

# Table des matières

---

<b>Remerciements</b> .....	V
<b>Préface</b> .....	1
<b>Avant-propos</b> .....	3
<b>À qui s'adresse ce livre ?</b> .....	3
<b>Structure de l'ouvrage</b> .....	4
<b>Précisions concernant cette deuxième édition</b> .....	4
<b>Introduction</b> .....	7
<b>Qu'est-ce que Linux ?</b> .....	7
<b>Qu'est-ce que l'Open Source ?</b> .....	7
<b>Un peu d'histoire : de Minix à Linux</b> .....	9
<b>What is GNU ? Gnu is Not Unix</b> .....	11

## PREMIÈRE PARTIE

---

<b>Systemes embarqués, généralités</b> .....	15
CHAPITRE 1	
<b>Les logiciels embarqués et leurs domaines d'application</b> ..	17
<b>Qu'est-ce qu'un logiciel embarqué ?</b> .....	17
<b>Quelles sont les caractéristiques d'un tel logiciel ?</b> .....	17
Ciblé .....	17
Fiable et sécurisé .....	18
Maintenable dans le temps .....	18
Spécifique .....	18
Optimisé .....	18
<b>Logiciel embarqué ou système embarqué ?</b> .....	19
<b>Les champs d'application</b> .....	21

<b>Typologie des systèmes embarqués</b> .....	24
Temps partagé et temps réel .....	24
Préemption et commutation de contexte .....	28
Extensions Posix .....	29
Définition de l’empreinte mémoire .....	30
Les langages utilisés .....	31
<b>Tour d’horizon des systèmes existants</b> .....	32
<b>En résumé</b> .....	34

## CHAPITRE 2

<b>Linux comme système embarqué</b> .....	35
<b>Contraintes des systèmes embarqués propriétaires</b> .....	35
<b>Les avantages de l’Open Source</b> .....	36
<b>Et les quelques contraintes...</b> .....	39
<b>Pourquoi Linux est-il adapté à l’embarqué ?</b> .....	41
Fiabilité .....	42
Faible coût .....	43
Performances .....	43
Portabilité et adaptabilité .....	43
Ouverture .....	44
<b>Dans quels cas Linux peut-il être inadapté ?</b> .....	45
<b>Les systèmes embarqués basés sur Linux</b> .....	46
MontaVista Linux .....	46
BlueCat Linux .....	46
$\mu$ Clinux .....	46
RTLlinux .....	47
RTAI .....	47
ELDK .....	47
PeeWee Linux .....	47
<b>Quelques exemples de produits utilisant Linux</b> .....	49
Les PDA .....	49
Les consoles multimédias et tablettes Internet .....	50
Les magnétoscopes numériques .....	51
Les routeurs .....	51
La téléphonie .....	54
Les caméras IP .....	54
<b>En résumé</b> .....	55

## CHAPITRE 3

<b>Choix matériels pour un système Linux embarqué</b> .....	57
<b>Choix d'une architecture, PC ou non ?</b> .....	57
<b>Choix du processeur : MMU ou non ?</b> .....	59
Le concept du MMU .....	59
µClinux: Linux sans MMU .....	60
Les processeurs compatibles x86 .....	60
Les autres processeurs .....	61
<b>La mémoire de masse</b> .....	61
<b>Les bus d'extension et de communication</b> .....	63
Les bus d'extension ISA et PCI .....	63
Les ports séries .....	63
Le bus USB .....	64
Les autres bus : I2C, I2O, IEEE .....	64
<b>Les cartes DIL</b> .....	66
<b>Les cartes uCsim</b> .....	67
<b>En résumé</b> .....	68

## DEUXIÈME PARTIE

---

**Méthodologie de création d'un système Linux embarqué** .. 69

## CHAPITRE 4

<b>Structure de Linux</b> .....	71
<b>Le noyau Linux</b> .....	73
Structure globale du noyau .....	73
Les modules chargeables du noyau .....	73
Le système de fichier /proc .....	78
Compilation du noyau .....	79
Configuration du démarrage .....	90
<b>Répertoires et fichiers principaux</b> .....	93
<b>En résumé</b> .....	98

## CHAPITRE 5

<b>Construction du système</b> .....	99
<b>Les distributions classiques</b> .....	99
<b>Méthodologie générale</b> .....	102
Le programme de démarrage .....	103

Le noyau .....	104
Les fichiers de configuration (/etc) .....	104
Les pseudo-fichiers ou nœuds (/dev) .....	104
Les programmes essentiels (/sbin et /bin) .....	104
Les bibliothèques essentielles (/lib) .....	105
Les répertoires variables (/var) .....	105
<b>Création d'une partition dédiée</b> .....	105
<b>Création des répertoires</b> .....	108
<b>Le répertoire /extra</b> .....	109
<b>Création des nœuds sur /dev</b> .....	109
<b>Remplissage de /bin /et /sbin</b> .....	110
<b>Création des bibliothèques sur /lib</b> .....	110
<b>Remplissage du répertoire /etc</b> .....	112
<b>Création d'un noyau adapté</b> .....	114
Le support des modules .....	115
Le type de processeur .....	116
Les périphériques en mode bloc .....	116
La configuration réseau .....	118
Les systèmes de fichiers .....	118
Les périphériques en mode caractère .....	119
Génération du noyau .....	120
<b>Test du système</b> .....	121
<b>Cas de l'utilisation de BusyBox</b> .....	123
<b>En résumé</b> .....	126

## CHAPITRE 6

<b>Configuration du réseau</b> .....	127
<b>La commande ifconfig</b> .....	128
<b>La commande route</b> .....	130
<b>Premier test des interfaces en ICMP</b> .....	131
<b>Test de services TCP</b> .....	131
<b>Scripts de configuration du réseau</b> .....	134
Initialisation de l'interface locale .....	136
Initialisation de l'interface Ethernet .....	137
<b>Calcul du nom du système et création du fichier hosts</b> .....	139
<b>Mise en place de services réseau</b> .....	141

<b>Connexion PPP</b> .....	142
La validation du support PPP .....	142
L'installation du programme pppd .....	143
L'installation du programme chat .....	143
La création du point d'entrée /dev/ppp .....	143
La mise en place du répertoire /etc/ppp .....	144
<b>En résumé</b> .....	146
CHAPITRE 7	
<b>Optimisation et mise au point du système</b> .....	147
<b>Configuration du clavier</b> .....	147
<b>Mise en place d'un système d'authentification</b> .....	148
<b>Configuration des disques flash</b> .....	151
Utilisation du pilote M-Systems .....	152
Utilisation du pilote MTD .....	155
Les mémoires flash CFI (Common Flash Interface) .....	158
<b>Utilisation d'une clé USB</b> .....	160
<b>Les différents types de systèmes de fichiers</b> .....	162
Ext2/ext3 .....	162
ReiserFS .....	162
JFFS2 .....	162
CRAMFS .....	163
<b>Utilisation des disques mémoire</b> .....	164
<b>Un exemple d'utilisation de CRAMFS et disque mémoire</b> .....	166
<b>Mise au point des programmes</b> .....	169
Utilisation de GDB .....	169
Utilisation de strace .....	174
Détection des problèmes de mémoire .....	175
<b>En résumé</b> .....	177
CHAPITRE 8	
<b>Autres techniques de démarrage : Loadlin, LinuxBIOS, RedBoot</b> .....	179
<b>Un autre système de démarrage : LOADLIN</b> .....	179
<b>LinuxBIOS</b> .....	184
<b>RedBoot</b> .....	184
Présentation et principales commandes .....	184
Un exemple complet d'utilisation .....	185
<b>En résumé</b> .....	192

## TROISIÈME PARTIE

<b>Mises en œuvre particulières</b> .....	193
CHAPITRE 9	
<b>Systèmes temps réel</b> .....	195
<b>Tests sur un noyau Linux standard</b> .....	195
Horloge temps réel /dev/rtc .....	195
L'outil latencytest .....	196
L'outil realfeel .....	196
Résultats du test .....	197
<b>Les différentes approches temps réel pour Linux</b> .....	198
Modification de l'ordonnanceur .....	198
Ajout d'un véritable noyau temps réel .....	199
L'outil de test rt_realfeel .....	201
<b>Utilisation de RTLinux</b> .....	201
Installation de RTLinux/GPL .....	202
Introduction à l'API RTLinux .....	205
Mesure des temps de latence .....	211
<b>Utilisation de RTAI</b> .....	211
Installation de RTAI-24.1.x .....	213
Mesure des temps de latence .....	215
Installation de RTAI-3.1 .....	216
<b>Utilisation des patches du noyau</b> .....	218
Le patch preempt-kernel-rml .....	218
Le patch low-latency .....	219
Le patch rtsched .....	222
<b>En résumé</b> .....	222
CHAPITRE 10	
<b>Systèmes minimaux : µClinux</b> .....	223
<b>Présentation de µClinux</b> .....	223
<b>Quelques kits matériels disponibles</b> .....	224
Le kit uCsimm .....	224
Le kit uCdimmm .....	225
Le kit ARM7TDMI .....	225
Le projet Open Hardware .....	226
La carte d'évaluation ColdFire Motorola M5407C3 .....	227

<b>Mise en œuvre de <math>\mu</math>Clinux</b> .....	228
<b>Exemple d'application <math>\mu</math>Clinux</b> .....	231
<b>En résumé</b> .....	233
CHAPITRE 11	
<b>Développement croisé</b> .....	235
<b>Principe de la compilation sous Linux</b> .....	235
<b>L'outil ELDK</b> .....	237
<b>L'outil CROSSTOOL</b> .....	239
<b>Utilisation de l'environnement CYGWIN</b> .....	243
Installation de l'environnement CYGWIN .....	243
Création de la chaîne de compilation croisée pour ARM .....	248
<b>Exemple de compilation</b> .....	249
Compilation d'un noyau Linux ARM/AT91RM9200 .....	249
Programme gdbserver .....	250
Débogueur GDB croisé .....	250
Débogueur GDB natif ARM .....	250
Bibliothèque NCURSES native ARM .....	250
<b>Résumé</b> .....	251
CHAPITRE 12	
<b>Interfaces graphiques</b> .....	253
<b>Mode texte (console standard)</b> .....	253
<b>X Window System</b> .....	254
Une introduction à X .....	254
Réduction du système X .....	256
Un serveur X minimal (Xkdrive) .....	259
<b>frame-buffer (console graphique)</b> .....	261
Configuration du frame-buffer .....	261
<b>Les toolkits graphiques</b> .....	264
Qt/Embedded .....	264
GTK-Embedded .....	266
Microwindows et Nano-X .....	268
Une bibliothèque d'affichage LCD: LCDproc .....	271
<b>Navigateurs et serveurs web</b> .....	273
<b>En résumé</b> .....	276

QUATRIÈME PARTIE

---

<b>Études de cas</b> .....	277
CHAPITRE 13	
<b>Open Music Machine</b> .....	279
<b>Description du projet</b> .....	279
<b>Organisation du projet</b> .....	281
<b>Architecture globale</b> .....	281
<b>Utilisation des composants externes</b> .....	285
<b>Détail des API</b> .....	287
Gestion des événements .....	287
Gestion de l'écran LCD .....	288
Arborescence des sources et compilation des modules .....	291
<b>Description des différents modules</b> .....	292
Module de gestion des fonctions (manager) .....	292
Module de lecture des CD audio .....	293
Module de navigation/sélection de fichiers .....	295
Modules de lecture MP3 .....	297
Module d'encodage MP3 .....	298
Modules client NAPSTER .....	300
<b>En résumé</b> .....	302
CHAPITRE 14	
<b>Station Internet</b> .....	303
<b>Intégration du navigateur</b> .....	304
<b>Gestion du clavier et de la souris infrarouge</b> .....	308
Traitement de la souris .....	309
Traitement du clavier .....	310
Système de configuration graphique .....	312
<b>En résumé</b> .....	319
<b>Glossaire</b> .....	321
<b>Glossaires en ligne</b> .....	321
<b>Glossaire local</b> .....	321
<b>Index</b> .....	327