GDB och *SimServer* med *MD407*

inledande övning 2

Under inledande övning 1 använder vi *ETERM8* som ett enkelt och grundläggande verktyg för program-utveckling i assemblerspråk. Med *ETERM8*:s debugger tillsammans med simulatorn *SimServer* har vi där sett hur man kan studera processorns registerinnehåll, även följa instruktionsexekveringen i laborationsdatorn och samtidigt undersöka minnets innehåll. Detta kallas allmänt *machine level debugging*.

Under denna övning introducerar vi kraftfullare verktyg avsedda att användas för ingående test och felsökning. Vi visar med exempel hur du kan använda *GDB, GNU Debugger* för test, felsökning och felavhjälpning i program. Med *GDB* tar vi steget upp till *source level debugging* (SLD) vilket gör att vi kan följa programexekvering och ändringar i processorns register, ändringar i minnesinnehåll etc. utgående från vår källtext. Vi använder samma simulator, *SimServer*, som tidigare, men gränssnittet är nu annorlunda.

Under övningen visar vi hur du kommer i gång med *GDB* och använder några enkla grundläggande kommandon. Det här är en väldigt liten del av vad du kan göra med *GDB* och övningen ska i första hand ska ge dig insikter i hur ett applikationsprogram kan övervakas och kontrolleras enbart genom att följa dess källtexter.

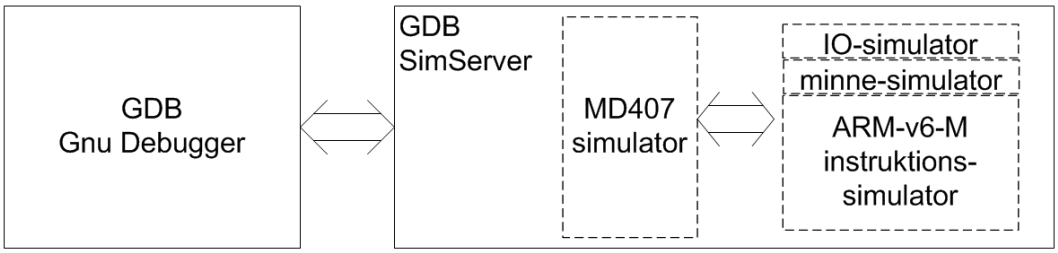
Anmärkningar:
Anvisningar i detta häfte förutsätter att du arbetar med en fungerande installation av *ETERM8* och *SimServer*.

INNEHÅLL

Användning av GDB

I programmet *SimServer* finns samma simulator som du arbetade med i kapitel 1 och 2. Skillnaden är att du nu inte har *ETERM8*:s debugger som gränssnitt, utan *GDB*. *GDB* och *SimServer* kommunicerar via *sockets*, kortfattat en metod för processkommunikation i operativsystemet.

Utan att gå in på detaljer innebär detta att två program startas med förutsättningen att dom kan utväxla data via en *port*. Porten anges, i båda programmen i formatet ”värddator:unikt ID”. Om man vill upprätta processkommunikation i samma maskin blir alltid värddatornamnet `localhost`. Programmet *SimServer* ”lyssnar” exempelvis på porten med ID 1234. Den fullständiga kanalen för kommunikation med *SimServer* blir då `localhost:1234`.



FIGUR 0.1

UPPGIFT 1

Använd *ETERM8* och förbered följande enkla program för att undersöka *GDB* och *SimServer*.

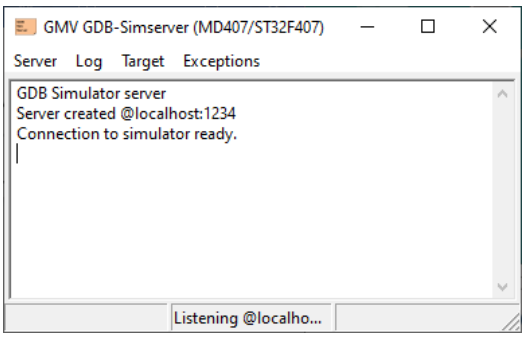
```
@ gdbtest1.asm
start:
      MOV   R0,#0
main:
      ADD   R0,R0,#1
      B     main
```

- Redigera en källtext, `gdbtest1.asm` med programmet och spara denna.
- Assemblera och rätta eventuella fel. Du behöver `gdbtest1.elf` senare.

Snabb start med GDB och SimServer

- Starta *SimServer*

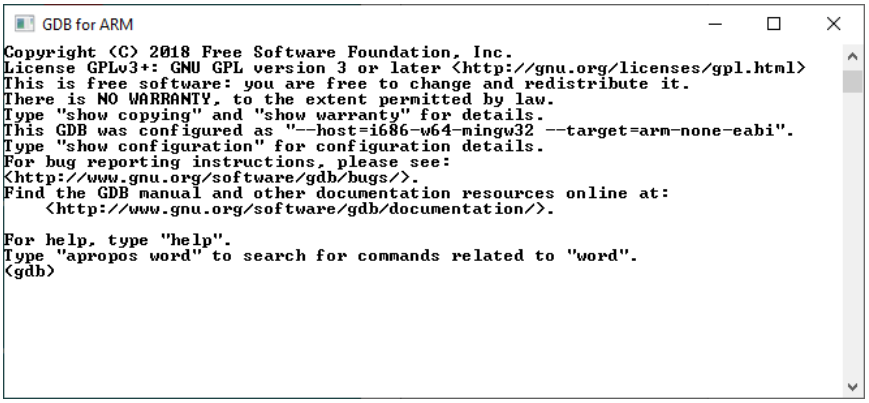
Simulatorn startar och väntar nu på att *GDB* ska börja kommunicera. Här använder vi porten 1234 för kommunikationen.



- Starta *GDB*

Ett konsollfönster med *GDB* öppnas:

GDB identifierar sig och skriver ut sin prompter (gdb) vilket betyder att man kan börja arbeta med debuggern.



Grundläggande kommandon

Det första man bör göra är att ändra arbetsbibliotek till det ställe där man har sina filer. I vårt fall där vi tidigare skapade `gdbtest1.asm`, arbetsbiblioteket: `D:\mop\lab1`, vi ger därför kommandot:

(gdb) cd d:\mop\lab1

GDB svarar:

```
For help, type "help".
Type "apropos word" to search for commands related to "word".
(gdb) cd d:\mop\lab1
Working directory d:\mop\lab1.
(gdb)
```

Nu anger man den fil man vill arbeta med. I vårt fall är det objektfilen `gdbtest1.elf`.

I *GDB* ger vi därför kommandot:

(gdb) file gdbtest1.elf

GDB svarar:

```
Working directory d:\mop\lab1.
(gdb) file gdbtest1.elf
Reading symbols from gdbtest1.elf...done.
(gdb)
```

Detta betyder att *GDB* läst in objektfilen, med symbolinformationen.

För att koppla ihop *GDB* med vår *MD407*-simulator *SimServer*, ger du kommandot:

(gdb) target extended-remote localhost:1234

GDB svarar:

```
Reading symbols from gdbtest1.elf...done.
(gdb) target extended-remote localhost:1234
Remote debugging using localhost:1234
0xffffffff in ?? ()
(gdb)
```

Med load-kommandot, laddas nu kod och data till *SimServer*:

(gdb) load

GDB svarar:

```
Remote debugging using localhost:1234
0xffffffff in ?? ()
(gdb) load
Loading section .text, size 0x8 lma 0x20000000
Start address 0x20000000, load size 8
Transfer rate: 64 bits in <1 sec, 8 bytes/write.
(gdb)
```

Du kan nu låta *SimServer* göra nödvändiga förberedelser för debugging med kommandot:

(gdb) monitor restart

Med list-kommandot kan du studera programmets källtext, exempelvis med

(gdb) list 1

GDB svarar:

```
Transfer rate: 64 bits in <1 sec, 8 bytes/write.
(gdb) list 1
1       @ gdbtest1.asm
2       start:
3               MOV     R0,#0
4       main:
5               ADD     R0,R0,#1
6               B       main
7
(gdb)
```

Ett annat användbart kommando är info, för att studera processorns registerinnehåll:

```
(gdb) info registers
```

GDB svarar:

```
(gdb) info registers
R0             0x0        0x0
R1             0x0        0x0
R2             0x0        0x0
R3             0x0        0x0
R4             0x0        0x0
R5             0x0        0x0
R6             0x0        0x0
R7             0x0        0x0
R8             0x0        0x0
R9             0x0        0x0
R10            0x0        0x0
R11            0x0        0x0
R12            0x0        0x0
SP             0xffffffff       0xffffffff
LR             0xffffffff       0xffffffff
PC             0x20000000       0x20000000 <start>
XPSR           0x1000000        0x1000000
MSP            0xffffffff       0xffffffff
PSP            0x0        0x0
CONTROL        0x0        0x0
FAULTMASK      0x0        0x0
BASEPRI        0x0        0x0
PRIMASK        0x0        0x0
(gdb)
```

Är man bara intresserad av ett enstaka registers innehåll anger man det, exempelvis:

```
(gdb) info register r0
```

GDB svarar:

```
PRIMASK        0x0        0x0
(gdb) info register r0
r0             0x0        0x0
(gdb)
```

Instruktionsvis exekvering

För att initiera simulatorn för programexekvering ger du kommandot:

```
(gdb) monitor restart
```

```
(gdb) monitor restart
User restart target
(gdb)
```

För att utföra en maskininstruktion används kommandot stepi (step instruction):

```
(gdb) stepi
```

GDB låter *SimServer* utföra en assemblerintruktion och svarar med att skriva ut nästa instruktion, dvs. den som nu står i tur att utföras:

```
r0             0x0        0x0
(gdb) stepi
main () at D:\mop\lab1\gdbtest1.asm:5
5               ADD     R0,R0,#1
(gdb)
```

Genom att ge argument (antal instruktioner) till stepi kan vi få *GDB* att utföra flera instruktioner i ett kommando, exempelvis kan vi stega ytterligare 5 instruktioner med kommandot:

(gdb) stepi 5

Återigen svarar *GDB* med att skriva ut den instruktion som står i tur att utföras.

```
5                   ADD     R0,R0,#1
(gdb) stepi 5
6                   B       main
(gdb)
```

Kontrollera nu hur register `R0` påverkats av de utförda instruktionerna genom att ge kommandot:

(gdb) info register r0

```
6                   B       main
(gdb) info register r0
r0              0x3     0x3
(gdb)
```

Programexekvering

UPPGIFT 2

Använd *ETERM8* och förbered nu nästa program för att undersökas med *GDB* och *SimServer*. Observera att detta är samma program som i `mom1.asm`.

```
@  gdbtest2.asm
start:
      LDR   R0,=0x55555555
      LDR   R1,=0x40020C00 @ konfig port D
      STR   R0,[R1]

      LDR   R1,=0x40020C14 @ utport GPIO D
      LDR   R2,=0x40021010 @ inport GPIO E

main: LDR   R0,[R2]
      STR   R0,[R1]
      B     main
```

- Redigera en källtext, `gdbtest2.asm` med programmet och spara denna.
- Assemblera och rätta eventuella fel.

Vi övergår nu till programmet i `gdbtest2.asm`, ge ett nytt *file*-kommando till *GDB*:

(gdb) file gdbtest2.elf

Denna gång kommer *GDB* att fråga om du verkligen vill byta fil och dess symboltabell, svara 'y' på frågorna:

```
(gdb) file gdbtest2.elf
A program is being debugged already.
Are you sure you want to change the file? (y or n) y

Load new symbol table from "gdbtest2.elf"? (y or n) y
Reading symbols from gdbtest2.elf...done.
(gdb)
```

Den nya filen måste också laddas till *SimServer*:

(gdb) load

(gdb) monitor restart

Prova nu några alternativa list-kommandon, vi har exempelvis två symboler definierade, `start` och `main`, ge kommandot:

(gdb) list start

studera utskriften från *GDB*, ge därefter kommandot:

(gdb) list main

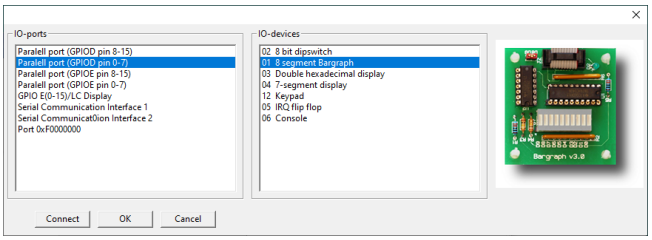
Vill du veta mer om list-kommandot, ge *GDB* kommandot

(gdb) help list

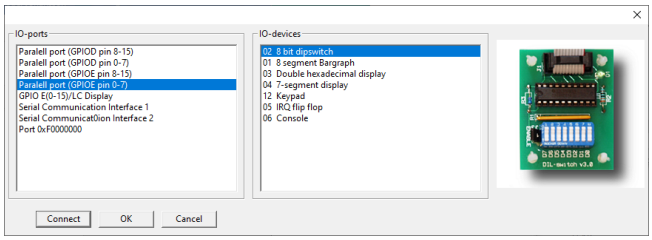
KOPPLA IO-ENHETER TILL SIMSERVER

I *SimServer*: (Server | IO Setup)

- Koppla en diodramp till port D0-7



- Och en strömställare till port E0-7.



Klicka OK för att stänga dialogen.

Ställ nu in värdet 0x5A på strömställaren. Starta därefter programmet med c- (continue) kommandot:

(gdb) c

```
(gdb) c
Continuing.
```

Programmet exekveras nu oavbrutet, du kan verifiera det genom att ändra strömställarens lägen och observera IO-enheterna, strömställarens inställda värde ska kopieras till diodrampen.

Du har inte fått någon ny prompter från *GDB*, du kan därför inte ge några nya kommandon under tiden programmet exekveras av *GDB*. För att få *GDB* att avbryta simulatorn ger du kommandot <ctrl-c>:

```
(gdb) c
Continuing.

Program received signal SIGTRAP, Trace/breakpoint trap.
main () at D:\mop\lab1\gdbtest2.asm:10
10      main:   LDR     R0,[R2]
(gdb)
```

Anm: I detta fall råkade programmet stannas på rad 10, men det kan stoppa på vilken rad som helst i programslingan.

Prova med att starta (c = continue):

(gdb) c

och stoppa (<ctrl-c>) programmet några gånger.

Brytpunkter

För att slippa stega sig fram instruktionsvis till en bestämd punkt i programmet kan man först sätta ut brytpunkter och därefter använda c-kommandot.

Vi ska nu starta om progammet och ger därför på nytt kommandon:

```
(gdb) load
(gdb) monitor restart
```

Vill vi veta adresserna till instruktionerna i 'main' ger vi kommandot:

```
(gdb) disassemble main
```

GDB svarar nu:

```
(gdb) load
Loading section .text, size 0x20 lma 0x20000000
Start address 0x20000000, load size 32
Transfer rate: 15 KB/sec, 32 bytes/write.
(gdb) disassemble main
Dump of assembler code for function main:
   0x2000000a <+0>:     ldr     r0, [r2, #0]
   0x2000000c <+2>:     str     r0, [r1, #0]
   0x2000000e <+4>:     b.n     0x2000000a <main>
   0x20000010 <+6>:     strb    r5, [r2, r5]
   0x20000012 <+8>:     strb    r5, [r2, r5]
   0x20000014 <+10>:    lsrs    r0, r0, #16
   0x20000016 <+12>:    ands    r2, r0
   0x20000018 <+14>:    lsrs    r4, r2, #16
   0x2000001a <+16>:    ands    r2, r0
   0x2000001c <+18>:    asrs    r0, r2, #32
   0x2000001e <+20>:    ands    r2, r0
End of assembler dump.
(gdb)
```

Observera att från adress 0x20000010 och framåt finns det instruktioner vi inte känner till från vårt program. Allt är i sin ordning, det är i själva verket data som tolkas som instruktioner av disassemblatorn.

Vi kan nu enkelt sätta en bryytpunkt, exempelvis på STR-instruktionen:

```
(gdb) break *0x2000000C
```

GDB svarar:

```
(gdb) break *0x2000000c
Breakpoint 1 at 0x2000000c: file D:\mop\lab1\gdbtest2.asm, line 11.
(gdb)
```

För att få en översikt av brytpunktstabellen ger du kommandot

```
(gdb) info break
```

GDB svarar:

```
(gdb) info break
Num     Type           Disp Enb Address    What
1       breakpoint     keep y   0x2000000c D:\mop\lab1\gdbtest2.asm:11
(gdb)
```

Starta programmet och exekvera fram till brytpunkt med c-kommandot, vid brytpunkten svarar *GDB*:

```
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 1, main () at D:\mop\lab1\gdbtest2.asm:11
11              STR     R0,[R1]
(gdb)
```

APPENDIX: NÅGRA ANVÄNDBARA GDB-KOMMANDON

Kommando	**Beskrivning**
`help`	Lista hjälp-ämne
`help` *`ämne-klass`*	Lista hjälp-klasser
`help` *`kommando`*	Ge hjälp om specifikt kommando
`info break`	Lista brytpunkter
`info registers`	Lista registerinnehåll
`info register <rn>`	Lista specifikt registerinnehåll
`info line` *`number`*	Visa start och slutposition för rad number i källtexten
`continue, c`	Exekvera till nästa brytpunkt
`<ctrl-c>`	Stoppa programexekvering
`quit,q`	Avsluta GDB
`disassemble` *`0xstart`*	Disassemblera från en adress i minnet
`stepi,si`	Utför en instruktion (stega in i subrutin)
`nexti,ni`	Utför en instruktion fullständigt (hel subrutin)
`x` *`0xaddress`*	Undersök minnesinnehåll
`Brytpunkt`	
`break` *`funtion-name`* `break` *`line-number`*	Sätt en brytpunkt i programmet
`break *`*`address`*	Sätt en brytpunkt på en adress, (ingen källtext given)
`clear`	Ta bort brytpunkter
`clear` *`function`*	Ta bort alla brytpunkter i `function`
`clear` *`line-number`*	Ta bort brytpunkt på rad `line-number`
`delete, d`	Ta bort alla typer av brytpunkter
`continue, c`	Fortsätt programexekvering till nästa brytpunkt
`finish`	Exekvera till slutet av denna funktion
`Programexekvering`	
`stepi, si`	Utför en assemblerinstruktion
`step, s` `step` *`antal-steg`*	Stega en programrad, in i funktioner vid funktionsanrop
`next, n` `next` *`number`*	Stega en programrad, över funktioner vid funktionsanrop
`where`	Visa radnummer och funktion
`Stack`	
`frame, f`	Visa aktuell aktiveringspost Använd "up/down" för att flytta mellan aktiveringsposter
`up`	Visa föregående aktiveringspost
`down`	Visa nästa aktiveringspost
`info args` `info locals`	Visa parametrar och lokala variabler
`Källkod`	
`list, l` `list` *`line-number`* `list` *`function`* `list` *`start#,end#`* `list` *`filename:function`*	Lista källkod
`set listsize` *`count`* `show listsize`	Sätt/visa antalet källkodsrader som ska visas av list-kommandot
`Undersöka variabler`	
`print` *`variable-name`* `p` *`variable-name`* `p` *`file-name::variable-name`* `p '`*`file-name`*`'::`*`variable-name`*	Visa variabels värde
`ptype` *`variable`* `ptype` *`data-type`*	Visa variabels typ

Studiematerial, Maskinorienterad programmering

Utöver arbetsboken *Maskinorienterad programmering med MD407* ingår även följande material utformat så att du samtidigt kan arbeta självständigt med dessa:

Tryckt häfte

- *Quick Guide* – avsedd att anändas under tentamen eftersom det normal inte är tillåtet att använda utskrifter av PDF-version.

Programvaror: (Windows, Linux och MacOS)

- *ETERM8/SimServer*
- *CodeLite med GCC och GCC för ARM*, distribution som anpassats speciellt för detta material.

Dokument (PDF):

- *Quick Guide* - elektronisk form av det tryckta häftet
- *En snabb introduktion till maskinorienterad C* – kompendium som behandlar C speciellt som ett maskinnära programspråk.
- *ETERM8 och MD407, inledande övning 1* – introducerande övning inför laborationer.
- *GDB och SimServer med MD407, inledande övning 2* – introducerande övning inför laborationer.
- *GCC och SimServer med MD407, inledande övning 3* – introducerande övning inför laborationer.
- *Laborationsuppgifter med simulator, MD407* – anvisningar för att genomföra en hel laborationsserie. Samtliga uppgifter har här utformats för att kunna genomföras enbart med hjälp av de programvaror som omfattas i kursen. Det behövs alltså inte tillgång till laborationsutrustningen. För flertalet uppgifter hänvisas direkt till arbetsboken, du behöver därför även denna för att arbeta med detta häfte.