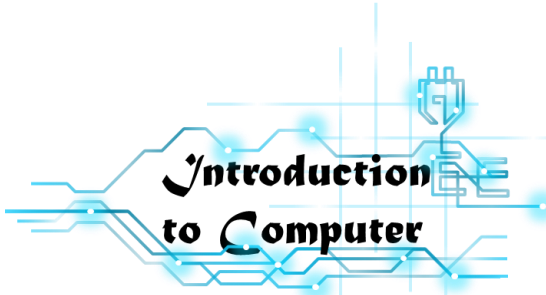
GNU g++ inline assembly (intel x86)

TA: 電子二 謝明倫

yans@media.ee.ntu.edu.tw

2015/03/16

臺灣大學

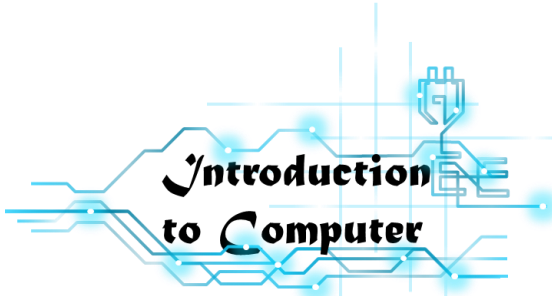


Why Intel x86 assembly?

- 作業目的: 讓同學可以實際操作、編寫真實的組合語言
  - Intel x86應該是各位電腦上最常見的架構了
  - 對於未來的實用性: 不高
    - 但可以增加大家對於計算機結構的認識
    - 可能會用到組語的人: 處理器、嵌入式、韌體...等領域

- Assembly is highly machine dependent
  - 如果你的電腦不是Intel架構的，就無法執行
  - =>請洽校計中或系計中電腦

環境設定/說明



Intel x86 assembly 兩大風格

- Intel x86 assembly有兩種寫法(**意義完全相同**): Intel vs AT&T

差異	Intel風格	AT&T風格
參數寫法	原樣 Reg範例 eax Const範例 901	Reg前需加%, Const前須加$ Reg範例 %eax (涵義似C++的*取值) Const範例 $901
參數順序	Destination first 範例 mov eax, ebx 意義 eax←ebx (eax=ebx in C++)	Destination last 範例 movl %ebx, %eax 意義 ebx→eax (eax=ebx in C++)
資料長度	從register名字自動辨認 32bits範例 mov eax, ebx 16bits範例 mov ax, bx	運算符後面帶資訊(q:8,l:4,w:2,b:1) 32bits範例 movl eax, ebx 16bits範例 movw ax, bx
記憶體位置	以中括弧表示: size [Reg或Const] 範例 mov eax, dward [ebx + 4] 意義 eax←Mem.at(ebx+4) C++: eax = *((uint32_t*)(ebx+4))	以小括弧: shift (base, index, scale) 範例 movl 4(%ebx), %eax 意義 Mem.at(ebx+4)→eax C++: eax = *((uint32_t*)(ebx+4))
	上面的 dward相當於AT&T的mov"l" byte:1,word:2,dward:4	

助教OS: destination放前面的寫法在組語裡比較常見

如果只想寫好作業, 不想多作了解, 可以跳過這一頁

Intel x86 assembly 兩大風格

- 與compiler的關係
  - GNU g++ 預設是AT&T style, 但也可以改用Intel style
  - Visual C++只能用Intel style
- 所以本次作業統一採用Intel style
  - Compiler則限用老師上課講過的 GNU g++

- 結論: 作業限制:
  - Intel style Intel x86 inline assembly by GNU g++
    - inline的意義後續會解說

整份程式編譯成組語

- GNU g++整份程式編譯成組語的方式 (本次作業不需要)
  - AT&T style: `g++ -S x.cpp -o x.asm`
  - Intel style: `g++ -S -masm=intel x.cpp -o x.asm`

  - -S表示輸出assembly
  - -masm=intel表示用intel style
  - -o後面接的是輸出檔檔名(可自己取)

如果只想寫好作業, 不想多作了解, 可以跳過這一頁

MinGW設定

- MinGW (Minimalist GNU for Windows)
  - 讓windows也能有GNU維護的程式
- 可直接從MinGW官網下載
  - 可以參考這篇介紹
    - http://shunyuan-chou.blogspot.tw/2010/02/2-mingw-windows-gnu.html
  - 或者code::blocks有附
    - 位於C:\Program Files (x86)\CodeBlocks\MinGW\bin

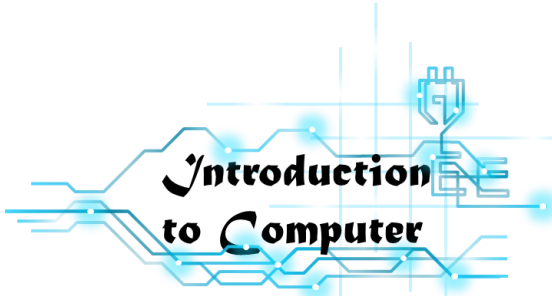
命令提示字元(cmd)的使用

- 在資料夾裡按shift+右鍵=>開啟命令提示字元
  - 請注意cmd目前工作位置!!
    - 一開始是在開啟的資料夾裡，可以透過cd 某位置來跳換
      - 絕對路徑Ex. cd D:\homework\hw1
      - 相對路徑Ex cd ..\hw2　　(..表示往上一層)
    - 可以透過dir指令，顯示目前工作位置裡所有的檔案
    - 可以直接在此輸入 某程式.exe 以執行該程式
- 但g++.exe跟你的程式hw2.cpp可能在不同資料夾裡
  - 需要讓cmd知道分別在哪兒
    - 可以都用絕對位置
    - 也可以設定環境變數=>讓cmd記得以後g++都代表 C:\mingw\bin\g++.exe
    - 或利用set path=c:\MinGW\bin;%path%多一些工作位置
  - 詳細說明可參考
    - http://shunyuan-chou.blogspot.tw/2010/02/3-mingw-msys.html

如果只想寫好作業, 不想多作了解, 可以跳過這一頁

助教OS:想要把整份程式編譯成組語才會用到這裡
作業可以直接用code::blocks或dev C++就好。

GNU INLINE ASSEMBLY



Inline assembly

- 在C++裡面嵌入一部分組合語言
  - 有些地方是C++, 有些地方是組合語言
- Inline assembly不是C++的標準
  - 但大多數compiler都有自己支援的寫法
  - 但不同compiler間彼此不通用

GNU g++ inline assembly

asm為g++ inline assembly語法

volatile為C++關鍵字=>不要優化改變語法

```
int result, num;
asm volatile(
    ".intel_syntax;\n"
    // ===== add your codes here =====
    " mov    eax,     %1   ;\n "
    " mov     %0,    eax   ;\n "
    // ================================
    ".att_syntax;\n"
    : "=r"(result)
    : "r" (num)
    : "%eax","%ebx","%ecx","%edx"
);
```

告知g++改用Intel style (否則預設為AT&T)

主要部份
一雙引號句為
一行組合語言,
內部以;\n結尾

回復AT&T style (因為後面要用傳統方式傳遞變數)

參數傳遞部分

涉及的register

用冒號 : 把內部區隔成四個部分

```
asm ( assembler template
    : output operands
    : input operands
    : clobbered registers list
    );
```

GNU g++ inline assembly

- 參數傳遞部分
  - output(會被改變資料者) 要用”=r”開頭
  - input要用”r”開頭以做為區別
    - r的意義是: 希望透過register做傳遞
      - 另外還有g,N,a,b,c,d…的不同方式, 有興趣者可以另行研究
  - 如果有多個的時候，用”,”逗號區隔

```
: "=r"(result) : "r"(num1), "r"(num2)
```

  - 在組語裡面依表列順序以”%0”,”%1”,”%2”…代表之

```
int result, num;
asm volatile(
    ".intel_syntax;\n"
    // ===== add your codes here =====
    " mov   eax,    %1  ;\n "
    " mov    %0,   eax  ;\n "
    // ============================
    ".att_syntax;\n"
    : "=r"(result)
    : "r" (num)
    : "%eax","%ebx","%ecx","%edx"
);
```

GNU g++ inline assembly

- 其他補充
  - assembly部分每行以;\n結尾
    - 若不然，迴圈會用到的(jmp所需的)label會出問題
  - label語法: “<label>:”
    - label名字可以自己取
    - 但要避免使用L0,L1…等等，因為這些是compiler習慣使用的
      - 例如出現xxx已經被宣告過的錯誤

```
"CHECK: cmp ebx,  0     ;\n"
    " je   ISOK         ;\n"
    "xor    edx,edx     ;\n"
    "idiv   ebx         ;\n"
    "mov    eax,ebx     ;\n"
    "mov    ebx,edx     ;\n"
    "jmp CHECK          ;\n"
"ISOK:  mov  %0,eax     ;\n"
```

  - 涉及register的表列請據實填寫
    - 如果沒寫這一個, 內部跟外部的register所記憶的內容可能衝突
    - =>造成segmentation fault之類的 (尤其在-O1,-O2時)

Visual C++ inline assembly

- 語法是__asm{ }
  - 在大括弧裡面寫assembly
  - 不用雙引號包, 不用;\n換行
  - 變數傳遞直接寫C++內的變數名字
- 只能用Intel style

```
__asm {
    push ebp
    mov ebp, esp
    sub esp, __LOCAL_SIZE
}
```

- 本頁純粹補充...本次作業請勿使用此寫法

如果只想寫好作業, 不想多作了解, 可以跳過這一頁

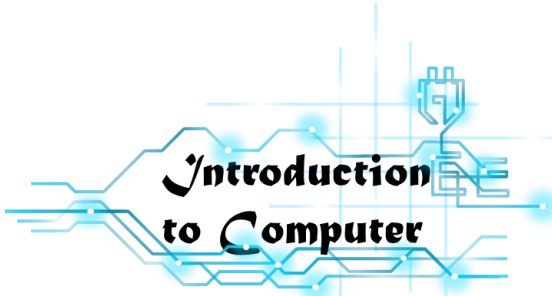
如果想寫可以到處適用的code該怎麼辦?

- 每個compiler都會利用#define來訂專於於自己的東西
  - 可以利用#ifdef來區隔

- GNU g++:
  - #ifdef __GNUC__
- Visual C++:
  - #ifdef _MSC_VER

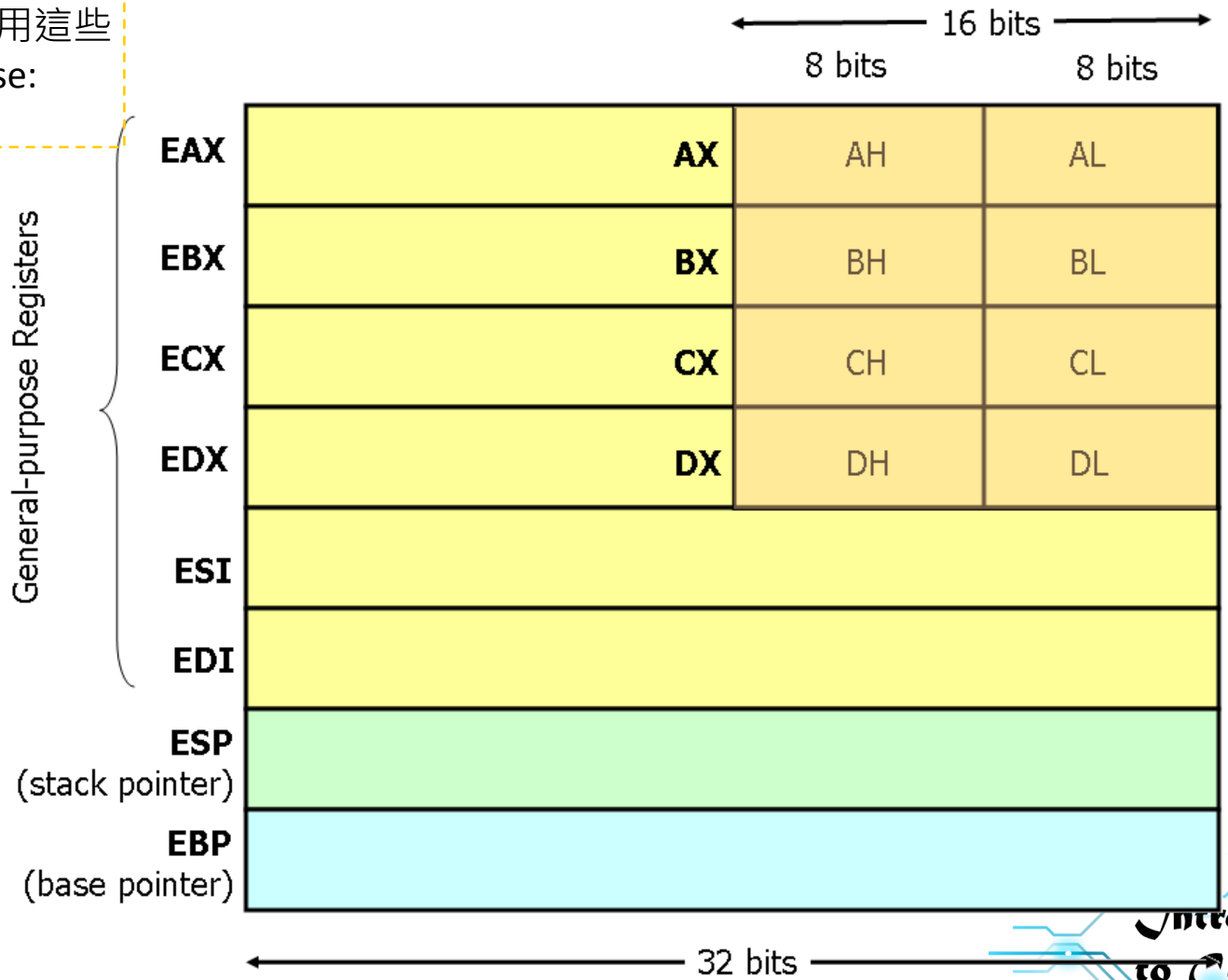
如果只想寫好作業, 不想多作了解, 可以跳過這一頁

組語內容



Register 名稱

強烈建議只使用這些
General-purpose:
一般用途的

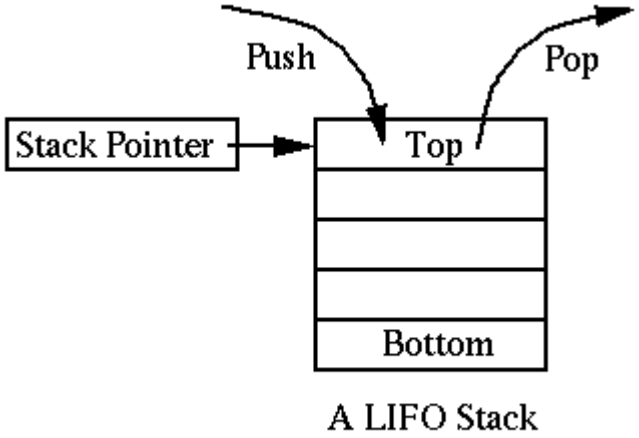


常用語法偶舉 – 運算用

語法	功能	說明
mov <t1>, <t2>	<t1> = <t2>	
add <t1>, <t2>	<t1> += <t2>	sub同理
inc <t1>	++<t1>	dec同理(--<t1>)
imul <t1>, <t2>	<t1> *= <t2>	
imul <t1>, <t2>, <t3>	<t1> = <t2> * <t3>	<t3>只能是constant
idiv <t1>	num = [edx eax] eax = num/<t1> edx = num%<t1>	把edx,eax組合成一64bits的數字，對<t1>做整數除法 商放eax,餘放edx
shl <t1>, <t2>	<t1> <<= <t2>	shr同理
and <t1>, <t2>	<t1> &= <t2>	or,xor同理

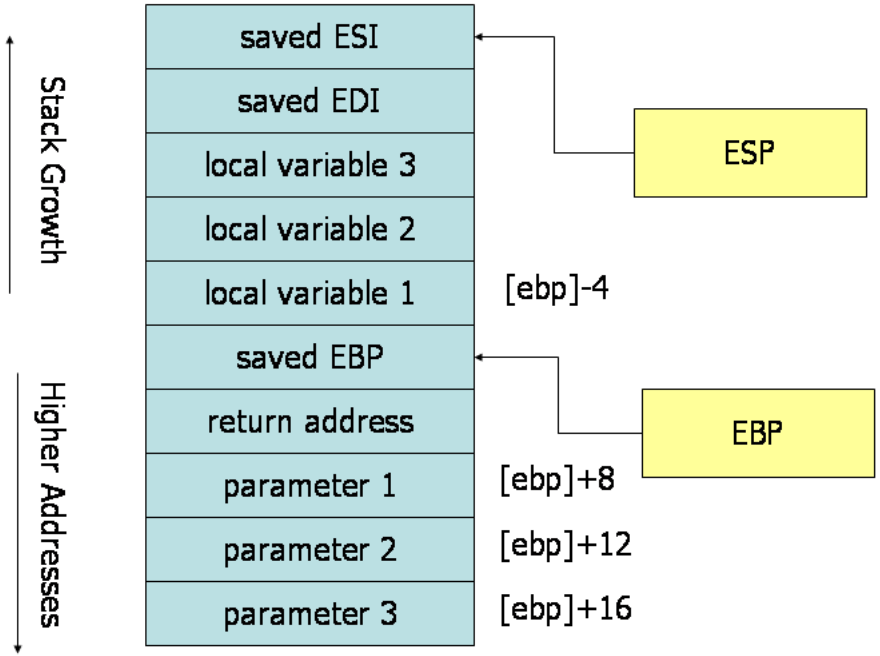
常用語法偶舉 – stack

語法	功能
push <t1>	esp -= 4 *esp = <t1>
pop <t1>	<t1> = *esp esp += 4



A LIFO Stack

x86 stack往address小的方向長



常用語法偶舉 – control flow

語法	功能	說明
jmp <label>	goto <label>	
cmp <t1>, <t2>	對<t1> <t2>做比較	以下的語法皆須與cmp搭配
je <label>	if(<t1>==<t2>)goto...	
jne <label>	if(<t1>!=<t2>)goto...	
jg <label>	if(<t1> > <t2>)goto...	
jge <label>	if(<t1> >= <t2>)goto..	
jl <label>	if(<t1> < <t2>)goto...	
jle <label>	if(<t1> <= <t2>)goto..	

Example

```
cmp eax, ebx
jle done
=> if(eax<=ebx) goto done
```

其他

About pointer

- mov edx, [esi+4*ebx]: Move the 4 bytes of data at address ESI+4*EBX into EDX

Hint: how to beat -O2

- Cost of jmp
- 利用Compiler所不知道的資訊
  - 我們只會給0~9999999的輸入

如果只想寫好作業, 不想多作了解, 可以跳過這一頁

參考資料

- 清楚的簡易指令教學(intel syntax)
  - http://www.cs.virginia.edu/~evans/cs216/guides/x86.html
- 可以看asm(:::)放的東西+GCC上intel-AT&T syntax互換
  - http://wiki.osdev.org/Inline_Assembly
- 補充上面，最後要加一行".att_syntax;"
  - http://stackoverflow.com/questions/5397677/gcc-intel-syntax-inline-assembly
- 有一個msvc inline assembly的範例
  - http://msdn.microsoft.com/en-us/library/5f7adz6y.aspx
- 一些cross platform的#ifdef用法
  - http://stackoverflow.com/questions/8082590/how-do-you-use-the-preprocessor-for-making-a-cross-platform-library