



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

**Estudo e Implementação de Técnicas para Sincronismo em Sistemas de  
Telecomunicações**

**Gabriel Peixoto de Carvalho**

BELEM - PARÁ

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E  
TELECOMUNICAÇÕES

**Gabriel Peixoto de Carvalho**

**Estudo e Implementação de Técnicas para Sincronismo em Sistemas de  
Telecomunicações**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para  
obtenção do grau de Engenheiro em Engenharia  
da Computação, do Instituto de Tecnologia, da Fa-  
culdade de Engenharia da Computação e Teleco-  
municações.

**BELÉM - PARÁ**

**2016**

## **Estudo e Implementação de Técnicas para Sincronismo em Sistemas de Telecomunicações**

Este trabalho foi julgado adequado em \_\_/\_\_/\_\_\_\_ para a obtenção do Grau de Engenheiro da Computação, aprovado em sua forma final pela banca examinadora que atribuiu o conceito \_\_\_\_\_.

---

Prof. Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior  
ORIENTADOR

---

Prof. Wilson Pacheco Ferreira  
COORIENTADOR

---

Prof. Francisco Carlos Bentes Frey Muller  
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

---

Eng. Igor Mesquita de Almeida  
MEMBRO DA BANCA EXAMINADORA

---

Prof. José Augusto de Lima Barreiros  
DIRETOR DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu irmão, os  
quais desempenharam um papel inigualável em minha  
educação.

# Agradecimentos

Igor Antonio Auad Freire

*Viva como se você fosse morrer amanhã. Aprenda como se  
você fosse viver para sempre.*

*Mahatma Gandhi*

# Lista de Siglas

1. ADSL - *Linha de assinante digital assimétrica*

# Lista de Símbolos

$b$	Taxa agregada de bits alcançável para o sistema
-----	---



## **Lista de Figuras**

# **Lista de Tabelas**

# Sumário

<b>Dedicatória</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>x</b>
<b>Sumário</b>	<b>xi</b>
<b>Resumo</b>	<b>xii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 Carrier Recovery</b>	<b>2</b>
2.1 Phase-locked loop (PLL) . . . . .	2
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>3</b>

# Resumo

# Abstract

# **Capítulo 1**

## **Introdução**

# Capítulo 2

## Carrier Recovery

carrier fucking recovery

### 2.1 Phase-locked loop (PLL)

# Referências Bibliográficas

- [1] CENDRILLON, R.; GINIS, G.; DEN BOGAERT, E. V.; MOONEN, M. A near-optimal linear crosstalk precoder for downstream VDSL. *IEEE Transactions on Communications*, v. 55, p. 860–863, may 2007.
- [2] CAMPELLO, J. Optimal discrete bit loading for multicarrier modulation systems. *IEEE International Symposium on Information Theory*, p. 193, aug. 1998.
- [3] ALCATEL-LUCENT. G.fast: Comparison of linear and non-linear precoding. Contribution ITU-T 2013-01-Q4-046, Geneva, Switzerland, jan. 2013.
- [4] COSTELLO, D.; LIN, S.; RICHARDSON, T.; RYAN, W.; URBANKE, R.; WESEL, R. Capacity approaching codes. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, v. 27, n. 6, p. 825–830, aug. 2009.
- [5] VAN DEN BRINK, R. F. Enabling 4G BB via the last copper drop of a hybrid FttH deployment. White paper on DSL, TNO, The Netherlands, apr. 2011.
- [6] GRAY, R. M. *Toeplitz and circulant matrices: A review*. Now Publishers Inc, 2006.
- [7] MALKIN, M.; HWANG, C.-S.; CIOFFI, J. M. Reducing insufficient-cyclic-prefix distortion using tone reservation. *IEEE Global Telecommunications Conference*, p. 2889–2893, nov. 2007.
- [8] HUANG, Y.-R.; FUNG, C. C.; WONG, K. T. Interference suppression for OFDM systems with insufficient guard interval using null subcarriers. *IEEE Signal Processing Letters*, v. 16, n. 11, p. 929–932, jul. 2009.
- [9] MAES, J.; GUENACH, M.; VANBLEU, K.; TIMMERS, M. Pushing the limits of copper: Paving the road to FTTH. *IEEE International Conference on Communications*, p. 3149 – 3153, jun. 2012.



- [10] CHEONG, K.-W.; CIOFFI, J. M. Precoder for DMT with insufficient cyclic prefix. *IEEE International Conference on Communications*, v. 1, p. 339–343, jun. 1998.
- [11] TRAUTMANN, S.; FLIEGE, N. Perfect equalization for DMT systems without guard interval. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, v. 20, n. 5, p. 987–996, aug. 2002.
- [12] LINDQVIST, F.; FERTNER, A. Frequency domain echo canceller for DMT-based systems. *IEEE Signal Processing Letters*, v. 18, n. 12, p. 713–716, oct. 2011.
- [13] ARSLAN, G.; EVANS, B. L.; KIAEI, S. Equalization for discrete multitone transceivers to maximize bit rate. *IEEE Transactions on Signal Processing*, v. 49, n. 12, p. 3123–3135, aug. 2001.
- [14] TKACENKO, A.; VAIDYANATHAN, P. P. A low-complexity eigenfilter design method for channel shortening equalizers for DMT systems. *IEEE Transactions on Communications*, v. 51, n. 7, p. 1069–1072, jul. 2003.
- [15] KIM, D.; STÜBER, G. L. Residual isi cancellation for OFDM with applications to HDTV broadcasting. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, v. 16, n. 8, p. 1590–1599, oct. 1998.
- [16] CENDRILLON, R.; GINIS, G.; DEN BOGAERT, E. V.; MOONEN, M. A near-optimal linear crosstalk precoder for downstream VDSL. *IEEE Transactions on Communications*, v. 55, n. 5, p. 860–863, may 2007.
- [17] MALKIN, M.; HWANG, C.-S.; CIOFFI, J. M. Transmitter precoding for insufficient-cyclic-prefix distortion in multicarrier systems. *IEEE Vehicular Technology Conference.*, p. 1142–1146, may 2008.
- [18] PARK, C.-J.; IM, G.-H. Efficient DMT/OFDM transmission with insufficient cyclic prefix. *IEEE Communications Letters*, v. 8, n. 9, p. 576–578, sept. 2004.
- [19] MALKIN, M. H. *Optimized transmitter-based signal processing for multicarrier systems*. jun. 2009. Tese (Doutorado) - Stanford University, Stanford, USA, jun. 2009.
- [20] OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W.; BUCK, J. R. *Discrete-time signal processing*. 2nd. ed. Prentice Hall, 1998.

- [21] JACOBSEN, K. S. *Fundamentals of DSL technology*. Auerbach Publications, 2006. Cap. 7.
- [22] HENKEL, W.; TAUBÖCK, G.; ÖDLING, P.; BÖRJESSON, P. O.; PETERSSON, N.; JOHANSSON, A. The cyclic prefix of OFDM/DMT - an analysis. *IEEE International Zurich Seminar on Broadband Communications Access - Transmission - Networking*, feb. 2002.
- [23] SHANNON, C. E. Two-way communication channels. *Proc. Fourth Berkeley Symposium on Probability and Statistics*, v. 1, p. 611–644, jun./jul. 1960.
- [24] CIOFFI, J. Lecture notes for advanced digital communication. Spring Quarter 2007-2008.
- [25] JONSSON, R. H. *Fundamentals of DSL technology*. Auerbach Publications, 2006. Cap. 11.
- [26] CIOFFI, J. Lecture notes for digital communication: Signal processing. Winter Quarter 2007-2008.
- [27] INGLE, V. K.; PROAKIS, J. G. *Digital signal processing using matlab*. 3rd. ed. Cengage Learning, 2011.
- [28] CENDRILLON, R. *Multi-user signal and spectra co-ordination for digital subscriber lines*. dec. 2004. Tese (Doutorado) - Katholieke Universiteit Leuven, Heverlee, Belgium, dec. 2004.
- [29] SHANNON, C. E. Mathematical theory of communications. *Bell Syst. Tech. J.*, v. 27, p. 379–423, jul. 1948.
- [30] CAMPELLO, J. Practical bit loading for dmt. *IEEE International conference on Communications*, v. 2, p. 801–805, jun. 1999.
- [31] STARR, T.; CIOFFI, J. M.; SILVERMAN, P. J. *Understanding digital subscriber line technology*. Prentice Hall, 1999.
- [32] STARR, T.; SORBARA, M.; CIOFFI, J. M.; SILVERMAN, P. J. *DSL advances*. 1st. ed. Prentice Hall, 2003.

- [33] CHO, Y. S.; KIM, J.; YANG, W. Y.; KANG, C. G. *MIMO-OFDM wireless communications with MATLAB<sup>®</sup>*. 1st. ed. Wiley-IEEE Press, 2010. Cap. 1.
- [34] LATHI, B. P.; DING, Z. *Modern digital and analog communication systems*. 4th. ed. Oxford University Press, 2009.
- [35] PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. *Digital communications*. 5th. ed. McGraw-Hill Higher Education, 2008.
- [36] SCHMIDL, T.; COX, D. Robust frequency and timing synchronization for OFDM. *IEEE Transactions on Communications*, v. 45, n. 12, p. 1613 –1621, dec. 1997.
- [37] AMBARDAR, A. *Digital signal processing: A modern introduction*. 1st. ed. Thomson, 2007. p. 374.

