

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE HADJ LAKHDAR

Laboratoire d'Electronique Avancée

Département d'Electronique

-BATNA -

Microelectronics Institute University of Berlin

-Germany-

**THESE**

Pour obtenir le grade de

**MAGISTER** de l'Université de Batna

Discipline: Microélectronique

Présentée par

**Issam BENDAAS**

Titre:

**ETUDE ET CONCEPTION D'UN OSCILLATEUR A  
RELAXATION CONVENTIONNEL**

Directeur de thèse: M. Pr. N. BOUGUECHAL

**Jury**

**Président:**

**Pr. F. HOBAR**

**Rapporteur:**

**Pr. O. MANCK**

**Pr. N. BOUGUECHAL**

**Examineurs :**

**Pr. T. BELAROUSSI**

**Z. DIBI**

-2004-2005-

# Table de Matières

<b>CHAPITRE 1</b>	<b>6</b>
<b>Introduction Générale</b>	<b>6</b>
1.1 Introduction:	7
<i>Les oscillateurs contrôlés par tension ou par courant : fonctionnement et application</i>	7
Cette thèse : oscillateurs à relaxation	8
<i>Linéarité de contrôle :</i>	8
<i>Bruit de période</i>	9
<i>Stabilité de température</i>	10
<i>Autres types d'oscillateurs :</i>	11
1.2 Motivation :	13
1.3 Plan de la thèse :	13
 <b>CHAPITRE 2</b>	 <b>15</b>
<b>Bruit de période et Bruit de Phase</b>	<b>15</b>
2.1 Bruit de période ou Bruit de Phase :	16
2.2 Bruit de période (jitter)	16
2.3 Bruit de Phase :	21
2.3.1 Définitions concernant le bruit de phase	22
2.3.2 Définitions de la Densité Spectrale du bruit de phase	22
2.3.3 Bruit de Phase est semblable à La Modulation dans le Domaine de Fréquence	25
2.4 Formes Sinus et Formes Carrées	27
2.5 Les Bruits dans un comparateur CMOS :	28
2.6 Conclusion	30
 <b>CHAPITRE 3</b>	 <b>31</b>
<b>Oscillateurs Régénérateurs</b>	<b>31</b>
3.1 Introduction	32
3.2 Oscillateurs de premier ordre	32
3.2.1 L'oscillateur régénérateur de base de premier ordre :	34
3.2.2 Comportement non-idéal lié à la réalisation de l'Oscillateur régénérateur de base :	35
3.2.3 améliorations de l'oscillateur régénérateur de base :	37
3.3 L'oscillateur régénérateur en dents de scie	39
3.4 Linéarité de contrôle	42
3.5 La définition de bruit de période :	45
3.5.1 La première approximation de croisement	45
3.5.2 Bruit de période dû au bruit de courant en parallèle avec $I_{charge}$	48
3.5.3 Bruit de période dû au bruit de tension en série avec $V_{REF}$	50
3.5.3.1 Comparateur sans condensateurs parasites	53
3.5.3.2 Comparateur avec condensateurs parasites et temps de commutation de la Paire différentielle de comparateur $\gg \tau_{comp}$	55

3.5.3.3 Le comparateur avec des condensateurs parasites et le temps de commutation de la paire différentielle du comparateur $\ll \tau_{comp}$	57
3.5.4 Comparaison de bruit de période :	62
3.6 Le rapport entre linéarité de contrôle et bruit de période	65
3.7 Conclusions	66

## CHAPITRE 4 68

<b>Réalisation d'un Oscillateur à relaxation conventionnel</b>	<b>68</b>
4.1 Introduction :	69
4.2 Description Générale Du Système :	70
4.2.1 Principe de Fonctionnement :	71
4.2.2 Circuit de Contrôle ou Circuit de Détection de Niveau:	71
Mémoire Bistable :	72
4.2.3 Spécifications pour la conception de l'oscillateur :	72
4.3 Comparateurs de tension :	74
4.3.1 Définition d'un Comparateur :	75
4.3.2 Performance de Comparateur :	76
4.3.2.1 Vitesse ou propagation de temps de retard :	76
4.3.2.2 Capacité de décision (résolution) :	76
4.3.2.3 La gamme d'entrée en mode commun :	76
4.3.2.4 Oscillation de tension de sortie :	76
4.3.2.5 L'offset de tension d'entrée :	76
4.4 Modèles de Comparateur – Boucle Ouverte	76
4.4.1 Modèle d'Ordre Zéro	76
4.4.2 Modèle de premier Ordre	77
4.4.3 Modèle de premier Ordre avec Offset	77
4.5 Développement d'un Comparateur CMOS :	78
4.5.1 Comparateur inverseur simple :	78
4.5.2 Comparateur employant un Amplificateur Différentiel :	80
4.5.2.1 Dérivation des Limites d'Oscillation de sortie :	80
4.5.4 Comparateur à deux étages :	81
4.6 Conception d'un comparateur à deux étages :	82
4.6.1 Résistance d'entrée, résistance de sortie et gain de tension de circuit ouvert :	82
4.6.2 Amplitude d'oscillation de sortie :	83
4.6.3 la tension d'offset d'entrée :	83
4.6.4 Gamme d'entrée en mode commun (common mode range CMR):	86
4.6.5 Retard de Propagation et le Slew Rate Du Comparateur à deux étages	88
4.7 Réalisation Pratique d'un Comparateur CMOS à Deux étages:	90
4.7.1 Schéma Général:	90
4.7.2 Procédure de Conception de comparateur :	91
4.7.3 Spécifications et dimensionnement:	92
4.8 Types de Simulations effectuées pour les Circuits Réalisés:	96
4.8.1 L'Analyse Transitoire :	96
4.8.2 L'Analyse DC :	96
4.8.3 L'Analyse Paramétrique :	96
4.8.4 Analyse de Coins (Corners Analysis)	96
4.8.4.1 Comment fonctionner l'Analyse de Coins :	97
4.9 Simulations des Circuits Réalisés:	97
4.9.1 Simulation de Comparateur :	97

4.9.2 Simulation de Circuit de control :	99
4.10 Simulation de l'oscillateur réalisé :	101
4.10.1 Simulation Transitoire :	101
4.10.2 Courbe de la linéarité du contrôle $F_{out} = f(I_{ref\_pac})$ :	102
Simulation Paramétriques (parametric simulation) :	102
4.10.3 Corner Simulation :	102
4.11 Conclusion :	106
<b>CHAPITRE 5</b>	<b>108</b>
<b>Résumé et Conclusions</b>	<b>108</b>
5.1 Résumé	109
5.2 Conclusions	110
5.3 Recommandations pour la nouvelle recherche	111
<b>ANNEXE A</b>	<b>112</b>
<b>ANNEXE B</b>	<b>114</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>119</b>

# Table de Figures

Figure 2.1. Représentation de Bruit de phase dans le Domaine de temps	16
Figure 2.2 Les marges de synchronisation efficace de bruit de période	17
Figure 2.3 Un Flip-Flop dans un circuit numérique	17
Figure 2.4 L'effet de bruit de période sur l'échantillonnage	18
Figure 2.5 Bruit de période d'horloge augmentant avec la distance du bord de référence	19
Figure 2.6 Bruit de période r.m.s en fonction de mesure du temps sur une échelle logarithmique	20
Figure 2.7. La Représentation de Domaine fréquentiel de bruit de période	21
Figure 2.8 : Courbe du Bruit de Phase Typique	24
Figure 2.9 Décomposition d'un signal modulé en phase en une composante quadrature en phase	26
Figure 2.10 Bruit de phase comme une modulation dans le Domaine fréquentiel	26
Figure 2.11 Spectre de signaux sinusoïdal et carré	27
Figure 2.12 Bruit de phase entoure la fondamentale des signaux sinusoïdal et carré	28
Figure 2.13 (a) des sources de bruit ajoutées au comparateur de base et (b) modelage de bruit d'amplificateur sur l'entrée et (c) le bruit de sortie total sur une largeur de bande 1-Hz la	29
Figure 3-1. Le principe de base d'un oscillateur linéairement contrôlé de premier ordre.	33
Figure 3-2. Le traitement de signal de base appliqué dans un oscillateur de premier ordre employant Un intégrateur.	34
Figure 3-3. L'oscillateur régénérateur de base.	35
Figure 3-4. Plus la pente de la tension de condensateur est large, plus l'erreur de temps est petite.	37
Figure 3-5. L'oscillateur régénérateur en dents de scie et ses formes d'onde de tension de condensateur.	40
Figure 3-6. L'oscillateur régénérateur en dents de scie avec la mémoire contournée et son formes d'onde de tension de condensateur.	41
Figure 3-7. Les formes d'onde de tension de condensateur apparaissant dans l'oscillateur régénérateur incluant le retard présenté par le circuit de détection de niveau.	43
Figure 3-8. La caractéristique de contrôle non-linéaire de l'oscillateur.	44
Figure 3-9. Les sources de bruit $v_n$ et $i_n$ qui résultes de bruit de période de temps de l'Oscillateur à relaxation conventionnel.	46
Figure 3-10. La pente de la tension de condensateur détermine le rapport entre $\Delta V_C$ et $\Delta T_{charge}$	47
Figure 3-11. Modèle de signal et forme d'onde de tension de condensateur en cas d'une charge de Courant bruyante.	48
Figure 3-12. Modèle de signal et formes d'onde dans le cas d'une tension de référence bruyante.	51
Figure 3-13. Le comparateur et la fonction de transfert linéarisée de sa paire différentielle.	52
Figure 3-14. les formes d'onde d'entrée et de sortie du comparateur montré dans La Figure 3-13 dans le cas où Le comparateur n'a aucun condensateur de sortie parasite.	54
Figure 3-15. les formes d'onde d'entrée et de sortie du comparateur montré dans la Figure 3-13 dans le cas où $T_{switch, diff. pair} \gg \tau_{comp}$	56

Figure 3-16. les formes d'onde d'entrée et de sortie du comparateur montré dans la Figure 3-13 dans le cas où $T_{\text{switch,diff,pair}} \ll T_{\text{comp}}$	58
Figure 3-17. Réalisation possible de la source de courant $I_{\text{charge}}$ et la source de tension $V_{\text{REF}}$ dans l'oscillateur de Figure 3-2.	64
Figure 4.1: Oscillateur à Relaxation CMOS	70
Figure 4.2: Forme d'onde de tension de condensateur d'oscillateur	70
Figure 4.3 : Schéma de circuit de contrôle utilisant deux comparateurs et une mémoire	72
Figure 4.4 Schéma de la mémoire bistable RS	72
Figure 4.5 : Schéma de l'oscillateur à relaxation réalisé	73
Figure 4.6 : symbole d'un comparateur	75
Figure 4.7 : Comparateur inverseur simple (a) circuit (b) courbe de transfert DC	78
Figure 4.8 : Comparateur employant un amplificateur différentiel, (a) circuit, (b) courbe de sortie	80
Figure 4.9 : comparateur CMOS à deux étages	81
Figure 4.10 : Circuit équivalent d'un comparateur CMOS deux étages petit signal	82
Figure 4.11 : Comparateur CMOS à deux étages avec le premier et deuxième étage sont débranchés pour montrer l'effet d'accouplement inter-étage sur la tension d'offset d'entrée	84
Figure 4.12 tension d'entrée en mode commun	86
Figure 4.13 limitations de <b>slew-rate</b> du comparateur	88
Figure 4.14 : les Capacités au nœud de sortie utilisés pour calculer la fréquence de réponse du comparateur.	89
Figure 4.15 : Schéma général de comparateur réalisé	90
Figure 4.16 : Schéma de l'oscillateur à relaxation Final réalisé	95
Figure 4.17: Test bench du Comparateur	98
Figure. 4.18 : Forme d'onde de sortie Simulée pour un signal d'entrée triangulaire $V_n$ varier de 0 à 3V et $V_p = 2.5V$ .	98
Figure 4.19: Caractéristique de transfert de comparateur	99
Figure 4.20 : Test bench du Circuit de contrôle	99
Figure 4.21 : Forme d'onde de sortie Simulée pour $V_{\text{ref1}} = 1.8 V$ et $V_{\text{ref2}} = 4 V$ et un signal d'entrée triangulaire $V_{\text{cap}}$ varier de 1.5 à 4.5 V.	100
Figure 4.22 . Caractéristique de transfert de Circuit de Contrôle	100
Figure 4.23 : Test bench de l'oscillateur	101
Figure 4.24: La réponse transitoire de l'oscillateur avec $i_{\text{ref,ptc}} = i_{\text{ref}} = 1 \mu A$ .	101
Figure 4.25: Courbe de la linéarité du contrôle $F_{\text{out}} = f(i_{\text{ref,ptc}})$	102
Figure 4.26 : Corner simulation	103
Figure 4.27 : l'effet de température sur la fréquence d'oscillation	104
Figure 4.28 : Nouvelle version de test bench de l'oscillateur utilisant une référence de tension.	104
Figure 4.29 : l'effet de température sur la fréquence d'oscillation et la valeur typique de $t_c = 1300 \text{ ppm/T}$ pour laquelle la fréquence d'oscillation est constante.	105
Figure 4.30 : Corner simulation pour l'oscillateur montre que la fréquence est maintenue à 1 MHz.	106