Embedded PMBus simplifie la réalisation de systèmes d'alimentation complexes

par Patrick Le Fèvre, Directeur Marketing et Communication, Ericsson Power Modules

Pour les architectes de solutions sur silicium faisant appel à des ASIC et/ou des FPGA de pointe, le recours à des cœurs logiques denses opérant à de très faibles tensions d'alimentation tandis que les E/S tournent sous un rail d'alimentation VDC de 3,3 V est devenu une fonction clé de plus en plus utilisée pour gérer la consommation. Pour les concepteurs de systèmes d'alimentation, la nécessité d'appliquer et de couper une tension selon une séquence prédéfinie liée au dispositif est au contraire une nuisance qui peut rapidement se révéler difficile à gérer avec de multiples éléments de profils différents et des interactions complexes.

Le séquencement de l'alimentation évite des conditions de verrouillage auxquelles de nombreux designers se retrouvent confrontés puisque les logiques en CMOS commencent à rivaliser les vitesses obtenues avec de la TTL. Le scénario typique inclut un signal se baladant loin en-dessous de la masse avec des flancs de montée/descente rapides qui créent des potentiels négatifs déclenchant des courants potentiellement destructeurs. Une issue fatale similaire peut se produire lors de l'application erronée des tensions à des dispositifs avec de multiples rails d'alimentation (ou bien lorsque l'ordre d'application des tensions n'est pas respecté). La plupart du temps, le cœur logique a besoin d'une alimentation et d'un délai suffisant pour se stabiliser avant de permettre l'accès aux périphériques et/ou aux E/S, ce qui n'est pas toujours prévu par le système.

D'autres complications surgissent lorsqu'il y a une limitation sur le temps de montée de l'alimentation afin d'atténuer la dégradation de la tension et d'assurer que les dispositifs s'initialisent correctement. Exemple : dans l'architecture SmartFusion2 d'Actel, le circuit de mise sous tension exige que la tension VDD monte par saut de 50 µs, 100 µs, 1 ms, ou 100 ms. En simplifiant les tâches en autonomie avec un circuit intégré basique de gestion de l'alimentation (power-management IC, ou PMIC) et quelques composants passifs suffisent virtuellement pour tout convertisseur analogique avec des broches *enable* et *feedback*. Mais des applications systèmes – ou toute solution exigeant une pérennité – bénéficiera du contrôle infiniment plus souple embarqué dans les produits d'alimentation numériques modulaires actuels.

Des séquenceurs analogiques pour des solutions simples

Les circuits intégrés de contrôle de séquencement élémentaires se composent d'étages de comparaison, de délais et de commande. Lorsque le flanc ascendant du rail d'entrée croise une certaine tension de seuil, le circuit attend pendant un laps de temps généralement prédéfini à l'aide d'un condensateur avant de permettre la conversion suivante prévue par la séquence. Théoriquement, cette stratégie de bas coût peut être répétée indéfiniment, mais le manque de synchronisation et des éléments analogiques qui dérivent en température et dans le temps en limitent la précision. Il n'y pas de marge pour la coupure séquentielle des alimentations à la mise hors tension, et tout ajustement exige un changement des composants passifs.

Une plus grande densité d'intégration donne des PMIC qui contrôlent en général quatre à huit convertisseurs et peuvent autoriser le séquencement lors de la mise hors tension. Des variations incluent même des dispositifs avec des pompes de charge sur la puce qui renforcent les MOSFET canal N externes. Des concepteurs analogiques capables devineront un niveau de contrôle du temps de montée en sélectionnant des MOSFET avec des caractéristiques de charge qui ralentissent le signal de commande pour générer la montée en tension.

Des protocoles PMBus révolutionnent le contrôle de la consommation

Des PMIC signaux mixtes programmables au travers de protocoles PMBus offrent plus de possibilités. Les dispositifs typiques servent à réaliser des convertisseurs analogiques, mesurant des tensions et des courants tout en contrôlant chaque tension de sortie au travers d'un CNA. Un temporisateur programmable gère l'entrée *enable* de chaque convertisseur pour le séquencement tandis que la fonction *soft-start* traite les flancs de montée des sorties du CNA. Une EEPROM interne stocke les données de configuration et peut enregistrer des paramètres du système en fonctionnement avec des registres maintenant des seuils interdits qui aident à la surveillance de fautes et la récupération. Il est souvent possible de synchroniser de multiples PMIC par des liaisons matérielles.

L'utilisation de ces PMIC autorise des convertisseurs analogiques « sans intelligence » à accéder à des environnements systèmes modernes. Ceci peut sembler attractif mais d'une portée limitée pour des composants modulaires alors que l'utilisateur de convertisseurs propriétaires modifie la topologique du circuit imprimé (« composant invisible ») et peut impacter la performance. Les adeptes peuvent argumenter que le principal avantage (non avoué toutefois) réside dans l'évitement d'une technologie de conversion numérique de puissance que d'aucuns considèrent comme une tâche difficile. Mais il n'est pas nécessaire de saisir le fonctionnement du traitement numérique du signal pour mettre en œuvre un convertisseur numérique modulaire, tout comme il n'est pas besoin de comprendre la théorie de la boucle de contrôle analogique. Ce travail a été fait à votre place, et l'accès aux paramètres déterminant les réponses dynamiques d'un convertisseur numérique reste possible avec juste quelques clics de souris.

Des convertisseurs numériques correctement réalisés fonctionnent sans souci comme des solutions autonomes de conversion analogique mais avec de meilleures qualités aux plans rendement, densité de puissance et performance électrique. Les convertisseurs numériques sont parfaits au niveau système où des applications depuis le *data-logging* jusqu'à la gestion adaptative d'énergie prouve les possibilités de PMBus. Ce protocole de gestion de consommation (standard ouvert) insère le langage de commande dans un matériel compatible SMBus, un bus série à 2 conducteurs pour des applications au niveau de la carte électronique. Parmi les connexions optionnelles figurent une liaison d'interruption SMBALERT# et un signal de contrôle CONTROL (*enable*). Une entrée *write-protect* est aussi disponible sur option, alors que la conception propriétaire d'Ericsson réduit l'adresse logique standard sur 7 bits à deux conducteurs – voir figure 1.

Le langage de commande PMBus comprend des commandes générales et des commandes spécifiques qui offrent un niveau inédit de contrôle s'il est utilisé avec des dispositifs le supportant entièrement. Les protocoles déterminent que des dispositifs compatibles peuvent être mis sous tension et opérés sans supervision de l'hôte, alors qu'une fonction *set-&-forget* permet de programmer des dispositifs avec des données de configuration qui sont conservés jusqu'à une nouvelle reprogrammation. En se basant sur des avantages logistiques bien connus dans le monde des PLD, il est possible de programmer un convertisseur numérique aussi bien à de nombreuses étapes avant et pendant la production de l'équipement final que dynamiquement dans un système cible. Les spécifications PMBus v2.0 sont disponibles gratuitement sur le site [www.pmbus.org.](http://www.pmbus.org)

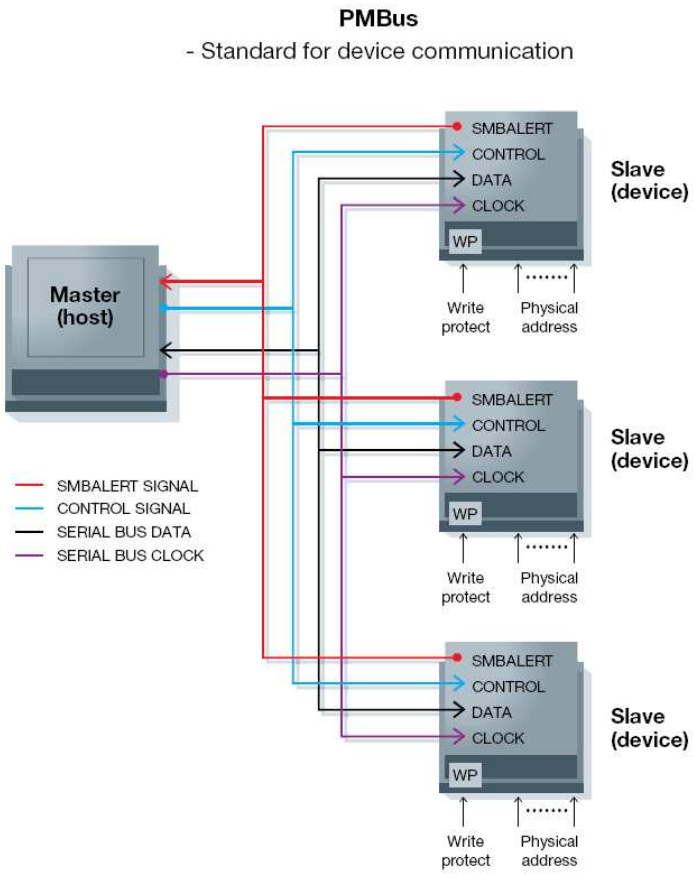

Figure 1. Le protocole PMBus n'exige qu'une surface réduite pour un contrôle inédit

Les convertisseurs numériques simplifient le séquencement du rail d'alimentation

Le séquencement de la tension d'alimentation dispose de sa propre section au sein du langage de commande du PMBus. Le Tableau 1 montre des exemples de quatre commandes standards avec une commande du signal *power-good* qui est spécifique à la gamme 3E de POL numériques d'Ericsson.

PMBus command	Command Code	Values for 3E-series POLs			Description
	(hexadecimal)	ex-factory	range	resolution	
TON_DELAY	0x60	10 ms	0 - 500 s	125 ns	**turn-on delay** from asserting Enable to output voltage rising
TON_RISE	0x61	10 ms	0 - 200 ms	12.5 us	output voltage **turn-on risetime** after Enable and TON_DELAY
TOFF_DELAY	0x64	10 ms	0 - 500 s	125 ns	**turn-off delay** from negating Enable to output voltage falling
TOFF_FALL	0x65	10 ms	0 - 200 ms	12.5 us	output voltage **turn-off fall** time after TOFF_DELAY and negating Enable
POWER_GOOD_DELAY	0xD4	10 ms	0 - 500 ms	125 ns	**power-good signal delay** after output voltage > power-good threshold

Tableau 1.

Ces dispositifs supportent quatre modes de séquencement qui répondent à toutes les applications du monde réel. Le séquencement dans le temps est une stratégie simple qui relie matériellement la broche de contrôle de chaque convertisseur dans le groupe de séquencement au signal *Enable*. Quand le signal *Enable* devient actif, chaque convertisseur attend un délai prédéfini avant que sa sortie ne commence à monter en puissance. La somme des délais et des temps de montée détermine la position du convertisseur par comparaison avec les autres dispositifs du groupe. Le séquencement à la mise hors tension est disponible pour tous les produits de la gamme 3E, et peut utiliser différentes valeurs de la mise sous tension. La précision globale du timing dépend des différents convertisseurs individuels mais une erreur typique de ±0,25% est négligeable dans la plupart des applications.

Pour le séquencement en fonction des événements, le signal de sortie *Power-Good* d'un convertisseur est matériellement relié à l'entée *Control* du prochain dispositif dans la séquence. Ainsi, la sortie d'un rail démarre le suivant avec un délai de démarrage, et l'ordre s'inverse à la mise hors tension. Une variation de cette stratégie substitue le *Global Communications Bus* (GCB) qui apparaît dans les POL numériques de 2e génération d'Ericsson pour fournir les signaux *Power-Good*, avec la commande PMBus Sequence configurant l'ordre des dispositifs au sein du groupe de séquencement. Le GCB est un bus série à un seul conducteur qui relie les contrôleurs numériques dans des produits compatibles afin de supporter des fonctions comme l'étalement de panne et l'étalement de phase (*fault-* et *phase-spreading)* qui profitent d'une synchronisation précise, et parallèlement améliorent la souplesse de l'application en remplaçant des connexions par des commandes logicielles.

Le suivi de tension est la 4e méthode, dans laquelle la sortie tension d'un convertisseur « maître » est reliée à une broche d'entrée analogique d'un ou plusieurs convertisseurs « esclaves » pour servir de référence. Les esclaves imitent ensuite le délai lors de la mise sous tension et le flanc de montée du maître en fonction des options de configuration qui garantissent un comportement solide dans des conditions comme, par exemple, une panne du maître à respecter sa tension de seuil *Power-Good*.

Un processus numérique simplifie des applications complexes

Comme d'autres composants numériques programmables, la gamme de convertisseurs 3E profite d'une série de matériels et logiciels d'évaluation qui permettent d'accéder immédiatement

et facilement à leurs possibilités. Une carte d'évaluation qui accommode une paire de convertisseurs à bus intermédiaire avancé et s'insère dans une carte électronique peuplée d'un choix de POL pour créer un mini-système est par exemple disponible.

Un adaptateur relie le matériel PMBus à la suite logicielle Power Designer présente sur un PC afin de satisfaire les utilisateurs souhaitant simplement se familiariser avec le protocole PMBus PAR LE BIAIS d'une conception et d'un développement système complexe. Le matériel est suffisamment solide pour tenir de forts courants tandis que des outils qui s'étendent du traçage PMBus à la génération de fichiers de configuration pour la production complètent les fonctions extensives de contrôle du logiciel. Un avant-goût du style d'interface est visible sur la figure 2, qui décrit un exemple de séquencement d'événements se basant sur le bus GCB, avec le rail MCU_3,3 V configuré pour démarrer en premier après un délai de mise en route de 10 ms avec les tensions plus basses arrivant par la suite.



Figure 2. L'interface Power Designer montre le réglage du séquencement d'événements sur la base du bus GCB