



Ressourcesinformatiques

Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel
de votre nano-ordinateur

François MOCQ

Fichiers complémentaires
à télécharger



Les éléments à télécharger sont disponibles à l'adresse suivante :
<http://www.editions-eni.fr>. Saisissez la référence ENI
de l'ouvrage **RI3ZPIRASP** dans la zone de recherche et validez.
Cliquez sur le titre du livre puis sur le bouton de téléchargement.

Avant-propos

Chapitre 1 Le Raspberry Pi

1. Introduction	23
2. Présentation	24
3. Historique de la création du Raspberry Pi.	25
4. Chronologie.	27
5. Logo	32
6. L'avenir du Raspberry Pi.	33

Chapitre 2 Description technique

1. Introduction	35
2. Le Raspberry Pi Zero.	36
2.1 Présentation	36
2.2 Les composants du Raspberry Pi Zero.	38
2.2.1 Vue de dessus.	38
2.2.2 Vue de dessous.	38
2.2.3 Vue latérale	39
2.3 Le SoC du Raspberry Pi Zero	39
2.3.1 Le CPU du Raspberry Pi Zero	42
2.3.2 Le GPU du Raspberry Pi Zero	44

2 **Raspberry Pi 3 ou Pi Zero**

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

2.3.3	La mémoire du Raspberry Pi Zero	45
2.4	Le port USB du Raspberry Pi Zero	46
2.5	Les sorties vidéo du Raspberry Pi Zero	48
2.5.1	Sortie vidéo analogique	49
2.5.2	Sortie vidéo HDMI (numérique)	49
2.6	Le bus CSI du Raspberry Pi Zero	52
2.7	Le GPIO du Raspberry Pi Zero	54
2.8	La LED ACT du Raspberry Pi Zero	59
2.9	L'alimentation du Raspberry Pi Zero	60
2.10	Le connecteur de carte micro SD du Raspberry Pi Zero	61
2.11	Le circuit manquant	63
2.12	Miniaturisation des prises et conséquences	64
2.13	Les dimensions physiques du Raspberry Pi Zero	65
2.14	Horloge	66
2.15	Conclusion	66
3.	Le Raspberry Pi 3	67
3.1	Présentation	67
3.2	Les composants du Raspberry Pi 3	68
3.2.1	Vue de dessus	68
3.2.2	Vue de dessous	69
3.3	Le SoC du Raspberry Pi 3	69
3.3.1	Le CPU du Raspberry Pi 3	70
3.3.2	Le GPU du Raspberry Pi 3	71
3.4	Les ports USB et Ethernet du Raspberry Pi 3	73
3.5	Le Wi-Fi et le Bluetooth du Raspberry Pi 3	76
3.6	Les sorties vidéo du Raspberry Pi 3	79
3.6.1	Vidéo numérique du Raspberry Pi 3	79
3.6.2	Vidéo analogique du Raspberry Pi 3	80
3.7	Les sorties audio du Raspberry Pi 3	83
3.7.1	Audio numérique du Raspberry Pi 3	83
3.7.2	Audio analogique du Raspberry Pi 3	83
3.8	Le bus CSI du Raspberry Pi 3	85
3.9	Le bus DSI du Raspberry Pi 3	86

- 3.10 Le GPIO du Raspberry Pi 3. 87
- 3.11 L'alimentation du Raspberry Pi 3. 91
 - 3.11.1 Par la prise d'alimentation. 91
 - 3.11.2 Par le GPIO. 93
 - 3.11.3 Par les ports USB 95
- 3.12 Les LED d'état du Raspberry Pi 3. 95
- 3.13 Le connecteur de carte micro SD du Raspberry Pi 3. 96
- 3.14 Les dimensions physiques du Raspberry Pi 3 98
- 3.15 L'horloge temps réel 99
- 4. Tableau comparatif 100

Chapitre 3
Systemes d'exploitation disponibles

- 1. Introduction 103
- 2. Linux 104
 - 2.1 De Linus à Linux. 104
 - 2.2 Le noyau 106
 - 2.3 Les distributions 108
- 3. Distributions Linux pour le Raspberry Pi 110
 - 3.1 Raspbian Jessie 111
 - 3.2 Raspbian Jessie Lite 112
 - 3.3 Raspbian "wheezy" 112
 - 3.4 Arch Linux ARM 112
 - 3.5 RISC OS 113
 - 3.6 LibreELEC 114
 - 3.7 OSMC 114
 - 3.8 Ubuntu 115
 - 3.9 Windows 10 115
 - 3.10 PiNet 115
 - 3.11 Autres distributions 115

4 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

Chapitre 4

Préparer la carte micro SD

1. Introduction	117
2. Séquence de boot du Raspberry Pi.	118
2.1 Étape 1 : mise sous tension	118
2.2 Étape 2 : chargement de bootcode.bin	120
2.3 Étape 3 : exécution de bootcode.bin par le GPU.	121
2.4 Étape 4 : exécution de start.elf par le GPU	122
2.5 Étape 5 : exécution de kernel.img par le CPU ARM.	123
2.6 Étape 6 : démarrage de Linux.	124
2.7 Résumé de la séquence de boot du Raspberry Pi	125
3. Installation du système d'exploitation	126
3.1 Accès à la carte micro SD.	126
3.2 Acquisition d'une carte micro SD prête à l'emploi.	127
3.3 Installation d'un OS avec NOOBS	128
3.3.1 Le site de la Fondation.	129
3.3.2 NOOBS	130
3.3.3 Téléchargement de NOOBS	131
3.3.4 Transfert de NOOBS sur la carte micro SD.	134
3.3.5 Installation de Raspbian avec NOOBS	141
3.3.6 Conclusion	149
3.4 Installation d'une image Raspbian	150
3.4.1 Transfert de Raspbian sur la carte micro SD.	153
3.4.2 Sous Windows 8	153
3.4.3 Sous Debian 8	158
3.4.4 Conclusion	165

Chapitre 5
Démarrer Raspbian

- 1. Préparation du Raspberry Pi 167
 - 1.1 Mise en place de la carte micro SD 168
 - 1.2 Connexion des câbles 169
 - 1.2.1 Raspberry Pi 3 modèle B 169
 - 1.2.2 Raspberry Pi Zero 170
 - 1.3 Mise sous tension 170
- 2. Configurer le système avec raspi-config 171
 - 2.1 Démarrer raspi-config 171
 - 2.2 Utiliser raspi-config 172
 - 2.2.1 Déplacement du curseur 172
 - 2.2.2 Sélection 172
 - 2.2.3 Choix des options 172
 - 2.2.4 1 Expand Filesystem 173
 - 2.2.5 2 Change User Password 174
 - 2.2.6 3 Boot options 175
 - 2.2.7 4 Wait for network at boot 176
 - 2.2.8 5 Internationalisation Options 176
 - 2.2.9 6 Enable Camera 179
 - 2.2.10 7 Add to Rastrack 179
 - 2.2.11 8 Overclock 180
 - 2.2.12 9 Advanced options 181
 - 2.2.13 About raspi-config 188
 - 2.3 Configuration avancée de Raspbian 188
 - 2.3.1 Le fichier config.txt 188
 - 2.3.2 Configuration de la vidéo 197
 - 2.3.3 Formats supportés par un moniteur 198
- 3. Ajouter des licences 201
- 4. Utiliser le système 204

6 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

Chapitre 6

Utiliser le mode graphique

1. Introduction	207
2. À la découverte de l'écran de Raspbian	209
2.1 Icônes du bureau de Jessie	209
2.2 La barre des tâches	210
2.2.1 Présentation	210
2.3 Configuration du bureau en français	213
2.3.1 Passage du bureau de Raspbian en français	213
2.3.2 Configuration des options Locales	215
2.3.3 Configuration du fuseau horaire	216
2.3.4 Configuration du clavier	217
2.3.5 Configuration du pays pour le Wi-Fi	217
2.3.6 Redémarrage du Raspberry Pi	217
2.4 Configuration de la barre des tâches	218
2.4.1 Barre des tâches (liste des fenêtres) Settings	219
2.4.2 Ajouter/Enlever des éléments au tableau de bord	220
2.4.3 Paramètres du tableau de bord	225
2.4.4 Créer un nouveau tableau de bord	225
2.4.5 Supprimer un tableau de bord	226
2.4.6 À propos	227
3. Les menus de Raspbian Jessie	227
3.1 Programmation	228
3.1.1 BlueJ Java IDE	229
3.1.2 Geany	230
3.1.3 Greenfoot Java IDE	231
3.1.4 Mathematica	232
3.1.5 Node-RED	235
3.1.6 Python 2 (IDLE)	239
3.1.7 Python 3 (IDLE)	240
3.1.8 Scratch	240
3.1.9 Sense HAT	241

- 3.1.10 Sonic Pi 242
- 3.1.11 Wolfram 246
- 3.2 Outils bureautiques 247
 - 3.2.1 LibreOffice Base 248
 - 3.2.2 LibreOffice Calc 249
 - 3.2.3 LibreOffice Draw 250
 - 3.2.4 LibreOffice Impress 250
 - 3.2.5 LibreOffice Math 251
 - 3.2.6 LibreOffice Writer 253
- 3.3 Internet 254
 - 3.3.1 Claws Mail 254
 - 3.3.2 Navigateur web Chromium 264
 - 3.3.3 Raspberry Pi Ressources 270
 - 3.3.4 The MagPi 271
 - 3.3.5 VNC Address Book 273
 - 3.3.6 VNC Viewer 275
- 3.4 Jeux 277
 - 3.4.1 Minecraft Pi 277
 - 3.4.2 Python Games 279
- 3.5 Accessoires 281
 - 3.5.1 Calculator 281
 - 3.5.2 Gestionnaire des tâches 282
 - 3.5.3 LXTerminal 283
 - 3.5.4 Gestionnaire de fichiers 285
 - 3.5.5 Xpdf 286
 - 3.5.6 SD Card Copier 287
 - 3.5.7 Éditeur de texte (Text Editor) 289
 - 3.5.8 Visionneur d'images 290
 - 3.5.9 Xarchiver 291
- 3.6 Help 297
 - 3.6.1 Guide de référence pour Debian 297
 - 3.6.2 Raspberry Pi Help 298

8 **Raspberry Pi 3 ou Pi Zero**

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

3.7	Préférences	299
3.7.1	Add/Remove Software	300
3.7.2	Appearance Settings	301
3.7.3	Audio Device Settings	303
3.7.4	Clavier et souris	306
3.7.5	Configuration du Raspberry Pi	308
3.7.6	Main Menu Editor	314
3.8	Run	316
3.9	Shutdown	317
4.	Icônes à droite de la barre des tâches	318
4.1	Bluetooth	318
4.1.1	Le Bluetooth sur Raspberry Pi	318
4.1.2	Rendre le Raspberry Pi visible	319
4.1.3	Ajouter un périphérique Bluetooth	319
4.1.4	Diffuser de la musique sur une enceinte Bluetooth	321
4.2	Réseau	323
4.2.1	Affichage de la configuration réseau	323
4.2.2	Configuration du réseau	323
4.3	Volume sonore	327
4.4	Indicateur d'activité	328
4.5	Horloge	328
4.6	Ejection de périphérique USB	331
4.6.1	Insertion de périphérique USB	331
4.6.2	Ejection d'un périphérique USB	332
5.	Conclusion	334

Chapitre 7

Utiliser la ligne de commande

1.	Introduction	335
2.	L'arborescence de Linux	338

3. La ligne de commande	339
3.1 Connexion à Raspbian	339
3.1.1 Connexion en utilisateur normal	340
3.1.2 Connexion en root.	345
3.2 Se déplacer dans l'arborescence	349
3.2.1 Identifier le répertoire courant	349
3.2.2 Lister le contenu d'un répertoire.	349
3.2.3 Changer de répertoire	351
3.2.4 Chemin relatif et chemin absolu	353
3.2.5 Modifier l'arborescence	355
3.3 Gérer les fichiers	358
3.3.1 Copier les fichiers	358
3.3.2 Déplacer et renommer les fichiers	360
3.3.3 Supprimer les fichiers	361
3.3.4 Afficher le contenu d'un fichier	362
3.3.5 Modifier le contenu d'un fichier	363
3.3.6 Compresser et décompresser un fichier	364
3.4 Accélérer la frappe des commandes.	367
3.4.1 Rappel des commandes précédentes	367
3.4.2 Autocomplétion.	369
3.5 Administrer le système.	372
3.5.1 Gérer les utilisateurs et les groupes	372
3.5.2 Gérer les dépôts	378
3.5.3 Tenir le système à jour	380
3.5.4 Installer/supprimer un programme	382
3.5.5 Gérer les droits.	384
3.5.6 Connaître l'occupation de la carte micro SD	392
3.5.7 Écrire un script shell	393
3.5.8 Planifier des tâches	396
3.5.9 Gérer les processus.	398
3.5.10 Configurer la date du système	404

10 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

4. Sauvegarder votre configuration	405
4.1 Sauvegarde de la carte microSD sous Windows	405
4.2 Sauvegarde de la carte micro SD sous Debian 7	406
4.3 Sauvegarde de la carte SD en mode graphique	407
5. Conclusion	407

Chapitre 8

Se connecter à distance au Raspberry Pi

1. Introduction	409
2. En mode texte	410
2.1 En SSH avec putty sous Windows	410
2.2 En SSH sous Debian	413
3. En mode graphique	414
3.1 Principe	414
3.2 Avec VNC Server	415
3.3 Se connecter avec VNC Viewer sous Windows	418
3.4 Transférer des fichiers avec VNC Viewer	421
3.4.1 Transfert de fichiers du Raspberry Pi vers le PC	421
3.4.2 Transfert de fichiers du PC vers le Raspberry Pi	424
3.5 Se connecter avec VNC Viewer sous Linux	425
3.6 Installer TightVncServer sur le Raspberry Pi	429
3.7 Démarrage automatique de tightvncserver	431
3.8 Conclusion	438

Chapitre 9

Gestion du réseau

1. Bases de réseau	439
1.1 Introduction	439
1.2 Comme une lettre à la poste	440
1.2.1 Attribution des adresses	441
1.2.2 Adresse physique	441

- 1.2.3 Qu'est-ce qu'une adresse IP ? 442
- 1.2.4 Utilité du masque de sous-réseau 443
- 1.2.5 Adresse de l'hôte 445
- 1.2.6 Les adresses particulières 446
- 1.2.7 Les exceptions 447
- 1.2.8 Adresse publique 449
- 1.3 Livraison à bon port 449
 - 1.3.1 Ports TCP/IP 449
 - 1.3.2 Utilisation des ports 451
 - 1.3.3 Socket TCP/IP 451
- 1.4 Rôles de la box 452
 - 1.4.1 Serveur DHCP 452
 - 1.4.2 Nom de domaine 454
 - 1.4.3 DNS 455
 - 1.4.4 Passerelle 457
 - 1.4.5 Routeur NAT 460
- 1.5 Accéder à un Raspberry Pi depuis Internet 463
 - 1.5.1 DNS dynamique 464
 - 1.5.2 Redirection de port 465
- 1.6 Box Internet 468
- 2. Gérer la connexion réseau filaire du Raspberry Pi 469
 - 2.1 Afficher les informations sur la connexion 469
 - 2.2 Modifier les paramètres réseau 470
 - 2.2.1 Paramétrage automatique par DHCP 470
 - 2.2.2 Configurer une adresse statique 471
 - 2.2.3 Redémarrage du réseau pour prise en compte des modifications 472
- 3. Configurer une connexion Wi-Fi 472
 - 3.1 Afficher les informations sur la connexion 472
 - 3.1.1 Vérification de la détection de la clé USB 473
 - 3.1.2 Modification du fichier /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf 473
 - 3.1.3 Attribuer une adresse fixe à une clé USB Wi-Fi 474

12 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

Chapitre 10

Utiliser une mémoire de masse externe

1. Introduction	475
2. Pourquoi une mémoire externe ?	476
2.1 Caractéristiques de la carte micro SD	476
2.2 Comparatif des mémoires de masse	477
2.3 Choix d'une mémoire de stockage	479
3. Disques et partitions sous Linux	481
3.1 Identification des disques sous Linux	481
3.2 Identification des partitions sous Linux	481
3.3 Label et UUID	483
4. Définir un point de montage	489
4.1 L'arborescence sous Linux	489
4.2 Créer un point de montage	490
5. Utiliser une mémoire externe	491
5.1 Montage manuel de la clé USB	491
5.2 Démonter une partition	493
5.3 Montage automatique au démarrage	494
5.4 Utilisation des UUID	496
6. Modification des droits	497
6.1 Partition FAT ou NTFS	497
6.2 Partition Linux	498
7. Conclusion	500

Chapitre 11

Démarrer sur un disque externe

1. Introduction	501
2. Séquence de boot du Raspberry Pi	502
3. Préparation du disque	504
3.1 Suppression de la partition d'origine	504

- 3.1.1 Identification de la partition à supprimer 504
- 3.1.2 Suppression de la partition 507
- 3.2 Création de deux partitions 508
- 3.3 Formatage des partitions 511
 - 3.3.1 Partition Linux 511
 - 3.3.2 Partition FAT 512
- 4. Copie du système de fichiers 512
- 5. Modification des fichiers de démarrage 514
 - 5.1 cmdline.txt 514
 - 5.2 fstab 515
- 6. Vérification du fonctionnement 516
- 7. Pour aller plus loin 517
- 8. Démarrer sur une clé USB sans carte micro SD 517
 - 8.1 Principe 517
 - 8.2 Mise à jour du système d'exploitation 518
 - 8.3 Autorisation du boot USB 519
 - 8.4 Choix de la clé USB 520
 - 8.5 Préparation de la clé USB 521
 - 8.6 Transfert de Raspbian sur la clé USB 523
 - 8.7 Régénération des clés SSH 524
 - 8.8 Modification du fichier cmdline.txt 525
 - 8.9 Modification du fichier fstab 525
 - 8.10 Démonter le système de fichiers 526
 - 8.11 Eteindre le Raspberry Pi 3 526
 - 8.12 Redémarrage du Raspberry Pi 3 526
- 9. Conclusion 527

Chapitre 12
Que faire avec le Raspberry Pi ?

- 1. Introduction 529
- 2. Un poste bureautique 530

14 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

2.1	Utiliser LibreOffice	530
2.2	Imprimer	531
3.	Un centre multimédia	537
3.1	Installer LibreElec	538
3.2	Paramétrage	543
3.3	Utiliser le centre multimédia	546
3.3.1	Écouter de la musique en local	546
3.3.2	Regarder un film distant	549
3.4	Utiliser la télécommande	551
4.	Un serveur web	552
4.1	Installer le serveur	552
4.1.1	Objectif de l'installation	553
4.1.2	Installation de Raspbian Lite	553
4.1.3	Modification du nom d'hôte	553
4.2	Installation de lighttpd	554
4.2.1	Modification des droits sur le site web	554
4.2.2	Test du serveur web	555
4.3	Installation PHP	556
4.3.1	Installer PHP 5 sur le Raspberry Pi	557
4.3.2	Indiquer à lighttpd qu'il doit utiliser PHP	557
4.3.3	Renommer la page index.html en index.php	557
4.3.4	Test de l'installation de PHP	558
4.4	Installation de MariaDB	559
4.4.1	Installer la base de données MariaDB sur le Raspberry Pi :	560
4.4.2	Sécurisation de MariaDB	560
4.4.3	Test de l'installation de MariaDB	562
4.4.4	Création de la base de données pour WordPress	563
4.4.5	Attribution des droits sur la base	564
4.5	Installation de WordPress	565
4.5.1	Téléchargement de l'archive WordPress	565
4.5.2	Extraction de WordPress	566
4.5.3	Configuration de WordPress	568

- 4.6 Test du site 571
- 4.7 Mettre le site web en ligne..... 573
 - 4.7.1 Nom de domaine 573
 - 4.7.2 Configuration de la Freebox 574
- 4.8 Se connecter au serveur web 576
- 5. Une caméra de vidéo surveillance avec le Pi Zero..... 577
 - 5.1 La distribution motionEyeOS 578
 - 5.2 Installation de motionEyeOS 578
 - 5.3 Démarrage de motionEyeOS 581
 - 5.4 Connexion à motionEyeOS 582
 - 5.5 Paramétrage de motionEyeOS 584
 - 5.5.1 Caméra Ethernet 584
 - 5.5.2 Paramétrage de la vidéo..... 585
 - 5.5.3 Réglage de la détection de mouvement 586
 - 5.5.4 Choix du nom des fichiers enregistrés 588
 - 5.5.5 Configuration des notifications 589
 - 5.5.6 Informations superposées aux images 592
 - 5.5.7 Diffusion des images 592
 - 5.5.8 Enregistrement des images 594
 - 5.6 Conclusion 595

Chapitre 13
Programmer en Scratch

- 1. Présentation 597
 - 1.1 Une longue histoire 597
 - 1.2 Les projets 598
 - 1.3 Accès au matériel 600
- 2. L'environnement de Scratch..... 600
 - 2.1 L'interface graphique 600
 - 2.2 Les blocs de mouvement 608
 - 2.3 Les blocs d'apparence 612
 - 2.4 Les structures de contrôle 617

16 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

2.5	Les capteurs	620
2.6	Les sons	623
2.7	Les opérateurs	626
2.7.1	Opérateurs arithmétiques	626
2.7.2	Opérateurs logiques	627
2.8	Le stylo	630
2.9	Les variables	632
2.9.1	Création d'une variable	633
2.9.2	Création d'une liste	634
3.	Créer un jeu simple en Scratch	636
3.1	Définir le scénario	636
3.2	Définir les interactions	636
3.3	Préparer la scène	638
3.4	Dessiner les sprites	638
3.4.1	Viseur de l'appareil photo	639
3.4.2	Le logo Raspberry Pi	640
3.4.3	Le pingouin	642
3.5	Créer les variables	643
3.6	Animer le jeu	643
3.6.1	Les scripts de la scène	644
3.6.2	Les scripts du chat	645
3.6.3	Les scripts du pingouin	647
3.6.4	Le script du logo	648
3.6.5	Les scripts du viseur	649
3.6.6	Faire évoluer le jeu	649
4.	Conclusion	650

Chapitre 14 Programmer en Python

1.	Historique de Python	651
2.	Particularités de Python	653

- 3. Python en mode console 654
 - 3.1 Lancement de Python..... 654
 - 3.2 Utiliser Python comme une calculatrice..... 655
 - 3.2.1 Opérations de base 655
 - 3.2.2 Opérateurs de comparaison 655
 - 3.2.3 Opérateurs d'assignation..... 656
 - 3.2.4 Opérateurs sur les bits..... 657
 - 3.3 Écrire une chaîne de caractères 657
 - 3.4 Les variables 658
 - 3.5 Les listes 659
 - 3.6 Créer un programme en Python 660
 - 3.7 Exécuter un programme..... 662
 - 3.8 Utiliser la boucle for..... 662
 - 3.9 Récupérer une valeur entrée au clavier 664
 - 3.10 À vous de jouer !..... 665
- 4. Python en environnement graphique 666
 - 4.1 L'environnement de développement IDLE 666
 - 4.1.1 Régler la taille des caractères..... 667
 - 4.2 Utiliser le mode prompt..... 668
 - 4.3 Créer un programme 668
 - 4.4 Exécuter un programme..... 669
- 5. Définir une fonction..... 670
 - 5.1 Créer une fonction 671
 - 5.2 Utilisation de la fonction..... 672
- 6. Utiliser les modules 673
 - 6.1 Les modules internes 673
 - 6.2 Créer un module..... 673
 - 6.3 Utiliser un module dans un script..... 675
 - 6.4 Alias du nom de module..... 677
- 7. Lire et écrire dans un fichier..... 677
 - 7.1 Création d'un fichier..... 678
 - 7.2 Écriture dans un fichier 679

18 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

7.3	Lecture d'un fichier	679
7.4	Suppression d'un fichier	680
7.5	Gestion des exceptions.	681
8.	Aller plus loin avec Python	682

Chapitre 15

Le GPIO du Raspberry Pi

1.	Description de l'interface GPIO	683
1.1	Fonctions disponibles	684
1.2	Valeurs limites (V et I)	685
1.2.1	Schéma de l'interface GPIO	686
1.2.2	Seuil du signal d'entrée	687
1.2.3	Hystérésis.	687
1.2.4	Limitation du courant de sortie	687
1.2.5	Résistance de tirage	688
1.2.6	Configurations dangereuses	688
2.	Utilisation du GPIO	690
2.1	Configuration utilisée	690
2.2	Allumer une diode LED	691
2.3	Lire un niveau d'entrée	693
2.4	Gérer le GPIO en ligne de commande	694
2.4.1	Accès au GPIO	694
2.4.2	Création d'un accès à une broche GPIO	696
2.4.3	Suppression d'un accès à une broche GPIO	696
2.4.4	Récupérer les informations d'une broche du GPIO	697
2.4.5	Clignotement d'une LED en shell	697
2.5	Gérer le GPIO en Python	697
2.5.1	Commander une LED	699
2.5.2	Lire le niveau d'une entrée.	703
2.6	Accéder au GPIO depuis Scratch	706
2.6.1	Configurer les ports du GPIO	708
2.6.2	Utiliser une carte additionnelle	712

2.6.3 Scratch et l'apprentissage du code 714
 2.6.4 Conclusion 714

Chapitre 16
Les périphériques

1. Le module caméra 715
 1.1 Caractéristiques du module Caméro V1.3 715
 1.2 Caractéristiques du module caméra V2..... 717
 1.2.1 Une nouvelle technologie de capteur 718
 1.2.2 Tableau comparatif 720
 1.3 Connexion sur le Raspberry Pi 720
 1.4 Utilisation de caméras compatibles 722
 1.5 Activation de la caméra 723
 1.5.1 Activation en mode texte 723
 1.5.2 Activation en mode graphique 724
 1.6 Capture d'une image fixe 724
 1.7 Enregistrement d'une vidéo 725
 1.8 Timelapse 725
 2. Les cartes d'extension 727
 2.1 Les cartes HAT 727
 2.1.1 Présentation 727
 2.1.2 Dimensions 728
 2.1.3 Fonctionnement 729
 2.1.4 Conclusion 729
 2.2 La carte son HiFiBerry DAC+ 730
 2.2.1 Présentation de la carte HiFiBerry DAC+ 730
 2.2.2 Mise en service de la carte HiFiBerry DAC + 731
 2.2.3 Utilisation de mpg123..... 733
 2.3 La carte ADC Pi Plus 735
 2.3.1 Présentation de la carte ADC Pi Plus 735
 2.3.2 Les entrées analogiques 739
 2.3.3 Installation de la carte 739

20 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

2.3.4	Essais de la carte	741
2.4	La carte IO Pi Plus	743
2.4.1	Présentation de la carte IO Pi Plus	743
2.4.2	Les entrées numériques	747
2.4.3	Installation de la carte	747
2.4.4	Essais de la carte	748
2.5	La carte RTC Pi Plus	750
2.5.1	Présentation de la carte RTC Pi Plus	750
2.5.2	Mise à l'heure du Raspberry Pi	751
2.5.3	Installation de la carte	752
2.5.4	Configuration de l'horloge RTC	752
2.5.5	Utilisation de l'horloge RTC DS1307	753
2.5.6	Utilisation de plusieurs cartes ABElectronics	754
2.6	PiFace Digital 2	755
2.6.1	Présentation de la carte PiFace Digital 2	755
2.6.2	Schéma de la carte	756
2.6.3	Mise en place de la carte	758
2.6.4	Configuration de la carte	759
2.6.5	Tests de la carte	761
2.6.6	Pilotage de la carte PiFace en Scratch	769
3.	Utiliser des cartes spécifiques	777
3.1	Carte prototype	777
3.2	Commande d'un moteur PAP	779
3.3	Commande d'un moteur CC	786

Chapitre 17

Dépanner le Raspberry Pi

1.	Fiabilité du Raspberry Pi	793
2.	Les LED du Raspberry Pi 3	794
2.1	LED ACT du Raspberry Pi 3	794
2.1.1	LED ACT éteinte	794
2.1.2	LED ACT Allumée fixe	794

2.1.3	LED ACT clignote quatre fois	795
2.1.4	LED ACT clignote sept fois	795
2.2	LED PWR du Raspberry Pi 3	796
2.2.1	Clignotement de la LED PWR	796
2.2.2	LED PWR éteinte	796
2.3	Indicateur de sous-tension sur l'écran	797
2.4	Indicateur de température maximale sur l'écran	798
2.5	Mesure de tension sur le Raspberry Pi 3	799
2.6	LED du port Ethernet	800
3.	La LED ACT du Raspberry Pi Zero	802
3.1	Position de la LED ACT	802
3.2	États de la LED ACT du Raspberry Pi Zero	803
3.2.1	La LED du Raspberry Pi Zero clignote quatre fois	803
3.2.2	La LED du Raspberry Pi Zero clignote sept fois	803
3.3	Mesure de tension sur le Raspberry Pi Zero	803
4.	Le Raspberry Pi ne démarre pas	805
5.	Problème de connexion au réseau	806
5.1	Un périphérique USB plante le réseau	806
5.2	Déplacer la carte micro SD bloque le réseau	807
5.3	Plantage du réseau sous une forte charge	807
6.	Affichage anormal sur l'écran	809
6.1	Image entourée de bordures noires	809
6.2	Image débordant de l'écran	810
6.3	Points colorés et interférences	811
6.4	Pas d'affichage sur l'écran	812
6.5	Résolution non conforme	812
7.	Le son ne fonctionne pas	813
7.1	Pas de son sur un moniteur HDMI	813
7.2	Pas de son du tout	813
8.	Le clavier est en QWERTY	814
8.1	Claviers AZERTY et QWERTY	815

22 _____ Raspberry Pi 3 ou Pi Zero

Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur

9. Supervision du Raspberry Pi	817
9.1 Installation de EZ Server Monitor.	817
10. Conclusion	819

Annexes

1. Réponses à l'exercice du chapitre Démarrer sur un disque externe	821
2. Réponses aux exercices du chapitre Programmer en Python.	822
3. Réponses à l'exercice du chapitre Le GPIO du Raspberry Pi	823
4. Sonic Pi	825
5. Tableau de paramétrage de la vidéo	826
6. Création d'un nouveau tableau de bord	834
7. Commander la carte PiFace depuis Scratch	836
Index	837

Chapitre 4

Préparer la carte micro SD

1. Introduction

Le Raspberry Pi est un ordinateur peu encombrant et peu onéreux. Ses concepteurs, dans un objectif de simplicité et de prix plafond du produit, ont choisi de faire démarrer leur ordinateur sur un des types de mémoire les plus répandus : la carte micro SD.

Après une explication détaillée du démarrage du Raspberry Pi, ce chapitre explique comment récupérer le système d'exploitation puis l'installer sur une carte micro SD, pour les débutants comme pour les plus experts.

Le téléchargement est réalisé sous Windows 8. Les utilisateurs de Linux en mode graphique transposeront aisément sur ce système. L'installation du système sur la carte micro SD est détaillée sous Windows 8 et sous Debian 7. Le système d'exploitation choisi est celui que préconise la Fondation Raspberry Pi pour les utilisateurs débutants : Raspbian.

La syntaxe des commandes présentées est limitée aux options utilisées dans ce chapitre. Pour plus d'informations, reportez-vous au chapitre Utiliser la ligne de commande ainsi que le man (manuel) de chaque commande.

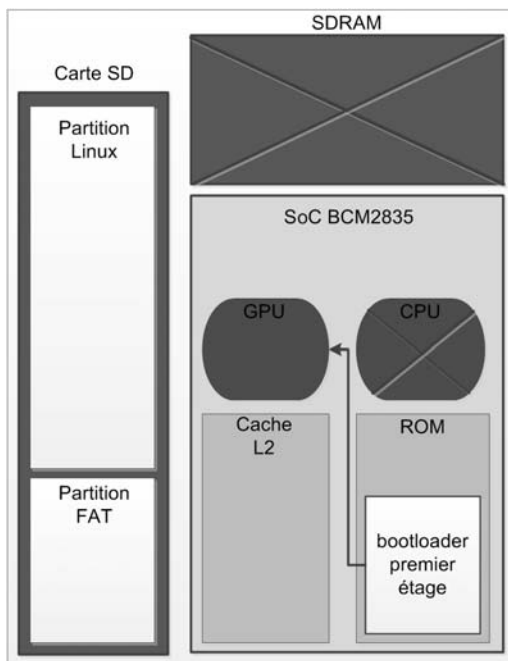
Les versions des systèmes d'exploitation et des utilitaires évoluent. Il vous appartient d'adapter les informations qui suivent en fonction des versions disponibles lorsque vous préparerez votre carte micro SD.

2. Séquence de boot du Raspberry Pi

Le *boot* (démarrage) du Raspberry Pi est strictement identique sur les différents modèles Pi Zero et Raspberry Pi 3. Ce processus de démarrage implique un certain nombre d'opérations. La bonne compréhension de cette séquence est primordiale lorsqu'il s'agit de modifier volontairement le démarrage du système d'exploitation (démarrer sur une clé USB ou un disque dur). Mais lorsque le système ne démarre pas, l'utilisateur est en présence d'une énigme que seule la connaissance du déroulement exact de la séquence de boot permet de résoudre.

2.1 Étape 1 : mise sous tension

Le schéma ci-dessous représente les différentes parties impliquées dans le démarrage du Raspberry Pi. Sur la partie gauche figure la carte micro SD divisée en deux partitions. Le SoC intègre le microprocesseur ARM (CPU) et le processeur graphique (GPU). Il est situé à droite, sous la mémoire (SDRAM).

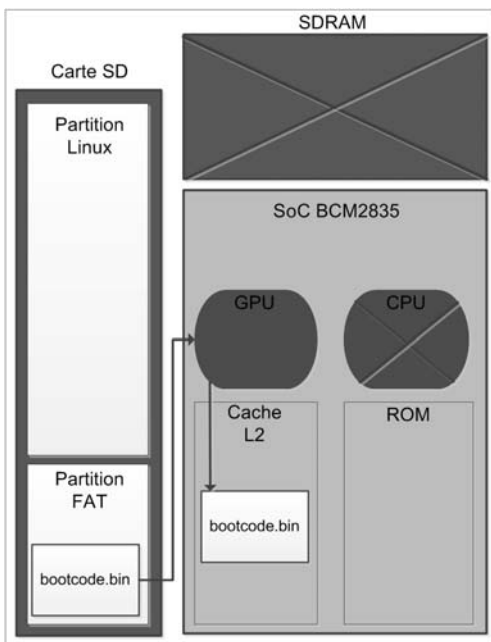


Lors de la mise sous tension, seul le GPU est activé. Il maintient le CPU à l'arrêt. La mémoire SDRAM est elle aussi désactivée. Le SoC contient une ROM (*Read Only Memory*) dans laquelle le fabricant a enregistré un programme faisant partie de la chaîne de boot. Ce programme est le premier de la chaîne de boot (*bootloader* = chargeur de démarrage). Il est inaccessible par l'utilisateur et n'est donc pas modifiable. Le GPU exécute ce premier programme dont le seul rôle est d'accéder à la partition FAT de la carte micro SD pour charger le fichier *bootcode.bin* en mémoire. Cette partition contient les fichiers suivants :

Nom	Modifié le	Type	Taille
overlays	06/10/2015 22:18	Dossier de fichiers	
bcm2708-rpi-b.dtb	06/10/2015 22:17	Fichier DTB	10 Ko
bcm2708-rpi-b-plus.dtb	06/10/2015 22:17	Fichier DTB	10 Ko
bcm2708-rpi-cm.dtb	06/10/2015 22:17	Fichier DTB	10 Ko
bcm2709-rpi-2-b.dtb	06/10/2015 22:17	Fichier DTB	11 Ko
bootcode.bin	06/10/2015 22:17	VLC media file (.bi...	18 Ko
cmdline.txt	06/10/2015 22:22	Document texte	1 Ko
config.txt	06/10/2015 22:22	Document texte	2 Ko
COPYING.linux	06/10/2015 22:17	Fichier LINUX	19 Ko
fixup.dat	06/10/2015 22:17	Fichier DAT	7 Ko
fixup_cd.dat	06/10/2015 22:17	Fichier DAT	3 Ko
fixup_db.dat	06/10/2015 22:17	Fichier DAT	10 Ko
fixup_x.dat	06/10/2015 22:17	Fichier DAT	10 Ko
issue.txt	24/09/2015 16:33	Document texte	1 Ko
kernel.img	06/10/2015 22:17	Fichier d'image di...	8 731 Ko
kernel7.img	06/10/2015 22:17	Fichier d'image di...	8 569 Ko
LICENCE.broadcom	06/10/2015 22:17	Fichier BROADCOM	2 Ko
LICENSE.oracle	25/09/2013 22:57	Fichier ORACLE	19 Ko
start.elf	06/10/2015 22:17	Fichier ELF	2 653 Ko
start_cd.elf	06/10/2015 22:17	Fichier ELF	580 Ko
start_db.elf	06/10/2015 22:17	Fichier ELF	4 736 Ko
start_x.elf	06/10/2015 22:17	Fichier ELF	3 718 Ko

2.2 Étape 2 : chargement de `bootcode.bin`

Le schéma ci-dessous explique la première phase de démarrage du Raspberry Pi au cours de laquelle le GPU charge le code de démarrage en mémoire.



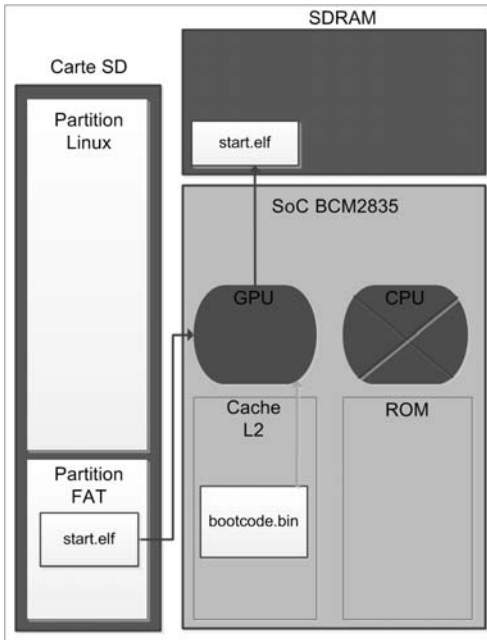
Le GPU exécute le programme contenu dans la ROM du SoC. Il accède à une partition FAT de la carte micro SD, trouve le fichier `bootcode.bin` qu'il charge dans la mémoire cache L2 (*Level 2* = mémoire cache de niveau 2).

Le programme dans la ROM ainsi que le programme `bootcode.bin` sont écrits en code spécifique pour le GPU. Les spécifications du GPU ne sont pas publiées, et `bootcode.bin` ne peut être redistribué qu'en format binaire. Ce n'est pas un programme libre (licence Broadcom).

Comme la mémoire SDRAM montée sur le SoC n'est pas encore activée, c'est la mémoire cache du GPU, la mémoire L2, qui est utilisée pour le chargement de `bootcode.bin`.

2.3 Étape 3 : exécution de `bootcode.bin` par le GPU

Le schéma ci-dessous explique la deuxième phase de démarrage du Raspberry Pi au cours de laquelle le GPU charge le firmware (`start.elf`) en mémoire.

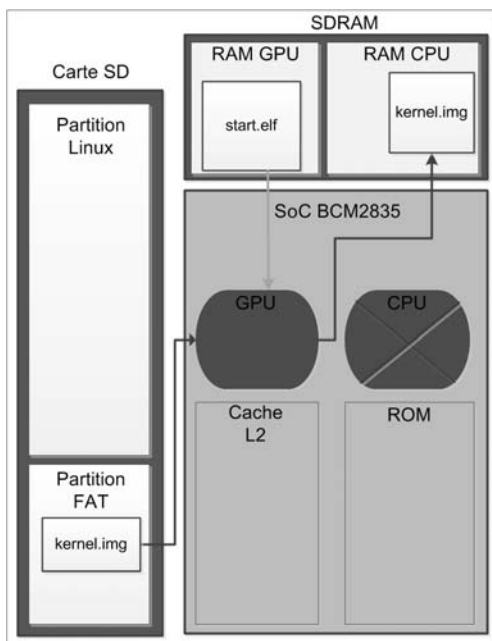


Une fois `bootcode.bin` chargé dans la mémoire cache L2, le GPU exécute ce programme (flèche grise) qui est le second étage du bootloader. Le but final est de récupérer le programme `start.elf`, qui se situe également sur la carte micro SD, dans la partition FAT. `start.elf` est le firmware du GPU. Comme `bootcode.bin`, ce programme n'est pas libre et est distribué sous forme binaire.

Le GPU, sous les ordres de `bootcode.bin`, active la mémoire SDRAM du Raspberry Pi et transfère une copie de `start.elf` dans le haut de la mémoire. Une fois `start.elf` chargé en mémoire, `bootcode.bin` lui passe le relais.

2.4 Étape 4 : exécution de `start.elf` par le GPU

Le schéma ci-dessous indique comment le GPU partage la mémoire avec le CPU en fonction des paramètres puis charge le noyau Linux en mémoire.



Le GPU exécute maintenant son firmware : `start.elf` (flèche grise).

`start.elf` répartit la mémoire entre le GPU (partie haute) et le CPU ARM (partie basse) en fonction du paramètre présent dans le fichier de configuration (`config.txt`). Le paramètre `gpu_mem` indique en Mo la quantité de mémoire qui doit être allouée au GPU. Si ce paramètre est absent du fichier `config.txt`, la valeur est fixée par défaut à 64 Mo. La valeur de `gpu_mem` est au minimum 16 Mo. Elle doit être un multiple de 16 Mo.

Après la mise en place des zones mémoire, le programme `start.elf` transfère le noyau Linux `kernel.img` dans la partie basse de la mémoire, zone réservée au CPU ARM. Il lit ensuite le fichier `cmdline.txt` qui contient les arguments à passer au noyau lors de son exécution.