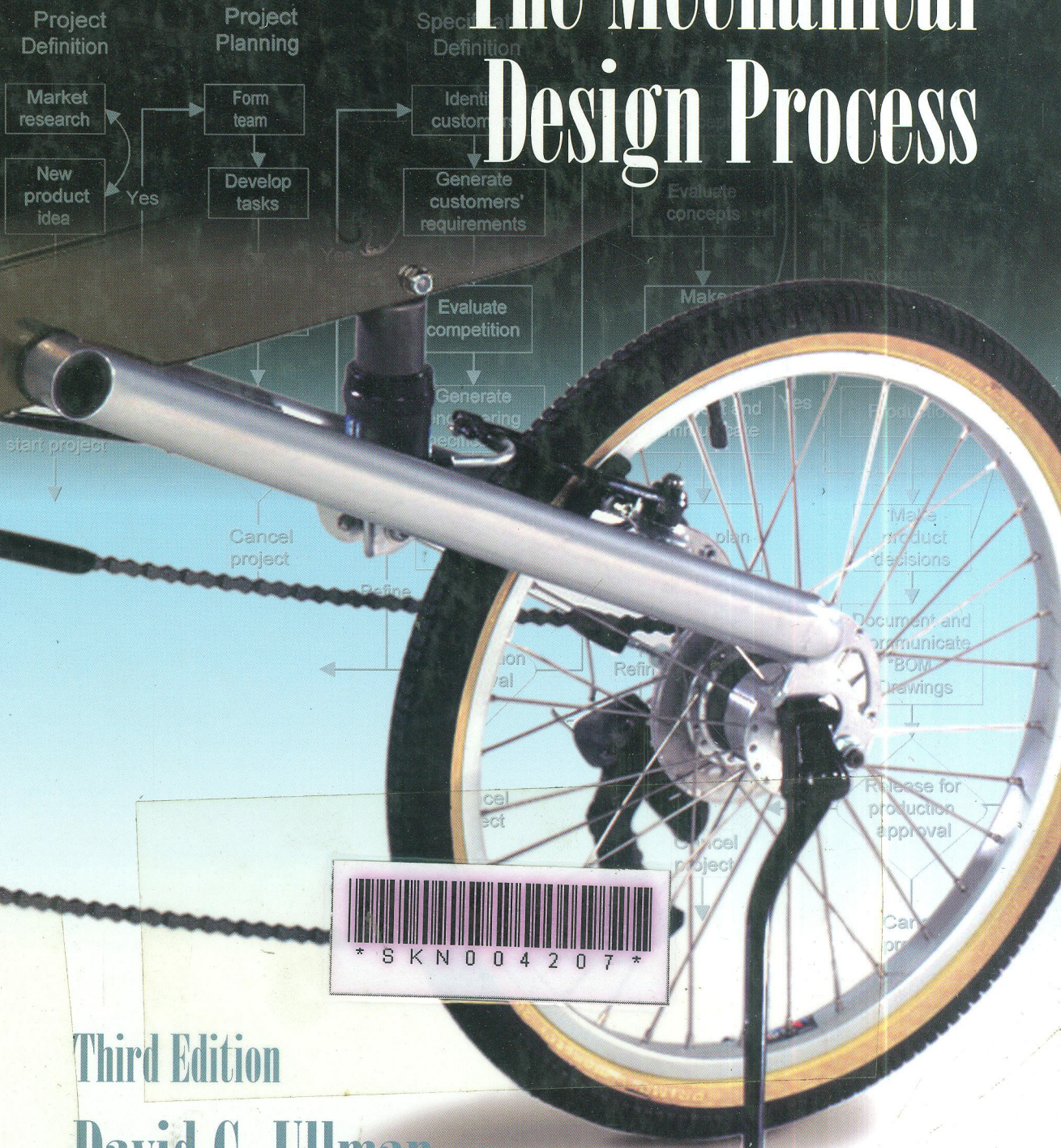


# The Mechanical Design Process



Third Edition

David G. Ullman

1144

621.815  
U41

# The Mechanical Design Process

Third Edition

David G. Ullman

*Professor Emeritus, Oregon State University*



Boston Burr Ridge, IL Dubuque, IA Madison, WI New York San Francisco St. Louis  
Bangkok Bogotá Caracas Kuala Lumpur Lisbon London Madrid Mexico City  
Milan Montreal New Delhi Santiago Seoul Singapore Sydney Taipei Toronto

# CONTENTS

---

Preface xi

## CHAPTER 1

### Why Study the Design Process? 1

- 1.1 Introduction 1
- 1.2 Measuring the Design Process with Product Cost, Quality, and Time to Market 3
- 1.3 The History of the Design Process 8
- 1.4 The Life of a Product 11
- 1.5 The Many Solutions for Design Problems 14
- 1.6 The Basic Actions of Problem Solving 16
- 1.7 Knowledge and Learning During Design 17
- 1.8 Summary 18
- 1.9 Sources 19
- 1.10 Exercises 19

## CHAPTER 2

### Describing Mechanical Design Problems and Process 21

- 2.1 Introduction 21
- 2.2 Decomposition of Mechanical Systems 21
- 2.3 Importance of Product Function, Behavior, and Performance 24
- 2.4 Different Types of Mechanical Design Problems 26
- 2.5 Languages of Mechanical Design 33
- 2.6 Constraints, Goals, and Design Decisions 34
- 2.7 The Value of Information 35
- 2.8 Design as Refinement of Abstract Representations 36
- 2.9 Summary 38

- 2.10 Sources 39
- 2.11 Exercises 39

## CHAPTER 3

### Designers and Design Teams 41

- 3.1 Introduction 41
- 3.2 A Model of Human Information Processing 42
- 3.3 Mental Processes That Occur During Design 49
- 3.4 Characteristics of a Creative Designer 55
- 3.5 Engineering Design Teams 58
- 3.6 Summary 63
- 3.7 Sources 63
- 3.8 Exercises 64

## CHAPTER 4

### The Design Process 67

- 4.1 Introduction 67
- 4.2 Overview of the Design Process 67
- 4.3 The Design Process: Designing Quality into Products 74
- 4.4 Simple Design Process Examples 76
- 4.5 A More Complex Example: Design Failure in the Space Shuttle *Challenger* 78
- 4.6 Communication During the Design Process 81
- 4.7 Introduction of a Sample Design Problem 84
- 4.8 Summary 85
- 4.9 Sources 85
- 4.10 Exercises 85

**CHAPTER 5****Project Definition and Planning 87**

- 5.1 Introduction 87
- 5.2 Project Definition 87
- 5.3 Project Planning 89
- 5.4 ISO 9000 90
- 5.5 Background for Developing a Design Project Plan 91
- 5.6 Planning for Deliverables 97
- 5.7 The Five Steps in Planning 98
- 5.8 A Design Plan for Mass-Produced Products: Xerox Corporation 105
- 5.9 A Design Plan for Mass-Produced Products: The BikeE Rear Suspension 107
- 5.10 Summary 110
- 5.11 Sources 110
- 5.12 Exercises 110

**CHAPTER 6****Understanding the Problem and the Development of Engineering Specifications 111**

- 6.1 Introduction 111
- 6.2 Step 1: Identify the Customers: *Who Are They?* 116
- 6.3 Step 2: Determine the Customers' Requirements: *What Do the Customers Want?* 118
- 6.4 Step 3: Determine Relative Importance of the Requirements: *Who versus What* 127
- 6.5 Step 4: Identify and Evaluate the Competition: *How Satisfied Is the Customer Now?* 128
- 6.6 Step 5: Generate Engineering Specifications: *How Will the Customers' Requirements Be Met?* 130
- 6.7 Step 6: Relate Customers' Requirements to Engineering Specifications: *How to Measure What?* 132

- 6.8 Step 7: Set Engineering Targets: *How Much Is Good Enough?* 132

- 6.9 Step 8: Identify Relationships Between Engineering Requirements: *How Are the Hows Dependent on Each Other?* 133

- 6.10 Further Comments on QFD 134

- 6.11 Summary 134

- 6.12 Sources 135

- 6.13 Exercises 135

**CHAPTER 7****Concept Generation 137**

- 7.1 Introduction 137

- 7.2 Understanding the Function of Existing Devices 139

- 7.3 A Technique for Designing with Function 148

- 7.4 Concept Generation Methods 155

- 7.5 Basic Methods of Generating Concepts 157

- 7.6 The Morphological Method 162

- 7.7 Logical Methods for Concept Generation 166

- 7.8 Communication During Concept Generation 173

- 7.9 Summary 173

- 7.10 Sources 173

- 7.11 Exercises 174

**CHAPTER 8****Concept Evaluation 177**

- 8.1 Introduction 177

- 8.2 Information Representation in Concept Evaluation 179

- 8.3 Evaluation Based on Feasibility Judgment 181

- 8.4 Evaluation Based on Go/No-Go Screening 182

- 8.5 Evaluation Based on a Basic Decision Matrix 185

- 8.6 Robust Decision Making 189
- 8.7 Evaluation Based on an Advanced Decision Matrix 197
- 8.8 Product Safety and Liability 201
- 8.9 Communication During Concept Evaluation 205
- 8.10 Summary 206
- 8.11 Sources 207
- 8.12 Exercises 207

## CHAPTER 9

### The Product Design Phase 209

- 9.1 Introduction 209
- 9.2 The Importance of Drawings 211
- 9.3 Drawings Produced During Product Design 212
- 9.4 Rapid Prototyping 217
- 9.5 Bills of Materials 217
- 9.6 Product Data Management 218
- 9.7 Summary 219
- 9.8 Sources 220
- 9.9 Exercises 220

## CHAPTER 10

### Product Generation 221

- 10.1 Introduction 221
- 10.2 Form Generation 223
- 10.3 Materials and Process Selection 240
- 10.4 Vendor Development 242
- 10.5 Generating Product Designs for the BikeE Suspension 243
- 10.6 Summary 249
- 10.7 Sources 250
- 10.8 Exercises 250

## CHAPTER 11

### Product Evaluation for Performance and the Effects of Variation 251

- 11.1 Introduction 251

- 11.2 The Importance of Functional Evaluation 251
- 11.3 The Goals of Performance Evaluation 252
- 11.4 Accuracy, Variation, and Noise 256
- 11.5 Modeling for Performance Evaluation 262
- 11.6 Tolerance Analysis 266
- 11.7 Sensitivity Analysis 272
- 11.8 Robust Design by Analysis 275
- 11.9 Robust Design Through Testing 277
- 11.10 Summary 282
- 11.11 Sources 283
- 11.12 Exercises 283

## CHAPTER 12

### Product Evaluation for Cost, Manufacture, Assembly, and Other Measures 285

- 12.1 Introduction 285
- 12.2 Cost Estimating in Design 285
- 12.3 Value Engineering 296
- 12.4 Design for Manufacture 297
- 12.5 Design-for-Assembly Evaluation 298
- 12.6 Design for Reliability (DFR) 319
- 12.7 Design for Test and Maintenance (DFTM) 322
- 12.8 Design for the Environment 323
- 12.9 Summary 325
- 12.10 Sources 326
- 12.11 Exercises 326

## CHAPTER 13

### Launching and Supporting the Product 329

- 13.1 Introduction 329
- 13.2 Documentation and Communication 331
- 13.3 Support 333
- 13.4 Engineering Changes 334
- 13.5 Patent Applications 334
- 13.6 Sources 338

**APPENDIX A****Properties of 25 Materials Most Commonly Used in Mechanical Design** 339

- A.1 Introduction 339
- A.2 Properties of the Most Commonly Used Materials 340
- A.3 Materials Used in Common Items 353
- A.4 Sources 354

**APPENDIX B****Normal Probability** 357

- B.1 Introduction 357
- B.2 Other Measures 361
- B.3 Sources 361

**APPENDIX C****The Factor of Safety as a Design Variable** 363

- C.1 Introduction 363

- C.2 The Classical Rule-of-Thumb Factor of Safety 364
- C.3 The Statistical, Reliability-Based, Factor of Safety 366
- C.4 Sources 373

**APPENDIX D****Human Factors in Design** 375

- D.1 Introduction 375
- D.2 The Human in the Workspace 376
- D.3 The Human as Source of Power 379
- D.4 The Human as Sensor and Controller 379
- D.5 Sources 386

**APPENDIX E****Triz** 387**APPENDIX F****Belief Map Masters** 397**Index** 399

Bạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

*Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!*

*Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !*

*Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !*



**Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !**

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại  
**Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM**  
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: [thuvienspkt@hcmute.edu.vn](mailto:thuvienspkt@hcmute.edu.vn)  
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

***Thông tin tài trợ!***



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for writing. There are 18 lines in total, providing a structured space for text.





**B**ạn đang có trong tay thông tin cơ bản của một trong số những tài liệu có hàm lượng chất xám cao, với những thông tin vô cùng hữu ích cho quá trình học tập và nghiên cứu của bản thân bạn !

Bạn đã và đang trải qua những ưu tư, trăn trở của bản thân mình trước biển kiến thức mênh mông vô hạn và đang tìm hướng đi cho riêng mình bằng việc biến kiến thức thành tài sản tri thức của riêng bạn !

*Hãy để Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM chia sẻ những khó khăn và trăn trở đó cùng bạn!*

*Hãy đến với Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cùng nhau, chúng ta xây dựng vương quốc khoa học và trí tuệ của chính mình !*

*Cùng với bạn, Thư viện ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM mong ước góp phần duy trì và phát triển văn hóa đọc !*



**Hãy đến với chúng tôi - Thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM để cảm nhận, trải nghiệm và biến ước mơ khoa học của bạn thành hiện thực !**

Hân hạnh được đón tiếp và phục vụ bạn tại  
**Số 1 – 3, Võ Văn Ngân, Phường Linh Chiểu, Quận Thủ Đức, Tp. HCM**  
ĐT: (08) 3896 9920 – Email: [thuvienspkt@hcmute.edu.vn](mailto:thuvienspkt@hcmute.edu.vn)  
<http://www.thuvienspkt.edu.vn> – <http://thuvien.hcmute.edu.vn>

***Thông tin tài trợ!***



A series of horizontal dotted lines for writing, arranged in a central column. There are 18 lines in total, providing space for a message or acknowledgment.

