

Diss. ETH No. 12724

**APPLYING OBJECT-ORIENTATION
TO DEVELOPING INTEGRATED
ENVIRONMENTS FOR COMPUTER-AIDED
CONTROL SYSTEMS DESIGN**



A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
Xiaobing Qiu

M.Sc Electrical Engineering, Zhejiang University, China
born October 5, 1965
citizen of P. R. China

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. W. Schaufelberger, examiner
Prof. Dr. J. Gutknecht, co-examiner

Abstract

Modern control systems are of such complexity that control system design is achievable only with the aid of computer-based packages and tools. Computer-Aided Control Systems Design (CACSD) has the potential to support the whole life-cycle but only if there are tools available to do the job and if the tools can exchange information as the designer iterates through the various stages.

However, the current generation of CACSD packages are not powerful enough to provide the cohesion and level of integration needed for the ideal CACSD environment. It is now widely noticed that object-orientation is playing an increasingly important role in developing modern CACSD environments, as object-oriented programming is particularly well suited to the types of highly interactive, user-friendly and graphics-based applications that are the very basis of CACSD environments, and object-oriented method gives more changeable and extensible software than traditional methods.

This thesis describes the design and implementation of integrated CACSD environments using object-oriented methods and object-oriented programming. Oberon - an object-oriented programming language and a modular, extensible graphical operating system, is chosen as our development system.

The first part of this thesis addresses the development of simple control system design environment. It includes a simulation environment for continuous-time, discrete-time and discrete-event systems; a design environment based on matrix-calculations; and a real-time part for experimentation. Different minitools and tools have been developed for control education and operator training. Important features of these tools are the simplicity, ease of use, portability and free availability.

In the second part, *O3CACSD* - an open and integrated environment for control system design, simulation, visualization, documentation, prototyping and testing, is presented. *O3CACSD* is the redevelopment of *Leporello* - a large scale environment for control system design for Macintosh platform developed at the Automatic Control Laboratory, ETH Zurich.

The Object Modeling Technique (OMT), a well-known comprehensive object-oriented analysis and design methodology, is applied to the software development of *O3CACSD*. An important feature of *O3CACSD* is that commercially available tools can be integrated into this environment without special efforts. Several issues related to control engineering and software engineering are discussed, e.g. how to integrate different CACSD tools, how to develop extensible and portable graphical user interfaces, how to manage data and projects, how to document projects in coherent and persistent ways and how to extend *O3CACSD*. How *O3CACSD* provides support for the

entire cycle of control system design is illustrated by a concrete example - rapid prototyping of control systems for a DC servo system.

Kurzfassung

Moderne Regelsysteme sind so komplex, dass sie nur mit Hilfe von Computerprogrammen und -werkzeugen entworfen werden können. Der computerunterstützte Reglerentwurf (CACSD) hat das Potential, dem gesamten Lebenszyklus förderlich zu sein, unter der Voraussetzung, dass die für die Aufgabe benötigten Werkzeuge vorhanden sind und diese Werkzeuge untereinander Informationen austauschen können, indem der Entwerfer von einer Stufe zur nächsten geht.

Die heutige Generation von CACSD-Paketen ist jedoch nicht genügend leistungsfähig, um die Kohäsion und Integration, die für eine ideale CACSD-Umgebung benötigt wird, zur Verfügung stellen zu können. Es ist inzwischen allgemein bekannt, dass Objektorientierung eine zunehmend wichtige Rolle in der Entwicklung moderner CACSD-Umgebungen spielt. Einerseits, weil objektorientierte Programmierung besonders gut geeignet ist für hoch interaktive, benutzerfreundliche und grafikbasierte Anwendungen, die die Grundlage von CACSD-Umgebungen bilden, und andererseits, weil die mit objektorientierter Methode entwickelte Software besser zu verändern und zu erweitern ist als jene mit traditionellen Methoden.

Diese Doktorarbeit beschreibt den Entwurf und die Implementation integrierter CACSD-Umgebungen mit objektorientierter Methode und Programmierung. Dafür wurde Oberon - eine objektorientierte Programmiersprache und ein modulares, erweiterbares graphisches Betriebssystem, als Entwicklungsumgebung gewählt.

Der erste Teil der Arbeit behandelt die Entwicklung einer Umgebung für einfache regelungstechnische Entwurfsaufgaben. Dies beinhaltet eine Simulationsumgebung für zeitkontinuierliche, zeitdiskrete und ereignisdiskrete System; eine Entwurfsumgebung basierend auf Matrixberechnungen sowie einen Echtzeitteil für Experimente. Verschiedene Kleinwerkzeuge und Werkzeuge wurden für die regelungstechnische Ausbildung und das Bediener-Training entwickelt. Wichtige Eigenschaften dieser Werkzeuge sind Einfachheit, gute Handbarkeit, Plattformunabhängigkeit und freie Verfügbarkeit.

Im zweiten Teil wird *O3CACSD*, eine offene und integrierte Umgebung für Entwurf, Simulation, Visualisierung, Dokumentation, Prototypentwicklung und Testen von Regelsystemen, vorgestellt. *O3CACSD* ist eine Weiterentwicklung von *Leporello*, einer grossen Umgebung zum Reglerentwurf für die Macintosh-Plattform, die ebenfalls am Institut für Automatik entwickelt worden ist.

Die Objektmodellierungstechnik (OMT), eine bekannte objektorientierte Analyse- und Entwurfsmethodologie, ist in der Softwareentwicklung von *O3CACSD* angewendet worden. Eine wichtige Eigenschaft von *O3CACSD* ist, dass kommerziell erhältliche CACSD-Werkzeuge in diese Umgebung ohne grosse Mühe integriert werden können. Verschiedene Probleme bezüglich Regelungstechnik und Software werden diskutiert,

u.a. die Integration unterschiedlicher CACSD-Werkzeuge, die Entwicklung erweiterbarer und portierbarer graphischer Benutzeroberflächen, die Verwaltung von Daten und Projekten, kohärente und dauerhafte Dokumentation von Projekten sowie mögliche Erweiterungen von *O3CACSD*. Anhand eines konkreten Beispiels - dem schnellen Entwurf eines Regelsystems für ein DC Servosystem - wird gezeigt, wie *O3CACSD* den gesamten Reglerentwurfszyklus unterstützt.