

Simulateur de transitoires sur réseau électrique automobile selon ISO 7637-1

Ir H. COPPENS d'EECKENBRUGGE
PIERRARD – Virton
Ing. S. GEORGES
PIERRARD - Virton

Le travail consiste en la réalisation d'un générateur de signaux électriques transitoires destiné aux tests de contrôleurs sur réseau électrique automobile. Le générateur sera intégré dans le circuit électronique à la place de la batterie 12 V et simulera différents signaux transitoires pouvant affecter la tension de la batterie. Les caractéristiques de ces différentes tensions transitoires sont reprises dans la norme ISO 7637-1.

Mots-clés : Norme ISO7637-1, signaux transitoires, électronique automobile.

The work consists in the realization of a generator of transitory electric signals meant for the tests of regulators on the automobile electric network. The generator will be integrated in the electronic circuit instead of the 12 V battery and will simulate several transitory signals which could affect the battery tension. The characteristics of these transitory tensions are included in the ISO 7637-1 standard.

Keywords : ISO 7637-1 standard, transitory signals, automobile electronics.

1. Description du travail

L'étude décrite ci-dessous a été réalisée pour la société Delphi Technical Center Luxembourg. Elle consiste en la réalisation d'un générateur de signaux électriques transitoires destiné aux tests de contrôleurs sur réseau électrique automobile. Le générateur sera intégré dans le circuit électronique à la place de la batterie 12 V et simulera différents signaux transitoires pouvant affecter la tension de la batterie. Les caractéristiques de ces différentes tensions transitoires sont reprises dans la norme ISO 7637-1. Le simulateur devra être capable de délivrer un courant moyen de 15A avec des pointes de courant pouvant aller jusqu'à 20A. Une interface utilisateur via un programme sur ordinateur permettra de paramétrer totalement les différents signaux transitoires. Un microcontrôleur PIC communiquera avec le PC via une interface USB et permettra la génération d'un signal MLI (Modulation en Largeur d'Impulsion) variable.

Comme le lecteur pourra s'en rendre compte, le sujet concerne plusieurs secteurs : l'électronique pour la gestion des signaux électriques, l'électricité dans la partie alimentation, la programmation orientée objet dans la réalisation d'un programme informatique servant d'interface « homme machine », mais également une programmation plus traditionnelle pour la mise en œuvre des signaux en rapport avec les paramètres introduits par l'utilisateur, et enfin l'interface entre l'ordinateur et le générateur qui permet le transfert des données.

Dans la suite de cet article, nous décrivons la démarche adoptée dans l'approche de ce projet mais également les solutions envisagées et une description détaillée de la méthodologie retenue.

2. Des données du problème aux solutions.

2.2 Description de la norme

La norme ISO 7637-1 a pour objet la définition des exigences à respecter afin d'assurer la tenue électrique et la Compatibilité Electromagnétique (CEM) des véhicules (véhicules particuliers et petits véhicules utilitaires) et des équipements électriques, électroniques et pyrotechniques associés.

Elle consiste en la présentation d'une suite de tests à effectuer sur des composants électroniques destinés au réseau électrique automobile. Ainsi, elle définit clairement les procédures à suivre pour effectuer ces tests, c'est-à-dire leurs durées, leurs topologies, leurs conditions d'ambiance.

Elle décrit également de multiples formes de signaux à produire. Seuls les tests pouvant être réalisés à l'aide du générateur sont abordés dans cet article.

Commençons par détailler les normes concernées.

Impulsion 4 bis

Elle simule la chute de tension d'une batterie lors de l'allumage du moteur d'une voiture. L'ondulation en sinus simule les impulsions données par le démarreur.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- alimentation pouvant descendre jusqu'à 4,9V (chute de $\pm 8,5V$)
- 5 impulsions espacées de 1 minute
- temps de descente $\leq 5ms$
- temps de montée 100ms

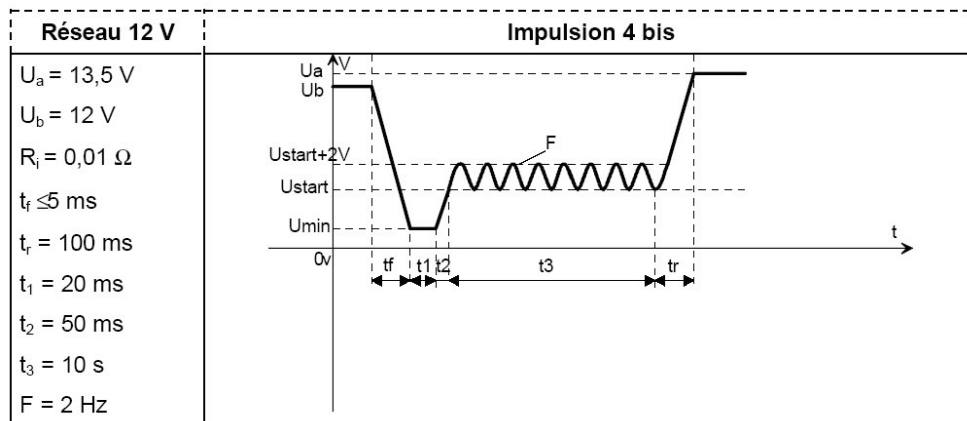


Figure 1 : Signal d'impulsion 4 bis et ses paramètres

Microcoupures d'alimentation

Par ce test, on vérifie l'immunité des équipements aux microcoupures d'alimentation dues à des contacts imparfaits.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- microcoupures de $1 \mu\text{s}$ (connecteurs).
- microcoupures de $100 \mu\text{s}$ (relais).
- microcoupures de 5 ms (contacteurs).
- durée de l'essai : minimum 10 min .

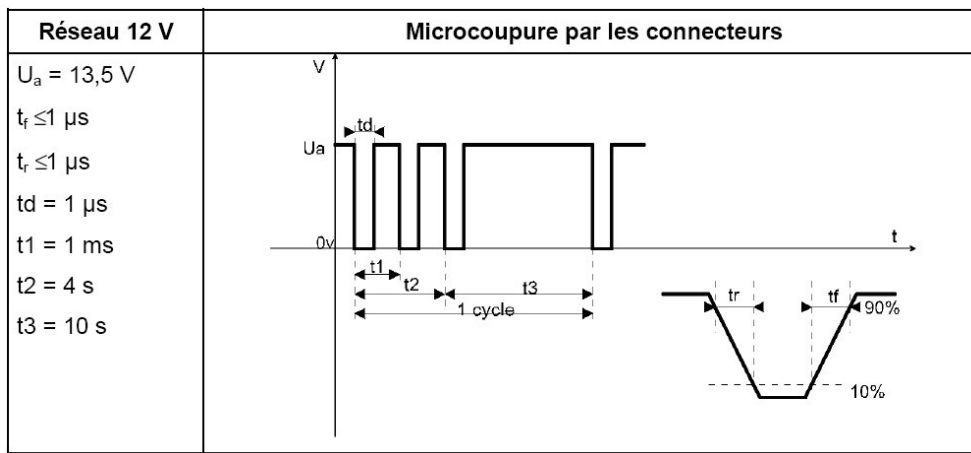


Figure 2 : Signaux de microcoupures d'alimentation et leurs paramètres

Essai de réinitialisation

Cet essai est destiné à vérifier la bonne réinitialisation des équipements lors de fluctuations du réseau de bord.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- chute de tension jusqu'à 0 V par pas de moins 5% .
- temps t_d de fluctuation : 5 s , temps de cycle $T = 15 \text{ s}$.

2.2 Solutions envisagées

Pour la génération des signaux, une première idée fut d'échantillonner le signal à générer et d'ensuite stocker les données dans une mémoire avant de les envoyer vers un convertisseur numérique-analogique afin de restituer le signal en tension continue. Une seconde solution fut d'utiliser un système constitué de bascules afin de passer d'un niveau de tension à un autre, afin d'établir des microcoupures d'alimentations. Cependant, la solution retenue fut l'utilisation d'un microcontrôleur PIC 16C745 qui permet de générer un

signal MLI. Ce signal peut ensuite être transformé afin de restituer le signal désiré.

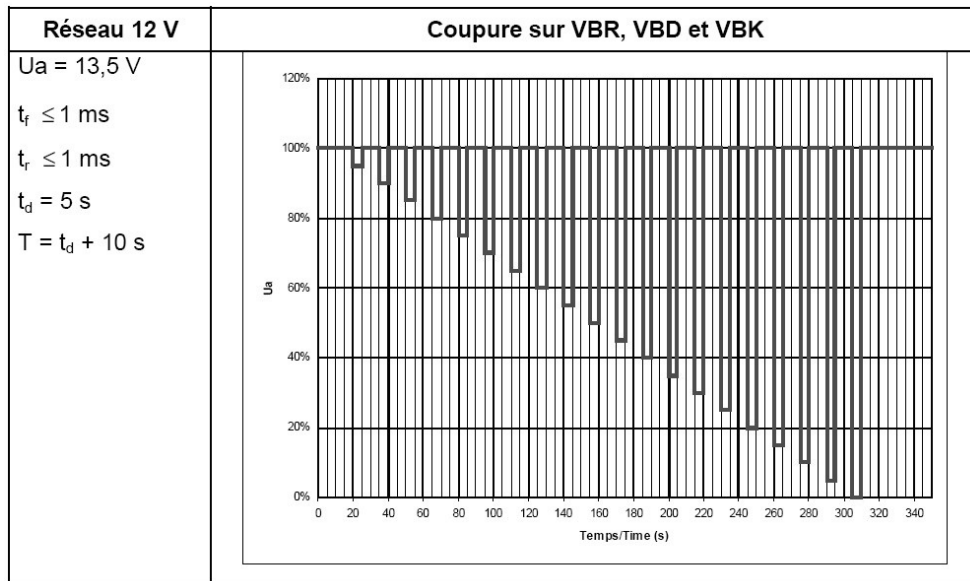


Figure 3 : Signal de microcoupures progressives et ses paramètres

Il fallut également envisager une manière d'obtenir un fort courant de sortie pour nos signaux. Ainsi, l'utilisation d'un amplificateur de puissance fut tout d'abord envisagée. Néanmoins, cette idée fut abandonnée au profit de l'utilisation d'une alimentation à découpage de type abaisseur de tension. Finalement, le choix du ou des langages de programmation à utiliser a été abordé. Le choix s'est porté sur l'usage du langage C pour la programmation du microcontrôleur PIC et du langage Visual Basic pour l'élaboration d'un programme sur ordinateur. Ces deux décisions découlent de deux programmes déjà réalisés par la société DELPHI et qui ont pu être réutilisés dans le cadre de cette application.

2.3 Développement de la solution retenue

Dans un premier temps, le fonctionnement d'une l'alimentation à découpage a été étudié. Les deux programmes en langages C et Visual Basic récupérés d'une autre application ont été analysés. Enfin, une initiation aux

microcontrôleurs PIC a été nécessaire, notamment par la lecture de la documentation du PIC 16C745.

Pour justifier le choix d'une alimentation à découpage, nous pouvons détailler ses avantages :

- elle met en jeu un commutateur idéal, en première approximation, et des composants passifs presque sans pertes (C, L) → le rendement est proche de 100%, ce qui implique une diminution de la température interne et donc, plus de fiabilité,
- le volume et le poids de l'alimentation sont bien plus faibles que ceux d'un transformateur équivalent,
- la puissance de sortie est constante et le courant délivré peut être très grand,
- le système s'adapte très rapidement par un système de bouclage,

En soi, ce système est probablement le plus adapté aux contraintes imposées :

- fort courant de sortie,
- adaptation très rapide de la tension à la consigne.

L'alimentation choisie est de type «Buck synchrone» ou abaisseur de tension ou hacheur série.

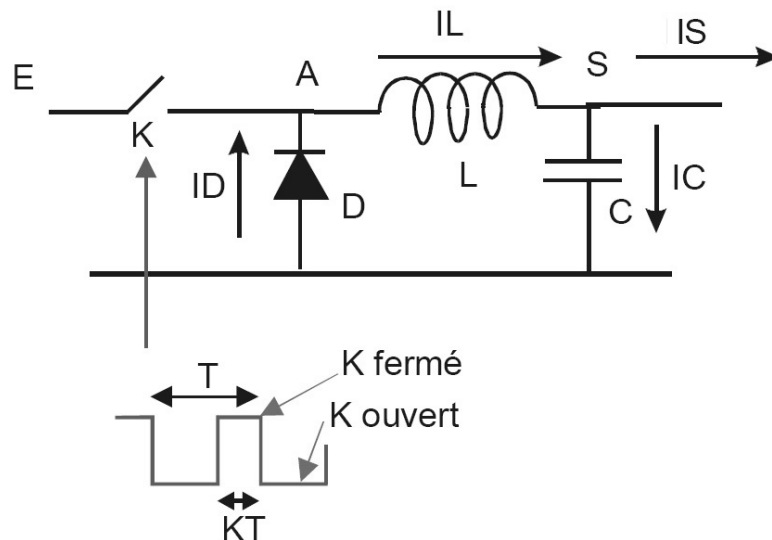


Figure 4 : Schéma simplifié d'une alimentation à découpage abaisseur de tension

Nous pouvons aussi ajouter que, contrairement à un amplificateur de puissance, l'échauffement d'une alimentation à découpage est très faible de par son haut rendement.

Le choix du microcontrôleur PIC 16C745 a été motivé par l'existence d'une carte électronique avec ce même microcontrôleur, développée par un ingénieur de Delphi et supportant notamment les programmes pour l'exploitation du protocole USB. En outre, nous pouvons bénéficier des codes du programme de ce microcontrôleur.

Le programme sur PC permettant l'interfaçage avec la carte, a été écrit en langage Visual Basic parce que compatible avec le composant Active X, fourni par Microchip, qui permet la communication via une liaison USB. Ce protocole étant très complexe, le gain de temps ainsi obtenu n'était pas négligeable.

2.4 Mise en œuvre de la solution

Nous avons tout d'abord commencé par concevoir une représentation globale du système électronique qui a servi de base à l'élaboration du schéma de la carte électronique à réaliser.

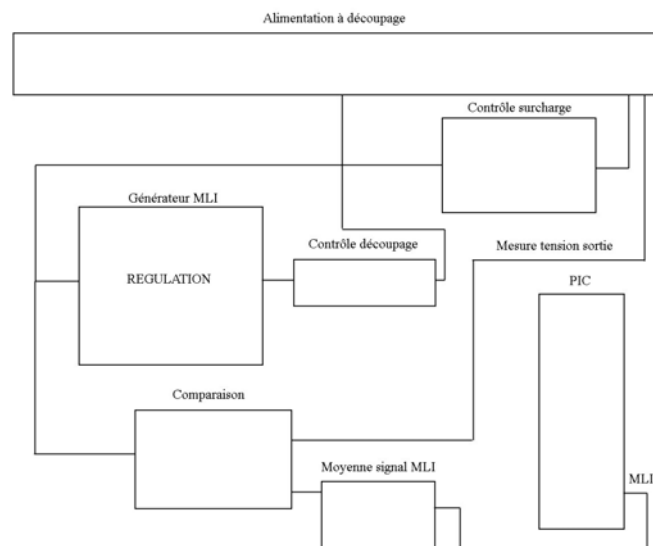


Figure 5 : Représentation globale du système électronique

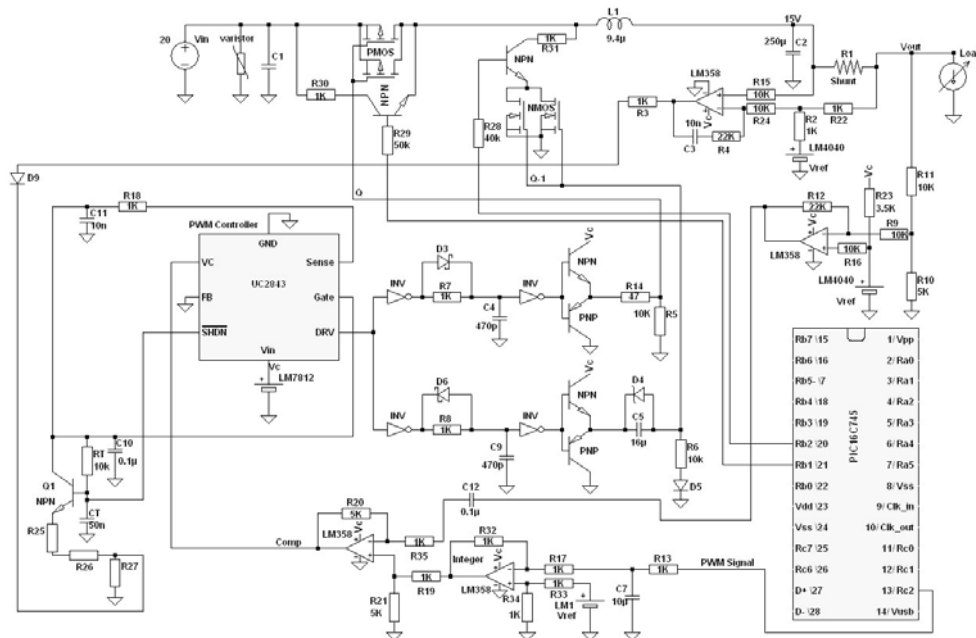


Figure 6 : Schéma électronique du système

A la partie inférieure, on peut observer le microcontrôleur PIC. Par sa sortie RC2, il génère un signal MLI. Ce signal est ensuite intégré, à l'aide d'un circuit RC, retourné par rapport à 5V, grâce à un amplificateur différentiel.

L'alimentation à découpage se situe dans la partie supérieure. Les transistors MOSFET la composant sont commandés par un contrôleur MLI qui génère un signal carré à très haute fréquence. La nécessité de ce composant est justifiée par la faible fréquence (max. 5 kHz) du signal carré pouvant être générée par le PIC et ne suffisant pas à effectuer le découpage. L'alimentation peut également être contrôlée par le PIC, via deux sorties discrètes et deux transistors bipolaires.

Un premier circuit, composé d'un amplificateur opérationnel, permet d'effectuer une régulation de l'alimentation à découpage. Il se situe à droite, juste au-dessus du PIC.

Le second circuit, toujours composé d'un amplificateur opérationnel et situé dans la partie supérieure du schéma, permet de contrôler les surcharges éventuelles de l'alimentation en agissant sur le contrôleur MLI.

Le programme d'interface sur PC a été écrit en Visual Basic. Il se charge d'envoyer, via le port USB, les paramètres des essais au microcontrôleur. Ceux-ci peuvent être ajustés graphiquement par l'utilisateur. Voici trois captures d'écran illustrant l'introduction des paramètres.

The image displays two screenshots of the ISO7637 software interface, which is used for configuring and executing tests on a microcontroller.

Top Screenshot: Pulse4 bis Datas

This window shows the configuration for a pulse test. It includes a graph of the pulse waveform and a text description: "This pulse simulates supply voltage reduction caused by energising the starter-motor circuits of internal combustion engines, including spikes associated with starting." The graph shows a voltage pulse starting at U_a , dropping to U_{min} , then rising to $U_{start} + 2V$ with a frequency F , and finally returning to U_b . The pulse duration is t_3 , and the period is t_2 . The rise time is t_r and the fall time is t_f .

Parameters for the pulse:

- U_a : 13.5 V
- U_b : 12 V
- U_{start} : 6.5 V
- U_{min} : 4.9 V
- t_f : 5 ms
- t_1 : 20 ms
- t_2 : 50 ms
- t_3 : 10 s
- Period: 5 s

Buttons: Send Datas and Start, Default, Stop Signal Generation.

Bottom Screenshot: Supply microcuts

This window shows the configuration for a supply microcut test. It includes a graph of the microcut waveform and a text description: "By this test, you can check the immunity of the equipment to the supply microcuts due to imperfect contacts. Duration and amplitude of the microcut can be modified." The graph shows a voltage dip from V_{bat} to V_{cut} for a duration T_{cut} .

Parameters for the microcut:

- V_{cut} : 5 V
- T_{cut} : 50 ms
- Repeat this microcut every: 5 s

Buttons: Start, Generate microcut, Stop.

USB Section (Common to both):

Buttons: Reset 16C745 card, Quit, Start USB, Stop USB.

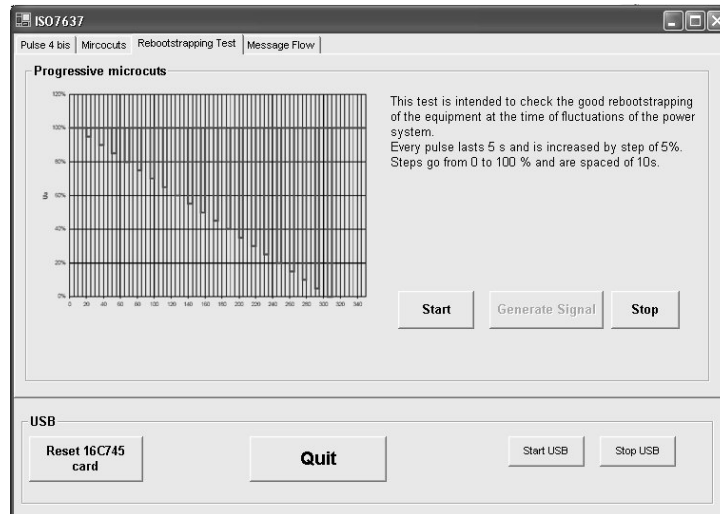


Figure 7 : Interface graphique du programme Visual Basic

Le programme du microcontrôleur PIC se charge, à l'aide des données reçues via l'USB, de générer un signal MLI variable selon les signaux à produire et également de commander les transistors par ses sorties discrètes. Son code est bien trop complexe que pour être détaillé dans cet article, néanmoins voici un diagramme qui présente sa logique.

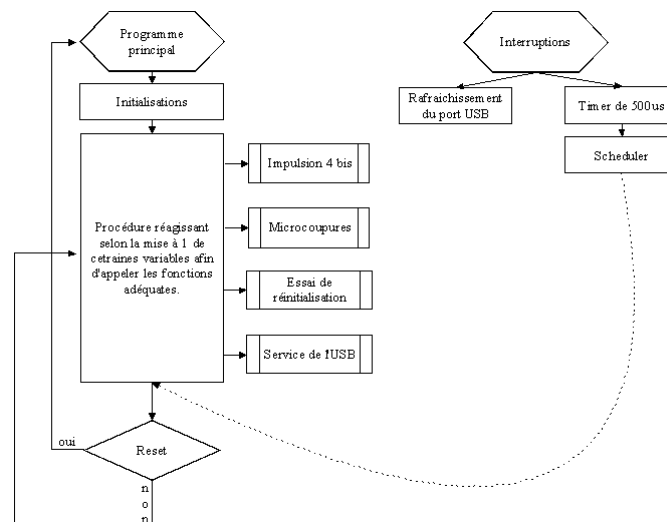


Figure 8 : Programme PIC

3. Conclusions

Cette étude nous a permis de faire le tour des trois problématiques proposées. Tous les choix envisagés ne sont pas repris dans ce document. Finalement, seule la partie concernant la génération des signaux a été construite et testée complètement. Les résultats sont très probants. La fidélité à la norme est suffisante.

L'amplification des signaux nécessitait la réalisation de l'alimentation à découpage. Malheureusement, les composants nécessaires ne sont pas arrivés dans les temps. Cette conception est donc restée au stade simulation. Des tests réels ont cependant été menés en utilisant une alimentation de puissance externe. Là également, des résultats valables ont été obtenus.

4. Références bibliographiques

Norme ISO 7637-1, version 2001.

AUVRAY J., *Les alimentations à découpage*,
<http://perso.wanadoo.fr/michel.hubin/physique/elec/>.