

usando a teoria de *scattering* e o medido directamente são postas em evidência.

Apresenta-se a análise de vários eventos adquiridos em Aveiro com vista à obtenção das características principais do meio de propagação usando os métodos de escalonamento propostos. Conclusões sobre a estrutura do meio de propagação são discutidas com base nos indícios obtidos por comparação da discriminação da polarização cruzada medida e prevista, evolução temporal da atenuação, componentes cartesianas da discriminação da polarização cruzada e dos próprios parâmetros quasi-físicos do meio de propagação calculados para 20 GHz.

Dados complementares fundamentais para aplicação de certos modelos de atenuação tais como estatísticas de pluviosidade, conteúdo de vapor de água e água líquida da atmosfera são apresentados. Estes dois últimos foram obtidos usando um modelo linear aplicado a um radiómetro de duas linhas e efectuada uma estimativa da sua contribuição para a atenuação total. Alguns resultados respeitantes aos fenómenos de cintilação às frequências de 12.5 e 20 GHz são discutidos do ponto de vista de amplitude, conteúdo espectral e desenvolvimento temporal.

Uma análise final dos dados põe em evidência a contribuição do ângulo de inclinação dos hidrometeoros e a respectiva anisotropia na despolarização, os diferentes comportamentos da população de gelo e chuva e de que maneira a interacção das duas influencia os parâmetros quasi-físicos do meio de propagação. A relação entre os parâmetros quasi-físicos das populações de gelo e chuva é analisada e mecanismos causando uma redução sistemática da anisotropia de chuva são postos em evidência.

### Abstract

*The Olympus Satellite propagation package, comprising two vertical polarized beacons (12.5 and 30 GHz) and a dual polarized one at 30 GHz, is presented and the opportunities offered to characterise the propagation channel discussed. This subject, after a survey of that shows almost no available data and studies are available, is elected as a the main investigation topic of the thesis.*

*The thesis objectives required the development and implementation of a propagation receiver to measure the received microwave satellite beacons that cross the troposphere, data acquisition system, data analysis software and event data study and interpretation.*

*Several architectures for the Olympus propagation receiver are discussed. A fully coherent dual polarized and all frequencies beacon receiver is shown to offer maximum research opportunities as well as some advantages from the hardware implementation point of view. The receiver implementation details, amplitude and phase calibration techniques and performance results are presented.*

*The data acquisition system developed to be used with the receiver is described as well as a secondary one to detect scintillation and acquire scintillation data.*

*Propagation pre-processing data analysis techniques are described already taking into account some problems faced with acquired data during this experimental campaign.*

*The physical description of tropospheric depolarization phenomena caused by hydrometeors and the impact of transmission channel microstructure on the measured transmission matrix is given. The transmission matrix inversion to get the quasi-physical medium parameters - anisotropy and canting angle- is presented for several scenarios. Several methods for XPD scaling are suggested and based on:*

- 1) Overall medium quasi-physical parameters;*
- 2) Two populations quasi-physical parameters (ice and rain that are likely to be present) on the path and that are retrieved from a well known model.*

*This methods are seen to offer interesting opportunities for channel characterisation by comparing true measured cross polar discrimination vector with the frequency scaled one using the well established scattering theory.*

*Several events acquired at Aveiro are analysed in order to retrieve channel properties. Conclusions are derived after a close inspection of transmission matrix measured at 20 GHz, comparison between measured and scaled XPD, attenuation and XPD Cartesian components time development and quasi-physical medium parameters themselves calculated for 20 GHz..*

*Complementary data measured during the campaign and used with attenuation models such as rain rate, integrated atmospheric liquid water and water vapour content. This last ones were retrieved with a linear model using a dual frequency water vapour radiometer and parameters tuned by radio soundings. Their contribution to total attenuation was estimated. Some scintillation phenomena signal properties at 12 and 20 GHz- amplitude, spectral content, time series development- are also presented.*

*A final data analysis clarifies the contribution of canting angle and anisotropy on depolarization and puts in evidence a distinct behaviour between rain and ice populations and in what way the simultaneous presence of this two populations can affect the propagation medium overall quasi-physical parameters. The relationship between rain and ice quasi-physical parameters are also analysed and mechanisms causing a systematic rain anisotropy reduction are put in evidence.*

**Título:** Hardware C++: Uma Linguagem Orientada por Objectos para Especificação Multinível de Sistemas Digitais

**Title:** Hardware C++: An Object-Oriented Language for digital systems multilevel description

**Autor/Author:** Aires Manuel Araújo Veloso

**Orientador/Advisor:** António de Brito Ferrari

**Data Apresentação/Acceptance Date:** 07/96

**Palavras Chave:** HDL, linguagens de especificação de hardware, programação por objectos.

**Key Words: HDL, OOP**  
**Doutoramento/Ph.D.**

**Resumo**

A linguagem Hardware C++ (HC++) foi desenvolvida de forma a tirar partido do paradigma de orientação por objectos para a especificação multinível de sistemas digitais. As principais motivações para o seu desenvolvimento foram a constatação de que as linguagens de descrição de *hardware* actuais se encontram numa fase intermédia, entre as linguagens estruturadas e as orientadas por objectos, e a necessidade da incorporação da tecnologia da orientação por objectos para fazer face à crescente complexidade dos sistemas de *hardware*.

A linguagem HC++ é uma extensão da linguagem C++. Para além das facilidades disponíveis em C++ HC++ dispõe de recursos que a habilitam à descrição dos componentes de *hardware* no domínio estrutural e/ou comportamental, nomeadamente, o módulo, os processos, os sinais, os subprocessos, as funções de resolução e um modelo de tempo dotado de duas formas de atraso, o inercial e o de transporte, instruções especiais para o instanciamento de componentes, para o controlo da execução dos processos e da atribuição de sinal.

O módulo e o conceito central de HC++, possibilita a modelação dos componentes de *hardware* em qualquer nível de abstracção, combinando as características das classes do C++ com a concorrência inerente ao *hardware*. Os processos podem invocar outros processos, criando uma árvore de processos que reflecte a estrutura hierarquizada dos sistemas digitais; os processos são reutilizáveis e o seu tempo de vida pode ser controlado pelo projectista. Outro aspecto importante de HC++, são os poderosos mecanismos de parametrização que permitem captar o carácter repetitivo e regular do *hardware*. HC++ permite a parametrização das suas descrições por constantes de tipos escalares e de vectores de tipos escalares e também de tipos, possibilitando a descrição de arquitecturas abstraíndo a natureza específica dos sub-componentes do sistema.

O principal mérito de HC++ reside no facto de possuir os recursos necessários ao nível da sua sintaxe e da sua semântica para, tal como as linguagens convencionais, poder descrever os componentes de *hardware*, mas também, explorar as relações que possam existir entre componentes distintos de *hardware*. Em vez dos sistemas de *hardware* serem descritos como entidades isoladas como acontece com as linguagens correntes, passam a ser descritos como realmente são concebidos, i.e., como aperfeiçoamentos e/ou extensões de sistemas existentes.

As descrições dos novos sistemas especificam apenas os aperfeiçoamentos e as extensões introduzidas e herdadas automaticamente as descrições das versões anteriores. Esta nova perspectiva possibilita um maior nível de reutilização de código, maior legibilidade das descrições e um encurtamento considerável do ciclo de desenvolvimento dos sistemas.

Sendo descendente de C++, beneficia do largo suporte existente para a linguagem C++ e tal como a linguagem C++ é de fácil aprendizagem. Simplifica consideravelmente o co-desenho dos sistemas, pois pode ser utilizada simultaneamente para as descrições de *hardware* e para as descrições de *software*, evitando aos desenhadores a tarefa de familiarização com duas linguagens completamente distintas.

A linguagem HC++ pode ser instalada em qualquer tipo de máquina actual, visto exigir como plataforma de base apenas um compilador de C++ e o sistema operativo UNIX. Qualquer destes recursos estão disponibilizados para a vasta gama de computadores existentes no mercado, quer para computadores pessoais quer para máquinas de médio e grande porte.

Para além da definição da linguagem foi concebido e implementado um sistema de desenvolvimento para HC++ que possibilita a descrição e a simulação de sistemas digitais. No futuro prevê-se o desenvolvimento de novas ferramentas a integrar no ambiente, nomeadamente:

- Um traçador, com facilidades como a inserção de pontos de paragem, a execução passo a passo, e a visualização do conteúdo de objectos do programa fonte (HC++);
- Ferramentas de síntese.

**Abstract**

*The Hardware C++ language (HC++) was developed to explore the object-oriented paradigm in the multilevel specification of digital systems. The main motivation for its development was the verification that present hardware description languages do not fully support the object oriented approach and the need for object-oriented technology in hardware description languages in order to face the increasing complexity of hardware systems.*

*HC++ is an extension of the C++ language. Besides C++ facilities, HC++ provides mechanisms for the description of hardware components in the structural and/or behavioural domain, namely, the module, the processes, the signals, the subprocesses, the resolution functions and a time model with two delay formats, inertial and transport, special instructions for component instantiation, and for the control of execution of processes and signal assignment.*

*The module is the HC++ central concept; it provides hardware component modelling at any abstraction level, joining the object-oriented characteristics of C++ classes with the concurrency inherent to hardware. Processes can invoke other processes, creating a tree of processes which reflect the hierarchical structure of digital systems; processes are reusable and their lifetime can be controlled by the designer. Another important aspect of HC++, is the powerful parameterisation mechanisms providing the for the capture of hardware repetitively and regularity. HC++ descriptions can be parameterised by scalar and scalar array constants and*

also by types, making possible the description of architectures abstracting the specific nature of system components.

The main HC++ worth is to provide for the necessary resources at the level of its syntax and semantics to explore the potential relations existing between hardware components. Instead of hardware systems described by separate entities as it is common in traditional languages, they begin to be described as they are really designed, i.e. as improvements and/or extensions of existing systems.

The descriptions of the new systems only specify the introduced improvements and extensions, and inherit automatically the descriptions of previous systems. This new orientation provides a greater level of code reuse greater readability of descriptions and considerably shortens the system development cycle.

As a descendant of C++, HC++ benefits from the large C++ support and like C++, it is easy to learn. It can simplify considerably the co-design of systems because it could be used for simultaneous hardware and software descriptions, sparing designers the task of learning two different languages.

The HC++ language can be installed in any machine running UNIX, since it only requires a C++ compiler.

Besides the HC++ definition, a development system for HC++ supporting the description and simulation of digital systems has been implemented.

In the near future the development and integration of new tools into the system is foreseen, namely:

- A traceability tool, allowing the control of the simulation by breakpoint setting, step by step simulation and the checking of object values;
- Synthesis tools.

---

**Título:** Simulação, Análise e Optimização de Sistemas FSK Ópticos

**Title:** Simulation, Analysis and Optimisation of Optical FSK Systems

**Autor/Author:** Rui Fernando Gomes de Sousa Ribeiro

**Orientador/Advisor:** José Rodrigues Ferreira da Rocha

**Data Apresentação/Acceptance Date:** 07/96

**Palavras Chave:** Sistemas de comunicação ópticos coerentes, dispersão cromática da fibra óptica, lasers semicondutores, simulação de sistemas de comunicação

**Key Words:** Coherent optical communication systems, chromatic dispersion of optical fibre, semiconductor lasers, simulation of communication systems

**Doutoramento/Ph.D.**

---

## Resumo

Nesta tese estudam-se métodos para detectar sinais ópticos com modulação digital em frequência. Com esse objectivo, são desenvolvidos modelos rigorosos para lasers baseados em semicondutores maciços e com poços quânticos. A validade destes modelos é verificada por comparação com medições efectuadas em lasers de sistemas experimentais.

A complexidade da análise de sistemas FSK ópticos levou-nos a construir um simulador de sistemas de comunicação vocacionado para a transmissão de sinais ópticos. Para reduzir o esforço computacional, são feitas algumas contribuições para técnicas de estimação da probabilidade de erro em sistemas digitais.

Com base em medições laboratoriais é desenvolvido um modelo para um sistema FSK heteródino. Este modelo é utilizado para efectuar um estudo detalhado do sistema, por simulação, onde o ruído de fase dos lasers merece particular destaque. Os resultados obtidos são sistematicamente confrontados com os seus homólogos experimentais. É ainda desenvolvido um método analítico e outro semianalítico misto para determinar a probabilidade de erro neste tipo de sistemas. Estes métodos são comparados com a simulação afim de determinar o grau de precisão obtido. É feita uma análise detalhada de um sistema experimental no sentido de determinar o impacto das várias características, tal como as oscilações de relaxação dos lasers.

É também desenvolvido um modelo para um sistema FSK óptico experimental, que usa a técnica de transmissão suportada pela dispersão, para detectar o sinal. Deriva-se um método semianalítico puro para estimar a probabilidade de erro, tendo em conta os ruídos mais importantes, nomeadamente o ruído dos amplificadores ópticos e os ruídos de intensidade e fase do laser semiconductor. A influência de vários aspectos no desempenho do sistema é aprofundada, como a comparação entre diferentes igualadores electrónicos, transição entre regimes de modulação de intensidade e transmissão suportada pela dispersão, ruído de fase do laser e automodulação da fase durante a propagação.

## Abstract

In this thesis, methods to detect frequency modulated digital signals are studied. In order to accomplish that goal, accurate models are developed for lasers based in bulk semiconductors and with quantum wells. The accuracy of these models is verified by comparison with measurements performed on lasers of experimental systems.

The complexity in the analysis of optical FSK systems has taken us to develop a communication systems simulator suitable for the transmission of optical signals. In order to reduce the computational effort, some contributions to techniques for the error probability estimation in digital systems are made.

Based on laboratory measurements, a model for an heterodyne FSK system is developed. This model is used to perform a detailed study of the system, by simulation, where the lasers phase noise deserves particular attention. The results obtained are systematically compared with the corresponding experimental ones. An analytical method and a mixed semianalytical one for the error probability estimation are also developed for this kind of systems. To verify their accuracy, these methods are compared with simulation. A detailed analysis of an