"ä malloc å free ç å ¼¼ å%0æå æ ä"å ¼¼ å%0æä¼ï... ä¼,, dlsym ç ¼° ç¼¼¼ å æå çfiæ libc  
å%0æç æ0<sup>a</sup> ç¼¼å å ¼¼ å%0æ¼° çççfiæå%0æï... æå¼¼¼%0¼¼,¼fi°æ%0 ï... å ¼¼ å<sup>a</sup>

```
#ifdef RUNTIME
#define _GNU_SOURCE
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <dlfcn.h>
```

```
/* malloc wrapper function */
```

```
void *malloc(size_t size)
```

```
{
    void *(*mallocp)(size_t size);
    char *error;
```

```
    mallocp = dlsym(RTLD_NEXT, "malloc"); /* Get address of libc malloc */
```

```
    if ((error = dlerror()) != NULL) {
```

```
        fputs(error, stderr);
```

```
        exit(1);
```

```
    }
```

```
    char *ptr = mallocp(size); /* Call libc malloc */
```

```
    printf("malloc(%d) = %p\n", (int)size, ptr);
```

```
    return ptr;
```

```
}
```

```
/* free wrapper function */
```

```
void free(void *ptr)
```

```
{
```

```
    void (*freep)(void *) = NULL;
```

```
    char *error;
```

```
    if (!ptr)
```

```
        return;
```

```
    freep = dlsym(RTLD_NEXT, "free"); /* Get address of libc free */
```

```
    if ((error = dlerror()) != NULL) {
```

```
        fputs(error, stderr);
```

```
        exit(1);
```

```
    }
```

```
    freep(ptr); /* Call libc free */
```





å«Lfi;fi æç»ç» æçfiä'ä«æ;æä/ä%å«Lfi°% Ø æä å ä"Ø ææä'å«ç.. Lfi å«å Lfi;fi æä% ç»ç» æå æä  
fi æç»ç» Øç å ä'ï... å æLç ä' Øç å ç ç» å,æçfiä«æ;æä/ä%å«æLç°äi a ç«L i... Levine ç ä L æä'ä' æå  
.debug å .line L å äi,,ç L§ L i... ç å æ IA32 L§ L a a 36a æLç°ä' äi,, ELF æä«æ..å.. ç x86-64 æä- a  
ä' ç«ä Lç å«æäfi... ABLi... æLç°ä' ç.. Lfi a Ø æä å Lç Lç X86-64 ç ä' ç æä'4... å«ä'å æØ äi ä% å ä%

=====  
äi«ä'ä% ä  
=====

äi«ä'ä% ä

ç» ä Øç 7.6

Lç Ø Øç æäåä' å37-5 ç m.o æ;å å ä Ø çç swap.c å%æç æç i... Lfiå«å«Lfi;fi L “å-Lç«L° ççç æææ

```
extern int buf[];
```

```
int *bufp0 = &buf[0];
```

```
static int *bufp1;
```

```
static void incr()
```

```
{
```

```
    static int count=0;
```

```
    count++;
```

```
}
```

```
void swap()
```

```
{
```

```
    int temp;
```

```
    incr();
```

```
    bufp1 = &buf[1];
```

```
    temp = *bufp0;
```

```
    *bufp0 = *bufp1;
```

```
    *bufp1 = temp;
```

```
}
```

äi,,ä æä“ swap.o ä'äi ä å å.. ççç çfå•i... Lfi•æå”äi æäåfå«æ;å swap.o ç .symtab L ä'æçfå•Lçæçfiä  
m.oï... a çfå•ç»å i... å- Ø «å å«æä'Ø «ï... ä»å äi å«æ;å ä'æäç L i... .texta .data æ .bssi... a

```

| ȝfǎ• | swap.o .symtab æçfiï... | ȝfǎ•ȝ»ǎ | ði ǎ ȝfǎ•ȝ æjǎ | Ł |
| :--- | :--- | :--- | :--- | :--- |
| buf | | | |
| bufp0 | | | |
| bufp1 | | | |
| swap | | | |
| temp | | | |
| incr | | | |
| count | | | |

```

ȝ ǎ Øç 7.7

ǎ æǎ ǎ »ǎ% ǎ Ø ǎ ǎ i... ǎ fiæ 7.6.1 Ł ǎȝ bar5.cï... ǎ%Ł ǎ4foo5.c Ł3ǎ" x ǎ y ȝ æçfiǎ...ï... ǎ ǎ-æiæ

ȝ ǎ Øç 7.8

ǎæØç ǎï... REF\(\x,i\)\ â DEF\(\x,k\) Ł;ȝȝ"Ø ǎæǎǎ ǎ»æđ,,æjǎ i ǎȝfǎ• x ȝ ǎ.. ȝǎæjǎ k ǎȝfǎ• x  
ȝ ði ǎ ȝ,ǎŁŁ ǎ ǎǎ Ø çæ ǎ"ǎ ǎ ǎï... ȝŁŁ ȝ ȝfǎ•æŁfi.æØ ǎæǎæiǎ ǎ% Ł§Łæǎǎæ ǎ"æjǎ ǎæǎ Ø ði  
3ï... i... Ø Łǎ ǎ ǎ æç¥ǎ ǎ

A.

\(a\) REF\(\main.1\) â DEF\(\|\|\|\|\|\)

\(b\) REF\(\main.2\) â DEF\(\|\|\|\|\|\)

```

/* Module 1 */ | /* Module 2 */
int main()      | static int main=1[
{               | int p2()
}               | {
               | }

```

B.

\(a\) REF\(\x.1\) â DEF\(\|\|\|\|\|\)

\(b\) REF\(\x.2\) â DEF\(\|\|\|\|\|\)

```

/* Module 1 */ | /* Module 2 */
int x;          | double x;
void main()     | int p2()
{               | {
}               | }

```

C.

\(a\) REF\(\text{x.1}\) â DEF\(\backslash\backslash\backslash.\backslash\backslash\backslash\)

\(b\) REF\(\text{x.2}\) â DEF\(\backslash\backslash\backslash.\backslash\backslash\backslash\)

/* Module 1 */		/* Module 2 */
int x=1;		double x=1.0;
void main()		int p2()
{		{
}		}

» ä Ø 7.9

Ł Ł ä Ø øç ø å ĩ... äĭ ç–ä“çfiææjå ø æi...

```
/* foo6.c */
void p2(void);
```

```
int main()
{
    p2();
    return 0;
}
```

```
/* bar6.c */
#include <stdio.h>
char main;
void p2()
{
    printf("0x%x\n", main);
}
```

æ% å x86-64Linux ç†»ø ä>ç.. Łfl å æŁj ŁŁ ä“ø å æĭ... å†æ%Łå%æ p2 ä å æ å å Ø mainĭ... äĭ ä Ł %

» ä Ø 7.10

a å b Łjç”æ% å Ł•flæ>ç çfiææjå æØ æå ĩ... Ł a â b Łjç” a æŁµä bi... ä ä–æŁfl· a å.. çµä ä ä“ b  
äĭ ä ç çfå•ä äĭ„ä ä Ø øç æ ä“å”æĭ... ø å”æ%ŁæØ æØ ææåŁ %åŁŒæææçfå•å.. çµç æå ç å%æ>Ł

A. p.o â libx.a â p.o

B. p.o â libx.a â liby.a å liby.a â libx.a

C. p.o â libx.a â liby.a â libz.a â liby.a â libx.a â libz.a

» ä Ø 7.11

å7-14 ä ç 0x230 ä 0x228 ä

» ä Ø 7.12

ä çfiæä m.o äfi,ä%æ swap ç 7.6i... a

9: e8 00 00 00 00 callq e <main+0xe> swap()

ä•æf ä Ø äfi ä% æçfi...

r.offset = 0xa  
r.symbol = swap  
r.type = R\_X86\_64\_PC32  
r.addend = -4

A. ä Lfiæä m.o ä ç .text Ø äfi ä% ä°ä 0x4004e0i... æ swap Ø äfi ä% ä°ä 0x4004f8a Ø £ä ç Ø äfi ä% ä.. çç ä...ä Lfiæä ä i...

B. ä Lfiæä m.o ä ç .text Ø äfi ä% ä°ä 0x4004d0i... æ swap Ø äfi ä% ä°ä 0x400500a Ø £ä ç Ø äfi ä% ä.. çç ä...ä Lfiæä ä i...

» ä Ø 7.13

äfi æä Ø çç ä» äjä äfiä% æç æä ç çfiæä ç ä 0xä°ä

A. ää% ç ç» ç ä i... lib.c ä libm.a ç ç æä°ä ä«ä çfiæä i...

B. gcc -Og äç ç äfiæä ç gcc -Og -g äç ç ä ä i...

C. ää% ç ç» ç ä i... GCC Ø'-äç ä% çç æä ä ä-ä«ä i...

=====

ç 8 ç i... ä.. ä,æä

=====

ç 8 ç i... ä.. ä,æä











### 8.1.3 Linux/x86-64 4-äç ä.. ä,

ä"ä ä%öææ°ä%ö ä... äfi'æä'æç ç ä" x86-64 4-äç äfi ä ç ä ä ä.. ä,ä æð« ä 256 ä ä ç ä.. ä,ç-»ä  
äfiä äfi ä ç ä.. ä,ä... ä äfi,,ä»ä%ö x86-64 4-äç ä ä%ä äç ä 32 ä... 255 ç ä°ç äfi,,ä ç äfiää%ö 4-äç ä

```
| ä.. ä,ä° | ææ° | ä.. ä,ç-»ä« |  
| :--- | :--- | :--- |  
| 0 | 0/ä 0 äfi | æð |  
| 13 | ä ä äæð | æð |  
| 14 | ç..°äµ | æð |  
| 18 | ääæäæ | ç æ |  
| 32 ~ 255 | ä%ö 4-äç äfi ä ç ä.. ä, | äææð °ð - |
```

> ä°ä-9 x86-64 4-äç ä ç ä.. ä,ä°ä

#### 1. Linux/x86-64 æð ä ç æ

0/ä 0 äfiä ä ç äfi ä°ä/ä°ä äfi... äæ ä%ö ä ä"0/ä æä/ç ç æäfi,,ä çfiæää%ö äæäfi-ä"ä ç äfi  
ä ä.. äfi ä°ä 0/ä 0 äfiäæäfi... ä äfi æç æç ä ä Linuxshell 0 ä,ä.. æð/ä 0 äfiäæä ä"ä äfiç,,ä

ä ä äææ ä äfi,ä ä ä ä%ä.. äfi... ä ä"ä"çç ä ä äææ ä... ä, 13ä... ä... ä, äfiä ä"ä ç ä ä  
ä ä.. ä äfi äæä ä ç-æð ä Linux shell 0 ä,ä.. äæä ä ä ä äææ ää ä"ä äææ ä... Segmentation

ç..°äµ... ä.. ä, 14ä... äfiä.. ä äæä; äç æð ç æä/ç ä ä"ä.. ä,ä°ä ä ç ä ä ä ä ä ä% ç ç ç ä ä ää ä  
ç ä ç ä ç..°äµäfi ä% ää% ç ç ä ä

ääæäæ ä ääæäæ äfi... ä.. ä, 18ä... äfiäfi... ä æð ç æä/äæä ä äæ ää ä ä%ç ç ä äfiä ä ç ç ä

#### 2. Linux/86-64 4-äç ä°ç

Linux ää ç ç 4-äç ä°ç... ä% ä ç ä ä ä äfi äfi ä ä ää äfiä ää%ö ç... ä äfiäæä ä ä ää  
4-äç ä°ç ä ä"4-äç ä°ç ä%ä ä"äfiä ç äää... äfi,,ä ä ä ä"ä ä ää ää ää%äç ä ä ä... ä

```
| ç.. ä° | ä ä | ææ° | ç.. ä° | ä ä | ææ° |  
| ---: | :---: | :---: | :---: | :---: | :---: |  
| 0 | read | äfiäæä | 33 | pause | äæä ä ç ä ä ä ä°ä ää ää  
| 1 | write | ä ää | 37 | alarm | ä° äfi ä äfi ä ä ç ä.. ä |  
| 2 | open | ää.. ää | 39 | getpid | ä ää ä ä ID |  
| 3 | close | ää ää | 57 | fork | ä ä ä ä ä ä |  
| 4 | stat | ä ää ä ä äfi | 59 | execve | ää ä ä ä ä ä |  
| 9 | mmap | ä ä ä ä ä ää ää | 60 | _exit | ç æä ä ä |  
| 12 | brk | ä çfiä äfi | 61 | wait4 | ç ä ä ä ä ä ä ä |
```

| 32 | dup2 | æ å ¶ æ ä ¶ æ £ ħ ç f | 62 | kill | å Ø æ ĵ å • å ä ä “ £ ħ ø |

> a³8-10 Linux x86-64 𐀀𐀁𐀂 𐀃𐀄𐀅𐀆𐀇𐀈𐀉𐀊𐀋𐀌𐀍𐀎𐀏𐀐𐀑𐀒𐀓𐀔𐀕𐀖𐀗𐀘𐀙𐀚𐀛𐀜𐀝𐀞𐀟𐀠𐀡𐀢𐀣𐀤𐀥𐀦𐀧𐀨𐀩𐀪𐀫𐀬𐀭𐀮𐀯𐀰𐀱𐀲𐀳𐀴𐀵𐀶𐀷𐀸𐀹𐀺𐀻𐀼𐀽𐀾𐀿𐁀𐁁𐁂𐁃𐁄𐁅𐁆𐁇𐁈𐁉𐁊𐁋𐁌𐁍𐁎𐁏𐁐𐁑𐁒𐁓𐁔𐁕𐁖𐁗𐁘𐁙𐁚𐁛𐁜𐁝𐁞𐁟𐁠𐁡𐁢𐁣𐁤𐁥𐁦𐁧𐁨𐁩𐁪𐁫𐁬𐁭𐁮𐁯𐁰𐁱𐁲𐁳𐁴𐁵𐁶𐁷𐁸𐁹𐁺𐁻𐁼𐁽𐁾𐁿𐂀𐂁𐂂𐂃𐂄𐂅𐂆𐂇𐂈𐂉𐂊𐂋𐂌𐂍𐂎𐂏𐂐𐂑𐂒𐂓𐂔𐂕𐂖𐂗𐂘𐂙𐂚𐂛𐂜𐂝𐂞𐂟𐂠𐂡𐂢𐂣𐂤𐂥𐂦𐂧𐂨𐂩𐂪𐂫𐂬𐂭𐂮𐂯𐂰𐂱𐂲𐂳𐂴𐂵𐂶𐂷𐂸𐂹𐂺𐂻𐂼𐂽𐂾𐂿𐃀𐃁𐃂𐃃𐃄𐃅𐃆𐃇𐃈𐃉𐃊𐃋𐃌𐃍𐃎𐃏𐃐𐃑𐃒𐃓𐃔𐃕𐃖𐃗𐃘𐃙𐃚𐃛𐃜𐃝𐃞𐃟𐃠𐃡𐃢𐃣𐃤𐃥𐃦𐃧𐃨𐃩𐃪𐃫𐃬𐃭𐃮𐃯𐃰𐃱𐃲𐃳𐃴𐃵𐃶𐃷𐃸𐃹𐃺𐃻𐃼𐃽𐃾𐃿𐄀𐄁𐄂𐄃𐄄𐄅𐄆𐄇𐄈𐄉𐄊𐄋𐄌𐄍𐄎𐄏𐄐𐄑𐄒𐄓𐄔𐄕𐄖𐄗𐄘𐄙𐄚𐄛𐄜𐄝𐄞𐄟𐄠𐄡𐄢𐄣𐄤𐄥𐄦𐄧𐄨𐄩𐄪𐄫𐄬𐄭𐄮𐄯𐄰𐄱𐄲𐄳𐄴𐄵𐄶𐄷𐄸𐄹𐄺𐄻𐄼𐄽𐄾𐄿𐅀𐅁𐅂𐅃𐅄𐅅𐅆𐅇𐅈𐅉𐅊𐅋𐅌𐅍𐅎𐅏𐅐𐅑𐅒𐅓𐅔𐅕𐅖𐅗𐅘𐅙𐅚𐅛𐅜𐅝𐅞𐅟𐅠𐅡𐅢𐅣𐅤𐅥𐅦𐅧𐅨𐅩𐅪𐅫𐅬𐅭𐅮𐅯𐅰𐅱𐅲𐅳𐅴𐅵𐅶𐅷𐅸𐅹𐅺𐅻𐅼𐅽𐅾𐅿𐆀𐆁𐆂𐆃𐆄𐆅𐆆𐆇𐆈𐆉𐆊𐆋𐆌𐆍𐆎𐆏𐆐𐆑𐆒𐆓𐆔𐆕𐆖𐆗𐆘𐆙𐆚𐆛𐆜𐆝𐆞𐆟𐆠𐆡𐆢𐆣𐆤𐆥𐆦𐆧𐆨𐆩𐆪𐆫𐆬𐆭𐆮𐆯𐆰𐆱𐆲𐆳𐆴𐆵𐆶𐆷𐆸𐆹𐆺𐆻𐆼𐆽𐆾𐆿𐇀𐇁𐇂𐇃𐇄𐇅𐇆𐇇𐇈𐇉𐇊𐇋𐇌𐇍𐇎𐇏𐇐𐇑𐇒𐇓𐇔𐇕𐇖𐇗𐇘𐇙𐇚𐇛𐇜𐇝𐇞𐇟𐇠𐇡𐇢𐇣𐇤𐇥𐇦𐇧𐇨𐇩𐇪𐇫𐇬𐇭𐇮𐇯𐇰𐇱𐇲𐇳𐇴𐇵𐇶𐇷𐇸𐇹𐇺𐇻𐇼𐇽𐇾𐇿𐈀𐈁𐈂𐈃𐈄𐈅𐈆𐈇𐈈𐈉𐈊𐈋𐈌𐈍𐈎𐈏𐈐𐈑𐈒𐈓𐈔𐈕𐈖𐈗𐈘𐈙𐈚𐈛𐈜𐈝𐈞𐈟𐈠𐈡𐈢𐈣𐈤𐈥𐈦𐈧𐈨𐈩𐈪𐈫𐈬𐈭𐈮𐈯𐈰𐈱𐈲𐈳𐈴𐈵𐈶𐈷𐈸𐈹𐈺𐈻𐈼𐈽𐈾𐈿𐉀𐉁𐉂𐉃𐉄𐉅𐉆𐉇𐉈𐉉𐉊𐉋𐉌𐉍𐉎𐉏𐉐𐉑𐉒𐉓𐉔𐉕𐉖𐉗𐉘𐉙𐉚𐉛𐉜𐉝𐉞𐉟𐉠𐉡𐉢𐉣𐉤𐉥𐉦𐉧𐉨𐉩𐉪𐉫𐉬𐉭𐉮𐉯𐉰𐉱𐉲𐉳𐉴𐉵𐉶𐉷𐉸𐉹𐉺𐉻𐉼𐉽𐉾𐉿𐊀𐊁𐊂𐊃𐊄𐊅𐊆𐊇𐊈𐊉𐊊𐊋𐊌𐊍𐊎𐊏𐊐𐊑𐊒𐊓𐊔𐊕𐊖𐊗𐊘𐊙𐊚𐊛𐊜𐊝𐊞𐊟𐊠𐊡𐊢𐊣𐊤𐊥𐊦𐊧𐊨𐊩𐊪𐊫𐊬𐊭𐊮𐊯𐊰𐊱𐊲𐊳𐊴𐊵𐊶𐊷𐊸𐊹𐊺𐊻𐊼𐊽𐊾𐊿𐋀𐋁𐋂𐋃𐋄𐋅𐋆𐋇𐋈𐋉𐋊𐋋𐋌𐋍𐋎𐋏𐋐𐋑𐋒𐋓𐋔𐋕𐋖𐋗𐋘𐋙𐋚𐋛𐋜𐋝𐋞𐋟𐋠𐋡𐋢𐋣𐋤𐋥𐋦𐋧𐋨𐋩𐋪𐋫𐋬𐋭𐋮𐋯𐋰𐋱𐋲𐋳𐋴𐋵𐋶𐋷𐋸𐋹𐋺𐋻𐋼𐋽𐋾𐋿𐌀𐌁𐌂𐌃𐌄𐌅𐌆𐌇𐌈𐌉𐌊𐌋𐌌𐌍𐌎𐌏𐌐𐌑𐌒𐌓𐌔𐌕𐌖𐌗𐌘𐌙𐌚𐌛𐌜𐌝𐌞𐌟𐌠𐌡𐌢𐌣𐌤𐌥𐌦𐌧𐌨𐌩𐌪𐌫𐌬𐌭𐌮𐌯𐌰𐌱𐌲𐌳𐌴𐌵𐌶𐌷𐌸𐌹𐌺𐌻𐌼𐌽𐌾𐌿𐍀𐍁𐍂𐍃𐍄𐍅𐍆𐍇𐍈𐍉𐍊𐍋𐍌𐍍𐍎𐍏𐍐𐍑𐍒𐍓𐍔𐍕𐍖𐍗𐍘𐍙𐍚𐍛𐍜𐍝𐍞𐍟𐍠𐍡𐍢𐍣𐍤𐍥𐍦𐍧𐍨𐍩𐍪𐍫𐍬𐍭𐍮𐍯𐍰𐍱𐍲𐍳𐍴𐍵𐍶𐍷𐍸𐍹𐍺𐍻𐍼𐍽𐍾𐍿𐎀𐎁𐎂𐎃𐎄𐎅𐎆𐎇𐎈𐎉𐎊𐎋𐎌𐎍𐎎𐎏𐎐𐎑𐎒𐎓𐎔𐎕𐎖𐎗𐎘𐎙𐎚𐎛𐎜𐎝𐎞𐎟𐎠𐎡𐎢𐎣𐎤𐎥𐎦𐎧𐎨𐎩𐎪𐎫𐎬𐎭𐎮𐎯𐎰𐎱𐎲𐎳𐎴𐎵𐎶𐎷𐎸𐎹𐎺𐎻𐎼𐎽𐎾𐎿𐏀𐏁𐏂𐏃𐏄𐏅𐏆𐏇𐏈𐏉𐏊𐏋𐏌𐏍𐏎𐏏𐏐𐏑𐏒𐏓𐏔𐏕𐏖𐏗𐏘𐏙𐏚𐏛𐏜𐏝𐏞𐏟𐏠𐏡𐏢𐏣𐏤𐏥𐏦𐏧𐏨𐏩𐏪𐏫𐏬𐏭𐏮𐏯𐏰𐏱𐏲𐏳𐏴𐏵𐏶𐏷𐏸𐏹𐏺

[illegible][illegible]

ä/ä i... Ł Ł äšäi||ç æç hello ɸ ä ç ä Ø ɸ Ł ç ä“ç æi... ç ɸ ɸ »ɸ ç šå%æ writei... Łš 10.4 Ł i... æå i...

```
int main()
{
    write(1, "hello, world\n", 13);
    _exit(0);
}
```

```
write a%æç ç'ä ä"ä æä l³ä"ä Ø ä° stdout^ ç'ä ä"ä æä l f ä ç ä l ä' ä i... l ç'ä ä"ä æä l f ä ç ä l :
```

â%8-11 ç» â"ç æl hello ç» ä' ç æ ç... łflŁŁ ç æi... ç·æ%ç» syscall æä/æŁ° ç» write å exit ç»ç» Ł° ç  
 â%œæ Øf å ĩ... ç» 9 Łĭ ä ç»ç» Ł° ç» write ç ç... å•å æä ĩ... rax ä'i... ç» 10 â... 12 Łĭ Łfiç%oofia æä Łĭç»  
 14 â... 16 Łĭ Ł° ç» \\_exit ç»ç» Ł° ç»

```
.section .data
string:
    .ascii "hello, world\n"
string_end:
    .equ len, string_end - string
.section .text
.globl main
main:
    # First, call write(1, "hello, world\n", 13)
    movq $1, %rax                # write is system call 1
    movq $1, %rdi                # Arg1: stdout has descriptor 1
    movq $string, %rsi           # Arg2: hello world string
    movq $len, %rdx              # Arg3: string length
    syscall                      # Make the system call

    # Next, call _exit(0)
    movq $60, %rax               # _exit is system call 60
    movq $0, %rdi                # Arg1: exit status is 0
    syscall                      # Make the system call
```









```
if ((pid = fork()) < 0)
    unix_error("fork error");
```









áðæð ·ä.. ʟfi·ä'ï... áðæðæç ç ä'ð% ï... ä ʟʃ á ç á æç äi ä%<sup>a</sup> áðæðʟç ʟ æð'ï... ʟ á æð æ' ð

ʃ æä ä"çʟʟç ʟ æð'ï... á æä.. äi æ init ʟç ʟ æä"äi ç á/áçʟç ʟ ç á»çʟ<sup>a</sup> init ʟç ʟ ç PID ä" 1ï... æððç»ç» áððæçç-á æð á"ç ï... äi ä ä.. ç æðï... æðæðʟç ʟ ç ʃ á<sup>a</sup> ʃ æçʟʟç ʟ ç æðæð æðäi ç shell æʟ æðððï... ææð' ʟfiðá æðäi ä'ç áðæð á ʟç ʟ<sup>a</sup> áðð%çáðæð á ʟç ʟ ç æðæð ʟç ï... äi ä'ä' çʟæð

ä ä"ʟç ʟ áðæð»ð ʟç ʟ°çð waitpid á%æðæç ä'äi ç á ʟç ʟ ç ææʟ á æð<sup>a</sup>

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
```

```
pid_t waitpid(pid_t pid, int *statusp, int options);
```

// ʟç á ï... ʃ ææð ï... á ä"á ʟç ʟ ç PIDï... ʃ æ WNOHANGï... á ä" 0ï... ʃ æð'æ'ð 0 ʟfiðï... á ä" -1

waitpid á%æðæç»æð 0» ʟfiæððï... ä% options=0 æðï... ï... waitpid æðʟç°çðç ʟ ç æðç ï... ç·á'äi setï... ä'ç ä ä"á ʟç ʟ ç æð<sup>a</sup> ʃ æð äð á ä'ç ä ä"ʟç ʟ áðá ʟ°çç æðá»ä-ä'ç' ç æð'ï... 0 æð waitpid ʟç á ç ä'ç æð á ʟç ʟ ç PID<sup>a</sup> æðï... ä'ç æð á ʟç ʟ ç ä'ç ʟç«á æðï... á æä.. ä ç'ç'ç' ä'á 0/æðä ç

1. á'äi ç äð á ç æð

ç äð á ç æð æðç-á æ pid æçðäi ç ï...

\* ʃ æ Pid>0ï... 0 æð ç äð á ä-æðä ä"á çç á ʟç ʟ ç ï... äi ç ʟç ʟ ID ç ä' pid<sup>a</sup>  
\* ʃ æ Pid=-1ï... 0 æð ç äð á ä-æðç-çʟʟç ʟ ææç á ʟç ʟ ç æç<sup>a</sup>

waitpid á%æðç æðæð'æ' ç-»á ç ç äð á ï... á æ Unix ʟç ʟ ç ï... äi»ææð'ä' ä á ʟfiðçfi"<sup>a</sup>

2. æfiæð» ʟfiçç ä"

áðæð»ð ʟç ä options ʟfiççfi"á,ð WNOHANGï... WUNTRACED á WCONTINUED ç á ʟʃ ç á ææ'ð

\* WNOHANGï... ʃ æð äð á ä'ç ä'»ä% á ʟç ʟ ç 0%ç æðæç æðï... 0 æð ä'-ç áðç á ï... ʟç á á...á 0ï...<sup>a</sup> 0» ʟfiç ʟç ä"æðæðʟç°çðç ʟ ç ï... ç·áæð ʟç ʟ ç æð<sup>a</sup> áðç ä'á ʟç ʟ ç æç á æðï... ʃ æðç æð æðæð  
\* WUNTRACEDï... æðʟç°çðç ʟ ç æðç ï... ç·á'ç äð á ä'ç ä ä"ʟç ʟ á æð'ç ææð ʟç«á æðï... ʟç PID<sup>a</sup> 0» ʟfiç ʟç ä"æðá"ʟç á ä'ç æç á ʟç ʟ ç<sup>a</sup> ä% ä% æðç æðæð'ç æð á ʟç«á æç á ʟç ʟ ç æðï... ʟç  
\* WCONTINUEDï... æðʟç°çðç ʟ ç æðç ï... ç·á'ç äð á ä'ä ä"æðæðç ʟç ç ʟç ʟ ç ææç äð á ä'ç

áðæð»ççæðç ç æðç ä'ð 0ç,ç á ʟðæð<sup>a</sup> ä'æ'ï...

\* WNOHANG | WUNTRACEDï... ç áðç á ï... ʃ æð äð á ä'ç á ʟç ʟ ç 0%æðæðç«á ææç æðï... á

3. ææð'á æð á ʟç ʟ ç 0 á"çʟæ

af æ statusp å ææi0 ç"ç i... 0 £ä, waitpid æ-ä.. åm status äæä åtæ' äi...£ -£ç å ç å £ç 0 ç ç¶ææjæ  
æææ¶¶äi ä, ä £§£0 status å æç å ä"äi i...

- \* WIFEXITED(status)i... af æä £ç 0 £ç £°çm exit æ£ ä ä"£ç å i... returni... æä,0 æi... æ-£ç å ç
- \* WEXITSTATUS(status)i... £ç å ä æ/æä,0 æç å £ç 0 å"ç¶æä å"æåm WIFEXITED() £ç å ä"ç æ
- \* WIFSIGNALED(status)i... af æå £ç 0 æiå ä"ä ä"æ£ç«æ£ °ç æjå•0 æç i... . 0 £ä, æ-£ç å ç a
- \* WTERMSIG(status)i... £ç å äi...£ -å £ç 0 æç æjå•ç ç.. å•ä å"æåm WIFSIGNALED() £ç å ä"ç æ
- \* WIFSTOPPED(status)i... af æå.. £££ç å ç å £ç 0 æ% å æiå æç i... 0 £ä, æ-£ç å ç a
- \* WSTOPSIG(status)i... £ç å å.. ££å £ç 0 æ æç æjå•ç ç.. å•ä å"æåm WIFSTOPPED() £ç å ä"ç æi.
- \* WIFCONTINUED(status)i... af æå £ç 0 æiå° SIGCONT æjå•0 æåflåm... å £ç å ç a

#### 4. 0 £flææ¶¶

af æ£°ç£ç £ç 0 æjæå £ç 0 i... 0 £ä, waitpid £ç å -1i... å¶ä £fi%ofi errno ä" ECHILDa af æ waitpid å%  
EINTRa

ææp - å Unix å%æç,åtç å,0

å WNOHANG å WUNTRACED £ç æç å,0 æiç-ç»0 æææ¶¶äi ä, ç a æ/ i... WNOHANG å WUNTR

```
/* Bits in the third argument to 'waitpid'. */  
#define WNOHANG 1 /* Donâ t block waiting. */  
#define WUNTRACED 2 /* Report status of stopped children. */
```

ä"ä æ%çç£ç ä å,0 i... æ 0j»åmæ£ç äå å« wait.h æææ¶¶i...

```
#include <sys/wait.h>
```

æä" Unix å%æç man 0jå å"ä æ£fi"æ% æiæ% åmæ£ç äæ%çç0 £ä"å%æ0 %£f å å«ç æææ¶¶a å æi  
errno.ha ä"ä ç i å æ£ç ç"ä... ææ"å å«ä ä"ç"ä" csapp.h ç æææ¶¶i... äi å æä æä,fäæ%çç ææå%æ

0 æ,0ç 8.3

å å"ä 0 çæ ä ææåfl£ %ç £¾ä"ä å i...

```
int main()  
{  
    if (Fork() == 0) {  
        printf("a"); fflush(stdout);  
    }  
    else {  
        printf("b"); fflush(stdout);  
    }
```

```

    waitpid(-1, NULL, 0);
}
printf("c"); fflush(stdout);
exit(0);
}

```

æä» ¸¥Ø ä å acbc<sup>a</sup> abcc å bacc ælâflL %oç i... å ä"äi æ» äli,,ä æLç ² å¾ æææä i... å³8-48i... <sup>a</sup> L å  
 Lç æç ä å ä äli,,ä æä» »ä% æææä i... å æäi æ» ælâ äflLj ç <sup>a</sup>

[Image: å³8-48 ç æ Øç 8.3 ç Lç ² å¾]

5. wait å%æ

wait å%ææ waitpid å%æç qi å ç æi...

```

#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>

```

```

pid_t wait(int *statusp);
// Lç å i... æ ææä i... å ä"å Lç ² ç PIDi... æ æä"Ø i... å ä" -1a

```

L° ç² wait(&status) ç æ•ä L° ç² waitpid(-1, &status, 0)<sup>a</sup>

6. ä%ç² waitpid ç ç'æ¼

å ä" waitpid å%ææä æ æi... ç å ä"æ¼ ä.. ææäfiå<sup>a</sup> å³8-18 å- ç"ä ä ä"² ä i... äi ä%ç² waitpidi... ä æç  
 Lj i... ç¶Lç ² å æ" N ä"å Lç ² i... å²ç 12 Lj i... æ ä"å Lç ² æ¥ä ä"äflä ç Ø å"ç¶æØ å"<sup>a</sup> åææ» ç²§

```

#include "csapp.h"
#define N 2

```

```

int main()
{

```

```

    int status, i;
    pid_t pid;

```

```

    /* Parent creates N children */
    for (i = 0; i < N; i++)
        if ((pid = Fork()) == 0) /* Child */
            exit(100+i);

```

```

    /* Parent reaps N children in no particular order */
    while ((pid = waitpid(-1, &status, 0)) > 0) {
        if (WIFEXITED(status))

```





```

/* Parent reaps N children in order */
i = 0;
while ((retpid = waitpid(pid[i++], &status, 0)) > 0) {
    if (WIFEXITED(status))
        printf("child %d terminated normally with exit status=%d\n",
               retpid, WEXITSTATUS(status));
    else
        printf("child %d terminated abnormally\n", retpid);
}

/* The only normal termination is if there are no more children */
if (errno != ECHILD)
    unix_error("waitpid error");

exit(0);
}

```

> 8-19 waitpid æçŞå æ"å Łç ç Øı"ä æå æŁç ä åææå Łç ç  
 ç æ Øç 8.4

Ł Ł ä Ø ç ç ç ä ĩ...

```

int main()
{
    int status;
    pid_t pid;

    printf("Hello\n");
    pid = Fork();
    printf("%d\n", !pid);
    if (pid != 0) {
        if (waitpid(-1, &status, 0) > 0) {
            if (WIFEXITED(status) != 0)
                printf("%d\n", WEXITSTATUS(status));
        }
    }
    printf("Bye\n");
    exit(2);
}

```

A. Łç ä"ç æ ä.. äŞç ä ä Łå"Łç ĩ...

B. Łç ä Łå"Łç ç ä Ş æŁŁ %ç Øı"ä æææ æ ĩ...



```
#include <stdlib.h>
char *getenv(const char *name);
```

```
#include "csapp.h"
```

```

int main(int argc, char *argv[], char *envp[])
{
    int i;

    printf("Command-line arguments:\n");
    for (i = 0; argv[i] != NULL; i++)
        printf(" argv[%2d]: %s\n", i, argv[i]);

    printf("\n");
    printf("Environment variables:\n");
    for (i = 0; envp[i] != NULL; i++)
        printf(" envp[%2d]: %s\n", i, envp[i]);

    exit(0);
}

```

#### 8.4.6 fork and execve

Unix shell Web æå;ååå æç ç å åå å%åçå fork å execve å%å shell æå ä“ä/ä å ç å ççç  
 æ sh ç å ì... å åå“çå å ä å ç ì... æ ç csh<sup>a</sup> tcsh<sup>a</sup> ksh å bash<sup>a</sup> shell  
 æå å ç åå/æ å...ì... read/evaluateì... æå/ì... çå å ç åå ååå/ååå “çæç ä ä“å%å

åå-23 å- çå ä ä“fi å shell ç main åå<sup>a</sup> shell æåå ä“å%ååå ç çååå stdin ä ååååå

```

#include "csapp.h"
#define MAXARGS 128

/* Function prototypes */
void eval(char *cmdline);
int parseline(char *buf, char **argv);
int builtin_command(char **argv);

int main()
{
    char cmdline[MAXLINE]; /* Command line */

    while (1) {
        /* Read */
        printf("> ");
        Fgets(cmdline, MAXLINE, stdin);
        if (feof(stdin))
            exit(0);

        /* Evaluate */
    }
}

```

```

        eval(cmdline);
    }
}

```

> 8-23 ă ä“đi ă ç shell ă đ ç main ă đ

8-24 ă đ“đi,ă%ă»Lj æ ă...ç äŁç ă đđi ç Øf Łf ä»ăđđŁ°ç parseline ă%ăđđi... ŁŞ ă8-25đ... đ... Ł  
 argv ă Ø ă đ đ“ă æŁç«ă Łfiđ”Łf ă đđđ đ“ă ç%fiç shell ă%ă»ă đ... Ø'đ đ-ă.. ŁŞŁØ Łđ đ“ă%ă»đ... Ł

```

/* eval - Evaluate a command line */
void eval(char *cmdline)
{
    char *argv[MAXARGS]; /* Argument list execve() */
    char buf[MAXLINE]; /* Holds modified command line */
    int bg; /* Should the job run in bg or fg? */
    pid_t pid; /* Process id */

    strcpy(buf, cmdline);
    bg = parseline(buf, argv);
    if (argv[0] == NULL)
        return; /* Ignore empty lines */

    if (!builtin_command(argv)) {
        if ((pid = Fork()) == 0) { /* Child runs user job */
            if (execve(argv[0], argv, environ) < 0) {
                printf("%s: Command not found.\n", argv[0]);
                exit(0);
            }
        }
    }

    /* Parent waits for foreground job to terminate */
    if (!bg) {
        int status;
        if (waitpid(pid, &status, 0) < 0)
            unix_error("waitfg: waitpid error");
    }
    else
        printf("%d %s", pid, cmdline);
}
return;
}

```

```

/* If first arg is a builtin command, run it and return true */
int builtin_command(char **argv)
{
    if (!strcmp(argv[0], "quit")) /* quit command */

```

```
â%ŁŁæä' â%œä'Ł; ä ä ĩ... eval â%œŁ° ç builtin\_command â%œĭ... Łflȳâ%œäæ äŁç ä ä'â%œä'Ł; ä æ
```



1ª áfå ŁŁ á 0ª ğí á ç shell á“æä ä“á ç%fiá%ä/â â quit á%ä/í... Łfi¥á%ä/ä.. ğ æ shellª ħí Ø ä%ç  
ğ æ builtin\\_cornnand ŁŁ á 0í... Ø Łä shell á ä”ä ä“á ŁŁ ğ í... äġáåå ŁŁ ğ äæŁġ æŁfi•æ ç ğ äª ä  
ŁŁ á á%çfiç ØġġØ ħí... ğ ää ä ä“á%ä/Łġª áfå í... shell ä%çç waitpid á%æç ä/ä% ä ğ æª ä% ä%  
æåæí... ŁŁ ä“ġí á ç shell ææç...”Ø •ç í... á ä”ħí äġä á æġí ç á á% ŁŁ ğª ä ġfiæŁŁ ä“ç...”Ø •äŁf æ ä

=====

## 8.5 äġä•

=====

## 8.5 äġä•

áçfiá ä”æġí,,á.. äæäġæç áfä ä”í... æä«ä†ġ» ç á”ä ġ«äġá Ł%fiäġæġ ä% á ä% ä¥æä/ä”æç ä% á- ä-  
ç çġä ġæ Ø« ä- ç Ł%fiäġä%ä.. ç á.. äí... ġ”ä” Linux äġä•í... ħí á Łfi,ŁŁ ğª á áæäæäġä ŁŁ ğª

ä ä“äġä•ä-æġä æä ħæġí... ħí Ø ç¥ŁŁ ğ çġ»ġ» äª ç ä ä ä“æġ ç-»á ç ä äġª æ ġ í... á³8-26 á- ġ”ä Li

æġ äġä•ç-»á Ø %äí,,ä” ä æġ çġ»ġ» ä äġª ä% á- ç ġ«äġá.. äæġç-á æä.. ä,äç ğ ä äç ç í... æä,æäġ,  
Łfi á%ä/¥ 0í... Ø Łä á æä-á Ø ğ ħí ä ä“ SIGFPE äġä•í... áç 8í...ª á ġ æä ä“ŁŁ ğ æŁġ ä æØ æ æä  
4í...ª á ġ æŁŁ ğ ŁŁ ġġ Ø æ á á á.. çġí... á æä-á Ø ğ ħí ä ä“ SIGSEGV äġä•í... áç 11í...ª áġä äġ  
Ctrl+Cí... ä ä-æġá æġæä Ctrl Ø fiá C Ø fií... í... Ø Łä á æä-á.. á Ø ä ä“ SIGINT äġä•í... áç 2í... ğ  
SIGKILL äġä•í... áç 9í... á..”áġġ æġªª ä% ä ä“á ŁŁ ğ ğ ææŁ á ææġí... á æä.. á Ø ä ä“ SIGCH

äª•	á ġ°	Ø» ŁfiŁġ ä”	ç,ä” ä äġ
1	SIGHUP	ğ æ	ğ çfiçŁææ
2	SIGINT	ğ æ	æŁ “Ø fiç ç äæ
3	SIGQUIT	ğ æ	æŁ “Ø fiç ç Ø á”
4	SIGILL	ğ æ	Ø æ æä/
5	SIGTRAP	ğ æäġŁ%äåå á \$\$\$^â \$\$\$	Ł•Ł,“Ø•Ø –
6	SIGABRT	ğ æäġŁ%äåå á \$\$\$^â \$\$\$	æŁ “ abort á%æç ğ æäġä•
7	SIGBUS	ğ æ	æçŁØ Łfi
8	SIGFPE	ğ æäġŁ%äåå á \$\$\$^â \$\$\$	æġ,,á.. ä,
9	SIGKILL	ğ æ\$\$\$^âġ\$\$\$	ææġª ä”
10	SIGUSR1	ğ æ	çææġ ä ç äġä• 1
11	SIGSEGV	ğ æäġŁ%äåå á \$\$\$^â \$\$\$	ææç á á á.. çġí... ææØ í...
12	SIGUSR2	ğ æ	çææġ ä ç äġä• 2
13	SIGPIPE	ğ æ	á ä ä“æġæŁfi»çæç ġġØ á á æä%
14	SIGALRM	ğ æ	æŁ “ alarm á%æç ħí æġáåäġä•
15	SIGTERM	ğ æ	Ł%fiäġġ æäġä•
16	SIGSTKFLT	ğ æ	á äç áåç ææØ
17	SIGCHLD	ä%ç¥	ä ä“á ŁŁ ğ á ææŁ ğ æ
18	SIGCONT	ä%ç¥	ğ ġġ»ŁŁ ğ ġ æŁfi¥ŁŁ ğ á æ
19	SIGSTOP	á æçç.áä ä ä“SIGCONT\$\$\$^âġ\$\$\$	ä ææŁ “ġ» çfiç á æäġä•



âf blocked ð% å Ø âfï... ä ð°ä”äjäå•æç ï... signal maskï... <sup>a</sup>

## 8.5.2 å Ø äjäå•

Unix ç»ç» æä/ä ðØ å Łç ç å Ø äjäå•ç æå¶<sup>a</sup> ææŁç ä æå¶Ø %æå”ä Łç ç ç» ï... process groupï...

### 1. Łç ç ç»

æä“Łç ç Ø %å”å- ä ä ä“Łç ç ç» ï... Łç ç ç» æç-ä ä“æææŁç ç ç» ID ææŁç ç <sup>a</sup> getpgrp å%æŁç å

```
#include <unistd.h>
pid_t getpgrp(void);
```

```
// Łç å ï... Ł°çŁç Łç ç Łç ç» IDa
```

Ø» Łfi/äï... ä ä“å Łç ç å æç ç¶Łç ç å å- ä ä ä“Łç ç ç» <sup>a</sup> ä ä“Łç ç åflä»¥Ø Łç ä%çç setpgid å%ææ

```
#include <unistd.h>
int setpgid(pid_t pid, pid_t pgid);
```

```
// Łç å ï... Ł ¥æå å ä”oï... Ł ¥Ø Łflflä ä” -1a
```

setpgid å%æä Łç ç pid ç Łç ç ç» æä” pgid<sup>a</sup> ä æ pid æï 0ï... Ø Łä ä-ä%ççä% å Łç ç ç» PID<sup>a</sup> ä æ ä% ä“Łç ç ç» ID<sup>a</sup> ä/ä ï... ä æŁç ç 15213 æŁ°çŁç ç ï... Ø Łä

```
setpgid(0, 0);
```

ä.. å ä”ä ä“æç Łç ç ç» ï... å¶Łç ç ç» ID æï 15213ï... ä¶ææŁç ç 15213 å å¥åŁç ä“æç Łç ç ç» ä<sup>a</sup>

### 2. çç /bin/kill ç ä å Ø äjäå•

/bin/kill ç ä åflä»¥å åfäç Łç ç å Ø ä»æç äjäå•<sup>a</sup> æ ä ï... å%ä/

```
linux> /bin/kill -9 15213
```

å Ø äjäå• 9ï... SIGKILLï... ç Łç ç 15213<sup>a</sup> ä ä“ä”Ł ç PID ä.. äï...Ł-äjäå•Łç«å Ø åŁç ç ç» PID äç

```
linux> /bin/kill -9 -15213
```

å Ø ä ä“ SIGKILL äjäå•ç Łç ç ç» 15213 äç æä“Łç ç <sup>a</sup> æææï... åæææä»ä%ççæï æŁ•flä/4/bin/killï...

### 3. ä Ø fiç å Ø äjäå•

Unix shell 8%0zç8%0 ä i... jobi... 7z ä“æ%0L-jæ æjææ7zç”ä”äi,,ä æä%0ä/7z æ ä...7 ä ä”ç 7z çª ä æä”

```
linux> ls | sort
```

ä.. ä ä”ä ä“ç-ä ä“7z ç çª æç ä ä%0 ä i... 7z ä ä“7z ç æi0 7z Unix çfi;0 7z æ7zæç i... ä ä“7z ç 7z ä”æ ä“æ%0 ä ä ä”ä ä“ç ç 7z ç çªª 7z ç çªª ID 0 ä,ä 7z “æ%0 ä ä ç 7z ç çªª ä ç ä ä“ª æ æ i... ä 8-28 ä-20i... 7z ç çªª ID ä ä” 20ª ç 7z ç çªª ä ä”ä ä 7z ç i... æ ä“ä 0 %0æ7z ç çªª 20 ç æäª

[Image: &#x56FE; 8-28 &#x524D;&#x53F0;&#x548C;&#x540E;&#x53F0;&#x8FDB;&#x7A0B;&#x7EC

ä0 fiç ä 7zæª Ctrl+C ä.. äi...7z -ä æä 0 ä ä“ SIGINT æjæªªª ä 7z ç çªª æ ä“7z çªª 0» 7zæä7z i... ç ææiä æi... æ7zi... ä ä%0 äª

4. çª kill ä%0æä 0 æjæª

7z ç 0 7z 7z çª kill ä%0æä 0 æjæª çªª ä7z 7z ç i... ä æäi ä 7z “ä-i...ª

```
#include <sys/types.h>
#include <signal.h>
```

```
int kill(pid_t pid, int sig);
```

```
// 7z ä i...7z ææä ä ä” 0i...7z æ0 7zfiä ä” -1ª
```

æ æ pid æä 0 7zi... 0 æä kill ä%0æä 0 æjæªª ç sig ç 7z ç pidª æ æ pid ç ä 0 7zi... 0 æä kill ä 0 ä ç 7z çªª 7z æä7z ç çªª ä ç æ ä“7z ç i... ä æ7z çªª 7z ç “äª æ æ pid æ ä 0 7zi... kill ä 0 æjæª sig æ ç”ä ä ä“ç”ä... ç 7z ç çªª kill ä%0æä 0 SIGKILL æjæª çªª ä ç ä 7z çªª

```
#include "csapp.h"
```

```
int main()
{
```

```
    pid_t pid;
```

```
    /* Child sleeps until SIGKILL signal received, then dies */
```

```
    if ((pid = Fork()) == 0) {
```

```
        Pause(); /* Wait for a signal to arrive */
```

```
        printf("control should never reach here!\n");
```

```
        exit(0);
```

```
    }
```

```
    /* Parent sends a SIGKILL signal to a child */
```

```
    Kill(pid, SIGKILL);
```

```
    exit(0);
```

}

> á³8-29 á%öçð kill á%öäá Ø äjå•ç» á Ìç ð

5. çð alarm á%öäá Ø äjå•

Ìç ð áflä»Ø Ìç Ì° çð alarm á%öäá äí Ì “á-á Ø SIGALRM äjå•ª

```
#include <unistd.h>
unsigned int alarm(unsigned int secs);
```

// Ìç á Ì... á ä æØ „Ø á'á% ç ö äí... Ì ¥ä»¥á æjæLfíäí Ø „Ø Ì... á ä”0ª

alarm á%öäí äá äð secs ö á á Ø ä ä“ SIGALRM äjå•ç» Ì° çðÌç ðª ä æ secs äíØ ¶Ì... Ø Ìä ä ä. ç Ì° çðØ %ä á ä»»á% ä/ä ç Ì... pendingÌ... Ø „Ø Ì... ä¶ä Ìç á ä»»á% ä/ä ç Ø „Ø áðç«á Ø á Ìç ç Ì° çðæjæä ä äí ç Ìfl Ì... Ì... ä ææjæä»»á% ä/ä ç Ø „Ø Ì... ä-Ìç á Ø ¶ª

8.5.3 ææjæjå•

á% á ææÌç ð p ä» á ææjå.. á æáçðææjå.. ä¶Ì... ä/ä Ì... ä ç»ç» Ì° çðÌç á ææíäí ää ä æä ä äá æ &~blockedÌ...ª ä ææÌç ä“Ø á ä”ç”Ì... Ø ä,æá¶ Ì... Ì... Ø Ìä á ää ä¶ä¶.. Ø á° ç Ø »Ì°æä¶æä ç ä Ì{next}\$\$Ì...ª ç¶Ì Ì... ä æØ á äíØ ç”ç Ì... Ø Ìä á æØ æØ á ä»ç ää“äjå• kÌ... Ø ä,æíæä ç kÌ... Ì. kª ä¶áÌç ä“äjå•á.. Ì\$fa Ìç ð Ø á æö Ìç ä”ª ä æfÌç ð äí ää Ìç ä“Ìç ä”Ì... Ø Ìä ä¶ä¶ä-ä.. Ø á p Ì{next}\$\$Ì...ª ä ä“äjå•ç»á Ø %ä ä“Øç äí ä ç Ø» ÌflÌç ä”Ì... ää Ø çä ç ä ö Ì...

\* Ìç ð ç» æªª  
\* Ìç ð ç» æä¶¶Ì%áðá áª  
\* Ìç ð á ä¶Ì... æLpÌ... ç·á°ç« SIGCONT äjå•Ø áflª  
\* Ìç ð ä%ç¥fl¥äjå•ª

á³8-26 á-ç”ä ä ää“äjå•ç»á ç,á¶Ì ç Ø» ÌflÌç ä”ª ä ä í... ä¶á° SIGKILL ç Ø» ÌflÌç ä”ä-äíç ææææ ç Ø» ÌflÌç ä”ä-äíä%ç¥Ìç ä“äjå•ª Ìç ð áflä»Ø Ìç á%öçð signal á%öäíæá äjå•ç,á¶Ì ç Ø» ÌflÌç

```
#include <signal.h>
typedef void (*sighandler_t)(int);

sighandler_t signal(int signum, sighandler_t handler);
```

// Ìç á Ì... Ì ¥äá á ä”äá á æä ç ð ä ç æØ Ì... Ì ¥ä”Ø á ä” SIG\_ERRÌ... ä Ìfí%fi errnoÌ...ª

signal á%öäíæä»Ø Ìç ä á ä ö ææ ä ä ææá á äjå• signum ç,á¶Ì ç Ìç ä”Ì...

\* if handler SIG\\_IGN... Ø Æ ä ¨%ç¥ç-» ä" signum ç äjå•ª  
 \* if handler SIG\\_DFL... Ø Æ ç-» ä" signum ç äjå•Lj ä"æä"Ø» LfLj ä"  
 \* åfå i... handler ä-æçæäi ä ç å%æç åå i... Lç ä"å%æLç«ç"ä"äjä•äç ç ä i... å"Lf Lç ç ææåå"ä  
 signal å%æä» L æå Ø» LfLj ä"i... Lç å«å Lfiç%fiäjä•äç ç ä i... installing the handleri...ª L°çæjä

ä% ä ä"Lç ç æL •ä ä ä"ç-» ä" k ç äjå•æi... ä.. L°çæ"äjä• k Lfiç%fiç äç ç ä i... ä ä"æåå æLç«Lfç

ä% äç ç ä æLj äi ç return Lfåææi... æåæi... Ø å,i... ä.. Ø å æåææLç ç Lç«äjä•ææä"æä% ç

å³8-30 å-ç"ä ä ä"ç ä i... äi æL •çæååØ fiç ä L³åæ Ctrl+C æiå Ø ç SIGINT äjä•ª SIGINT  
 ç Ø» LfLj ä"æç ååç æLfi¥Lç çª ååLç ä"ç"ä"i... æä"ä Ø» LfLj ä"äfiæä"æL •äjä•i... L³å"ä ææ

```
#include "csapp.h"
```

```
void sigint_handler(int sig) /* SIGINT handler */
```

```
{
    printf("Caught SIGINT!\n");
    exit(0);
}
```

```
int main()
```

```
{
    /* Install the SIGINT handler */
    if (signal(SIGINT, sigint_handler) == SIG_ERR)
        unix_error("signal error");
```

```
    pause(); /* Wait for the receipt of a signal */
```

```
    return 0;
```

```
}
```

> å³8-30 ä ä"çæjä•äç ç ä æL • SIGINT äjä•ç ç ä

äjä•äç ç ä åflä»¥Lç«åiä" äjä•äç ç ä äæi... åf å³8-31 æç"ª ååLç ä"ä"ä"i... ä"ç ä æL •åäjä• si  
 tä si... Lfi¥äjä•ä.. äæ Si... æåæL%ç«»åäç ç ä Tª ä% T Lç å æi... S ä äi Lç«äæç åæççç»æ

[Image: &#x56FE; 8-31 &#x4FE1;&#x53F7;&#x5904;&#x7406;&#x7A0B;&#x5E8F;&#x53EF;&#x4EE5;  
 8AB;&#x5176;&#x4ED6;&#x4FE1;&#x53F7;&#x5904;&#x7406;&#x7A0B;&#x5E8F;&#x4E2D;&#x65A1;

ç ä Øç 8.7

ç.. å ä ä"å«å snooze ç ç ä i... äi æä ä"å%ä»Lj å æi... çåLç ä"å æL°ççç ä Øç 8.5 äç snooze å%æ  
 snooze å%æª æf i...

```
linux> ./snooze 5
```

```

CTRL+C          // User hits Ctrl+C after 3 seconds
Slept for 3 of 5 secs.
linux>

```

```

å“Łf ä.. ç ŁŁ ç æſſå“ä æŁç«æ%ç¥ç æĵå•İ... sleep å%æä-ä.. æå ŁŁ åª æ%æİİ... åä”æſſå“ä SIG
åç ç å æå Łfi, sleep å%æŁŁ åª æç ç å ği å åæŁ • SIGNALİ... æſſå æſſåŁŁ å ç sleep å%æİİ... Łfi

```

```

#include "csapp.h"

/* SIGINT handler */
void handler(int sig)
{
    return; /* Catch the signal and return */
}

unsigned int snooze(unsigned int secs) {
    unsigned int rc = sleep(secs);

    printf("Slept for %d of %d secs.\n", secs - rc, secs);

    return rc;
}

int main(int argc, char **argv) {

    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: %s <secs>\n", argv[0]);
        exit(0);
    }

    if (signal(SIGINT, handler) == SIG_ERR) /* Install SIGINT */
        unix_error("signal error\n"); /* handler */
    (void)snooze(atoi(argv[1])); 26 exit(0);
}

```

8.5.4 Ø »å å ŁŁŁØ/Ø »å æĵå•

Linux æäØ »å æĵå•ç Ø å.. å æä.. ç æäſſİ...

```

* Ø å.. Ø »å æäſſª å æØ» ŁfiØ »å ä»æ% æ% å æç ç å æåªæç æĵå•ç»å ç ææç ç æĵåª æſ İ... åª
sİ... Ø Łä ç-åæç ç å S ŁŁ å İ... s ä.. å æææç Ł æĵæŁç«ææªª
* æä.. Ø »å æäſſª å ççç å åflæ¥æ%çç sigprocmask å%æä åi ç Łª'å%æİİ... æġfiåØ »å å ŁŁŁØ/Ø

```

```

#include <signal.h>

```









> a³B-34 äjã•ǻç ǻ ǻ ç SIOï... ǻï ǻ ǻ I/Oï... ǻ

å³8-35 ç» å"ä å³8-30 ä» SIGINT äç ç ä ç ä ä"äi åç ç æª

```
#include "csapp.h"
```

```
void sigint_handler(int sig) /* Safe SIGINT handler */
{
    Sio_puts("Caught SIGINT!\n"); /* Safe output */
    _exit(0);                     /* Safe exit */
}
```

> ă³8-35 ă³8-30 ç SIGINT ăç ă ç ä ä“ăi ămç æ

[illegible]

\* G3. Ø »ǎ ææç ǎjǎ•ī... ǎ æǎī,,ǎ-ǎ«ǎǎǎ- æǎīç» æç ʟfiçØ fiǎ ǎf æǎç ç ǎ ǎ ǎ»ç ǎ ǎ æǎīǎ ǎç ç ǎ ǎ- ǎ ææç ǎjǎ•ǎ ʟç æʟç ǎ ç ǎ ǎ æǎ ǎ» ǎ»ç ǎ ʟfiçØ fiǎ ǎ«æǎīç» æ d Ø ǎ,Ø ʟf ǎ ç»ǎ ç æǎ/ī... ǎf ææǎ/æ ç ç ʟǎæǎ ǎç ʟ-ī... ǎ/ǎǎ ǎfiçç ççç ç» æǎ ǎǎʟfiçØ fi d æǎæǎīØ »ǎ ǎjǎ•ǎ ʟfi ǎ ǎç ç ǎ ǎ ǎ... ǎæʟfiçæǎ/ǎ

[illegible]

afle » volatile ç»å Ø ãi çfaæãï ä ä ä«å Ø i... å Lfl ç.. Lfl åä Lf ç.. å Lç ä«å Ø á ä/i i...

```
volatile int g;
```

volatile Ø ãi çfã..”ŁŁ «ç.. Łfl ãããã»Łç ãã.. çã gãŁŁ... Ø %Łf ã» ã ã ã»Łfl»ã g ç ã... ã Ł ãŁ

\* G5. çœ sig\atomic\t

[illegible]

```
volatile sigatomict flag;
```

```

å ä"äi ä"äflä äflä"æç i... æä"¥äflä"¥äi ååå"lf"å å sig\atomic"å å i... L ä å lf ææ"å »ä äjå"å
flag=flag+10 L æç ææi... äi ä"äfl"%%å lf äææä"å

```

```

Lf Lfi%æä`L; Ø LfiL;°ç L$ å ælä æi ç i... ä ä--æLfi-æi æ`ä æ æläæ...ä Ø ç a ææ i... æ æä% ç
printf ç æi æ% %ä ä.. Lç«äç ç æ' ä`æi... Ø Éä åäç ç æ' ä`L°ç printf
ä--æläi åç a æi,ä--ä«äåä ææç Lfi;Ø fiä ælä æa ä L; i... ä L æLfi-L; ç æL æä Ø %fi æa æäæ
errnoi... ä, ælä,ä--ä«ææç æç Lfi;Ø fii... ä %ç volatile å sig/atomic)t^

```

## 2. æŋfiç æjå•åç

æjå•ç ää“äç-LS äçfç æð çæŋæåç ç æjå•æjå æð ç<sup>a</sup> åä” pending æ% å ð äæŋ ç-»åç æjå•å“äŋ,, ç æjå•å ð ç ää“çfiç Lç ç i... L åä“çfiç Lç ç æ% å æåæŋæjå æjå• k ç åç ç ä i... æå¥æjå• k Lç«ð »ä ä i... ð æç çä ä“æjå•ä-ŋi å åLç«äçå.. ä i... äi ä ä.. æð<sup>a</sup> å†ð fiæææŋæjå æå ååä ä“æåç

Lf ä LSæLç æä.. æ æ% æ%-å æŋfiæŋi... æç ä ä“ŋi å ç ä çç... äi æL-åç-»ä.....ä å shell å Web æå å ç æ<sup>a</sup> çLç ç æ ði»å æjå Lç ç æ¥ð ç å åç»ç»ç äç ä åæLç ç<sup>a</sup> æ% æjåæ»Lç å æçLç ç L % æç ç ä æå æjå Lç ç i... L ä æjåæ.. åç æjå Lç ç ç æ<sup>a</sup> i... å æä ä i... å“Lf æä ä“å Lç ç ç æææL

å³B-36 å-çä æä»ç å æä Lfi<sup>a</sup> çLç ç Lfiæ%fiä ä ä“ SIGCHLD åç ç ä i... çLå å å”ä 3 ä“å Lç ç<sup>a</sup> å æjåi... çLç ç ç ææL “ç çflç ä ä“LåæLj i... ð å åç äi<sup>a</sup> Lç ä“åç Lç«æjå å å”ä ä“æð SIGCHLD æjå•i... å æjå ä“å Lç ç i... å ä ä åLå ç æç æ¥æ% i... æjå å å” sleep Lfiå¥i... i... çLå Lç å

```
/* WARNING: This code is buggy! */
```

```
void handler1(int sig)
{
    int olderrno = errno;

    if ((waitpid(-1, NULL, 0)) < 0)
        sio_error("waitpid error");
    Sio_puts("Handler reaped child\n");
    Sleep(1);
    errno = olderrno;
}

int main()
{
    int i, n;
    char buf[MAXBUF];

    if (signal(SIGCHLD, handler1) == SIG_ERR)
        unix_error("signal error");

    /* Parent creates children */
    for (i = 0; i < 3; i++) {
        if (Fork() == 0) {
            printf("Hello from child %d\n", (int)getpid());
            exit(0);
        }
    }
}
```

```
/* Parent waits for terminal input and then processes it */
if ((n = read(STDIN_FILENO, buf, sizeof(buf))) < 0)
```











```

while ((pid = waitpid(-1, NULL, 0)) > 0) { /* Reap a zombie child */
    Sigprocmask(SIG_BLOCK, &mask_all, &prev_all);
    deletejob(pid); /* Delete the child from the job list */
    Sigprocmask(SIG_SETMASK, &prev_all, NULL);
}
if (errno != ECHILD)
    Sio_error("waitpid error");
errno = olderrno;
}

int main(int argc, char **argv)
{
    int pid;
    sigset_t mask_all, prev_all;

    Sigfillset(&mask_all);
    Signal(SIGCHLD, handler);
    initjobs(); /* Initialize the job list */

    while (1) {
        if ((pid = Fork()) == 0) { /* Child process */
            Execve("/bin/date", argv, NULL);
        }
        Sigprocmask(SIG_BLOCK, &mask_all, &prev_all); /* Parent process */
        addjob(pid); /* Add the child to the job list */
        Sigprocmask(SIG_SETMASK, &prev_all, NULL);
    }
    exit(0);
}

```

> 8-39 ä ä“ä•æç» ää äæØ ðflflç shell ç ä<sup>a</sup> äf ää ð ð ç äç¶¶ð ð ð ð %ä ä.. ä ð ð ä ä-ç» ää ï..

ä% ç¶¶ð ð ä ä”ä ä“æç ä ð ð ä ï.. ää ä-æð ä“ä ð ð ç æ» ä ä% ä ä ð ä»<sup>a</sup> ä% ç¶¶ð ð ä SIGCHLD

ä j ä ç ï.. ð ð æ» ð ç ää ä, ç ää ï.. äfl %ä ç ä Ø ð ð æç ä ä¶¶ ä ä ï..

1. ç¶¶ð ð æð fork ä%äï.. ä æ° äfæä ä”ç ä ð ð ð ð ð ï.. ð ä æç¶¶ð ð<sup>a</sup>
2. äç¶¶ð ð ð %ä ä æð ð ä ä ï.. ä ð ð ä-ç» ää ï.. ä¶¶ ä ä ää ä“äæð ð ð ï.. ä% ä ä ää.. Ø ä ä“
3. ä äï.. ä% ç¶¶ð ð ä ää äæð ð ä ä% ä ää äæð ä ä ä ï.. ä äæäæäæäç ç SIGCHLD ä j ä•ï.. ä
4. ä j ä•äç ç ä ä æç» æç ä ð ð ï.. ä¶° ç deletejobï.. ð ä“ä%äæä» ä ä ä ä ï.. ä ä“ç¶¶ð ð ð æj
5. ääç ç ä ð ð ää ï.. ä æð ð ç¶¶ð ð ï.. ç¶¶ð ç ä fork ð ä ä ï.. Ø ð ð °ç add-job Ø ð flfl

ä äï.. ää ç¶¶ð ç ç main ç ä ä ä j ä•äç æç ää äØ ï.. äfl %ä.. ä addjob ä ä °ç deletejob<sup>a</sup> ð ää.. ä ä% ä ä ð ä»ä”ç ä ä“ä æçflç æçflï.. ää ä ä ä“ä ä ä ä äæð ä ä ä.. ð«ä Ø / °çð ð ä äï.. ä ää ä%° äfç¶¶ð ð ð ä ää ð ð ð ð ð ð ð ð ð ç¶¶ð ç ä-ä.. æçfiäæä ð ð æ







å å å- æä lfl äi, sigprocmaski... ç 1 Łj i... å pausei... ç 2 Łj i... ç Ł° çææä lŁpå ç ç i... ä ä.. Łç  
ä å ä% åŁ° ç pause ä å æiå°ä ä ä“ä jå•a

å³8-42 å- ç”ä ä ä% ä%ç sigsuspend ææä åå³8-41 äç äçflå åæææŁ° ç sigsuspend ä å i... Ø %  
ä.. ææiå æ Ø »å SIGCHLDi... çiå ä.. ç i... ç·åçiŁç ç æŁ •ä jå•a åŁç å ä å i... äi ä.. æäå æ ç Ø  
ä jå•i... Ø åä äçflæŁfl æå i... ä ä æŁç›æ åå å æŁ° ç sigsuspendª ä æçiŁç ç æŁ •ä ä“ SIGCHLDi..  
æiŁç«Ø »å ç i... æä¥æä›åflä¥åflØ åå æ Ø »å SIGCHLDO åç äi ç æå åä% ä Ø Łf å æiç shell å

```
#include "csapp.h"
```

```
volatile sig_atomic_t pid;
```

```
void sigchld_handler(int s)
{
    int olderrno = errno;
    pid = Waitpid(-1, NULL, 0);
    errno = olderrno;
}
```

```
void sigint_handler(int s)
{
}
```

```
int main(int argc, char **argv)
{
    sigset_t mask, prev;
```

```
    Signal(SIGCHLD, sigchld_handler);
    Signal(SIGINT, sigint_handler);
    Sigemptyset(&mask);
    Sigaddset(&mask, SIGCHLD);
```

```
    while (1) {
        Sigprocmask(SIG_BLOCK, &mask, &prev); /* Block SIGCHLD */
        if (Fork() == 0) /* Child */
            exit(0);
```

```
        /* Wait for SIGCHLD to be received */
        pid = 0;
        while (!pid)
            sigsuspend(&prev);
```

```
        /* Optionally unblock SIGCHLD */
        Sigprocmask(SIG_SETMASK, &prev, NULL);
```















```

{
    Fork();
    Fork();
    printf("hello\n");
    return;
}

int main()
{
    doit ();
    printf("hello\n");
    exit(0);
}

```

❏ 8.13

8.13

```

#include "csapp.h"

int main()
{
    int x = 3;

    if (Fork() != 0)
        printf("x=%d\n", ++x);

    printf("x=%d\n", --x);
    exit(0);
}

```

❏ 8.14

8.14

```

#include "csapp.h"

void doit()
{
    if (Fork() == 0) {
        Fork();
        printf("hello\n");
        exit(0);
    }
}

```

Ç» ä Øç 8.15

```
#include "csapp.h"
```

```
int main()
{
    doit();
    printf("hello\n");
    exit(0);
}
```

ç» ä, Øç 8.16

```
#include "csapp.h"
```

```
int main()
{
    if (fork() == 0) {
        counter--;
```

```

        exit(0);
    }
    else {
        Wait(NULL);
        printf("counter = %d\n", ++counter);
    }
    exit(0);
}

```

8.17

8.4

8.18

...

```

#include "csapp.h"

```

```

void end(void)
{
    printf("2"); fflush(stdout);
}

```

```

int main()
{
    if (Fork() == 0)
        atexit(end);
    if (Fork() == 0) {
        printf("0"); fflush(stdout);
    }
    else {
        printf("1"); fflush(stdout);
    }
    exit(0);
}

```

...

A. 112002

B. 211020

C. 102120

D. 122001

E. 100212

¶ ä Ø¢ 8.19

ä Ø ¢ ¢ å%æä.. æå°ä'ä ¢; ¢³/ä"i... ¢¤ä ä" n ¢ å%æ¢» å"¢ æª å ¢fi\$small n \geqslant 1\$ª

```
void foo(int n)
{
    int i;

    for (i = 0; i < n; i++)
        Fork();
    printf("hello\n");
    exit(0);
}
```

¶ ä Ø¢ 8.20

ä%¿¢¤ execve ¢... å ä ä"å« å myls ¢ ¢ ä' i... ¢fi¥¢ ä ¢ ¢; ä"å /bin/l\$ ¢ ä ¢ ä æª ä% ¢ ¢ ä' ä ¢fi¥æªå ¢

ls ¢ ä' ä» COLUMNS ¢fiå ¢ Ø ä¸ ¢•ä/ä- ä ¢ äfi%äfa äf ææjælfif%fi COLUMNSi... Ø £ä ls ä.. å ¢fi  
80i... ææææ% äfi,¢fiå ¢ Ø ¢ ä ¢ i...

```
linux> setenv COLUMNS 40
linux> ./mys
.
. // Output is 40 columns wide
.
linux> unsetenv COLUMNS
linux> ./mys
.
. // Output is now 80 columns wide
.
```

¶ ä Ø¢ 8.21

ä Ø ¢ ¢ ¢ ä åfi ¢ %¢ ¢³/ä ¢ ä åfi» ä i...

```
int main()
{
    if (fork() == 0) {
        printf("a"); fflush(stdout);
    }
```

```

        exit(0);
    }
    else {
        printf("b"); fflush(stdout);
        waitpid(-1, NULL, 0);
    }
    printf("c"); fflush(stdout);
    exit(0);
}

```

❏ 8.22

❏ Unix system

```

int msystem(char* command);

```

msystem is a function that runs a command in a shell. It is similar to the system() function, but it is more portable. It is defined in the csapp.h header file. The function takes a pointer to a string as an argument, which is the command to be executed. It returns the status of the command.

❏ 8.23

The following code snippet shows how to use the msystem function. It defines a handler function that increments a counter and sleeps for 1 second. It then calls msystem to run a command that prints the counter value. The command is run in a shell, so it can use the shell's built-in commands.

```

#include "csapp.h"

```

```

int counter = 0;

```

```

void handler(int sig)
{
    counter++;
    sleep(1); /* Do some work in the handler */
    return;
}

```

```

int main()
{
    int i;

    Signal(SIGUSR2, handler);

    if (Fork() == 0) { /* Child */
        for (i = 0; i < 5; i++) {
            Kill(getppid(), SIGUSR2);

```





âfi... âpæLç æfläl,,ç äfi ç shell â¥â% æä.. ç fi â a ç äfi ç shell Ø i... â æä ä' Ctrl+Cï... Ctrl+Zi... i... a  
SIGINTi... SIGTSTPi... ç·æä Ø ç ç çflä â%Lç ç ç ç äç æäLç ç a shell ç tcsetpgrp â%æfiç Lç  
â%æfiç ç ç flç â æi... Lç ä/ä"â%æØ %L¶ ä"ä æäflfiçLçç L â.a aflä¥ä L a 62a L •äLflç ç äjæ  
â³8-46 â- ç"ä ä ä" shell ä.. Lfl ç"ä

```
linux> ./shell # Run your shell program
```

```
>bogus  
bogus: Command not found. # Execve canâ t find executable
```

```
>foo 10  
Job 5035 terminated by signal: Interrupt # User types Ctrl+C
```

```
>foo 100 &  
[1] 5036 foo 100 &
```

```
>foo 200 &  
[2] 5037 foo 200 &
```

```
>jobs  
[1] 5036 Running foo 100 &  
[2] 5037 Running foo 200 &
```

```
>fg %1  
Job [1] 5036 stopped by signal: Stopped # User types Ctrl+Z
```

```
>jobs  
[1] 5036 Stopped foo 100 &  
[2] 5037 Running foo 200 &
```

```
>bg 5035  
5035: No such process
```

```
>bg 5036  
[1] 5036 foo 100 &
```

```
>/bin/kill 5036  
Job 5036 terminated by signal: Terminated
```

```
> fg %2 # Wait for fg job to finish
```

```
>quit
```

```
linux> # Back to the Unix shell
```



ä ä“ç»ç» ŁŁ æä ä“ç'ç å“å ç”Ø·ï... physical address spaceï... ï... äï,ä' ä' ç»ç» ä'ç'ç å å ç M ä“å Ł ï...

$\$$   
 $\{0,1,2,\cdots,M-1\}$   
 $\$$

$M$  ä  $L_f$  æ æi 2 ç ä i... ä% æiä"ä çfi ä  $L_{fi}$ fi"i... æä"ä  $L_{fi}$ fi $\$$ small  $M=2^m$  $\$$  a

ä"ä ç"Ø ·ç æ ä, æiä"Ø  $L_f$  ç i... ä ä"äfi æä ä"ä"ä ä æäfiäi,  $L_{fi}$  i... ä  $L$  i... ä äfi ä"ç ä æi... ä"ä i... a ä æ  
 ä ä"ä ä ç ä"ä ç"Ø ·a  $L_{fi}$  ä-æiä æä ä ç ä"æææ"ä ä"ä ä ç æ ä  $L$  Ø %æä ä"Ø  $L$  "ä æä"ä ç"Ø ·ç  $L$  æä"ä

ç" ä Øç 9.1

äfi æä Ø çç  $L_{fi}$ æ...i... ä «ä ç..."ä-ç æçfi... ä,ä ççØ ä% ç ææä ä"æä ä"Ø fia"

ä"ççä ä ä ä% i...  $\$$ small  $K=2^{10}$  $\$$ i... kiloï... ä i... i...  $\$$ small  $M=2^{20}$  $\$$ i... megaï... ä i...  
 $G=2^{30}$  $\$$ i... gigaï... ä ä i... ä ä"i... i...  $\$$ small  $T=2^{40}$  $\$$ i... teraï... ä ä"i... i...  $\$$ small  
 $P=2^{50}$  $\$$ i... petaï... ä ä ä i... i... æ $\$$ small  $E = 2^{60}$  $\$$ i... exaï... ä ä ä i... a

$L$  æä"ä ä% æi... nï...  $L$  æä"ä æi... Nï... | æä"äfiä %ç  $L$  æä"ä |  
 | :---: | :--- | :--- |  
 | 8 | | |  
 | |  $\$$ small  $2^? = 64$ rm K $\$$  | |  
 | | |  $\$$ small  $2^{32}-1=?$  G-1 $\$$  |  
 | |  $\$$ small  $2^? = 256$  T $\$$  | |  
 | 64 | | |

$L_{fi}$  Ø Øç  $L_{fi}$ ä% äi,ä ä ä"ä ç"Ø ·ç æä æä ä"ä  $L_{fi}$ æä æä ä% æi... ä ä" 32  
 ä% ä"ä ç"Ø ·ç ä ä"ä.....ä æiææ æiä-ç æä ä% æi... ç"äæä æäfiä ä ç äfiä ççØ  $L_f$  æäçç ä"ä ç"Ø ·ç i...

$L$  æä"ä ä% æi... nï...  $L$  æä"ä æi... Nï... | æä"äfiä %ç  $L$  æä"ä |  
 | :---: | :--- | :--- |  
 | 8 |  $\$$ small  $2^8 = 256$  $\$$  |  $\$$ small  $2^8 -1= 255$  $\$$  |  
 | 16 |  $\$$ small  $2^{16} = 64$ ~rm K $\$$  |  $\$$ small  $2^{16} -1= 64$ ~rm K -1 $\$$  |  
 | 32 |  $\$$ small  $2^{32} = 4$ ~rm G $\$$  |  $\$$ small  $2^{32} -1 = 4$ ~rm G -1 $\$$  |  
 | 48 |  $\$$ small  $2^{48} = 256$ ~rm T $\$$  |  $\$$ small  $2^{48} -1 = 256$ ~rm T -1 $\$$  |  
 | 64 |  $\$$ small  $2^{64} = 16384$ ~rm P $\$$  |  $\$$ small  $2^{64} -1 = 16384$ ~rm P-1 $\$$  |

=====  
 9.3  $L$  æä ä ä% ä"ç... ä ç ä"ä

=====  
 9.3  $L$  æä ä ä% ä"ç... ä ç ä"ä



ä<sup>a</sup> äf æLfif%fiä ææä% i... Ø £ä, ä<sup>a</sup> ä æfä-Lj<sup>a</sup>q' DRAM

ä'ç,ä ç ç'ç Øijç Lp<sup>a</sup>ä ä% ç%fi... £ä ä'ç'ç Øijä'ç.. ä ä'£f¥£ æØijä äf ææjæLfif%fiææä% i... Ø £ä ä ä

ä<sup>3</sup>Ø-4 ä'ç ç'ä-ä ç'ä ä ä"æ 8 ä"£ æØijä 4 ä'ç'ç Øijç ç'ç'ç ç Øijçj<sup>a</sup> ä ä"£ æØijä... VP 1<sup>a</sup> VP 2<sup>a</sup> VP 4<sup>a</sup>  
VP 5 i... £ä æ£ç«ä Ø i... £ ä'ä ç Øijä... VP 3 ä VP 6i... ä'ç'ç £ç«ä Ø ä i... ä% æä% ä £ä æ£ç«ç... ä  
ç.. ä æfäçç,£ ç i... æä¥ä»æç'ç ØijØ %äflä¥ä ä«ä»æ£ æØijä

[Image: &#x56FE; 9-4 &#x9875;&#x8868;]

ç ä Øç 9.2

gfäfi ä ä £ æä<sup>a</sup>ä ää i... ni... ä Øijä ää i... Pi... ç ç'ç ä æØ £f ç PTE æØ i...

| n | \$\$\small P=2^p\$\$ | PTEæØ |

| :---: | :---: | :---: |

| 16 | 4K | |

| 16 | 8K | |

| 32 | 4K | |

| 32 | 8K | |

ä ä"æ ä"£ æØijØ çæf\$\$\small P=2^p\$\$ä £ i... æä¥äçç'ç'ç ä'æä-æ\$\$\small 2^n/2^p =  
2^{n-p}\$\$ä"äfl£ %ç ØijØ ç i... ä'ä'æ ä"Ø %Ø £f ä ä"Øijçj<sup>a</sup>ççfi... PTEi... <sup>a</sup>

| n | \$\$\small P=2^p\$\$ | PTEæØ |

| :---: | :---: | :---: |

| 16 | 4 K | 16 |

| 16 | 8 K | 8 |

| 32 | 4 K | 1 M |

| 32 | 8 K | 512 K |

9.3.3 Øijä%ä

£ £ ä ä ä% CPU æ££f £fl»ä ä«ä VP2 ä'ç £ æä ä ç ä ä"ä æfä.. ä ç ä ä i... ä<sup>3</sup>Ø-5i... i... VP 2 £ç«ç  
£ ä'£flfç æ£ç ç ä ç æäfi... ä<sup>a</sup> ç »£fl ç'ä'ä £ æä<sup>a</sup> ä% ä"ä ä"ççä.. æäfi ä% PTE 2i... ä'ä» ä ä ä'£  
PTE ä'ç ç'ç ä ä ä<sup>a</sup> i... £f¥ä<sup>a</sup> æä PP 1 ä'ç.. ä Øijç Lp<sup>a</sup>ä ä% ç%fi... i... æØ ä"£ä ä"ä ç ç'ç ä<sup>a</sup> <sup>a</sup>

[Image: &#x56FE; 9-5 VM &#x9875;&#x547D;&#x4E2D;&#x3002;&#x5BF9; VP 2

&#x4E2D;&#x4E00;&#x4E2A;&#x5B57;&#x7684;&#x5F15;&#x7528;&#x5C31;&#x4F1A;&#x547D;&#x

9.3.4 ç.."Øijä

ä"£ æä ä ç ä æf£fl-ç ä' i... DRAM ç.. ä ä ä%ä'ç"ä"ç.."Øijä... page faulti... <sup>a</sup> ä<sup>3</sup>Ø-6 ä-ç'ä äçç.."Øijä  
ä'æçç.. ä ä" DRAM ä<sup>a</sup> ä<sup>a</sup> ç »£fl ç'ä'ä ä ä ä'£fl»ä PTE 3i... ä ææä% ææä" VP 3

æ¸¸ «ç... à ï... à¸¸ä¸¸ ¸¸¸fà à ä“ç...”¸¸¸ä... à,ª ç...”¸¸¸ä... à,¸°ç¸¸à æ¸¸ç ç...”¸¸¸ä... à,äç ¸¸ à ï... ¸¸¸¸¸ ¸¸ à...  
à¸¸ç» ¸¸ «ä¸¸fiæ¸¸ ï... ¸ ¸ä, à æ¸¸-ä... à¸¸ ä¸¸ä¸¸à ¸¸ ç ¸ª æ¸¸fi”à“¸¸ æ¸¸¸... à æ¸¸ %ä... ä¸¸fiæ¸¸ VP 4 ç ¸¸¸¸¸¸æ¸¸

[Image: &#x56FE; 9-6 VM &#x7F3A;&#x9875;&#xFF08;&#x4E4B;&#x524D;&#xFF09;&#x3002;&#x5B5B; VP3 &#x4E2D;&#x7684;&#x5B57;&#x7684;&#x5F15;&#x7528;&#x4F1A;&#x4E0D;&#x547D;&#x4E2D; C;&#x4ECE;&#x800C;&#x89E6;&#x53D1;&#x4E86;&#x7F3A;&#x9875;]

æ¸¸ä æ¸¸ï... à æ¸¸ ç ¸¸ à¸¸ VP 3 àª à à ç PP 3ï... æ¸¸ PTE  
3ï... ¸ à ¸¸ àª æ¸¸ à... à,äç ¸¸ à ¸¸ à æ¸¸ï... ä¸¸ ä... ¸ æ¸¸fiæ¸¸...¸ ¸¸...”¸¸¸ æ¸¸/ï... ¸¸¸æ¸¸/ä... æ¸¸ï...¸  
à¸¸ç» ç... à à¸ä»à à ç ï... ¸ ¸ä, ¸¸¸ä%ä¸¸ ¸ ¸%ç-àª ç¸¸ »¸¸ ¸¸à¸¸æ¸¸,äç àª àª¸-7 à ç”ä à¸ç...”¸¸¸ä, à

[Image: Image]

> àª¸-7 VM ç...”¸¸¸ä... à à ï...ª ç...”¸¸¸äç ¸¸ à ¸ ¸æ VP 4 æ¸¸ ä”ç”ç¸¸¸¸... à¸¸à ç ¸ à ç¸ VP 3  
ç à¸fiæ¸¸ à¸ä¸¸ªª à à¸ç...”¸¸¸äç ¸¸ à ¸ æ¸¸fiæ¸¸...¸ ¸¸...”¸¸¸ æ¸¸/ä, à ï... ¸¸¸æ¸¸/ä¸¸ à à à çæ¸¸,à¸¸fi»à à

¸ æ¸¸ à æ¸¸à¸ 20 à ç”“ 60 à¸¸æ¸¸æ¸¸ æç ï... ¸¸ à¸ CPU - à à à, ¸ ¸fi¸ª ç à æ¸¸ä... à ä¸ç SRAM ç... à à,  
ä¸¸ ä¸¸fiç,ä....çª à à¸¸ æ¸¸ à ç à æ¸¸fi¸ªà¸¸ï... à ¸¸«¸¸”¸¸¸ à¸ç ç à à à à, ¸ ¸ä... ¸ ¸¸ æ¸¸à¸«à  
DRAM æ¸¸”ï... æ¸¸ ¸¸¸ ¸¸ª à”ï... ç ¸ª à à çç à¸... ç-àªæ¸¸ æ¸¸à»ï... à, à-æ¸¸æ¸¸ æ¸¸ à%ä¸¸à ç æ¸¸ï... æ¸¸  
pagingï...ª à à¸fiæ¸¸ç ¸¸à¸¸ª ç æ¸¸ï... à¸¸ à ¸¸ ç ¸ç æ¸¸ à%ä¸¸ï... à¸¸¸¸ ¸¸fi ¸ ¸¸«à... ç¸ä, à à-æ¸¸

9.3.5 à ¸ ¸¸¸ ¸

àª¸-8 à ç”ä æ¸¸ æ¸¸ ç¸»ç» à ¸ à ä“æç ¸ æ¸¸ à ¸¸æ¸¸fi,æ¸¸«ç”ä¸¸¸¸ç æ¸¸-à ï... à¸¸ ï... ¸°ç¸¸ mallo  
5ï... æ¸¸çä¸¸ æ¸¸ ç ¸ à ¸¸ àªæ¸¸ à”ç ¸¸¸ ¸ª

[Image: Image]

> àª¸-8 à ¸ à ä“æç ¸ æ¸¸¸¸ ¸ª à æ¸¸ç ç à à ¸ VP 5ï... à¸¸à à PTE 5 æ¸¸ ¸¸ àªç æ¸¸ ç¸fi

9.3.6 à æ¸¸à- ¸ ¸æ¸¸æ¸¸ æ¸¸«

æ¸¸ æ¸¸à ç ¸fi,ä¸¸”¸ %ä¸¸ ¸¸¸ä¸¸ ¸ æ¸¸ à ç æ¸¸ä¸¸, à ï... æ¸¸«ç çç àª¸-¸¸ à,æ¸¸fi ç æç à ¸¸æ¸¸ ¸,æ¸¸ª  
æ¸¸«ç ¸ æ¸¸ à- ¸ ¸æ¸¸ï... localityï...ª

à¸¸fiæ¸¸æ¸¸“¸¸ ¸¸ ¸¸ ¸¸ ¸¸ à¸ ¸¸ ç ¸ à ¸¸¸ ¸ç æ¸¸æ¸¸ ¸¸¸ª à”çç à à æç æ¸¸äï... æ¸¸ æ¸¸à- ¸ ¸æ¸¸  
pageï... ¸ à àªæ¸¸ ï... ¸¸ àª ¸ àªæ¸¸ ¸ ï... working setï... æ¸¸ à,ç»¸ ¸ ï... resident  
setï...ª à¸à æ¸¸ à... ¸ ï... à, à-æ¸¸àª æ¸¸æ¸¸ ¸ ¸¸¸ ¸¸ª à¸fiàª à à¸ä, à ï... æ¸¸ æ¸¸fi,¸¸ àªæ¸¸ ¸ ç à... ç¸

à¸¸fi æ¸¸«ç ¸¸ à æ¸¸æ¸¸æ¸¸ æ¸¸ ¸à- ¸ ¸æ¸¸ï... ¸ æ¸¸ à ç¸»ç» à-¸ %æ¸¸æ¸¸ à¸ç,æ¸¸ æ¸¸ªª æ¸¸ æ¸¸ï... æ¸¸ ç¸ä æ¸¸  
àªæ¸¸ï... thrashingï... ï... ¸¸ æ¸¸¸¸ ¸¸à à æ¸¸æ¸¸ ¸ªªªª ¸ ¸%ç¸¸ æ¸¸ à ¸ à,æ¸¸æç ï... æ¸¸ æ¸¸fi æ¸¸

æ¸¸ª - ç ¸fiç...”¸¸¸æ¸¸







VPO	$\mathbb{L}$  æØi	Ø çå ß»Ø ï... å  $\mathbb{L}$  ï...
VPN	$\mathbb{L}$  æØi	å•
TLBI	TLB ççå..	
TLBT	TLB æLfí°	

> ç'ç å°å ï... PAï... ç ç» æØ må

çfå•	æLç°	
PPO	ç'ç Øi	Ø çå ß»Ø ï... å  $\mathbb{L}$  ï...
PPN	ç'ç Øi	å•
CO	ç.. å†å å ç å  $\mathbb{L}$  å ß»Ø	
CI	Ø« Ø ç.. å ççå..	
CT	Ø« Ø ç.. å æLfí°	

> å³Ø-11 å°å çç»Lf çfå•å ç»

å%çå.. ä æLfí.ï... å°å çç»Lf ælä ä“ N å ç ç  $\mathbb{L}$  æå°å ç”Ø .ï... VASï... ä ç å ç å ä ä“ M å ç ç ç'ç å°å ç”Ø .

\$\$  
 \rm MAP: VAS \rightarrow PAS \cup ^  
 \$\$

$\mathbb{L}$  ç Ø

\$\$  
 \rm MAP(A) = \begin{cases} A' \&\text{\{ç æL æå°å \} A \text{\{ ä ç æäiå PAS ç ç'ç å°å \} A' \text{\{ ä \} \\ ^ \&\text{\{ç æL æå°å \} A \text{\{ ä ç æäiä åç'ç å å ä \} \\ \end{cases}  
 \$\$

å³Ø-12 å- ç”ä MMU ä å% å'ççØi|Ljçæfi çLç ß æå° CPU ä ç ä ä“æå¶äi å å¶ï... Øi|Ljçå”å äi å å¶ï  
 å% ç  $\mathbb{L}$  æå°å å å«ä”Ø må ï... ä ä“ p å% ç  $\mathbb{L}$  æØi|Ø çå ß»ï... Virtual Page Offsetï... VPOï... å ä ä“\$\$\N  
 Numberï... VPNï... a MMU å'çç VPN æØ æØ å% ç PTEª ä äf ï... VPN 0 Ø æPTE 0ï... VPN 1 Ø a  
 1ï... ä»¥æç»æª ä Øi|Ljçæçfiä ç'ç Øi|å•ï... Physical Page Numberï... PPNï... å  $\mathbb{L}$  æå°å ä ç VPO ä†  
 å  $\mathbb{L}$  ç ï... æä»¥ç'ç Øi|Ø çå ß»ï... Physical Page Offsetï... PPOï... å VPO ælç,å çª

[Image: &#x56FE; 9-12  
 &#x4F7F;&#x7528;&#x9875;&#x8868;&#x7684;&#x5730;&#x5740;&#x7FFB;&#x8BD1;]

å³Ø-13a å- ç”ä å% Øi|Ø çå%ä»æfi... CPU ç ä»¶æçLj ç æØ°ª

- \* ç' 1 æfi... ä ç åçç æä ä“L æå°å ï... ä¶æäi ä.. Ø ç» MMUª
- \* ç' 2 æfi... MMU ç æ PTE å°å ï... ä¶æ Ø« Ø ç.. å /ä»å Lfíæ äå°äiª
- \* ç' 3 æfi... Ø« Ø ç.. å /ä»å å MMU  $\mathbb{L}$  å PTEª













B.

```
| å æ | å... |
| :--- | :---: |
| VPN | 0xf |
| TLB ççå.. | 0x3 |
| TLB æŁfi° | 0x3 |
| TLB å%ä»ï... ï... æl/åfi... | æl |
| ç.."Øiµ... ï... æl/åfi... | åf |
| PPN | 0xd |
```

C. 0011 0101 0111

D.

```
| å æ | å... |
| :--- | :---: |
| å Ł å Œ» | 0x3 |
| ç.. å ççå.. | 0x5 |
| ç.. å æŁfi° | 0xd |
| ç.. å å%ä»ï... ï... æl/åfi... | æl |
| ŁĴ å ç ç.. å å Ł | 0x1d |
```

=====

9.7 æäç çŒï... Intel Core i7 / Linux å å ç»ç»

=====

9.7 æäç çŒï... Intel Core i7 / Linux å å ç»ç»

æä»æ»åä ä"äi Ø ç»ç» ç æäç çŒïææç» æä»äi,Ł æå å ç ŁfiŁfi"ï... ä ä"ŁĴ Łj Linux ç Intel Core i7<sup>a</sup> Ł  
ä%Ł æå ç'ç å"å ç"Ø .ï... Ł ç"åŁç ï... æ»å åflØç ŁŒ ç ææç ï... Core i7 äi ç"ææ 48 ä%ï... 256 TBï...  
ä%ï... 4 GBï... Ł æå ç'ç å"å ç"Ø .<sup>a</sup>

å³Ø-21 ç» å"ä Corei7 å å ç»ç» ç Ø Łf Ø Łå<sup>a</sup> äç åŁä ŁŁ ï... processor packageï... å æå ä"æ<sup>a</sup> ä ä"æ  
å å æŒåŒåŁå æ ä"æå å«ä ä"å æç» æç TLB<sup>a</sup> ä ä"å æç» æç ææå æä»Ø« Ø ç.. å ï... æ»å ä ç» ä «Ø  
I/O æç.æç» äj<sup>a</sup> TLB æŁ æäi»å ç ï... ælå Ł•fiç» ç,Ł ç<sup>a</sup> L1<sup>a</sup> L2 å L3 Ø« Ø ç.. å ælç'ç äi»å ç ï... å  
Ł•fiç» ç,Ł ç<sup>a</sup> ØiµŒä åflæ»ååflåŁæŁç«Ø ç%fiä" 4 KB æ 4 MB<sup>a</sup> Linux ä%ççç æl 4 KB ç Øiµ

[Image: &#x56FE; 9-21 Core i7 &#x7684;&#x5185;&#x5B58;&#x7CFB;&#x7EDF;]

9.7.1 Core i7 å"å ç»Łfi





















```

{
    int *array, i, n;

    scanf("%d", &n);
    array = (int *)Malloc(n * sizeof(int));
    for (i = 0; i < n; i++)
        scanf("%d", &array[i]);
    free(array);
    exit(0);
}

```

ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ. ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ. ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

### 9.9.3 ოპერაციები მასივზე

მასივში ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

\* მასივში ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.   
 \* მასივში ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.   
 \* მასივში ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.   
 \* მასივში ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

```

$$
R0,R1,\cdots,Rk,\cdots,R\{n-1\}
$$

```

მასივში ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

მასივში ოპერაციები, რომლებიც მოქმედებს მასივზე, უნდა განვიხილოთ.

```

$$
R0,R1,\cdots,Rk,\cdots,R\{n-1\}
$$

```



\* င်"ဝ တံ င်" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... င်" ဝိ...  
\* အေ" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...  
\* အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...  
\* အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

9.9.6 ဝိ... င်" ဝိ...

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

[Image: 9-35

&#x4E00;&#x4E2A;&#x7B80;&#x5355;&#x7684;&#x5806;&#x5757;&#x7684;&#x683C;&#x5F0F;]

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...  
င်" ဝိ... င်" ဝိ... င်" ဝိ...  
အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

0x00000018 \ 0x1 = 0x00000019

င်" ဝိ... င်" ဝိ... င်" ဝိ...

0x00000028 \ 0x0 = 0x00000028

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

[Image: Image]

> အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

ဝိ... င်" ဝိ... င်" ဝိ...

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ... အေ" င်" ဝိ...

င်" ဝိ... 9.6

gfiäi ä Ø ø malloc Lfi•æ ä ä äšç ç ä äšä ä ä-Ø mã...<sup>a</sup> ä Lfi%... 1i... ä Ø ämæ æä ä äi,,Ø%o i... ä¶ä ä%oç  
ä L ç ä æ

```
| Lfi•æ | ä äšä i... ä Lç ä¶ä L i... | ä ä-Ø mã... ä äLç ä¶i... |  
| :--- | :--- | :--- |  
| malloc(1\)| | |  
| malloc(5\)| | |  
| malloc(12\)| | |  
| malloc(13\)| | |
```

Lç Ø Øø Lšfä ä ä ä ææ ç æ æµ... ä¶ äi,,Ø%o Lf æ<sup>a</sup> æä ä äšä ä¶ä ä-Ø mã... ç<sup>a</sup> gfiäi ä äšä ç ä L <ä  
ä L i... æLç ç ææä<sup>a</sup> æ æ i... malloc(1\) Lfi•æ ç ä äšä ä 4+1=5i... ç¶ä L ä¶ä° 8<sup>a</sup> L malloc(13\) Lfi

```
| Lfi•æ | ä äšä i... ä Lç ä¶ä L i... | ä ä-Ø mã... ä äLç ä¶i... |  
| :--- | :---: | :---: |  
| malloc(1\)| 8 | 0x9 |  
| malloc(5\)| 16 | 0x11 |  
| malloc(12\)| 16 | 0x11 |  
| malloc(13\)| 24 | 0x9 |
```

### 9.9.7 æ%fiä¶ä Ø ç ä

ä% ä ä“ä ç Lfi•æ ä ä“ä ä L ç ä ä¶i... ä Ø ämæçç”Ø tØ ¶i... ææä ä“L¶ä äšäflä”ææ%fiæLfi•æ ä ç  
policyi... gfiäi ç<sup>a</sup> ä ä äLš ç ç çæfæf æØ Ø i... firstfiti... i... ä ä æØ Ø i... nextfiti... ä æä%tØ Ø

Øf æØ Ø ä ää.. äš æçç”Ø tØ ¶i... Ø æç“ä ä“ä Ø ç ç”Ø tå<sup>a</sup> ä ä æØ Ø ä Øf æØ Ø äç,ä....  
Ø ä æØ Lfi•æ äšä ç æä ç”Ø tå<sup>a</sup>

Øf æØ Ø ç ä.. ç,,æiäi L¶ ä ä äšç ç”Ø tå æ ç ämØ ¶içç ä Ø ø<sup>a</sup> ç..”ç,,æiäi L¶ ä ä ämØ Lç Ø ¶içç  
ä% ä”Øf æØ Ø ç ä ç äæä äææä”ç i... æä Lç æä ä“ææ i... æ ææä“ä ä æäpæä“ç”Ø tå Ø ätç  
æf æ æ“ä i... ä¶æiä% Ø ¶içç ä Ø øä æiä Lfi,ä ä ç ø ç æ¶ ç¶L i... ä ä ç ç¶Lçæi... ä ä æØ Ø ç  
L i... ämfi ä ç”Ø tØ ¶içç” ç ç æä i... æ æ Ø ä.. ç”Ø tØ ¶içç i... ä%ççæä%tØ Ø ç ç..”ç,,æiäi Lfi  
ä%»ä ç ä æçø<sup>a</sup>

### 9.9.8 ä ätç”Ø tå

ä æfä Ø ämæä ä ä“ä,,Ø ç ç”Ø tå i... äi ä-æ Øi»ä äfä ä“ç çä¶äi i... Ø ää-æiä Ø Lç ä“ç”Ø tå ä ää ç  
ç%fiç ç¶L¶ ä ä äšç ä%ç ä,,Ø i... Ø ää Øø äç ä Ø mç ç ä äiäflä”ææä ç<sup>a</sup>

ç¶L i... æ æä,,Ø ä ä“ä%oi... Ø ää ä Ø ämØ ää.. Ø æäLç ä“ç”Ø tå ä ätä”äØ mã<sup>a</sup> ç“ä Ø mã ä æä Ø  
ä“ä ç ç”Ø tå i... ææiL¶ä ä ä“ä çç äi,,ä ä ä 3 ä“ä ç Lfi•æ<sup>a</sup>

[Image: Image]



- āī,Ō% ūf æ	ātā Ō ç ā	ç"Ō tā	æā ā āšā \ (ā ū \)
 ā ā | ā-Ō mā ū Ō □ | ā-Ō mā ū Ō □ | 12 |  
 ā ā | ā-Ō mā... ā% āēāē Ō □ | ā-Ō mā ū Ō □ | 8 |







```

/* Read the size and allocated fields from address p */
#define GET_SIZE(p) (GET(p) & ~0x7)
#define GET_ALLOC(p) (GET(p) & 0x1)

/* Given block ptr bp, compute address of its header and footer */
#define HDRP(bp) ((char *)(bp) - WSIZE)
#define FTRP(bp) ((char *)(bp) + GET_SIZE(HDRP(bp)) - DSIZE)

/* Given block ptr bp, compute address of next and previous blocks */
#define NEXT_BLKP(bp) ((char *)(bp) + GET_SIZE(((char *)(bp) - WSIZE)))
#define PREV_BLKP(bp) ((char *)(bp) - GET_SIZE(((char *)(bp) - DSIZE)))

```

> å³0-43 æð% ç"Ø †Ø ¼j¤ç å"æð,æð ðí

å¤ç"Ø †Ø ¼j¤çæð% æð% æð ¤Ø ¤å ¤ Ø ¤åfl ¤%æðæð"»çfç ì... å ä"ðí ¤f æ æðØ æð%ç¤å.."å¶ç-»å ¤%æðå ¤  
ðí ì... ç' 9 ¤j ì... æ æðå å å†å Ø æð% ç' å ¤µæð¶¶¸ ¤ å ä ä"å...ì... åflæ¥æðí å æðæðØ ¤æ¸ ¤ Ø ¤ð"ª

GET ðí ì... ç' 12 ¤j ì... ¤fl»å å ¤¸ å å æp å.. ç¤ç åª ¤¸ Ø å.."å¶ç-»å ¤%æðå ¤æfl ¤å†Ø ¤f çª å æp  
ðí ì... ç' 13 ¤j ì... æ val å æðå æp æð çª çªª

GET\SIZE å GET\ALLOC ðí ì... ç' 16 ~ 17 ¤j ì... æª åª p æç æð ¤æ¸ ¤ Ø ¤å å«¸ ¤ æðå å å†å Ø å  
¸j¤ç"ì... ç æð% ì... å æØ æð çª ä ä"ææ¸%¸ªª ¤ª ¤ª ç' ðí ä ä"å æØ bpì... HDRP å FTRP ðí ì... ç' 2  
PREV\BLKP ðí ì... ç' 24 ~ 25 ¤j ì... å å«¸ ¤ æð å Ø çç åª å Ø çç å çª æØª

åflæ¥ç¤æð æð... æç... ¤³ðí ì... æ¥æð% ç"Ø †Ø ¼j¤ª æ æ' ì... ç' ðí ä ä"æð æðª å å ç æØ bpì... æªª

```
size_t size = GET_SIZE(HDRP(NEXT_BLKP(bp)));
```

3. å åª"å æç ç"Ø †Ø ¼j¤

å¤¸°ç¤ mm\malloc æ¸ mm\free ä å ì... æ ç¤æ; Øj»Ø ¤¸ ¤°ç¤ mm\\_init å%æðå æçª å å ì... ¤§ å³0-4

```

int mm_init(void)
{
    /* Create the initial empty heap */
    if ((heap_listp = mem_sbrk(4 * WSIZE)) == (void *) - 1)
        return -1;
    PUT(heap_listp, 0);                          /* Alignment padding */
    PUT(heap_listp + (1 * WSIZE), PACK(DSIZE, 1)); /* Prologue header */
    PUT(heap_listp + (2 * WSIZE), PACK(DSIZE, 1)); /* Prologue footer */
    PUT(heap_listp + (3 * WSIZE), PACK(0, 1));     /* Epilogue header */
    heap_listp += (2 * WSIZE);

    /* Extend the empty heap with a free block of CHUNKSIZE bytes */

```

```

    if (extend_heap(CHUNKSIZE / WSIZE) == NULL)
        return -1;
    return 0;
}

```

> 30-44 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

rran\init 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

```

static void *extend_heap(size_t words)
{
    char *bp;
    size_t size;

    /* Allocate an even number of words to maintain alignment */
    size = (words % 2) ? (words + 1) * WSIZE : words * WSIZE;
    if ((long)(bp = mem_sbrk(size)) == -1)
        return NULL;

    /* Initialize free block header/footer and the epilogue header */
    PUT(HDRP(bp), PACK(size, 0)); /* Free block header */
    PUT(FTRP(bp), PACK(size, 0)); /* Free block footer */
    PUT(HDRP(NEXT_BLKP(bp)), PACK(0, 1)); /* New epilogue header */

    /* Coalesce if the previous block was free */
    return coalesce(bp);
}

```

> 30-45 extend\_heap 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

extend\_heap 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

extend\_heap 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

4. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

```

void mm_free(void *bp)

```

```

{
    size_t size = GET_SIZE(HDRP(bp));

    PUT(HDRP(bp), PACK(size, 0));
    PUT(FTRP(bp), PACK(size, 0));
    coalesce(bp);
}

static void *coalesce(void *bp)
{
    size_t prev_alloc = GET_ALLOC(FTRP(PREV_BLKPTR(bp)));
    size_t next_alloc = GET_ALLOC(HDRP(NEXT_BLKPTR(bp)));
    size_t size = GET_SIZE(HDRP(bp));

    if (prev_alloc && next_alloc) {          /* Case 1 */
        return bp;
    }

    else if (prev_alloc && !next_alloc) {     /* Case 2 */
        size += GET_SIZE(HDRP(NEXT_BLKPTR(bp)));
        PUT(HDRP(bp), PACK(size, 0));
        PUT(FTRP(bp), PACK(size, 0));
    }

    else if (!prev_alloc && next_alloc) {     /* Case 3 */
        size += GET_SIZE(HDRP(PREV_BLKPTR(bp)));
        PUT(FTRP(bp), PACK(size, 0));
        PUT(HDRP(PREV_BLKPTR(bp)), PACK(size, 0));
        bp = PREV_BLKPTR(bp);
    }

    else {                                    /* Case 4 */
        size += GET_SIZE(HDRP(PREV_BLKPTR(bp))) +
            GET_SIZE(FTRP(NEXT_BLKPTR(bp)));
        PUT(HDRP(PREV_BLKPTR(bp)), PACK(size, 0));
        PUT(FTRP(NEXT_BLKPTR(bp)), PACK(size, 0));
        bp = PREV_BLKPTR(bp);
    }
    return bp;
}

```

> a³0-46 mm\\_freei... Ø æä ä"ä i... ä¶æ%öççççç æLfia ä¶ä ä ä ææç Ø »æç"Ø †ä ä¶ä,ææ¶Ø ·ä ä ä

coalesce ä%æäç æ£ç æä³0-40

ä)ä³ç »ç ä ç æäç ä ç fi ä ç æç äi ç æ £ç Ø ä æä ä"ä¶æç ç æØ ç æä Ø æç ç"Ø †Ø ¶ææ...ä... i... ä  
 ä¶ä ç £¶æ ææ æä¶ä ç ç ä³ä æ ææjæ£ç ä ç,æ ä i... æ£ç ä æä-ä/ä i... æä äi,æä"Ø i... ä¶ä ææ

## 5. å Ø å

ä ä"ä ç"Ø Ł Ł° ç" mm\\_malloc å%æi... Ł§ å³Ø-47i... æåå å å Łfl•æ å§ä ä" size  
å Ł ç åª å"æ æ"äi Łfl•æ ç ç å ä å i... å Ø å"ä; Øj»Ł° æŁfl•æ å ç å§ä i... ä» Ł ä"ä-Ø må Ł Ø ç æç"Ø  
å Ł ç"ææjŁŁäi,,Ø%Łf æ i... Ł åfä 8 ä"ç"ææææ-Ø må Ł Ø må äi,,ä ŁŁ Ł Ł 8 å Ł ç Łfl•æ i... ç 15 Ł

```
void *mm_malloc(size_t size)
{
    size_t asize;    /* Adjusted block size */
    size_t extendsize; /* Amount to extend heap if no fit */
    char *bp;

    /* Ignore spurious requests */
    if (size == 0)
        return NULL;

    /* Adjust block size to include overhead and alignment reqs. */
    if (size <= DSIZE)
        asize = 2 * DSIZE;
    else
        asize = DSIZE * ((size + (DSIZE) + (DSIZE - 1)) / DSIZE);

    /* Search the free list for a fit */
    if ((bp = find_fit(asize)) != NULL) {
        place(bp, asize);
        return bp;
    }

    /* No fit found. Get more memory and place the block */
    extendsize = MAX(asize, CHUNKSIZE);
    if ((bp = extend_heap(extendsize / WSIZE)) == NULL)
        return NULL;
    place(bp, asize);
    return bp;
}
```

> å³Ø-47 nun\\_malloci... ä» ç"Ø ŁØ %j;å Ø ä ä"å

ä æå Ø åŁ° æä Łfl•æ ç å§ä i... äi ä-ä.. æçç"Ø ŁØ %j;åi... äi»æä ä"å Ø ç ç"Ø Łä i... ç 18 Łj i...ª  
Łj i... i... çŁŁå Ł Ł åæå Ø å ç åªªª

ä æå Ø å"ä Ł %ä å çª ä"å,,Ø ç å i... Ø Łä ä-ç"ä ä"æç ç"Ø Łä ææå-å i... ç 24 ~ 26 Łj i... i... æŁfl  
Łj i... i... çŁŁå Ł Ł ä ä"æØ i... æå Ł ä"æå Ø ç åªª

9.8

9.9.12 find\_fit

```
static void *find_fit(size_t asize)
```

find\_fit

find\_fit

```
static void *find_fit(size_t asize)
```

```
{
```

```
/* First-fit search */
```

```
void *bp;
```

```
for (bp = heap_listp; GET_SIZE(HDRP(bp)) > 0; bp = NEXT_BLKP(bp)) {
```

```
    if (!GET_ALLOC(HDRP(bp)) && (asize <= GET_SIZE(HDRP(bp)))) {
```

```
        return bp;
```

```
    }
```

```
}
```

```
return NULL; /* No fit */
```

```
#endif
```

```
}
```

9.9

place

```
static void place(void *bp, size_t asize)
```

place

place

place

place

```
static void place(void *bp, size_t asize)
```

```
{
```

```
    size_t csize = GET_SIZE(HDRP(bp));
```

```
    if ((csize - asize) >= (2 * DSIZE)) {
```

```
        PUT(HDRP(bp), PACK(asize, 1));
```

```
        PUT(FTRP(bp), PACK(asize, 1));
```

```
        bp = NEXT_BLKP(bp);
```

```
        PUT(HDRP(bp), PACK(csize - asize, 0));
```









p<sup>a</sup> ä ä,,ç æli... ɥ ä' ä æ ä' Ø æ ɥ ä'ä ä' äi äɥ ä' ç ç ä%äɥæä Ø %ä æä"ä'tä Ø ç||æi... æ«æä ɥf ä

[illegible][illegible]

9.10.1 å æ ø å ç å"æç¥Łfl

[illegible]

[Image: &#x56FE; 9-49 &#x5783;&#x573E;&#x6536;&#x96C6;&#x5668;&#x5C06;&#x5185;&#x5B58; 9C6;&#x4E3A;&#x4E00;&#x5F20;&#x6709;&#x5411;&#x56FE;]

ð% ð ð ðä æð» æ»ææŁ ç,,á"á ðŕ!áŁ%ç æð Ł•flāæİ... æð»ŁflŁ ç,, p æláfłŁ% İ... reachableİ... á ð  
áfłŁ%ç æð Ł; pç"İ... ðŕØ Ł; Ø æð afłŁ% ç,,á ä đİ æ»Ł; á q ç"Ø †Ø %; pİ... æđİ æð"á æđİ æ»<sup>(a)</sup>

[illegible]

[Image: 9-50 00E2A;4FDD;5B88;7684;5783;573E536;96C6;5668;52A0;5165;5230; C 7684; malloc 5305;4E2D;]

æLfɪ"ð% ælθ ɫf ə ɕ"θ ·æli... ə ɕmθ %ä.. ɕmθ ə ɕ æä.. ɫ°ɕm malloc<sup>a</sup> əf æ malloc  
æä ä ä ä ä θ ɕ ɕ"θ θ t ə i... θ ɛä ä i ä-ɫ°ɕm ä ä ælθ ä mɪ... ä æɫ %ä ä æl ä ä ä ä æ"θ θ t θ ɟɪ<sup>a</sup> ælθ ä  
free<sup>a</sup> ð% ä i, ælθ ä mɕ ɫ°ɕm ɫ ä æli... malloc θ ɫfi i... ɫfi ä ä ɕ ä ä ä θ ɕ ɕ"θ θ t ä<sup>a</sup> əf æɫɫ æä-ɫ·ɟä i.  
ɫɫ ä ä ä ä æä ɫfi·æ ä ɕ æθ i... əf ææä i... æɫ ɫɫ ä ä ä ä ɕ"æθ i... əf æä æä i...<sup>a</sup>

### 9.10.2 Mark&Sweep $\alpha$ $\alpha^3$ $\alpha^4$ $\alpha^5$

Mark&Sweep á á<sup>3</sup>æi<sup>0</sup> á<sup>0</sup>ç-æLfí... markí... Ø ʃæpá æØ /i... sweepí... Ø ʃæpá æi... æLfíØ ʃæpá æLfí<sup>2</sup>  
Ø ɲä"ç"Ø tç á<sup>0</sup> á<sup>0</sup> ä"ç ä á<sup>0</sup>Ø á"çɲæL"ɲç"Ł; ä"á æláflç«æLfí"ä<sup>a</sup>

æä>äi, Mark&Sweep ç æŁ;°ä å Łfiä%Łçnä å ä%æi... ä¶ä> ptr äi ä ä" \*typedef void\ ptr\*\*i...

```

* ptr isPtr \(\ptr p\) a ǵ æ p æå ä ä“å†å Ø å ä›ç æä“å ï... Ø £ä, ä–ŁŁ å ä ä“æå ŁŁ ä“å ç ŁŁŒŒ ä% ç%fiç æ
* int blockMarked\(\ptr b\) a ǵ æå b æå†æŁfiç ï... Ø £ä, ä–ŁŁ å truea
* int blockAllocated \(\ptr b\) a ǵ æå b æå†å Ø ç ï... Ø £ä, ä–ŁŁ å truea
* void markBlock \(\ptr b\) a æŁfi“å ba
* int length \(\b\) a ŁŁ å å b ç ä»å ä“å ä% ç Ø Łđf\(\ä å æåØ ı\)a
* void unmarkBlock \(\ptr b\) a ä å b ç çŁæç–å†æŁfiç æä“ææŁfiç a
* ptr nextBlock \(\ptr b\) a ŁŁ å å ä›å b ç å ŒŒa

```

æŁfiç ŒŁæŒ“æ ä“æŁ ç„Ł°çŒä æå³Ø-51a æç“ç mark å%æ<sup>a</sup> ǵ æ p ä æå ä ä“å†å Ø äŁä ææŁfiç å å ï  
å%æå–ç“ å†ŁŁ å <sup>a</sup> åfå ï... äŒ ä–æŁfiçŁŁ ä“å ï... äŁäŒ„å ä›ç æä“å Ø ä% åŁ°çŒäŒ Ł “å–<sup>a</sup> æ æäŒ„ mark  
å%æç Ł°çŒØ %æŁfiçæä“æŁ ç„ç ææææŁfiç„äŁä åŁŁŒŒ å ŒŒŁ ç„<sup>a</sup> åæŁfiç ŒŁæŒ æä“æ... ä»æ% ææ

æØØ ŒŁæŒ„å³Ø-51b æç“ç sweep å%æç ä æŁ°çŒ<sup>a</sup> sweep å%æåŒå ä›æ ä“å ä å äŒçŒŒ... Ø æäŒ

```

void mark(ptr p) {
    if ((b = isPtr(p)) == NULL)
        return;
    if (blockMarked(b))
        return;
    markBlock(b);
    len = length(b);
    for (i = 0; i < len; i++)
        mark(b[i]);
    return;
}

```

> aŒ... mark å%æ

```

void sweep(ptr b, ptr end) {
    while (b < end) {
        if (blockMarked(b))
            unmarkBlock(b);
        else if (blockAllocated(b))
            free(b);
        b = nextBlock(b);
    }
    return;
}

```

> bŒ... sweep å%æ

> å³Ø-51 mark å sweep å%æç ä..“æŁç

å³Ø-52 å–ç“ä ä“ä å ç Mark&Sweep ç å³%çå ŁŒŁØ <sup>a</sup> å ŁŒç çŒçŁ çŁæŁŒ<sup>a</sup> æä“æå äŒ„ä ä å ä›ç





9.11.4  $\text{a} \rightarrow \text{ɛ}$   $\text{fi}^3\text{æ}\emptyset$   $\text{a} \rightarrow \text{ai}$   $\text{ä} \rightarrow \text{æ}$   $\text{ç} \rightarrow \text{ʃl}$ ,  $\text{L-jæfç}$ ,  $\text{a} \rightarrow \text{ə}$   $\text{ʂ} \rightarrow \text{ç}$

ä ʁ̥ ä, Lʃ ʧ Ø ʟfɪlæɪä ʟfɪ<sup>3</sup>æä äɪ,,L-ɨ ʧ æØ ä äɪ ä ʰææä ʧ äɪ,,L-ɨæɪ ʧ,ä ʁ̥ä ʧ i...

```
/* Create an nxm array */
int **makeArray1(int n, int m)
{
    int i;
    int **A = (int **)Malloc(n * sizeof(int));

    for (i = 0; i < n; i++)
        A[i] = (int *)Malloc(m * sizeof(int));
    return A;
}
```

```

Lj Ø ç çfiç ælā ā”ä ä“ç— n ä“æØ ʔ æç æjʔ i... æ ä“æØ Ø %æā ä ä“ā ā « m ä“ int ç æjʔ a ç¶L i... ā
sizeof(int)**i... ä £ç æi Ø ä ā ā”ç ælā ä“ int ç æjʔ a

```

[illegible]

9.11.5 Ø æØ ä%o Ø Łfłfł

Ø æ̥... off-by-one!... Ø ɫflɪæfä ʁ̥ä, ɫʂ ʁ̥ Ø æɫf ʁ̥ Ø ɫflɪʂ æ̥ä...

```
/* Create an nxm array */
int **makeArray2(int n, int m)
{
    int i;
    int **A = (int **)Malloc(n * sizeof(int *));

    for (i = 0; i <= n; i++)
        A[i] = (int *)Malloc(m * sizeof(int));
    return A;
}
```

Lj šlā Ø çä L ä)ŋ ð' ç āfä ä“ç æð ŁŁ Ø æä“(āṁq( 5 Łĭ ā ā”đ ä ä“ n ä“ā q ç æØ æç) ĩ... ž‰ šlØ ā ā  
æç) ā Ø çç æä“ā ā ž‰ ç%fi<sup>a</sup>

9.11.6 ā.. çæø ï... Ł ä ælǣi ææā ç āl,,Ł-i

af æð af æ C æð% ofç ä.. å ç'så of å æsi... æð' ä-ä.. Ø Lflfla'æð% æð i... L ä æiæð ææð ç äi',L

Ø<sub>i</sub>,,ç ä' ä å Ø ç Ƴ'ä Ø<sub>i</sub>,,ï... ç¶å åfi,,å'ä ç \size-1\* Ø<sub>i</sub>,,Ø æå"å ï...

```
int *binheapDelete(int **binheap, int *size)
{
    int *packet = binheap[0];

    binheap[0] = binheap[*size - 1];
    *size--; /* This should be (*size)-- */
    heapify(binheap, *size, 0);
    return (packet);
}
```

åµƳ' 6 ½ ï... çfiç ælå ä' size æØ æå ç ææç å...<sup>a</sup> ç¶å ½ ï... å ä"ä å ½ fi Ƴ'â å å \ ç ä.. å ç'çç,å ï... æ  
ææç å...<sup>a</sup> ä' æå,½ å ½ fi ï... Ƴ' ä' ä.. Ƴ' å'ä-½-½ï... æ% ælåæååfi½ %å ç ç æfiï... æ% Ƴ' ä' åµæ½ ½ ½ Ƴ' å  
æ%½çµæåå<sup>a</sup> æ ä' ï... åµƳ' 6 ½ ï... æå' åfiæ%æ%½çµ½µæ%.. \(\size)--\*\*ï... æåå½½µææå' ç æå%

### 9.11.7 ½fi½ççæØ ½ çfi

åfä çç å,½ ç Ø ½fiæfiæ ½fiæ æØ ç fi ælåæ% æfiæ%äi æ' æå ç åfi,,½-½ ç æçä ä"å æ% æ½ ½ ç ï... ½ ½  
val ç Øf æå"çï...

```
int *search(int *p, int val)
{
    while (*p && *p != val)
        p += sizeof(int); /* Should be p++ */
    return p;
}
```

ç¶å ½ ï... å ä"æ æä%çfiæfiï... Ƴ' 4 ½ Ø %ææØ å ä' 4ï... ä ä"ææç å ½ æfiï... ï... å%æä-ä æçfiå°æææç

### 9.11.8 å.. çåä å åµç å Ø

æjæä"äƳ' Ø" ç C Ƴ' ä' å ä ç ½çæç ½ç å ï... æåfiä.. å.. çåä å å æ ç æåå Ø ï... ä' ä å æç"ï...

```
int *stackref ()
{
    int val;

    return &val;
}
```

½ ä"å%æ½ å ä ä"æØ ï... æ ä' ½fiæfiï... ï... æå æØ ç ä ä"å-Ø µå Ø ï... ç¶å å å...,ä"äi ç æåç<sup>a</sup> æ%fi  
æ' ç¶æå ä ä"å æ ç å å åå ï... æ% æfiäi æ'ç' ä å æå ä ä"å æ ç å Ø ä<sup>a</sup> æ% æ%å åµƳ' ä'½çµåfiæ' å%  
\*p\*\*ï... Ø åä, äi åfi½ %äi Ø ä æååµfiæåfä ä"å%æç æåçä'ç ä ä"æçfiï... æ ½ æ% åµååfæç Ø æç<sup>a</sup>



### 9.11.9 `á.. ç«ç"Ø †á á ä»ç ææí`

ä ä"ç,ä.....ç Ø †flflæíá.. ç«á†ç» †ç«Ø ææí ç á á ä»ç ææí<sup>a</sup> ä»í... † † ä Ø çç ç"ä1... † ä"ç"ä1æç« 6

```
int *heapref(int n, int m)
{
    int i;
    int *x, *y;

    x = (int *)Malloc(n * sizeof(int));
    .
    . // Other calls to malloc and free go here
    .
    free(x);

    y = (int *)Malloc(m * sizeof(int));
    for (i = 0; i < m; i++)
        y[i] = x[i]++; /* Oops! x[i] is a word in a free block */

    return y;
}
```

á á†ä æç« 6 †; á ç« 10 †; á ç ç malloc á free ç †°ç«æíá.. í... ä% ç ä' á æç« 14 †; á.. ç« x[i] æíi... æ  
áfl †%æíæä"á¶ä» á†á Ø á á ç ä Ø «ä í... á æä¶á äí,†ç«Ø á ä<sup>a</sup> á á¶ä» †fi,ä ä á á æá†ç Ø †flflä æí

### 9.11.10 `á.. †¶á á æ æ.`

á á æ æ. æíç.. æ<sup>a</sup> Ø æç ææí... ä% ç ä' á ä ä ç ä †fiØ ææí†á Ø á í... † á«á Ø á ä"ä á á æíi... á

```
void leak(int n)
{
    int *x = (int *)Malloc(n * sizeof(int));
    return; /* x is garbage at this point */
}
```

ä æç» á,†°ç«

leakí... Ø †ä ææí... á Ø ä-ä.. á æíä á á%.. æç† ç ç æá¶í... ä.. á ç«æä"† æá"á ç"Ø .<sup>a</sup> äí,,ä á äí æ

### 9.12 ä ç»



â PPNâ ç ¢ "â â æŁjµç"i... Ł C Ø ¢â â D Ø ¢â â-ç"ç ¢

Ł æâ°â i... 0x027C

A. Ł æâ°â æ..â..

[Image: Image]

B. â°â çŁfl

â æ	â...
VPN	
TLB ççâ..	
TLB æŁfi°	
TLB â%ä'i... i... æl/âfi...	
ç.."Øiµ... i... æl/âfi...	
PPN	

C. ç'ç â°â æ..â..

[Image: Image]

D. ç'ç â°â â.. ç ¢

â æ	â...
â Ł â Œ»	
ç.. â ççâ..	
ç.. â æŁfi°	
ç.. â â%ä'i... i... æl/âfi...	
ŁŁ â ç ç.. â â Ł	

ç ¢ Øç 9.12

ăĹ,ă Ø çç â°â i... Ø đă Øç 9.11i...

Ł æâ°â i... 0x03a9

A. Ł æâ°â æ..â..

[Image: Image]

B. â°â çŁfl

å æ	å...
VPN	
TLB ççå..	
TLB æŁfi°	
TLB å%ä'ï... ï... æl/åfi...	
ç.."Øiü... ï... æl/åfi...	
PPN	

C. ç'ç å°å æ..å..

[Image: Image]

D. ç'ç å°å å.. ç

å æ	å...
å Ł å Œ»	
ç.. å ççå..	
ç.. å æŁfi°	
ç.. å å%ä'ï... ï... æl/åfi...	
Łç å ç ç.. å å Ł	

ø ä Øç 9.13

đl,ä ä Ø çç å°å ï... Ø ää Øç 9.11ï...

Ł æå°å ï... 0x0040

A. Ł æå°å æ..å..

[Image: Image]

B. å°å ç»Łfl

å æ	å...
VPN	
TLB ççå..	
TLB æŁfi°	
TLB å%ä'ï... ï... æl/åfi...	
ç.."Øiü... ï... æl/åfi...	
PPN	

C. ç'ç å°å æ..å..

[Image: Image]

D. ç'ç å°å å.. ç

```
| å æ | å... |
| :--- | :--- |
| å Ł å Œ » | |
| ç.. å çå.. | |
| ç.. å æŁfi° | |
| ç.. å å%ä'ï... ï... æł/åfi... | |
| Ł å ç ç.. å å Ł | |
```

ç æ Øç 9.14

å Łfiæä å“Ł%æä¶ hello.txtï... ç—å çfät â Hello, world!\nâ ç æï... ç.. å ä ä“ C ç å'ï... ä%çç mma  
world! \nâ<sup>a</sup>

ç æ Øç 9.15

gfiäi ä Ø çç malloc Łfi•æ å' å ä°ç å äŒå å äØ må...<sup>a</sup> å Łfi%.. 1ï... å Ø åmä æå å äł,,Ø%ï... ä%çç

```
| Łfi•æ | å äŒå'ï... å Ł å¶å Ł ï... | å äØ må... å åŁ å¶ï... |
| :--- | :--- | :--- |
| malloc(3\)| | |
| malloc(11\)| | |
| malloc(20\)| | |
| malloc(21\)| | |
```

ç æ Øç 9.16

gfiäi ä Ø çäł,,Ø%Łf æ å å æ..å.. ç æ ä“ç» å ç æå å äŒå<sup>a</sup> å Łfi%.. æå.. ç”Ø †Ø Łı<sup>a</sup> æ ä“ç”Ø †å ä'æ  
æØ<sup>a</sup> ä å Łfi,ææŁ%%Ł •ç äŒå ä”Ø ¶ï... å¶å äØ må Ł Ø må æåmä ä“å å Ł ç å ä<sup>a</sup>

```
| äł,,Ø%Łf æ | å†å Ø å | ç”Ø †å | æå å äŒå'ï... å Ł ï... |
| :---: | :--- | :---: | :--- |
| å å | äØ må Ł Ø ı | äØ må Ł Ø ı | |
| å å | äØ må... ä% æłæŁ Ø ı | äØ må Ł Ø ı | |
| å å | äØ må Ł Ø ı | äØ må Ł Ø ı | |
| å å | äØ må... ä% æłæŁ Ø ı | äØ må Ł Ø ı | |
```





«-»ä.....ä“... ä æ% ä-æ“ ä ä ä n > 0 ä“ä L ä“ä ä“æ““... ä æ% ä æ““% ä%fi k ä.. æ“... ç

\* ä±ð ‚æ““ä æ% ä ç“ä æä ä,æ““ç Lfiçð fiä, ä ... ä“ ä-ð ç“ä æä±ð ‚Lç ä“æ““ä æ% ä“ä ä“... ä æ““... ä æð %ä.. ä±ð ‚æææä.. ç æ““ä,äð æä ä ç ä ä Lµæ<sup>a</sup>

## 10.2 æ““

## 10.2 æ““

æ““ Linux æ““ð %æä ä“«-»ä ... typei... æLjæäi ä“ç»ç» ç äç Lç L ti...

\* æð æ““i... regular filei... ä ä«ä»ææäi ä ç“ä ä,ä,Lf ä“ä æææ““i... text filei... ä ä Lç ä“æ““ Unicode ä çç æð æ““i... ä Lç ä“æ““ææä“ä ç æ““ä ä,ä æL Lµ ... æææ““ä ä Lç ä“æ““

Linux æææ““ä ä ä“ä ä“ææLj i... text linei... ä ä ... ä“äæä Lj ð %æä ä“ä ççä ä“ä ççä ä“äæLj ç æLj çfi... LF... æä æç i... ä“æä ä...ä” 0x0a<sup>a</sup>

\* çfi% i... directoryi... æä ä äç ç ð æ““i... linki... ç æ““i... ä“äæä çð æçð %ä ä“æ““ä i... filenamei... ççfi% L “L” «ç ð æ““i... ä“ä æäçfi% ä æç æi... Lç ä æi... äççfi% i... parent directoryi... ç ä ðçfi%<sup>a</sup>

\* ææä i... socketi... æçæä äfä ä“Lç ç Lç Lj Lµç% ç ð æç æ““i... 11.4 L i...<sup>a</sup>

ä“æ æ““ç»ä ä ä«ä%ä ð ð i... named pipei...<sup>a</sup> ççäç æ““i... symbolic linki... i... ä“ä ä ççä ä L devicei... i... Lç ä ä äæäçç LfiLfi”L ç<sup>a</sup>

Linux ä æææ““ð %ç ç æä ä“çfi% ä æç æi... directory hierarchyi... i... ç-ä ä” /i... ææi... ç æ 10-1 æä Linux ç»ç ç çfi% ä æç æç ä ð ä<sup>a</sup>

[Image: &#x56FE; 10-1 Linux &#x76EE;&#x5F55;&#x5C42;&#x6B21;&#x7684;&#x4E00;&#x90E8;&#x6; &#x3002;&#x5C3E;&#x90E8;&#x6709;&#x659C;&#x6760;&#x8868;&#x793A;&#x662F;&#x76EE;&#x ]

æ% ä“ä“ä æç ä ð ä ... ä“Lç ç ð %æä ä“æ% ä ä% çfi% i... current working directoryi... æçfiä äç æ% ä ä% çfi%<sup>a</sup>

çfi% ä æç æäç æ% ç%ççLfiä i... pathnamei... ææä<sup>a</sup> Lfiä æä ä“ä ççäti... ä æä ä“äð ææ

\* ç ä,äLfiä i... absolute pathnamei... ä“ä ä“ææä.. æ“... ççç”æ æL ç,,ä.. æç ç Lfiä ä“ i... ää /home/droh/hello.c<sup>a</sup>

\* ç,ä,äLfiä i... relative pathnamei... äææ““ä ä... æ“... ççç”æ æ% ä ä% çfi% ä.. æç ç Lfiä ä“ hello.c ç ç,ä,äLfiä ä-æä ./hello.c<sup>a</sup> ä ä ... ç æ /home/bryant æä% ä ä% çfi% i... ð ä, ç,ä,äLfiä





```
| S_IRGRP | ææL æåpç» ç æå  L %0đLfl»L¿ ä“æä” |
| S_IWGRP | ææL æåpç» ç æå  L %0đå  L¿ ä“æä” |
| S_IXGRP | ææL æåpç» ç æå  L %0đæL¿ L¿ ä“æä” |
| S_IROTH | å¶ä” ä”i... ä» »å%0 ä”i... L %0đLfl»L¿ ä“æä” |
| S_IWOTH | å¶ä” ä”i... ä» »å%0 ä”i... L %0đå  L¿ ä“æä” |
| S_IXOTH | å¶ä” ä”i... ä» »å%0 ä”i... L %0đæL¿ L¿ ä“æä” |
```

> å³40-2 Lfi¿Ø fiæØ å%0<sup>a</sup> åp sys/stat.h ä”äfi ä

å%0 ä”ä ä æç ä Ø på i... æ ä“L¿ p Ø %0æä ä“ umaski... äfi æfiØ L¿ L°çp umask å%0ææLfi¿%ofiç<sup>a</sup> å%0 L  
å%0æL°çpæå å”ä ä“ææä”¶¶i... æä”¶ç Lfi¿Ø fiæØ å%0 Lç«Lfi¿%ofiä” mode & ~umask<sup>a</sup> ä/äfi i... å Lfi¿

```
#define DEF_MODE S_IRUSR|S_IWUSR|S_IRGRP|S_IWGRP|S_IROTH|S_IWOTH
#define DEF_UMASK S_IWGRP|S_IWOTH
```

æä æfi... ä Ø çç ä”Lç ç æå å”ä ä“ææä”¶i... æä”¶ç ææL æLfl»å æØ i... L ææå¶ä ç çpæØ %0æL

```
umask(DEF_UMASK);
fd = Open("foo.txt", O_CREAT|O_TRUNC|O_WRONLY, DEF_MODE);
```

æå i... L¿ p Ø L¿ L°çp close å%0æå†Ø ›ä ä“æå.. ç æä”¶<sup>a</sup>

```
#include <unistd.h>
```

```
int close(int fd);
```

```
// L¿ å i... L ¥æå å ä” Oi... L ¥å”Ø å ä” -1a
```

å†Ø ›ä ä“å†å†Ø ›ç æL¿çfä.. å”Ø<sup>a</sup>

ç ä Øç 10.1

ä Ø çç ä ç L³å”ælä ä i...

```
#include "csapp.h"
```

```
int main()
```

```
{
```

```
    int fd1, fd2;
```

```
    fd1 = Open("foo.txt", O_RDONLY, 0);
```

```
    Close(fd1);
```

```
    fd2 = Open("baz.txt", O_RDONLY, 0);
```

```
    printf("fd2 = %d\n", fd2);
```

```
    exit(0);
```



ክፍል 10.5: `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት  
ከ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት  
ከ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

ከ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

\* `read` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

\* `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

\* `read` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

ከ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

## 10.5 `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

### 10.5 `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

ከ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

\* `read` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

ከ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

#### 10.5.1 `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

ከ `FILE` ዓይነት ማግኘት በፊት `read` እና `write` ለ `FILE` ዓይነት ማግኘት

```
#include "csapp.h"
```

```
ssize_t rio_readn(int fd, void *usrbuf, size_t n);
```

```
ssize_t rio_writen(int fd, void *usrbuf, size_t n);
```

```
// ከ FILE ዓይነት ማግኘት በፊት read እና write ለ FILE ዓይነት ማግኘት
```





> 10-5 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

10-6 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

```
#define RIO_BUFSIZE 8192
typedef struct {
    int rio_fd; /* Descriptor for this internal buf */
    int rio_cnt; /* Unread bytes in internal buf */
    char *rio_bufptr; /* Next unread byte in internal buf */
    char rio_buf[RIO_BUFSIZE]; /* Internal buffer */
} rio_t;
```

```
void rio_readinitb(rio_t *rp, int fd)
{
    rp->rio_fd = fd;
    rp->rio_cnt = 0;
    rp->rio_bufptr = rp->rio_buf;
}
```

> 10-6 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

RIO 10-7 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

```
static ssize_t rio_read(rio_t *rp, char *usrbuf, size_t n)
{
    int cnt;

    while (rp->rio_cnt <= 0) { /* Refill if buf is empty */
        rp->rio_cnt = read(rp->rio_fd, rp->rio_buf,
                           sizeof(rp->rio_buf));
        if (rp->rio_cnt < 0) {
            if (errno != EINTR) /* Interrupted by sig handler return */
                return -1;
        }
        else if (rp->rio_cnt == 0) /* EOF */
            return 0;
        else
            rp->rio_bufptr = rp->rio_buf; /* Reset buffer ptr */
    }
}
```

```
/* Copy min(n, rp->rio_cnt) bytes from internal buf to user buf */
cnt = n;
```





```

    if ((nread = rio_read(rp, bufp, nleft)) < 0)
        return -1; /* errno set by read() */
    else if (nread == 0)
        break; /* EOF */
    nleft -= nread;
    bufp += nread;
}
return (n - nleft); /* Return >= 0 */
}

```

> 10-8 rio\_readlineb á rio\_readnb á%ä

æp - RIO á ç ¼æ

RIO á%æç çææ¼ “ä W. Richard Stevens áä” ç ç” á,ç% ç ç.. ç æ% á<sup>a</sup> 110<sup>a</sup> äæ¼ç readLine<sup>a</sup>  
 á rio\written á%æä Stevens ç readn á written á%æäæä æç<sup>a</sup> ç¼¼ i... Stevens ç readline á%æää ä  
 ä’ä’ä’ ç æ<sup>a</sup> ç’ä i... á ä” readline æäfç.. áç i... ¼ readn ä äf i... æä¼¼ ä’ä’á%æä ¼ %áä ä æ¼  
 ç readline á%æä æäç’ç äi áç i... ¼ ä¼ æ Stevens á.. áä ä’ä á ç ç’ç äi áç ç æi... æä” read  
 rio\\_readnb á%æä äfæä ¼ ä’ä”ç... ç i... æ%ä¼¼ ä’ä’á%æäæä,ä á...äi,,á ç’ç äi áç<sup>a</sup>

=====

10.6 ¼f»á æä¼á æäi

=====

10.6 ¼f»á æä¼á æäi

ä çç ä ¼ %ä ç ¼ ¼ ç stat á fstat á%æi... æçäáäæä æä¼ç äjæi... æää, æä”æä¼ç á æäi...

```

#include <unistd.h>
#include <sys/stat.h>

```

```

int stat(const char *filename, struct stat *buf);
int fstat(int fd, struct stat *buf);

```

```
// ¼ ä i... ¼ æä á ä” Oi... ¼ æä” á ä” -1a
```

stat á%æäæä¼ä ä’ä’æä¼á æ%ä”¼æi... ä¼ä«á ä’ á¼10-9 æç’ç ä ä” stat æäç æäç á ä’æä<sup>a</sup> fstat á%æä  
 11.5 ¼ ä¼¼f» Web æäjæäi... ä.. ç ¼ stat æäç æäç st\mode á st\size æä i... á¼æ æä á ä á

```

/* Metadata returned by the stat and fstat functions */
struct stat {

```

```

dev_t    st_dev;    /* Device */
ino_t    st_ino;    /* inode */
mode_t    st_mode;    /* Protection and file type */
nlink_t    st_nlink; /* Number of hard links */
uid_t    st_uid;    /* User ID of owner */
gid_t    st_gid;    /* Group ID of owner */
dev_t    st_rdev;    /* Device type (if inode device) */
off_t    st_size;    /* Total size, in bytes */
unsigned long st_blksize; /* Block size for filesystem I/O */
unsigned long st_blocks; /* Number of blocks allocated */
time_t    st_atime; /* Time of last access */
time_t    st_mtime; /* Time of last modification */
time_t    st_ctime; /* Time of last change */
};

```

> å¼0-9 stat ææfiç æ

st\size æå å å«ä æä»¶ç å Ł æä§åªª st\mode æå å ç... ç ä æä»¶Łfiç fiŁfi,åflæ%ö... å¼0-2i... å æä»¶ç  
ä»äi ä, ä äi Ł°Łfi æçfiäi st\\_mode æå ç æä»¶ç»å i...

```

* S_ISREG(m)ª Łç ælä ä“æfiç æä»¶å i...
* S_ISDIR(m)ª Łç ælä ä“çfiæ% æä»¶å i...
* S_ISSOCK(m)ª Łç ælä ä“ç% ç ææå å i...

```

å¼0-10 å ç“ä æä«ä.. æf æ% æ%ççŁç ä äi å stat å%ææŁfi»å å Ł§£ç æ ä“æä»¶ç st\\_mode æ%ª

```
#include "csapp.h"
```

```

int main (int argc, char **argv)
{
    struct stat stat;
    char *type, *readok;

    Stat(argv[1], &stat);
    if (S_ISREG(stat.st_mode)) /* Determine file type */
        type = "regular";
    else if (S_ISDIR(stat.st_mode))
        type = "directory";
    else
        type = "other";
    if ((stat.st_mode & S_IRUSR)) /* Check read access */
        readok = "yes";
    else
        readok = "no";

    printf("type: %s, read: %s\n", type, readok);
}

```







## ¶ § 10.3

¶-å å Ø 0 £æi... å £fiç ç æ»¶ foobar.txt ç- 6 ä“ ASCII ç å ƒ â foobarâ Ø £ä ä å ƒ ä ç £¾”æiæ»

```
#include "csapp.h"
```

```
int main()
{
    int fd;
    char c;

    fd = Open("foobar.txt", O_RDONLY, 0);
    if (Fork() == 0) {
        Read(fd, &c, 1);
        exit(0);
    }
    Wait(NULL);
    Read(fd, &c, 1);
    printf("c = %c\n", c);
    exit(0);
}
```

å æä ä i... å £ç ƒ ä.. ƒ§æç¶£ç ƒ ç æ£ç ƒƒ£ç... æ¥å ææ£ç ƒ å-ä«ç å ä ä“æå.. ææ»¶£çª å æi.  
1ª å æi... ç¶£ç ƒ ä.. £fi»å ƒ«ä ä“å £ i... £ £¾”æ-æi

c = 0

=====

10.9 I/O Ø äi å

=====

10.9 I/O Ø äi å

Linuxshell æä” I/O Ø äi å æ% çfi... å £fi,çæä ç ç ææ»¶å æå £¾¥£¾”£ ç»£pæª æƒ i... Ø fiæ»

```
linux> ls > foo.txt
```

¾ç¾shell å £%%å æ£ç ls ƒ ä i... ä æå £¾”Ø äi å åç ç ææ»¶ foo.txto ä-ä ææ«ä å 11.5 £ äç :  
ƒ ä æi... äi ä-æ£ç ä ƒ ç,ä.....ç»å ç Ø äi åª Ø £ä, I/O Ø äi å æiä ¾ æ¥¾ ç åçi... ä ƒ æå.. æiæ»

```
#include <unistd.h>
```

```
int dup2(int oldfd, int newfd);
```

```
// L_ ä i... L æä ä ä"Ø L. ç æL_°çfï... L æä"Ø ä ä" -1ª
```

```
dup2 ä%æä äæL_°çfLjæLjæØj,, oldfd ä°æL_°çfLjæLjæØj,, newfdï... Lf ç æL_°çfLjæLjæØj,, newfd äæ  
ä ä ä±Ø › newfdª
```

```
å LfiæL°çæ dup2\ (4,1\ ) ä ä i... æä'ç çææf ä¼10-12 æç"ï... äææL_°çf 1ï... æä L¼ä"ï... äï,,ä' ä æä'  
Bï... ææf ä ä"ç ç æä'ï...ª A ä B ç ä.. çæLfiæØ %ç ä' 1ª ä¼10-15 æç"ä L°çæ dup2\ (4,1\ ) ä ä ç æä  
æ±ç Lç«ä±Ø ›ä'ï... äæä äï ç æä'ïLjæä v-node LjæLjæØj,,ä æ±ç Lç«ä Ø/ä'ï... æä'ï B ç ä.. çæLfiæä±
```

[Image: Image]

```
> ä¼10-15 Ø L_ L°çæ dup2\ (4,1\ ) Ø äï ä æä L¼ä"ä ä ç ä æææç æä ä æ çææf ä¼10-12 æç"
```

```
æææ - æfL¼ä ä±L¼ç hoinkies
```

```
ä"ä' Ø ç ä ä æä æäç-»ä æä%çfææf â \]â ä â \[â ç,ææï... æä'ææä shell ç â &gt;â æä%çfç  
hoinky"ª
```

```
ç ä Øç 10.4
```

```
æf æ%çæ dup2 ä æä L¼äæØ äï ä ä°æL_°çf 5ï...
```

```
Ø äï ä æä L¼äæï... æL_°çf 0ï... ä°æL_°çf 5ï... æä'ä L°çæ dup2\ (5, 0\ ) æL ç ä'ç dup2\ (5, STDIN\
```

```
ç ä Øç 10.5
```

```
å Lfiæ ç æä'ï foobar.txt ç- 6 ä" ASCII ç ä çf â foobarâ ç æï... Ø £ä ä ä çæä ç L¼ä"æä ä i...
```

```
#include "csapp.h"
```

```
int main()
```

```
{
```

```
int fd1, fd2;
```

```
char c;
```

```
fd1 = Open("foobar.txt", O_RDONLY, 0);
```

```
fd2 = Open("foobar.txt", O_RDONLY, 0);
```

```
Read(fd2, &c, 1);
```

```
Dup2(fd2, fd1);
```

```
Read(fd1, &c, 1);
```

```
printf("c = %c\n", c);
```

```
    exit(0);
}
```

ç'ä ç...ä% åflL %ä... æL³/ä"ä Lfl¥æfi

c = f

ä% æfiä ä"æä'ä fd1 Ø Æi ä ä"ä fd2i... L³/ä"äi Ø ä æfi

c = 0

=====

10.10 æå I/O

=====

10.10 æå I/O

C Lfl»L¤ Æi ä, ä' ä ç' Ø« ç'SL³/ä¥L³/ä"ä%æfi... ö"ä"æå I/O ä' i... ä"ç' ä' ä æä'ä Unix I/O ç' L³/Ø« ç'Sä«ç' a  
fclosei... a Lfl»ä ä ä L ç' ä%æfi... fread ä fwritei... a Lfl»ä ä ä ç'fä+ç' ä%æfi... fgets ä fputsi... i... ä»  
printfi... a

æå I/O ä' ä' ä ä"æå.. ç' æä»¶æj;ä ä ä"ä ä"æä äfi,,ä' ç' ä' ä L L¤ i... ä ä"æä-æfiä ä"æå FILE ç'-»ä ç' ç' æç' a  
stdinª stdout ä stderri... ä ä«äfi,,ä' ä æå L³/ä¥ª æå L³/ä"ä æå Ø Lflfi...

```
#include <stdio.h>
extern FILE *stdin; /* Standard input (descriptor 0) */
extern FILE *stdout; /* Standard output (descriptor 1) */
extern FILE *stderr; /* Standard error (descriptor 2) */
```

ç'-»ä ä" FILE ç' æäfiä,,æä»¶æLç'ç'fä æç'.. ä+ä"ç' æ%L-jª æç'.. ä+ä"ç' ç'fiç' ä RIO Lfl»ç'.. ä+ä"ç' ä æfi... a  
ç'»ç' L°ç'ç' æØ ä%åflL %ä/äª ä/äf i... ä Lfiæä'æä ä"ç' ä' i... äfi ä äL°ç'ç'æå I/O ç' getc ä%æfi... æ  
ä%ææ¥äª«ä æç'.. ä+ä"i... ç'¶ä ä' ç'.. ä+ä"ä»ç' ç'ä ä"ä L Lç' ä ç' ä' ç'ç'ç' äª ä"Lf ç'.. ä+ä"ä»Lç' ææLfl»ç' a

=====

10.11 ç'...ä i... æLfl¥ä%ç'ç'ç'ä"ä I/O ä%æfi...

=====

10.11 ç'...ä i... æLfl¥ä%ç'ç'ç'ä"ä I/O ä%æfi...

ä³/10-16 æç' ä' æä'äæLç' ä ç' Ø Lfi¤Lfi"Lç' ç' ä ö I/O äª

[Image: &#x56FE; 10-16 Unix I/O&#x3001;&#x6807;&#x51C6; I/O &#x548C; RIO



&#x4E4B;&#x95F4;&#x7684;&#x5173;&#x7CFB;]

Unix I/O ဆိုတာ ဆိုတာကတော့ ငါ့မှာ ရှိတဲ့ အရာတွေကို ဖတ်ရှုရန်၊ ရေးသားရန်၊ ရှာဖွေရန်၊ ပြန်လည်ရေးသားရန် စသည့် အရာများကို လုပ်ဆောင်ပေးသော လုပ်ငန်းစဉ်များကို ခေါ်ဆိုပါသည်။ Unix I/O အား အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

၀ နံပါတ်... အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

\* G1... အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။  
Unix I/O အား အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။  
\* G2... အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။  
\* G3... အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

\* ၀ အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။  
\* ၀ အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

Unix I/O အား အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

```
FILE *fpin, *fpout;  
  
fpin = fdopen(sockfd, "r");  
fpout = fdopen(sockfd, "w");
```

အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

```
fclose(fpin);  
fclose(fpout);
```

Unix I/O အား အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖော်ပြပါသည်။

---

## 10.12 3 9

---

## 10.12 3 9

Linux æð/ä 3 9 ç ä"ä Unix I/O æjå ç ç»9 ç'så%æi... äi ä«å ½fi,ä ççç ä' æå..<sup>a</sup> å±0<sup>a</sup> ½fi»å å æä ç ½fi»å å æå% ä.. ä"ç"ä ½fi±å...i... ä' ççç ä' ä' 0j»½ %æçfiå"0ç ½fiå ä' ç ½ æåj ä' ççç ä' ä' ç·æ å 0 ½ ä' æç½fi ½fi»å æå% i... ç·ä"ä.. 0 äi ææç ½fi•æ ææii... ½ "ååç ä' ½fi±å...<sup>a</sup>

Linux å æå%ççç ä"ç,å±ç ææiç ææ½fiç"æå.. ç æä"½ æ½ç"ç½fiçç ç ½fiç,æå æå.. æä"½fiçç ç ½fiçç ç ½fiç, æ ä"½ ç 0 %ææi ½ "ä-å çç æ½ç"ç½fiç... ½ ææç ½ ç å-ä«å ä' ä"æå.. æä"½fiç ç

æå I/O ä' æiå"ä Unix I/O äi çç i... ä'æð/ä ä' ç ä"æç 0« ç's I/O ä'ç<sup>a</sup> äi,ä æçææ ççç ä' ½ ½fi... ç 0 æ ç½fi i... å ä"äi,æå I/O å ç% ç æä"½ ç ä' ç,ä' ä å...äi,ç 0 äfi... Unix I/O æ ä' æå I/O æ½fiç

å ½ æçfi½fi·æ

Kerrisk æå ä' å±ä' Unix I/O å Linux æä"½fiç»9 ç ç...½<sup>aa</sup> 62<sup>a</sup> Stevens ç... å ä' Unix I/O ç æå å ½ æ Ritchie äi,ä æå I/O å%æç ä"ä ææ½ äi æç ½fi½fi"<sup>a</sup> 61<sup>a</sup> <sup>a</sup>

---

## äfiä'ä% ä

---

## äfiä'ä% ä

9 ä' 0ç 10.6

ä 0 çç ä' ç ½"ä"æiä ä' i...

```
#include "csapp.h"
```

```
int main()
```

```
{
```

```
    int fd1, fd2;
```

```
    fd1 = Open("foo.txt", O_RDONLY, 0);
```

```
    fd2 = Open("bar.txt", O_RDONLY, 0);
```

```
    Close(fd2);
```

```
    fd2 = Open("baz.txt", O_RDONLY, 0);
```



၎င်းတို့ သို့မဟုတ် အခြားမည်သို့ပင် ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို Web သို့မဟုတ် email  
ပေါ်တွင် ထည့်သွင်းနိုင်သည်။ ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို နောက်ထပ်မံ၍ သိရှိလိုပါက ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဆက်လက်ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။

၎င်းတို့ သို့မဟုတ် အခြားမည်သို့ပင် ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို နောက်ထပ်မံ၍ သိရှိလိုပါက ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဆက်လက်ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။

## 11.1 အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်း

### 11.1 အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်း

အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။ ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဆက်လက်ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။

အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်းသည် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။

[Image: &#x56FE; 11-1

&#x4E00;&#x4E2A;&#x5BA2;&#x6237;&#x7AEF;&#x2014;&#x670D;&#x52A1;&#x5668;&#x4E8B;&#x

အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။

၁. ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်းသည် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။
၂. အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်းသည် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။
၃. အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်းသည် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။
၄. အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်းသည် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။

အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ၎င်းတို့၏ အချက်အလက်များကို ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။

အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်းသည် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။

အချက်အလက်များကို ရှာဖွေခြင်းသည် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။

## 11.2 ၎င်းတို့

### 11.2 ၎င်းတို့











```
inet\pton a%æä ä ä“ç„â â ĺ ĺ â¶â†ï... srcï... ĺ%œä”ä ä“ä ĺ ĺ â¶ç ç% ç» â ĺ Ø;”ä ç IP â°â ï... dstï... c
0ª ä»æ% â¶ä» Ø ĺflä.. ĺ ĺ â -1ï... â¶ĺfiç%fi erroª ç,ä.....âï... inet\ntop a%æä ä ä“ä ĺ ĺ â¶ç ç% ç»
null ç» äç ä çfätç æä size ä“â ĺ äâ¶â° dstª
```

ç» ä Øç 11.1

äi æä ĺjpi...

```
| â âĸ ĺ ĺ â¶â°â | ç„â â ĺ ĺ â¶â°â |
| :--- | :--- |
| 0x0 | |
| 0xffffffff | |
| 0x7f000001 | |
| | 205.188.160.121 |
| | 64.12.149.13 |
| | 205.188.146.23 |
```

```
| â âĸ ĺ ĺ â¶â°â | ç„â â ĺ ĺ â¶â°â |
| :--- | :--- |
| 0x0 | 0.0.0.0 |
| 0xffffffff | 255.255.255.255 |
| 0x7f000001 | 127.0.0.1 |
| 0xcdbca079 | 205.188.160.121 |
| 0x400c950d | 64.12.149.13 |
| 0xcdbc9217 | 205.188,146.23 |
```

ç» ä Øç 11.2

ç.. â çª hex2dd.cï... ä äi ç â âĸ ĺ ĺ â¶â°â æĸ%œä”ç„â â ĺ ĺ â¶â†â¶æâ°â”ç» æª äç

```
linux> ./hex2dd 0x8002c2f2
128.2.194.242
```

```
#include "csapp.h"
```

```
int main(int argc, char**argv)
{
    struct in_addr inaddr; /* Address in network byte order */
    uint32_t addr; /* Address in host byte order */
    char buf[MAXBUF]; /* Buffer for dotted-decimal string */

    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: %s <hex number>\n", argv[0]);
```

```

        exit(0);
    }
    sscanf(argv[1], "%x", &addr);
    inaddr.s_addr = htonl(addr);

    if (!inet_ntop(AF_INET, &inaddr, buf, MAXBUF))
        unix_error("inet_ntop" );
    printf("%s\n", buf);

    exit(0);
}

```

❏ ä Ø 11.3

ç.. ä ç ä dd2hex.cï... ä äi ç ç,,ä ä ŁŁ ä ää æŁ%œä"ä äŁŁ ä ää ää"ç æ ä ä

```

linux> ./dd2hex 128.2.194.242
0x8002c2f2

```

```
#include "csapp.h"
```

```

int main(int argc, char **argv)
{
    struct in_addr inaddr; /* Address in network byte order */
    int rc;

    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: %s <dotted-decimal>\n", argv[0]);
        exit(0);
    }

    rc = inet_pton(AF_INET, argv[1], &inaddr);
    if (rc == 0)
        app_error("inet_pton error: invalid dotted-decimal address");
    else if (rc < 0)
        unix_error("inet_pton error" );

    printf("0x%x\n", ntohl(inaddr.s_addr));
    exit(0);
}

```

ä ç,,ç% äiçæçflä ääjää' ç,Ø äjæä%ççæ IP ää ä çŁŁ ä... äi,,ä ä"äŁŁ ä ä... ääæääØ äfiä%  
 IP ää ç ää ä ä ää ätçäç,,ä Ø ç ä Łl ä... ä ä ä ä çääi... ä ä whaleshark.ics.cs.emu.e

ä ä Ø ä äçä ä ää ä ç... ç ä ä ää ää ääç ä% ç%fiä Ø ŁŁ ä äçä% ä ääi,,æ

[Image: &#x56FE; 11-10 &#x56E0;&#x7279;&#x7F51;&#x57DF;&#x540D;&#x5C42;&#x6B21;&#x7ED6784;&#x7684;&#x4E00;&#x90E8;&#x5206;]

å æø æåflæ»¥Ł¼ø"ä"ä ææ æç Ł ç,Ł¼ø"ä ä ä... ä ä ä°æç Ł•flæ¼ææ ä ä ä æç"ä"ä ä ä... subdomain level domain namei... ä... ç-Ø Ł ¥ä'ø" ø" ICANNi... Internet Corporation for Assigned Names and Numbersi... ä ç,ç% ä Ø ä ä æä ä ä... äi ä ä ä,Ł§ ç ø'ä ä- ä ä ä æ comä eduä govä orgä netä

ä ä ä- æä ç"i... second-leveli... ä ä ä... äæ cmu.eduä... Łä ä ä ä æç- ICANN ç ä ä"æææ"Łç æç§ä ä°ä æäç ä"ø ä Ø ç ä ä æä ä"ø" ø" ää"ä ä ä"ä ç"§ä ä ä... Ø Łä äi ä-äflæ»¥äŁä ä"ä

ä ç,ç% äi ä ä ä ä Ø ä ä IP ä°ä Ø ä ä Ø ·ç æä ä ç·ä°1988 ä·ä... Łä ä"æä Ø %ææØ Łä ä ä"ä"ä HOST ç ææææ"¥æææ"æç ä ä" Ø Łä»¥ä ä... Łä ä"æä ææØ Łä ä ä ç Ł ä·ä ç ææä ä"ä... ç"ä" DNSi... Dom ææä ç-ä ç"ä ç ä"ææçfiø æi... host entry structurei... ø æi... ä"ä"ææä ä ä ä ø ä ä ä ø IP ä°ä ä IP ä°ä ç ø ä·ç-»ä æä"äflæ»¥ç Linux ç NSLOOKUP ø ä ææç" DNS æä ç ä ä ä æç... Łä ä"ø ä ä"ä

äfi... æä"Ø æŁ°æä NSLOOKUP ç Ł"ä"ä»¥æØ« äflfl»æçä

æ ä°ä ç,ç% ä"ææØ %ææä"äi ä ç ä ä localhosti... Łä ä"ä ä æææä ä"ä Ø ä°ä ä... loopback addressi...

```
linux> nslookup localhost
Address: 127.0.0.1
```

localhost ä ä"ä.. çŁä Łä ää ä ä°æäø ç äiæç"flæ æäjäææä"ä ä ç ää"ä äflç»æç æä.. ä... Łä äi,Ł°ä

```
linux> hostname
whaleshark.ics.cs.cmu.edu
```

äææfi ä ç æä"äi... ä ä"ä ä ä ä ä" IP ä°ä ä Ø ·æä ä æä ä...

```
linux> nslookup whaleshark.ics.cs.cmu.edu
Address: 128.2.210.175
```

ç"Ł ä... äææä æä"äi... ä ä"ä ä ä flæ»¥æä ä"ä ä ä" IP ä°ä ä...

```
linux> nslookup cs.mit.edu
Address: 18.62.1.6
```

```
linux> nslookup eecs.mit.edu
Address: 18.62.1.6
```

äææØ ä,ç æä"äi... ä ä"ä ä ä flæ»¥æä ä°ä ä ø ç ä ä" IP ä°ä ä...

```
linux> nslookup www.twitter.com
Address: 199.16.156.6
Address: 199.16.156.70
```

Address: 199.16.156.230

Address: 199.16.156.70

[Image: &#x56FE; 11-11 &#x56E0;&#x7279;&#x7F51;&#x8FDE;&#x63A5;&#x5206;&#x6790;]

አዲስ አበባ... Web ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

128.2.194.242:51213

አዲስ አበባ 51213 ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ Web ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

208.216.181.15:80

አዲስ አበባ 80 ሽብርቅጥ Web ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

(128.2.194.242:51213, 208.216.181.15:80)

ጽሑፍ - ለ ርግጽ ርግጽ

ለ ርግጽ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
Clarke ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

ለ ርግጽ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ 1957 ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
Sputnik... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
Lawrence Roberts ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

1972 ለጽሑፍ አድራሻ Robert Kahn ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ Vinton Cerf ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ TCP/IP ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

1985 ለጽሑፍ አድራሻ Paul Mockapetris ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ DNS ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

11.4 ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

11.4 ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ socket interface... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ  
ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ Windows ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ Macintosh ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ... ሽብርቅጥ ለጽሑፍ አድራሻ

[Image: &#x56FE; 11-12 &#x57FA;&#x4E8E;&#x5957;&#x63A5;&#x5B57;&#x63A5;&#x53E3;&#x7687F51;&#x7EDC;&#x5E94;&#x7528;&#x6982;&#x8FF0;]



### 11.4.2 socket     

```
äiçæçflå æåjååå%çç socket å%æååå"ä ä"ä æåå æLççfi... socket descriptor... a
```

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
```

```
int socket(int domain, int type, int protocol);
```

// ʟ; ǎ i... ʟ ʎæǎ ǎ ä"Ø ʟ. æʟ; ʔfï... ʟ ʎǎ"Ø ǎ ä"-1<sup>a</sup>

af ææLf ä%ö;æ æä"Lf; æç ä ä"çflç,,i... ä-çæf ä g'ç.. ç ç å ææL° çæ socket ä%öæi...

```
clientfd = Socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
```

အဲဒါနဲ့... AF\INET ကိုပေးရင် အဲဒါကိုပေးတဲ့ 32 ခု IP အားနဲ့... SOCK\STREAM ကိုပေးရင် အဲဒါကိုပေးတဲ့  
အဲဒါနဲ့... 11.4.7 ကိုပေးရင် အဲဒါကိုပေးတဲ့ အဲဒါနဲ့... အဲဒါကိုပေးတဲ့ အဲဒါနဲ့... အဲဒါကိုပေးတဲ့

```
socket &L; a c clientfd
```

æLç: ʔfə̌ ʃiØ mǎ ʃǎ.. ç i... ɫç: äɫ %çmǎ' ɫfl»ǎ<sup>a</sup> ʃf ʔ%ǎ ʃi ʃǎǎ.. ʃ ʃǎ ç ʔ%ǎ%ǎ i... ǎ ǎɫǎ' ʃǎ ʃǎiǎç.

### 11.4.3 connect æ

ðĩçæçflØ ŁŁ Ł° çꝛ connect ǎ%ǎǎǎǎ"ç ǎ æǎǎǎç ŁŁ æǎ

```
#include <sys/socket.h>
```

```
int connect(int clientfd, const struct sockaddr *addr,
            socklen_t addrlen);
```

// ʟᵢ. ǎ i... ʟ ʏæǎ ǎ ä" 0i... ʟ ʏǎ"Ø ǎ ä" -1<sup>a</sup>

```
connect a%ælfí a%ä æfæ a a%ä ä" addr ç æa;äpæ"ç æ ä ä"ä ç,,ç%o Ł; æfi... ä¶ä) addrlen æfi sizeof(sock
a%æä.. Ø »ä i... ä ç-äŁ; ææä ä"ç ææfiä ç Ø Łfi¶ä æ ææä i... clientfd æŁ;çfçäpæ-ä ä æ%æfiä)
```

`\(x:y, addr.sin\addr:addr.sin\port\)`

ǎꝥꝥꝥ ĩ... ǎŋǎ x Łjɤqʰd̪içæɔꝥflç IP ǎǎ ĩ... Ł y Łjɤqʰd̪ǎæŋlçflǎŋĩ... ŋi ǎŋlǎ ǎɔɣfiǎi ð ŋiçæɔꝥflǎ» æð ç ŋiç  
 connect æðǎ æŋi... Ł§ 11.4.8 Ł ĩ... <sup>a</sup>

#### 11.4.4 bind a%æ

å'ä ç æ æå å%æâ â bind<sup>a</sup> listen å accepti... æå;åççåfi ä'æå åfiçæçflå''çç Ł; æ<sup>a</sup>







[Image: &#x56FE; 11-15 getaddrinfo  
&#x8FD4;&#x56DE;&#x7684;&#x6570;&#x636E;&#x7ED3;&#x6784;]

áðáíçæç«fl°çðä getaddrinfo ä, ä... ä.. Ø á ÌÇ ä“á ÌÇðí... äæðä Ìfl æ ä“æ æá áá ä... ç·á°çð socket  
æá ä... ä”ç« ÌÇ ÌÇ æá ç»ä....äí... æááðä.. ä Ìfl Ø á á ÌÇðäç æ ä“æ æá áá ä... ç·á°çð socket á  
æá ä... æ ÌÇ°çfä.. ÌÇ«ç» äí á°ä ä“á æ ç æ æá áá á ä”ä Ø Ì á á á æ æ. ä... ä çðç ä ä Øí»áðæá Ì°çð  
ÌÇ á Ø Ø ¶ç Ø Ìflä»Éç ä... ä çðç ä áflä»¥Ì°çð gai\_streerori... ä Ìflä»Éç Ì%«æææ æíá çfä†ª

getaddrinfo ç host á æáflä»¥æíá á ä... ä áflä»¥æíáá áá ä... ä ç,á á ÌÇ á¶ IP áá ä... á service á æáflä»  
httpí... ä... ä áflä»¥æíá ÌÇ á¶ç«fläáª ä ç æá ææá»æá Ì%«ææá áá ä... áflä»¥æ host Ìflí»¥fiä” NULLª

áflØ ç á æ hints æíä ä“ addrinfo ç æí... Ì§ á³11-16í... ä... äí æææí, getaddrinfo ÌÇ á ç æ æá áá á ÌÇ

```
struct addrinfo {  
    int      ai_flags;      /* Hints argument flags */  
    int      ai_family;     /* First arg to socket function */  
    int      ai_socktype;   /* Second arg to socket function */  
    int      ai_protocol;   /* Third arg to socket function */  
    char      *ai_canonname; /* Canonical hostname */  
    size_t    ai_addrlen;   /* Size of ai_addr struct */  
    struct sockaddr *ai_addr; /* Ptr to socket address structure */  
    struct addrinfo *ai_next; /* Ptr to next item in linked list */  
};
```

> á³11-16 getaddrinfo ä%ççç addrinfo ç æ

ä æ Ìf ä.. Ø hints á æí... á“Ì %çí»¥fiä á á æí... ai\familyª ai\socketª ai\protocol á ai\flags á æí...  
NULLí... á äí Ø äí... æá»çð memset ä æá»ç» Ì æ Ø ¶í... ç¶á æ Ø æá Ìí»¥fiä ä á æí...

\* getaddrinfo Ø» Ìfláflä»¥ÌÇ á IPv4 á IPv6 æ æá áá á ai\family Ìí»¥fiä” AF\_INET ä.. ä á ÌÇØ á¶á  
á Ø á¶á” IPv6 áá á

\* äí,ä host á Ì ç æ ä“áá ä... getaddrinfo á%æØ» Ìflæá ÌÇ á ä ä“ addrinfo ç æí... æ ä“ç ai\socket  
á æíá á ä... ä ä“æí ÌÇ æí... ä ä“æíæíæí... æäfæ Ìflí ÌÇ í... ä ä“æíá æ æ æá ä... æäfæ Ìflí ÌÇ í...  
addrinfo ç æí... Ìflíç» æç æ æá áá áflä»¥ä%ä” ÌÇ æç ä ä“ç«flç,ª ÌÇ æíææç»äç ä æææç ÌÇ äª

\* ai\_flags á æíá ä“ä%æç ä... áflä»¥ÌÇ ä æäíæçØ» Ìflí ÌÇ äª áflä»¥æá ç á...çð OR ç á ÌÇææä Ìflí  
\* AI\_ADDRCONFIGª ä æáðä%ççç æí... ä-æ Ì%ççç ä“æäª 34ª ä í Ìf æ á“æä% æáª»  
IPv6 ä æíç»ä....ª

\* AI\_CANONNAMEª ai\canonname á æí» Ìflíª NULLª ä æí»¥fiä Ìflíæä í... ä-æíá Ìfl getaddrinfo  
ai\canonname á æíæá host ç æá ä... äí æí... á á ä... Ì§ á³11-15í...ª

\* AI\_NUMERICSERVª á æ service Ø» Ìfláflä»¥æíáá æç«fläáª ÌÇ ä“æä á..”á¶á æ service ä”ç»

\* AI\_PASSIVEª getaddrinfo Ø» Ìflí ÌÇ á æ æá áá ä... äíçæç«fläflä»¥á Ì°çð connect  
æíçðä% ä»áðæ æáª ÌÇ ä“æä á Ìfl Ìflíá%æí... ÌÇ á ç æ æá áá áfl %ÌÇ«æááðçðä% ç á æ æá  
NULLª äíç æ æá áá ç æäç áá á æí... æíØ Ø çfáá ä... wildcard addressí... ä... á Ìfl á æ ÌÇ ä“  
áá ç Ìflíæª ÌÇ æíææç»äæááðæææç ÌÇ äª

ä% getaddrinfo á æ”Ìª”á ÌÇðäç addrinfo ç ææíí... ä.. ä «á æ ä“á æí... Ø/ä ai\flagsª ai\addr á æí...





ç å Ł %i... æä/ä æø« ç'šå«çª ç'ç« ä' ä'»æ% ç,,æ å°å æ..å.. ç æ%Ł-jª æç ç Łç å°ä æäæä/äi... ç.. å  
getnameinfo ä ä ä"ä æä å°å Ł%ææç,,å å Łç å¶å°å å çfä†ª

ä ø çæŁšçå†ææª æææi... æ%ççæ inet\\_ntop Łf åø æä i... äi Łf æ ä/ø"»çfç å.."å¶ç-»å Ł%ææå æ

```
#include "csapp.h"
```

```
int main(int argc, char **argv)
```

```
{  
    struct addrinfo *p, *listp, hints;  
    struct sockaddr_in *sockp;  
    char buf[MAXLINE];  
    int rc;
```

```
    if (argc != 2) {  
        fprintf(stderr, "usage: %s <domain name>\n", argv[0]);  
        exit(0);  
    }
```

```
    /* Get a list of addrinfo records */  
    memset(&hints, 0, sizeof(struct addrinfo));  
    hints.ai_family = AF_INET; /* IPv4 only */  
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM; /* Connections only */  
    if ((rc = getaddrinfo(argv[1], NULL, &hints, &listp)) != 0) {  
        fprintf(stderr, "getaddrinfo error: %s\n", gai_strerror(rc));  
        exit(1);  
    }
```

```
    /* Walk the list and display each associated IP address */  
    for (p = listp; p; p = p->ai_next) {  
        sockp = (struct sockaddr_in *)p->ai_addr;  
        Inet_ntop(AF_INET, &(sockp->sin_addr), buf, MAXLINE);  
        printf("%s\n", buf);  
    }
```

```
    /* Clean up */  
    Freeaddrinfo(listp);
```

```
    exit(0);  
}
```

11.4.8 æ æå ææåç Ł³ä'å%æ

å åfæ¶i... getnameinfo å%æå æ æå ææåç ä å»æä åflæª çøø« ç'šç Ł³ä'å%æå Łç ä ä ä.. æä/ä/äi.  
open\listenfdi... äiçæçflå æäjäæª ç,ø äjæ¶flä»æ%ççæŁç ä' å%ææª

## 1. open\\_clientfd

Open a connection to a host and port.

```
#include "csapp.h"
```

```
int open_clientfd(char *hostname, char *port);
```

```
// Return fd of connection to hostname on port. If fail, return -1.
```

Open a connection to a host and port. The function returns a file descriptor on success, or -1 on failure. The function is implemented in csapp.c.

```
int open_clientfd(char *hostname, char *port) {
    int clientfd;
    struct addrinfo hints, *listp, *p;

    /* Get a list of potential server addresses */
    memset(&hints, 0, sizeof(struct addrinfo));
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM; /* Open a connection */
    hints.ai_flags = AI_NUMERICSERV; /* ... using a numeric port arg. */
    hints.ai_flags |= AI_ADDRCONFIG; /* Recommended for connections */
    Getaddrinfo(hostname, port, &hints, &listp);

    /* Walk the list for one that we can successfully connect to */
    for (p = listp; p; p = p->ai_next) {
        /* Create a socket descriptor */
        if ((clientfd = socket(p->ai_family, p->ai_socktype, p->ai_protocol)) < 0)
            continue; /* Socket failed, try the next */

        /* Connect to the server */
        if (connect(clientfd, p->ai_addr, p->ai_addrlen) != -1)
            break; /* Success */
        Close(clientfd); /* Connect failed, try another */
    }

    /* Clean up */
    Freeaddrinfo(listp);
    if (!p) /* All connects failed */
        return -1;
    else /* The last connect succeeded */
        return clientfd;
}
```

> 1-18 open\\_clientfd... ä äjââ"ç Lç æç L'ä'â%æä äi äflâflØ ä¥â ä ä Lfifiæâ±ç

æä« L° ç getaddrinfo... äi Lç ä addrinfo ç æç ä Ljâi... æä"ç ææâ ä ä"æ æä ä°â ç æi... äflçä ä»  
port ç flâ£ ç flâ Ø ä Lfl¥â Ljâi... ä/æä Lfl ä Ljâäç æä"æçfii... ç·â L° ç socket ä connect æâ ä æ  
ä-L-¥i... äâä Lfl ä ä ä"æçflâ, ä i... Lf ä ä ä°â±Ø »æ æä æLççfä æ connect æâ i... æä» ä.. Ø æä  
ä ääjäâØ äjâ ä

ææi... ææç ä» £ç Ø %ä ä» ä% ç æç IP æâ± socket ä connect ç ä æØ %æiç getaddrinfo L "ââä±

2. open\\_listenfd ä%æ

L° ç open\\_listenfd ä%æi... ääjäââ ä"ä ä"ç ä æLççfi... ä ä ä%ææä Lç æLflæ ä

```
#include "csapp.h"
```

```
int open_listenfd(char *port);
```

```
// Lç ä i... L ¥æâ ä ä"æLççfi... L ¥â"Ø ä ä" -1ä
```

open\_listenfd ä%ææâ.. ä Lç ä ä ä"ç ä æLççfi... Lç ä æLççfä ä ä%âç flâ£ port/h æä Lç æLflæ ä

```
int open_listenfd(char *port)
```

```
{
```

```
    struct addrinfo hints, *listp, *p;
```

```
    int listenfd, optval = 1;
```

```
    /* Get a list of potential server addresses */
```

```
    memset(&hints, 0, sizeof(struct addrinfo));
```

```
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;          /* Accept connections */
```

```
    hints.ai_flags = AI_PASSIVE | AI_ADDRCONFIG; /* ... on any IP address */
```

```
    hints.ai_flags |= AI_NUMERICSERV;         /* ... using port number */
```

```
    Getaddrinfo(NULL, port, &hints, &listp);
```

```
    /* Walk the list for one that we can bind to */
```

```
    for (p = listp; p; p = p->ai_next) {
```

```
        /* Create a socket descriptor */
```

```
        if ((listenfd = socket(p->ai_family, p->ai_socktype, p->ai_protocol)) < 0)
```

```
            continue; /* Socket failed, try the next */
```

```
        /* Eliminates "Address already in use" error from bind */
```

```
        Setsockopt(listenfd, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR,
```

```
            (const void *)&optval, sizeof(int));
```

```
        /* Bind the descriptor to the address */
```

```
        if (bind(listenfd, p->ai_addr, p->ai_addrlen) == 0)
```





```

port = argv[2];

clientfd = Open_clientfd(host, port);
Rio_readinitb(&rio, clientfd);

while (Fgets(buf, MAXLINE, stdin) != NULL) {
    Rio_writen(clientfd, buf, strlen(buf));
    Rio_readlineb(&rio, buf, MAXLINE);
    Fputs(buf, stdout);
}
Close(clientfd);
exit(0);
}

```

> å³¼1-20 echo ãíçæç«flç ä»ç ä'

å³¼ æå¡å³»"ç« ½ æä å ï... ãíçæç«fl½ å³ä ä"äçflï... å ää æå ½å³fl»å ææ½ ï... å Ø ææ½ ç ææïï... æ½ å ä"çææå³Ø fiç ä Ø fiå¥ Ctrl+Dï... æ½ å ä"å³ä ä"Ø ãí å ç ½å³æä»fläçæå³%ä ææç ææ½ ææçæç«flç æä å ï... ãíçæç«flå±Ø æ½ççfå ½ ä.. ãí...½ å Ø ä ä" EOF Ø çæå³å¡å³ï... ä% æå¡å³» ãí ç å³%ææïå³ä ä"ä ä"Ø flç ½ å ç æïï... ä-ä.. æ æå³½ ä"ç æå å³å±Ø æí ç æ½ççfå ï... ãíçæç«flä-ç æä ä-æ¡æå ½ f ä ä ½ ç ä.. å³å³... å³å±Ø æå³ ç ä»ä% æ½ççfæïä ä"½ flå³%ç ç.. ç ä æïå

å³¼1-21 å-ç"ä echo æå¡å³ç ä»ç ä' å

```
#include "csapp.h"
```

```
void echo(int connfd);
```

```
int main(int argc, char **argv)
```

```

{
    int listenfd, connfd;
    socklen_t clientlen;
    struct sockaddr_storage clientaddr; /* Enough space for any address */
    char client_hostname[MAXLINE], client_port[MAXLINE];

    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: %s <port>\n", argv[0]);
        exit(0);
    }

```

```

    listenfd = Open_listenfd(argv[1]);
    while (1) {
        clientlen = sizeof(struct sockaddr_storage);
        connfd = Accept(listenfd, (SA *)&clientaddr, &clientlen);
        Getnameinfo((SA *) &clientaddr, clientlen, client_hostname, MAXLINE,

```





| :--- | :--- |  
| text/html | HTML ØµØ ø |  
| text/plain | ææ..å.. ææ |  
| application/postscript | Postscript ææ |  
| image/gif | GIF æ..å.. ç.. ç ç ä £ £ à¶å |  
| image/png | PNG æ..å.. ç.. ç ç ä £ £ à¶å |  
| image/jpeg | JPEG æ..å.. ç.. ç ç ä £ £ à¶å |

> à¶1-23 MIME ç-»à ç'ä

Web æåjà¶ä»ä/ç ä å ç æå.. à äíçæçflæä äí,,i...

\* à ä ä“ç ç æ»¶i... à¶ä äí ç å äí,,£ £ à ç äíçæçflæ ç ç æ»¶i“ä”Ø æå äí,,i... static contenti... i... £ £ contenti...<sup>a</sup>

\* £ £ ä ä“åflæç £ æ»¶i... à¶ä äí ç £ ä”£ £ à ç äíçæçflæ £ £ äíåflæç æ»¶iäç ç £ ä”ç“ä”ååå å contenti... i... £ £ £ ç ä äí £ £ à äíçæçflæ £ £ ç ç“ä”æåjà¶ä äí,,i... serving dynamic co

æ æç- Web æåjà¶£ å ç å äí,,Ø %æå äí ç ç æä“æ»¶iç,å£ ç<sup>a</sup> £ £ ä æ»¶iäç æ ä ä“Ø %æä ä“åflæç Locatori... Ø çµ£µæäí ä% çfi...<sup>a</sup> ä/ç i... URL

<http://www.google.com:80/index.html>

£µç“å ç,,ç% ä»æ www.google.com ä ä ä“ç“ /index.html ç HTML æ»¶i... äí æíç-ä ä“ç åçflæ£ 80 ç æåjà¶ç ç<sup>a</sup> çflæ£å•æíåflØ ç i... Ø» £fi/ä”çåå HTTP çflæ£ 80<sup>a</sup> åflæç £ æ»¶iç URL åflä»ååæ»¶i å çfi å Ø å..<sup>a</sup> ä/ç i... URL

<http://bluefish.ics.cs.cmu.edu:8000/cgi-bin/adder?15000&213>

æ£fi ä ä ä“å /cgi-bin/adder ç åflæç £ æ»¶i... ä.. åfä“å æå çfiä 15000 å 213 æ£° çµäí<sup>a</sup> ååä åj ç ä å Ø µå<sup>a</sup> ä/ç i... äíçæçflæ%ççµå ç..

<http://www.google.com:80>

æååäí ä ä“ç-»æåjà¶£ ç»i... æåjà¶ååå“Ø i... ä»å äí ç åç çflæ£å•æíäí<sup>a</sup> æåjà¶ä%ççµå ç..

/index.html

æå çååäí æ»¶iç»ç» äç æ»¶i... à¶çfiäí £fiæ ç æíØ æå äí,,£ £ æíååå äí,,<sup>a</sup>

ååä æåjà¶äí ä% £££Ø ä ä“ URL ç å ç.. i... æå ç,,Ø £fi ç £££i...

\* çfiäí ä ä“ URL æå ç æíØ æå äí,,£ £ æíååå äí,,æ;ææå ç ££ å<sup>a</sup> æ ä“æåjà¶äí,,äí æçíç ç æ»¶iØ %ææ bini... ææç åflæç £ ææ»¶iØ %æç Øí»å æ£ £ ä çfiä% ä<sup>a</sup>

\* å ç.. äç æå.. æç Ø £ä“ å /å ä £µç“ Linux ç æçfiä%<sup>a</sup> ç,å i... äí £µç“ç æí£ç«£fiæ å äí,,ç-»å ç ä»çfi /usr/httpd/html ä i... £ ææç ååå äí,,Ø %å æåçfiä% /usr/httpd/cgi-bin ä<sup>a</sup>

\* æä ç URL å ç.. æí å /å å çfi... æææåjà¶äí åíæä-ä”æä“Ø» £fiç ä»Øíµ... ä/ç













å 10.11 L ä... ä»«L»få L L ä% å†ä åmç% ç ä çmä»ä%çç C äå I/O å%äç å–Ø 'a ç¶L i... å¼1-2  
äå I/O L %åm CGI ç ä Ø ä% ç å å äi... åm L L ç ä»L L L ç CGI ç ä ä Ø Lf ää.. å†Ø »äi ç L

=====

## 11.6 ç...å i... TINY Web äåjåm

=====

### 11.6 ç...å i... TINY Web äåjåm

ä»«Ø L L å.. å ä ä“L %ä ä% å L %Ø% åmç “ä” TINY ç Web äåjåm»ç» ääi,,ç% ç ç... ç ç LfiLfi”a  
L L ä»Lç äi... äi ç å ä Lfi,ä ä»«ä†ç» åfä, åç ääi... ä/ç L L ç ää¶a Unix I/Oa ä äå äåLå HTTPa  
Web æL§ åmæäØ äå åmæç å äi,,a ä»«Ø... å–ä% ç ç¶äi i... å¶ä L “ä–äi ç°äi a ä ä ä“äi Ø ç æL§ åmæ  
ØjØ ç... ç äiØ ä,ä/ä”å·ä i... ç L †äi,,ä»«L L ä ä% L æLfi..i... ä äiç äi... i... a

#### 1. TINY ç main ç ä

å¼1-29 å–ç”ä TINY ç ä»ç ä a TINY ää ä“L L»ä»Låjåm... ç ååmå%ä»L L ää.. Ø æç çflåLä ç L L  
å%ää... ä ä“ç å·ä äå ä»ä i... TINY æL L å,ä ç æØ äåjåm»çfi... ä äåå»L L æLfi•ä i... ç 32 L

```
/*
 * tiny.c - A simple, iterative HTTP/1.0 Web server that uses the
 * GET method to serve static and dynamic content
 */
#include "csapp.h"

void doit(int fd);
void read_requesthdrs(rio_t *rp);
int parse_uri(char *uri, char *filename, char *cgiargs);
void serve_static(int fd, char *filename, int filesize);
void get_filetype(char *filename, char *filetype);
void serve_dynamic(int fd, char *filename, char *cgiargs);
void clienterror(int fd, char *cause, char *errnum,
                 char *shortmsg, char *longmsg);

int main(int argc, char **argv)
{
    int listenfd, connfd;
    char hostname[MAXLINE], port[MAXLINE];
    socklen_t clientlen;
    struct sockaddr_storage clientaddr;
```

```

/* Check command-line args */
if (argc != 2) {
    fprintf(stderr, "usage: %s <port>\n", argv[0]);
    exit(1);
}

listenfd = Open_listenfd(argv[1]);
while (1) {
    clientlen = sizeof(clientaddr);
    connfd = Accept(listenfd, (SA *)&clientaddr, &clientlen);
    Getnameinfo((SA *) &clientaddr, clientlen, hostname, MAXLINE,
                port, MAXLINE, 0);
    printf("Accepted connection from (%s, %s)\n", hostname, port);
    doit(connfd);
    Close(connfd);
}
}

```

> 1-29 TINY Web æäå

2. doit å%æ

1-30 äç doit å%æäç ää HTTP ä åä

```

void doit(int fd)
{
    int is_static;
    struct stat sbuf;
    char buf[MAXLINE], method[MAXLINE], uri[MAXLINE], version[MAXLINE];
    char filename[MAXLINE], cgiargs[MAXLINE];
    rio_t rio;

    /* Read request line and headers */
    Rio_readinitb(&rio, fd);
    Rio_readlineb(&rio, buf, MAXLINE);
    printf("Request headers:\n");
    printf("%s", buf);
    sscanf(buf, "%s %s %s", method, uri, version);
    if (strcasecmp(method, "GET")) {
        clienterror(fd, method, "501", "Not implemented",
                    "Tiny does not implement this method");
        return;
    }
    read_requesthdrs(&rio);
}

```



```

        char *shortmsg, char *longmsg)
{
    char buf[MAXLINE], body[MAXBUF];

    /* Build the HTTP response body */
    sprintf(body, "<html><title>Tiny Error</title>");
    sprintf(body, "%s<body bgcolor=\"\"ffffff\">\r\n", body);
    sprintf(body, "%s%s: %s\r\n", body, errnum, shortmsg);
    sprintf(body, "%s<p>%s: %s\r\n", body, longmsg, cause);
    sprintf(body, "%s<hr><em>The Tiny Web server</em>\r\n", body);

    /* Print the HTTP response */
    sprintf(buf, "HTTP/1.0 %s %s\r\n", errnum, shortmsg);
    Rio_writen(fd, buf, strlen(buf));
    sprintf(buf, "Content-type: text/html\r\n");
    Rio_writen(fd, buf, strlen(buf));
    sprintf(buf, "Content-length: %d\r\n\r\n", (int)strlen(body));
    Rio_writen(fd, buf, strlen(buf));
    Rio_writen(fd, body, strlen(body));
}

```

> 1-31 TINY clienterror a f i c æ ç f l a Ø ä ä " a " Ø æ æ i

a æ ä ä i... HTML a ä ä l f i æ æ ä » ä % ä a ä i, ç æ ä a ç » a a a æ i... æ ä » Ø æ ä a » HTML a ä i, ä ä ä " a ç j  
10-4 ä a æ æ f i ç rio\\_writen a % æ æ

4. read\\_requesthdrs a % æ æ

TINY ä ä % ç ç l f l • æ æ æ ä ç ä » ä % ä j æ i a ä i ä ä L ° ç æ ä 1-32 ä ç read\\_requesthdrs  
a % æ æ l f l » a ä j æ % ç ç l ç ä æ æ a æ æ i... ç æ l f l • æ æ æ ç ç æ æ l j æ i ç - a L % f a æ l j ç f ä i, ç æ ç i...

```

void read_requesthdrs(rio_t *rp)
{
    char buf[MAXLINE];

    Rio_readlineb(rp, buf, MAXLINE);
    while (strcmp(buf, "\r\n")) {
        Rio_readlineb(rp, buf, MAXLINE);
        printf("%s", buf);
    }
    return;
}

```

> 1-32 TINY read\\_requesthdrs l f l » a ä j æ % ç ç l f l • æ æ æ ä

## 5. parse\\_uri

TINY æðä å ç ä»çfiä% ä–æfiä ç ä% ä çfiä% i... å åflæåå ç ä»çfiä% æfi ./cgi-bin<sup>a</sup> ä»ä% ä  
Ø %ä.. åç«åfiä”åç”ç æfiä,,ååæä åfi,,ç åfl•æ<sup>a</sup> Ø» åfiç æä»å æfi ./home.html<sup>a</sup>

å¼1-33 ä»ç parse\\_uri å%æfi ç°ä å ç ç¥<sup>a</sup> åfi å URI åååæä”ä ä“æä»å å ä ä“åflØ ç CGI å æä çf  
CGI å æä çfäti... ç 6 å ç i... i... çå å å URI å%«æä”ä ä“ Linux ç,åfi,,åflåå i... ä/åf ./index.htmli... ç  
å ç i... i... æä»ä æØ» åfiç æä»å å ååå Ø ç i... ç 10 å ç i...<sup>a</sup> åfä æØ ç i... ä åfl•æ ç æfiååæä åfi,,i... ç  
åä ç Ø åå å%«æä”ä ä“ Linux ç,åfi,,æä»å i... ç 21 ~ 22 å ç i...<sup>a</sup>

```
int parse_uri(char *uri, char *filename, char *cgiargs)
{
    char *ptr;

    if (!strstr(uri, "cgi-bin")) { /* Static content */
        strcpy(cgiargs, "");
        strcpy(filename, ".");
        strcat(filename, uri);
        if (uri[strlen(uri) - 1] == '/' )
            strcat(filename, "home.html");
        return 1;
    }
    else { /* Dynamic content */
        ptr = index(uri, '?' );
        if (ptr) {
            strcpy(cgiargs, ptr + 1);
            *ptr = '\0' ;
        }
        else
            strcpy(cgiargs, "");
        strcpy(filename, ".");
        strcat(filename, uri);
        return 0;
    }
}
```

> å¼1-33 TINY parse\\_uri åååæä ä“ HTTP URI

## 6. serve\\_static

TINY æäåå åå å,åå ç–å ç Ø æä åfi,,i... HTML æä»å<sup>a</sup> ææ..å.. ç æææä»åfi... ä¥å ç.. ç ä“ GIF<sup>a</sup> PNG å

å¼1-34 ä»ç serve\\_static å%æä Ø ä ä“ HTTP å å i... ååä»ä% å å ä“æä°æä»å ç å åfi,,<sup>a</sup>

```

void serve_static(int fd, char *filename, int filesize)
{
    int srcfd;
    char *srcp, filetype[MAXLINE], buf[MAXBUF];

    /* Send response headers to client */
    get_filetype(filename, filetype);
    sprintf(buf, "HTTP/1.0 200 OK\r\n");
    sprintf(buf, "%sServer: Tiny Web Server\r\n", buf);
    sprintf(buf, "%sConnection: close\r\n", buf);
    sprintf(buf, "%sContent-length: %d\r\n", buf, filesize);
    sprintf(buf, "%sContent-type: %s\r\n\r\n", buf, filetype);
    Rio_writen(fd, buf, strlen(buf));
    printf("Response headers:\n");
    printf("%s", buf);

    /* Send response body to client */
    srcfd = Open(filename, O_RDONLY, 0);
    srcp = Mmap(0, filesize, PROT_READ, MAP_PRIVATE, srcfd, 0);
    Close(srcfd);
    Rio_writen(fd, srcp, filesize);
    Munmap(srcp, filesize);
}

/*
 * get_filetype - Derive file type from filename
 */
void get_filetype(char *filename, char *filetype)
{
    if (strstr(filename, ".html"))
        strcpy(filetype, "text/html");
    else if (strstr(filename, ".gif"))
        strcpy(filetype, "image/gif");
    else if (strstr(filename, ".png"))
        strcpy(filetype, "image/png");
    else if (strstr(filename, ".jpg"))
        strcpy(filetype, "image/jpeg");
    else
        strcpy(filetype, "text/plain");
}

```

> 1-34 TINY serve\_static ä"äiçæçflæäØ æä äi,,

Øf ä i... æä«Ø ŁŁ æ æ æä¶ä ç ä ç.. æä/ææä¶ç-»ä i... ç 7 Łj i... i... ä¶ä ä Ø ä ä Łj ä ä ä æäç

æç i... æä«ä Łç«Łfl•æ æä¶ç ä äi,,ä ä¶ä«äŁŁ ææŁççf fd æä Ø ä ä ä»ä%ª ŁŁ Ø ç ä»Łç æiæŁ³æ













[Image: &#x56FE; 12-4 &#x7B2C;&#x56DB;&#x6B65;&#xFF1A;&#x670D;&#x52A1;&#x5668;&#x6D3F;&#x53E6;&#x4E00;&#x4E2A;&#x5B50;&#x8FDB;&#x7A0B;&#x4E3A;&#x65B0;&#x7684;&#x5BA7;&#x7AEF;&#x670D;&#x52A1;]

12.1.1 2-5 2-5

2-5 2-5

```
#include "csapp.h"
void echo(int connfd);

void sigchld_handler(int sig)
{
    while (waitpid(-1, 0, WNOHANG) > 0)
        ;
    return;
}

int main(int argc, char **argv)
{
    int listenfd, connfd;
    socklen_t clientlen;
    struct sockaddr_storage clientaddr;

    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: %s <port>\n", argv[0]);
        exit(0);
    }

    Signal(SIGCHLD, sigchld_handler);
    listenfd = Open_listenfd(argv[1]);
    while (1) {
        clientlen = sizeof(struct sockaddr_storage);
        connfd = Accept(listenfd, (SA *) &clientaddr, &clientlen);
        if (Fork() == 0) {
            Close(listenfd); /* Child closes its listening socket */
            echo(connfd); /* Child services client */
            Close(connfd); /* Child closes connection with client */
            exit(0); /* Child exits */
        }
        Close(connfd); /* Parent closes connected socket (important!) */
    }
}
```

> 2-5 2-5









æä æfi... åmç 19 å 20 Łj äi... æä» äfi ä ç-æŁŁçf 0i... æå Ł³äfi... å æŁŁçf 3i... ç åæŁŁçf fi... ç

[Image: Image]

åmŁŁ Ø i... æä» å... æŁŁçf å,å ç æåjåmçfŁŁ ä% æfiæä» äŁŁç accept å%ææç ää äŁŁ æŁŁfiæ i... Ł æŁŁ 24 Łj i... ä äfi i... ä Ø æfiä% çmææå Ł%Łf fii... å æä%Ł äæå Ł³äæŁŁçf å äfiŁŁfi»æfi... select ä.

[Image: Image]

ä æf select ŁŁ å i... æä» ä-çm FD\_ISSET äfi æä»æçfiäfi åä“æŁŁçf å ää%åfiæ»æŁŁfi»ä ä æf ææfiæå ŁŁ å%æfi... Łfiæå%æåmŁŁ å åä»çm ä å i... ä.. Łfi»ä ŁŁŁæå å ä å%ä»ä æf ææfiç åæŁŁçf å ää%ä i... ç echo å%æfi... äfi ä.. ä æŁŁ “äfiæççfiç æ ä Łj å å Ø å ä»i... ç-äfiæççfiæŁŁŁŁ ŁŁ ä“ŁŁ æä»äfi ç Ø Łäçç

Ł %çŁŁŁ ä“çm ä æfiä%çm select ç ä ää“ää%ç”ä4... ä% æfiäfi ä çŁŁç ä ä ä Ø fiØç äŁŁŁŁŁŁ Ø fiØç æfiä åä ää“å%ä»/åæå Ł³äfi... ä% ä ä ä.. ää”ä å i... ç-äæåjåmç äfiæççfiä, Ø ç» æä ää“æä%ç ææ æfiæçç

ç ä Øç 12.3

åm Linux çç»ç Ø i... åmæå Ł³äæä Ø fiäæ Ctrl+D Łjçç EOFå å³42-6 äç çm ä Ø »ä åmäfi,, select ç ŁŁççm

å æä ä i... æf æä ää» æŁŁçfä»ŁŁfi»ä ää“å Ł ç Łfiæ ä ä.. Ø »ä i... Ø Łä ŁŁ ä“æŁŁçf ä-ä ää%åfiæ»æŁŁfi»æmç ä“æŁŁçf ääç i... Ø Łä æŁŁçf ä ää%åfiŁŁfi»ä i... å ä“ŁŁfi»æä% äç åŁŁŁ ä ä ä“Ø ŁŁŁ å ç i... Ł

### 12.2.1 å”ä I/O äŁŁfiäçmç äŁŁä ä äŁŁ’-åmæåjåm

I/O äŁŁfiäçmçmççmç äŁŁä ä äŁŁ’-åmç... event-driveni... çm ä ç å”ç i... åmç ääŁŁ’-åmçm ä äi... æä ä äŁŁä.. äfi...Ł-æå å æŁŁç ä Ł ç æŁŁfiæfiØ »ŁŁ machinei... ä-æfiä ç çŁŁæfi... statei... ä Ł³äæä äŁŁi... input eventi... å Ł%çç»i... transitioni... i... äŁŁäŁ%çç»æfiä çŁŁæå Ł³äæä äŁŁæä åçŁŁæä æä“Ł%çç»æfiä ä ä äŁŁç çŁŁæä Ø ç Ł%çç»ä Ø äæçŁŁæçç»ææå å%.. äŁŁäŁ ç,,ŁjççççŁŁæfi... æå å..ŁŁjçççŁ%çç»i... Ł çŁŁæç Ł%çç»ä

äfi,,ä æä“æç äfiæççfi ki... å”ä I/O äŁŁfiäçmç äŁŁä æåjåmç.. å ä”ä ää“æç çŁŁææ\$\$\$small sk\$\$i... äŁŁä äfi æç”i... æä“çŁŁææ\$\$\$small sk\$\$Ø %æä äçŁŁæfi... å ç äæŁŁçf\$\$\$small dk\$\$ä ää%åfiŁŁfi»ä i... ä ää dk\$\$ä ää%åfiæ»æŁŁfi»ä ä i... å ää“Ł%çç»i... ä ä æŁŁçf\$\$\$small d\_k\$ŁŁfi»ä äææŁj å i... ä

[Image: &#x56FE; 12-7 &#x5E76;&#x53D1;&#x4E8B;&#x4EF6;&#x9A71;&#x52A8; echo &#x670D;&#x52A1;&#x5668;&#x4E2D;&#x903B;&#x8F91;&#x6D41;&#x7684;&#x72B6;&#x6001;&#x

æåjåmç%çm I/O äŁŁfiäçmç... å å' select å%æææ æŁ³äæä äŁŁç å ç ä ä% æä“åŁŁŁ ææŁŁçf å ää%åfiæ»æŁŁfi»æ

å³42-8 å-ç”ä ää“å”ä I/O äŁŁfiäçmç äŁŁä ä äŁŁ’-åmæåjåmç äfi æç”ääŁŁç ä ää“ pool ç æØ ç-æç æç å æi... ç 27 Łj i... ä å i... æåjåmçŁŁ åä ää“æØ äçfiå åmççfiç æ æŁŁç»äŁŁi... æåjåmçŁŁçm select å%ææææ æççç ä å ç-»å ç Ł³äæä äŁŁi... ai... æŁŁ “ä ääfiæççfiç ŁŁ æŁŁfiæ åŁ%.. bi... ä ää“åŁŁ åmç













\* æä“äi,,ç ç’çä ð° çä Linux ç exit ä%äi... ðfiä%äi» æðçä ä%äi æää ðfiäçä çä,äç ç’çä<sup>a</sup>  
 \* äfä ä“äi,,ç ç’çä ð ðç ä%äi ä ç’çä ID ä%äi ä”ä æð° çä pthread\\_Cancel ä%äi» æä%äi ä ç’çä<sup>a</sup>

```
#include <pthread.h>
```

```
int pthread_cancel(pthread_t tid);
```

```
// ð æä ä ðç ä 0i... ð ä%äi ð ä”ä ð ðä
```

### 12.3.5 ä æäç’çä çä çä

ç’çä ð ðç ð° çä pthread\\_join ä%äi ä%äi ç’çä çä æä<sup>a</sup>

```
#include <pthread.h>
```

```
int pthread_join(pthread_t tid, void **thread_return);
```

```
// ð æä ä ðç ä 0i... ð ä%äi ð ä”ä ð ðä
```

pthread\\_join ä%äi... ð »ä i... çä ç’çä tid çä æäi... ä ç’çä ä%äi ðç ä çä ð çä \*(void\)\\*\* æä ðä...ä” t  
 æä çä ä%äi çä... çä ä ä æäç’çä æäç’çä ä çä æä ä ðä

æäi... ä Linux ç wait ä%äi ä i... pthread\\_join ä%äi“ð %çä ä%äi çä ç’çä çä æä æäæä æä ðfi pt  
 çä ä%äi» æä ä“ç’çä çä æä ðç ä%äi ä%äi æä ä æäi... ä ä”äi ðç «ä%äi æä» ä%äi çä ä%äi ä ä çä ä çä çä çä  
 ää 110<sup>a</sup> ää ää æäæä ä ðfi”ðfi ä ðç ä ä“ð ðfi

### 12.3.6 ä ç’çä

ää» ä%äi ä ä“æäð çä,ä i... ç’çä æääçä ä çä i... joinablei... æä æä çä çä i... detachedi...<sup>a</sup> ä ä“äçä ä çä  
 æä<sup>a</sup> çä,ä i... ä ä“ä çä ç’çä æää ðç ä%äi «ä%äi ç’çä ä æäæä çä ä äi çä ä ä ääääi çä æäçäçä» çä ðç ä

ð» ðfiæää i... ç’çä ðç «ä ä”æäçä ä çä ä”ä ð çä ä ä æä. i... æää“äçä ä ç’çä ð %ä ðfiäçä ä ðç «ä

```
#include <pthread.h>
```

```
int pthread_detach(pthread_t tid);
```

```
// ð æä ä ðç ä 0i... ð ä%äi ð ä”ä ð ðä
```

pthread\\_detach ä%äi çä ä“äçä ä ç’çä tid<sup>a</sup> ç’çä ðç ä%äi ðç ä%äi pthread\\_self(\) ä æä pthread\\_detach

ä%äiæä» çä ä ä ää ää ä%äi çä ä ç’çä i... ä%äi æääçäi çä ä äi... æää%äi çä çä çä ä%äi çä çä çä  
<sup>a</sup> ä ä”æää ðç æää %äi çä ä“ä çä çä çä çä ä çä i... æäæäi,ä æäää ðç ä i... ääæäæä ðfi i... äi ð  
 äi ð “ð” «i... ðç æää ðç äääi çä ä ä äää<sup>a</sup>









```

{
    int myid = (int)vargp;
    static int cnt = 0;
    printf("[%d]: %s (cnt=%d)\n", myid, ptr[myid], ++cnt);
    return NULL;
}

```

> 2-15 12.4.1 12.4.2 12.4.3 12.6

#### 12.4.1 12.4.2 12.4.3 12.6

12.4.1 12.4.2 12.4.3 12.6

12.4.2 12.4.3 12.6

12.4.3 12.6

#### 12.4.3 12.6

12.6

12.6

#### 12.6

12.6

#### 12.6



å-ä«å Ø ælå å æä½ï... ä% ælå ä »ä, å.. å¥ä å æ¥Ø ½flfi... synchronization errorï... ç åfl½ %æª ½ ½  
badcnt.ci... lå å å »ä ää“ç½ç ï... æä“ç½ç Ø %lå,å-ä«½fiæå Ø cnt å 1ª

```
/* WARNING: This code is buggy! */
#include "csapp.h"
```

```
void *thread(void *vargp); /* Thread routine prototype */
```

```
/* Global shared variable */
volatile long cnt = 0; /* Counter */
```

```
int main(int argc, char **argv)
{
    long niters;
    pthread_t tid1, tid2;

    /* Check input argument */
    if (argc != 2) {
        printf("usage: %s <niters>\n", argv[0]);
        exit(0);
    }
    niters = atoi(argv[1]);
```

```
    /* Create threads and wait for them to finish */
    Pthread_create(&tid1, NULL, thread, &niters);
    Pthread_create(&tid2, NULL, thread, &niters);
    Pthread_join(tid1, NULL);
    Pthread_join(tid2, NULL);
```

```
    /* Check result */
    if (cnt != (2 * niters))
        printf("BOOM! cnt=%ld\n", cnt);
    else
        printf("OK cnt=%ld\n", cnt);
    exit(0);
}
```

```
/* Thread routine */
void *thread(void *vargp)
{
    long i, niters = *((long *)vargp);

    for (i = 0; i < niters; i++)
        cnt++;

    return NULL;
```



☞ ä Ø¢ 12.7

ææfi badcnt.c ç æä»Øi”ä”äi æä Łiäi...

```
|æØ”/|ç’ç |æä»/| %rdx1 | %rdx2 | cnt |
| :---: | :---: | :---: | :---: | :---: | :---: |
| 1 | 1 | $$H_1$$ | â | â | 0 |
| 2 | 1 | $$L_1$$ | | | |
| 3 | 2 | $$H_2$$ | | | |
| 4 | 2 | $$L_2$$ | | | |
| 5 | 2 | $$U_2$$ | | | |
| 6 | 2 | $$S_2$$ | | | |
| 7 | 1 | $$U_1$$ | | | |
| 8 | 1 | $$S_1$$ | | | |
| 9 | 1 | $$T_1$$ | | | |
| 10 | 2 | $$T_2$$ | | | |
```

Ł ç Øi”ä”ä.. äšç ä ä“æçfiç cnt ä...ä i...

Ł Ø ç Ø Łf ææfi... ä% ä Ł %ä Łfiä% ä æŁ°ä fä% ç ç’ç æä.. ä f ä% Ø æØi”ä”ä

```
|æØ”/|ç’ç |æä»/| %rdx1 | %rdx2 | cnt |
| :---: | :---: | :---: | :---: | :---: | :---: |
| 1 | 1 | $$H_1$$ | â | â | 0 |
| 2 | 1 | $$L_1$$ | 0 | â | 0 |
| 3 | 2 | $$H_2$$ | â | â | 0 |
| 4 | 2 | $$L_2$$ | â | 0 | 0 |
| 5 | 2 | $$U_2$$ | â | 1 | 0 |
| 6 | 2 | $$S_2$$ | â | 1 | 1 |
| 7 | 1 | $$U_1$$ | 1 | â | 1 |
| 8 | 1 | $$S_1$$ | 1 | â | 1 |
| 9 | 1 | $$T_1$$ | 1 | â | 1 |
| 10 | 2 | $$T_2$$ | â | 1 | 1 |
```

ä Ø cnt æç æä ä“æçfiç ä... 1<sup>a</sup>

12.5.1 Ł ä fä%

Ł ä fä%.. progress graphi... ä n ä“ä”ä ç’ç ç æŁi æj ä ä ä”ä æ n ç·ç ä j ä ç”Ø ·ä ç Ł%Ł ç’ç æ  
\$(l1,l2,\cdots,l\_n)\$\$ æŁiç’ç \$\$k~(k=1,\cdots,n)\$\$ æŁ æi æä æä»\$ \$k\$ \$Ł ä ç”æ<sup>a</sup> ä ç,äi,,ä ä

ä%42-19 ä-ç”ä badcnt.c ç ä ç’ä æäçfiçŁi»æç ä ç·Ł ä fä% æäŁ%äi,,ä ä ç’ç 1i... ä ç·Ł%äi,,ä  
\$\$L1\$\$ Ł ç’ç 2 äi æä \$\$S2\$\$ ç ç”æ<sup>a</sup>



[Image: &#x56FE; 12-19 badcnt.c

&#x7B2C;&#x4E00;&#x6B21;&#x5FAA;&#x73AF;&#x8FED;&#x4EE3;&#x7684;&#x8FDB;&#x5EA6;&

₪,āfā%ā/āᄁj āāā”ā” ā ᄁ ᄁfāāfā ᄁ ᄁfāᄁ ᄁ%āā... transitionī... ā ᄁ%āāᄁᄁ«ᄁjᄁᄁ”ā”ā āā  
2 āᄁ ᄁ āāā/ā ᄁ ᄁ%āāā ā āā»āī āāāī,ᄁᄁ ᄁᄁᄁᄁ%āāā ā ᄁf,ᄁ ā ᄁ āāāā.. ā ā ᄁ

āā“ᄁ ā ᄁ ᄁᄁj ā āᄁᄁ«āāā ā ā”ᄁfāᄁ”ᄁ ·āᄁ ᄁ āᄁᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁ ā 12-20 ā ᄁ”ā ā ᄁ ᄁāā/ᄁī”ā āī,,ā ᄁ ᄁ%ā

\$\$

H1,L1,U1,H2,L2,S1,T1,U2,S2,T2

\$\$

[Image: &#x56FE; 12-20 &#x4E00;&#x4E2A;&#x8F68;&#x8FF9;&#x7EBF;&#x793A;&#x4F8B;]

āī,,ā ᄁᄁᄁ īī... āā%āā—ā«ā ᄁ cnt ā āī,,ᄁ āā»\$\$(Li,Ui,S\_i)\$\$āāā ā ā”ī... āāā ā—ā«ā ᄁ cnt ᄁ īī... āᄁ ā  
sectionī... īī... ᄁ ᄁ“āᄁ ā”ā ā ᄁfāāāāāᄁ ᄁᄁ ᄁ ᄁᄁ ā”ā/āᄁᄁᄁj ā āāāᄁf ᄁfīī... āā«āᄁf ᄁfīāᄁ āā“ᄁᄁ  
exclusive accessī... ā ᄁᄁᄁ ᄁ ᄁᄁ—jᄁᄁ”ā”ā āī... mutual exclusionī... ā

āᄁᄁ ᄁfā%āī... āā“āᄁ ā”ᄁ ā/ᄁ āāᄁᄁᄁ ᄁfāᄁ”ᄁ ·ā”ā ᄁᄁ”ā”ā āī āāā”ī... unsafe regionī... ā ā12-21 ā ᄁ  
ᄁ ā āī āāā”ā āāāī... ā āī āāā”ā ā āī āᄁ ᄁ ᄁfāᄁ,ā ᄁ »ī... ā%āāā ā āᄁᄁ ᄁ ᄁfāā āāī īī... ᄁfā\$\$(H1,H2  
ā \$\$(S1,S2)\$\$ā ᄁ »ā āī āāā”ī... ā%āāāī ā«āāā āī āāā”ᄁ ā ᄁ āā ā ᄁ ā.. ā āī āāā”ᄁ ᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁā«ā  
trajectoryī... ā ᄁ,ā īī... āᄁᄁfāā»ā%ā ā āī āāā”ᄁ ᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁā—ā«ā ā āī āᄁᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁī... unsafe trajecto  
ᄁ ᄁfāᄁ”ᄁ ·āᄁ āī āāā ā āī āᄁᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁ ā ᄁ ᄁᄁ ᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁᄁ ā.. ā ā āī āāā”ā ᄁ āfᄁ%ā ā ᄁ%ā... āāāā

[Image: Image]

> ā12-21 āī āāā ā āī āᄁᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁ āᄁ ᄁ”ᄁ ā/ᄁ āāᄁᄁᄁ ā āī āāā”ā ᄁ ā.. ā āī āāā”ᄁ ᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁᄁ ᄁ%ā

ā»ā%ā āī āᄁᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁᄁ ᄁᄁᄁfāāāā—ā«ᄁfīāāāā ā”ā āᄁ ᄁf ᄁᄁᄁ ā ᄁ ᄁ ᄁ”āᄁ ᄁᄁᄁfāᄁᄁj īī... āī ᄁ ā  
ā“ᄁ”ā,ᄁ āāāāī”ā ājā•ᄁ ᄁ āāī... āāā āāāā”ā—ā ᄁ ᄁī ā

ᄁ ā ᄁᄁ 12.8

ā%ᄁᄁā12-21 āᄁ ᄁᄁ ᄁfā%.. ā ā ā ᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁ ā ā”āāī āāᄁ āᄁ ā āī āāᄁ ā

A. \$\$H1,L1,U1,S1,H2,L2,U2,S2,T2,T1\$\$

B. \$\$H2,L2,H1,L1,U1,S1,T1,U2,S2,T2\$\$

C. \$\$H1,H2,L2,U2,S2,L1,U1,S1,T1,T2\$\$

ᄁᄁ ᄁ ᄁᄁ ᄁ ā āᄁfī ā%āī,,ᄁᄁ ᄁfā%āī āāā ā āī āᄁᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁ ᄁ ᄁᄁᄁ ā A ā C ᄁᄁ ᄁ%ᄁᄁᄁ,,ᄁᄁᄁᄁ ā

A. \$\$H1,L1,U1,S1,H2,L2,U2,S2,T2,T1\$\$ īī... āī āāᄁ

B.  $\$H_2, L_2, H_1, L_1, U_1, S_1, T_1, U_2, S_2, T_2 \$$  i... ä äi ämç

C.  $\$H_1, H_2, L_2, U_2, S_2, L_1, U_1, S_1, T_1, T_2 \$$  i... äi ämç

### 12.5.2 äjâ•Ø

Edsger Dijkstraï... äjâ ç... ç Øç ä ç ä Ø ä"ç"i... ää"ä ä ç ç" ä,ç £§£ä†ä ää ä ä£ç ç'ç ç Ø fiØç ç ä s äiâ•äØ £. ääiâ...ç ämâ- ä Ø i... ä"£ %ç-ä/ç ç,,ä ç ää% ääç i... £ç ä/ç ää% ç"ä" P ä Vi...

\*  $\$P(s)\$i...$  äf ä s äiØ Ø ç i... Ø £ä, P ä s ä 1i... äjâ ç ä†£ç ä ä äf ä s ä"Ø ç i... Ø £ä, ä-ä£µ£ ää% ä.. Ø äfi£ç ä"ç'ç ç ä ämØ äfiä ä i... P ää% ä s ä 1i... äjâ ä£ä££ç ä ç" £°çµ£ ä

\*  $\$V(s)\$i...$  V ää% ä s ä 1<sup>a</sup> äf ääiâ»ä% ç'ç ç Ø »ä äm P ää% ç ä¼s ä äØ Ø ç i... Ø £ä, V ää% ä

P ä'ç ä£fi ä ä 1 ää% äiä äfiä ä†ç i... ä, ä-ä£fi.ï... ä äfØç äjâ•Ø s ä ä"Ø Ø ç i... ä-ä.. ä s ä 1i. ä ä ämâjâ•Ø ç £ç ç ä'äjiäiä ää ämâi... V ç äi ä, ä'äjiäiä ä ç ä'ç'ç ç £ç«Ø äfiäç Øi"ä" äfiä ç £f V ää% £f Ø äfiä"ä ä"ç'ç ç ä

P ä V ç äi ä, çfiä ä ä ä"ä£äµ£ç £ç ç ç ä" ç" ä äfi£ %£ç äµ£ç ää ç ç"äi... ä, ä-äfiä ä"ä£fiä ä ä ä ç invarianti... i... ä"ä£ä£ä£ä ç ä ç £%µ£ç,,ç'ç ää"ä ä.. ää ç ääâ•i... ämâ ä £ ä'äiä ä'ç ää

Posix ää äi ä, ä £fi,ä ää% äjâ•Ø ç ämâä

```
#include <semaphore.h>
```

```
int sem_init(sem_t *sem, 0, unsigned int value);
```

```
int sem_wait(sem_t *s); /* P(s) */
```

```
int sem_post(sem_t *s); /* V(s) */
```

```
// £ç ä i... £ ää ä ä" Oi... £ ää"Ø ä ä" -1a
```

sem\_init ä%ä äjâ•Ø sem ä ä ä" value<sup>a</sup> ä ä"äjâ•Ø ämâ%çµä ä Øi»ä ä ä Ø äi,,äiä»ç çfiç i...

sem\_post ä%ä ä£ç P ä V ää% ä ä"ä çfi äi... ää»ä ää ämâ%çµä Ø £ç ä ç ä•ç P ä V ç ä £ ä

```
#include "csapp.h"
```

```
void P(sem_t *s); /* Wrapper function for sem_wait */
```

```
void V(sem_t *s); /* Wrapper function for sem_post */
```

```
// £ç ä i... ää
```

ää - P ä V ä ä ç £µä

Edsger Dijkstraï... 1930 â 2002ï... ä"ç ä £ •ä<sup>a</sup> ä ä P ä V ää ä £ •ä£fi»ä £fi Proberenï... ä£fi i... ä

12.5.3  $\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}$   $\frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}$

[illegible][illegible][illegible]

[Image: Image]

> ă³42-22 ä%üçpăjă•Ø æ'ä æª \$\\$small s\lt0\$§ç ä äflı ç¶æäi ä ä' ä ä"ç æp"i... ç æp"ä"äi äpă æä

[illegible]

æç æʎfi... ä"ä çwäjä•Ø æçfiä æʎä<sup>3</sup>12-16 äç ʎfiäwç ä ç"ä4... æç Øf ä æç ä"äjä•Ø mute

```
volatile long cnt = 0; /* Counter */
sem_t mutex;          /* Semaphore that protects counter */
```

ç¶å å«ä»ä¼ä» mutex å å» å ä" 1i...

```
Sem_init(&mutex, 0, 1); /* mutex = 1 */
```

æå i... æä » Ø L ç æåµç µ æ µ ä å å - ä « å Ø cnt ç ææå å P å V æåµ i... ä L æ æå å i...

```
for (i = 0; i < niters; i++) {
    P(&mutex);
    cnt++;
    V(&mutex);
}
```

ð<sub>oo</sub> æä» «Ł Łj ŁŁ ä“æŋfiä æŋç ç ä’ æŋi... ç°äpăi æ æø %Ł %äšç æŋfiç ç» æä<sup>a</sup>

```
linux> ./goodcnt 1000000
OK cnt=2000000
```

```
linux> ./goodcnt 1000000
OK cnt=2000000
```

æp - 12 afa 4 a - 0 æ

> å³¼2-24 sbuf\\_ti... SBUF å ä%œçæø ç... å†å"

```

12-25  a"ä SBUF a%æç äi çª sbufinit a%æä"ç.. âtä"â Ø â â â i... Lfi%fi front â rear
Ljmq"ä ä"ç"ç ç.. âtä"i... ä"ä"ä ä"ä jâ•Ø Lµâ æ å...ª Lç ä"ä%æâµL°çµâ"ä» ä ä"ä%æäç ä» »ä% ä ä"ä ä
â%ææäâ% ä çµç ä ä%ççµäi ç.. âtä"äi... Ø æç.. âtä"â âµçª sbufinsert
â%æç ä/ä ä"âflçµç æ%æ% i... äi,,ä æØ â Ø i... æ»â Øi,,çfi... äi,,ä æØ L$£Ø i... ç"â äi£ä æä ä"æØ
â%æäi,,ççª a âµç ä/ä ä"âflçµç ç.. âtä"Øi,,çfiä â i... äi,,ä æØ â Ø i... ä ç.. âtä"ç â Ø çâ â"Lfi¥Øi,,çf

```

```

#include "csapp.h"
#include "sbuf.h"

```

```

/* Create an empty, bounded, shared FIFO buffer with n slots */

```

```

void sbuf_init(sbuf_t *sp, int n)

```

```

{
    sp->buf = Calloc(n, sizeof(int));
    sp->n = n;                /* Buffer holds max of n items */
    sp->front = sp->rear = 0; /* Empty buffer iff front == rear */
    Sem_init(&sp->mutex, 0, 1); /* Binary semaphore for locking */
    Sem_init(&sp->slots, 0, n); /* Initially, buf has n empty slots */
    Sem_init(&sp->items, 0, 0); /* Initially, buf has zero data items */
}

```

```

/* Clean up buffer sp */

```

```

void sbuf_deinit(sbuf_t *sp)

```

```

{
    Free(sp->buf);
}

```

```

/* Insert item onto the rear of shared buffer sp */

```

```

void sbuf_insert(sbuf_t *sp, int item)

```

```

{
    P(&sp->slots);           /* Wait for available slot */
    P(&sp->mutex);           /* Lock the buffer */
    sp->buf[(++sp->rear) % (sp->n)] = item; /* Insert the item */
    V(&sp->mutex);           /* Unlock the buffer */
    V(&sp->items);           /* Announce available item */
}

```

```

/* Remove and return the first item from buffer sp */

```

```

int sbuf_remove(sbuf_t *sp)

```

```

{
    int item;
    P(&sp->items);           /* Wait for available item */
    P(&sp->mutex);           /* Lock the buffer */
    item = sp->buf[(++sp->front) % (sp->n)]; /* Remove the item */
    V(&sp->mutex);           /* Unlock the buffer */
    V(&sp->slots);           /* Announce available slot */
    return item;
}

```

> a³/412-25 SBUFi... a æfai,æØ ç.. a†a”a¶a kfiç,Ø fiç a

Ø 12.9

$\text{Lfi}^3\text{p Lj}\mu\eta'\zeta \ddot{\alpha}\dot{\delta}\text{L } \text{æ}\emptyset \text{ i... c Lj}\mu\eta' \text{ æ L...t } \text{æ}\emptyset \text{ i... t n Lj}\mu\eta' \text{ æ } \neq \emptyset_{\text{j}} \text{ ç fia } \acute{\alpha} \grave{\alpha}'' \acute{\alpha} \text{ æ}_{\infty} \text{ ç ç.. } \acute{\alpha} \text{ t} \acute{\alpha}'' \ddot{\alpha} \acute{\alpha}^a \text{ ð l, } \acute{\alpha}' \acute{\alpha} \text{ (}$

A.  $p=1 \dots c=1 \dots n \geq 1$

B.  $p=1 \dots c=1 \dots n=1$

C.  $p \geq 1, \dots, c \geq 1, \dots, n=1$

A.  $p=1$ ...  $c=1$ ...  $n>1$ ...

\* æli... ä æ∅ æl∅ l f ç i... å ä"ç ä\$Ł å æ Ł., Ł ä.. å ¶å å%fi;∅ fiç.. å†å"<sup>a</sup>

B.  $p=1 \dots c=1 \dots n=1 \dots$

\* ä æll... åkç ð æåäð Ø k f ä æØ äjå•Ø i... å ä"aä"Ø ç"ç ç.. åtå"ä-ø ä æjç ç.. åtå"å ä% ç.. å  
çjç åflæ¥Lfijç fiç.. åtå"i... å æä çm"æØ ä k %ä; kfi ä æ<sup>a</sup>

C.  $\sum_{n=1}^{\infty} c_n$

\* ä æli... ä æl; ð æäp... ä ä Ø l f ä æ Ø i... ä ä ä ä Ø ç ä ð æäp, ä ä

2. Țfl»Ț â ă Ț Ø fiØc

[illegible][illegible]

ɫfl»ɫ â â ɫ Ø fiØç æâ ä"â ʁ̥ i... â â «â"ä ɫfl»ɫ â â ɫ ç ä.. â çʃ<sup>a</sup> ɔ̥ ä ç»ɫfl»ɫ â â ɫ Ø fiØç i... ɫfl»ɫ  
 ɔ̥ ä ɫ ɔ̥ ä ɫ ɔ̥ ä ç»ɫfl»ɫ â â ɫ Ø fiØç i... â ɫ ä.. â i... ɫf æ ä æ ä"â ɫ â ä ä%aflä%ä i... äi ä-ä..

[illegible]

```
void reader(void)
{
    while (1) {
        P(&mutex);
        readcnt++;
        if (readcnt == 1) /* First in */
            P(&w);
        V(&mutex);

        /* Critical section */
        /* Reading happens */

        P(&mutex);
        readcnt--;
        if (readcnt == 0) /* Last out */
            V(&w);
        V(&mutex);
    }
}
```

```
void writer(void)
{
    while (1) {
        P(&w);

        /* Critical section */
        /* Writing happens */

        V(&w);
    }
}
```

> ä³42-26 äfl„ç‘ä ç»«fl»L â å L Ø fiØç ç L§£çª fl»L ä.. å ç‘§Ø« ä’ å L

[illegible]

Ç» ä, Øç 12.10

2-26 æç'ç ðl,ç'ä ç-»lfl»l â å l Ø fiØç ç lççç ç' ä lfl»l l<sup>3</sup>Ø« ç ä.. å ç'si... æ% ælæ» æç æä ä l  
 lfl»l l<sup>a</sup> ælç;°a"ä ä"a"æli... a¶læ; ç æä..-ä.. å ç'sä.. ðl... l-ä ç'æ l æ%ç;æ ä"lfl»l l Ø¥¥Ø¥ç<sup>a</sup>

```
int main(int argc, char **argv)
{
    int i, listenfd, connfd;
```







å¼2-30 9 "ä Ø;"ä ª ä¶å ä ä¶¶¶ 9 ä ä Ø ·ç Ø å å¶¶¶»ª ææ9 ä ç Ø å ½æ¶¶«å å æä ç,äç Ø;"ä æä ä"½ ½ åæä ä"äç åæä ç ä¶å 9 ä ä ª ä¶... ä¶¶¶ 9 ä ç Ø å æä¶å 9 ä ä Ø å ç ç å Ø ª

[Image: &#x56FE; 12-30 &#x987A;&#x5E8F;&#x3001;&#x5E76;&#x53D1;&#x548C;&#x5E76;&#x8847A0B;&#x5E8F;&#x96C6;&#x5408;&#x4E4B;&#x95F4;&#x7684;&#x5173;&#x7CFB;]

ä¶¶¶ 9 ä ç ½¶¶¶ äç ½¶ å"ä æä½¶¶¶½ç ½ å·ï... ä¶ æç ç¶ä ä"Ø ä¶¶ å ç ç"ä 9 ä ½æ¶¶å"ä¶ ç ½¶¶¶ 1\$\$\$æ å ª ä¶ ç¶ï... ä¶,ä ½ ä"ç,,æç Ø ½Øç ï... æØ ª ä¶¶å.. ½¶¶¶ ç ½¶¶¶ ï... ½¶¶ æ¶ï... å¶æç°æ 1)/2\$\$\$ï... ï... ä¶ æä¶¶¶¶æ æï... ä¶ æä ä"¶¶ æå æä ç ½¶¶¶ ç"ä¼... ½ ½¶¶¶ææ"ä¶,ä¶¶¶ 9 ä ä ä ä æ½¶¶¶

ä"ä»å¶å Ø å"ä å ç½ç ç æç·æææ æä ä"å å å æ t ä"äç,äç å"åï... ç¶å 9 ï... ä"ä å ç ç½ç æ ä"å Ø ä ä"å ç ª ½¶¶ææ"æç ç ä"äç½ç ä¶¶¶ äç å Ø 9 ä¶ ä"ç å"å ç ä å ææª ª

æ¶¶ å ä æç·æç Ø ææä ç½ç ç å æä¶ä ä"å-ä"ååå- å Ø ä"ï... ç¶ä æØ ä æ½ ä"å Ø ª å¼12-31 9 ä ½ ï... ä»ç½ç å ä"ä¶,ç ç½ç ï... ç¶å 9 ä¶ä"ç"æª æª æææï... ä»ç½ç ä.. Ø 9 æ ä"ä¶,ç ç½ç ä ä"ä æææ æä¶ä ä¶ ä ½¶¶¶¶¶ä ä"å ç å"ä Ø åå ª ½ ä"ä ä¶,ç ç½ç ä.. Ø ä ä"ä ç å¶ä ç ç½ç ID ç ææææä Øï,,Ø ç å å«ç æç" ç å ª ç¶å ä"ä»ç½ç ç¶Ø ª ä¶¶å.. ½¶¶¶ æØ"½¶ 9 æï... ç" 36 ~ 37 ½ ï... ª

```
#include "csapp.h"
#define MAXTHREADS 32

void *sum_mutex(void *vargp); /* Thread routine */

/* Global shared variables */
long gsum = 0; /* Global sum */
long nelems_per_thread; /* Number of elements to sum */
sem_t mutex; /* Mutex to protect global sum */

int main(int argc, char **argv)
{
    long i, nelems, log_nelems, nthreads, myid[MAXTHREADS];
    pthread_t tid[MAXTHREADS];

    /* Get input arguments */
    if (argc != 3) {
        printf("Usage: %s <nthreads> <log_nelems>\n", argv[0]);
        exit(0);
    }
    nthreads = atoi(argv[1]);
    log_nelems = atoi(argv[2]);
    nelems = (1L << log_nelems);
    nelems_per_thread = nelems / nthreads;
    sem_init(&mutex, 0, 1);

    /* Create peer threads and wait for them to finish */
```

[illegible]

12-33 psum-array 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100  
 12-34 psum-local 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

```

/* Thread routine for psum-array.c */
void *sum_array(void *vargp)
{
    long myid = *((long *)vargp);      /* Extract the thread ID */
    long start = myid * nelems_per_thread; /* Start element index */
    long end = start + nelems_per_thread; /* End element index */
    long i;

    for (i = start; i < end; i++) {
        psum[myid] += i;
    }
    return NULL;
}

```

12-33 psum-array 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100  
 12-34 psum-local 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
psum-mutex	68.00	432.00	719.00	552.00	599.00															
psum-array	7.26	3.64	1.91	1.85	1.84															

12-33 psum-array 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100  
 12-34 psum-local 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
psum-mutex	68.00	432.00	719.00	552.00	599.00															
psum-array	7.26	3.64	1.91	1.85	1.84															
psum-local	1.06	0.54	0.28	0.29	0.30															

```

/* Thread routine for psum-local.c */
void *sum_local(void *vargp)
{
    long myid = *((long *)vargp);      /* Extract the thread ID */
    long start = myid * nelems_per_thread; /* Start element index */
    long end = start + nelems_per_thread; /* End element index */

```

```
for (i = start; i < end; i++) {
    sum += i;
}
psum[myid] = sum;
return NULL;
```

ǎ ʟǝ ä“ç” ä äflǎ”¥ǎfä ä“ä ä“Ø ʟf ç ç” Ø“ ǐ... Ø ʟǎ—ǎǎ ä ǎʟǝ ʟǎ ä“ ç,ǎ% æ æ<sup>a</sup> ǎǎ,ǎ ʟç ç ä ä»ǎǎ ǎǎ ç æǎǎ  
 ä»ç»ǎʟǝ ʟǎ ä“ ç æʟ %

[Image: Image]

[illegible]

၆၂၀ p ဆါဇ် ခံဆဲး ဆဲၤ i... \$T\$K\$ဆါခံ k ဒ်“ဆဲး ငါ့ ငါ့ ဆါၤ .a ငါ့ ဒ်“a: a.. ဆါၤဇ်“ဇ်“a”a..”ဆဲ- i... str  
 scalingi... a ခံ% \$T1\$ဆါဇ် ဒ်ဝါ”ဒ် ဆဲး ငါ့ ခံဆဲး ဆါၤ .ဆါၤ... \$Sp\$ဇ်“ဇ်“a” ခါ, a ဝါ ဆဲး i... absolute  
 speedupi... a ခံ% \$T1\$ဆါဇ် ဒ်ခါၤ ငါ့ ဆဲး ဒ်“ဆဲး ငါ့ ဆါၤ .ဆါၤ... \$Sp\$ဇ်“ဇ်“a” ခါ, a ဝါ ဆဲး i... rela  
 ဒ် a ခါဒ်% ခါဆဲး ခါၤ ငါ့ ဒ်ခံဒ်“ဒ် ခံဒ် ငါ့ ငါ့ ဆါၤ... ဒ်, ဒ်, a.. ဒ်ခံဆဲး... ဝါ ခံ%—a i... ငါ့ ငါ့ ဒ် a.. ဝါ  
 ဒ် a”ဆဲး ဝါ, a ဝါ ဆဲး ဝါ ငါ့ ခံဒ်“ဒ် a ငါ့ ခံဆဲး ဒ်, ဒ်ဆဲး ခါၤ ဒ်ဇ် i... ဒ်ခံ“ဒ်“ဇ်“ဇ်“ဝါ”ဒ် ခံဆဲး

$$E_p = \frac{S_p}{p} = \frac{T_1}{p T_p}$$

$\emptyset$   $a_{L_j} \cap q^{\alpha} L$   $a \cdot a \in \$$(0,100]$$$ $\Delta$ ,  $\emptyset \cdot c \subset \Delta$   $\Delta^a$   $\text{æç } \text{æf}\bar{\text{d}}_j, c - \bar{\text{d}}$   $\Delta_j$   $a \in \emptyset$   $\text{æç } a.. \emptyset \subset L_j \emptyset^a$   $a \cdot \text{æ}\emptyset$  «  $\text{æç } c$$

á¼2-36 ¸ á"ä æä» ¸ä¶¶¶ æ á ¸"ä¶¶ ä ¸ á ä"á Ø æ á æç æØ á...ª á ¸ä æ¶¶¶ ¸ä 90% ¸ æç æØ ä,æ¶ ä)ï... ä)ä ä.. ¸ä æª æä ä.æ¶... ä¶¶¶ ¸.. ¶ ä ¸.æ¶ä ä"ä)æ¶¶ ¸ ¸ ¸¶¶Ø ¸ áª Ø ¸ á ¸¶äææá¶ ¸"¸¶... ¸

```
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ¸'¸¶ ä... tí... | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| æ¶... pí... | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| ¸ä ¸ä æ¶Ø ·ï... $$T_p$$ï... | 1.06 | 0.54 | 0.28 | 0.29 | 0.30 |
| á Ø æï... $$S_p$$ï... | 1 | 1.9 | 3.8 | 3.7 | 3.5 |
| æç ï... $$E_p$$ï... | 100% | 98% | 95% | 91% | 88% |
```

> á¼2-36 á¼2-35 ä)æ¶¶ æ¶Ø ·¸ á Ø æ á ä¶¶¶ æç

á Ø æ ¸ä æá¶ä)Ø ¸ï... ¸"ä"á..-æä-ï... weak scalingï... ï... á¶ä á ä ¸ á¶æØ ¸ á æ¶ï... ä ¸ á Ø fiØ ¸ æç ¸¸«¸¶¶¶"á ä% æ¶Ø ·ä æç á¶ä% æØª ä)ä)ï... ä) æä ä ¸ á¶æØ ¸ »á ï... á æ¶æä"ä æ¶ä, á ä ä)ä

á..-æä- ä,æ¶æ á..-æä- æç ä¶ ¸ä)Ø á...ï... á ä"ä¶ æá ¶fiáª æä æä» ¸¶æä¶æ æá¶á æä ¸ á¶ä% ¸ æä á¶%ªªØ æª ä ¸ä ï... ¸ä æ¶æä ä ä ¸¶ ¸¶ æä)Ø ä,ä,ä,æä á ï... ä,ä ¸ä æç ä ¸¶ï... á..-æä- æ¶æá Ø ¸¶ä á ¸ ¸' ¸ä.. æá¶ï... ¸ä ä ä"ä)Ø æ¶ ä ä)ä ¸¶ª ä,ä ¸ä ¸-»ä ¸¶ï... æä»Ø á,æ¶¶ ¸¶ä,¶¶ æäª¶¶

¸ ä Ø¸ 12.11

ä,ä ä ¸¶ä)¸ ä¶¶¶ ¶ ä ï... ä«á ¸"¸¶ªªª á ¸fiªªª¸¶ª..-æäªª

```
| | | | |
| :--- | :---: | :---: | :---: |
| ¸'¸¶ ä... tí... | 1 | 2 | 4 |
| æ¶... pí... | 1 | 2 | 4 |
| ¸ä ¸ä æ¶Ø ·ï... $$T_p$$ï... | 12 | 8 | 6 |
| á Ø æï... $$S_p$$ï... | | 1.5 | |
| æç ï... $$E_p$$ï... | 100% | | 50% |
```

¸ä Ø Ø¸ ¶ á áªæªªª ä,ä Ø æ á ä¶¶¶ æç ¸ ¸ ¸¶ï...

```
| | | | |
| :--- | :---: | :---: | :---: |
| ¸'¸¶ ä... tí... | 1 | 2 | 4 |
| æ¶... pí... | 1 | 2 | 4 |
| ¸ä ¸ä æ¶Ø ·ï... $$T_p$$ï... | 12 | 8 | 6 |
| á Ø æï... $$S_p$$ï... | 1 | 1.5 | 2 |
| æç ï... $$E_p$$ï... | 100% | 75% | 50% |
```

=====
12.7 á¶ä ä¶ä Ø fiØ¸









```

* Øf å i... Øç åç å æØ æ% æ" æ ç Ø åfª
* ç(ä i... å gethostbyname Łç æç å%æŁç å æå åæç æç ç æç æØ i... Łf åå"ç æå- æi... Ø Ł
* ç(ä i... å Ø å ååæå å,å rand Łç æåŁŁ•ŁŁ Ł°ççç Ø æçæç ç 2 ç»å%æå,å ææª

```

```

å æi... Linux ç»ç æææææççç ä åi ååå%æç åflØ åçç æª åflØ åçç æç å å ææå»å å \rå å ç... ç
asctime\ra ææ»(å)"Łfifiå%åflŁ %åå%ççŁç ä å%æª

```

#### 12.7.4 ç« ä

```

æ% ä ä"ç æ ç æçfiæåŁµä ä ä"ççç Łf åååfä ä ä"ççç åŁ%ç ç,,ä å åŁ%å ç æåå"ç x
ç,,æi... ä-ä.. å ç ç« ä i... racei...ª Ø å,å ç ç« ä æåä ä"ç æ å å åi ççç æçæçç ç,,æ ç Ł%Łç,,ççççç

```

```

ä/å æiç Łççç æ æŁ·çç æfi å ç ææªª Łfi'ææ»(æçç ç å%12-42 ä)ç çfi å ç æªª ä»ççç å å"ä å ä"åi,,ç ççç
ç æØ å"æ ä"çççª æ ä"åi,,ç ççç æåå"ç å æä)ä.. Ø ç ID å"ä ä"ä- Ø åå Ø äi... ç 22 Łç i... i... ç"å
ç ççæªª åi ç ä å»Łççççfi å i... æ% æiæ% ææ»(åçççç) ä Łç Łç Łç ä"ç æ æi... ææ»(ä"ä)å ä æçfiç ç

```

```

/* WARNING: This code is buggy! */
#include "csapp.h"
#define N 4

void *thread(void *vargp);

int main()
{
    pthread_t tid[N];
    int i;

    for (i = 0; i < N; i++)
        Pthread_create(&tid[i], NULL, thread, &i);
    for (i = 0; i < N; i++)
        Pthread_join(tid[i], NULL);
    exit(0);
}

/* Thread routine */
void *thread(void *vargp)
{
    int myid = *((int *)vargp);
    printf("Hello from thread %d\n", myid);
    return NULL;
}

```

> å%12-42 ä ä"åæç« ä ç ç æ

```

Ø fiØç æiç-æ ä"åi,,ç ççç å ä»ççç æ Ø ·ç ç« ä å.. Łççª æ% Ł %å çŁç ä"ç« ä å i... ä Ø æåå ç ç æåå

```

ç æØ <sup>a</sup> â°ææ¶¶... ç« ä' ä"ç°â°ä ä æâ°ç« 12 Łj ä¶,, i ä 1 ä ç« 22 Łj ä æç Ø ·æâ.. ç°â Łµâ...ä Ø <sup>a</sup> äf a  
Łj ĩ... Ø Łä myid ä Ø ä-ä°æçfiç ID<sup>a</sup> äfâ ĩ... ä¶ ä ä«ç ä-ä.. æ¶â¶ä ç'çç ç  
ID<sup>a</sup> ä/ä"ææç æ¶ĭ... æä«æ¶âfä°æçfiç ç æäŁµä ä ææ¶ä ä% Ł°äfç'çç ç æŁj ç <sup>a</sup> â°æä«ç ç»ç»ç» ä»  
â ä,çf ä°â ä¶ Łš ä ä°ç ä ç ä°Ø Ø Łflf<sup>a</sup>

ä"ä æ Ø/ç ä ĩ... æä«æ¶â°ææâ°ä"ä ææ ID ä Ø ää«ç«ç ç ä ĩ... ä¶ä ä.. Ø ç'çç æç ä äæâ Łç  
Łj ĩ... <sup>a</sup> Łfl·ææç'çç æç ä Øj»Ø æŁç ä ä æ°Ø çä ä ä æ æ. <sup>a</sup>

```
#include "csapp.h"
#define N 4

void *thread(void *vargp);

int main()
{
    pthread_t tid[N];
    int i, *ptr;

    for (i = 0; i < N; i++) {
        ptr = Malloc(sizeof(int));
        *ptr = i;
        Pthread_create(&tid[i], NULL, thread, ptr);
    }
    for (i = 0; i < N; i++)
        Pthread_join(tid[i], NULL);
    exit(0);
}

/* Thread routine */
void *thread(void *vargp)
{
    int myid = *((int *)vargp);
    Free(vargp);
    printf("Hello from thread %d\n", myid);
    return NULL;
}
```

> â°12-43 â°12-42 äç ä ç ä äæç« ä ç æçfiç æ

ä% æä«æç»ç»ç» ä Łç Łj Łç ä«ç ä æ¶ĭ... ç°â°ä°ä æçfiç ç æĭ...

```
linux> ./race
Hello from thread 1
Hello from thread 3
Hello from thread 2
Hello from thread 3
```

☞ ä Ø¢ 12.13

ååå¼12-43 ä'ï... æä'äflk %æLf ååä»ç'ç ä'ç ç' 14 Lj å ç' ååØ æä'å Ø ç' å å å'ï... L ä æåååå'ç ç' ä' ç' æååç' 14 Lj L° ç'ä' pthread\\_create ä' å'ï... æä'ç' ååØ æä'ï... Ø åä' ä'å.. ååä'ä"æç ç' ä'ï... Lj æ Lj ç' Låå...Lfl'ååä' Ø .<sup>a</sup>

☞ ä Ø¢ 12.14

A. ååå¼12-43 ä'ï... æä'Ø Lj ä"æä"ææ ID å Ø ä ä"ç'ç' ç' å ååå Ø/ç' ä' a ☞ å"ä ä"ä L° ç'å malloc æL

B. Lj ç' æç ç' å'å.. æä' ä'ï...

A. ååä ç' æç æç·æä.. Ø ææ \*\*\*\*ï... L ä æåå.. Ø ä ä"æå i ç' æØ ï...

```
for (i = 0; i < N; i++)  
    Pthread_create(&tid[i], NULL, thread, (void *)i);
```

ååç'ç' ä'ç' ä'ï... æä'ä' å ååå.."ååL%ææä ä" int ç'»å'ï... ä'ä'ä' Låå...☞ myidi...

```
int myid = (int) vargp;
```

B. ä.. ç',æåå Ø Lj æ Ø/ä', malloc å free ç' L° ç'åØ ä'å'å.. Ø . ä ä"ææç ç'..ç',æåå... ä'å LfiæØ Lj ä æååå' åååå' Lj ç' å Lfiæ',ä ææç ç'ä'æç'☞ æLfi-Ø %ä"ç'ï... ä'æåå'ä',ä' Ø åä' Lj å'Ø ç' ä æç æä'

12.7.5 æØ

ä'jå•Ø å.. ååä' ä ç' æå ååç' ä'ä'"å æç Lj Lj æç Lflï... å«å æØ ï... deadlockï... ï... ä'æç æåä'☞ ç' 12-44 å-ç'ä' ä'ä',ç'ä'ä'"ä'jå•Ø æä' ç'ä' æç ç'ç'ç' Lj ç' åå

[Image: &#x56FE; 12-44 &#x4E00;&#x4E2A;&#x4F1A;&#x6B7B;&#x9501;&#x7684;&#x7A0B;&#x5E87684;&#x8FDB;&#x5EA6;&#x56FE;]

ä' Lj ä' åå'ï... æä'ç' L %ä'ä'ä'ä' ä' ååä' æØ ç' Ø Lf ç'ååLï...

\* ç' ä' å'ä'ç'å P å V æåå'Ø'ä' ä'ä'ï... ä'åå'ä'ä'ä'ä'jå•Ø ç' ç' æåå"å Ø å' ä' ææä"æç Lj L°åLj,ç' dï... Ø åä' ä'-ä'ååLj %æLj ä'æç Lj å-ä'ï... å ä'Ø å ç' ç' æåå"å Ø »ä' ä' æä"å ææä'ä'ç' Lj å- æåååLj \* Ø å ç' ç' æåå"å å.. Låä' ä'☞ ç'ä'"æØ ä'"å'ï... deadlock regionï... ç' ç'ææ ä' æä'ä"L°åLj,ç'ç'ç'ä'ååLj ä'ä'"æØ ä'"å ä'ç' ç'æåå... Ø åä' æØ ä'-æåä'ååØ ç'ä' ç' \* æØ æåä'ä'ç',ä'å å'Ø ç' Ø fiØç'ï... å ä'ä' ä'ææååååØ æç' ä'ä'ä',Lj ç' æç Lj L°åLj,ç'ç'ä'☞ å.. æØ å-ç'ä' æç æåç' ä'ä'"ä'ä' ä',ä' ç' ä' ååååLï... Lj ååä'Ø å«ç' ç'ä'ä'"ææä' ä'ååååååLj Lj ä'ä'"ç' ä' 10 æä'å"ä'"æå' Ø fiØç'ï... ä'æåä'ä'æä'ä'-æØ ä' æL ç' ä' ååä'ååååååååLj Lj ä'ä'ä'åååå... ä'æåä'











```
fclose(fpin);
fclose(fpout);
```

ç¶Ł ĩ... æ æ% Łfl å³å"ä ç'ç ç å¶å æåååä åŁfl Łç Ÿ æå... ĩ... å å¶Ø ä ä"Ł ·å%ç ç« ä æä¶¶ª Łfl•

¶ ä Øç 12.28

åå³412-45 äĳ... å ä"ä V æ% ç Øĳ"ä ä/æĳ... åĳ,ç å æØ æååfæ%—å ĳ... Ø Łç ç»å"å Ÿ åfl%æåµç

```
| æåµ | | æåµ2 | | æåµ3 | | æåµ4 | |
| :---: | :---: | :---: | :---: | :---: | :---: | :---: | :---: |
| ç'ç 1 | ç'ç 2 | ç'ç 1 | ç'ç 2 | ç'ç 1 | ç'ç 2 | ç'ç 1 | ç'ç 2 |
| P(s) | P(s) | P(s) | P(s) | P(s) | P(s) | P(s) | P(s) |
| P(t) | P(t) | P(t) | P(t) | P(t) | P(t) | P(t) | P(t) |
| V(s) | V(s) | V(s) | V(t) | V(t) | V(s) | V(t) | V(t) |
| V(t) | V(t) | V(t) | V(s) | V(s) | V(t) | V(s) | V(s) |
```

¶ ä Øç 12.29

ä Ø çç ç å ä.. æØ å ĳ... ä"ä ä ä.. æŁ ä"ä ä ä ä.. ĳ...

å æ æĳĳ... a = 1, b = 1, c = 1

```
ç'ç 1 | ç'ç 2
-----|-----
P(a); | P(c);
P(b); | P(b);
V(b); | V(b);
P(c); | V(c);
V(c); |
V(a); |
```

¶ ä Øç 12.30

Ł Ł ä Ø çŁç ä"ä.. æØ ç ç åª

å æ æĳĳ... a = 1, b = 1, c = 1

```
ç'ç 1 | ç'ç 2 | ç'ç 3
-----|-----|-----
P(a); | P(c); | P(c);
P(b); | P(b); | V(c);
V(b); | V(b); | P(b);
```

```
P(c); | V(c); | P(a);
V(c); | P(a); | V(a);
V(a); | V(a); | V(b);
```

A. `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

B. `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

C. `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

☞ `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

☞ `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

```
#include "csapp.h"
```

```
char *tfgets(char *s, int size, FILE *stream);
```

```
int main()
```

```
{
```

```
    char buf[MAXLINE];
```

```
    if (tfgets(buf, MAXLINE, stdin) == NULL)
```

```
        printf("BOOM!\n");
```

```
    else
```

```
        printf("%s", buf);
```

```
    exit(0);
```

```
}
```

> `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

☞ `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

☞ `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

☞ `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

☞ `if (a < 0) { printf("a is negative\n"); }`

🔍 12.34

... ä ä "\$N \times M\$ç'Ø ì, æ æ, ä%æç ä¶¶ç'çç ä ç æ æ L³/äi ç æ L %ä Ø|"ä ç ç æç æ L %

🔍 12.35

äi ç"ä ä"ä"ä ç ç TINY Web æäjäçç ä¶¶ä ç æ ä % ç Æççç ä' çfl¥ä"æ ä ä"æç ç æ Lfl•æ ä ä"ä ä"æç

🔍 12.36

äi ç"ä ä"ä"ä I/O æ Lflæççç TINY Web æäjäçç ä¶¶ä ç æ ä %çççä ä"äi Ø ç Web æ Lççç äæææ Lfl ä% ç

🔍 12.37

äi ç"ä ä"ä"ä ç'çç ç TINY Web æäjäçç ä¶¶ä ç æ ä % ç Æççç ä' çfl¥ä"æ ä ä"æç ç æ Lfl•æ ä ä"ä ä"æç

🔍 12.38

äi ç"ä ä" TINY Web  
æäjäçç ä¶¶ä Ø ç'çç ä ç ç æ ä % ç Æççç ä' çfl¥ä"æ ä % ä ç L· L%ö... äæäæ"ä ä æä ä' ç'çç ç æçfiä  
Web æ Lççç äæææ Lfl ä% ç Æççç ä

🔍 12.39

Web æçç æä ä"äæ Web æäjäçç æ Lççç äççç Ø æææ. ä Ø ç L ç ç ä æ æ Lççç äççç æ L ææäjäççç  
🔍 æ Lççç äæ ä"ä ç æ Lfl Ø " i... Lfl•ä% ç... ä ä ç"fi ä ç äflæ¥L æ Lfl•ä% Lfl•æ ç Web æççç i...

A. Lfl Ø" ç ç"ä Ø çç ä"i... ä% Lf æ"ç ææææ Lfl•æ ç æççç i... ä æ HTTPi... L%ä Lfl•æç æäjäççç... ä  
Lfl•ä% äççç ç ä ä æææ ææ¶¶ä"i... ä æäi ç Lf Ø »ä ææäi,ä äæççç ç ä ä ç L æææ¶¶äç URL ç Lfl•

B. Lfl Ø" ç ç"ä Ø çç ä"i... ä% Lf ä çççæçççç i... äi Ø ç æ ä ä"ççç ç ç'çç ææç æ ä ä"çfl•æ i... ä%ççç  
äi ä' çfl¥äflæ¥äç æ L "ä ä ä"æ Lççç äææäi æç Lfl•æ ä

ä%çççä ä"äi Ø ç Web æ Lççç äæææ Ø" ä% ç Æççç ä

=====

Ø ä% Äi... Ø Lflflæç

=====

Ø æ% Aï... Ø Łflflăç

=====  
å Ł æçfi  
=====

å Ł æçfi

=====  
ăi Ø“ æŁš  
=====

ăi Ø“ æŁš

å Ł Łµæ

\* äi Ø“ ææ

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/labs.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/labs.html>)

\* <https://github.com/Hansimov/csapp/tree/master/labs>

(<https://github.com/Hansimov/csapp/tree/master/labs>)

\* äfä`ææç`ä`ä`Łç

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/code.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/code.html>)

\* <https://github.com/Hansimov/csapp/tree/master/codes/code>

(<https://github.com/Hansimov/csapp/tree/master/codes/code>)

\* a Łfl»å CSAPP<sup>a</sup> äi Ø“ æŁš \ | ä å å 2.0

\* <https://wdxtub.com/csapp/thick-csapp-lab-0/2016/04/16/>

(<https://wdxtub.com/csapp/thick-csapp-lab-0/2016/04/16/>)

äi Ø“ ç...Łç°

ææ CS:APP ç äi Ø“ Ø %æäf ä å–æšï...

\* ç å ä CMU Łflă ç Ł Ø“ a æ% Ł å 10 ä·æŋØ·Ø ï... å 150 ~ 250

å åfç ç Łflă ä`å.. å å äi å ä Łç ä`äi Ø“ a Łç Ø Łflă`ä`ä`åfç ä`ç Ø« äfŁfl ä`ï... ä`ä`ç Ø`åŁfi/ä`Łç ä`

\* Ł “åŁfl å Łfl ä..Ø’-åŁç ä`a` åfç ç C ŁflŁŁ å ŁšŁç ï... çŋå ä`åŋØ æ`å° C Ø’-åŁç ä`ä`a` Ø’-åŁç

\* ŁšŁç a`ä`æ% Łfi+å æä`ä` ä`ä`äi Ø“ ç äi æŁšŁç a`

\* Ł “åŁfl å åŁç æ`ä`äi Ø“ ï... Proxy Lab Ø/ä`ï... Ø %æä ä`Perl Ł “åŁfl å åŁç... ä`æ`ä`åfç æä`ç æä`ŋŁ

\* äi æç äi Ø“ æ`å`a` æ`ä`äi Ø“ Ø %æä ä`æ`äi æç æ`å`ï... çŁ Latex ç.. å ï... ï... åŋä`å`å`çflăç ï... contex

ãi Ø“ Ø 3/3

=====

å,Ł§ Ø fiØç

=====

å,Ł§ Ø fiØç

gcc not found

å å i... æååç;æfi ŁŁ gcc<sup>a</sup>

æå i... ŁŁ ŁŁ ä å å%ä/...

ŁŁ ŁŁ i...

sudo apt-get install build-essential

å Ł Ø 3/3

\* C compiler not found, Ubuntu - Stack Overflow

\* <https://stackoverflow.com/questions/22557029/c-compiler-not-found-ubuntu>  
(<https://stackoverflow.com/questions/22557029/c-compiler-not-found-ubuntu>)

fatal error: bits/libc-header-start.h: No such file or directory

å å i... 64 å% æååç gcc å“æ 64 å% ç ä i... ç -m32 å æä/ä.. å”Ø <sup>a</sup>

æå 1i... å Ø/-m32 å æå å% æŁŁ ä.. äi...Ł -Łfi,ä äŁµ 32 å% ç,,æç ä»Łç Ø Łflfi<sup>a</sup>

æð 2i... æl i... i... ãi ££ 32 æ% ç ã i...

sudo apt-get install gcc-multilib

å £ Ø æi...

\* c - "fatal error: bits/libc-header-start.h: No such file or directory" while compiling

HTK - Stack Overflow

\* <https://stackoverflow.com/questions/54082459/fatal-error-bits-libc-header-start-h-no-such-file-or-directory-while-compiling>

(<https://stackoverflow.com/questions/54082459/fatal-error-bits-libc-header-start-h-no-such-file-or-directory-while-compiling>)

\* 32 bit - Trouble compiling a 32 bit binary on a 64 bit machine - Ask Ubuntu

\* <https://askubuntu.com/questions/91909/trouble-compiling-a-32-bit-binary-on-a-64-bit-machine> (<https://askubuntu.com/questions/91909/trouble-compiling-a-32-bit-binary-on-a-64-bit-machine>)

æ æä fæã ã æ£ ç i... å btest å ä ãi £f Ø æ make

å"£fifiå æi...

make && ./btest

=====

ãi Ø" 1i... Data Lab

=====

ãi Ø" 1i... Data Lab

ãi Ø" Ø æ¶

\* README

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-datalab> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-datalab>)

\* Writeup

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/datalab.pdf> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/datalab.pdf>)

\* ç æå å†

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/datalab-release.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/datalab-release.html>)

\* £ "åfææ

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/datalab-handout.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/datalab-handout.tar>)

đĩ Ø“ ғĩ à»

âfç âflä»¥đĩ ç“ғĩ â ç Ø »Ł³ā%āđđ đ Łġ âłŁĩ¥ç â đĩç„â%āđĩ... đ% āđ Øĩ»đ%ġç C ŁflŁŁ ç â đ“Ø« đfâ  
codeĩ... đŁfiđĩđĩ â đ“æç ç đĩ„â...<sup>a</sup> Łfl¥đĩ Ø“ đfiâ'âfç ç Ł\$£ C ŁflŁŁ đđĩç»â ç đ% ç'ŠŁĩç"â đđĩđđ% c

â Ł Ø ³ā

- \* CSAPP ä DataLabŁflŁ\$£ĩ... đđĩđđ Łġ æŁflç“ ç đ' - ç¥ä
- \* <https://zhuanlan.zhihu.com/p/59534845> (<https://zhuanlan.zhihu.com/p/59534845>)
- \* CSAPP DataLab Øç Ł\$£ \ Claude's Blog
- \* <http://claude-ray.com/2019/10/02/csapp-datalab/> (<http://claude-ray.com/2019/10/02/csapp-datalab/>)
- \* CSAPP - datalab ´• McGinn's Blog
- \* <https://mcginn7.github.io/2020/02/14/CSAPP-datalab/>  
(<https://mcginn7.github.io/2020/02/14/CSAPP-datalab/>)
- \* <sup>a</sup> Łfl»â CSAPP<sup>a</sup> I Data Lab \ đđ â â 2.0
- \* <https://wdx tub.com/csapp/thick-csapp-lab-1/2016/04/16/>  
(<https://wdx tub.com/csapp/thick-csapp-lab-1/2016/04/16/>)

=====  
READMEĩ... Łfiťâ ç ĩ...  
=====

READMEĩ... Łfiťâ ç ĩ...

> CS:APP Data Lab  
>  
> ç“ Łfiťâ ç æđĩ...  
>  
> May 31, 2011ĩ... ç°âđâ â«đ â â»âŁ¥ææâ đ Łµ  
>  
> Copyright \c) 2002-2018, R. Bryant and D. O'Hallaron  
>  
> æ â ĩ... Hansimov

æçfiđ% â â«Łġ Łġ CS:APP Data Lab æØ ç æäŋĩ... đĩ æâ'đ â„â»âfç đĩ„đ% Łĩçç"<sup>a</sup> Łĩ¥ç Łġ ғĩ â IEEE

ä"â đ%ç"ĩ... æä»Łġ æä'â ä ä"æç â"â HTTP ç çđæç'Šâ â»âŁ¥ææâ ç Łµĩ... â ä»đä æçç â"â çµ Ø fiâ»  
æâđâ æâ ä"â•æ IP â°â ç çđæâ æ<sup>a</sup>

ç«ç“ Ø æ ĩ... đ%ġç bison â flex æä»" dlc<sup>a</sup>









```
| æð»¶å | £fl.æ |
| :--- | :--- |
| Makefile | æð» btestª fshow å ishow |
| README | ææð»¶ |
| bits.c | ð% ð £f æfiæð æð/ç æð»¶ |
| bits.h | ææð»¶ |
| btest.c | btest ä»ð æ |
| btest.h | çðä æð» btest |
| decl.c | çðä æð» btest |
| tests.c | çðä æð» btest |
| tests-header.c | çðä æð» btest |
| dlc* | £§ å æ æç.. £fl åðç ä £ç å¶æð»¶i... data lab ç.. £fl åði... |
| driver.pl* | ð%çð btest å dlc æä" bits.c £ "åð£fl å ç Ø'-åðð æ |
| Driverhdrs.pm | ææð»¶i... çðä åflØ ç å å»£.¥ææâ æ£µ |
| fshow.c | äi çðæ£ç i... çðä æ ææç„£iðç" |
| ishow.c | äi çðæ£ç i... çðä æ æææ£iðç" |
```

1. æfiæ bits.c å¶æ æäi æiåfçfå dlc ç £f æ

Ø £f i... åðð% å.. æ§ ä å i... £fl•æ» ç Ø £fl» bits.c æð»¶äç £fl.æª £fl.æäç» å"ä æ£ç £§ å i... æ æð%

ð%ççð dlc ç.. £fl åði... ./dlci... £ "åðæ æ bits.c ç ææiåfçfå ç.. ç å å i...

æ ææ£ç æjæØ fiØç i... dlc ä æ¥Ø Ø» æð.. £ç åª åfå i... äi ä.. æå°æ æi... æ£fi°å"Ø fiØçª ð%ççð

```
unix> ./dlc -e bits.c
```

åfl£fi' dlc æå°æ ä"å%æð%ççç £ç çfi çfæçfiª

ä æfæä å æ£§£ç i... ð% ä-åflæ¥ð%çç ./btest ç ä æ£fl äi ç æçfiæ§ª

2. ð%ççð btest æ£fl

æçfið% äç Makefile ð%ççð å æ£ç ç.. £fl bits.c ç æi... æ¥å æ"å ä" btest ç ç ä i... ææ£fl å¥å•i...

£f ç.. £fl å¶£ç £i btest ç ä i... £fl•Ø fiåfi...

```
unix> make btest
```

```
unix> ./btest [optional cmd line args]
```

æ æææ bits.c ç ä æi... Ø %Ø £f Ø æç.. £fl btestª ð% æ ä ä"å£å£ç §»ååfä ä"å£åæi... ð% ä..



çpæ æä4...

```
unix> ./ishow 0x27
Hex = 0x00000027, Signed = 39, Unsigned = 39
```

```
unix> ./ishow 27
Hex = 0x0000001b, Signed = 27, Unsigned = 27
```

```
unix> ./fshow 0x15213243
Floating point value 3.255334057e-26
Bit Representation 0x15213243, sign = 0, exponent = 0x2a, fraction = 0x213243
Normalized. +1.2593463659 X 2(-85)
```

```
linux> ./fshow 15213243
Floating point value 2.131829405e-38
Bit Representation 0x00e822bb, sign = 0, exponent = 0x01, fraction = 0x6822bb
Normalized. +1.8135598898 X 2(-126)
```

=====

Writeup

=====

Writeup

```
> datalab.pdf
>
> 15-213, Fall 20xx
>
> Data Lab: Manipulating Bits
```

Harry Bovik \(\bovik@cs.cmu.edu\) ælæä% ä ç ʟ· ʟ·£ä”a

1. ä» ç»

æä% ä ç çfiç ælæä ç æææä æfiç,,æç ä% ç”\$ʟj”ç”a ä% åflä»¥Ø ʟç ʟ\$£ä†ä ç†»ä ç ç.. ç å ʟ° Øç å æå

2. ælæ

ʟç ælæ ä“ä”ä”Øj,,çfiæ æææä/å äi,,Ø %æfiçjæ ç a ʟfl·æä ææ£ä åä ååʟflç ç% Øj|æ a

3. ʟfi†ä, ʟfl·æ







```
unix> ./btest -f bitXor
```

åflä»¥ð%öçð Øi,,æä -1<sup>a</sup> -2 å -3 å å¶æäç,,äi ç å%æå æi...

```
unix> ./btest -f bitXor -1 4 -2 5
```

dlci... Lç ælä ä“æL “ MIT CILK ä ç ANSI C ç.. Lfi åç äfiæç æi... æåflä»¥ð%öçðäi æææ ææä ä“L°

```
unix> ./dlc bits.c
```

ç ä ä Ø Ø» Lç Lj i... Ø/Ø æ åå°fiØç i... äæ Ø æLç fí çf<sup>a</sup> Lç fí çfLç äæææL° Øç äç Ø ççç

```
unix> ./dlc -e bits.c
```

ä.. Lfi' dlc æå°æ ä“å%æð%öçç Lç fí çfç æçfi<sup>a</sup> Ø fiå¥ ./dlc -help æ¥L •å å%æ»Lj Ø Øi,,ç å Lj<sup>a</sup>

driver.pli... Lç ælä ä“Ø'-åçç ä i... ð%öçð btest å dlc Lfiçfi ð%ö Lççç ç æçfiæå æçL %å æä äi ä Ø Lj

```
unix> ./driver.pl
```

ð%ö ç Lfiçå ä.. çç driver.pl æLfi ä..°ð%ö ç Lççç<sup>a</sup>

## 6. æäLfiæ

SITE-SPECIFICi... åçLç Ø æå¥ææi... å Lfi æä“åfç ä ð%ö åð%ö ç åfææä/æ æç bits.c Lççç ææ¶¶

## 7. æ”Lfifi

\* ä Lf åç bits.c ææ¶¶äå å« &lt;stdio.h>; æææ¶¶i... å ä”äi ä.. Lfi' dlc æä-å¶äi...Lç ä Ø çççç Ø Lf

printf Lç Lj L°Lfi i... Lç ä ççå å« &lt;stdio.h>; æææ¶¶i... ä%çfi gcc ä.. æå°ä ä“Lçfå i... ð%ö åflä»¥ð%ö

\* dlc ç ä ä..”å¶çLj æ C++ æä¥æ..ç C æææ%çå.. i... æL ç- gcc

å..”å¶çLj<sup>a</sup> ç,,åæi... æ»ð%ö ææØ %äç Øi»å”çååå i... ççææåæLæç åäi,,i... äç æ»ð%ö Ø ææ

```
int foo(int x)
{
    int a = x;
    a *= 3; /* Statement that is not a declaration */
    int b = a; /* ERROR: Declaration not allowed here */
}
```

## 8. å å»Lçææâ æLµ

ä”ä æ%ç”i... ææææä ää“åflØ ç å å»Lçææâ æLµi... Lfið%ö ä å¶ä åfç å Lfiçå ç ä i... å.. å å”æææ

ç æ ä“L° Øçª å ¢æ ä“L° Øç äï... ä Lfi tå ç æä% ç fæçfiç,å,,Ø æå»L-¥ç å fç å-æ Lµç äïï...

Lf æä/å Lµä% å ï... Lfi•Ø fiå¥ï...

unix> ./driver.pl -u "Your Nickname"

æç°Ø å¶ä” 35 ä“å çfi... åflä»¥å å«å ææåª æå•ï... ”ï...ª Ø åªª å¥ç,,ª ç-æåªª ä å ç’çå  
&ª ä% åflä»¥Ø æ¶æäª ä% æLç æä/ç å äï,,ä æçªå¶äï æ¶Lfiª æç äï... ä» ç-ä% ç æç°æLfiª ææçLç ä Ø

http://\$SERVER\NAME:\$REQUESTD\PORT

SITE-SPECIFICï... ä \$SERVER\NAME å \$REQUESTD\PORT æææä% å¶ ./contest/Contest.pm æ

\\\\

=====

äï Ø“ 2ï... Bomb Lab

=====

äï Ø“ 2ï... Bomb Lab

äï Ø“ Ø ä¶¶

- \* README
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-bomblab> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-bomblab>)
- \* Writeup
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/bomblab.pdf> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/bomblab.pdf>)
- \* ç æå å t
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/bomblab-release.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/bomblab-release.html>)
- \* L “å fææ
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/bomb.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/bomb.tar>)
- \* Lççç ï... Ø ä%ççæå L.fæç»ä%ï...
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/im/bomb-solution.txt> (<http://csapp.cs.cmu.edu/im/bomb-solution.txt>)

äï Ø“ çfi ä»

å ä Lç å¶ç,å...å æä ä“ç äï... ä»¥çfiæä»ç æä»¶ç ä%çå.. æäç» å fçª Lç Lç æ¶ï... äï ä.. æç”çææØ fiå  
ä“å å ç å çfätª æ¶ æå¶ä»ä»»ä% ä ä“Ø Lflfi... ç,å...ä-ä.. å ç ç,å ï... æå°Ø Lflfiæ æä¶ä”ä ä ä»¶Lfiª% å  
ä“å çfätª Lfiæä» äª Lfiæäï Ø“ æå fç ç Lççæ ç.. LfiLµï... ä¶Lç «ä%çä» ä»å fä æ¶ ä% ä%ççL° Lfi å



tar æð»¶ä'ï... ç¶å ð'ç æç tar æð»¶ä ä.. å æÐÑ åðï... åðæÐÑ åðä'åflä»¥ð'å¶ä' å åðç ç ä ä¶¶ÐÑ£ä å £fl•  
 \* ç» ææå;åðï... bomblab-resultd.plï...<sup>a</sup> æ æä'åfç æð/ç,ä...»Ø ¶ææå... £µç ç,æ¶ï... ç,ä...»Ø %ä.. å HT  
 æ¶æï... £fl¥æå;åðå"æ¶å £ "åðç" æå çfätØ å å"å £fi"å æ æä' æð»¶ä ä'»<sup>a</sup>  
 \* æä'å ðï æÐ ç ï... bomblab-reportd.plï...<sup>a</sup> å æä'å ðï æÐ ç å ðï æææ£fi"å æ æä' æð»¶ä æÐç;åðï ææ  
 ç,ä...»ç æå"åflæï... ææØ" £fl £ç ä' å çfät» ç¶å ðï ä.. ææ HTML £fi"å æï... £fl¥£fi"å æ æ æä' æ æç,ä..  
 \* ä»æï æÐ ç ï... bomblab.plï... . å ä»æï æÐ ç å åflåðä'¶ä' æ£fi•æ æå;åðå ç» ææå;åðå æÐç;åðï æÐ ç  
 æä'ï... ä»æï æÐ ç ä.. æ æå"å'¶£ "åðØ æåflåðåï"» ä»æï æÐ ç æïææï Ø Ø £f £ç £ç ç åflä ç ä'<sup>a</sup>

## 2. æð»¶

./bomblab çfiä% å å«ä å æð»¶ï...

æð»¶å	£fl•æ
Makefile	å.. æ /å ææï Ø" å æØ/æð»¶
bomblab.pl\*	ä»æï æÐ ç ï... ðï ææ¶æ» æå;åðå ðï æÐ ç
Bomblab.pm	Bomb Lab Ø ç%fiæð»¶
bomblab-reportd.pl\*	æä'å ðï æÐ ç ï... æç»ææ£fi"å æ
bomblab-requestd.pl\*	£fl•æ æå;åðï... ð'ç,ä...»ææç» åfç
bomblab-resultd.pl\*	ç» ææå;åðï... ä' ç,ä...»ä'ä'£ "åðç" æå çfät
bomblab-scoreboard.html	ðï æ¶ç% ç» £fi"å æ
bomblab-update.pl\*	åfiå' bomblab-reportd.pl ææ£fi"å æ
bombs/	å å«å Ø ç æ ä"åfç ç ç,ä...
log-status.txt	ç¶ææä'ï... æ£ "ä å æå;åðå ðï æÐ ç ç ç ææ
log.txt	£ "åðç" æ£fi"å æ æä'ï... æä' £ "ç,ä...
makebomb.pl\*	åfiå'æ æï... çðä' å¶ä% ç,ä...
scores.txt	å £fiæ ä"åfç ç ä% å £fi"å æ å æ
src/	ç,ä...»ææð»¶
writeup/	Bomb Lab ç LaTeX æä' æä'4

## 3. ç,ä...»æ££fl»

\* LabIDï... £fl¥æï Ø" ç æ ä"æï ä'4... çðå ï... Ø %ç-åflä ç å £fi"æ£fi ï... ä'ä' å f12å æ å s13å ï... ç-£fiät  
 ä £ %æç"æ..<sup>a</sup>  
 \* BombIDï... ðï Ø" ç» ðï æï ä'ä'ç æ ä"ç,ä...»Ø %æåflä ç Ø £. ææï... £fi"å" å bombIDå<sup>a</sup>  
 \* Ø ç¥ç,ä...»ï... Notifying Bombï... ï... ä ä"ç,ä...»åflä»¥çðä'ä" NOTIFY Ø Øï,ç... £fl ï... ä% åfç æ æç ç,  
 \* ðï Ø ç,ä...»ï... Quiet Bombï... ï... ä' æä%ççð NONOTIFY Ø Øï,ç... £fl ï... å ç,ä...»åðç ç,ææØ/æ¶ä ä..

æð»¶£ç ä.. å ç"å"å ðï å¶ç,ä...»å æïØ ç,ä...»ä'æåfiå'ï...

\* ðï å¶ç,ä...»ï... Custom Bombï... ï... å ðï å¶ç,ä...»å ç BombID > 0ï... ä ç,»æï åfç å££ ï... åflä»¥æïØ  
 ä»æä'£ç £ç<sup>a</sup> åfä æØ çï... ðï å¶ç ðï Ø ç,ä...»åflä»¥åðä'»ä% Linux ä»æä'£ç £ç<sup>a</sup>  
 \* Ø çðç,ä...»ï... Generic Bombï... ï... ä ä"å Ø çðç,ä...»å ç BombID = 0ï... ä ä'»ä% ç,»æï ç åfç æ;æå££

#### 4. æð/ç,å...ðí Ø“

Bomb Lab æð/ç å”g ç æí... å”å å”ç’ç å ç æðí... Lfiþå ð%çç” “å”Lfi å æåjå æð“åfç å å ðí å”ç Ø ç”  
åfç ç,å...í... L ð ð%çç” “å”Lfi å æåjå

L %ç”Lç ðð“ç æØ %ç” ð åfç ð°ðí ç ç Ø“ í... æð“æ” å”ç’ç æå ðí,,ð åfç æ”Lfií... Lç æç”æíæå,å..  
å å æå Ø %æ”Lç ç”ð æå”Lç Lj ç æð“æ” ð%çç” Øj,,æåjØ å,ðí,,æ”Lç Lj í... ð% æíð ð Lfiþå åfL %

æ”å æíæðð/ð“ç æç ðí Ø“ ç Lfiæå

#### 4.1 å æ”ð ð Bomb Lab çfið%

gfiðí Lf å æ” Bomb Lab çfið% í... ./bomblabí... ç Ø ç” Linux  
æå”í... \$SERVER\NAMEí... í... ð ææð” æç æí... Lfi•Lç Lj L “å”Lfi å æåjå ð% å“Ø å”Lç å°æå”å æ  
\$SERVER\NAME ð ð ð“åæç ./bomblab çfið% æ ðí í...

```
linux> tar xvf bomblab.tar
linux> cd bomblab
linux> make cleanallfiles
```

#### 4.2 Ø ç%fi Bomb Lab

Ø Lç ç.. L³æ”æð”Ø ç%fi Bomb Labí...

\* ./Bomblab.pmi... Lç æíð»Ø ç%fiæð”íð ð% å“Ø æfiæææ ææææ”ç’ 1 L ç å ð“å Ø æ æð“å Ø å Ø

ð æð% æð/å”ç’ç æí... å Lç Ø Lf ç.. L³æ”æð”í...

\* ./src/config.hí... æææ”íå å”ð å Lfi,Lç Lj ç,å...ç ð»æç å å æ gfiæ ð% æçfiå°ææð Lç ð“í... åfå ð% å æ

#### 4.3 ææðí Ø“ æå

ææðí Ø ç%fiæð”íå í... Lfi•ææíð% ç çfiå í... æfiææ writeup/bomblab.tex ðç LaTeX æå æ ç”íå å” ./wri

```
unix> make clean
unix> make
```

Lç ä.. å æ”æå ç ps å pdf ç æå

#### 4.4 Lç Lj å”ç’ç Bomb Lab



åfç Ø Ì ãä“æØ“ä” Ìfi•æ ãfi æÌ Ì Ìfi•æ ç,å...ï...

\* Øf å Ì... åfç ççä» ä“æå æç æË åËfiçØ fi

http://\$SERVER\NAME:\$REQUESTD\PORT/å” Ì... http://foo.cs.cmu.edu:15213/å Ìfi•æ æåjååçç  
Ëjåå å Ø å æË åå

\* æç Ì... åfç ççä» ä“ç ççååå å çjå Ø fiä”fiåå å å“å æËjåå Ì... çfiå æäËjåå å Ìfi•æ æåjååËËæËjåå Ì...  
tar æä”fiä å åç ç ä å ä% åfç ËËå ææä”fiäï... ä.. å ä”ä“çfiä% Ì... ./bombï... Ì... åfiä å å“æåå å å

| æä”fiå | Ìfi•æ |

| :--- | :--- |

| bomb\\* | ãfi åfiç Ø ççç,å...åfiæËjå Ì å |

| bomb.c | ä»ç,å...å å ç æç |

| ID | æËfi ä Ëfiçç,å...æåçç åfç |

| README | å å”ç,å...åç å åfç å çjå Ø fiä”fiåå |

| solution.txt | Ëfiçç,å...ç ËËåç |

ç ææåjååï... æ æåfç æØ/ä ä“Ø fiæåå.. ç ç,å...æfi... ç,å...Ø %ä.. å ç ææåjååå Ø ä æ HTTP æ  
stringï... Ì... Ì... çfiå ç ææåjååå æ fiØ å åËfiå ææäç ä” æ ä“æ fiØ %å å å“ä“

BombIDå ä ä“Ø fiæå æå ç ä ä”fiç æç”å ç æææØ/ä ä”fi... å æ fiË å å“åfç Ø fiåç å æØ/ä çfätï

æå ãfi æÌ Ì Ìfi•æ ãfi ææææËfiå ææäç ä”fiæç% ç Ëfiå æ å fi,,ä æä“ç,å...ï... ãfi ç Ëfi  
æä”fiäËfiçfi æ ä“åfç ç å æi... Ëfiææä”fiå ä” å scores.txtå ææØç ç Ø äç Ø çfiå Ø Bomblab.pmå

Ëfiçå å åfç ä%çççæË åËfiçØ fiäåå ååç Ëfiå æï...

http://\$SERVER\NAME:\$REQUESTD\PORT/scoreboard

#### 4.4.3. ä”åçç Bomb Lab Ëfi å

åççç çç,å...ãfi Ø“ åfiäåË “å—Ëfi å å åçä» ä% æfiØ ç,ï... åfiçççå Ø ç æä”fi... ./bomblab/scores.txt)\  
a

#### 4.4.4 åçç Bomb Lab ç Ëjåå Ëfi•æ

ç—ä Ëfi•æ æåjååå æå ãfi æÌ Ì Ìfi•æ Ø %Ø Ëf æËjå ç,å...ï... å æäç Øjåå bomblab/src/config.h æä”fiç å

ææç æåjååå ãfi æÌ Ì Ìfi•æ Ø %ææçfiæi... statelessï... ç Ì... æäåååfiäåç æäæå æï... å make stopå  
startå Ì... ãfi Ø“ Ì... Ë ä.. äçç ä» ä% ä Ëfiä%—å å ç ææäç äç ææäç äfiäç ä“ãfi æÌ Ì Ìfi•æ æË ç fiæ  
Ëjåå æç Ì... çfiå ä%çç å make startå Ø æåfiåå ç æ Linux æåååææØ åfi... å“Ø ä%çç å make

æË “æåjååç çjæiå Ø Ëfiææ fiËç“æå å åå çfiææäç å bomblab/log-status.txt ä” æåjåååfi Ø åËjåå

Ëfi•æ Ø src/READMEï... ä ËËææååçç,å...ç ËËåå ç æäåå ãfi ä æfiç ä% æØ ç å ä% ä Ø Ëf ç ËËå





```
| README | 1fl•â¼%ç¥1fl¥æâ¶ |
| solution.txt | 1fl¥ç,â...ç 1$£ç |
```

â¼ å“å åfç å å å¶â¶â¶æâ¶¶i... ./bomb å ./bomb.c<sup>a</sup>

åfç æâ/â æ“ç 1\$£ç æâ¶¶i... â¼ åflâ¥â 1\$£ç 1³â¥ç ç,â...æâ“ 1fl i...

```
linux> cd bombs/bomb0
linux> ./bomb < student_solution.txt
```

1ç â“â 0i,,âi,,1 å æ1fl•â/âi,,æi... â¼ æiæâ“â æ1 âi i... å â”âi â”âi,,æ1fi”åfç â¼ å.. â<sup>a</sup>

â 0i,, 2<sup>a</sup> æâ/ç»ç’âi â“ ç åfâ â“â 0i,,æiâ¼ç makebomb.pl 1 æi... â”æâ“åfç å¶â¼ å â“åflâ ç âi å

```
linux> ./makebomb.pl -i <n> -s ./src -b ./bombs -l bomblab -u <email> -v <uid>
```

1ç â”â”çµâ 0 fiâ¶¶âåâ ¶ &lt;email>; â çµæââ ¶ &lt;uid>; ç åfç åµ ./bombs/bomb â”åâ”â â”â”âi å¶ç â

```
| æâ¶¶â | 1fl•æ |
| :--- | :--- |
| bomb\* | âi å¶ç ç,â...æ1ç 0 â i... å åç åfç i... |
| bomb.c | â»0 â ç æâ£ç i... å åç åfç i... |
| bomb-quiet\* | 1fl•â¼%ç¥1fl¥æâ¶¶ |
| ID | æ1fl â 1fl¥ç,â...â1ç ç åfç |
| phases.c | ç,â...â¶¶ç C æ£ç |
| README | å å”ç,â...â•ça åfç å çµâ 0 fiâ¶¶âåâ |
| solution.txt | 1fl¥ç,â...ç 1$£ç |
```

â¼ â å åfç å å å¶â¶ç å â”æâ¶¶i... bomb<sup>a</sup> bomb.c<sup>a</sup> ID å README<sup>a</sup>

æâ“åfç 0 %â æâ/â æ“ç 1\$£ç æâ¶¶i... â¼ åflâ¥â âi,,1ç 1ç æ æ“ç 1\$£ç 1ç 1ç æ æ“ç âi å¶ç,â...i...

```
linux> cd ./bombs/bomb<n>
linux> ./bomb < student_n_solution.txt
```

â å 0 ¶µâ ç æâ£ç åµ ./src/phases/ â<sup>a</sup>

```
=====
Writeup
=====
```

Writeup

> bomblab.pdf







- \* ȳ æå å†
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/attacklab-release.html>  
(<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/attacklab-release.html>)
- \* Ł “åfææ
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/target1.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/target1.tar>)
- \* ŁŞŁŲ İ... Ø ă%ıçıæå Ł.fæç»ă%ı İ...
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/im/labs/target1-sol.tar>  
(<http://csapp.cs.cmu.edu/im/labs/target1-sol.tar>)

ăı Ø“ ģı ä»

> æıı... Łflæăı Ø“ æı 32 ă% Buffer Lab ç 64 ă% å ŲŞç æ<sup>a</sup>

Ų åfç äăı,åflă ç Ł “ăı ä ç æç x86-64  
ă Łı åıåflăşŁı æăıı... Ųă”çfiæı... targetsı... İ... äı ä»å å«ç... å†å”æå”Ø Łflı<sup>a</sup> ä ä“çfiæå åıä»Łç æıı  
programmingı... æå»æ. æ<sup>a</sup> Łf æ åfç å”ä ä»Łç æııæ ROPI... å.. å æ. æåçıı... äıfiæçfiæç Łı ä<sup>a</sup>

ğ æă% æıŁ “åfç åfç İ... Ł “åfŁfi†ă Ø æăă” Ubuntu 12.4 çfiæı... ă% åflă¥Ł “ă—Łfl Łfl<sup>a</sup> ă% Ø Łf çı  
CS:APP Ł.få•ç Łfi†ă İ... Ø Łă, ă% åflă¥ă Ł%ı%ŁŞŁŲ<sup>a</sup>

=====  
ăı Ø“ 4ı... Architechture Lab  
=====

ăı Ø“ 4ı... Architechture Lab

ăı Ø“ Ø äıı

- \* README
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-archlab> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-archlab>)
- \* Writeup
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/archlab.pdf> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/archlab.pdf>)
- \* ȳ æå å†
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/archlab-release.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/archlab-release.html>)
- \* Ł “åfææ
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/archlab-handout.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/archlab-handout.tar>)

ăı Ø“ ģı ä»

> ~~þ~~í... ä" CSAPP 3 ç ææå° Y86-64<sup>a</sup>

ç» åfç ä ä" Y86-64 Ø» Lfiç ä ç æç» ä å¶å%æí... å ä ä"å¥å% ç ~~ææç~~¿å ç Y86-64 ä ç å¶Lfi%fií... Lfi¥æ numberí... æ¶Ø å¶ææL¿ L¿ ä å¶å%æå åfç Lfi å¥Ø L¿ æfiæå%æå ä ç å¶Lfi%fiææå å CPE<sup>a</sup> L¿ Lfi

~~þ~~í... äí Ø" ææå æ Y86-64 ä ç å¶æjæå¶ç ä»å æíææ»£ç å Y86-64 æjæå¶æå <sup>a</sup>

=====

äí Ø" 5í... Cache Lab

=====

äí Ø" 5í... Cache Lab

äí Ø" Ø æ¶

- \* README
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-cachelab> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-cachelab>)
- \* Writeup
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/cachelab.pdf> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/cachelab.pdf>)
- \* ç æå å¶
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/cachelab-release.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/cachelab-release.html>)
- \* L "åfææ
  - \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/cachelab-handout.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/cachelab-handout.tar>)

äí Ø" ¶í æ»

CMU ç¶Lfi¥äí Ø" ææ»£ Performance Lab<sup>a</sup> åfç ç... å ä ä"Ø ç¶ç... å æjæå¶í... ç¶å ä... å ä ä"ä ç'Ø µ% å¥å•æç æå°å L,"L¿,,í... address tracesí... <sup>a</sup>

~~þ~~æí... Lfi¥äí Ø" äí/æ¿ Øj»L¿ L¿ å¶ 64å% x86-64 ¶»ç» ä <sup>a</sup>

=====

äí Ø" 6í... Performance Lab

=====

äí Ø" 6í... Performance Lab

đĩ Ø“ Ø à¶

\* README

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-perflab> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-perflab>)

\* Writeup

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/perflab.pdf> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/perflab.pdf>)

\* ĸ æå å†

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/perflab-release.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/perflab-release.html>)

\* Ł “åfææ

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/perflab-handout.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/perflab-handout.tar>)

đĩ Ø“ ģi à»

åfĸ ä.. å đ ĸ æå; å%æĸ æŁ %ı... đ đ å•đflæĸ'Ø Ł%ı'ĸ%ıfiª Łfl¥đĩ Ø“ ææå°æ. ĸ”ä Ø« Ø ĸ.. å ı... c

đĩ Ø“ 7i... Shell Lab

đĩ Ø“ 7i... Shell Lab

đĩ Ø“ Ø à¶

\* README

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-shlab> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-shlab>)

\* Writeup

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/shlab.pdf> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/shlab.pdf>)

\* ĸ æå å†

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/shlab-release.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/shlab-release.html>)

\* Ł “åfææ

\* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/shlab-handout.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/shlab-handout.tar>)

đĩ Ø“ ģi à»





- \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-proxylab> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/README-proxylab>)
- \* Writeup
- \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/proxylab.pdf> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/proxylab.pdf>)
- \* [ç æå å†](#)
- \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/proxylab-release.html> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/proxylab-release.html>)
- \* [Ł “åfææ](#)
- \* <http://csapp.cs.cmu.edu/3e/proxylab-handout.tar> (<http://csapp.cs.cmu.edu/3e/proxylab-handout.tar>)

åi Ø“ çfi æ»

åfç åi ç“ä ä“å¶å ç.. å i... concurrent cachingi... ç Web  
 æ»£ç i... Łfiæ»£ç æ%o ä åfç ç æŁš ååå å¶å» æ ç»·ç%o ä Ø .a Łfiæi Ø“ Łfi'åfç æŁšfå°æŁ¶£ç ç%o ç ç.. ç  
 orderingi... a ç.. å a Łç ç æšå¶å æjå•a æjå•æç a ææ¶¶ I/Oa å¶å å å ææ