Formation optimisation du temps de démarrage de Linux embarqué

Formation sur site, 3 jours

Dernière mise à jour : 30 June 2025

Titre	**Formation optimisation du temps de démarrage de Linux embarqué**
Objectifs opérationnels	• Être capable d'utiliser les outils et techniques pour mesurer le temps de démarrage d'un système embarqué. • Être capable de réduire le temps de démarrage au niveau de l'initialisation de l'espace utilisateur Linux. • Être capable de réduire le temps de démarrage au niveau de l'initialisation du noyau Linux. • Être capable de réduire le temps de démarrage au niveau de l'initialisation du chargeur de démarrage. • Être capable de mettre en oeuvre d'autres techniques avancées et alternatives d'optimisation du temps de démarrage.
Durée	**Trois** jours - 24 h (8 h par jour)
Méthodes pédagogiques	• Présentations animées par le formateur : 40% de la durée de formation • Travaux pratiques réalisés par les participants : 60% de la durée de formation • Version électroniques de supports de présentation, des instructions et des données de travaux pratiques. Les supports sont librement disponibles sur https ://bootlin.com/doc/training/boot-time.
Formateur	Un des ingénieurs mentionnés sur : `https://bootlin.com/training/trainers/`
Langue	Présentations : Français Supports : Anglais
Public visé	Sociétés et ingénieurs développeurs de systèmes Linux embarqués. Personnes offrant de l'assistance à de tels développeurs.

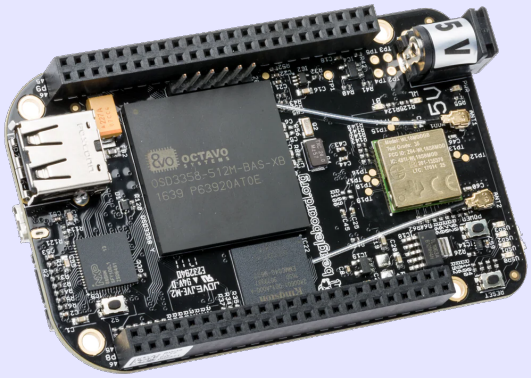
Pré-requis	• **Connaissance et pratique des commandes UNIX ou GNU/Linux** : les participants doivent être à l'aise avec l'utilisation de la ligne de commande Linux. Les participants manquant d'expérience sur ce sujet doivent se former par eux-mêmes, par exemple en utilisant nos supports de formation disponible à l'adresse bootlin.com/blog/command-line/. • **Expérience minimale en développement Linux embarqué** : les participants doivent avoir une compréhension minimale de l'architecture d'un système Linux embarqué : rôle du noyau Linux par rapport à l'espace utilisateur, développement d'applications espace utilisateur en C. Suivre la formation *Linux embarqué* de Bootlin, disponible sur bootlin.com/training/embedded-linux/, permet de remplir ce pré-requis. • **Niveau minimal requis en anglais : B1**, d'après le *Common European Framework of References for Languages*, pour nos sessions animées en anglais. Voir bootlin.com/pub/training/cefr-grid.pdf pour une auto-évaluation.
Équipement nécessaire	**Pour les sessions en présentiel dans les locaux de nos clients, notre client doit fournir** : • Projecteur vidéo • Un ordinateur sur chaque bureau (pour une ou deux personnes), avec au moins 8 Go de RAM et Ubuntu Linux 24.04 installé dans une **partition dédiée d'au moins 30 Go**. • Les distributions autres que Ubuntu Linux 24.04 ne sont pas supportées, et l'utilisation de Linux dans une machine virtuelle n'est également pas supportée. • **Connexion à Internet rapide et sans filtrage** : au moins 50 Mbit/s de bande passante en téléchargement, et pas de filtrage des sites Web et protocoles. • **Les ordinateurs contenant des données importantes doivent être sauvegardés** avant d'être utilisés dans nos sessions.
Modalités d'évaluation	Seuls les participants qui auront assisté à l'intégralité des journées de formation, et qui auront obtenu plus de 50% de réponses correctes à l'évaluation finale recevront une attestation individuelle de formation de la part de Bootlin.

Handicap	Les participants en situation de handicap qui ont des besoins spécifiques sont invités à nous contacter à l'adresse *training@bootlin.com* afin de discuter des adaptations nécessaires à la formation.

Matériel

La plateforme matérielle utilisée pendant les travaux pratiques de cette formation est la carte **BeagleBone Black**, dont voici les caractéristiques :

- Un processeur ARM AM335x de Texas Instruments (à base de Cortex-A8), avec accélération 3D, etc.
- 512 Mo de RAM
- 2 Go de stockage eMMC embarqué sur la carte
  (4 Go avec la révision C)
- USB hôte et device
- Sortie HDMI
- Connecteurs à 2 x 46 broches, pour accéder aux UARTs, aux bus SPI, aux bus I2C, et à d'autres entrées/sorties du processeur.



Démonstrations

Les démos de cette formation utiliseront les périphériques matériels suivants :

- Une webcam USB
- Une carte d'extension d'écran tactile LCD connectée à la carte BeagleBone Black, pour afficher la vidéo capturée par la webcam.

1er jour - Matin

Cours - Méthodes	TP - Construction du système
• Comment mesurer le temps de démarrage • Principales approches	• Téléchargement du code source du chargeur de démarrage, du noyau et de Buildroot • Prise en main de la carte, mise en place de la communication série • Configuration de Buildroot et génération du système • Configuration et compilation du chargeur de démarrage U-Boot. Préparation d'une carte SD pour démarrer le système. • Configuration et compilation du noyau. Démarrage du système.

1er Jour - Après-midi

Cours - Mesure du temps	TP - Mesure du temps - Solution logicielle
• Techniques génériques par logiciel • Techniques matérielles • Solutions spécifiques à chaque étage du démarrage	• Modification du système pour mesurer le temps au niveau des différentes étapes. • Chronométrer les messages sur la console série • Chronométrer le démarrage de l'application

Cours - Optimisations des chaînes de compilation

- Introduction aux chaînes de compilation
- Bibliothèques C
- Informations de taille
- Mesure de la performance d'un exécutable avec la commande `time`

TP - Optimisations des chaînes de compilation

- Mesure du temps d'exécution de l'application
- Passage à une chaîne Thumb2
- Génération d'un SDK Buildroot pour recompiler plus vite

2ème Jour - Matin

Cours - Optimisation de l'application

- Utilisation de `strace` et `ltrace`
- Autres techniques de profiling

TP - Optimisation de l'application

- Rechercher d'options de configuration inutiles dans des applications
- Modification de ces options à travers Buildroot
- Expériences avec `strace` pour suivre l'exécution d'un programme

Cours - Optimisation du démarrage du système

- Utilisation de BusyBox `bootchartd`
- Optimisation des scripts d'init
- Possibilité de démarrer directement votre application

TP - Optimisation du démarrage du système

- Utilisation de Buildroot pour supprimer scripts et commandes non nécessaires
- Une méthode pour identifier tous les fichiers inutilisés
- Simplification de BusyBox
- Démarrage de l'application en tant que programme init.

2ème Jour - Après-midi

Cours - Optimisations de systèmes de fichiers

- Systèmes de fichiers disponibles, aspects de performance et de temps de démarrage
- Comment accélerer UBIFS
- Paramètres pour réduire le temps de démarrage
- Démarrer depuis un initramfs
- Utilisation d'exécutables statiques : contraintes de licence

TP - Optimisations de systèmes de fichiers

- Essayer et mesurer deux systèmes de fichiers bloc : ext4 et SquashFS.
- Essai et benchmark de la solution initramfs. Contraintes en rapport avec cette solution.

Cours - Optimisations du noyau

- Utilisation d'*Initcall debug* to générer un *boot graph*
- Options de compression et liées à la taille
- Réduction ou suppression de la sortie console
- Plusieurs réglages pour réduire le temps de démarrage

TP - Optimisations du noyau

- Génération et analyse d'un *boot graph* pour le noyau
- Identifier et éliminer les fonctionnalités du noyau non nécessaires
- Trouver la meilleure option de compression pour votre système

3ème Jour - Matin

TP - Optimisations du noyau

- Poursuite du TP

3ème Jour - Après-midi

Cours - Optimisations du chargeur de démarrage

- Conseils génériques pour réduire la taille et le temps de démarrage d'U-Boot.
- Optimisation des scripts d'U-Boot et du chargement du noyau
- Sauter le chargeur de démarrage - Comment modifier U-Boot pour activer son *Falcon mode*

Cours - Le *Falcon mode* d'U-Boot

- Principes et objectifs
- Prétraîtement effectué par U-Boot pour préparer le démarrage de Linux
- Utilisation de la commande `spl export` pour faire ce traîtement à l'avance.
- Modification du code source d'U-Boot et configuration pour démarrer directement Linux et sauter le deuxième étage d'U-Boot.
- Exemples and instructions de mise en oeuvre sur MMC et flash NAND
- Comment débugger le Falcon mode
- Comment revenir à U-Boot
- Limitations

TP - Optimisations du chargeur de démarrage

- Utilisation des techniques ci-dessus pour rendre le chargeur de démarrage le plus rapide possible
- Passer à un stockage plus rapide
- Sauter le chargeur de démarrage avec le *Falcon mode* d'U-Boot

Conclusion - Résultats obtenus

- Partage et comparaison des résultats obtenus par les différents groupes
- Questions / réponses, partage d'expérience avec le formateur