

組み込みシステム開発のための GNUツール GNU tools for Embedded System development

アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド
中村憲一

nakamura@upwind-technology.com

nakamura@member.fsf.org

概要

- TOPPERSのソフトウェア開発環境において事実上の標準となっているGNUツールについて紹介する。
- GNUプロジェクト、GPLに代表されるライセンス、クロス開発環境の構築方法、開発手法、使用事例などについてわかりやすく解説するとともに、GNUプロジェクトの最新動向および技術について解説する。
- また、TOPPERSカーネル及びアプリケーションの開発に対応した開発環境であるGNUWingについて紹介する。

GNUとは？

- 米フリーソフトウェア財団
(Free Software Foundation)
が推進するプロジェクト
- Unixに似た
(○○○ is Not Unix.)
オペレーティングシステム
を開発するために、1984
年に開始された。
- GNU's Not Unix.
の再帰頭辞語
- <http://www.gnu.org/>



FSFとは？

- リチャードストールマン氏が1985年に設立したソフトウェアの「自由」を提唱する非営利活動法人
- GNUプロジェクトにより、様々な「フリーソフトウェア」を研究、開発、頒布。
- 一部の企業（Google, IBM, HP, Xilinx, Cisco, nVidia, TiVo）や団体（OSDN）、個人（寄付、賛助会員）などが支援
- <http://www.fsf.org/>

フリーソフトウェアとは？

- 「フリー」とは「自由」という意味であり、決して「無料」という意味ではない。
- 自然の空気や水と同等であり、どこの誰もが「自由」に使用可能。
- よって、「フリー」とは、ユーザーがソフトウェアを実行、複製、頒布、研究、変更、改良する「自由」のことである。
- すなわち、この「自由」を有するソフトウェアをフリーソフトウェアという。

フリーソフトウェアのライセンス

- GNU 一般公衆利用許諾契約書
(GNU **G**eneral **P**ublic **L**icense)
→通称「GNU **GPL**」
- GNU 劣等一般公衆使用許諾契約書
(GNU **L**esser **G**eneral **P**ublic **L**icense)
→通称「GNU **LGPL**」
- X11のライセンス、修正済みBSDライセンス
→通称「イリノイ大学あるいはNCSAのオープンソースライセンス」
- 様々なライセンスが存在し、**コピーレフト**を主張。
- 日本では、**TOPPERSライセンス**が有名

コピーレフトとは？

- コピーライト (Copyright: 著作権) をもじってコピーレフト (Copyleft) と命名。
- コピーレフトにおいても著作権は主張される (著作権は放棄されない) が、加えてユーザーの自由も保障される。
- すなわち、ユーザーによる使用、変更、再配布などの権利が与えられる。

GNU GPLとは？

- Free Software Foundationにより作成されたライセンス
- 自由に使用、配布可能
- ソースコードの改変、再配布可能
- 改変後のソースコードの公開義務あり
- 特許による利用制限不可
- 米国方式による著作権表示、ベルヌ条約に加盟している国では著作権者が著作権を主張可能

GNU LGPLとは？

- 自由に使用、配布可能
- ソースコードの改変、再配布可能
- 改変後のソースコードの公開義務あり
- リンクしたソフトウェアのソースコードの公開義務なし
- つまり、LGPLが適用されたソフトウェアをリンクしたソフトウェアはLGPLになるが、ソースコードの公開義務は生じない。
- LGPLソフトウェアの例
 - GNU/Linuxに採用されているGLIBCなど

組み込みシステム開発のための ソフトウェア

- バイナリユーティリティー(Binutils)
- GNUコンパイラコレクション(GCC)
- GNUデバッガ(GDB)
- その他、組み込みシステム開発において、非常に役に立つ様々なソフトウェアが**多数**存在。

Binutilsとは？

- ar - アーカイブユーティリティ
- as - アセンブラ
- ld - リンカ
- nm - シンボルの表示
- objcopy - オブジェクト形式の変換
- objdump - オブジェクトファイルの情報表示
- ranlib - アーカイブのインデックス作成
- size - サイズ表示
- strings - 文字列表示
- strip - シンボル情報の削除

GCCとは？

- コンパイラの集合
- gcc - ANSI C準拠GNU C コンパイラ
- 日本語などの2バイト文字にも対応
- g++ - 最新のC++規格に追従したGNU C++ コンパイラ(EC++にも対応)
- gcj - GNU コンパイラ Java edition (awt クラスは未対応)
- H8, SH, ARM, PowerPC, MIPSなど様々なターゲットに対応。

GDBとは？

- GNUデバッガ。
- 基本的な操作はコマンドライン。
- コマンドラインでの操作が苦手な場合は、InsightやDDDなどのようなGUIフロントエンドを利用することも可能。

クロス開発環境の構築方法

- WindowsまたはLinux上でソースコードからビルドして構築。
- Windows上でビルドする場合は、**Cygwin**環境があると便利。
- 基本的な構築手順
 - ソースコードをダウンロード、展開
 - 開発対象ターゲット、インストールディレクトリを指定して**configure**を実行
 - **make all**を実行してビルド
 - **make install**を実行してインストール

Cygwinとは？

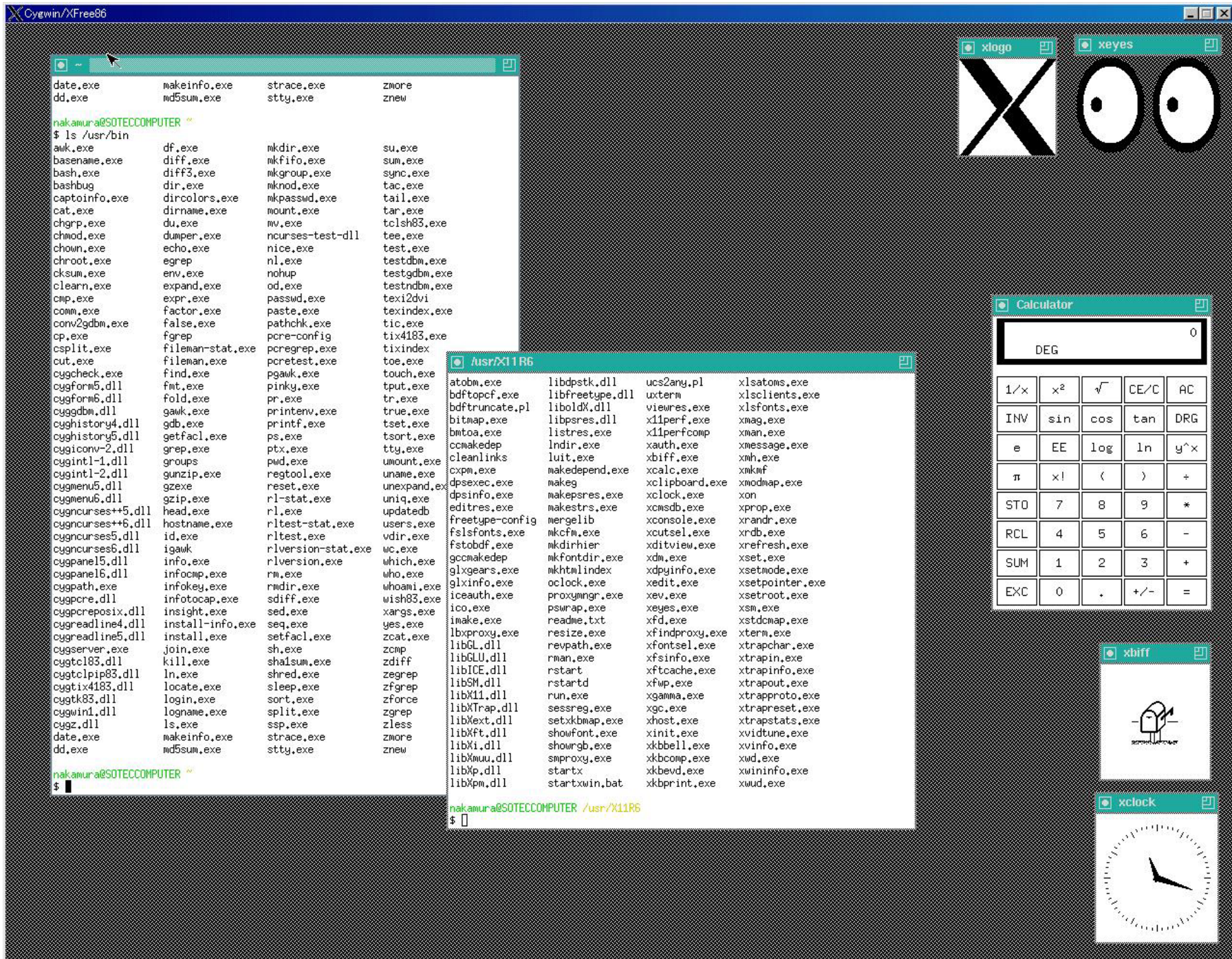
- GNU + **Cygnus** + **Windows** = Cygwin
- Cygnus Soutions (現Red Hat, Inc.)社が開発した**ダイナミックリンクライブラリ**
- <http://cygwin.com/>で配布
- Windows環境で**POSIX APIを提供**

Cygwin環境とは？

- ダイナミックリンクライブラリ(Cygwin1.dll)
を利用するアプリケーションの集まり
- 2005年11月現在、100を超えるパッケージ
が標準で提供
- Windowsをまるで、GNU/Linux システムの
ように利用可能！

Cygwin環境のインストール

1. <http://cygwin.com/>からCygwin環境のダウンローダーsetup.exeをダウンロード。
2. setup.exeを起動。
3. 指示に従い、パッケージのダウンロード先を選択後、ダウンロードするパッケージを選択、ダウンロード、インストール。
4. cygwin.batを実行するとbash.exeが起動。



開発対象ターゲットの指定

アーキテクチャ	ターゲット
ARM (StrongARM, Xscaleを含む)	arm-elf
Intel x86	i386-elf
MIPS32	mipsisa32-elf
PowerPC	powerpc-eabi
SuperH	sh-elf
H8/300H	h8300-elf
M32R	m32r-elf
V850	v850-elf
FR	fr30-elf
FR-V	frv-elf

GNUクロス開発環境での開発手法

- アプリケーションの作成とコンパイル
- リンク
- インストラクションシミュレータ(ISS)によるデバッグ
- 実ボード上でのデバッグ
- objdumpによるシンボル情報の参照
- 最適化オプションを使用して再婚コンパイル、リンク
- stripによるシンボル情報の削除
- objcopyによるROM化

アプリケーションの作成と コンパイル

- 使用例:
 - `sh-elf-gcc -c -o module1.o module1.c`

リンク

- 使用例:
 - `sh-elf-ld -o sample.elf module1.o module2.o ...`

インストラクションシミュレータ(ISS) によるデバッグ

- 使用例:
 - sh-elf-gdb sample.elf
 - (gdb) target sim
 - (gdb) load
 - (gdb) break main
 - (gdb) run
 - (gdb) step
 - (gdb) list

実ボード上でのデバッグ

- 使用例:
 - sh-elf-gdb sample.elf
 - (gdb) target remote /dev/ttyS0
 - (gdb) load
 - (gdb) break main
 - (gdb) continue
 - (gdb) step
 - (gdb) list

objdumpによるシンボル情報の参照

- -hでヘルプを表示
 - -a:アーカイブのヘッダ情報を表示
 - -f:ファイルヘッダの内容を表示
 - -p:特定のファイルヘッダの内容を表示
 - -h:すべてのヘッダの内容を表示
 - -x:すべてのヘッダの内容を表示
 - -d:実行セクションの逆アセンブル表示
- 使用例:
 - sh-elf-objdump -x sample.elf

最適化オプションを使用して 再コンパイル、リンク

- 代表的な5種類の最適化オプション
 - -O0: 最適化を全く行わない。
デバッグ時に有効！
 - -O1: 最適化を少し行う。
 - -O2: 標準レベルの最適化を行う。
 - -O3: 出来る限りの最適化を行う。
人間による判読不能！
 - -Os: サイズを優先する。実行速度は低下！

最適化オプションを使用して 再コンパイル、リンク

- 使用例

- `sh-elf-gcc -O1 -o sample.elf sample.c`

stripによるシンボル情報の削除

- 使用例
 - sh-elf-strip sample.elf

objcopyによるROM化

- Sレコードへの変換
 - `sh-elf-objcopy -O srec sample.elf sample.srec`
- バイナリコードへの変換
 - `sh-elf-objcopy -O binary sample.elf sample.bin`
- その他のフォーマットへの変換
 - `man objcopy`を参照

GNUクロス開発環境の使用事例

- 家庭用ゲーム機
- POS
- MFP
- 医療用画像処理
- FA制御
- TOPPERS採用製品
- その他、日本国内においても様々な企業ですでに製品開発に使用されている。

GNUプロジェクトの最新動向

- 2005年11月7日現在
- Binutils、バージョン2.16.1
- GCC、バージョン4.0.2
 - SSA形式 (static single assignment form, 静的単一代入形式) の実装。
 - さらなる最適化の実装。
- GDB、バージョン6.3

商用のGNU開発環境

- PizzaFactory((資)もなみソフトウェア)
- GNUPro(米Red Hat, Inc.)
- Specifix Development Tools(米Specifix, Inc.)
- GNUWing(米Upwind Technology, Inc.)
- KPIT GNU Tool(印KPIT)
- その他、多数存在。

GNUWingとは？

- Cライブラリ(Newlib)を含む組み込みシステム開発のためのクロス開発環境。
- 動作ホスト(Windows, Linux)
- 開発対象ターゲット
 - H8, SH, ARM, PowerPC, MIPSなど様々なターゲットを対象とし、カスタマイズにも対応
- TOPPERSでの開発にも対応！
- 有償サポート版、パッケージ版、FTP版を用意。
- FTP版は、「日本の組み込み情報」のウェブサイト(<http://www.embedded.jp>)にて無償配布中！
- 2003年8月から数千件のダウンロード実績！。

Newlib

- Cygnus Solutions社（現Red Hat, Inc.）をはじめ、複数の会社により共同開発された「フリー」のCライブラリ。
- GLIBC(GNU C Library)とは異なる。
- GPLやLGPLとは異なるライセンス。
 - GPLやLGPLの影響を受けない。

hello.c - Source Window

ファイル(F) 実行(E) 表示(V) コントロール(C) 各種設定(P) ヘルプ(H)

検索:

hello.c

main

SRC/ASM

```

1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void){
4     printf("Hello World!\n");
5     return 0;
6 }
7

```

```

- 0x1180 <main>:      mov.l r14,0-r15
- 0x1182 <main+2>:    stl.l pr,0-r15
- 0x1184 <main+4>:    mov r15,r14
- 0x1186 <main+6>:    mov.l 0x117c <main+28>,r1 ! 0x85ac
- 0x1188 <main+8>:    mov r1,r4
- 0x118a <main+10>:   mov.l 0x1180 <main+32>,r1 ! 0x1b20
- 0x118c <main+12>:   jsr 0r1
- 0x118e <main+14>:   nop
- 0x1190 <main+16>:   mov #0,r0
- 0x1192 <main+18>:   mov r14,r15
- 0x1194 <main+20>:   lds.l @r15+,pr
- 0x1196 <main+22>:   mov.l @r15+,r14
- 0x1198 <main+24>:   rts
- 0x119a <main+26>:   nop
- 0x119c <main+28>:   .word 0x0000
- 0x119e <main+30>:   mov.w @(<24,r10>),r0
- 0x11a0 <main+32>:   .word 0x0000
- 0x11a2 <main+34>:   mov.l r2,0(r11)

```

Function Browser

Filter

Show if function starts with

Files

```

memmove.c
mlock.c
mprec.c
printf.c
readr.c
s_isinf.c
s_isnan.c
sbrkr.c
signal.c
signalr.c

```

Functions

```

_printf_r
printf

```

☐ Hide .h files

Select All

Breakpoints:

Stack

```

__setup_argv_for_main
main

```

Local Variables

Variable

Name	Value
------	-------

Watch Expressions

Watch

Name	Value
------	-------

Program stopped at line 4, 0x1186

0x1186 4

Registers

Register

r0	0x1180	pc	0x1186	fr7	0	r5b0	0x2ffdc	dr10	
r1	0x0	pr	0x207e	fr8	0	r6b0	0x2ffc0	dr12	
r2	0x1	gbr	0x0	fr9	0	r7b0	0x0	dr14	
r3	0x80000	vbr	0x0	fr10					
r4	0x1	mach	0x0	fr11					
r5	0x2ffdc	mac1	0x0	fr12					
r6	0x2ffc0	sr	0x1	fr13					
r7	0x0	fpul	0x0	fr14					
r8	0xffffffff	fpscr	0x80000	fr15					
r9	0x2ffd8	fr0	0	ssr					
r10	0x20a0	fr1	0	spc					
r11	0x1	fr2	0	r0b0					
r12	0x2ffdc	fr3	0	r1b0					
r13	0x0	fr4	0	r2b0					
r14	0x2ffb8	fr5	0	r3b0					
r15	0x2ffb8	fr6	0	r4b0					

Memory

Addresses

Address \$pc

0	4	8		
00000000	0xd1058413	0xd105410b	0x0009e000	0x
00000000	0x8ef6000b	0x00090000	0x85ac0000	0x
00000000	0xd1056049	0xcb10ca10	0x63091131	0x
00000000	0x000b2122	0x00090000	0x91782f86	0x
00000000	0x2fa6da29	0x2fe682a2	0x994b4f22	0x
00000000	0x50132008	0x8d418ef3	0x5201e11f	0x
00000000	0x61237201	0x41081021	0x310c1182	0x
00000000	0x8fe34f26	0x8ef68af6	0x69f6000b	0x

GNUWin™
Debugger

Upwind Technology, Inc.

GNU gdb 5.3-gnuwin-20030801

Copyright 2002 Free Software Foundation, Inc.

GDB is free software, covered by the GNU General Public License, and you are welcome to change it and/or distribute copies of it under certain conditions. Type "show copying" to see the conditions.

There is absolutely no warranty for GDB. Type "show warranty" for details.

This GDB was configured as "--host=i686-pc-cygwin --target=sh-elf".

2005/11/18

©TOPPERSプロジェクト

35



TOPPERS

まとめ

- GNUツールは、
 - ほとんどのホストとプロセッサに対応。
 - TOPPERSでの開発にも対応。
 - 使いにくいと感じる面もあるが、一度、使い方を覚えてしまえば、あとは楽。
 - 開発コストの削減、開発効率の向上に貢献。
- まずは一度試してみてください。

GNUのことなら アップウィンドテクノロジー

お問い合わせは、
info@upwind-technology.com
までお願いします。