

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.10.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.04.14 Bulletin 14/14.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : EMULATION AND VERIFICATION
ENGINEERING Société anonyme — FR.

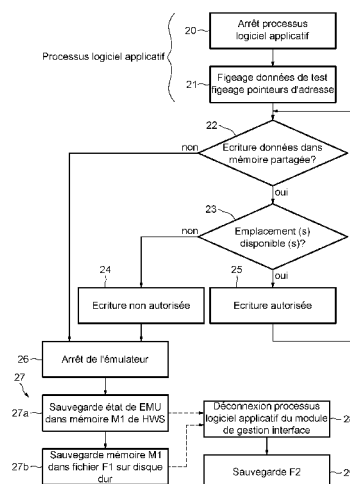
72 Inventeur(s) : DUMOULIN FREDERIC.

73 Titulaire(s) : EMULATION AND VERIFICATION
ENGINEERING Société anonyme.

74 Mandataire(s) : CASALONGA & ASSOCIES.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE SAUVEGARDE D'UN ETAT D'UN CIRCUIT SOUS TEST EMULE DANS UN
EMULATEUR ET DE SON ENVIRONNEMENT DE TEST LOGICIEL, ET PROCÉDE ET DISPOSITIF DE
RESTAURATION CORRESPONDANTS.

57 L'environnement de test met en oeuvre au moins un processus logiciel applicatif, exempt de mécanisme propre de sauvegarde de son état, exécuté sur une station hôte; l'émulateur communique en écriture avec le processus logiciel applicatif par l'intermédiaire d'une mémoire partagée; le procédé comprend un arrêt (20) du processus logiciel applicatif avec figeage (21) des données de test et des pointeurs d'adresses dans la mémoire partagée, un arrêt de l'émulateur, l'écriture de données par l'émulateur dans la mémoire partagée entre l'arrêt du processus logiciel et l'arrêt de l'émulateur n'étant autorisé qu'en présence d'emplacements mémoire disponibles dans la mémoire partagée, une sauvegarde (27) d'un premier fichier (F1) représentatif de l'état de l'émulateur lors de son arrêt, une déconnexion (28) du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface avec la station hôte, et une sauvegarde (29) d'un fichier de programme exécutable (F2) représentatif de l'état du processus logiciel applicatif lors de son arrêt.



**Procédé et dispositif de sauvegarde d'un état d'un circuit sous test
émulé dans un émulateur et de son environnement de test logiciel,
5 et procédé et dispositif de restauration correspondants**

10 L'invention concerne le domaine de la conception électronique assistée par ordinateur (CAO électronique), notamment celui de la vérification fonctionnelle de circuits intégrés, et plus généralement de systèmes électroniques, à l'aide d'un émulateur connecté à une station hôte, et plus particulièrement, lors d'une vérification fonctionnelle, la sauvegarde d'états du circuit sous test et de son environnement de test ainsi que la restauration de ces états.

15 Les circuits numériques intégrés sont extrêmement complexes. Ils incorporent généralement des microprocesseurs qui permettent d'exécuter des logiciels embarqués incluant un système d'exploitation (« operating system », en langue anglaise) et des applications logicielles.

20 Il est impossible pour des concepteurs de tels circuits de définir et de développer un jeu complet de situations de test permettant de vérifier totalement le fonctionnement de tels circuits.

25 Aussi, les concepteurs écrivent-ils un jeu partiel de test. Par ailleurs, lorsque les circuits comportent des processeurs, il est généralement nécessaire d'exécuter des logiciels embarqués durant la phase de vérification. Et, pour atteindre certains états de test, les circuits électroniques doivent à la fois amorcer (« boot » en langue anglaise) un système d'exploitation et exécuter ces applications logicielles embarquées.

30 C'est le cas notamment dans le domaine de la téléphonie mobile, des appareils photo numériques, des tablettes, ...

La validation des circuits à l'aide d'un pur simulateur logiciel n'est absolument pas adaptée, compte tenu du nombre extrêmement

important de cycles d'horloge nécessaires (de l'ordre de 1 milliard pour amorcer un système d'exploitation à environ des dizaines de milliards pour l'exécution d'applications logicielles).

5 C'est la raison pour laquelle les concepteurs de circuits électroniques complexes utilisent des systèmes matériels pour accélérer la vérification comportementale de ces systèmes. Ces systèmes matériels reconfigurables, ou émulateurs, sont constitués généralement d'une ou de plusieurs cartes sur lesquelles on retrouve des circuits reconfigurables de type FPGA (Field Programmable Gate
10 Array) par exemple commercialisés par la société Xilinx, ou bien des circuits reconfigurables à façon (customs) ou bien des processeurs parallèles, et qui sont connectés entre eux par des moyens fixes ou reconfigurables. Les cartes constituant le système matériel reconfigurable (émulateur) peuvent être enfichées dans un ou plusieurs
15 châssis. Une interface assure la communication du système matériel reconfigurable avec une station de contrôle (ou station hôte) généralement un ordinateur.

Le circuit sous test émulé dans l'émulateur peut être stimulé par un dispositif matériel directement connecté à l'émulateur (on parle
20 alors de connexion in-situ), ou bien par un dispositif de test lui-même émulé dans l'émulateur (on parle alors de banc de test (« test-bench ») synthétisable embarqué dans l'émulateur), ou bien par un banc de test logiciel exécuté sur la station hôte.

25 Comme on le verra plus en détails ci-après, un aspect de l'invention concerne plus particulièrement la vérification fonctionnelle d'un dispositif sous test émulé dans un émulateur stimulé par un banc de test logiciel d'une catégorie particulière exécuté sur la station hôte.

Typiquement, un émulateur est capable d'exécuter le dispositif sous test à une vitesse d'un million de cycles d'horloge/seconde et son
30 mécanisme de traçage lui permet de tracer jusqu'à un million de cycles du dispositif sous test.

Ceci est toutefois faible comparé aux milliards de cycles nécessaires pour une vérification approfondie d'un système sous test.

Aussi, la durée de test d'un circuit complexe à l'aide d'un émulateur peut atteindre plusieurs heures voire plusieurs jours.

5 Il devient alors particulièrement intéressant de pouvoir créer des points de sauvegarde lors d'une vérification fonctionnelle de test d'un circuit sous test dans un émulateur connecté à une station hôte. En effet, lorsqu'un défaut est détecté dans le fonctionnement du circuit lors de la phase de test, il est plus avantageux de recommencer le test à partir d'un point de sauvegarde antérieur plutôt que de recommencer le test à partir du début de la vérification fonctionnelle, surtout si le
10 défaut a été détecté après une durée de test extrêmement longue.

Il est également particulièrement avantageux de pouvoir créer par exemple un point de sauvegarde après une première partie de test longue et commune à plusieurs tests distincts. Ceci évite de recommencer la partie commune des séquences de test et de permettre
15 de retravailler les séquences distinctes à partir du point de sauvegarde.

On connaît actuellement des outils informatiques permettant d'effectuer des sauvegardes de logiciels, notamment dans les simulateurs purement logiciels.

On connaît également des outils permettant d'effectuer une
20 sauvegarde de l'état d'un émulateur.

Parmi les environnements de test logiciels exécutables sur la station hôte, on distingue ceux qui, comme par exemple des co-simulateurs logiciels, incorporent lors de leur écriture par des développeurs leur propre mécanisme de sauvegarde de leur état, et
25 ceux qui ne comportent aucun mécanisme de sauvegarde de leur état (mécanisme ou procédure qui aurait été développée par les programmeurs de tels environnements de test logiciels). Cette dernière catégorie comporte notamment ceux conformes à la norme SCE-MI (Standard Co-Emulation Modeling Interface) de l'organisation
30 Accellera.

La sauvegarde d'un état d'un circuit sous test émulé dans un émulateur et de son environnement de test mettant en œuvre au moins un processus logiciel applicatif exempt d'un propre mécanisme de sauvegarde de son état et exécuté sur une station hôte communiquant

avec l'émulateur, est d'une complexité toute autre en raison notamment des contraintes complexes résultant de la communication entre l'émulateur et le ou les logiciels applicatifs, en particulier au niveau de la synchronisation et de l'absence de mécanisme propre de sauvegarde du processus logiciel applicatif, et n'a à ce jour pas donné lieu à des solutions industriellement acceptables.

Selon un mode de mise en œuvre et de réalisation de l'invention, il est proposé de sauvegarder au moins un état, ou point de sauvegarde, formé par une sauvegarde de l'état du circuit sous test émulé dans l'émulateur et de la sauvegarde d'un fichier de programme exécutable du ou de processus logiciels mis en œuvre dans la station hôte compte tenu de la communication entre la station hôte et l'émulateur et de l'absence de mécanisme de sauvegarde de l'état du ou des processus logiciels applicatifs qui leur soient propres .

Il est également proposé d'élaborer un tel point de sauvegarde sans nécessiter de modification du code source du banc de test logiciel, de telle sorte que les développeurs logiciels n'ont pas à écrire de procédure spécifique pour sauvegarder les données internes des bancs de test ni de procédure spécifique pour recharger ces données. En d'autres termes l'élaboration de tels points de sauvegarde est totalement « transparente » pour les développeurs des bancs de test logiciels.

Il est également proposé d'élaborer un tel point de sauvegarde permettant à un utilisateur de stopper une vérification fonctionnelle en cours pour autoriser une autre vérification fonctionnelle effectuée par lui ou un tiers, puis de continuer la vérification fonctionnelle interrompue à partir du point de sauvegarde.

L'invention permet également de générer un nombre arbitraire de points de sauvegarde durant une vérification fonctionnelle de test.

Il est également proposé de pouvoir restaurer l'état précédemment sauvegardé et d'effectuer une nouvelle vérification fonctionnelle de test à partir d'un point de sauvegarde, sur le même émulateur et sur la même station hôte que ceux utilisés pour la génération du point de sauvegarde ou bien sur un autre émulateur

ayant une configuration matérielle compatible, connectée à une autre station hôte compatible avec la première.

5 Selon un aspect de l'invention, il est proposé un procédé de sauvegarde d'au moins un état d'un circuit sous test et de son environnement de test, le circuit sous test étant émulé dans un émulateur et l'environnement de test mettant en œuvre au moins un processus logiciel applicatif, exempt d'un propre mécanisme de sauvegarde de son état, exécuté sur une station hôte communiquant avec l'émulateur par l'intermédiaire d'une interface (par exemple une carte
10 PCI) gérée par un module de gestion au sein de la station hôte, l'émulateur communiquant en écriture avec le processus logiciel applicatif par l'intermédiaire d'une mémoire partagée lue au moins par le processus logiciel.

Selon cet aspect, le procédé comprend
15 - un arrêt du processus logiciel applicatif avec figeage des données de test et des pointeurs d'adresse dans la mémoire partagée,
- un arrêt de l'émulateur, l'écriture de données par l'émulateur dans la mémoire partagée entre l'arrêt du processus logiciel et l'arrêt de l'émulateur n'étant autorisée qu'en présence d'emplacements
20 mémoire disponibles dans la mémoire partagée,
- une sauvegarde d'un premier fichier représentatif de l'état de l'émulateur lors de son arrêt,
- une déconnexion du processus logiciel applicatif dudit module de gestion d'interface, et
25 - une sauvegarde d'un fichier de programme exécutable représentatif de l'état du processus logiciel applicatif lors de son arrêt.

L'arrêt du processus logiciel applicatif avec figeage de données de test et des pointeurs d'adresse s'effectue avant l'arrêt de l'émulateur de façon à éviter, dans le cas contraire, un problème si le
30 logiciel applicatif cherche à écrire dans un émulateur arrêté.

Par ailleurs, il est possible que l'émulateur cherche à écrire des données dans la mémoire partagée avant qu'il soit arrêté. Ceci est possible à condition qu'il y ait des emplacements mémoire disponibles dans la mémoire partagée. Dans le cas contraire, l'écriture des données

dans la mémoire partagée par l'émulateur est non autorisée. Ceci permet d'éviter des pertes de données.

Par ailleurs, la déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface est avantageusement effectuée avant la sauvegarde du fichier de programme exécutable.

En effet, généralement le module de gestion est inséré dans le noyau de la station hôte et initialisé par un autre programme avant toute autre utilisation de l'émulateur. Et actuellement, ni le système d'exploitation (« Operating System : OS ») ni les outils classiques de sauvegarde de logiciels, par exemple l'outil connu par l'homme du métier sous l'acronyme DMTCP, ne permettent de refaire l'initialisation du module depuis le processus logiciel.

Par ailleurs, cette déconnexion du processus logiciel du module de gestion de l'interface est obligatoire dans un mode particulier, dit mode « suspend » de façon à pouvoir réutiliser l'émulateur avec un autre logiciel applicatif.

La sauvegarde du fichier de programmes exécutables peut être effectuée, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, par le système d'exploitation de la station hôte dans un fichier de mémoire virtuelle, par exemple l'espace du disque dur, communément désigné par l'homme du métier sous le vocable anglo-saxon « swap ».

En variante, la sauvegarde du fichier de programmes exécutables peut être effectuée, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, par un outil informatique spécifique, par exemple l'outil DMTCP, dans un fichier de mémoire de type ROM, par exemple sur le disque dur.

Dans certains cas, il est possible de communiquer depuis la station-hôte vers l'émulateur en utilisant de la mémoire partagée pour envoyer des données dans l'émulateur.

Plus précisément, le processus logiciel applicatif écrit les données dans la mémoire partagée, spécifie à l'émulateur l'adresse et le nombre de ces données dans la mémoire partagée ainsi que l'adresse de destination des données dans l'émulateur, puis il commande à

l'émulateur de commencer le transfert. L'émulateur lit les données dans la mémoire partagée et les écrit dans les ressources à l'adresse spécifiée.

5 Ce mécanisme est connu par l'homme du métier sous l'acronyme DMA (Direct Memory Access).

10 Dans ce cas il faut attendre que les transferts en cours soient tous terminés avant d'arrêter l'émulateur. Et si cet envoi de données déclenche une réponse de l'émulateur, cette réponse doit être faite s'il y a des emplacements libres dans la mémoire partagée, avant que d'autres données éventuelles ne résultant pas de ces transferts puissent être écrites s'il reste des emplacements libres.

15 Ainsi selon un mode de mise en œuvre dans lequel la mémoire partagée est lue par l'émulateur lors de transfert de données émanant du processus logiciel applicatif à destination de l'émulateur, le procédé comprend, après l'arrêt du processus logiciel applicatif et avant l'arrêt de l'émulateur, une poursuite des transferts en cours jusqu'à ce qu'ils soient terminés, et en présence d'emplacement libres dans la mémoire partagée, l'écriture dans la mémoire partagée par l'émulateur de données résultant de ces transferts est prioritaire.

20 Dans certains cas, une partie de la sauvegarde du premier fichier (configuration de l'émulateur) peut être effectuée en tâche de fond parallèlement à la déconnexion du processus logiciel applicatif et à la sauvegarde du fichier de programme exécutable.

25 Selon un autre aspect, il est proposé un procédé de restauration d'un état d'un circuit sous test et de son environnement de test sauvegardé par le procédé tel que défini ci-avant, ce procédé de restauration comprenant

- un chargement du fichier de programme exécutable dans une mémoire programme de la station hôte,
- 30 - une reconnexion du processus logiciel au module de gestion de ladite interface avec réinitialisation des adresses de ladite interface et de ladite mémoire partagée dans les registres du processus logiciel,

- un rechargement de l'état de l'émulateur à partir du premier fichier sauvegardé,
- un lancement de l'émulateur, et
- un lancement du processus logiciel.

5 La réinitialisation des adresses de l'interface et de la mémoire partagée dans les registres du processus logiciel est en effet nécessaire pour assurer une restauration correcte car lors de la reconnexion du processus logiciel au module de gestion, l'adresse de ladite interface et de la mémoire partagée ont été généralement modifiées et il
10 convient donc de prendre en compte ces nouvelles adresses.

 Selon un autre aspect, il est proposé un dispositif de sauvegarde d'au moins un état d'un circuit sous test et de son environnement de test, le circuit sous test étant destiné à être émulé dans un émulateur, et l'environnement de test étant destiné à mettre en
15 œuvre au moins un processus logiciel applicatif, exempt d'un propre mécanisme de sauvegarde de son état, exécutable sur une station hôte configurée pour communiquer avec l'émulateur par l'intermédiaire d'un interface gérée par un module de gestion au sein de la station hôte.

20 L'émulateur est par ailleurs configuré pour communiquer en écriture avec le processus logiciel applicatif par l'intermédiaire d'une mémoire partagée configurée pour être lue au moins par ledit processus logiciel ;

 le dispositif de sauvegarde comprend

- 25 - des premiers moyens de commande configurés pour arrêter le processus logiciel applicatif avec figeage des données de test et des pointeurs d'adresses dans la mémoire partagée,
- 30 - des deuxièmes moyens de commande configurés pour arrêter l'émulateur et pour n'autoriser l'écriture de données par l'émulateur dans la mémoire partagée entre l'arrêt du processus logiciel et l'arrêt de l'émulateur qu'en présence d'emplacements mémoire disponibles dans la mémoire partagée,

- des premiers moyens de sauvegarde configurés pour effectuer une sauvegarde d'un premier fichier représentatif de l'état de l'émulateur lors de son arrêt,
- des troisièmes moyens de commande configurés pour déconnecter le processus logiciel applicatif dudit module de gestion de l'interface, et
- des deuxièmes moyens de sauvegarde configurés pour effectuer une sauvegarde d'un fichier de programme exécutable représentatif de l'état du processus logiciel applicatif lors de son arrêt.

Selon un mode de réalisation, les deuxièmes moyens de sauvegarde comprennent le système d'exploitation de la station hôte configuré pour effectuer la sauvegarde du fichier de programme exécutable, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, dans un fichier de mémoire virtuelle.

En variante, les deuxièmes moyens de sauvegarde comprennent un outil informatique spécifique configuré pour effectuer la sauvegarde du fichier de programme exécutable, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, dans un fichier de mémoire de type ROM.

Selon un mode de réalisation dans lequel la mémoire partagée est lue par l'émulateur lors de transfert de données émanant du processus logiciel applicatif à destination de l'émulateur, les deuxièmes moyens de commande sont en outre configurés pour, après l'arrêt du processus logiciel applicatif et avant l'arrêt de l'émulateur, autoriser une poursuite des transferts en cours jusqu'à ce qu'ils soient terminés, et en présence d'emplacements libres dans la mémoire partagée, autoriser prioritairement l'écriture dans la mémoire partagée par l'émulateur de données résultant de ces transferts.

Selon un mode de réalisation, les premiers moyens de sauvegarde sont configurés pour effectuer une partie de la sauvegarde du premier fichier en tâche de fond parallèlement à la déconnexion du processus logiciel applicatif et à la sauvegarde du fichier de programme exécutable.

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif de restauration d'au moins un état d'un circuit sous test et de son environnement de test sauvegardé par le dispositif de sauvegarde tel que défini ci-avant, le dispositif de restauration

5 comprenant

- des premiers moyens de traitement configurés pour charger le fichier de programme exécutable dans une mémoire programme de la station hôte, et pour reconnecter le processus logiciel au module de gestion de ladite interface avec réinitialisation des adresses de ladite interface et de ladite mémoire partagée dans les registres du processus logiciel,
- 10 - des deuxièmes moyens de traitement configurés pour recharger l'état de l'émulateur à partir du premier fichier sauvegardé, et
- 15 - des moyens de commande configurés pour redémarrer l'émulateur et le processus logiciel.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée de modes de mise en œuvre et de réalisation, nullement limitatifs, et des dessins annexés sur lesquels :

20

- la figure 1 illustre schématiquement un mode de réalisation d'un dispositif de sauvegarde et un mode de réalisation d'un dispositif de restauration selon l'invention,
- 25 - les figures 2 à 5 illustrent schématiquement des modes de mise en œuvre d'un procédé de sauvegarde et de restauration à partir d'un point de sauvegarde selon l'invention.

30 Sur la figure 1, la référence EMU désigne un émulateur connecté à une station hôte HWS par l'intermédiaire d'un bus BS. L'émulateur EMU est utilisé conjointement avec un jeu d'au moins un processus logiciel applicatif exécuté sur la station hôte HWS pour effectuer une vérification fonctionnelle d'un circuit sous test DUT. Ce

processus logiciel applicatif est exempt de mécanisme propre de sauvegarde de son état.

5 En pratique, l'émulateur est utilisé pour émuler le comportement du circuit sous test DUT et éventuellement une partie de son environnement de test (moniteur(s) et pilote(s) DV).

Quant à la station hôte HWS, elle exécute un jeu de processus (processus logiciel(s), pilote(s) et moniteur(s)) pour stimuler le circuit sous test DUT et/ou analyser son comportement.

10 Un exemple non limitatif d'un circuit sous test est un processeur de téléphone portable équipé de son système d'exploitation (par exemple Windows) et un exemple de processus logiciel applicatif exempt de mécanisme propre de sauvegarde de son état est un modèle logiciel de l'écran LCD du téléphone. On pourra alors par exemple tester le contenu affiché sur l'écran du téléphone lors du démarrage du
15 système d'exploitation du processeur.

Un exemple typique mais non limitatif, d'une station hôte HWS est un ordinateur, par exemple du type PC, opérant avec un système d'exploitation, par exemple le système d'exploitation LINUX.

20 Un exemple non limitatif de bus BS est par exemple un bus du type PCI-Express ou bien un bus USB. Le bus BS relie une première interface INT1 au sein de la station hôte HWS et une deuxième interface INT2 au sein de l'émulateur EMU.

Lorsque le bus BS est un bus du type PCI-Express, l'interface INT1 est par exemple la carte mère de la station hôte équipée d'un
25 contrôleur et de connecteurs PCI-Express, et l'interface INT2 est par exemple une carte fille PCI-Express branchée dans un des connecteurs PCI-Express de la carte mère.

La station hôte HWS comporte par ailleurs un module de gestion logicielle MG, de structure classique et connue en soi, destiné
30 à gérer l'interface INT1.

Dans l'exemple décrit ici, la station hôte HWS comporte également une mémoire partagée SM. L'émulateur EMU communique en écriture avec le ou les processus logiciels applicatifs exécutés sur

la station hôte par l'intermédiaire de cette mémoire partagée SM qui est lue par le ou les processus logiciels.

5 Outre les moyens qui viennent d'être décrits, la station hôte HWS comporte de façon classique, une mémoire vive MV, une mémoire morte MM contenant le système d'exploitation et le ou les
10 logiciels applicatifs, ainsi que différents moyens de commande MC1, MC2, MC3, MCR, des moyens de sauvegarde MSV1, MSV2 ainsi que des moyens de traitement MT1, MT2. Ces différents moyens sont réalisés de façon logicielle et on reviendra plus en détails ci après sur leur fonction dans la sauvegarde d'au moins un état du circuit sous test et de son environnement de test ainsi que dans la restauration de cet état.

15 Une vérification fonctionnelle est définie comme étant l'exécution de tous les processus logiciels impliqués dans l'environnement de test et exécutés sur la station hôte, conjointement avec l'émulation du circuit sous test DUT dans l'émulateur EMU.

Aussi, lors de cette vérification fonctionnelle, un état du circuit sous test et de son environnement de test est défini comme étant l'ensemble des états de tous les processus logiciels
20 conjointement avec l'état de l'émulateur à un instant donné.

On se réfère maintenant plus particulièrement aux figures 2 et suivantes, pour décrire la sauvegarde de l'état du circuit sous test et de son environnement de test ainsi que la restauration dans cet état de façon à permettre la poursuite de la vérification fonctionnelle.

25 On suppose dans un premier temps qu'un seul processus logiciel applicatif tourne sur la station hôte HWS.

Tout d'abord, lorsque l'utilisateur souhaite sauvegarder l'état de sa vérification fonctionnelle, des premiers moyens de commande MC1 arrêtent le processus logiciel applicatif (étape 20, figure 2) avec
30 figeage des données de test de l'utilisateur et figeage des pointeurs d'adresse dans la mémoire partagée (étape 21).

Cette opération d'arrêt d'un processus logiciel applicatif est parfaitement connue par l'homme du métier. A ce stade, le processus logiciel applicatif est interrompu c'est-à-dire qu'il est mis dans un état

d'attente ; toutes les fonctions sont bloquées et il tourne en boucle. Les données de test utilisateur ainsi que les pointeurs d'adresse sont figés.

A ce stade, l'émulateur EMU n'est pas encore arrêté.

5 Il est en effet important d'arrêter le processus logiciel applicatif avant d'arrêter l'émulateur. En effet, dans le cas contraire, si l'émulateur était arrêté avant le processus logiciel applicatif et que le processus logiciel applicatif devait alors communiquer avec l'émulateur, il y aurait alors un problème.

10 Cela étant, l'arrêt du processus logiciel applicatif n'interdit pas l'écriture de données dans la mémoire partagée par l'émulateur à condition toutefois que des emplacements mémoire soient encore disponibles dans la mémoire partagée, qui est en pratique une pile (étapes 22 et 23, figure 2).

15 A titre d'exemple, dans cette implémentation, lorsque le ou les logiciels applicatifs de la station hôte lisent des données dans des emplacements mémoire de la mémoire partagée SM, ils remettent à zéro ce ou ces emplacements mémoire lus. Ainsi, des emplacements mémoire réinitialisés à zéro sont synonymes d'emplacements mémoire disponibles.

20 Aussi, dans l'étape 23, l'émulateur vérifie la présence d'emplacements mémoire réinitialisés à zéro dans le cas où il souhaite écrire des données dans la mémoire partagée.

25 A titre d'exemple non limitatif, cette vérification peut être effectuée par l'émulateur en vérifiant la valeur d'un compteur de nombre de données au sein de l'émulateur.

30 Plus précisément l'émulateur connaît le nombre maximum de données qu'il peut écrire dans la mémoire partagée. Lorsqu'il écrit dans la mémoire partagée, il décrémente son compteur de nombre de données. Le processus logiciel applicatif détecte l'arrivée de données en scrutant les emplacements de la mémoire partagée qui ne sont pas à zéro. Lorsque le processus logiciel applicatif a traité des données, il met les emplacements mémoire correspondants de la mémoire partagée à zéro et envoie une commande d'acquittement à l'émulateur. Cet

acquiescement permet à l'émulateur d'incrémenter son compteur de nombre de données. Lorsque ce compteur a une valeur nulle, cela signifie qu'il n'y a plus de place disponible dans la mémoire partagée et l'émulateur arrête d'envoyer des données dans la mémoire partagée.

5 Dans le cas où un ou plusieurs emplacements mémoire sont disponibles, l'écriture des données dans ces emplacements mémoire est alors autorisée (étape 25).

 Dans le cas contraire, l'écriture est non autorisée (étape 24).

10 L'émulateur est ensuite stoppé (étape 26). Les horloges système de l'émulateur sont arrêtées et l'émulateur est par conséquent figé.

 L'étape d'arrêt de l'émulateur est effectuée par les deuxièmes moyens de commande MC2.

15 A ce stade, les premiers moyens de sauvegarde MSV1 effectuent une sauvegarde (étape 27 figure 2) d'un premier fichier F1 représentatif de l'état de l'émulateur lors de son arrêt (états des registres, des bascules, contenus de mémoires, valeurs des index de pointage mémoire, ...).

20 Une telle opération est également classique et connue en soi par l'homme du métier.

 La sauvegarde du fichier F1 peut être effectuée par exemple sur le disque dur HD (figure 1) de la station hôte HWS.

25 Après arrêt de l'émulateur 26, les troisièmes moyens de commande MC3 déconnectent (étape 28) le processus logiciel applicatif du module de gestion MG de l'interface INT1. Cette déconnexion est effectuée par un appel système et à ce stade, le processus logiciel applicatif ne peut plus accéder à l'interface INT1.

30 Le pilote de l'émulateur est alors fermé. L'opération de fermeture d'un pilote est classique et connue en soi et est décrite par exemple dans l'ouvrage de O'Reilly et A. Rubini intitulé « Linux Device Drivers » première édition, Février 1998, page 51.

 Le processus logiciel applicatif ne peut donc plus avoir accès à l'émulateur.

Les deuxièmes moyens de sauvegarde MSV2 effectuent ensuite une sauvegarde 29 d'un fichier de programmes exécutables F2 représentatifs de l'état du processus logiciel applicatif lors de son arrêt.

5 Plusieurs possibilités sont possibles pour la sauvegarde 29 du fichier de programmes exécutable F2.

En effet, comme illustré sur la figure 3, la sauvegarde 29 du fichier F2 peut être effectuée, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion d'interface, par un outil informatique spécifique dans un fichier de mémoire de type mémoire morte (ROM), par exemple sur le disque dur HD de la station hôte. Un exemple d'un tel outil spécifique est l'outil DMTCP décrit par exemple dans l'article de Ansel et autres intitulé « DMTCP : Transparent Checkpointing for Cluster Computations and the Desktop », Symposium on Parallel and Distributed Processing, 2009, IPDPS 2009, IEEE International, ou bien dans l'article intitulé « Transparent User-Level Chekpointing for the Native POSIX Thread Library for Linux », conference : « Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications », 2006.

En variante, la sauvegarde du fichier de programmes exécutables F2 peut être effectuée, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, par le système d'exploitation de la station hôte dans un fichier de mémoire virtuelle, par exemple dans la partie de disque dur communément désignée par l'homme du métier sous le vocable anglosaxon de « swap ».

25 Une telle variante est par exemple utilisée dans le cas où l'on souhaite suspendre la vérification fonctionnelle de façon à libérer temporairement l'émulateur pour exécuter une autre vérification fonctionnelle ou pour autoriser les opérations de maintenance de l'émulateur sans qu'il soit nécessaire de terminer toutes les vérifications fonctionnelles en cours. Dans une implémentation utilisant un environnement Unix/Linux, la suspension du processus logiciel peut être effectuée en envoyant une commande : « SIGSTOP » à ce processus logiciel. Le processus logiciel reste alors gelé dans le fichier de mémoire virtuelle de la station hôte. Ceci permet également

de libérer de la puissance de calcul ainsi que de l'espace mémoire. Une commande SIGSTOP est classique et connue par l'homme du métier. Celui-ci pourra également se référer à toute fins utiles à l'ouvrage intitulé « Advanced Unix Programming », deuxième édition, 2004, Adison Wesley, M.J. Rochkind.

5 La déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion MG de l'interface INT1, est effectuée avant de faire la sauvegarde F2, car ni le système d'exploitation (« Operating System : OS ») ni les outils classiques de sauvegarde de logiciels, par exemple 10 l'outil DMTCP, ne permettent de refaire l'initialisation du module depuis le processus logiciel.

Par ailleurs, cette déconnexion préalablement à la sauvegarde du fichier F2 est obligatoire dans le mode « suspend » (suspension du test en cours) pour pouvoir réutiliser l'émulateur avec un autre logiciel 15 applicatif.

La sauvegarde du premier fichier F1 représentatif de l'état de l'émulateur lors de son arrêt est généralement faite en deux sous-étapes. La première, référencée 27a, est la récupération de toutes les informations de l'émulateur et leur sauvegarde dans une mémoire M1 20 de la station hôte. La deuxième, référencée 27b, est la sauvegarde de ces informations dans le fichier F1 sur le disque dur.

La sauvegarde du premier fichier F1 (sous-étapes 27a et 27b) peut être effectuée avant la déconnexion 28 du processus logiciel applicatif du module de gestion MG de l'interface.

25 En variante, dans certains cas, la deuxième sous-étape 27b peut être effectuée en tâche de fond, parallèlement à la déconnexion 28 et à la sauvegarde 29 du fichier F2.

On se réfère maintenant plus particulièrement à la figure 4 pour décrire une restauration de l'état sauvegardé de façon à poursuivre la 30 vérification fonctionnelle du circuit sous test émulé et de son environnement de test.

Généralement, lors de cette opération de restauration, les adresses de l'interface INT1 et de la mémoire partagée SM ont changé. Aussi, après chargement 40 du fichier F2 dans la mémoire programme

de la station hôte, on procède à une reconnexion du processus logiciel (étape 41) avec réinitialisation des adresses de l'interface INT1 et de la mémoire partagée.

5 Ce chargement 40 du fichier F2 dans la mémoire programme de la station hôte et la reconnexion du processus logiciel au module de gestion MG de l'interface 41 sont effectués par les premiers moyens de traitement MT1.

10 Par ailleurs, les deuxièmes moyens de traitement MT2 rechargent l'état de l'émulateur (étape 42) à partir du premier fichier sauvegardé F1. Le rechargement de l'état de l'émulateur nécessite la réouverture du pilote de l'émulateur. Cette opération de réouverture du pilote est par exemple également décrite dans l'ouvrage de O'Reilly et A. Rubini mentionné ci-avant.

15 Puis, les moyens de commande MCR redémarrent l'émulateur (étape 43) et le processus logiciel (étape 44).

Il convient de noter que lorsque l'on a effectué une suspension du test en cours, le réveil (étape 44) du processus logiciel applicatif peut être effectué en envoyant une commande « SIGCONT » à ce processus dans un environnement Unix/Linux.

20 L'invention permet ainsi de sauvegarder l'état d'un circuit sous test émulé dans un émulateur et de son environnement de test et de restaurer cet état sans pertes de données et sans nécessiter d'écriture de procédures spécifiques par des développeurs logiciels pour sauvegarder les données traitées par les processus logiciels et par l'émulateur.

25 L'invention n'est pas limitée aux modes de mise en œuvre et de réalisation qui viennent d'être décrits mais en embrasse toutes les variantes. Ainsi, lorsque plusieurs logiciels applicatifs tournent sur la station hôte, les étapes 20 et 21 de la figure 2 sont exécutées pour chaque logiciel applicatif avant arrêt de l'émulateur.

30 De même, les étapes 28, 29, 40 et 41 ainsi que l'étape 44 sont effectuées pour chacun des logiciels applicatifs.

Par ailleurs dans certains cas, il est possible de communiquer depuis la station-hôte vers l'émulateur en utilisant la mémoire

partagée pour envoyer des données dans l'émulateur. Ce mécanisme est connu par l'homme du métier sous l'acronyme DMA (Direct Memory Access).

5 Plus précisément, le processus logiciel applicatif écrit les données dans la mémoire partagée, spécifie à l'émulateur l'adresse et le nombre de ces données dans la mémoire partagée ainsi que l'adresse de destination des données dans l'émulateur, puis il commande à l'émulateur de commencer le transfert. L'émulateur lit les données dans la mémoire partagée et les écrit dans les ressources à l'adresse
10 spécifiée, puis la fin du transfert est signifiée au processus logiciel applicatif.

Aussi, comme illustré sur la figure 5, dans le cas où des transferts DMA sont en cours (étape 50), il faut attendre que les transferts en cours soient tous terminés (étape 51) avant d'arrêter
15 l'émulateur.

Et si cet envoi de données déclenche une réponse de l'émulateur, cette réponse doit être faite s'il y a des emplacements libres dans la mémoire partagée, avant que d'autres données éventuelles ne résultant pas de ces transferts puissent être écrites s'il
20 reste des emplacements libres.

Les autres étapes de la figure 5 sont identiques aux étapes correspondantes de la figure 2.

REVENDICATIONS

1. Procédé de sauvegarde d'au moins un état d'un circuit sous test et de son environnement de test, le circuit sous test étant émulé dans un émulateur et l'environnement de test mettant en œuvre au moins un processus logiciel applicatif, exempt d'un propre mécanisme de sauvegarde de son état, exécuté sur une station hôte (HWS) communiquant avec l'émulateur par l'intermédiaire d'une interface (INT1) gérée par un module de gestion (MG) au sein de la station hôte, l'émulateur (EMU) communiquant en écriture avec le processus logiciel applicatif par l'intermédiaire d'une mémoire partagée (SM) lue au moins par ledit processus logiciel, le procédé comprenant un arrêt (20) du processus logiciel applicatif avec figeage (21) des données de test et des pointeurs d'adresses dans la mémoire partagée, un arrêt de l'émulateur, l'écriture de données par l'émulateur dans la mémoire partagée entre l'arrêt du processus logiciel et l'arrêt de l'émulateur n'étant autorisé qu'en présence d'emplacements mémoire disponibles dans la mémoire partagée, une sauvegarde (27) d'un premier fichier (F1) représentatif de l'état de l'émulateur lors de son arrêt, une déconnexion (28) du processus logiciel applicatif dudit module de gestion de l'interface, et une sauvegarde (29) d'un fichier de programme exécutable (F2) représentatif de l'état du processus logiciel applicatif lors de son arrêt.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la sauvegarde (29) du fichier de programme exécutable est effectuée, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, par le système d'exploitation de la station hôte dans un fichier de mémoire virtuelle.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la sauvegarde (29) du fichier de programme exécutable est effectuée, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, par un outil informatique spécifique dans un fichier de mémoire de type ROM.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une partie (27b) de la sauvegarde du premier fichier est effectuée en tâche de fond parallèlement à la déconnexion du processus logiciel applicatif et à la sauvegarde du fichier de programme exécutable.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la mémoire partagée est lue par l'émulateur lors de transfert de données émanant du processus logiciel applicatif à destination de l'émulateur, et le procédé comprend, après l'arrêt du processus logiciel applicatif et avant l'arrêt de l'émulateur, une poursuite (51) des transferts en cours jusqu'à ce qu'ils soient terminés, et en présence d'emplacements libres dans la mémoire partagée, l'écriture dans la mémoire partagée par l'émulateur de données résultant de ces transferts est prioritaire.

6. Procédé de restauration d'un état d'un circuit sous test et de son environnement de test sauvegardé par le procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant un chargement (40) du fichier de programme exécutable (F2) dans une mémoire programme de la station hôte, une reconnexion (41) du processus logiciel au module de gestion de ladite interface avec réinitialisation des adresses de ladite interface et de ladite mémoire partagée dans les registres du processus logiciel, un rechargement de l'état (42) de l'émulateur à partir du premier fichier sauvegardé (F1), un lancement (43) de l'émulateur et un lancement (44) du processus logiciel.

7. Dispositif de sauvegarde d'au moins un état d'un circuit sous test et de son environnement de test, le circuit sous test (DUT) étant destiné à être émulé dans un émulateur (EMU) et l'environnement de test étant destiné à mettre en œuvre au moins un processus logiciel applicatif, exempt d'un propre mécanisme de sauvegarde de son état, exécutable sur une station hôte (HWS) configurée pour communiquer avec l'émulateur par l'intermédiaire d'une interface gérée par un module de gestion au sein de la station hôte, l'émulateur étant configuré pour communiquer en écriture avec le processus logiciel applicatif par l'intermédiaire d'une mémoire

partagée configurée pour être lue au moins par ledit processus logiciel, le dispositif comprenant des premiers moyens de commande (MC1) configurés pour arrêter le processus logiciel applicatif avec figeage des données de test et des pointeurs d'adresses dans la
5 mémoire partagée, des deuxièmes moyens de commande (MC2) configurés pour arrêter l'émulateur et pour n'autoriser l'écriture de données par l'émulateur dans la mémoire partagée entre l'arrêt du processus logiciel et l'arrêt de l'émulateur qu'en présence d'emplacements mémoire disponibles dans la mémoire partagée, des
10 premiers moyens de sauvegarde (MSV1) configurés pour effectuer une sauvegarde d'un premier fichier représentatif de l'état de l'émulateur lors de son arrêt, des troisièmes moyens de commande (MC3) configurés pour déconnecter le processus logiciel applicatif dudit module de gestion de l'interface, et des deuxièmes moyens de
15 sauvegarde (MSV2) configurés pour effectuer une sauvegarde d'un fichier de programme exécutable représentatif de l'état du processus logiciel applicatif lors de son arrêt.

8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel les deuxièmes moyens de sauvegarde (MSV2) comprennent le système
20 d'exploitation de la station hôte configuré pour effectuer la sauvegarde du fichier de programme exécutable, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, dans un fichier de mémoire virtuelle.

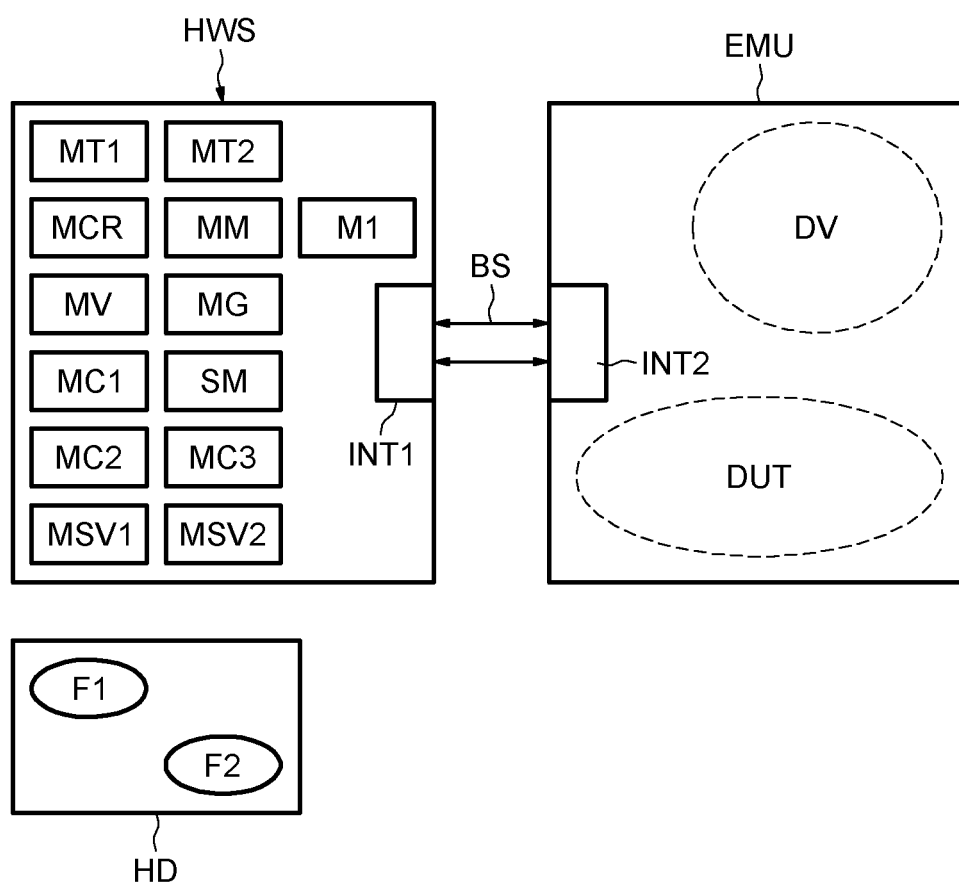
9. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel les deuxièmes moyens de sauvegarde (MSV2) comprennent un outil
25 informatique spécifique configuré pour effectuer la sauvegarde du fichier de programme exécutable, après déconnexion du processus logiciel applicatif du module de gestion de l'interface, dans un fichier de mémoire de type ROM.

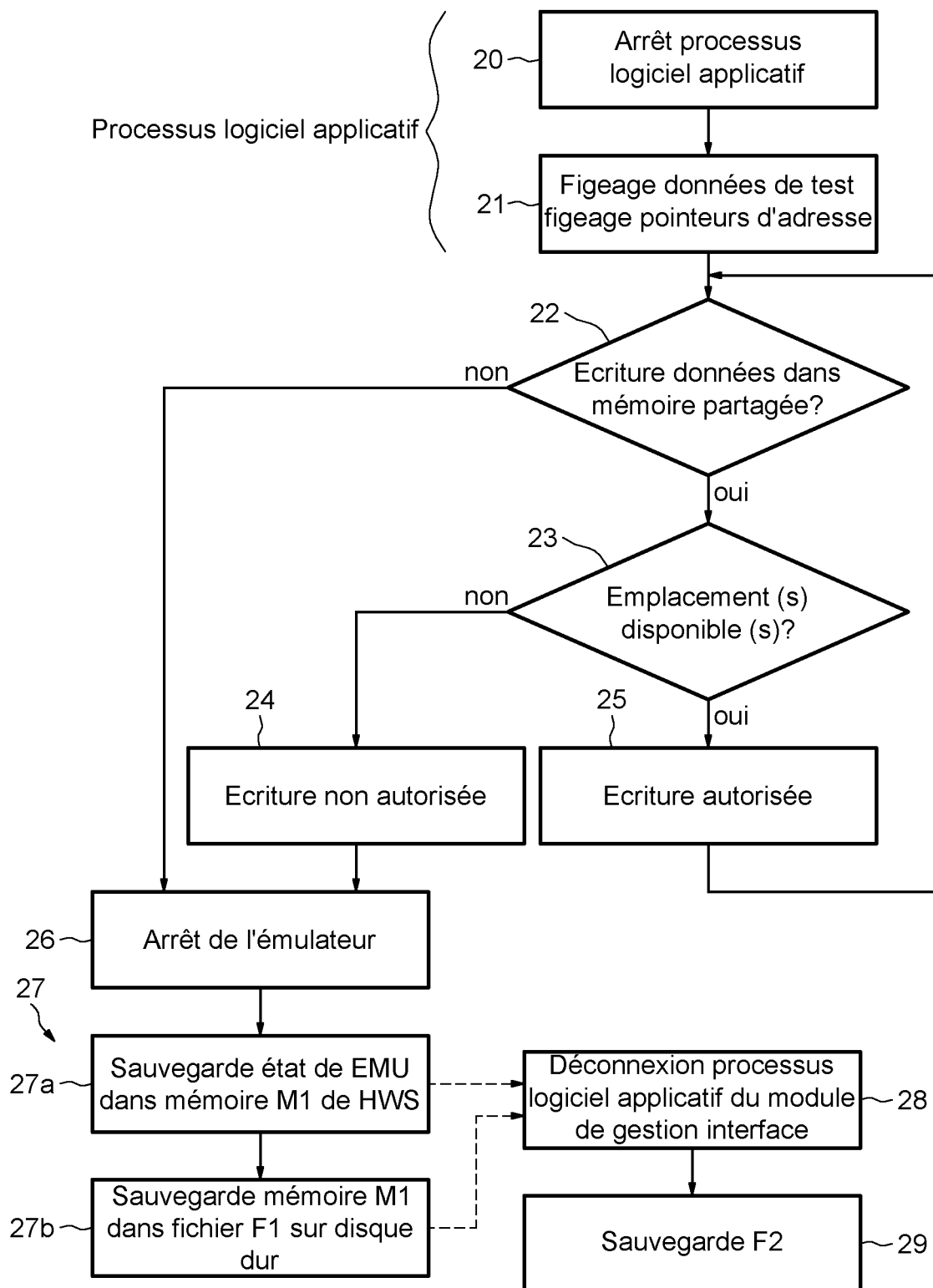
30 10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel les premiers moyens de sauvegarde (MSV1) sont configurés pour effectuer une partie la sauvegarde du premier fichier en tâche de fond parallèlement à la déconnexion du processus logiciel applicatif et à la sauvegarde du fichier de programme exécutable.

11. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 10, dans lequel la mémoire partagée est lue par l'émulateur lors de transfert de données émanant du processus logiciel applicatif à destination de l'émulateur, les deuxièmes moyens de commande (MC2) sont en outre
5 configurés pour, après l'arrêt du processus logiciel applicatif et avant l'arrêt de l'émulateur, autoriser une poursuite des transferts en cours jusqu'à ce qu'ils soient terminés, et en présence d'emplacement libres dans la mémoire partagée, autoriser prioritairement l'écriture dans la mémoire partagée par l'émulateur de données résultant de ces
10 transferts.

12. Dispositif de restauration d'au moins un état d'un circuit sous test et de son environnement de test sauvegardé par le dispositif selon l'une des revendications 7 à 11, comprenant des premiers
15 moyens de traitement (MT1) configurés pour charger le fichier de programme exécutable dans une mémoire programme de la station hôte, et pour reconnecter le processus logiciel au module de gestion de ladite interface avec réinitialisation des adresses de ladite interface et de ladite mémoire partagée dans les registres du processus logiciel, des deuxièmes moyens de traitement (MT2) configurés pour recharger
20 l'état de l'émulateur à partir du premier fichier sauvegardé, et des moyens de commande (MCR) configurés pour redémarrer l'émulateur et le processus logiciel.

1/4
FIG. 1



2/4
FIG.2

3/4
FIG.3

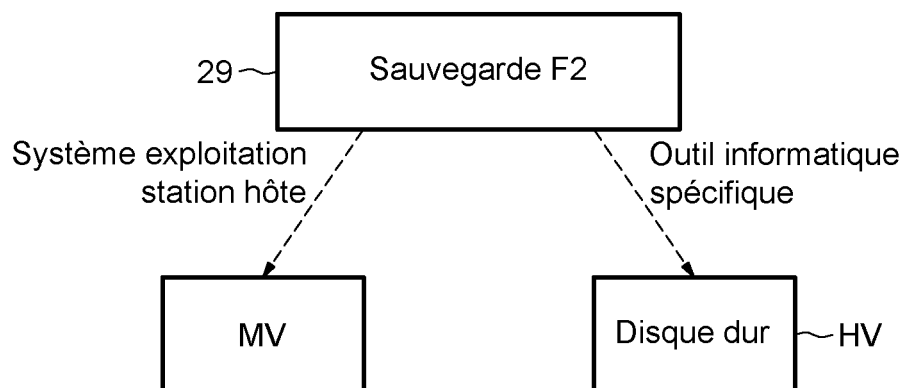
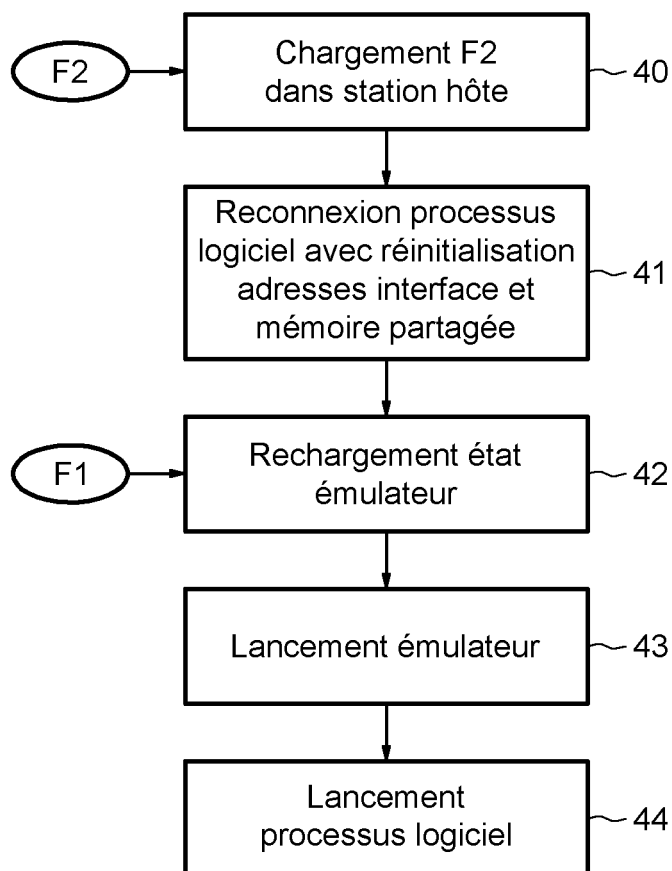
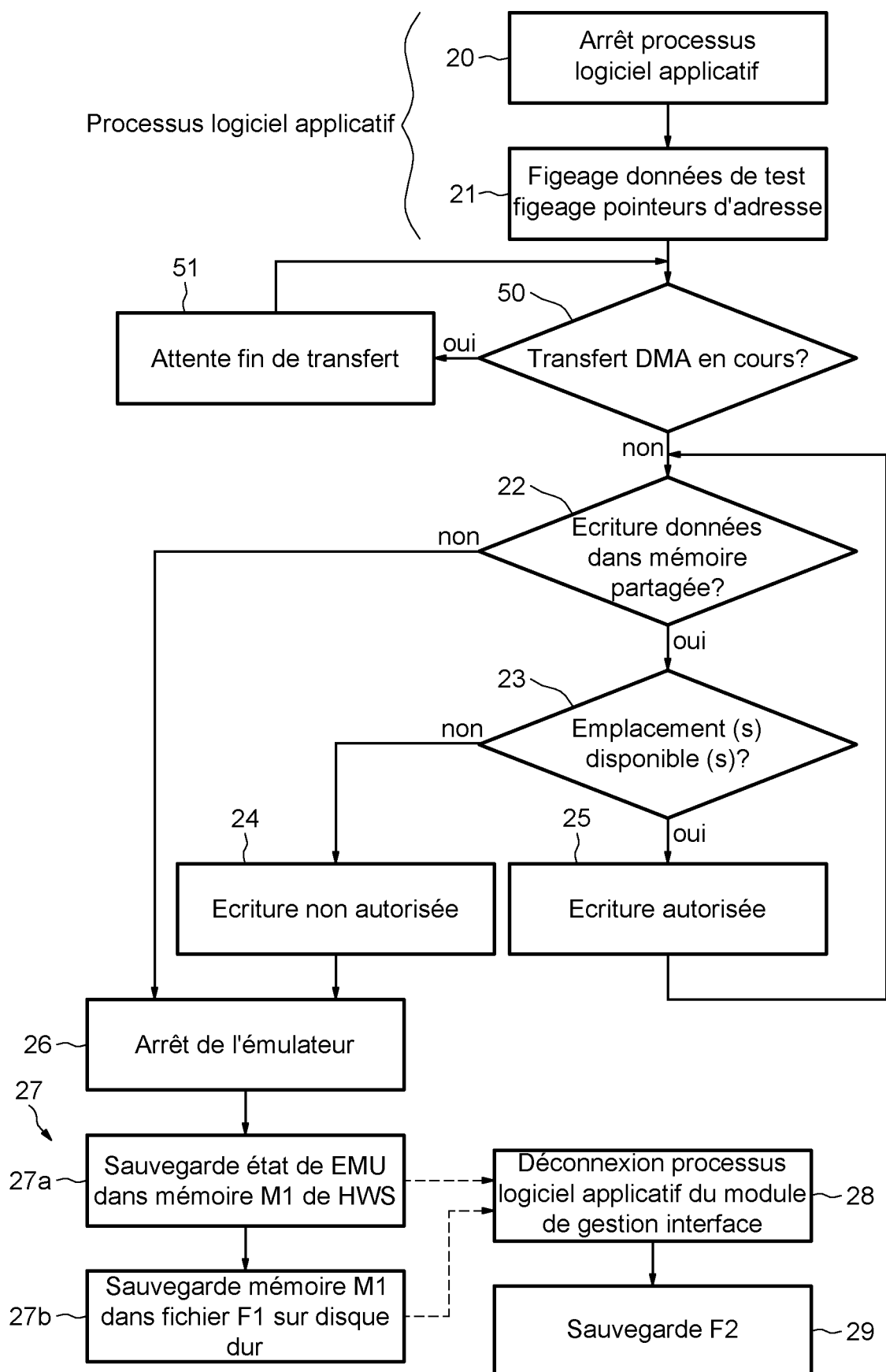


FIG.4



4/4
FIG.5





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 773969
FR 1259376

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 411 904 A2 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 6 février 1991 (1991-02-06) * abrégé * * page 6, ligne 43 - page 7, ligne 52 * * figures 1-3 *	1-12	G06F9/312 G06F9/455 G06F11/36
A	EP 0 849 671 A2 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 24 juin 1998 (1998-06-24) * abrégé * * page 5, ligne 45 - page 6, ligne 49 * * figure 1 *	1-12	
A	US 2008/320333 A1 (WATSON BRIAN [US]) 25 décembre 2008 (2008-12-25) * le document en entier *	1-12	
A	"Standard Co-Emulation Modeling Interface (SCE-MI) Reference Manual DRAFT Version 1.0", INTERNET CITATION, 29 mai 2003 (2003-05-29), XP002440606, Extrait de l'Internet: URL: http://www.eda.org/itc/scemi.pdf [extrait le 2007-07-03] * alinéas [01.2], [01.3] * * alinéa [3.1.12] *	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G06F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 avril 2013		Knapczyk, Frédéric	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1259376 FA 773969

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **05-04-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0411904 A2	06-02-1991	EP 0411904 A2	06-02-1991
		JP H03148732 A	25-06-1991

EP 0849671 A2	24-06-1998	DE 69729057 D1	17-06-2004
		DE 69729057 T2	12-05-2005
		EP 0849671 A2	24-06-1998
		JP H10187491 A	21-07-1998
		JP 2007004832 A	11-01-2007
		US 6065106 A	16-05-2000

US 2008320333 A1	25-12-2008	US 2008320333 A1	25-12-2008
		US 2010205477 A1	12-08-2010
