

CT Praktikum: Modulare Programmierung – Linker

1 Einleitung

In diesem Praktikum lernen Fehler zu beheben bei der Verwendung von fremden Libraries und wie Sie den Debugger dazu bringen, auch in die Library Funktionen hinein zu springen. Zusätzlich lernen Sie die Output Daten des Linkers zu lesen.

Das Projekt besteht aus einer Library mit dazu passenden Header Files.

Sie müssen der Entwicklungsumgebung angeben, wo die Header Files liegen, fehlende Include Direktiven im main.c angeben, und schliesslich angeben, wo der Linker die Library findet.

Danach geht es darum, mit dem erfolgreich gebildeten Programm zu debuggen. Dabei lernen Sie, wie Sie beim Builden zwischen Libraries mit und ohne Debug Information wechseln, und wie Sie dem Debugger sagen, wo er die Sourcen für Source-Line-Debugging findet.

2 Lernziele

- Sie können Compiler und Linker Fehlermeldungen, welche im Zusammenhang mit modularer Programmierung entstehen können, interpretieren und korrigieren
- Sie können Libraries inklusive notwendiger Header Files einbinden
- Sie können ELF Symbol Sections ausgeben und interpretieren
- Sie können Linker Map Files interpretieren

3 Aufgaben

3.1 Compiler und Linker Fehlermeldungen interpretieren und korrigieren

In einem ersten Schritt soll das unfertige Projekt zum Laufen gebracht werden. Dazu müssen die Fehlermeldungen des Präprozessors, des Compilers und des Linkers interpretiert und korrigiert werden.

Siehe dazu die Task-Liste in der Datei *main.c*.

Modulare Programmierung bedeutet für dieses Projekt, dass neben dem Code im **app** Ordner zusätzliche Library Header Files im **. \inc** Ordner liegen. Dieser Ordner muss an geeigneter Stelle in den Projekt Properties (C/C++ Tab) angegeben werden, damit diese Header Dateien vom Präprozessor/Compiler auch gefunden werden.

Analog müssen die einzelnen Libraries im Linker Tab der Projekt Properties unter *Misc Controls* dem **lib** Ordner angegeben werden. Geben sie dazu die benötigte Library in diesem Feld ein (z.B. *lib\read_write.lib*)

Wenn Sie alle Fehler erfolgreich korrigiert haben, können sie das Programm auf das CT-Board laden.

Die Funktion des Programms ist simpel: Wenn Sie auf T0 drücken, wird beim ersten Mal drücken von dunkel auf ein fixes Muster gewechselt, mit jedem weiteren T0 Drücken, werden die LEDs invertiert.

3.2 Debugging

- a) Versuchen Sie das Programm im Debugger in Einzelschritten auszuführen (**Step/F11**). Was beobachten Sie bei der Funktion `read8(BUTTONS)`? (Infos zu Debugging finden Sie auf CT Board Wiki (<https://ennis.zhaw.ch>) unter «Compile and Debugging»)

Was beobachten Sie?

Es kann nicht in die Libraries hinein debugged werden.

Grund ist, dass diese Libraries ohne Debug Information kreiert wurden (kein `-g` Option im Compiler angegeben). Der Maschinen Code wäre da, aber der Debugger verweigert das Debuggen diese Codes.

- b) Ersetzen Sie im Linker Tab die Referenz auf `lib\read_write.lib` mit `lib_debug\read_write.lib`. Was beobachten Sie wenn Sie nun kompilieren, linken und debuggen?
- c) Schliesslich ersetzen sie die Referenz durch `lib_debug_with_src\read_write.lib`. Beim Debugging mit Sourcen müssen Sie dem Debugger zusätzlich noch angeben, wo sich die Source-Files genau befinden. Im Library File selbst befinden sich nämlich keine Source-Files, lediglich die Symbole. Geben sie hierfür im *Command Window* des Debuggers folgenden Befehl ein:

```
set src = C:\<Ihr Pfad>\project\lib_debug_with_src
```

Der Debugger weiss jetzt, wo sich die Source-Files befinden. Achten Sie darauf, dass es im Pfad kein Leerzeichen hat.

Was beobachten Sie wenn Sie nun kompilieren, linken und debuggen?

Was ist der Grund für das veränderte Verhalten?

Diese Library ist mit Debug Informationen ausgestattet (`-g` Option wurde beim Kompilieren angegeben). Der Debugger geht nun in die entsprechenden Library Funktionen, aber da die Sourcen fehlen wird nur der Assembler Code dargestellt.

Wenn auch die Sourcen da sind, wird Source-Level Debugging erst möglich.

3.3 Symbole extrahieren

Das Tool *fromelf.exe* kann den Inhalt der binären ELF Dateien in lesbarer Form ausgeben. Die Objekt Dateien (file.o), die Libraries (file.lib) und die Programme (file.axf) sind alle in ELF File Format gegeben.

Führen Sie *fromelf.exe* in einem Command Prompt aus.

Ein Command Prompt öffnen Sie indem sie cmd.exe ausführen.

Das Tool *fromelf.exe* wird über diesen Pfad ausgeführt (Pfad kann abweichen je nachdem wo KEIL installiert wurde): *C:\Keil_v5\ARM\ARMCC\bin\fromelf.exe*.

z.B.

```
CA: Command Prompt
c:\TEMP>c:\Keil_v5\ARM\ARMCC\bin\fromelf.exe
Product: MDK-ARM Lite 5.10
Component: ARM Compiler 5.04 update 1 (build 49)
Tool: fromelf [5040049]

ARM image conversion utility
fromelf [options] input_file

Options:
--help          display this help screen
--vsn           display version information
--output file   the output file. <defaults to stdout for -text format>
--nodebug       do not put debug areas in the output image
--nolinkview    do not put sections in the output image

Binary Output Formats:
--bin           Plain Binary
--m32           Motorola 32 bit Hex
--i32           Intel 32 bit Hex
--vhex         Byte Oriented Hex format

--base addr    Optionally set base address for m32,i32

Output Formats Requiring Debug Information
--fieldoffsets Assembly Language Description of Structures/Classes
--expandarrays Arrays inside and outside structures are expanded

Other Output Formats:
--elf          ELF
--text        Text Information

Flags for Text Information
-v            verbose
-a            print data addresses <For images built with debug>
-c            disassemble code
-d            print contents of data section
-e            print exception tables
-g            print debug tables
-r            print relocation information
-s            print symbol table
-t            print string table
-y            print dynamic segment contents
-z            print code and data size information

Software supplied by: ARM Limited

c:\TEMP>
```

Generieren Sie für *Objects\toggle.o*, *Objects\main.o* und *lib\read_write.lib* die Symbol Tabelle. Fokussieren Sie auf Code und Data Einträge und ignorieren Sie Debug Einträge

Welches sind lokale Symbole?

Welches sind exportierte Symbole?

Welches sind importierte Symbole (referenzierte Symbole)?

Hinweis: Gesucht sind nicht die Namen der einzelnen Symbole, sondern mit welcher Bezeichnung diese in der generierten Tabelle hinten markiert werden.

Lokal	Importiert	Exportiert
Alle mit Binding „Lc“	Alle mit Sec „Ref“	Alle mit Binding „Gb“ und Sec nicht „Ref“

Vergleichen Sie die obige Antwort mit dem entsprechenden Header File.

Was ist mit den als exportierten Symbolen gemeldeten Einträgen, die nicht im Header File stehen?

Das sind entweder vom Compiler generierte Symbole oder sie wurden vom Library Provider bewusst nicht im Header File publiziert (z.B. „versteckte“ Test Funktionen).

Wenn Sie eine Library haben und keine dazu passende Header Files, können Sie dann mit dem *fromelf.exe* Tool alle nötigen Informationen aus der Library extrahieren um selber ein Header File zu schreiben? Fehlt etwas?

Alle exportierten Symbole können in ein Header File geschrieben werden.

Es ist auch bekannt ob die Symbole Daten (Variablen) oder Funktionen/Konstanten (Code) sind.

Die Typ-Informationen fehlen und es kann nicht zwischen Funktionen und Konstanten unterschieden werden. Ebenfalls ist die Signatur der Funktionen nicht bekannt.

Somit lässt sich nur mit weiteren Informationen ein nützliches Header File kreieren.

3.4 Linker Map Interpretieren

Beim Linken wird ein Map File kreiert. Prüfen Sie, welche der Informationen unter "Project" → "Options for Target ..." → Tab "Listing" im Map File vorkommen.

Memory Map
Cross
Reference
Symbols

Erklären Sie anhand des Linker Map Files, wie das Memory Map aussieht.

Wo sind welche Konstanten, welche Funktionen und welche Daten abgelegt?

Vector Tabelle ab 0x08000000 (RESET)
Anschliessend alle Funktionen (.text)
Dann die Init Werte für die initialisierten Daten (.constdata) Globale initialisierte Daten ab 0x20000000 Anschliessend die Zero-Initialisierten Daten

3.5 Bewertung

Die lauffähigen Programme müssen präsentiert werden. Die einzelnen Studierenden müssen die Lösungen und den Quellcode verstanden haben und erklären können.

Bewertungskriterien	Gewichtung
Das Programm ist gemäss Aufgabe 3.1 auf dem Board ausführbar.	1/4
Antworten gegeben für Aufgabe 3.2	1/4
Antworten gegeben für Aufgabe 3.3	1/4
Antworten gegeben für Aufgabe 3.4	1/4