

Master thesis : Head phantoms: Design and implementation of a physiological signal generator on a PCB for the validation of new polysomnography systems

Auteur : Boniver, Julien

Promoteur(s) : Redouté, Jean-Michel

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master : ingénieur civil électricien, à finalité spécialisée en Neuromorphic Engineering

Année académique : 2025-2026

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/26100>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Abstract

University of Liège
Faculty of Applied Sciences

Head phantoms: Design and implementation of a physiological signal generator on a PCB for the validation of new polysomnography systems

Julien BONIVER
Supervised by Pr. Jean-Michel REDOUTÉ
Academic year 2025-2026

Polysomnography (PSG) is the gold standard for diagnosing sleep disorders and relies on the simultaneous overnight acquisition of several physiological signals. Validating new PSG acquisition systems before they reach patients requires a testbench capable of reproducing realistic multimodal signals under controlled conditions; yet existing solutions either target a single modality, lack configurable artifact injection, or remain inaccessible because of cost.

This work presents the design, implementation, and characterization of an accessible, multimodal physiological signal generator on a printed circuit board for the validation of new PSG systems. The signals of interest in the scope of this work are EEG, EOG, ECG and EMG. The device replays real recordings from the Haaglanden Medisch Centrum sleep staging database through eight channels: seven single-ended (3 EEG, 2 EOG, EMG) and one differential (ECG). Cardiac and ocular artifacts are first extracted through a method-per-artifact pipeline, allowing them to be re-injected at user-defined gains. The hardware combines a 12-bit eight-channel DAC, a digitally controlled two-stage resistive divider sized per modality, and precision buffers. Three playback modes (raw replay, artifact mixing, and on-demand artifact injection), each with optional sleep-stage selection, are controllable from a PC terminal without reflashing. Signals are stored on an SD card, and dry-electrode connection is supported through ten on-board conductive pads. The complete device costs approximately 200 euros.

The generator presents an output range from 62 μV to 79 mV with a best-case noise floor near 10 μV , a faithful reproduction on the ECG differential channel across all configurations. On the single-ended channels, inter-channel coupling through the shared analog reference node limits faithful simultaneous multichannel replay below the millivolt range; the mechanism is analyzed and mitigation strategies are proposed. The supply noise is shown to be rejected by the differential output topology, making the generator effectively independent of the choice of power source. Overall, the work demonstrates that accessible, multimodal, hardware-level PSG validation with configurable artifact injection is achievable, and provides a documented basis for future versions.