**Résumé en anglais**

Direct time-of-flight (TOF) laser rangefinding is a remote sensing technology which has recently been a growing focus in a wide range of applications. This technique makes it possible to determine the distance to an unknown target from the measurement of the transit time of a light pulse. A direct TOF sensor is usually implemented by a photodetector based on single-photon avalanche diodes (SPAD) as well as by a near-infrared semiconductor laser. In such a system, the importance of the laser driving electronics cannot be overstated. As a matter of fact, the distance measurement accuracy is a direct function of the transmitted laser pulse width. Thus, a sub-ns laser driver enabling fast rising and falling edges is a key demand. Furthermore, the shortening of the pulse duration improves resolution as it permits to detect multiple echoes when several targets lie in the field of view of the sensor. On the other hand, the energy of the light pulse set the detection range of the sensor. Therefore, shortening the pulse width calls for increasing the laser power so that the detection range remains constant.

The present thesis is carried out with STMicroelectronics. The aim is to develop a fully integrated vertical-cavity surface-emitting laser diode driver for direct TOF rangefinding in consumer embedded electronics. The key focus is to demonstrate the feasability of sub-ns pulse operation at high repetition frequency, up to several hundreds of megahertz. Furthermore, the electrical specifications involve conflicting and challenging requirements, such as the enhancement of the current capability up to 200mA (i.e. increase in laser pulse power) while lowering the supply voltage, down to 2.5V. Last but not least, in the context of consumer mobile devices, there is always a need to aim towards a power- and area-efficient solution.

The key innovation of this thesis is the development of a novel laser diode driver topology. The circuit incorporates a capacitive voltage boost structure so as to overcome the low-voltage constraint. In addition, slow turn-off transient phenomena associated with laser diodes, such as optical tailing, could limit the performances of direct TOF sensors. Accordingly, the proposed driver architecture adds a carrier sweep-out circuit feature in order to mitigate such unwanted phenomena. The circuit has been fabricated in a 40nm complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology node by STMicroelectronics.

The manuscript reviews the state-of-the-art of laser diode driver architectures dedicated to TOF applications. This review highlights the pros and cons of each topology in regard to the framework of the thesis. A feasability study is presented to further confront these architectures. The design of the silicon chip, i.e. transistor-level sizing and physical layout is the central part of the thesis. Then, the manuscript provides a set of measurement to assess the performances as well as the limitations of the fabricated driver circuit. The silicon experimental characterization is mainly based on laser pulse measurements by means of a high-speed photodetector and an integrating sphere. A laser pulse of 311ps with a driving current pulse up to 200.8mA have been demonstrated at a supply voltage of 2.5V and a repetition frequency of 250MHz. The main performance-limiting factor is the parasitic inductance which is always a major issue in high-speed electronics. The achievements of this thesis represent an important step forward towards future product development by STMicroelectronics.

**Résumé en français**

La détection laser par temps de vol (TOF) direct est une technologie qui représente un enjeu majeur dans un nombre croissant d'applications. Cette technique permet de déterminer la distance d'une cible inconnue à partir de la mesure du temps de vol d'une impulsion laser. De manière générale, un capteur TOF direct est réalisé par un photodétecteur utilisant des photodiodes à avalanche mono-photonique ainsi que par un laser à semi-conducteur. Dans ces capteurs, le circuit de pilotage du laser est d'une importance cruciale. En effet, la précision de mesure est directement fonction de la largeur d'impulsion laser transmise. Ainsi, le circuit pilote doit idéalement être capable de générer des impulsions inférieures à la nanoseconde avec des fronts montant et descendant les plus rapides possible. De plus, le raccourcissement de l'impulsion permet d'améliorer la résolution du capteur en autorisant la détection de plusieurs échos lorsque diverses cibles sont localisées dans son champ de vision. D'autre part, l'énergie de l'impulsion transmise définie la portée du dispositif TOF. Par conséquent, la diminution de la largeur d'impulsion impose d'augmenter la puissance optique afin de conserver la portée.

La présente thèse a été effectuée en partenariat avec l'entreprise STMicroelectronics. Le but est de développer un circuit intégré pilote de diode laser à cavité verticale pour la détection laser TOF dans l'électronique embarquée grand public. L'objectif clé est de démontrer la faisabilité d'impulsion laser inférieure à la nanoseconde à une fréquence de répétition de l'ordre de plusieurs centaines de megahertz. De plus, la spécification électrique comporte des exigences ambitieuses et antagonistes. Notamment, l'augmentation de la capacité en courant de pilotage à 200mA (i.e. accroissement de la puissance optique des impulsions) ainsi que la réduction de la tension d'alimentation du circuit à 2.5V. Enfin, dans le contexte des appareils mobiles grand public, il y a toujours un besoin de concevoir une solution efficace en puissance et compact.

L'innovation majeure de ce travail est le développement d'une nouvelle topologie de circuit pilote de diode laser. Le circuit proposé est composé d'une structure à pompe de charge afin de satisfaire la contrainte sur la tension d'alimentation. De plus, les phénomènes de coupure lente associés aux diodes laser ont été identifiés comme des facteurs limitants potentiels pour les performances des capteurs TOF directs. En conséquence, l'architecture développée inclue une fonction spécifique permettant de prévenir de tels effets via une extraction rapide des charges stockées dans la diode laser. Le circuit a été fabriqué avec la technologie CMOS 40nm de STMicroelectronics.

Le présent manuscrit examine l'état de l'art des circuits pilotes de diode laser dédiés à la détection TOF. Cette revue met en évidence les avantages et inconvénients de chaque topologie par rapport au cadre de la thèse. Une étude de faisabilité est également présentée pour confronter, en détail, ces différentes architectures. La conception du circuit sur silicium, i.e. le dimensionnement au niveau transistor et l'implémentation physique, représente le cœur de la thèse. Par la suite, le manuscrit détaille l'ensemble des mesures réalisées pour évaluer les performances et les limitations du circuit de test fabriqué. Cette caractérisation est principalement fondée sur la mesure d'impulsion laser au moyen d'un photodédecteur rapide et d'une sphère d'intégration. Le résultat fondamental de la thèse est la démonstration d'un courant de pilotage pic de 200.8mA, correspondant à une impulsion laser de 311ps, à une tension d'alimentation de 2.5V et une fréquence de répétition de 250MHz. L'inductance parasite, qui représente toujours un problème majeur pour l'électronique rapide, a été identifiée comme étant le principal facteur limitant des performances du circuit. En résumé, les résultats de cette thèse représentent un pas en avant significatif pour les développements futurs de STMicroelectronics.